

INTEGRATED TECHNOLOGY FOR OBTAINING AGRIPELLETS

/
TEHNOLOGIE INTEGRATĂ DE OBȚINERE A AGRIPLETELOR

PhD. Stud. Eng. Voicea I.¹⁾, PhD. Stud. Eng. Danciu A.¹⁾, Ress.Assist. Dr. Selvi K.Ç.²⁾, PhD. Eng. Vlăduț V.¹⁾,
Prof. PhD. Eng. Voicu Gh.³⁾, Prof. PhD. Eng. Paraschiv G.³⁾, Tech. Grigore I.¹⁾

¹⁾INMA Bucharest / Romania; ²⁾Ondokuz Mayıs University / Turkey; ³⁾P.U. Bucharest / Romania
Tel: 0752161780, E-mail:voicea_iulian@yahoo.com

Abstract: In the paper is presented the technology of obtaining pellets and agripellets used by INMA Bucharest, aiming to determine the combustion characteristics of products obtained by technology of creating pellets and agripellets from agricultural and forestry solid biomass and identify the best recipes. Therefore, a number of 13 samples for analyses, as different mixtures (recipes), and biomass sampling have been submitted to laboratory analyses specific to solid fuels, in order to establish the main characteristics, which should allow the best recipes in terms of combustion degree.

Keywords: biomass, agripellets, technology, energy, calorific power, mixture recipes

INTRODUCTION

Biomass represents the whole vegetal agricultural production which can be converted in different forms of energy. The agricultural production comprises the principal production and the secondary production.

Main agricultural vegetal production is converted to bioalimentary energy and secondary agricultural vegetal production represents the principal source of biomass to be transformed in thermal energy [4].

According to European Union regulations, biomass represents the biodegradable share of products and wastes from agriculture, forestry and related industries, as well as biodegradable fraction from municipal and industrial wastes.

Main chemical composition of biomass is:

- lignin (C₄₀H₄₄O₆) = 15 – 30 %;
- cellulose (C₆H₁₀O₅) = 40 – 45 %;
- hemicellulose = 20-35 %.

Variation limits of the main three components are determined by respective species. Cellulose long polymers are used by plants for creating fibers, which offer the plant solidity, and lignin acts as a binder for cellulose fibers [2]. In order to manufacture the pellets the lignin content has to be as high as possible. For a high calorific power it is necessary that ratios O/C and H/C be as small as possible [1].

The main agricultural secondary products to be transformed in thermal energy as agripellets are [10], [11]:

- straw and straw cereals chaff (wheat, rye, barley, two-row barley, rice and oat);
- corn stalks and kernels;
- sunflower and rape stalks;
- soy, green peas and beans stems;
- tendrils of vine;
- fruit trees branches.

Production and distribution flow to consumer, for producing and using pellets or briquettes (future ecological renewable fuel), presented in figure 1 start from vegetal biomass as raw material and comprises 9 phases up to fuel distribution and utilization by final consumer. [8].

For preparing materials involved in technological flux of manufacturing pellets and briquettes, the material used is only as wood chips or agricultural biomass chopped, all types of mobile or stationary choppers with disc or drum, as well as hammer mills appropriate to grind humid matter being studied. At the

Rezumat: În lucrare se prezintă tehnologia de obținere a peletelor și agripeletelor din cadrul INMA București unde s-a urmărit determinarea caracteristicilor combustibilității produselor obținute prin tehnologia de fabricare a peletilor și agripeletilor din biomasa solidă agricolă și forestieră, în vederea identificării celor mai bune rețete. Astfel au fost prelevate un număr de 13 probe pentru analize, în diferite amestecuri (rețete), iar eșantioanele de probe din biomasa au fost supuse analizelor de laborator specifice combustibililor solizi în vederea stabilirii principalelor caracteristici, care să permită alegerea celor mai bune rețete din punct de vedere al combustibilității.

