

ENERGETICKÉ ZHODNOCOVANIE TUHÝCH UŠLACHTILÝCH BIOPALÍV Z FYTOMASY**Juraj Ondruška PhD., Viliam Čačko, Peter Biath**

Strojnícka fakulta, Slovenská technická univerzita, strojnica fakulta, Námestie slobody 17, 81231 Bratislava

Fytomasa ako trávnatý porast predstavuje zdroj relatívne ľahko dostupnej ekologickej energie, ktorej hnacím motorom je slnko. V rámci našich aktivít sa snažíme hľadať optimalizovaný spôsob zhodnotenie tejto suroviny pre dať lokalitu. Jedným s kritérií posudzovania je minimalizácia vplyvu procesu na prostredie a hľadanie dlhodobu udržateľných riešení z viacerých pohľadov.

Kľúčové slová: pelety, seno, fitomasa, spaľovanie, enertické zhodnotenie

TRÁVNATÝ PORAST Z POHLADU ENERGETICKÉHO ZHODNOTENIA

V súčasnosti sa do rôznych foriem biomasy určenej na energetické využitie vkladá nádej, že sa stane alternatívnym obnoviteľným zdrojom energie a v budúcnosti nahradí podstatnú časť miznúcich neobnoviteľných zdrojov energie (uhlia, ropných produktov, zemného plynu), podieľajúcich sa markantnou mierou na problémoch spájaných s globálnym otepľovaním Zeme. Na Slovensku sa nielen odborná verejnosť zaoberá pestovaním fytomasy pre energetické účely. Aktuálny stav poľnohospodárstva na Slovensku ponúka rozsiahle možnosti pestovania tzv. energetických rastlín. Z dôvodu prísnych kvót emisných limitov prichádza do úvahy hlavne produkcia určená na výrobu ekologicky čistej energie. Jedným z alternatívnych spôsobov ekologického využitia fytomasy je kogeneračná výroba tepelnej a elektrickej energie jej priamym spaľovaním. Produkciu biomasy (Obr. 9) rastlín je potrebné chápať ako základnú ekologickú funkciu zabezpečujúcu jednak výživu človeka a zvierat, obnovu energie, tvorbu surovín, ako aj zachovanie, resp. podporu biodiverzity na zemi. [2]. V poslednom čase sa ukazujú ako perspektívne, aj doteraz nevyužívané zdroje fitomasy. Európska legislatíva ponúka dotácie za kosenie voľne rastúceho sena na obecných ako aj verejných pozemkoch, ktorého ďalšie optimálne využitie ešte nie je úplne jasné. Majitelia rozsiahlych zatrávnených plôch, ktoré z rôznych dôvodov nesmú byť využité v potravinárskej výrobe, sú povinný seno pravidelne kosiť. Kosenie, zber a ďalšie procesy sú pre nich zbytočným nákladom.

