

MORAVSKÁ VYSOKÁ ŠKOLA OLOMOUC

Ústav managementu a marketingu

Lukáš Lacko

**Ekonomické hodnotenie možností úspor energie na vykurovaní budov**

Economic Evaluation of Energy Savings Possibilities for Heating  
of Buildings

Bakalárska práca

Vedúci práce: RNDr. Ing. Miroslav Rössler, CSc., MBA

Olomouc 2012

Prehlasujem, že som bakalársku prácu vypracoval samostatne a použil len uvedené informačné zdroje.

Olomouc.....

Podpis.....

Pod'akovanie patrí RNDr. Ing. Miroslavovi Rösslerovi, CSc., MBA za odborné vedenie, cenné rady a ochotu pri konzultáciách.

Úvod.....	6
1. Ekonomické hodnotenie nákladov na energie .....	8
2. Požiadavky na tepelnú pohodu v budove .....	9
3. Biomasa .....	11
3.1 Vznik biomasy .....	12
3.2 Biomasa ako palivo .....	12
3.3 Priame spaľovanie biomasy .....	13
3.4 Biomasa vo svete.....	14
3.5 Biomasa a ekonomika krajiny .....	15
3.6 Pelety.....	15
3.6.1 Alternatívne pelety .....	16
3.6.2 Drevné pelety.....	16
3.6.2.1 Proces výroby drevnej pelety.....	17
3.6.2.2 Normy drevných peliet .....	17
3.6.2.3 Výhody a nevýhody používania drevných peliet.....	18
3.6.2.4 Vývoj trhu s drevnými peletami .....	18
3.7 Porovnanie nákladov na vykurovanie rôznymi typmi palív .....	21
4. Zdroje tepelnej energie .....	22
4.1 Všeobecné požiadavky na kotle .....	22
5. Automatické kotle na pelety do 70 kW. ....	24
5.1 Dopravný systém.....	24
5.2 Teleso kotla .....	27
5.3 Spaľovací proces .....	28
6. Projekt rekonštrukcie technickej miestnosti .....	31
6.1 Rekonštruovaný objekt.....	31
6.2 Stav pred rekonštrukciou.....	32
6.3 Stavebné úpravy .....	33
6.3.1 Stavebný plán .....	34
6.4 Inštalátárske úpravy .....	36
6.4.1 Zapojenie kotla a solárneho systému.....	39
6.5 Technická miestnosť po rekonštrukcií .....	40
6.6 Ekonomické zhodnotenie projektu a úspor po vykurovacej sezóne .....	41
6.6.1 Zhodnotenie nákladov na rekonštrukciu .....	41
6.6.2 Zhodnotenie nákladov na vykurovanie sezónu .....	42
6.6.3 Celkové zhodnotenie nákladov.....	44
7. Vysoko výkonové kotle na biomasu nad 1 MW .....	45
7.1 Roštové kotle.....	46
7.2 Fluidne kotle.....	46
7.3 Kotle zo spodným prívodom paliva .....	47

7.4 Funkcia kotla a praktická realizácia .....	48
7.4.1 Ekonomické zhodnotenie prevádzky .....	50
8. Kogeneračné jednotky na drevnú biomasu (CHP) .....	51
8.1 Technológie výroby elektrickej energie .....	51
8.1.1 Princíp ORC .....	52
8.1.1.1 Výhody ORC .....	54
9. Mikrokogeneračné jednotky na drevnú biomasu .....	55
9.1 Princíp Stirlingovho motora .....	55
9.2 Mikrokogeneračná jednotka SUNMACHINE .....	57
9.2.1 Ekonomické zhodnotenie prevádzky .....	58
Záver .....	59
Použitá literatúra .....	60

## Úvod

Energia je hybnou silou všetkého okolo nás. Každá činnosť a dej je sprevádzaný jej plynulou premenou z jednej formy na inú. Stroj, ktorý by energiu len vyrábala a nepotreboval by na svoj chod žiadny jej zdroj, tzv. perpetuum mobile, sa nikomu zatiaľ nepodarilo vynájsť. Znamená to, že energia tu vždy bola, je a bude v rozmanitých formách.

Úlohou ľudstva je len nájsť správny zdroj. Zdroj, ktorý by bol ekonomicky efektívny, ekologický, dostupný a nenáročný na spracovanie. V tomto desaťročí ideálny zdroj energie dostal ešte jeden veľmi dôležitý prívlastok, obnoviteľný. Obnoviteľný zdroj energie je takým zdrojom, ktorý môžeme vyprodukovať za relatívne krátku dobu. Dobrým príkladom pre naše dostatočne zalesnené krajiny, môže byť drevo respektíve drevný odpad v podobe štiepky alebo peliet. Strom, ktorého drevo je určené na spaľovanie, dosiahne svojej plnej veľkosti v priemere za 30-40 rokov, to znamená, že tento typ zdroja dokážeme obnoviť práve za toto, v porovnaní s dĺžkou vzniku fosílií, veľmi krátke obdobie. Je evidentné, že si spoločnosti začali uvedomovať silnú závislosť na fosílnych palivách a cenovej politike ich dodávateľov a to v najväčšej miere na zemnom plyne a rope. [1]

Jav pri, ktorom energia mení svoje formy je popísaný zákonom zachovania energie. Určitú formu zákona môžeme pozorovať aj pri vykurovaní. Teplo je energiou, dnes ešte stále najčastejšie, vyrábanou v kotloch horákom, ktorý produkuje spaliny a ich teplo je prostredníctvom tepelného výmenníka odovzdané teplonosnému médiu, veľmi často voda alebo nemrznúca zmes, ktoré prúdi vykurovacím systémom cez všetky armatúry a vykurovacie telesá, kde svoju energiu odovzdá prostrediu, naspäť ku zdroju tepelnej energie. Presným opisom prúdenia kvapalín sa zaoberá hydraulika.

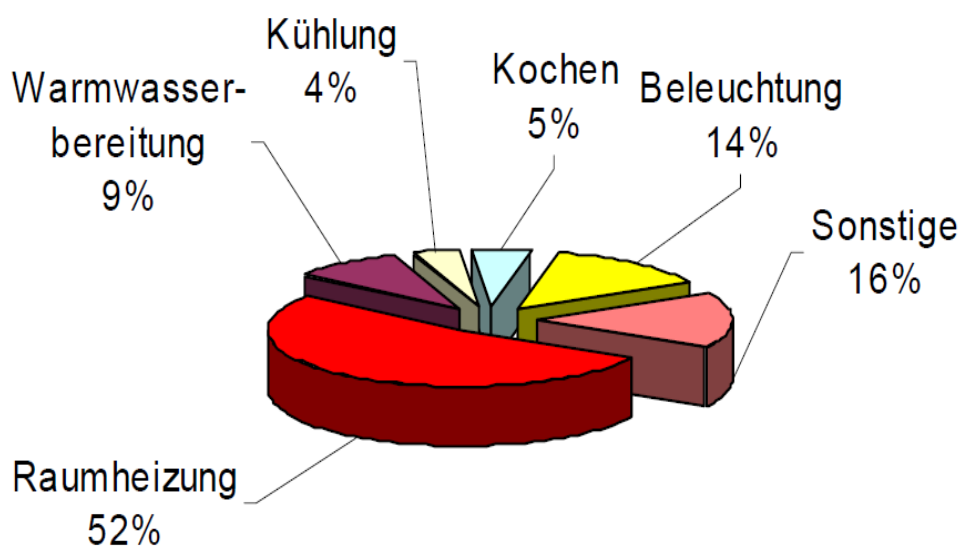
Ako pri šírení každej inej energie, takisto pri šírení tepla vznikajú straty a teda odovzdávanie tepla na miestach, kde je to nežiaduce. Zastarané kotle, ktoré dosahujú účinnosť pod 70% nezaizolované armatúry, nekvalitne zregulovaná vykurovacia sústava spôsobujúca prekurovanie alebo nedokurovanie miestností je jedným z hlavných bodov tepelných strát. Straty zaznamenávame aj v netesnostiach a tepelných mostoch obvodových plášťov budov. Chladné časti plášťov odoberajú teplo z vykurovaného

priestoru a prechodom cez konštrukčné prvky je teplo odovzdané a rozptýlené vo vonkajšom okolí budovy. Vzhľadom na to, že obvodový plášť a konštrukcia tvoria najväčšiu časť budov aj straty cez tieto prvky sú najväčšie. [2]

Z dôvodu veľkého množstva malých firemných sídel, postavených v 70-80tych rokoch a stále ešte nie moc spopularizovanej výstavbe nízkoenergetických budov, ktoré sa v západných krajinách začali stavať už počiatkom 90tych rokov minulého storočia, je hlavným cieľom našej práce priblížiť technológie, ktoré dokážu zefektívniť výrobu tepla z drevnej biomasy. Všetky technické úpravy, stavebné úpravy a následné úspory sa pokúsime analyzovať a zhodnotiť na malom objekte s plochou do 250m<sup>2</sup>, kde došlo k rekonštrukcií pôvodnej kotolne určenej na spaľovanie uhlia a koksu, taktiež okrajovo zanalyzujeme a zhodnotíme technológie, realizáciu a následné úspory pri kotolni slúžiacej na centrálné zásobovanie teplom. Zhodnotíme možnosti úspor v prípade spojenej výroby tepla a elektrickej energie v kogeneračných jednotkách. Jedným z cieľov našej práce je aj priblížiť vznik biomasy a jej celosvetový energetický a ekonomický potenciál. Našu prácu sme zamerali na najušľachtilejšiu formu drevnej biomasy, drevnú peletu, pri ktorej zanalyzujeme proces výroby a vývoj trhu.

## 1. Ekonomické hodnotenie nákladov na energiu

Každá spoločnosť musí mať nejaké sídlo, či to už len pre svoje kancelárske zastúpenie alebo pre celú výrobu, v prípade výrobného podniku. Zhruba 70% z celkových nákladov na prevádzku budovy tvoria náklady na energiu. Z týchto 70% práve 52% je spotrebovaných na vykurovanie a ďalších 9% na prípravu teplej vody. Vzhľadom na naše klimatické podmienky, kde vykurovacia sezóna presahuje v jednotlivých oblastiach aj hodnotu 250 dní, výdavky na tepelnú energiu tvoria veľkú časť rozpočtov a preto musí každý manažment firmy uvažovať nad tým, ako minimalizovať náklady na vykurovanie a ako zvoliť správny centralizovaný alebo vlastný zdroj tepla. [3]



**Obr. 1** Graf rozdelenia spotreby energie [3]



## 2. Požiadavky na tepelnú pohodu v budove

Základnou úlohou vykurovacieho systému je zabezpečenie tepelnej pohody v budove.[4] „Nespokojnosť s tepelno-vlhkostným prostredím môže byť spôsobená vplyvom chladu alebo tepla na celé telo. Môže ju tiež spôsobiť neželané ochladzovanie alebo otepľovanie častí tela vplyvom prievania.“[5] Optimálnu tepelnú pohodu zabezpečí čo najmenší teplotný rozdiel medzi teplotou plôch ohraničujúcich miestnosť a teplotou tela.[4]

Referenčné teploty v jednotlivých miestnostiach, využívaných vo verejnej správe, upravuje norma ČSN-EN 12831 nasledovne[6]:

Typ budovy/priestoru	$\theta_{int,i}$ (°C)
Kancelária	20
Veľkopriestorová kancelária	20
Zasadacia miestnosť	20
Prednášková sála	20
Kaviareň/reštaurácia	20
Školská trieda	20
Škôlka	20
Obchodný dom	16
Obytná budova	20
Kúpeľňa	24
Kostol	15
Múzeum/galéria	16

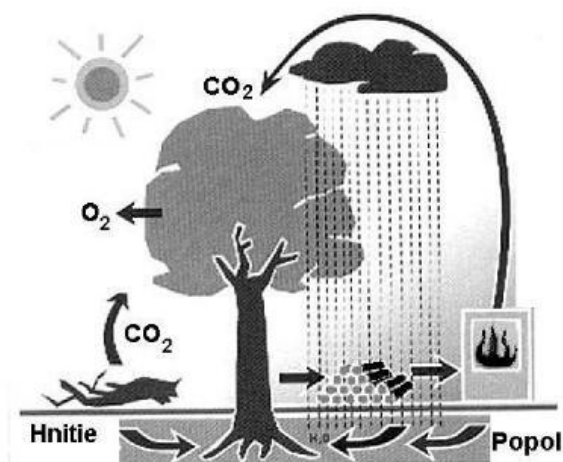
**Tab.1** Výpočtová vnútorná teplota v jednotlivých miestnostiach [6]

Teplotný rozdiel medzi dvoma susednými miestnosťami sa neodporúča väčší ako 3°C z dôvodu ochladzovania spoločných stien a následným vznikom tepelného mostu. Dočasné extrémne znižovanie teploty miestnosti pod požadovanú hodnotu sa taktiež neodporúča pre zvýšenú potrebu tepelnej energie, ktorá sa spotrebuje

pri vykúrení miestnosti na hranicu tepelnej pohody. V budovách, kde sa nenachádzajú rekuperačné respektíve klimatizačné jednotky, je doporučené intenzívne krátkodobé vetranie aby bola zabezpečená dostatočná výmena vzduchu, ktorú normou predpísaná priepustnosť obvodového plášťa budovy, stanovená pre jednotlivé typy miestností od 0,5 až po  $2n_{\min} \cdot h^{-1}$ , sama nezabezpečí. Pravidelné, krátkodobé a intenzívne vetranie miestností zabezpečí kvalitu ovzdušia v obytnom prostredí, zníženie vlhkosti a zároveň nespôsobí vychladnutie stavebných prvkov a sním spojené straty tepla, ktoré je použité na opätovné zohriatie týchto častí budovy. [6,7]

### 3. Biomasa

„Energetika sa na biomasu pozerá ako na biologický, človekom spracovaný materiál, ktorý je použitý na výrobu energie alebo palív. Dôležitou časťou pri definícii je, že zahrňuje človeka ako spracovateľský činiteľ, tým z kategórie biomasy vylučuje organický materiál transformovaný geologickými procesmi. Spoločnou vlastnosťou biomasy a fosílnych palív je ich pôvod v biologickom materiály a pohlcovanie  $\text{CO}_2$ , ktoré prebiehalo pred miliónmi rokov. Rozdielom medzi biomasou a fosílnymi palivami je čas kedy došlo ku absorpcii uhlíka. Biomasa absorbuje uhlík počas svojho rastu a navracia ho späť pri spaľovaní. Spaľovanie biomasy je časťou kontinuálneho cyklu, pri ktorom sa množstvo pohlteneho  $\text{CO}_2$  rovná množstvu navráteného  $\text{CO}_2$  do ovzdušia v relatívne krátkom čase. Z chemického hľadiska je biomasa zlúčeninou uhlíka, organických molekúl s obsahom vodíka, kyslíka, dusíka a v menšom množstve aj alkalických zlúčenín a ťažkých kovov, ktoré sú často zložkou funkčných molekúl.“  
[1]



Obr. 2 Kolobeh  $\text{CO}_2$  v prírode [1]

### **3.1 Vznik biomasy**

„Rastliny na svoj rast využívajú oxid uhličitý z atmosféry a vodu zo zeme, ktoré sa vďaka fotosyntéze pretvárajú na uhľovodíky, stavebné články biomasy. Hybnou silou fotosyntézy je slnečná energia. Energia zo Slnka je uskladnená v chemických väzbách organického materiálu. Pri spaľovaní biomasy opätovne získavame energiu chemických väzieb. Kyslík zo vzduchu sa spája s uhlíkom v rastline, pričom vzniká oxid uhličitý a voda. Tento proces je cyklicky uzatvorený, pretože vznikajúci oxid uhličitý je vstupnou látkou pre novú biomasu.“ [1]