Cuvinte cheie: biomasa, agripelete, tehnologie, energie, putere calorică, rețete de amestec

INTRODUCERE

Biomasa exprimă totalitatea producției agricole vegetale care poate fi convertită în diferite forme de energie. Producția agricolă este formată din producția principală și din producția secundară.

Producția agricolă vegetală principală este transformată în energie bioalimentară iar producția agricolă vegetală secundară constituie principala sursă de biomasa care poate fi transformată de regulă în energie termică [4].

Conform legislației Uniunii Europene, biomasa reprezintă fracția biodegradabilă a produselor și deșeurilor din agricultură, domeniul forestier și industriile conexe acestora, precum și fracția biodegradabilă din deșeurile municipale și cele industriale.

Compoziția chimică principală a biomasei este:

- lignină (C₄₀H₄₄O₆) = 15 – 30 %;
- celuloză (C₆H₁₀O₅) = 40 – 45 %;
- hemi-celuloză = 20-35 %.

Limitele de variație a celor trei componente principale sunt determinate de specie. Polimerii celulozei lungi sunt folosiți de către plante pentru a construi fibrele care conferă plantei soliditate iar lignina acționează ca un liant ce ține fibrele de celuloză legate [2]. Pentru fabricarea peletilor conținutul de lignină trebuie să fie cât mai mare. Pentru o putere calorică ridicată este necesar ca rapoartele O/C și H/C să fie cât mai mici [1].

Principalele produse agricole secundare care pot fi transformate în energie termică sub formă de agripelete sunt [10], [11]:

- paie și pleava de cereale păioase (grâu, secară, orz, orzoaică, orez și ovăz);
- tulpinile și ciocălăi de porumb;
- tulpinile de floarea soarelui și de rapiță;
- vrejii de soia, mazăre și fasole;
- corzile de viță de vie;
- crengile de pomi fructiferi.

Fluxul de fabricație și distribuție la consumator, pentru producția și utilizarea de pelet și brichete (combustibil ecologic regenerabil al viitorului), prezentat în figura 1 pornește de la biomasa vegetală ca materie primă și parcurge 9 faze până la distribuția și utilizarea acestor combustibili de către consumatorul final, [8].

Pentru pregătirea materialelor în fluxul tehnologic de fabricație a peletilor sau a brichetelor se utilizează materialul numai sub formă de rumeguș sau tocătură de biomasa agricolă, studiindu-se toate tipurile de tocători cu disc sau cu tambur, mobile sau staționare, precum și morile cu ciocane specifice pentru măcinarea materialelor umede, în vederea obținerii granulației necesare pentru utilizarea materialelor în fluxul de fabricație. De asemenea au fost studiate și

same time, rotative sieves and sorters designed not only to sort but also to remove wastes tree bark, wood and non-wood pieces present in forestry or agricultural biomass, have been studied for obtaining a clean matter chopped without impurities [5].

sitele rotative și sortatoarele dimensionale care pe lângă sortarea dimensională, au și funcția de îndepărtare a deșeurilor, coșilor de copac, bucăților din materiale lemnoase și nelemnoase existente în biomasa forestieră sau agricolă în vederea obținerii unei tocături curate și fără impurități [5].