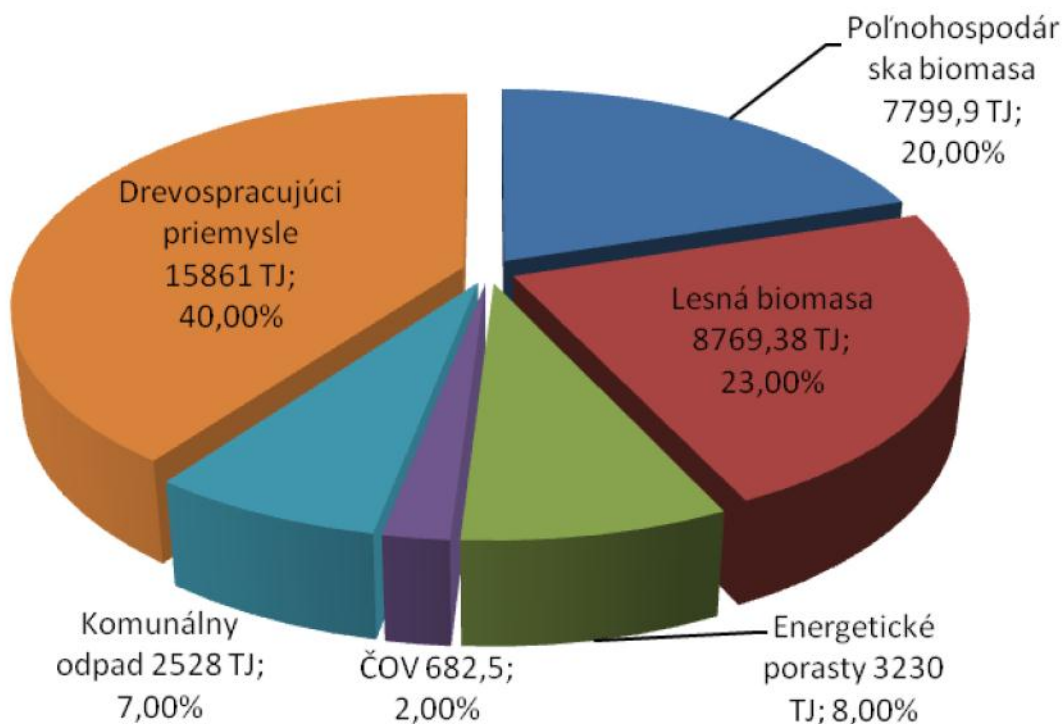
Trvalý trávnatý porast ako zdroj fytomasy je možné energeticky zhodnotiť niekoľkými technológiami. Náš tím sa nedávno zaoberal možnosťou vykurovať priestory s energetickými požiadavkami 600kW tepelného výkonu v jednej kotolni a v ďalších dvoch menšími kotolnami s výkonom 70kW a 50kW. Zadávatel' požadoval najsť také riešenie, aby bol schopný tieto tepelné nároky v zimnom období uspokojiť z vlastných zdrojov fytomasy, voľne rastúceho sena na okolitých plochách. Sekundárnou požiadavkou bol návrh koncepcie pridruženej výroby elektrickej energie a chladu z prebytkov tepla v letnom období. Požiadavkou zadania bolo navrhnuť optimálnu technológiu chemicko-termického zhodnotenia. Zadávatel' úlohy disponuje využiteľným energetickým potenciálom z produkcie trvalo trávnatých porastov rastúcich na výmere 131 ha s výnosom cca 3 t/ha pri jednej kosbe. Tieto plochy sa kosia dvakrát ročne (júl, august/september). Ročná produkcia sena sa líši v závislosti od počasia. Podľa dodaných informácií je možné reálne uvažovať s ročnou produkciou 600 až 700 ton sena pre energetické zhodnotenie. V súčasnosti sa tieto trávnaté porasty neprihnojujú. Podľa výsledkov z dostupných výskumov je možné uviesť, že dosiahnutie vyšších výnosov produkcie sena z TTP (trvalý trávnatý porast) pre jeho energetické využitie je možné zvýšiť hnojením. Bez hnojenia – je teoretický výnos sena 3 t/ha, s prihnojením hnojom hospodárskych zvierat (medzi 1. a 2. zberom v roku) – 3,6 t/ha, s prihnojením hnojom + prihnojením minerálnymi hnojivami – 4,2t/ha. Podľa výsledkov analýzy zadávatel' v súčasnosti potrebuje na vykurovanie cca 54% produkcie sena, 427 621 kg sena na rok, a preto vznikla požiadavka o možnosti transformácie energie obsiahnutej vo fytomase aj do elektrickej energie a. chladu v letných mesiacoch.

Technológia energetického zhodnotenia trávnatého odpadu bude pozostávať z fázy zberu, úpravy, spaľovania a priebežnej rekultivácie. Pre podmienky energetického zhodnotenia fytomasy bude vo fáze zberu tento trávnatý porast pokosený a vysušený prirodzenou cestou priamo na ploche zberu. Následne bude balikovaný a vhodne uskladnený. Potom môže byť surovina upravená do podoby ušľachtilých energonosičov, ako sú brikety alebo pelety (Obr. 12, Obr. 11). Vo forme konkrétneho druhu paliva sú následne spaľované.