### **3.2 Biomasa ako palivo**

„Na rozdiel od dreva, ktoré sa od nepamäti využíva na výrobu tepelnej energie, fosílna forma biomasy, uhlie, sa začalo ľuďmi využívať len v posledných storočiach. Uhlie vzniklo ako výsledok veľmi pomalých chemických procesov, ktoré menili polyméry cukrov na chemickú zložku nahradzujúcu lignín. Dodatočné chemické väzby v uhlí sa stali koncentrovaným zdrojom energie. Všetky fosílna palivá, ktoré dnes spotrebujeme sú pradávnu biomasou. Počas miliónov rokov sa prírodnými procesmi dostala pôvodná biomasa pod reliéf, kde sa postupne menila na dnešné formy palív. Hoci fosílna palivá obsahujú rovnaké stavebné prvky ako čerstvá biomasa, nie sú považované za zdroje obnoviteľné, pretože ich vznik zabral oveľa väčšiu časť časovej osy. Najrozšírenejším palivom z kategórie biomasy je drevo. Drevo ako palivo môže mať rôznu podobu, môže byť využívané ako kusové, ako drevný odpad alebo môže byť špeciálne pestované ako energetická rastlina. Existujú však aj iné zdroje biomasy, ktoré hrajú významnú úlohu v energetickej bilancii mnohých krajín. Patria sem organické zvyšky z poľnohospodárskej výroby, bioplyn, získavaný zo skládok komunálneho odpadu, čističiek odpadových vôd alebo hnojovice zo živočíšnej výroby.“ [1]

### ***3.3 Priame spaľovanie biomasy***

„Technológia priameho spaľovania biomasy je najbežnejším spôsobom jej energetického využitia. Je to metóda v praxi overená a komerčne dostupná na vysokej úrovni. Spaľovacie zariadenia sa dodávajú v rôznych prevedeniach a výkonoch, pričom sú schopné spaľovať prakticky akékoľvek palivo od dreva cez baly slamy až po komunálny odpad. Veľký význam má predovšetkým spaľovanie odpadového dreva a odpadov z poľnohospodárskej produkcie.“ [1]

„Palivo počas spaľovacieho procesu prechádza štyrmi fázami:

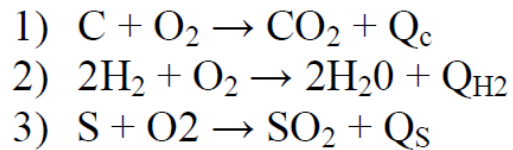
- Sušenie- palivo sa ohrieva a čiastočne sa zbavuje vlhkosti
- Odplynenie
- Horenie prchavej horľaviny a zapálenie pevnej vrstvy
- Dohorievanie tuhej vrstvy a ochladzovanie tuhých zvyškov“ [8]

„Pre účinné spaľovanie je potrebné zabezpečiť:

- dostatočne vysokú teplotu
- dostatok vzduchu
- dostatok času, aby mohlo prebehnúť úplné spálenie biomasy

Ak pri horení nie je zabezpečený prívod dostatočného množstva kyslíku, horenie je neúplné a vznikajúci dym obsahujúci nespálený uhlík je čierny. Proces je sprevádzaný aj charakteristickým zápachom a značným množstvom usadenín v komíne, ktoré môžu hroziť znovu zapálením. Na druhej strane, ak je pri horení veľké množstvo kyslíka, klesá teplota a plyny unikajúce z dreva sú nespálené, pričom odnášajú so sebou aj užitočnú energiu. Správne množstvo kyslíku je kritickým bodom dokonalého horenia. Výsledkom je neprítomnosť dymu a zápachu. Regulácia prívodu kyslíka zväčša závisí na použiteľnej komíne a ceste, ktorou sa vzduch do miesta

spaľovania dostáva. Pri dokonalom spaľovaní sa spaľuje uhlík vodík a síra.“ [1] Proces opisujú nasledujúce rovnice [8]:



### **3.4 Biomasa vo svete**

„Z hľadiska svojej perspektívy je biomasa považovaná za kľúčový obnoviteľný zdroj energie na úrovni malých, ako i veľkých technologických celkov. Už dnes sa podieľa asi 14 % na celosvetovej príprave primárnych energetických zdrojov. Pre tri štvrtiny obyvateľstva Zeme, žijúcich prevažne v rozvojových krajinách, je najdôležitejším palivovým zdrojom. V priemere jej podiel na výrobe energie v rozvojových krajinách predstavuje asi 38%. Je možné predpokladať, že pri raste populácie a znižovaní rezerv fosílnych palív bude jej význam vo svete ďalej narastať.

Biomasa je významným zdrojom energie aj v niektorých rozvinutých krajinách. Vo Švédsku alebo v susednom Rakúsku sa podieľa asi na 15 % vyrobenej energie. Švédi majú pripravené plány na podstatne vyššie využívanie biomasy, podľa ktorých by malo v budúcnosti dôjsť k nahradeniu energie, v súčasnosti získavanej v jadrových elektrárňach, energiou z elektrární na biomasu. V USA je podiel biomasy na primárnych zdrojoch energie asi 4 %, čo je rovné percentuálnemu podielu, elektrickej energie získavanej v jadrových elektrárňach, na celkovom množstve vyrobenej elektriny. Väčšina energie z biomasy pokrýva spotrebu tepla, avšak významne sa podieľa aj na výrobe elektriny. Dnes v USA pracujú elektrárne spaľujúce biomasu s celkovým elektrickým výkonom viac ako 9000 MW. Podľa niektorých analýz neexistuje žiadna bariéra, aby podiel biomasy na spotrebe energie v USA vzrástol na viac ako 20 %. Biomasa pestovaná na poľnohospodárskej pôde by dokázala bez problémov nahradiť energiu vyrábanú jadrovými reaktormi, a to i bez dôsledkov na ceny poľnohospodárskych plodín.

Biomasa sa podstatne líši od iných zdrojov energie, pretože potrebuje pre svoj rast pôdu. Vo všeobecnosti je možné povedať, že pre drevité rastliny je prirodzená

produkcia biomasy asi 5 ton na každý hektár pôdy, za rok. Hodnotu je možné podstatne zvýšiť zlepšeným hospodárením a výberom rastlín. Napríklad pestovanie rýchlorastúcich drevín vedie k 2 až 10-násobnému nárastu produkcie. Vhodným výberom pôdy a pestovaného druhu je v našich klimatických podmienkach bežná produkcia biomasy na úrovni 10 až 15 t/ha/rok. V tropických oblastiach je to 15 až 25 t/ha/rok. Veľmi vysoká produkcia suchej rastlinnej hmoty bola získaná v Brazílii a Etiópii z eukalyptu a to až 40 t/ha/rok. Veľké množstvo paliva je možné získať pestovaním bezdrevných rastlín. Priemerná produkcia cukrovej trstiny vzrástla za niekoľko posledných rokov zo 47 na 65 t/ha/rok. Rekordná produkcia až 100t/ha/rok bola dosiahnutá v niektorých oblastiach ako sú Južná Afrika, Hawaii alebo Queensland v Austrálii.“ [1]

### ***3.5 Biomasa a ekonomika krajiny***

„Jednou z hlavných výhod používania biomasy, ako zdroja energie, je ekonomický rozvoj vidieka v rozvojových aj v rozvinutých krajinách. Výsledkom prechodu na produkciu biopalív býva zvýšenie príjmov poľnohospodárov, diverzifikácia poľnohospodárskej produkcie, revitalizácia pôdy, znižovanie emisií z energetiky a znižovanie nadprodukcie potravín. Zvyšovanie príjmov vedie aj k ďalším, nepriamym výhodám, ako je napríklad oživenie miestneho hospodárstva. Táto skutočnosť môže v konečnom dôsledku viesť k obmedzeniu migrácie obyvateľstva z vidieka do miest, čo je vážnym problémom v mnohých krajinách sveta. Tvorba nových pracovných príležitostí pri využívaní biomasy a priemyselny rozvoj viažuci sa na vývoj technológií môže byť obrovský.“ [1]

### ***3.6 Pelety***

Výroba peliet nie je žiadnou horúcou novinkou. Prvé výrobné drevných peliet sa objavili v Kanade a USA už začiatkom minulého storočia, ako riešenie problému s obrovským množstvom drevného odpadu. Lisovanie sa spočiatku používalo na výrobu granulového krmiva pre poľnohospodárstvo. Pelety sa vyrábajú v špeciálnych lisoch, kde sa biomasa pri vysokom tlaku pretláča cez maticu a následne vytvorené pelety sa odrezávajú na požadovanú dĺžku 10-50 mm. Priemer sa určuje pomocou matrice, ktorej oko dosahuje priemer 4-8 mm.

Podľa využitej biomasy rozoznávame dva druhy peliet:

- alternatívne pelety
- drevné pelety [9]

### **3.6.1 Alternatívne pelety**

„Alternatívne pelety sú vyrobené zo slamy (pšenice, raže, sóje, jačmeňa, hrachu, repky) a poľnohospodárskeho organického odpadu, vznikajúcom pri priemyselnom čistení a sušení poľnohospodárskych plodín. Požadovaná pevnosť a trvanlivosť alternatívnych peliet sa získava pridaním odpadu z repky alebo slnečnice, čo tvorí asi 2 - 3% z celkového objemu, k slame a ostatnému poľnohospodárskemu odpadu pri peletizovaní. Odpad z olejnín znižuje spotrebu elektrickej energie pri výrobe, predlžuje dobu životnosti peletizéra a zvyšuje kvalitu alternatívnych peliet.“ [9]

### **3.6.2 Drevné pelety**

„Drevné pelety sa vyrábajú z čistých pilín a hoblín bez pridávania chemických látok. Ako spojivo tu pôsobí lignín, obsiahnutý v samotnom dreve, ktorý sa pri vysokých teplotách spôsobených vplyvom trenia dostáva do plastického stavu. V poslednej dobe sa vyrábajú drevné pelety aj z cieľovo pestovaných rýchlorastúcich drevín.“ [9] Kvalita vstupnej suroviny veľmi ovplyvňuje výslednú kvalitu drevnej pelety. Vstupný jemnozrnný materiál musí byť bez mechanických nečistôt, chemicko-systetických prímiesí, z odkôreného dreva a s maximálnou dĺžkou skladovania 5-6 dní. Takýto materiál je na trhu veľmi cenený, pretože zhruba 90% prevádzok neodkôrňuje surovinu a vzhľadom na to, že drewný odpad skladuje na voľných priestranstvách je plný mechanických nečistôt a disponuje veľkou vlhkosťou. [10]



### 3.6.2.1 Proces výroby drevnej pelety

Proces výroby drevnej pelety štartuje zvozom suroviny z výrobných prevádzok jednotlivých dodávateľov. Prevádzky sú v maximálnej vzdialenosti 50km od miesta výrobcu peliet aby bola dosiahnutá rentabilita nákladov na dopravu. Dovezená surovina musí prejsť tromi stupňami triedenia, kde sú odstránené kovy, kôra, väčšie kusy dreva, pilín a kamene. Surovina ďalej prechádza procesom sušenia v sušiarňach, kde sa pôvodná vlhkosť suroviny, 25-75%, znižuje na cca 12%. Homogenizácia suroviny je zabezpečená kladivkovými mlynmi. Na výstupe má surovina rozmery 1-4mm z pôvodných 1-8mm. Následne pokračuje surovina do pelletizátora, v ktorom sú vytvorené pelety. Pre udržanie vysokej kvality výslednej suroviny sú na konci celého procesu pelety schladené. Pelety sú balené podľa požiadaviek zákazníka a to do 15 kg vriec prepravovaných na palete po 1200 kg, do veľkoobjemných vakov-big bag alebo sú prepravované pomocou cisterny, ktorá zavezie palivo priamo do skladu peliet. [10]

### 3.6.2.2 Normy drevných peliet

Parameter	jednotka	Nemecko	Rakúsko	Nemecko	BIOMASA	EÚ (pripravovaná)	
		DIN 51 731	Ö-Norm M 7135	DIN plus		kachle	kotly
Priemer	mm	4 - 10	4 - 10	bez požiad.	6 a 8	6	8 - 10
Dĺžka	mm	< 50	< 5 x d	< 5 x d	< 5 x d	10 - 30	10 - 50
Objemová hmotnosť	kg/m <sup>3</sup>	> 1000 - 1400	> 1120	> 1120	1320	1200 - 1400	
Obsah vody	%	< 12	< 10	< 10	6,82	< 10	
Sypná hmotnosť	kg/m <sup>3</sup>	bez požiadavky	bez požiad.	bez požiad.	675	> 650	
Oder	%	bez požiadavky	< 2,3	< 2,3	1,70	bez požiadavky	
Obsah popola	%	< 1,5	< 0,5	< 0,5	0,42	< 1	
Výhrevnosť	MJ/kg	17,5 - 19,5	> 18	> 18	17,29	> 16,92	
Obsah síry	%	< 0,08	< 0,04	< 0,04	0,086	0,08	
Obsah dusíka	%	< 0,3	< 0,3	< 0,3	0,1	< 0,3	
Obsah chlóru	%	< 0,03	< 0,02	< 0,02	0,008	< 0,3	
Obsah sodíka	%	bez požiadavky	bez požiad.	bez požiad.	0,008	< 300	
Aditíva	%	nie je dovolený	< 2	< 2	0	< 5	

**Tab. 2** Požadované vlastnosti peliet podľa noriem [10]

### 3.6.2.3 Výhody a nevýhody používania drevných peliet

#### Výhody:

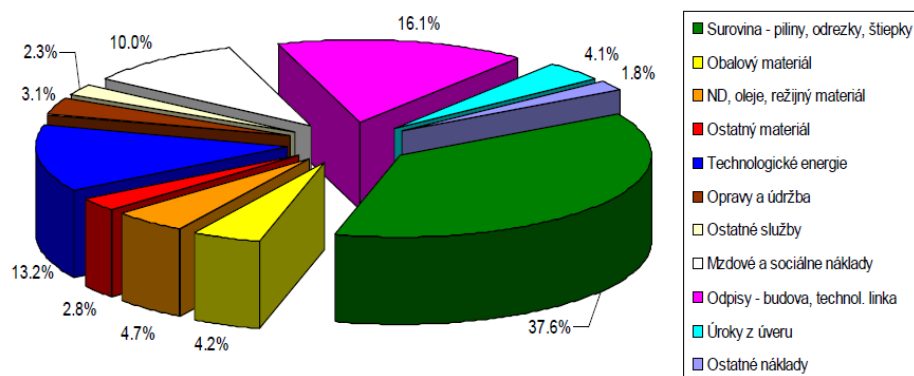
- „Výroba z domácej, dorastajúcej suroviny
- Možnosť uskladnenia vo vonkajších silách
- Dobrá a trvalá stabilita pri uskladňovaní
- Energetické náklady na výrobu sú podstatne nižšie než náklady na výrobu vykurovacieho oleja, plynu a elektrickej energie
- Homogénnosť, stabilná vlhkosť- nízky obsah škodlivých látok pri spaľovaní
- Automatická prevádzka zariadenia na spaľovanie peliet

#### Nevýhody:

- Vysoké investičné náklady na spaľovacie zariadenie
- Nutnosť skladovacieho priestoru, respektíve, vonkajšieho sila
- Čistenie kotla“ [10]

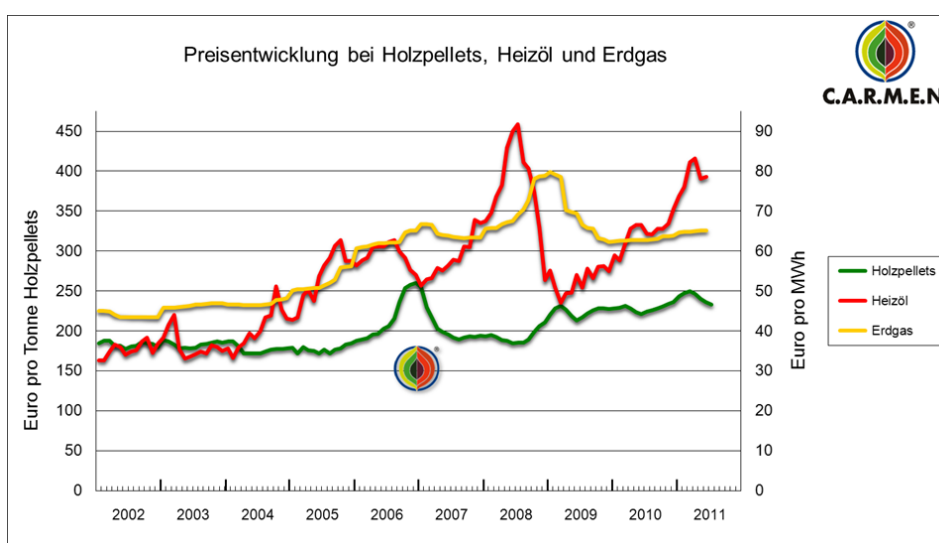
### 3.6.2.4 Vývoj trhu s drevnými peletami

Na nasledujúcom grafe môžeme vidieť celkové rozdelenie nákladov pri výrobe peliet. Najväčšiu časť tvoria náklady na surovinu, piliny, odrezky, štiepky. Cena je priamo ovplyvnená cenou pohonných hmôt a energií, ktoré sú spotrebované pri manipulácii s drevom a následným spracovaním odpadu. Citelná je teda závislosť vývoja ceny ropy, zemného plynu a ceny peliet.