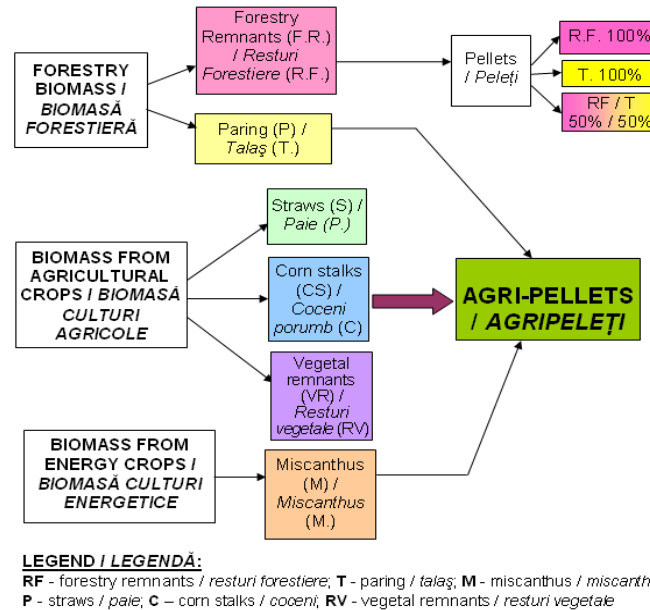


Fig. 1 –Technological flow for producing and distributing pellets / Fluxul tehnologic de fabricație și distribuție a peletilor -

MATERIAL AND METHOD

For achieving pellets and agripellets, a technological line designed and performed within INMA Bucharest has been used. It comprises :

- pelleting equipment;
- dimesion sorter;
- belt conveyor;
- tilted conveyor with belt and dryer;
- hopper.

By means of pelleting equipment with rotating matrix, pellets/agripellets can be achieved from agricultural and forestry solid biomass, their length being able to be adjusted within 10-30mm by means of adjustable knives.

Pelleting equipment (fig. 2) takes the material from dimensional sorter and produces pellets of 6-8 mm diameter, depending on their composition.

Dimensional sorter (fig. 3), is used to sort wood granulous materials and vegetal wastes by two dimensional fractions and to remove the wastes (trees bark, wood and non-wood pieces).

MATERIAL ȘI METODĂ

Pentru realizarea peletelor și agripeletelor s-a utilizat o linie tehnologică proiectată și realizată în cadrul INMA Bucuresti, compusă din:

- echipament de peletizare;
- sortator dimensional;
- transportor cu bandă;
- transportor înclinat cu bandă și uscător;
- buncăr.

Cu ajutorul echipamentului de peletizare cu matriță rotitoare, se pot realiza peleți / agripeleți din biomasă solidă agricolă și forestieră a căror lungime se poate regla în limitele 10 ÷ 30 mm cu ajutorul unor cuțite reglabile.

Echipamentul de peletizare (fig. 2) preia materialul de la sortatorul dimensional și realizează peleți cu diametrul de 6-8 mm, funcție de amestec

Sortatorul dimensional (fig. 3), este utilizat la sortarea materialelor granuloase lemnoase și de resturi vegetale pe două fracții de dimensiuni și îndepărtarea deșeurilor (coșilor de copac, bucăților din materiale lemnoase și nelemnoase).

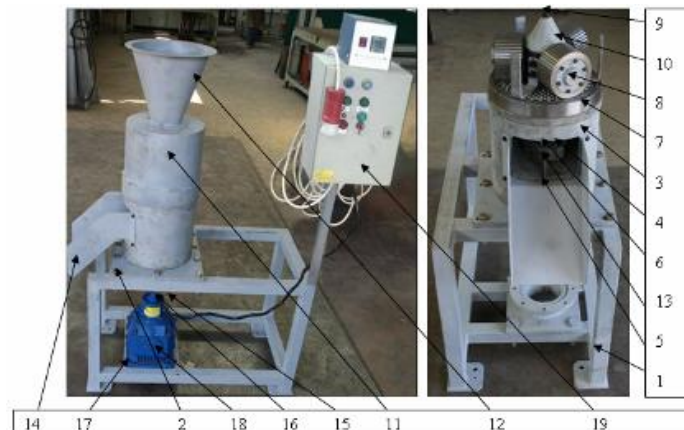


Fig. 2 – Pelleting equipment/ Echipamentul de peletizare - EP-0

- 1 - frame / cadru; 2 –support plate / placă suport; 3 - case / carcasă; 4 - shaft / arbore; 5 – evacuating rotor / rotor evacuare; 6 - cutting rotor / rotor tăiere; 7 - mould / matriță; 8 - pressing assembly / ansamblu presare; 9 - special screw / șurub special; 10 - leading cone / con dirijare; 11 - electrical installation / instalație electrică; 12 – protection case / carcasă protecție; 13 – lubricating system / sistem de gresare; 14 - evacuating spout / jgheab evacuare; 15 - dog clutch / cuplaj dințat; 16 – gearmotor axle / ax motoreductor; 17 - gearmotor support / suport motoreductor; 18 - gearmotor / motoreductor; 19 – electric installation / instalație electrică