Seno sa ako zdroj energie využíva vo viacerých krajinách a pre vhodnosť takéhoto spracovania sú tieto aktivity rôzne legislatívne podporované. Seno ako energetickú surovinu určujú vlastnosti: - výhrevnosť približne (14-15 MJ/kg), teplota horenia (°C), teplota tavenia popola (°C), vlhkosť (%), objemová hmotnosť (m³/t), energetický potenciál (GJ). Tavenie popola sa ďalej špecifikuje na bod mäknutia popola 930 °C, topenia popola 970 °C, tečenia popola 1070 °C. Energetické zhodnotenie sena je z hľadiska uvoľňovania emisií skleníkových plynov neutrálne (Obr. 12). Výhrevnosť nie je konštantná, závisí na druhu a akosti sena a od jeho konečnej vlhkosti, takže akosť „paliva“ je ovplyvnená obsahom vody a fázou zberu sena. Pri porovnaní s hnedým uhlím je výhrevnosť sena takmer totožná a v niektorých prípadoch aj vyššia. Podrobné vlastnosti testovaného sena ako paliva sú uvedené v tabuľke 1.

Parametre sena pre energetické využitie sú veľmi podobné parametrom obilnej slamy, z čoho vychádza možnosť rovnakej úpravy a spaľovania takéhoto materiálu. Obilná slama sa v súčasnosti využíva na energetické zhodnotenie vo väčšej miere v porovnaní so senom z dôvodu vyššej dostupnosti a potenciálu v podmienkach SR. Ale v prípade dostatočnej palivovej základne sena je možné tento materiál energeticky využiť rovnakými technológiami úpravy a spaľovania, využitím rovnakých strojných a spaľovacích zariadení ako v prípade slamy. Je potrebné uviesť, že energetické vlastnosti, ale predovšetkým chemické zloženie sena a slamy sa značne líši od drevnej biomasy, preto sa neodporúča použitie rovnakej technológie spaľovania a spaľovacích zariadení. Pri procesoch zhutňovania je ľahšie spracovateľná fytomasa – seno, ako dendromasa - drevná hmota, čo je z hľadiska vstupných nákladov na technológiu pozitívom.

Energetické zhodnotenie sena a slamy prináša určité technologické problémy v porovnaní s drewnou biomasou. Vysoký obsah chlóru v palive spôsobuje pri prechádzaní spalín s nižšou teplotou cez vlhké prostredie bodovú koróziu konštrukčného materiálu. Hoci seno vykazuje mierne nižšiu hodnotu obsahu chlóru oproti pšeničnej slame, napriek tomu je potrebné pre jeho energetické zhodnotenie rovnako použiť upravené spaľovacie zariadenie pre spaľovanie fytomasy. Nízky bod tavenia popola má za následok pri nedokonalnej regulácii ohniska a zvýšením teploty nad kritickú hodnotu tvorbu nálepor na výmenníkovej ploche, čím dochádza k zníženiu tepelnej účinnosti zariadení. Problém predstavuje aj tzv. spekanie popola. Fytomasa obsahuje o rád vyššie množstvo popola ako dendromasa. Popol so svojim zložením u sena a slamy sa blíži k zloženiu sklárskeho kmeňa, t.j. zmesi surovín pre výrobu skla. Z tejto podobnosti vyplýva aj tendencia k tvorbe strusky a za istých okolností až k tvorbe skloviny, ktorá narušuje žiaruvzdorné výmurovky kotlového telesa. Spaľovanie musí preto prebiehať pri kontrolovaných teplotách aj preto je u väčších kotloch plášť chladený vodou. Popol je bohatý na alkalické kovy, kovy alkalických zemín a kremík. Má tiež pomerne vysoké percento obsahu síry. Spaľovanie sena je náročnejšie na výšku finančných prostriedkov, ktoré je treba vyčleniť na opravy opotrebovaných častí, zvlášť na výmenu žiaruvzdorného muriva a dielov dopravníkov popolových ciest. Jedná sa o vlastnosť typickú pre tuhé biopalivá z fytomasy a je potrebné s ňou počítať už pri návrhu a prevádzke spaľovacích zariadení. Pozitívom je, že v súčasnosti je technológia spaľovania sena a slamy na takej úrovni, že spaľovacie zariadenia určené pre tento materiál dokážu eliminovať nedostatky takéhoto paliva a súčasne zabezpečujú dodržanie emisných limitov pri jeho spaľovaní. Napriek uvedeným ťažkostiam je možné konštatovať, že energetické zhodnotenie sena a slamy je technicky zvládnuté a pre producentov tepla ekonomicky výhodné. Oproti obilnej slame si energetické zhodnotenie sena vynucuje dôkladnejšie premiešanie dohorievajúcich spalín so sekundárnym spaľovacím vzduchom pre dodržanie nízkych hodnôt emisií CO₂. Emisné limity v SR nad 1 MW sú max. CO₂:850mg/Nm³, NO_x:650 mg/Nm³, TZL:100 mg/Nm³, TOC:50 mg/Nm³. Požiadavky na emisie kotlov [1] o tepelnom výkone 300kW a spôsob ich merania sú stanovené normou STN EN 303-5. Pre proces horenia je teda nutné zabezpečiť tri potrebné faktory a to palivo, oxidačné činidlo a teplotu. Z hľadiska tvorby oxidu uhoľnatého (CO₂) a oxidov (NO_x) zohráva dôležitú úlohu okrem iného množstvo vzduchu v procese spaľovania, čo umocňuje dôležitosť voľby správneho kotla.