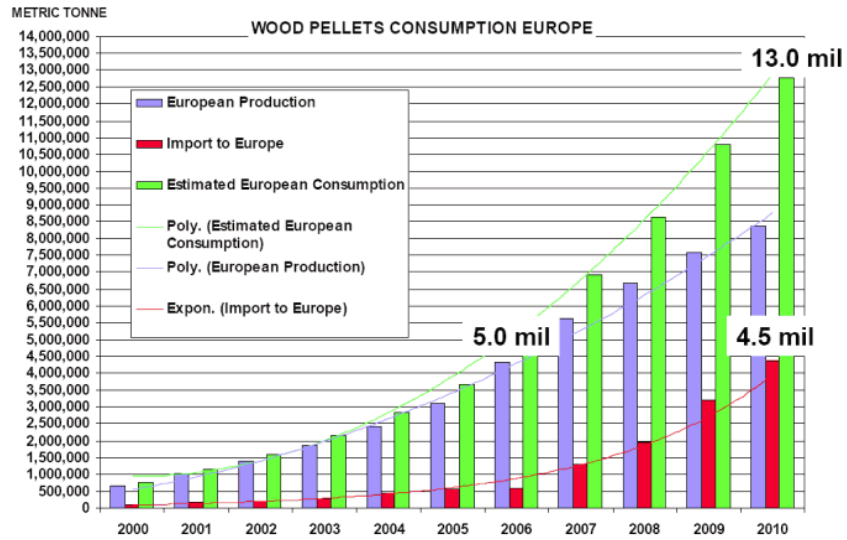


**Obr.3** Graf nákladov na výrobu drewných peliet [10]

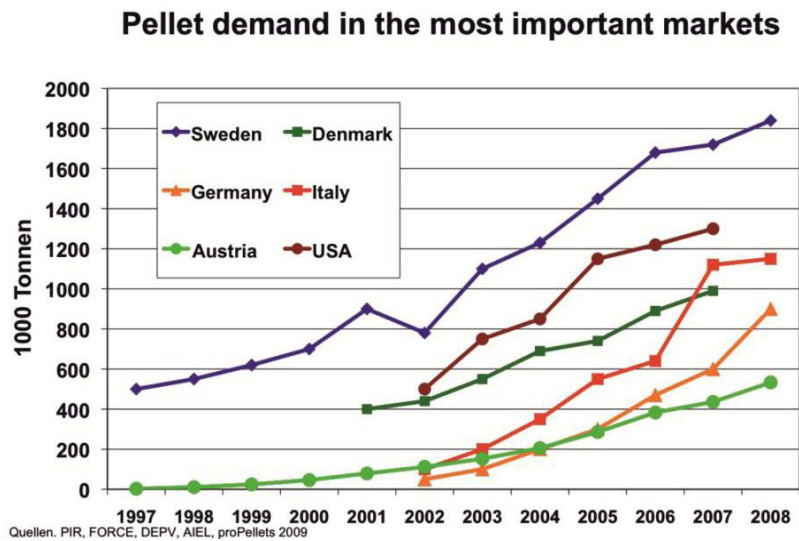
Neustále polemiky o nedostatku peliet a obrovskom náraste cien dokonale osvetľujú nasledujúce grafy. Z nich je zrejmé, že trh s peletami netrpí a nebude trpieť nedostatkom paliva. Cena peliet nepresahuje a podľa dlhodobých prognóz nepresiahne cenu zemného plynu. Tieto tvrdenia sú závermi z prieskumov trhov krajín ako sú Rakúsko, Švédsko a USA kde je trh s palivami lepšie rozvinutý ako v našich krajinách. Je nutné brať v úvahu, že ceny peliet sú ovplyvnené ročným obdobím nákupu. Preto z ekonomického hľadiska je výhodné sa pred zásobiť peletami v letných mesiacoch jún a júl kedy je cena priaznivejšia. [11,12]



**Obr. 4** Vývoj ceny drewných peliet [11]



Obr. 5 Graf vývoja trhu z drevnými peletami [12]



Obr.6 Graf vývoja spotreby drevných peliet [13]

### 3.7 Porovnanie nákladov na vykurovanie rôznymi typmi palív

V tabuľke pod textom uvádzame náklady na vykurovanie objektu s ročnou potrebou tepla 100GJ. Výpočet sme previedli pomocou aplikácie umiestnenej na stránkach [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz). Z uvedeného vyplýva, že cena peliet je v porovnaní s pevnými fosílnymi palivami stále vyššia. V porovnaní s drevom je výsledok rovnaký, veľkým plusom pre pelety je automatizácia spaľovacieho procesu a absencia nutnosti pravidelného prikladania. Ekonomicky zaujímavým sa javí využitie drevnej štiepky a obilia, pri ktorých je nutné zvážiť zložitejšie riešenie skladovania a technológie z dôvodu vysokej vlhkosti a nízkej objemovej hmotnosti paliva.

Náklady na vytápění Výpočtová spotřeba tepla = 100 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>cený a dodavatelé</small>	2,90 /kg	Automatický kotel na uhlí (80%)	0,73	6944 kg	20139,-
<input checked="" type="checkbox"/> Černé uhlí (23,1 MJ/kg) <small>cený a dodavatelé</small>	4,80 /kg	Automatický kotel na uhlí (80%)	0,94	5411 kg	25974,-
<input checked="" type="checkbox"/> Koks (27,5 MJ/kg)	8,50 /kg	Automatický kotel na uhlí (80%)	1,39	4545 kg	38636,-
<input checked="" type="checkbox"/> Dřevo (14,6 MJ/kg)	3,00 /kg	Kotel na zplynování dřeva (75%)	0,99	9132 kg	27397,-
<input checked="" type="checkbox"/> Dřevěné brikety (17,0 MJ/kg)	4,80 /kg	Kotel na zplynování dřeva (75%)	1,36	7843 kg	37647,-
<input checked="" type="checkbox"/> Dřevěné pelety (17,0 MJ/kg) <small>cený</small>	4,70 /kg	Automatický kotel na pelety (95%)	1,05	6192 kg	29102,-
<input checked="" type="checkbox"/> Štěpka (12,5 MJ/kg)	2,00 /kg	Kotel na štěpku (80%)	0,72	10000 kg	20000,-
<input checked="" type="checkbox"/> Rostlinné pelety (16 MJ/kg)	3,65 /kg	Kotel na rostlinné pelety (90%)	0,91	6944 kg	25347,-
<input checked="" type="checkbox"/> Obilí (18 MJ/kg)	3,20 /kg	Automatický kotel (85%)	0,75	6536 kg	20915,-
<input checked="" type="checkbox"/> Zemní plyn (spalné teplo 37,82 MJ/m <sup>3</sup> ) <small>cený</small> Dodavatel: RW E Energie, a.s. Spotřeba plynu: 20000 - 25000 kWh /rok	1,5399 /kWh <small>vztahena ke spalnému tepleu ??? 16,18 Kč/m<sup>3</sup> + 292,56 Kč/měsíc</small>	Kotel kondenzační (102%) <small>účinnost je vztahena k výhřevnosti ZP ???</small>	1,8	30235 kWh 2879 m <sup>3</sup>	50090,-
<input checked="" type="checkbox"/> Propan (46,4 MJ/kg) <small>cený a dodavatelé</small>	21 /kg	Kotel kondenzační (102%)	1,6	2113 kg	44371,-
<input checked="" type="checkbox"/> Lehký topný olej ELTO (42 MJ/kg) <small>cený</small>	18,5 /kg	Kotel na lehký topný olej (89%)	1,78	2675 kg	49492,-
<input checked="" type="checkbox"/> Elektřina akumulace <small>cený a tarify ???</small> D26d jistič nad 3x25 A do 3x32 A	417,6 Kč/měsíc + NT: 2,07619 /kWh	Akumulační kamna (95%)	2,37	29240 kWh	65718,-
<input checked="" type="checkbox"/> Elektřina přímotop <small>cený a tarify ???</small> D45d jistič nad 3x20 A do 3x25 A	420 Kč/měsíc + NT: 2,60659 /kWh	Přímotopné panely (98%)	2,84	28345 kWh	78923,-
<input checked="" type="checkbox"/> Tepelné čerpadlo <small>cený a tarify ???</small> D56d jistič nad 3x16 A do 3x20 A	348 Kč/měsíc + NT: 2,60779 /kWh	Průměrný roční topný faktor: 3	1,02	9259 kWh	28322,-
<input checked="" type="checkbox"/> Centrální zásobování teplem <small>cený</small>	400 /GJ ???	Účinnost (100%)	1,44	100 GJ	40000,-

Tab. 3 Porovnanie nákladov na vykurovanie objektu s rôznymi typmi palív[14]

## 4. Zdroje tepelnej energie

Vo všeobecnosti môžeme rozdeliť zdroje tepla na centralizované alebo decentralizované. Pri decentralizovanom spôsobe je teplo do vykurovaného priestoru dodávané buď pomocou individuálnych vykurovacích zariadení alebo pomocou ústredného vykurovania. Individuálne vykurovacie zariadenia dodávajú teplo do jednej miestnosti. Pri ústrednom vykurovaní sa teplo dodáva do viacerých miestností z jedného tepelného zdroja, bez existencie externých rozvodov. Tepelným zdrojom je kotlové zariadenie t.j. úplné technické zariadenie pre výrobu pary, alebo horúcej vody, ktoré pozostáva z kotla a pomocného zariadenia kotla. [4]

### 4.1 Všeobecné požiadavky na kotle

Základné požiadavky na kotle sú udané jednoznačne. Kotol musí zabezpečiť dokonalý spaľovací proces vzhľadom na minimalizovanie hodnoty emisných limitov  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_2$  a tuhých častíc. Výkon kotla respektíve horák musí byť regulovateľný podľa požiadaviek užívateľa na teplo a dokázať zabezpečiť rýchlu dodávku tepla na vykurovanie a ohrev TUV. Optimálny výkon a tepelná účinnosť kotla sa musí zabezpečiť dokonalým spaľovaním privedeného paliva pri optimálnom nadbytku vzduchu. Správne pomery spaľovacieho vzduchu a množstva paliva zabezpečí v jednotlivých fázach spaľovacieho procesu stabilitu horenia v celom požadovanom rozsahu výkonu kotla. Dôležitou požiadavkou na kotol je aj jeho cena a cena regulácie, ktoré v sebe spájajú požiadavku na návratnosť investície. V prípade pripájania kotla na pôvodný komín musia byť sledované imisné podmienky, ktoré ovplyvňuje výška komína a teplota spalín v ústí komína.

Typy kotlov charakterizujeme podľa viacerých základných parametrov. Základným parametrom je aj spaľované médium. Pri tejto charakteristike rozoznávame tri druhy kotlov: kotle na tuhé a plynné palivá a elektrické kotle. Každý kotol pracuje s teplonosnou látkou, ktorá zabezpečuje rozvod tepla po celom vykurovacom systéme. Podľa teploty teplonosného média rozlišujeme opäť tri druhy kotlov: horúcovodné kotle s teplotou vody nad  $90^\circ\text{C}$ , teplovodné s teplotou vody do  $90^\circ\text{C}$ , nízkoteplotné s teplotou vody okolo  $60^\circ\text{C}$  a kondenzačné s teplotou vody pod  $60^\circ\text{C}$ . Pomocou kotlov môže byť pripravovaná sýta alebo prehriata para. Pri spaľovaní paliva v kotly vznikajú spaliny, sú

odvodené do vonkajšieho prostredia. Podľa odvodu spalín delíme kotly na kotly s prirodzeným odvodom a s núteným odvodom. Nútený odvod spalín zabezpečuje dokonalé odovzdávanie a vyžitie tepla spalín v tepelnom výmenníku. Pri prirodzenom ťahu spalín do komínového telesa odchádzajú mnohokrát veľmi horúce spaliny, ktorých teplo je využité neefektívne. Teleso kotla môže byť zhotovené z klasickej liatiny, z liatiny s prídavkom grafitu, z medi a zo špeciálnej žiaruvzdornej ocele. Prevádzka kotla prebieha manuálne, automaticky alebo poloautomaticky. Typizácie kotlov je možné vykonávať podľa rôznych ďalších parametrov. Vyššie spomenuté charakteristiky postačujú k základnému výberu alebo zaradeniu kotla. V našej práci sa zameriame hlavne na malé zdroje tepla do 70 kW. [4]

## **5. Automatické kotle na pelety do 70 kW.**

Súčasný trh je preplnený ponukami automatických kotlov na pelety. Je to spôsobené veľkým dopytom po týchto zariadeniach, hlavne v oblastiach nepripojených na rozvod plynu a pri zákazníkoch, ktorý vyžadujú určitú dávku komfortu pri ovládaní svojho vykurovacieho systému. Cenové rozpätie v kategórii od 20-30kw je veľmi široké. Cenové ponuky začínajú pri 3000€ a postupne stúpajú až po 15 000€. Samozrejme, cena priamo úmerne rastie s technológiami a výkonom, ktoré sú do kotla nainštalované.

### ***5.1 Dopravný systém***

Na obrázkoch môžeme vidieť zostavený dopravný systém zo skladu peliet až do kotla. V sklade je nainštalovaný dávkovací čap so závitovkou s dekompresným krytom a zároveň s rozrážačom peletového prachu. Postupne závitovka pokračuje ďalej cez bezpečnostnú trubicu až ku RSE klapke. Závitovka je ukončená napojením na pohon, ktorý ju roztáča a tým naberá pelety zo skladu a postupne prenáša. RSE klapka oddeľuje dopravný systém kotla od dopravného systému skladu. Je jednou z troch protipožiarnych ochrán. Otváranie RSE klapky je riadené motorom. Uzatváranie prebieha automaticky pomocou pružiny. Tým je zabezpečené uzatvorenie dopravnej cesty aj v prípade výpadku elektrického prúdu. Keď je klapka otvorená pelety vpadnú cez spádovú šachtu na závitový dopravník kotla a pokračujú priamo až na horák. Ďalšími dvomi ochrannými prvkami sú trubica z horľavého plastu, ktorá v prípade preniknutia ohňa za RSE klapku prehorí a špeciálny dielec montovaný do prechodovej steny medzi skladom peliet a kotolňou brániaci svojou konštrukciou preniknutiu požiaru k peletám. [15]

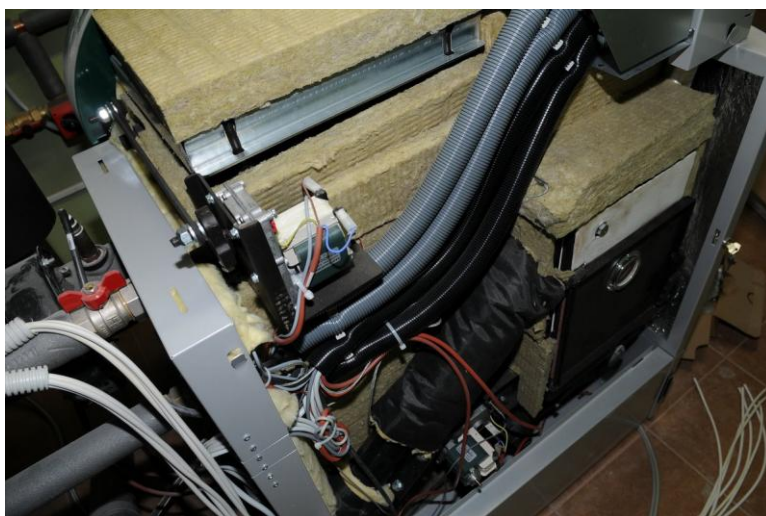




**Obr. 7** Závitový dopravník v sklade peliet



**Obr. 8** Dopravný systém kotla s pohonom a RSE klapka



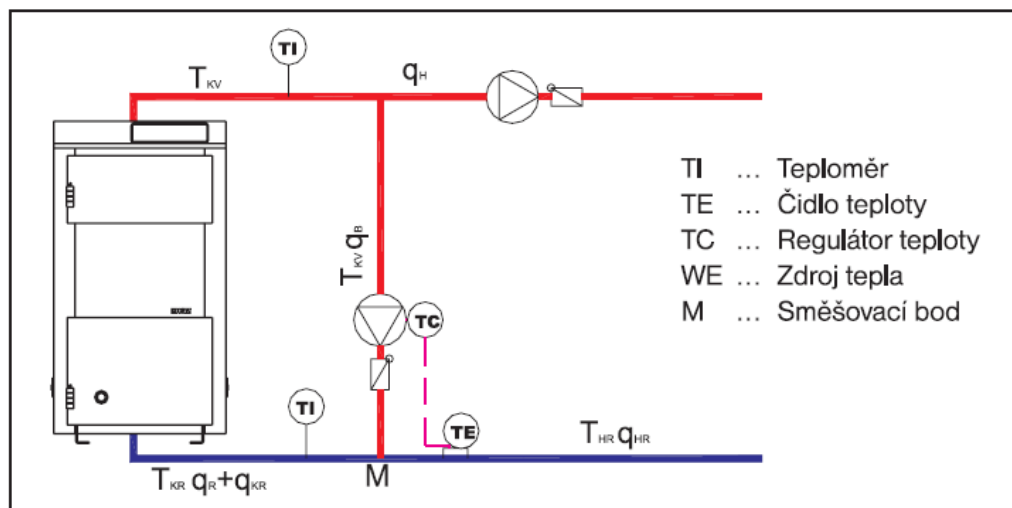
**Obr. 9** Dopravný systém vo vnútri kotla