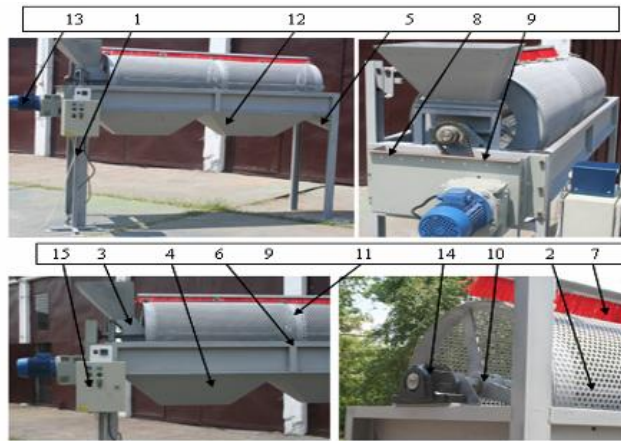


Fig. 3 – Dimensional sorting equipment / *Sortator dimensional SD 2630*

1 - frame / *cadru*; 2 - circular sieve/*siță circulară*; 3 - feeder hopper / *pâlnie alimentare*; 4 –evacuating funnel / *pâlnie de evacuare*; 5 - refusal funnel / *pâlnia de evacuare refuzuri*; 6 –separating wall/*perete despărțitor*; 7 – cleaning system / *sistem de curățat*; 8 – support plate / *placa suport*; 9 - strainer / *întinzător*; 10 - wheel / *roată I*; 11 - wheel / *roată II*; 12 –evacuating funnel / *pâlnia de evacuare*; 13 –gearmotor assembly / *ansamblu motoreductor*; 14 – sorting axle sleeve / *manșon ax sortator*; 15 – electric installation / *instalație electrică*

Belt conveyer TB 240 (fig. 4) is an equipment designed to transport of agricultural and forestry biomass chopped and sorted by size (or other similar materials in terms of size, density, specific weight and close friction coefficient), in buffer hoppers (for briquetage or pelleting operation) as well as, directly into feeding hopper of pelleting press or briquettes press.

Technological equipment designed to transport biomass chopped to other technological equipment of technological flow of manufacturing pellets/agripellets and assure biomass drying is represented by *tilted conveyor with belt and dryer – TIBU* (fig. 5).

Integrated technology of obtaining pellets and agripellets is shown in figure 6.

Transportorul cu bandă TB 240 (fig. 4) este un utilaj destinat transportului biomasei agricole și forestiere tocată și sortată dimensional (sau a altor materiale asemănătoare ca mărime, densitate, greutate specifică și coeficient de frecare apropiat), în buncăre tampon (pentru operația de brichetare sau pentru operația de peletizare) precum și direct în pâlnia de alimentare a preseii de peletizare sau a celei de brichetare.

Echipamentul tehnologic conceput să realizeze transportarea biomasei tocate către alte echipamente tehnologice din cadrul fluxului tehnologic de fabricare a peleților / agripeleților și să asigure uscarea acestora după necesitate, este reprezentat de *transportorul înclinat cu bandă și uscător – TIBU* (fig. 5).

Tehnologia integrată de obținere a peletelor și agripelețelor este prezentată în figura 6.