Obr. 9: Technicky využiteľný potenciál biomasy na Slovensku [2]

Nevýhody ale kompenzuje nízka cena paliva v porovnaní s cenami fosílnych palív i v porovnaní s cenou drevnej hmoty. Palivovú základňu takejto kotolne je niekedy možné vytvoriť v jej bezprostrednom okolí a v ideálnom prípade z vlastných zdrojov, ako je tomu aj v našom prípade. Najnovšie skúsenosti ukazujú, že cestou k zefektívneniu procesu sú konštrukčné úpravy spaľovacích zariadení, vývoj ich materiálov a technologického príslušenstva. U niektorých konštrukcií je napríklad dôležitá samočistiaca schopnosť, sklon roštu, tvar keramickej klenby, odtok do popolového kontajneru bez nutnosti rozbíjania škváry. Schladením spalín v dohorievacej komore na teplotu nižšiu než teplota tavenia popola, ktoré zabraňuje napekaniu popolčeka na trubky výmenníku, zvislá orientácia trubiek výmenníku zabraňuje zanášaniam výmenníku nánosom popolčeka, ktorý je odvádzaný z vratnej komory do kontajnera a ďalšie konštrukčné inovácie ako rotačné i posuvné rošty, mechanické čistenie sadzí, sekvenčné vyfukovanie sadzí a ďalšie, ktoré mechanickým alebo iným spôsobom rozrušujú štruktúru spekavého popola. Takéto kotle pracujúce v nepretržitom režime netreba ich často čistiť a dovoľujú spaľovať i veľmi spekavý materiál.

Spôsob energetického zhodnotenia trávnatého porastu spaľovaním sa dá realizovať spaľovaním drveného sena, celých balíkov sena bez automatizácie plnenia kotla, celých balíkov sena v tzv. cigárových kotloch, častí celých balíkov sena a spaľovaním brikiet a peliet vyrobených zo sena. Každá technologická operácia transformujúca surovinu do paliva pred spaľovaním zvyšuje energetické a prevádzkové náklady a súčasne môže výrazne navrhovať investičné náklady na technológiu. Napriek tomu ušľachtilé – upravené palivá (brikety, pelety) majú iné ekonomicko - prevádzkové výhody, ktoré ich robia v konečnom dôsledku atraktívnymi.

Okrem týchto faktorov s procesom energetického zhodnotenia súvisí množstvo priamych či nepriamych faktorov. Tieto faktory sú často jedinečné vzhľadom na konkrétny projekt, ale napriek tomu ich treba posúdiť. Na našom pracovisku sa venujeme optimálnemu návrhu spôsobu energetického využitia biomasy a globálnym analýzám v tejto oblasti zo zreteľom na udržateľnosť dlhodobej produkcie energie a produkovania zisku. Pri našej práci musíme posudzovať širokú škálu súvislostí vzťahujúcich sa k danej problematike. Skúšky a analýzy možností výroby ušľachtilých palív zo vstupnej suroviny a posudzovanie rôznych vlastností jej úpravy do formy paliva. Posudzovanie logistických kanálov v celom kolobehu premeny energie, s tým súvisiaci proces zberu, úpravy (sušenia, drvenia, zhutňovania), prepravy, spracovania, skladovania, predaja, energetického zhodnotenia, hnojenia, nakladania s odpadom, legislatívou a inými.