**Obr.10** Spaľovacia komora s obložením

## 5.2 Teleso kotla

Teleso kotla je zostavené zo špeciálnej 6 mm žiaruvzdornej ocele. Oceľ je spracovaná ohýbaním, laserovým rezaním a zváraním do požadovaného tvaru. Maximálnu životnosť telesa zabezpečuje set ochrany spiatočky, respektíve, ochrana proti nízkoteplotnej korózií. Trojcestný ventil a čerpadlo má na starosti zdvihnutie teploty spätnej vody pred vstupom do kotla. Trojcestný ventil vmiešava do vratnej vody požadované množstvo teplej vody z prívodu kotla a zabezpečuje teplotu spätnej vody na úrovni minimálne 60°C. Kotel je možné prevádzkovať v teplotnom rozsahu od 60°C do 90°C. Tepelná energia kotla sa smie využívať až od chvíle, keď teplota v kotlovom okruhu vystúpi nad 61°C. Teplota vody je meraná odporovým teplotným snímačom umiestneným na armatúre pri vstupe vody do kotla. Keby nebol použitý tento systém dochádzalo by ku kondenzácii pár na vnútornej strane tepelného výmenníka, ktoré by malo za následok jeho deštrukciu. V prípade prekročenia teploty 92°C je nadbytočné teplo odvádzané do zásobníka TÚV alebo nastáva bezpečnostné odstavenie kotla. Celý proces je riadený z riadiaceho systému kotla. Teleso je obalené 80 mm izoláciou z dôvodu minimalizovania tepelných strát. [15]

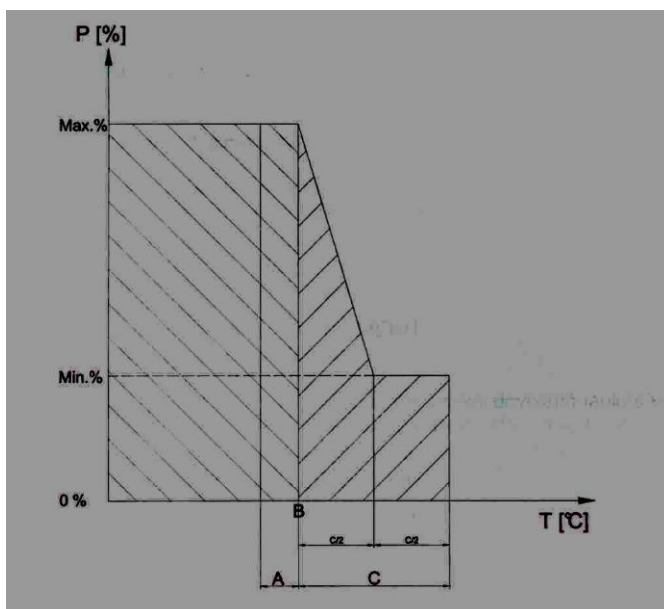


Obr. 11 Zapojenie ochrany proti nízkoteplotnej korózií [2]

### 5.3 Spaľovací proces

Kotol riadi celý spaľovací proces. V nastaveniach systému je možné regulovať dĺžku času dodávania peliet na horák, časové odstupy medzi jednotlivými dodávkami, všetko v závislosti od kvality paliva. Kotol dodávku tepla kontroluje plynule pomocou ekvitermickej krivky, ktorá udáva vzťah medzi vonkajšou teplotou a teplotou vody v jednotlivých vykurovacích okruhoch. V prípade inštalácie vnútorného izbového termostatu je teplota vody doregulovaná aj podľa požadovanej teploty miestnosti. Z kotla môže byť nezávisle riadených až päť okruhov. Rozdiely medzi teplotami a teda rozdielne dodávky tepla pre jednotlivé okruhy sú zabezpečené domiešaním vody zo spiatočky do vody na prívode za pomoci trojcestného ventilu riadeného servom.

Automatický štart kotla nastane keď je vyslaná požiadavka na teplo z ktoréhokoľvek vykurovacieho okruhu riadeného ekvitermicou reguláciou, zásobníka TÚV alebo izbového termostatu. V prípade zvolenia časovanej prevádzky sú parametre kontrolované len počas nastavených časov vykurovania. Studený štart prebieha nasledovne. Pelety sa pomocou dopravného systému dostávajú v krátkych intervaloch na rošt kotla kde sa pomocou teplovzdušného ventilátora zmes zapáli. Zariadenie plynule prechádza do fázy rozhorenia, kde sa vytvorí rovnomerné lôžko žeravej masy.



**Obr. 12** Príklad regulácie výkonu kotla [15]

Nasledovný stav je stav maximálneho výkonu kotla. V momente, keď dosiahne kotol teplotu, ktorú požaduje ekvitermická regulácia, nastáva fáza regulovaného výkonu (B). Regulácia prebieha medzi dvoma stavmi a to medzi stavom maximálneho výkonu a stavom čiastočného výkonu, pomocou regulačnej hysterézy (C), ktorá udáva maximálny kladný rozdiel medzi teplotou kotla a požadovanou teplotou na prívode. Kotol vypína až po dosiahnutí súčtu požadovanej teploty a nastaveného teplotného rozdielu. Zvýšená teplota kotla oddŕaňuje nutnosť ďalšieho štartu.

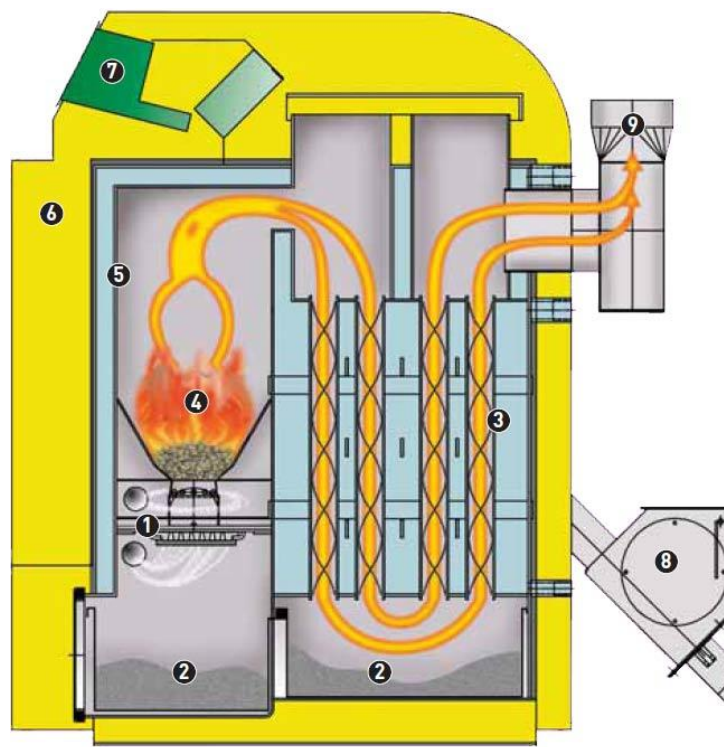
Lambda sonda kontroluje množstvo kyslíku vo spalinách a teda kontroluje kvalitu spaľovacieho procesu. Ovláda spalinový ventilátor, umiestnený na zadnej strane kotla a tým prívod vzduchu do kotla. Kotol má nútený odťah spalín. Spalinový ventilátor s meniteľnými otáčkami vytvára v kotly podtlak a zabezpečuje prívod sekundárneho, a čiastočne aj primárneho spaľovacieho vzduchu do spaľovacej komory. Sekundárny vzduch privedený ku horáku kotla zabezpečuje dokonalé spaľovanie.

Počas horenia sa v kotly usádza popol, ktorý vzniká spaľovaním peliet. Jeho odstránenie zabezpečujú dva systémy. Prvý systém zabezpečuje automatické čistenie spaľovacej komory, kde sa rošt horáka vyklopí na maticu a popol sa vsype do popolovej priehradky. Druhý systém riadi automatické čistenie výmenníka tepla. V trubicovom výmenníku tepla sú osadené turbulátory, ktoré sa v pravidelných intervaloch otáčajú a vynášajú popol von.

Kotol meria zároveň priemernú dennú teplotu podľa ktorej vyberá medzi dvoma režimami prevádzky zimnou a letnou. Vo chvíli, keď klesne teplota pod užívateľom zadanú teplotu kotol spustí prípravu teplej vody pre vykurovacie okruhy a zároveň pre prípravu TÚV. Keď je priemerná teplota nad zvolenou hranicou kotol pripravuje len TÚV. Ak je vo výbave zariadenia aj karta riadiaca solárny systém, riadiaca jednotka vyhodnocuje údaje o teplote solárnej kvapaliny a potrebou tepla na ohrev TÚV a sama zvolí výhodnejšiu variantu prípravy, buď prostredníctvom solárnych panelov alebo pomocou spaľovania peliet v kotly. [15]



**Obr. 16** Lambda sonda a spalínový ventilátor



**Obr. 17** Pozdĺžny rez kotlom [15]

## **6. Projekt rekonštrukcie technickej miestnosti**

### **6.1 Rekonštruovaný objekt**

Pôvodný rodinný dom bol postavený v 50tych rokoch už minulého storočia. V tej dobe vykurovanie pozostávalo z vykurovacích telies, ktoré boli umiestnené v jednotlivých miestnostiach. Na prelome 70-80tych rokov došlo k rekonštrukcií budovy kde sa pôvodný vykurovaná plocha sa zväčšila z pôvodných 125 m<sup>2</sup> na 250 m<sup>2</sup> a zároveň bolo zavedené centrálné vykurovanie. Systém tvorilo 15 vykurovacích telies čo predstavuje okolo 250 radiátorových článkov. Objem vykurovacieho systému bol odhadnutý na hodnotu 250l. Systém bol rozdelený do 4 okruhov v dvoj trubkovom zapojení so spodným ležatým rozvodom. Bol nainštalovaný kotol na tuhé palivo s výkonom 18kW. Prelom 80-90tych rokov a zvýhodnené tarify pre veľkoodberateľov elektrickej energie zaznamenal masový nástup elektrických vyhrievacích telies. Majiteľ sa taktiež rozhodol pre túto formu vykurovania pri zachovaní pôvodného kotla na tuhé palivo. V rokoch 1992 až 2000 bol objekt vykurovaný elektrickou energiou. Je nutné podotknúť, že RD sa nachádza v oblasti bez plynofikácie. Majiteľ realizoval výmenu výplní stavebných otvorov a zároveň izoláciu fasády RD. Ako izolačný materiál bol použitý 100 mm EPS. Rozhodol sa pre 8 komorové okná s trojitým sklom a s tromi úrovňami tesnenia, dve dorazové a jedno stredové. Boli zhotovené izolácie podláh a podkrovnej časti domu.

V roku 2010 sa vykurovací systém dostal do havarijného stavu pri ktorom došlo ku prasknutiu troch článkov kotla a následnému vytopeniu kotolne. Majiteľ RD sa rozhodoval medzi automatickými formami vykurovania, ktoré by šetrili jeho čas a peniaze pri zachovaní maximálneho komfortu. Podmieňujúcim faktorom výberu bol rozpočet, v ktorom inštalovaná technológia s inštalátorskými úpravami nemala presiahnuť 25 000 €. Tým bol nepriamo určený nový druh vykurovacieho zariadenia a to plnoautomatický kotol na pelety v kombinácii so solárnym systémom.

## 6.2 Stav pred rekonštrukciou

Podlahu kotolne tvorila cca 50 mm vrstva betónu s častým výskytom vzduchových bublín. Nebola dosiahnutá jednotná rovina povrchu. Vzhľadom na to, že sa kotolňa nachádza v pivničných priestoroch, sú steny tvorené základmi RD, ktoré vzhľadom na rok výstavby vykazovali veľké nerovnosti. Steny boli omietnuté hrubovrstvou vápno- cementovou omietkou, ktorá vykazovala na mnohých miestach poškodenie vo forme odutia a nerovnosti. Vykurovací systém mal dve vykurovacie telesá pričom pri vykurovaní elektrickým teplovodným kotlom bol zavedený nútený obeh vykurovacieho média a v prípade kotla na tuhé palivo bol obeh riešený samotiažou.



**Obr. 18** Pôvodný elektrický a liatinový kotol na tuhé palivo



### 6.3 Stavebné úpravy

Hlavným bodom stavebnej časti úprav bolo odstránenie problémov so spodnou tlakovou vodou. Izolácia pozostávala z viacerých vrstiev. Prvým krokom bolo vysekanie pôvodného nekvalitného betónu a vyvezenie podkladovej zeminy aby bola zachovaná svetlá výška miestnosti 2050 mm. Ďalší krok spočíval v osadení 100 mm drenážnych rúr po obvode kotolne a jedna drenážna rúra stredom skladu peliet. Drenážne rúry boli osadzované do a nakoniec aj zasypané vrstvou jemného štrku. Zakončenie rúr bolo zvedené do betónovej skruže priemeru 600 mm. V nej je osadené čerpadlo s hladinovým spínačom, ktoré sa v prípade výskytu spodnej vody zopne a vytlačí potrebné množstvo vody do vzdialenosti 25 m od budovy. Následnú vrstvu tvorila kari rohož s okom 100 mm po celej ploche miestnosti. Jej hlavnou úlohou je vytvorenie armovacej vrstvy, ktorá má zabrániť prípadným trhlinám betónu. Predposlednou vrstvou bol izolačný betón s hrúbkou 150 mm. Bol použitý betón triedy B25 s izolačnou prímiesou XYPEX. Prímes dodáva betónu špecifické vlastnosti, ktoré zabezpečujú odolnosť voči tlakovej vode. XYPEX je materiál, ktorý vytvorí kryštalickú mriežku a zabezpečí, že betónové konštrukcie sú pre kvapaliny nepriepustné. „Vyrába sa vo forme kompozitu z portlandského cementu, veľmi jemného upraveného kremičitého piesku a rôznych zvláštnych chemikálií. XYPEX je zdravotne nezávadný a preto sa používa napríklad aj na izoláciu zásobníkov na pitnú vodu. Kryštalické formácie XYPEX-u obmedzia veľkosť vzduchových priestorov v betóne na také malé, že molekuly vody nimi nemôžu prejsť. Priestory ale dovoľia prechod vzduchu, takže betón je schopný "dýchať" a stať sa tak úplne suchým a zabráni koncentracii vlhkosti.“ [16]

Poslednú vrstvu tvorila tekutá lepenka spolu s osadenými izolačnými rohmi. Izolačné rohy sú tvorené špeciálnou vode odolnou textíliou a textilnou sieťkou. Sú osádzané do prvej vrstvy tekutej lepenky. Lepenka pre svoju veľkú rozťažnosť až cca 400% vytvorí vrstvu izolácie, ktorá tvorí ochranu v prípade vzniku mikro trhlín betónu. Aplikuje sa náterom vo viacerých vrstvách na suchý napenetrovaný a prachu pozbavený podklad. Penetrovací náter slúži na zjednotenie nasiakavosti podkladu. Tekutá lepenka bola aplikovaná aj na steny miestnosti do výšky 500 mm z dôvodu vytvorenia izolačnej vane. [17]