Fig. 4 – Belt conveyer TB-240 / *Transportor cu bandă TB - 240*

1 - Transporting assembly / *ansamblu transportor*; 2 – frame assembly / *ansamblu cadru*; 3 – feeding hopper / *buncăru de alimentare*; 4 - control panel / *panou de comandă*; 5 - frame / *cadru*; 6, 7 – driving pulley / *role de antrenare*; 8, 9 - bearings / *lagăre*; 10 – magnetic separator / *separator magnetic*; 11 – transport belt / *bandă transportoare*; 12 - gearmotor / *motoreductor*; 13 - handles / *manținele*; 14 - belt supporting assembly / *ansamblu susținere bandă*; 15 – hooking element / *elementul de prindere*; 16 – special screw / *șurub special*; 17 - antirotation plate / *placa antirotire*

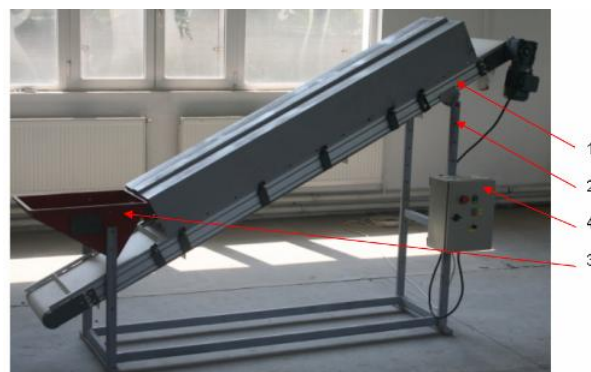


Fig.5 - Tilted conveyor with belt and dryer TIBU-0 / *Transportor înclinat cu bandă și uscător TIBU- 0*

1 - Transport assembly TIBU / *ansamblu transportor TIBU*; 2 – frame assembly / *ansamblu cadru*; 3 – hopper assembly / *ansamblu buncăr*; 4 - control panel / *panou de comandă*



Fig. 6 – Integrated technological line of obtaining pellets and agripellets / *Linie tehnologică integrată de obținere pelete și agripelete*

In general, a classical/alternative solid fuel, including biomass is made of:

- organic mass;
- anorganic mass;
- water/humidity (Wt).

Water/humidity (Wt) and anorganic (mineral) mass represent the non-fuel ballast formed by ashes and worsen the energetic quality.

Organic mass (C, H, N, S, O) represents the most important part of a solid fuel, as it has the features and characteristics necessary for being used for energetic valorisation, constituting also the combustion mass.

Chemical characteristics of solid fuels obtained from biomass are the following:

- C content– important characteristic which influences the caloric power must be as high as possible;
- O content– important characteristic which influences the caloric power must be as low as possible;
- H content– important characteristic which influences the caloric power must be as high as possible
- N content– influences NO_x (toxic)emissions and corrosion.

Limit humidity of biomass for combustion should not surpass 60% out of mass.

Total humidity, W_t , is formed of:

- *Absorbing humidity* - W_s^i , free or superficial (of surface) from large capillars, which has a normal vapour pressure and is easily removable by simple storing by air;
- *Hygroscopic humidity* - W_h^i , represents water physically bound from pores internal structure, which has smaller vapours pressure than normal one and is released only by drying at over 100°C (respectively 105°C), [6].

Caloric power can be calculated according to chemical composition.

Calculation formulae for caloric power, [9]:

1) depending on lignin content, where, (LC) - content of lignin reported to dry state without ashes:

$$Q = 88,9 (LC) + 16821,8 \text{ [kJ/kg]} \quad (1)$$

2) depending on fix carbon content, Cf (%) where:

$$Q = 196 Cf + 14119 \text{ [kJ/kg]} \quad (2)$$

3) depending on carbon, hydrogen, oxygen and nitrogen content:

$$Q = 33500 C + 14300 H - 15400 O - 14500 N \text{ [kJ/kg]} \quad (3)$$

For performing the determinations, was used an equipment "ELEMENTAL ANALYZER Flash EA 1112" which allows to simultaneously determine C, H, S, N, from

În general, un combustibil solid clasic/alternativ, inclusiv biomasa, este format din:

- masa organică;
- masa anorganică;
- apa/ umiditatea (Wt).