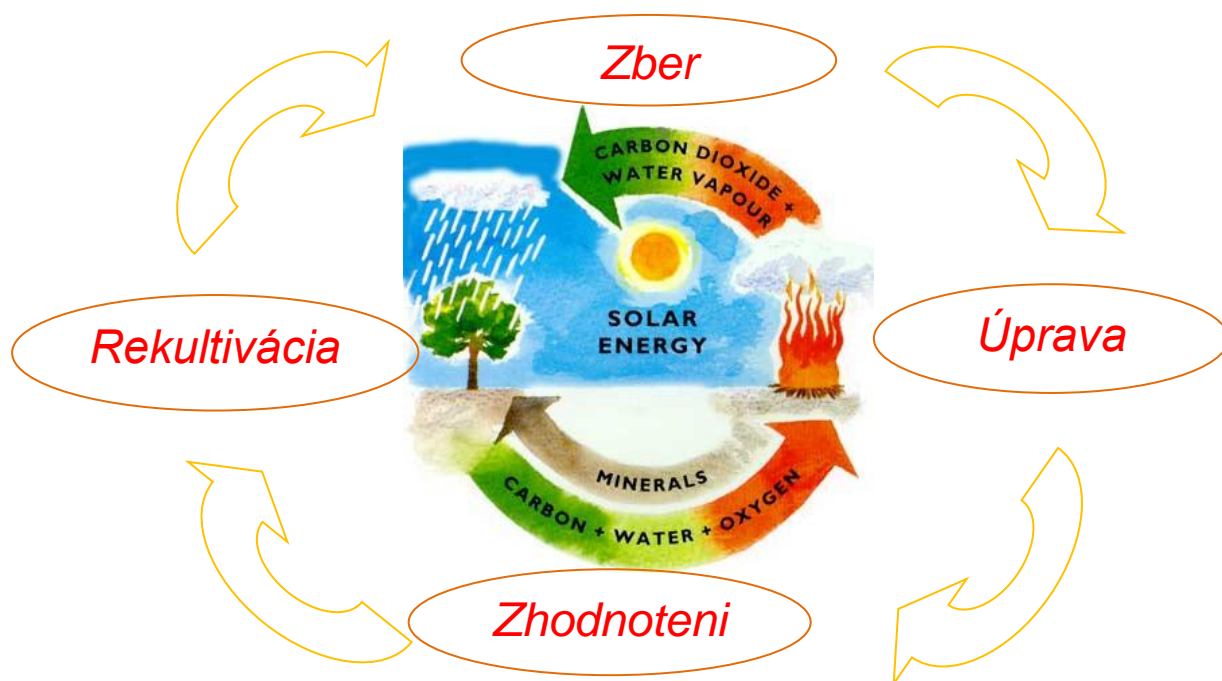
Tabuľka 1: Výsledky chemicko termickej analýzy sena z letiska