Majiteľ bol rozhodnutý upraviť povrch stien a stropov. Zvolil si tenkovrstvú silikátovú omietku, pre jej špecifické vlastnosti paropriepustnosť a umývateľnosť. Predtým boli steny pozbavené nesúdržných častí starej omietky a napenetrované hĺbkovou penetráciou, ktorá spevňuje podklad do hĺbky 20-30mm, pre zaistenie zjednotenia pevnosti podkladu. Po vyrovnaní stien bola vytvorená armovacia vrstva zo sklotextilnej mriežky. Pre dokonalý detail rohov a kútov stien boli osadené plastové rohovníky. Pred aplikáciou omietky boli steny opäť natreté penetrovacím náterom. Tenkovrstvá ryhovaná omietka sa nanáša nerezovým hladidlom na hrúbku zrna s následným požadovaným stvárnením, ktoré sa taktiež vytvára hladidlom v rovnakých časových odstupoch od nanosenia. [18]

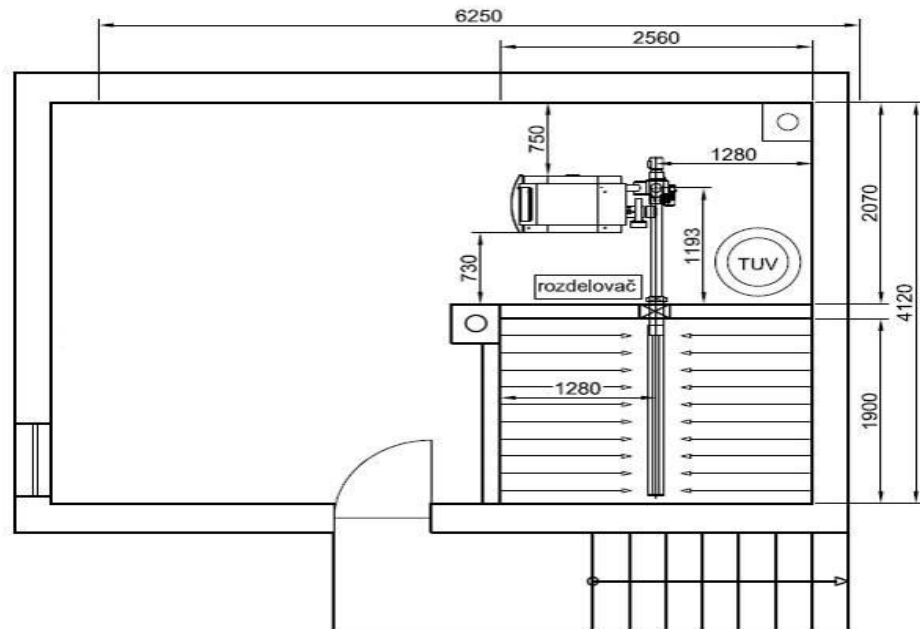
Do komínu bolo nutné osadiť nerezovú komínovú vložku priemeru 150 mm pre príliš veľký komínový ťah (nad 25 kPa) a ochranu komínového muriva pred prípadnou kondenzáciou pár v telese a následnou deštrukciou. Ťah komína počas vykurovacej sezóny kolíše, preto bol domontovaný regulátor komínového ťahu s protiexplóznou klapkou. Regulátor skvalitňuje spaľovací proces tým, že spaliny z kotla ochladzujú pomalšie a je potrebný menší počet štartov vykurovacieho zariadenia.[15]

Pôvodná elektroinštalácia v kotolni nezodpovedala potrebám technologického zariadenia. Nový rozvod bol zabezpečený zo 400V prípojky elektrického kotla pomocou CYKY 3C 1,5 káblov pre osvetlenie a CYSY 3C 2,5 s ističom skupiny B16 pre kotel. [15]

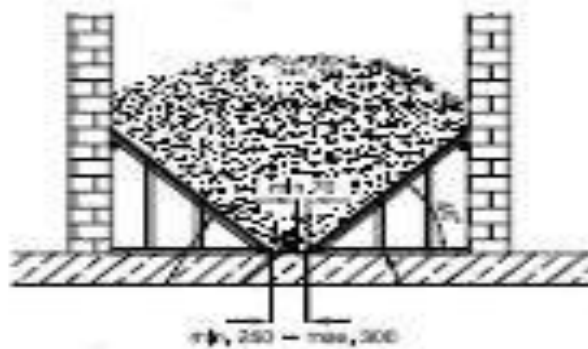
### **6.3.1 Stavebný plán**

Bývalé priestory skladu koksu boli prerobené na sklad peliet. Sklad je tvorený šikminami, ktoré zvierajú s podlahou uhol 45°. Päty šikmín sú od seba vzdialené 300 mm z dôvodu inštalácie flexibilného dopravníka, ktorý prechádza presne stredom skladu. Šikminy sú obložené laminátovou podlahou pre lepšie zosúvanie peliet po šikminách. Spádové plochy boli vytvorené drevenými 100 mm hranolmi, ktoré sú podopreté vo svojej hornej časti hranolom kotveným v stene pomocou tekutej kotvy. Steny skladu sú obložené 12 mm OSB doskami pre vyrovnanie stien a ich lepšie zaizolovanie. Zo skladu peliet boli demontované pôvodné rozvody elektrickej energie a vody pre splnenie všetkých noriem pre sklad peliet. Sklad peliet bude možné doplniť

buď peletami z vriec alebo fúkaním z cisterny. Pre priame plnenie z auta sú do skladu zabudované dve rýchlospojky a špeciálna zábrana proti rozbitiu peliet, resp. stien skladu, pri tlakovom dopĺňaní.



**Obr.19** Nový pôdorys kotelne



**Obr.20** Riešenie skladu peliet [15]

## **6.4 Inštalatárske úpravy**

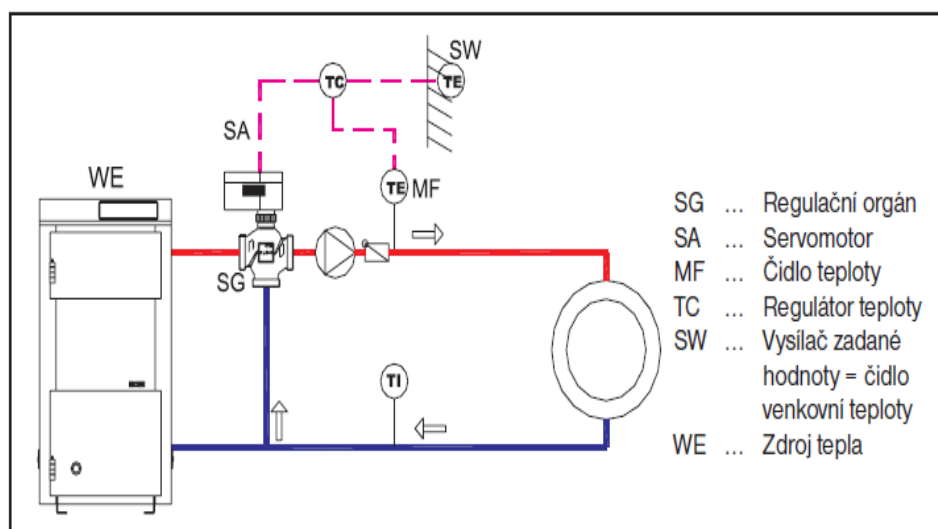
Pôvodný zliatinový a elektrický kotol boli demontované spolu s rozvodmi štyroch dvojtrúbkových vykurovacích okruhov. Nové rozvody boli realizované medenými rúrkami typu 22x1 mm a 28x1 mm zaizolované izoláciou z penového polyetylénu. Okruhy pôvodného vykurovacieho systému boli zapojené do dvoch čerpadlových skupín značky MEIBES.

Dimenzované boli podľa potrieb ÚK na DN 25. ČS1 a ČS2 pozostávali z čerpadla, trojcestného motorom ovládaného ventilu a teplomeru pre prírodnú a vratnú vodu na kontrolu ekvitermickej regulácie. V nich boli sériovo osadené 180 mm čerpadlá značky GRUNDFOS. Tretí vykurovací okruh slúži na ohrev TÚV. Bola v ňom nainštalovaná priama čerpadlová skupina bez trojcestného ventilu a ekvitermickej regulácie.

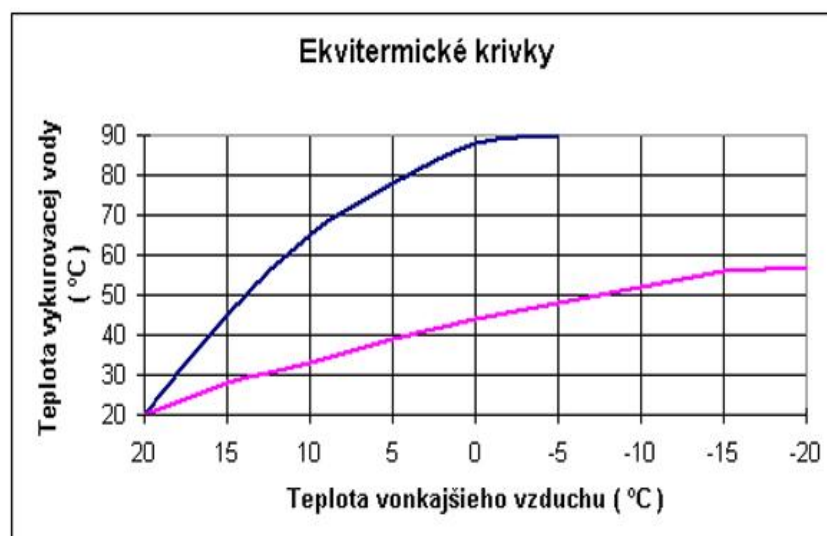
Nové zapojenie vykurovacieho systému rozdelilo obytný priestor na dennú a nočnú časť. Prínosom riešenia je nastavenie nižšej teploty pre nevyužívanú časť RD a následná úspora energie.

Napojenie kotla na rozdeľovač systému pozostáva z manometra a ochrany spiatočky. Rozdeľovač, anuloid, tvorí v prípade úplného uzavretia odberových miest ochranný by-pass a zároveň hydraulicky oddeľuje kotlový okruh systému od výkonovej časti. [15]

Ku kotlu bol doinštalovaný nový prívod vody pre zjednodušenie prác pri prípadnom napúšťaní systému. Zároveň bol do obytných častí zavedený nový prívod teplej a studenej vody. Z dôvodu veľkej vzdialenosti odberových miest cca 10-15m bol rozvod teplej vody uskutočnený pomocou dvoch rúrok. Jedna tvorí prívod k vodovodným batériám a druhá slúži ako cirkulačné potrubie. V tomto systéme je namontované cirkulačné čerpadlo. Zabezpečuje návrat studenej vody do zásobníka, ktorá vychladla v potrubí počas obdobia bez odberu a teda okamžitý prívod horúcej vody po otvorení kohútika. Tým sa znižujú náklady na vodu, ktorá musí odtiecť predtým než je privedená čerstvá teplá voda priamo zo zásobníka.



**Obr.21** Zapojenie ekvitermickej regulácie [2]



**Obr. 22** Ekvitermické krivky [2]



**Obr. 23** Rozdeľovač s tromi čerpadlovými skupinami

Pre realizáciu bola použitá plasthliníková rúrka. Výhodou oproti bežným oceľovým rúrkam je ten, že povrch rúrok je mnoho násobne hladší ako v prípade rúrky oceľovej a to zabezpečuje minimálne usádzanie vodného kameňa, ktorého rýchlosť usádzania rastie so stúpajúcou teplotou vody. Strednú vrstvu rúrky tvorí hliník. Jeho prítomnosť uľahčuje ohýbanie rúrok. V prípade potreby spoja je situácia taktiež veľmi jednoduchá. Riešená je prostredníctvom tvaroviek, ktoré ich pomocou lisovacích klieští plynule napoja na systém. Montáž je teda veľmi rýchla a hlavne čistá. [19]

Do kotolne bol nainštalovaný bivaletný solárny zásobník o veľkosti 300l. Solárny systém bol dopojený do kotla prostredníctvom solárnej čerpadlovej skupiny MEIBES a nadimenzovaný na 3 ploché solárne panely typu CF-100. Ich riadenie je zabezpečené s riadiacej jednotky kotla. Princíp solárneho systému je veľmi jednoduchý. Na nádrži solárneho zásobníka je umiestnený jeden z dvoch snímačov teploty. Druhý je umiestnený v strešnej časti systému. Riadiaci systém monitoruje teploty na týchto dvoch miestach. Snímače sú do riadiacej jednotky dopojené káblom JYTY. V prípade že je teplota solárnej tekutiny, ktorá pozostáva z vody a nemrznúcej zmesi, v strešnej časti väčšia ako v časti zásobníkovej, dôjde k zopnutiu čerpadla a teplejšia kvapalina sa dostane do tepelného výmenníka zásobníka, kde odovzdá svoje teplo TÚV. Tepelná rozťažnosť solárnej kvapaliny si vyžaduje dopojenie expanzomatu k solárnemu systému. [2]



## 6.5 Technická miestnosť po rekonštrukcii

V našom prípade sa majiteľ rozhodol pre špičku v kategórii peletových kotlov, ktorý spĺňa maximálne požiadavky na komfort a zároveň požiadavky na maximálne úsporné vykurovanie. V tomto type kotlov je spojené veľké množstvo technológií dohromady. Priblížili sme si ich na predchádzajúcich stranách.

Celé zariadenie je zákazníkovi zostavené na mieru. Od výkonu, cez návrh umiestnenia až po riešenie dopravného systému. V nami spomínanej realizácii bol zvolený výkon 21kW a dopravný systém bol vyriešený už spomínaným flexibilným závitovým dopravníkom.



**Obr. 25** Technická miestnosť po rekonštrukcii



## 6.6 Ekonomické zhodnotenie projektu a úspor po vykurovacej sezóne

### 6.6.1 Zhodnotenie nákladov na rekonštrukciu

Do celkových nákladov nezapočítavame náklady na stavebné úpravy kotolne ako zhotovenie omietok, podláh a hydroizolácie. Jedinú započítanú časť stavebných nákladov tvorí vyhotovenie skladu peliet a zhotovenie novej elektroinštalácie, pretože majú priamu účasť na fungovaní vykurovacieho systému a bez nich by samotný systém nebol funkčný. Ďalšie náklady sú tvorené inštalátorskými úpravami systému, komína a samotnou technológiou kotla s dopravným systémom. Rozpočty prinášame stručne spracované v nasledujúcej tabuľke. Od výsledných nákladov musíme odpočítať získanú dotáciu od výrobcu kotla v hodnote 1000€, dotáciu od štátu z programu podpory vyššieho vyžitia obnoviteľných zdrojov energie, udeľuje ju úrad Slovenskej inovačnej a energetickej agentúry prostredníctvom EURO fondov, ktorá činí 1000€ na cenu kotla, 1200€ na solárne kolektory. Na solárne panely je pridelovaná dotácia v hodnote 200€/m<sup>2</sup>. Suma celkových dotácií na zariadenie dosiahla 4200€.

Položka	Materiál	Cena spolu s prácou (€)
Kúrenárske úpravy	rozdeľovač, ČS, solár	9000
Kotol 21 kW	kotol, dopravný systém	15 000
Elektroinštalácia	kabeláž, rozvodňa, osvetlenie	500
Úprava skladu	drevené hranoly, OSB	500
Úprava komína	nerezová vložka 12m/150mm	1000
Dotácie	-	4200
<b>SPOLU</b>	-	<b>21 800 €</b>

Tab. 3 Prehľad nákladov na rekonštrukciu

## 6.6.2 Zhodnotenie nákladov na vykurovaciu sezónu

Posledné účty za vykurovanie elektrickou energiou činili takmer 120 000 Sk (rok 2000) čo je v prepočte zhruba 4000€. Náklady boli pre majiteľa prehnané, preto sa rozhodol pre návrat ku vykurovaniu tuhým palivom. Spomínané stavebné úpravy (izolácia fasády, výmena výplní stavebných otvorov) znamenali veľké zmeny v nákladoch na vykurovanie. V nasledujúcej tabuľke sú zobrazené náklady na vykurovanie bez nákladov na prípravu TÚV.

Palivo	Výhrevnosť (MJ/Kg)	Množstvo (t)	Cena (€/t)
Drevo kusové	12,5	4,5	70
Uhlie	17,6	4,3	140
Koks	27	5,6	290
Spolu	-	-	2541 €

**Tab.4** Prehľad nákladov na vykurovanie pred rekonštrukciou

Za prvý rok vykurovania drevnými peletami boli dosiahnuté nasledovné úspory. V nákladoch sú zahrnuté aj náklady na prípravu TÚV bez využitia solárneho systému. Pri porovnávaní nákladov boli použité náklady z dvoch normovaných rokov, v ktorých bola rovnaká priemerná ročná teplota a zhruba rovnako dlhá vykurovacía sezóna.