Apa/umiditatea (Wt) și masa anorganică (minerală) reprezintă balastul necombustibil care formează cenușa și care înrăutățește calitatea energetică.

Masa organică (C, H, N, S, O) reprezintă partea cea mai importantă a unui combustibil solid, deoarece este răspunzătoare de proprietățile și caracteristicile ce o recomandă pentru a fi utilizată în scopul valorificării energetice constituind și masa combustibilă.

Caracteristicile chimice ale combustibililor solizi obținuți din biomasă sunt următoarele:

- conținutul de C – caracteristică importantă care influențează puterea calorică, trebuie să fie cât mai mare;
- conținutul de O – caracteristică importantă care influențează puterea calorică, trebuie să fie cât mai mic;
- conținutul de H – caracteristică importantă care influențează puterea calorică, trebuie să fie cât mai mare;
- conținutul de N – influențează emisiile de NO_x (toxice) și coroziunea.

Umiditatea limită a biomasei pentru susținerea arderii nu trebuie să depășească 60% din masă.

Umiditatea totală, W_t , este constituită din:

- *umiditatea de îmbibație* - W_s^i , liberă sau superficială (de suprafață) din capilarele largi, care are presiunea de vapori normală și se îndepartează destul de ușor prin simpla depozitare în aer;
- *umiditatea higroscopică* - W_h^i , reprezintă apa legată fizic din structura internă a porilor, are presiunea de vapori mai mică decât presiunea normală și este cedată numai prin uscare la temperatura de peste 100°C (respectiv 105°C), [6].

Puterea calorică poate fi calculată în funcție de compoziția chimică.

Formule de calcul pentru puterea calorică, [9]:

1) în funcție de conținutul de lignină în care, (LC) - conținutul de lignină raportat la starea uscată și lipsită de cenușă:

solid and liquid tests by sample instantaneously dynamic combustion, followed by reduction, captation and separation of chromatographic gas and detection by means of thermal conductivity detector (TCD). Analyzer and its characteristics are shown in figure 7.



Fig. 7 – Elemental analyzer / Analizor elemental ThermoFinnigan Flash EA 1112

probe solide și lichide prin combustia dinamică instantanee a probei, urmată de reducerea, capturarea, separarea gaz cromatografică și detecția cu ajutorul detectorului de conductivitate termică (TCD). Analizorul și caracteristicile acestuia sunt prezentate în figura 7.



RESULTS

In order to determine the combustibility characteristics of products obtained from manufacturing technology of pellets and agripellets from agricultural and forestry solid biomass, were taken for analysis a number of 13 samples in various mixtures / compositions (recipes):

- sample 1: 67% Forestry remnants + 33% Wood chips;
- sample 2: 80% Miscanthus + 20% Wood chips;
- sample 3: $\frac{1}{3}$ Forestry remnants + $\frac{1}{3}$ Stalks + $\frac{1}{3}$ Wood chips;
- sample 4: $\frac{1}{3}$ Forestry remnants + $\frac{1}{3}$ Miscanthus + $\frac{1}{3}$ Wood chips;
- sample 5: $\frac{1}{3}$ Forestry remnants + $\frac{1}{3}$ Straw + $\frac{1}{3}$ Wood chips;
- sample 6: 100% Stalks;
- sample 7: 100% Straw;
- sample 8: 100% Miscanthus;
- sample 9: 100% Fir wood chips;
- sample 10: 100% Forestry remnants;
- sample 11: $\frac{1}{4}$ Miscanthus + $\frac{1}{2}$ Forestry remnants + $\frac{1}{4}$ Wood chips;
- sample 12: 50% Forestry remnants + 50% fir;
- sample 13: $\frac{1}{3}$ Miscanthus + $\frac{1}{3}$ Forestry remnants + $\frac{1}{3}$ Wood chips.