Meraná veličina	Značka	Jednotka	11-001144 seno	Rozš. neist. [%]	Medza stanovenia	Metóda	Metodický predpis	Typ skúšky
spalné teplo	Q s(d)	[MJ/kg]	18,1	2	5,00	K	PN 16.1	A
výhrevnosť	Q i(d)	[MJ/kg]	16,8	2	5,00	K	PN 16.1	A
výhrevnosť	Q i(r)	[MJ/kg]	15,2	2	5,00	K	PN 16.1	A
výhrevnosť	Q i(daf)	[MJ/kg]	17,9	2	5,00	K	PN 16.2	A
celková voda	W t(r)	[%]	8,20	5	0,01	G	PN 16.3	A
celková síra	S t(d)	[%]	0,10	20	0,02	EA	PN 16.7	A
celková síra	S t(r)	[%]	0,10	20	0,02	EA	PN 16.7	A
popol (550°C)	A (d)	[%]	6,39	10	0,01	G	PN 16.4	A
element. analýza	C t(d)	[%]	43,1	2	0,01	EA	PN 16.7	A
	H t(d)	[%]	6,24	5	0,02	EA	PN 16.7	A
	N (d)	[%]	1,24	10	0,01	EA	PN 16.7	A
chlór	Cl	[%]	0,44	30	0,01	RFS	PN 3.2	A
arzén	As	[mg/kg]	1,5	25	0,8	RFS	PN 3.2	A
kadmium	Cd	[mg/kg]	<0,5		0,5	RFS	PN 3.2	A
chróm	Cr	[mg/kg]	<5		5	RFS	PN 3.2	A
meď	Cu	[mg/kg]	<5	10	5	RFS	PN 3.2	A
ortuť	Hg	[mg/kg]	0,01	15	0,01	AAS	PN 1.12	A
olovo	Pb	[mg/kg]	21	10	5	RFS	PN 3.2	A
zinok	Zn	[mg/kg]	31	10	5	RFS	PN 3.2	A
nikel	Ni	[mg/kg]	<4		4	RFS	PN 3.2	A

r - stav paliva-pôvodný, d - stav paliva-bezvodý, daf - prepočet na horľavinu, G - gravimetria, EA - elementárna analýza s tepelno vodivostným detektorom, K kalorimetria, AAS - atómová absorpčná spektrometria, RFS - röntgenfluorescenčná spektrometria, PN - podniková norma, A - akreditovaná,

Širokú skupinu faktorov ovplyvňuje legislatíva. Smernica európskeho parlamentu a rady 2009/28/ES z 23. apríla 2009 o podpore využívania energie z obnoviteľných zdrojov energie a o zmene a doplnení a následnom zrušení smerníc 2001/77/ES a 2003/30/ES, smernica č. 2001/77/ES z 27. januára 2001 o podpore elektrickej energie vyrábanej z obnoviteľných zdrojov energie na vnútornom trhu s elektrickou energiou. Európska komisia schválila schémy certifikácie biopalív. Komisia odobrila prvých sedem systémov pre certifikáciu biopalív z hľadiska ich udržateľnosti. Biopalivá používané v EÚ, bez ohľadu na to, či sa vyrábajú na miestnej úrovni alebo dovážajú, musia spĺňať kritériá udržateľnosti. Existuje množstvo noriem definujúcich skúšky a posudzujúcich kvalitu ušľachtilých biopalív.