Palivo	Výhrevnosť (MJ/Kg)	Množstvo (t)	Cena (€/t)
Drevné pelety	17,5	5,5	163
Spolu	-	-	896,5 €

**Tab. 5** Prehľad nákladov na vykurovanie po rekonštrukcií

Ceny porovnávaných palív boli získané z daňových dokladov majiteľa. Nákup bol vždy realizovaný počas letných mesiacov, kedy ceny palív prirodzene klesajú. Výsledná cena peliet 163 €/t bola dosiahnutá odpočítaním dotácie, ktorú získal majiteľ od veľkovýrobcu peliet. Dotácia 1000€ bola získaná pri podpise zmluvy na 5 rokov počas, ktorých musí majiteľ odobrať 6 ton peliet ročne. Pri dnešných cenách peliet vychádza dotácia na 33,33 €/t. Na získanie dotácie bolo nutné splniť podmienky výrobcu zhrnuté nasledujúcich bodoch:

- „Montáž automatického kotla určeného na spaľovanie peliet
- Vyplnenie dotazníka
- Vyhotovenie fotodokumentácie
- Umiestnenie označenia člena odoberateľa biomasy na fasádu objektu
- Umiestnenie loga výrobcu na kotol
- Odber peliet počas platnosti letného cenníku“[10]

Celkové úspory predstavujú viac ako 60%, čo sa môže zdať nereálne, musíme však zvážiť celkový pôvodný stav vykurovacieho systému. Prekurovanie miestností, neexistencia regulácie a účinnosť pôvodného kotla, odhadovaná na 50-60%, boli pre tento stav systému typické. Najväčší podiel na úsporách má už spomínaná vysoká účinnosť vykurovacieho zariadenia (93%) a jeden zo základných prvkov štandardnej výbavy kotla, ekvitermická regulácia, ktorá zabezpečuje plynulosť regulácie dodávky tepla, zabráňuje prekurovaniu miestností a teda zníženiu nadbytočných tepelných strát. Rozdelenie systému na viac okruhov a nasledovné rozdielne nastavenie teplôt pre jednotlivé miestnosti, prináša úspory v podobe 6% energie na každý znížený 1°C. Južná, denná, časť objektu má ekvitermickú krivku nastavenú na menej strmý priebeh. Zvýšená akumulácia tepla je získaná prostredníctvom slnečného žiarenia a veľkých presklených plôch. [7]

### 6.6.3 Celkové zhodnotenie nákladov

Pri uvažovaní o návratnosti investície zoberieme v úvahu ročné úspory vypočítané z cien palív z leta 2011, ktoré činia cca 1500€. Z toho vyplýva, že cena kotla sa pri dnešných cenách palív vráti za 10 rokov. Odhadovaná životnosť kotla je 20 rokov. Bohužiaľ v dnešnej turbulentnej dobe je zložité predpokladať presný vývoj cien palív v nasledujúcich rokoch. Medzi úspory, ktoré je veľmi ťažké finančne ohodnotiť je úspora času majiteľa, ktorý obsluhou zariadenia strávi maximálne jednu hodinu týždenne.

Spaľovanie biomasy môže byť, prínosom aj pri veľkom odbere tepla v prípade mestských častí alebo sídlisk. Výhody a technológie kotlov s vysokým výkonom budú témou ďalšej kapitoly.

## 7. Vysoko výkonové kotle na biomasu nad 1 MW

Spaľovanie biomasy je možné aj v zariadeniach vysokých výkonov. V prípade centrálného zásobovania teplom sú na spaľovanie používané zariadenia, ktorých výkony sa počítajú v MW a veľakrát je do systému zapojených viac kotlov v kaskáde za sebou. Zapojenie zariadení do kaskády prináša mnoho výhod. Rozhodne najväčšou výhodou je plynulá regulácia výkonu pomocou postupného zapínania zariadení v kaskáde. Kaskáda je tvorená viacerými kotlami s nižším výkonom, tak aby celkový výkon kotlov dosiahol maximálnej požadovanej hodnoty tepelného výkonu a pokryl tepelné straty počas najväčšieho odberu energie. Montážou kaskády odpadá nutnosť montáže jedného kotla s vysokým výkonom, ktorý musí pracovať pri nízkej potrebe tepla, v nehospodárnej prevádzke s nízkym výkonom. Praxou je dokázané, že počas vykurovacej sezóny je kotol 80% prevádzkového času využitý iba na 50% svojho výkonu. Regulácia kaskády je v moderných zariadeniach montovaná priamo do riadiacich jednotiek kotlov a inštalácia spočíva v jednoduchom prekáblovaní zariadení a nastavení parametrov kaskády. Vysoký výkon kotla je podmienený špeciálnou konštrukciou.[20] „Kotle na biomasu sa vo všeobecnosti skladajú z:

- vlastné spaľovacie zariadenie – ohnisko
- zariadenie na prípravu paliva
- zariadenie na odstránenie popola
- zariadenie na ohrev spaľovacieho vzduchu (LUVO)
- zariadenie na dopravu vzduchu spalín
- výmenník tepla                    -ohrievač vody (ekonomizér - EKO)  
  -u parných kotlov – výparný systém

Ohnisko je časť kotla, v ktorej dochádza k premene chemickej energie na tepelnú a k predávaniu tepla výhrevným plochám. Podľa typu ohniska rozoznávame nasledujúce typy kotlov na biomasu:

- roštové
- fluidne
- so spodným prívodom paliva“[8]

## **7.1 Roštové kotle**

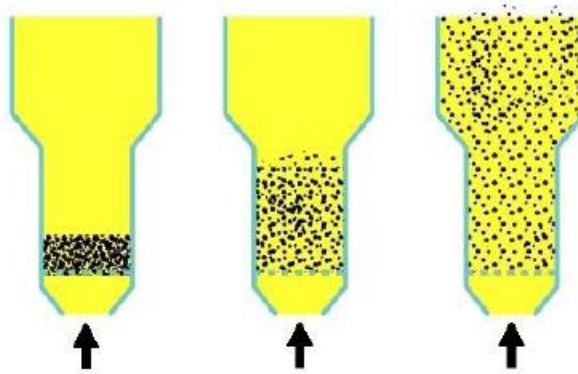
Spaľovanie u tohto typu kotlov prebieha na rošte vo filtračnej vrstve a taktiež nad palivom, v miestach prívodu sekundárneho vzduchu, ktorého množstvo závisí na podiele prchavých látok uvoľňovaných z paliva. Palivo je podopreté roštom, čo umožňuje vytvorenie vrstvy paliva s požadovanou hrúbkou a priedušnosťou. Rošt zabezpečí vysušenie paliva, dostatočné prevzdušnenie spaľovaného materiálu a zároveň odvádza spálené časti.[8]

„Typy roštov:

- Pevný (rovinný, stupňový)
- Mechanický
- Presuvný
- Vratisuvný“[8]

## **7.2 Fluidne kotle**

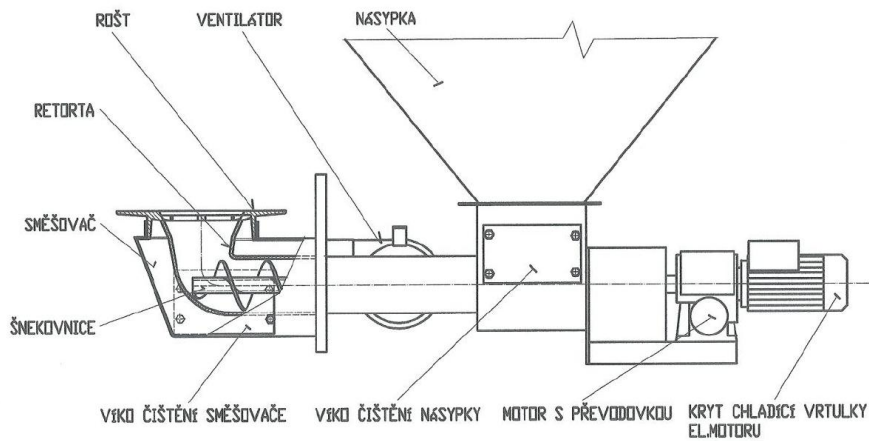
Vo fluidných kotloch dochádza k procesu, pri ktorom je do paliva na rošte privádzané médium, najčastejšie vzduch, tak, aby boli narušené väzby medzi časťami paliva, došlo ku nadvihnutiu častí spaľovanej zmesi a konečnému vytvoreniu fluidnej vrstvy. Fluidna vrstva má vlastnosti podobné kvapalinám. Má hladinu, vyteká otvormi a vytvára hydrostatický tlak. Pri zvyšujúcej sa rýchlosti vháňaného vzduchu sa zvyšuje hladina fluidnej vrstvy a znižuje sa koncentrácia zmesi. Pri prahovej rýchlosti dochádza k unášaniu častíc z fluidnej vrstvy. Pre vytvorenie stabilnej fluidnej vrstvy je nutné do paliva dodať inertný materiál z dôvodu malej hmoty paliva. Pridávať sa môže napríklad popol z paliva alebo piesok. Nízka koncentrácia paliva vo spaľovanej zmesi umožňuje spaľovanie pri veľmi nízkych teplotách (750°C). Môžeme sa tak vyhnúť problémom vznikajúcim pri tavení popola z biomasy.[8]



Obr. 26 Fluidizácia[8]

### 7.3 Kotle zo spodným prívodom paliva

Pre prívod paliva je použitý retortový horák. Palivo z násypníku pokračuje závitovým dopravníkom do horáku. Horák je kruhového tvaru a po jeho obvodu sú vyhotovené otvory pre odvod popola. Zároveň je v tejto časti zabezpečený prívod spaľovacieho vzduchu pomocou ventilátora.[8]

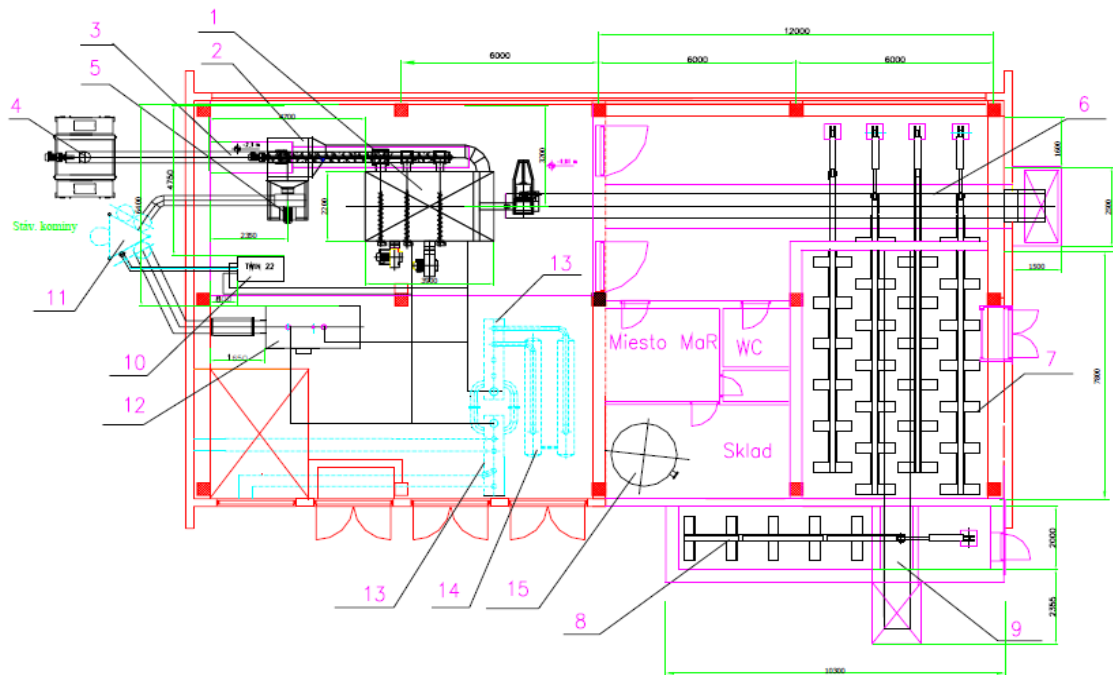


Obr.27 Retortový horák[8]

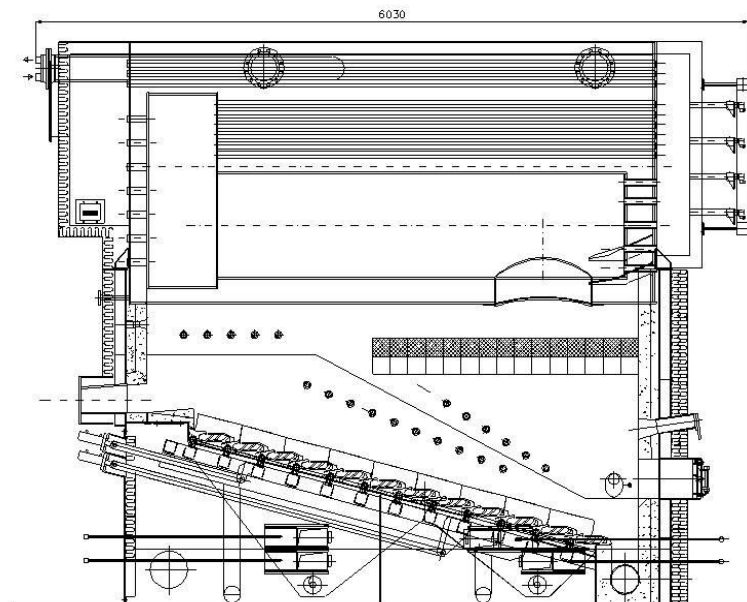
## **7.4 Funkcia kotla a praktická realizácia**

Základný princíp funkcie vysoko výkonových kotlov je zhodný s funkciou kotlov nižších výkonov, ktoré sme si opísali v predchádzajúcich kapitolách. Do celého procesu vstupujú zložitejšie dopravné zariadenia a rôzne riešenia spaľovacej komory podľa typu ohniska. Môžeme tvrdiť, že čím je vyšší výkon zariadenia, tým je možné použiť menej kvalitné palivo, ako napríklad, drevný odpad, drevná štiepka, kôra, piliny.[21] Vzhľadom na to, že sa vo vysoko výkonových zariadeniach spaľuje neušľachtilé palivo z vyššou vlhkosťou, spaliny obsahujú aj množstvo pevných častíc, ktoré je nutné odstrániť pred vypustením exhalátov do ovzdušia. Na odstránenie pevných častíc slúži cyklónový respektíve multicyklónový odlučovač.[22] „Cyklón je schopný vďaka svojmu tvaru usmerňovať prúdenie odsávanej vzdušiny a vplyvom odstredivého efektu a zotrvačnosti nastáva odlučovanie pevnej frakcie obsiahnutej v odsávanej vzdušine.“[23] Stále vysoká teplota vzdušiny je čiastočne využitá pri recirkulácií, teda spätnom prívode do spaľovacej komory. Do spaľovacieho procesu vstupuje aj terciálny vzduch, ktorý zabezpečuje lepšie dohorenie splodím. Pre množstvo popola generovaného pri spaľovaní veľkého objemu biomasy sú v zariadeniach montované súčasti pre automatizované vyhrabanie popola, väčšinou v podobe závitovky. Odvedený popol sa zanáša priamo do kontajnerov umiestnených v exteriéri.[22]





**Obr. 28** Pôdorys riešenia kotelne v Snine [22]



**Obr. 29** Kotel KIV modul R-H [22]

Na obrázkoch môžeme vidieť riešenie kotolne s vysoko výkonovým kotlom od firmy KIV Vransko v Snine. Jedná sa o modul R-H s ležatým výmenníkom tepla, ktorého čistenie je zabezpečované pomocou tlakového vzduchu. Nachádza sa priamo nad posuvným stupňovitým roštom. Zariadenie je dodávané so špeciálnym softwarom pre vizualizáciu spaľovacieho procesu. Výkon 1300 kW je regulovateľný v rozsahu 10-100%. Maximálna výstupná teplota vody je 110°C. Výrobca garantuje minimálnu účinnosť 85%. Kotel spaľuje nekontaminovanú bukovú drevnú štiepku s vlhkosťou 35-60% a výhrevnosťou 7-11 MJ/kg. Rozmerová trieda materiálu spadá do skupiny G100, ojedinelé častice môžu mať maximálne 500 mm. Spotreba paliva pri menovitom výkone je 907 kg/h. Pôdorys znázorňuje riešenie dopravného systému paliva. V sklade je umiestnená hydraulická posuvná podlaha(7), ktorá zabezpečuje zosúvanie paliva na plniaci dopravník(6). Dopravný systém obsahuje, takisto ako u malých kotlov, ochranu proti spätnému vznieteniu paliva. Na pôdoryse je zachytené aj umiestnenie multicyklónu(2) a popolového kontajnera(4).[21,22,24]