Samples (biomass) were subjected to laboratory analysis for specific solid fuels biomass to establish the main characteristics:

- through *technical analysis* to determine humidity (W_t^i , W_h^i , W_t^i), and ash (A^i)
- through *elemental analysis* was determined the percentage content of Cⁱ, Hⁱ, Sⁱ, Nⁱ using an *elemental analyzer FLASH EA 1112 Thermo Fisher Scientific (Model 1112)*. Oxygen content determination (O) at initial state is calculated using the following relationship:

$$O^i = 100 - (W_t^i + A^i + C^i + H^i + S^i + N^i) [\%] \quad (4)$$

- determining superior calorific power (O_s^i) was achieved by using a calorimetric system consisting of Parr Model 6200 calorimeter with bomb model 1108;
- inferior calorific power (Q_i^i) is obtained by calculation reported to the total humidity (W_t^i) and hydrogen content of the sample subjected to determination, according to the formula:

$$Q_{inf}^i = Q_{sup}^i - \gamma(8,94H^i + W_t^i) [\text{kcal/kg; KJ/kg}] \quad (5)$$

where:

- $\gamma = 5,86$, to express analysis results [kcal/kg];
- $\gamma = 24,62$, to express analysis results [KJ/kg];
- 8.94 - water quantity [g], corresponding to 1 g hydrogen.

Analysis methods used in analytical tests performed for followed indicators (Romanian standards and ISO methods) are shown in Table 1.

REZULTATE

În scopul determinării caracteristicilor combustibilității produselor obținute prin tehnologia de fabricare a peleiților și agripetilor din biomasa solidă agricolă și forestieră, au fost prelevate pentru analize un număr de 13 probe în diferite amestecuri/compoziții (rețete):

- proba 1: 67% Resturi forestiere + 33% Talaș;
- proba 2: 80% Miscanthus + 20% Talaș;
- proba 3: $\frac{1}{3}$ Resturi forestiere + $\frac{1}{3}$ Coceni + $\frac{1}{3}$ Talaș;
- proba 4: $\frac{1}{3}$ Resturi forestiere + $\frac{1}{3}$ Miscanthus + $\frac{1}{3}$ Talaș;
- proba 5: $\frac{1}{3}$ Resturi forestiere + $\frac{1}{3}$ Paie + $\frac{1}{3}$ Talaș;
- proba 6: 100% Coceni;
- proba 7: 100% Paie;
- proba 8: 100% Miscanthus;
- proba 9: 100% Talaș brad;
- proba 10: 100% Resturi forestiere;
- proba 11: $\frac{1}{4}$ Miscanthus + $\frac{1}{2}$ Resturi forestiere + $\frac{1}{4}$ Talaș;
- proba 12: 50% Resturi forestiere + 50% Talaș
- proba 13: $\frac{1}{3}$ Miscanthus + $\frac{1}{3}$ Resturi forestiere + $\frac{1}{3}$ Talaș.

Eșantioanele de probe (biomasă) au fost supuse analizelor de laborator specifice combustibililor solizi în vederea stabilirii principalelor caracteristici:

- prin *analiza tehnică* s-a determinat umiditatea (W_t^i , W_h^i , W_t^i), și cenușa (A^i)
- prin *analiza elementară* s-a determinat conținutul procentual de Cⁱ, Hⁱ, Sⁱ, Nⁱ cu ajutorul unui *analizor elemental FLASH EA 1112 Thermo Fisher Scientific (Model 1112)*. Determinarea conținutului de oxigen (O) la starea inițială se face prin calcul utilizând următoarea relație:

- determinarea puterii calorifice superioare (O_s^i) s-a realizat prin utilizarea unui sistem calorimetric format din calorimetru Parr Model 6200 cu bomba model 1108;
- puterea calorifică inferioară (Q_i^i) se obține prin calcul funcție de umiditatea totală (W_t^i) și conținutul de hidrogen din proba supusă determinării, conform formulei:

unde:

- $\gamma = 5,86$, la exprimarea rezultatelor analizei [kcal/kg];
- $\gamma = 24,62$, la exprimarea rezultatelor analizei [KJ/kg];
- 8,94 - cantitatea de apă [g], corespunzătoare la 1 g hidrogen.