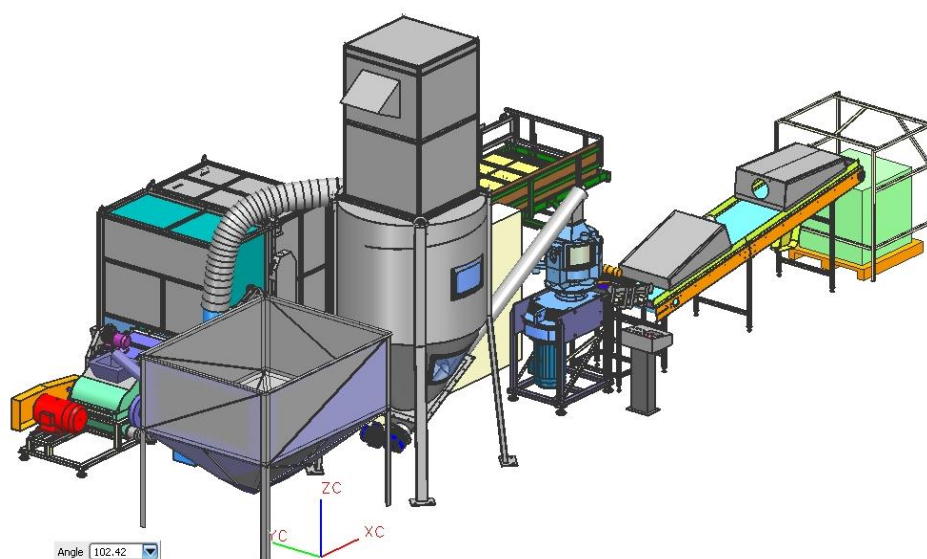
Problematiku je dôležité posudzovať aj z hľadiska kolobehu uhlíka a látok podieľajúcich sa na produkcii suroviny. Každý rok dochádza v pôde k mineralizácii humusu a tým k jeho úbytku. Každá pôda je charakterizovaná pôdotvorným faktorom mineralizácie, ktorý odpovedá ročnej miere deštrukcie pôdnej zásoby organickej hmoty. Jednoducho povedané, treba zabezpečiť vyvážený kolobeh. Pôde môžeme pomôcť efektívnym využitím vhodných organických či anorganických zvyškov po spaľovaní alebo inej produkcie. Aby nedochádzalo k znižovaniu zásob humusu, musí byť jeho úbytok aspoň kompenzovaný. Iba potom sa definovaný proces považuje sa spôsob výroby energie z obnoviteľných zdrojov vzhľadom na recykláciu v procese kolobehu uhlíka a iných prvkov. Oxid uhličitý absorbovaný rastlinami počas rastu sa spaľovaním jednoducho vracia do ovzdušia a nedochádza tak k netto uvoľňovaniu emisií. Legislatíva ešte zďaleka nerieši túto problematiku v absolútnej miere, ale každým rokom sa zdokonaľuje k vyššie definovaných tendenciách. Čiastočne sa na tvorbe súvisiacej legislatívy podieľa aj naše pracovisko. Výsledky analýz z hľadiska vhodnosti použitia popola zo spaľovania slamy a sena ako organického hnojiva ukazujú na potenciál jeho využitia. Popol obsahuje rastlinné živiny ako vápnik, draslík, fosfor a horčík spolu so stopovými prvkami. Okrem toho zvyšky spaľovania sú alkalické povahy a vyrovnávajú pH-hodnotu kyslej pôdy, čím sa stáva lepšou a úrodnejšou. Podľa zákona č.136/2000 Z.z. o hnojivách musí byť každé na trh uvádzané hnojivo certifikované. Popol ako hnojivo zákon nedefinuje, stále je považovaný za odpad. Pokiaľ má byť použitý ako hnojivo, je vhodné celý proces plánovanej výživy pôdy posúdiť expertne.



Obr. 10: Základný kolobeh pri energetickom zhodnocovaní sena

ZÁVER

Najnovšie výskumy ukazujú, že je tiež vhodné hľadať nové druhy palív, ktoré nie sú jednokomponentné, ale sú zložené zo zmesí základných surovín čo môže mať priaznivý vplyv na jeho výslednú úžitkovú hodnotu a celý proces zhodnotenia. Jednou z ciest, ktorou sa výskumy uberajú je využitie procesu karbonizácie (Obr. 12) pre zušľachtenie peliet vyrobených z menej kvalitných základných surovín. Pred procesom karbonizácie je možné pri výrobe pelety uvažovať aj s pridaním látok, ktoré môžu pri vhodných podmienkach karbonizácie neutralizovať aj nebezpečné látky. Trendom je aj spoluspaľovanie biomasy s fosílnymi palivami, čo prináša zníženie prevádzkových nákladov veľkovýrobcov a ponúka možnosti obchodovania s emisiami CO₂ ako aj zlepšenie vzťahov s verejnosťou. Toto je v súlade s cieľom stanoveným Európskou úniou, ktorý má zvýšiť podiel obnoviteľných zdrojov na výrobe elektrickej energie na 20 % do roku 2020



Obr. 11: Pletovacia linka "ProPellets" výkonu 250kg/h



Obr. 12: Základné časti procesu termického zhodnocovania sena

POĎAKOVANIE

„Tento príspevok bol vytvorený realizáciou projektu „Vývoj progresívnej technológie zhutňovania biomasy a výroba prototypov a vysokoproduktívnych nástrojov“ (ITMS kód Projektu: 26240220017), na základe podpory operačného programu Výskum a vývoj financovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja.“

LITERATÚRA

- [1] JANDAČKA, J. MIKULÍK, M. 2008: Ekologické aspekty spaľovania biomasy a fosílnych palív Dostupný [2012-05-25] z [www: <http://www.podnemapy.sk/portal/verejnost/fytomasa/fytomasa.aspx>](http://www.podnemapy.sk/portal/verejnost/fytomasa/fytomasa.aspx)