#### **7.4.1 Ekonomické zhodnotenie prevádzky**

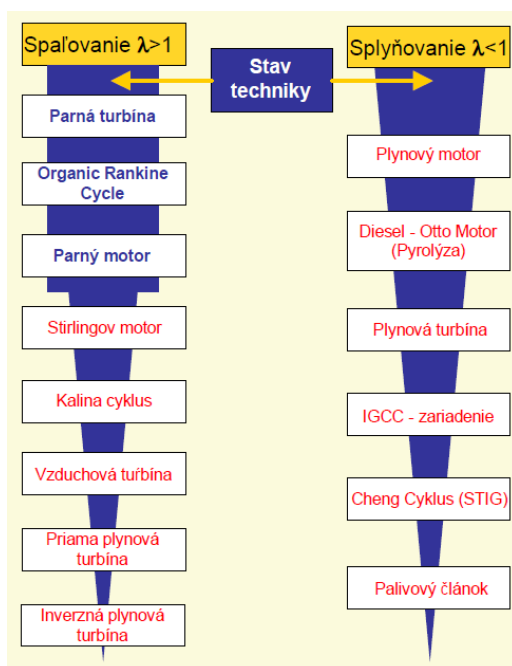
„Celkové rozpočtové náklady v meste Snina boli 19,98 mil. Sk. Schválená suma dotácií tvorila 65% z celkových nákladov. Cena tepla z kotolne v roku 2008 činila 628,80 Sk/GJ. Cena tepla z ostatných zdrojov tepla v meste sa pohybovala na úrovni 721,40 Sk/GJ. Na 18. ročníku veľtrhu Racioenergia v Inchebe bol projekt vyhlásený za najlepší projekt energetiky roku 2008.“[21]

## 8. Kogeneračné jednotky na drewnú biomasu (CHP)

Kombinované zariadenia na prípravu tepla a elektrickej energie sa nazývajú kogeneračné jednotky. Bohužiaľ, v dnešnej dobe sa táto technológia, v prípade malých zdrojov, používa len veľmi málo. Dôvodom je finančná a technologická náročnosť. Častejšie ju môžeme objaviť pri zariadeniach vysokých výkonov slúžiacich na centrálné zásobovanie teplom. Využitím kogenerácie sa stáva proces výroby tepla hospodárnejší. Základnými výhodami kogenerácie je minimalizácia nákladov na rozvod energie, redukcia strát v rozvodných sieťach, 40% úspora paliva oproti bežným výrobniam elektriny a menšia záťaž životného prostredia. Kogeneračná jednotka môže slúžiť ako záložný zdroj energie.[25]

### 8.1 Technológie výroby elektrickej energie

Elektrinu a teplo z drewnej biomasy môže vyrobiť dvomi základnými procesmi a to už spomínaným spaľovaním a splynovaním.[1] Vzhľadom na zameranie našej práce a rozsiahlosť problematiky sa zameriame na prípravu elektrickej energie pomocou spaľovacích procesov.

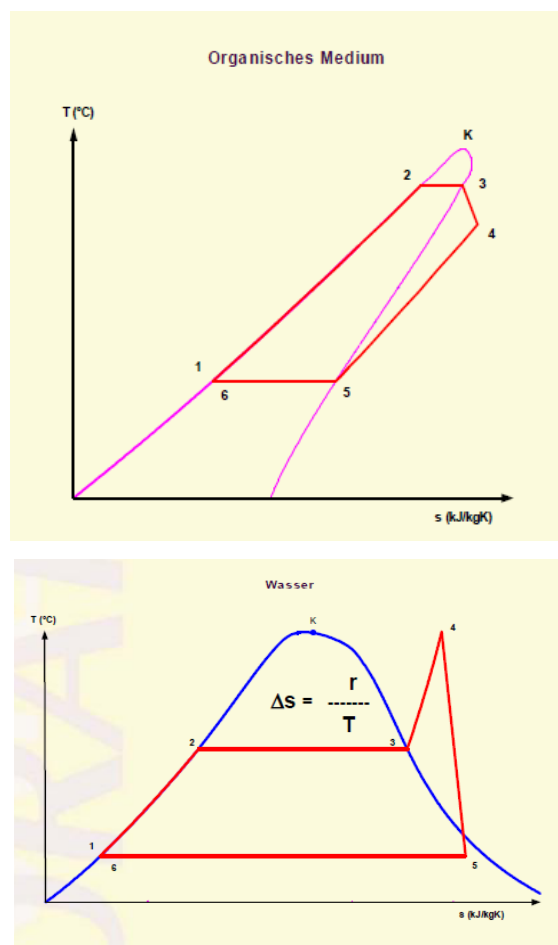


Obr. 30 Porovnanie účinnosti výrobných cyklov elektrickej energie z biomasy[26]

Z hore uvedeného vyplýva, že ekonomicky najvýhodnejší spôsob výroby elektrickej energie z biomasy, je výroba pomocou parnej turbíny, avšak Organický Rankinov cyklus prináša so sebou mnoho nezanedbateľných výhod. ORC metóda prípravy sa využíva pri výrobe energie v spojení s vysoko výkonnými zariadeniami. Zariadenia malých výkonov najčastejšie využívajú Stirlingov motor alebo iné nekonvenčné typy motorov. [26]

### 8.1.1 Princíp ORC

„Princíp zariadenia je založený na uzatvorenom parnom Rankinovom cykle, kde je však namiesto vodnej pary použité médium, ktoré sa odparuje pri nízkych teplotách a tlakoch. Médium môžu byť uhľovodíky ako napríklad izopentán, s bodom varu už pri 40°C. Výhodou riešenia je vyššia účinnosť a prevádzková spoľahlivosť v porovnaní s klasickým parným Rankinovým cyklom.“[27]

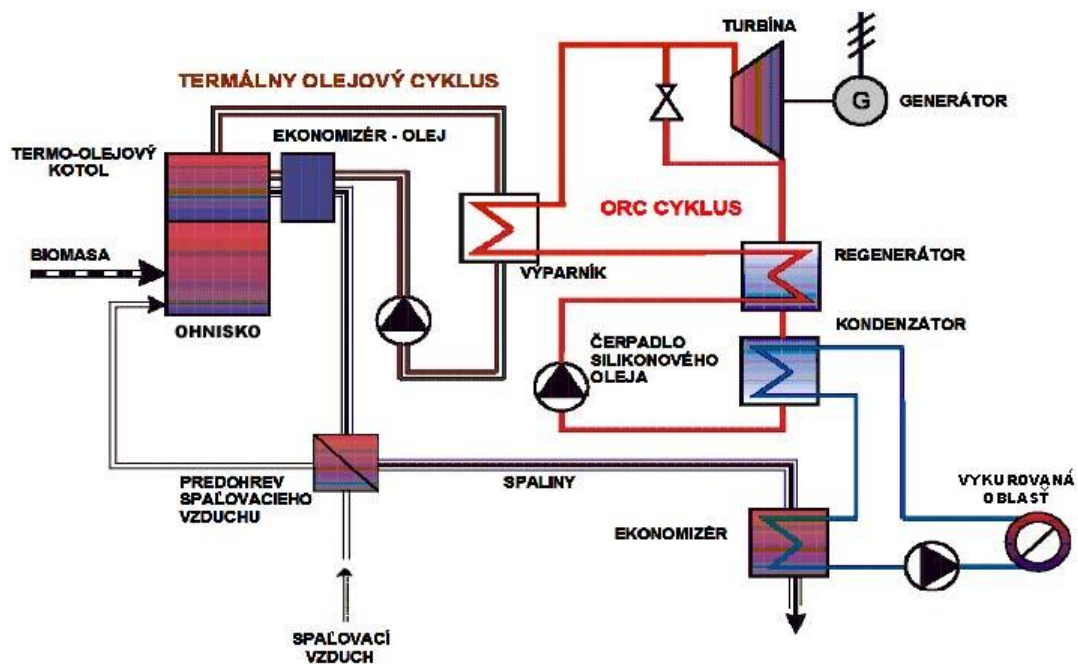


**Obr. 31** Porovnanie T-S diagramu organického média a vody [26]

„T-S diagram je závislosť entropie a teploty média. Entropia,  $S$ , je termodynamická funkcia, ktorá je mierou náhodnosti alebo neusporiadania v sústave.“[27]

	Voda	Organické médium
1-2	Zohrievanie- privádzanie tepla	Zohrievanie -privádzanie tepla
2-3	Vyparovanie	Vyparovanie
3-4	Prehrievanie	Expanzia- turbína
4-5	Expanzia- turbína	Regenerácia- odovzdanie tepla na výstup
5-6	Kondenzácia- odber tepla	Kondenzácia- odber tepla
6-1	Zvyšovanie tlaku čerpadlom	Zvyšovanie tlaku čerpadlom

Tab.6 Priebeh T-S diagramu vody a organického média [26]



Obr. 32 Schéma ORC [27]

„Zariadenie ORC je dodávané vo forme blokovej jednotky, ktorá sa pripája k zdroju tepla. Zdrojom môže byť kotol vybavený termo-olejovým výmenníkom. Vyhriaty termoolej odovzdá v odparovači akumulované teplo organickému pracovnému fluidu s nízkym bodom varu. Pracovné fluidum sa odparuje, expanduje a postupuje cez sekundárny okruh k turbíne, v ktorej expandovaná para vyvolá mechanickú prácu následne využitú prostredníctvom generátora na výrobu elektriny. Expandovaná para prechádza regenerátorom k spätnému využitiu tepla. Výhodou regenerátora je menšia potreba tepla na ohriatie pary ako na jej výrobu v novom cykle. Na koniec kondenzuje a čerpadlom je dopravovaná späť do výparníka, čím je cyklus uzatvorený. Teplo z kondenzátora a ekonomizéra sa využíva pre ďalšiu spotrebu vo vykurovacom systéme. V ekonomizéry dochádza ku odberu tepla zo spalín.“[27]

#### **8.1.1.1 Výhody ORC**

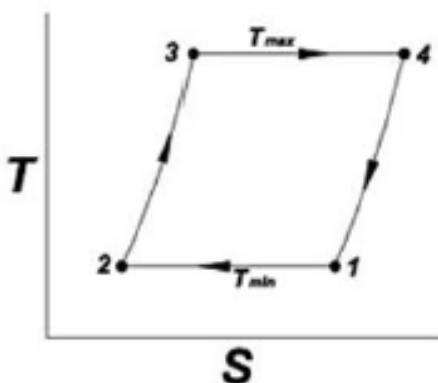
- „Systém je schopný využívať energiu s relatívne nízkou teplotou.
- Vysoká účinnosť turbíny, najmä pri čiastočnom zaťažení.
- Nízke otáčky turbíny umožňujú priamy pohon generátora.
- Zanedbateľná erózia turbínových lopatiek (nepítomnosť kvapiek pracovného média).
- Nízke mechanické namáhanie častí turbíny v dôsledku nízkej obvodovej rýchlosti.
- Možnosť akejkoľvek regulácie výkonu ústrojenstva v celom výkonovom rozsahu.
- Celý cyklus pracuje s teplotou max. 300°C a tlakom do 10 barov - vyššia životnosť zariadenia.
- Kotle majú dvojnásobnú životnosť tlakových dielov - nízky tlak, teplota a chemické vlastnosti oleja.
- Nenáročnosť na obsluhu zariadenia – bez obslužná prevádzka.
- Minimálne nároky na stavbu a požadovaný priestor.
- Odpadá akákoľvek chemická úprava jednotlivých médií.
- Vysoká pracovná spoľahlivosť pri nízkych prevádzkových nákladoch.“[27]

## 9. Mikrokogeneračné jednotky na drewnú biomasu

„Pre kogeneračné jednotky s tepelným výkonom 8-50kW a elektrickým výkonom 1-10 kW sa uplatnil názov mikrokogeneračná jednotka. Aby bolo možné využívať odpadné teplo z výroby elektriny, je vhodné budovať mikrokogeneráciu o výkone šitom na mieru potrebám určeného objektu, v ktorom sa všetka vyrobená elektrina a teplo spotrebovávajú.“ [25] Kogeneračná jednotka nesmie byť poddimenzovaná ani predimenzovaná. Ako ekonomicky výhodná sa javí spoločná výroba tepla, chladu a elektriny v trigenerácií. Trigenerácia je spojenie kogeneračnej jednotky s absorpčnou jednotkou. Dochádza tak k maximalizácii využitia kogeneračnej jednotky počas celého roka, a teda aj v období mimo vykurovacej sezóny. V lete, namiesto nepotrebného tepla, môžeme vyrobiť chlad určený pre klimatizáciu budov. Okolo problematiky malých kogeneračných jednotiek sa vedie mnoho kontroverzných diskusií. [25,28]

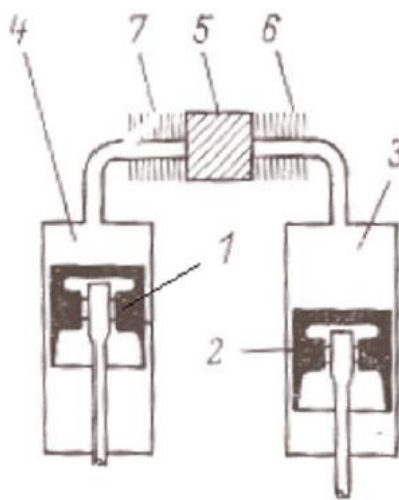
### 9.1 Princíp Stirlingovho motora

Zariadenie patrí do kategórie piestových motorov z vonkajším spaľovaním. Stroj premieňa teplotnú zmenu na mechanickú energiu. „Tepelná energia z horáku je predávaná pracovnej látke tepelného obehu. Regenerátor, umiestnený medzi ohrievačom a chladičom, slúži k odvádzaniu a privádzaniu tepla behom cyklu a celkovému zvýšeniu účinnosti.“ [28]

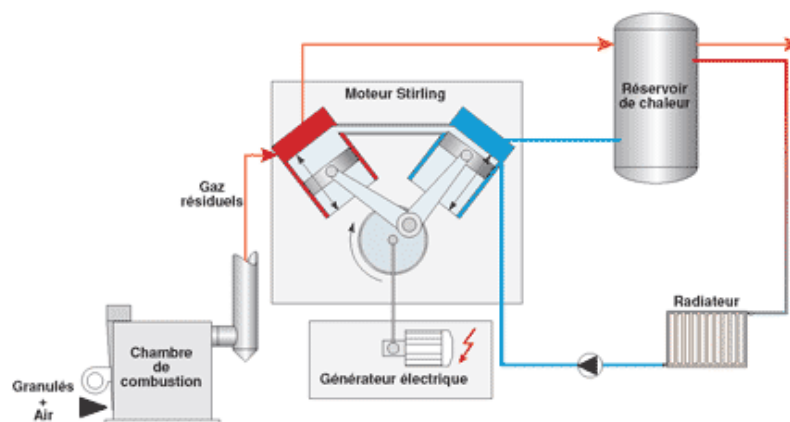


Obr. 33 Ideálny T-S diagram Stirlingovho motora [29]

- 1-2 Pohybuje sa kompresný piest. Plynné médiu v chladnej časti motora prechádza kompresiou. Chladič udržiava konštantnú teplotu. Práca sa spotrebúva a teplo sa odvádza.
- 2-3 Dosiachnutý minimálny objem média je presunutý do ohrievanej časti. Dochádza k ohrevu na maximálnu teplotu.
- 3-4 Médiu v ohrievanom valci expanduje a koná sa práca.
- 4-1 Plyn je za konštantného objemu odvedený z teplého do studeného valca, pritom odovzdá teplo regenerátoru. [29]



**Obr. 34** Stirlingov motor typu alfa. 1-kompresný piest, 2- expanzný piest, 3- kompresný priestor, 4-expanzný priestor, 5-regenerátor, 6-ohrievač, 7-chladič [28]



**Obr. 35** Schéma kogeneračnej jednotky so Stirlingovým motorom[30]



## 9.2 Mikrokogeneračná jednotka SUNMACHINE

Zaujímavým príkladom mikro kogeneračných jednotiek využívajúcich Stirlingov motor môže byť výrobok nemeckej firmy Sunmachine. Jedná sa o kompaktné zariadenie, ktoré dokáže generovať elektrický výkon v rozsahu 1,5 až 3 kW, s odpadovým tepelným výkonom od 4,5 do 10,5 kW. Udávaná tepelná a celková účinnosť je 20% a 90%. Je schopné pokryť požiadavky bežného rodinného domu s obytňou plochou do cca 150m<sup>2</sup> a potrebou tepla do 95GJ. Pri 8 hodinovej prevádzke počas 365dní v roku dokáže jednotka vygenerovať 8760 kWh elektrickej energie, čo pokrýva spotrebu domácnosti so štandardnou zostavou elektrospotrebičov a s prípravou TUV pomocou elektrického ohrievača. V letných mesiacoch je možné využiť vyrobené teplo napríklad na ohrev vody v bazéne. Investičné náklady sa pohybujú na hranici 30.000€. V rámci ceny je zahrnutá aj 1000 l akumulčná nádrž pre stály odber tepla a dopravný systém peliet. Podobne ako u automatických kotlov na pelety dopravný systém zabezpečuje dopravu paliva zo skladu peliet až do vstavaného 50 l zásobníka. Z neho pelety pokračujú na horák. Pelety sú na horáku zohriate na teplotu pri ktorej sa začnú vylučovať z dreva horľavé plyny. Následne sú plyny zapálené zohriatou elektrickou špirálou. Vyrobené teplo ďalej prúdi na teplú časť Stirlingovho motora. Ako odpad pri procese výroby tepla vzniká len kondenzát s malým množstvom pevných častíc. [31]



**Obr. 31** Mikrokogeneračná jednotka SUNMACHINE [31]

### 9.2.1 Ekonomické zhodnotenie prevádzky

V prípade inštalácie zariadenia do objektu, s parametrami uvedenými vyššie, hovorí ekonomická analýza v neprospech kogeneračnej jednotky. Uvažujeme o spotrebe elektrickej energie 7000 kWh ročne, čo predstavuje v tarife SSE DD5 za distribúciu a dodávku cca 1000€/rok. Zariadenie spotrebuje na prevádzku 3kg peliet za hodinu.[31] Pri využití zariadenia 8 hodín denne 365 dní v roku spotreba peliet dosahuje 8760 kg. Pri dotovanej cene peliet 163€/t sú náklady na prevádzku zariadenia 1428€. Samotné vykurovanie objektu automatickým kotlom na pelety by bolo zhodnotené na 976€. Rozdiel v spotrebe medzi kogeneračnou jednotkou a samotným vykurovaním objektu peletami je 452€. Pri vysokých investičných nákladoch, životnosti odhadovanej na cca 20 rokov, sa bohužiaľ investícia stáva neefektívnou pre bežného spotrebiteľa. Potvrdením neúspechu SUNMACHINE je aj vyhlásené konkurzné konanie voči firme. K podobnej negatívnej bilancii sa dostávame aj u ostatných výrobcov mikrokogeneračných jednotiek na drevné pelety.

## Záver

Využitie drevnej biomasy ako paliva znamená nižšie náklady na vykurovanie a je vhodným riešením ako maximalizovať zisk firmy, a riešením ako znížiť emisie CO<sub>2</sub> do atmosféry. Využitie drevnej biomasy môže pozitívne ovplyvniť nielen faktory hodnotiace rozvoj regiónov ale aj celkový rozpočet krajiny, ktorý môže byť navýšený predajom nevyužitých emisných kvót. Cieľ našej práce bol splnený a potvrdil ekonomické úspory pri využití drevnej biomasy vo všetkých rozvinutých oblastiach energetiky. [32]

Spaľovanie drevnej biomasy s využitím moderných zariadení má veľký potenciál nielen pri výrobe tepla pre malé objekty, centrálné zásobovanie teplom ale po pripojení samostatnej kogeneračnej jednotky k vysoko výkonovému kotlu, získava spaľovanie, výrobou elektrickej energie, na efektívnosti a prináša ďalšie možnosti úspor.

Kontroverzným príkladom využitia drevnej biomasy, presnejšie drevených peliet, je mikrokogeneračná jednotka. V dnešnej dobe je stále príkladom relatívne nízkych úspor a vysokých investičných nákladov s nedohľadným bodom návratnosti. Napriek malému trhu s mikrokogeneračnými jednotkami na drevené pelety a nepriaznivým momentálnym vyhliadkam je nutné sledovať aj túto oblasť, pretože vývoj technológií deň čo deň napreduje míľovými krokmi a energetická nezávislosť malých objektov je stále veľmi zaujímavou témou.

Znižovanie nákladov na energie a znižovanie negatívnych dopadov procesov spojených s činnosťami firmy na životné prostredie je jedným zo základných bodov spoločenskej zodpovednosti firiem. Firma sa musí zaoberať investíciami do krokov prinášajúcich pozitívne efekty v oblasti environmentalistiky. Investície tohto typu sú teda príležitosťou aby boli prospešné ako pre podnikanie organizácie, tak aj pre životné prostredie. [33]

## ANOTÁCIA

<b>Priezvisko a meno autora:</b>	Lukáš Lacko
<b>Inštitúcia:</b>	Moravská vysoká škola Olomouc
<b>Názov práce v slovenskom jazyku:</b>	Ekonomické hodnotenie možností úspor energie na vykurovaní budov
<b>Názov práce v anglickom jazyku:</b>	Economic Evaluation of Energy Savings Possibilities for Heating of Buildings
<b>Vedúci práce:</b>	RNDr. Ing. Miroslav Rössler, CSc., MBA
<b>Počet strán:</b>	65
<b>Počet príloh:</b>	0
<b>Rok obhajoby:</b>	2012
<b>Kľúčové slová v slovenskom jazyku:</b>	ekonomická analýza, biomasa, drevná biomasa, kotol, kotol na biomasu, kogenerácia
<b>Kľúčové slová v anglickom jazyku:</b>	economic analysis, biomass, wooden biomass, boiler, biomass boiler, cogeneration

Témou bakalárskej práce je ekonomické hodnotenie možností úspor energie pri využití technológií určených na spaľovanie drevnej biomasy. Práca je rozdelená do deviatich kapitol. V prvej a druhej kapitole je zhodnotená potreba energií a tepelnej pohody v budove. Tretia kapitola rieši problematiku biomasy so zameraním na drevnú peletu. Štvrtá a piata kapitola definuje kotol, základné požiadavky na zariadenie a opisuje technológie využité v automatických kotloch na pelety. Nasledujúca časť približuje projekt rekonštrukcie kotolne s kompletnou ekonomickou analýzou realizácie a porovnaním nákladov na vykurovanie pred a po rekonštrukcií. Siedma, ôsma a deviatu kapitola analyzuje problematiku kotlov s vysokým výkonom, možnosti kogenerácie a prináša pohľad na ekonomické aspekty prevádzkovania zariadení.

The topic of this bachelor's thesis is the economic evaluation of energy savings possibilities by using the technology for combustion of wooden biomass. The thesis is divided into nine chapters. The first and the second chapter is about energy and thermal comfort in buildings. The third chapter deals with the issues about biomass with focus on wooden pellets. The fourth and the fifth section defines the boiler, the basic requirements of the equipment and describes the technology used in automatic pellet boilers. The following section presents the project of the reconstruction of the boiler room and economic analysis comparing the costs of heating before and after the reconstruction. The seventh, the eighth and the ninth chapter analyses the problems of boilers with high outputs, options of cogeneration and brings insight into the economic aspects of the operation of equipment.

## Použitá literatúra

- [1] INFORSE-INTERNATIONAL NETWORK FOR SUSTAINABLE ENERGY. Biomasa [online]. [cit. 2012-03-06]. Dostupné z: <<http://www.inforse.org/europe/fae/OEZ/biomasa/biomasa.html>>
- [2] JAUSCHOWETZ, Rudolf. HERZ ARMATUREN GES.M.B.H. Srdce teplovodního topení, hydraulika. Wien: Herz Armaturen Ges.m.b.H., 2004. ISBN 3-.
- [3] SCHMIDT, Michael. Potentiale erneuerbarer Energien in der Geb Gebäudetechnik [online]. Stuttgart, 27.10.2010 [cit. 2012-03-07]. Dostupné z: <[http://www.ige.uni-stuttgart.de/fileadmin/ressourcenRedakteure/pdf/Vorlesung/Sonderprobleme/WS\\_10\\_11/Potentiale\\_erneuerbarer\\_Energien.pdf](http://www.ige.uni-stuttgart.de/fileadmin/ressourcenRedakteure/pdf/Vorlesung/Sonderprobleme/WS_10_11/Potentiale_erneuerbarer_Energien.pdf)> Vortrag. Institut für GebäudeEnergetik Universität Stuttgart.
- [4] KOŠIČANOVÁ, Danica. TZB 2 ústredné vykurovanie. Košice: TU SVF, 2009. ISBN ISBN 978-80-553-0257-7.
- [5] DAHLSVEEN, Trond a Dušan PETRÁŠ. Energetický audit a certifikácia budov. Bratislava: Jaga group, 2008. ISBN 978-80-8076-063-2.
- [6] ČSN EN 12831. Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.
- [7] Termovízia stavieb. Ako správne vetrať [online]. [cit. 2012-03-07]. Dostupné z: <<http://termovizia-stavieb.sk/29>>
- [8] CHMELÍČEK, J. *Kotle na biomasu velkých výkonů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 39 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Marek Baláš, Ph.D.
- [9] GREENPROJEKT.SK. Výroba peliet [online]. [cit. 2012-03-06]. Dostupné z: <<http://www.greenprojekt.sk/vyrobapeliet.html>>
- [10] ŽIDEK, Ladislav. Drevné pelety- pohodlný zdroj energie [online]. Bojnice, 2009 [cit. 2012-03-06]. Dostupné z: <[http://www.biomasa-info.sk/docs/B09\\_Zidek.pdf](http://www.biomasa-info.sk/docs/B09_Zidek.pdf)>
- [11] C.A.R.M.E.N. C.A.R.M.E.N -Energie/Pelletpreise - der Pellet-Preis-Index [online]. [cit. 2011-03-06]. Dostupné z: <<http://www.carmen-ev.de/dt/energie/pellets/pelletpreise.html>>

- [12] VEREIN PROPELLETS AUSTRIA. Wirtschaftlichkeit [online]. [cit. 2011-09-06]. Dostupné z: <<http://www.propellets.at/cms/cms.php?pageName=235>>
- [13] DEUTSCHER ENERGIEHOLZ- UND PELLET-VERBAND E.V. Preisentwicklung Pellets [online]. 2011 [cit. 2011-09-06]. Dostupné z: <<http://www.depv.de/startseite/marktdaten/pelletspreise/>>
- [14] TZB-INFO. Porovnání nákladů na vytápění podle druhu paliva [online]. [cit. 2012-03-07]. Dostupné z: <<http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/269-porovnani-nakladu-na-vytapani-podle-druhu-paliva>>
- [15] HERZ ENERGIETECHNIK GMBH. Návod na obsluhu vykurovacieho zariadenia na spaľovanie peliet Pellestar 10-60 kW Biocontrol: 2. Pinkafeld: Herz Energietechnik GmbH, 2007.
- [16] HYDROBETON S.R.O. XYPEX Online [online]. [cit. 2012-03-07]. Dostupné z: [http://xypex.hydrosan.sk/xypex.php?level=2&menu\\_id=3&mother\\_id=1&](http://xypex.hydrosan.sk/xypex.php?level=2&menu_id=3&mother_id=1&)
- [17] DEN BRAVEN. Den braven: Tekutá lepenka [online]. 2002, 13.1.2011 [cit. 2012-03-07]. Dostupné z: <<http://www.denbraven.cz/top-produkty/09s-t8-tekuta-lepenka-10-cz21.html>>
- [18] WEBER TERRANOVA. Weber.pas silikátová [online]. 2009 [cit. 2012-03-07]. Dostupné z: <<http://www.weber-terranova.sk/povrchove-upravy-stien-exterior-interior/poradca-weber/produkty/tenkovrstve-omietky-exteriorove/weberpas-silikatova.html>>
- [19] HERZ NEWS[online]. Bratislava, 2011 [cit. 2012-03-07]. Dostupné z: <<http://www.herz-sk.sk/assets/Uploads/HERZNEWSSK201110.pdf>>
- [20] THERMONA SLOVAKIA S. R. O. Kaskádové kotolne Thermona [online]. 2010 [cit. 2012-03-07]. Dostupné z: <<http://www.bezpecny-domov.sk/clanky/kaskadove-kotolne-thermona>>
- [21] JANDAČKA, Jozef. Kotolňa na spaľovanie drevnej biomasy v mestskej aglomerácii [online]. Luhačovice-Pozlovice, 2009 [cit. 2012-03-06]. Dostupné z: <[http://www.biomasa-info.sk/docs/L07\\_Jandacka.pdf](http://www.biomasa-info.sk/docs/L07_Jandacka.pdf)>
- [22] RUŇANIN, Róbert. Skúsenosti s prevádzkovaním kotlov veľkých výkonov [online]. Šoporňa, 2011 [cit. 2012-03-06]. Dostupné z: <<http://www.biomasa-info.sk/?section=open&load=polozky&o2=g1429196895212670710>>
- [23] CIPRES FILTR BRNO. Cyklonový odlučovač (cyklon) [online]. 2010 [cit. 2012-03-07]. Dostupné z: <<http://www.cipres.cz/cyklonovy-odlucovac-cyklon.html>>

- [24] KIV. Warm-water-boiler [online]. 2009 [cit. 2012-03-07]. Dostupné z: <<http://www.kiv.si/en/biomass-systems/warm-water-boiler.html>>
- [25] STUPAVSKÝ, Vladimír: Mikrokogenerace a trigenerace. Biom.cz [online]. 2010-08-09 [cit. 2012-03-06]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/mikrokogenerace-a-trigenerace>>. ISSN: 1801-2655.
- [26] KONYA, Juraj. Výroba elektrickej energie z regeneratívnych zdrojov pomocou ORC- zariadení [online]. Bratislava, 2009 [cit. 2012-03-06]. Dostupné z: <[http://www.ecb.sk/fileadmin/user\\_upload/editors/documents/Sekcia%203/Viesmann-SK.pdf](http://www.ecb.sk/fileadmin/user_upload/editors/documents/Sekcia%203/Viesmann-SK.pdf)>
- [27] INTECH SLOVAKIA S.R.O. ORC (Organický Rankinov cyklus) [online]. 2009 [cit. 2012-03-07]. Dostupné z:< <http://www.intechenergo.sk/sekcie/energia-z-biomasy/elektrina-z-biomasy/orc-organicky>>
- [28] OPLUŠTIL, M. *Mikrokogenerace pro malé obytné objekty*. Brno: Vysoké učení technické v Brně , Fakulta strojního inženýrství, 2009. 50 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.
- [29] HROMEK, Vlastimil a Martin ŠIMEK. Návrh využití dvoukřídlého rotačního stroje na principu Stirlingova motoru. Praha, 2007. Dostupné z: <[http://frotor.fs.cvut.cz/dokumenty/Stirling\\_Frotor.pdf](http://frotor.fs.cvut.cz/dokumenty/Stirling_Frotor.pdf)>
- [30] LAMBERT, Damien. La Micro-cogénération à bois, innovation venue d'Allemagne Quelles conditions pour une introduction en France?. Paris, 2007. Dostupné z: <[http://www.epe-asso.org/doc\\_prix/Rapport%20Damien%20LAMBERT.pdf](http://www.epe-asso.org/doc_prix/Rapport%20Damien%20LAMBERT.pdf)> Ecole central.
- [31] BHKW-Prinz: Sunmachine Pellet-BHKW mit Stirlingmotor [online]. 2009 [cit. 2012-03-07]. Dostupné z:< <http://www.bhkw-prinz.de/sunmachine-pellet-bhkw-mit-stirlingmotor/141>>
- [32] ECOTECHNIKA.SK: Emisné kvóty [online]. 2009 [cit. 2012-03-07]. Dostupné z: <<http://www.ecotechnika.sk/ecotechnika-12009/emisne-kvoty.html>>
- [33] Ekologika.sk: Spoločenská zodpovednosť firmy [online]. 2011 [cit. 2012-03-07]. Dostupné z: <<http://www.ekologika.sk/spolocenska-zodpovednost-firmy.html>>