Metodele de analiza utilizate în încercările analitice efectuate pentru indicatorii urmăriți (standarde române și metode ISO) sunt prezentate în tabelul 1.

Table 1 / Tabelul 1

Analysis methods / Metode de analiza, [3].

Den. No. / Nr. crt.	Name / Denumire	Testing method/Standard/ Metoda de încercare /Standard
Technical analysis / Analiza tehnică		
1.	Absorbing humidity / Umiditate de imbibație	SR 5264:1995
2.	Hygroscopic humidity / Umiditate higroscopică	SR 5264:1995
3.	Total humidity / Umiditate totală	SR 5264:1995
4.	Ashes (optionally) / Cenușa (opțional)	SR ISO 1171:1994
Elementary analysis / Analiza elementară		
5.	Carbon / Carbon	ASTM D 5373-08
6.	Hydrogen / Hidrogen	ASTM D 5373-08
7.	Nitrogen / Azot	ASTM D 5373-08
8.	Sulfur / Sulf	ISO 351:1996
Determining superior and inferior calorific power / Determinarea puterii calorifice superioare și inferioare		
9.	Superior calorific power / Putere calorifică superioară	ISO 1928:2009
10.	Inferior calorific power (calculation) / Putere calorifică inferioară (calcul)	ISO 1928:2009
11.	Processing results (recalculation in different states of analysis: initial) / Prelucrarea rezultatelor (recalcularea rezultatelor la diferite stări de analiză: inițial)	ISO 1170:2008 STAS 398/82

Analytical test results for samples subjected to analysis and recalculated in accordance with standard STAS 398/82 at initial state of the fuel biomass are shown in Table 2 and figures 8, 9, 10 and 11.

Rezultatele încercărilor analitice pentru probele supuse analizelor și recalulate în conformitate cu standardul STAS 398/82 la starea inițială a combustibilului de biomasă sunt prezentate în tabelul 2 și figurile 8, 9, 10 și 11.

Table 2 / Tabelul 2

Analytical results for analyzed samples / Rezultatele analitice pentru probele analizate

Sample no./ Nr. proba	W_i^i	W_n^i	W_t^i	A^i	S_t^i	C^i	H^i	N^i	O^i_{dif}	O_s^i	Q_i
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	kcal/kg	kcal/kg
1.	4.55	16.24	20.79	2.33	0.039	42.60	5.54	0.42	28.29	4152	3740
2.	6.25	10.79	17.04	1.32	0.049	42.70	5.56	0.57	32.76	4164	3773
3.	0.00	11.64	11.64	2.98	0.043	43.88	5.74	0.58	35.14	4395	4026
4.	0.00	11.77	11.77	2.37	0.043	44.66	5.72	0.26	35.18	4292	3923
5.	0.00	10.72	10.72	5.14	0.042	42.69	5.56	0.43	35.42	4381	4027
6.	0.00	10.38	10.38	5.76	0.041	40.67	5.67	1.49	35.99	4057	3699
7.	0.00	9.57	9.57	7.78	0.050	40.20	5.41	0.75	36.24	4164	3825
8.	0.00	11.17	11.17	6.89	0.044	41.79	5.49	0.58	34.04	4004	3651
9.	0.00	6.60	6.60	1.61	0.039	46.11	6.39	1.10	38.15	4354	3981
10.	1.95	4.14	6.09	2.53	0.047	45.81	5.81	0.76	38.95	4163	3823
11.	0.00	7.19	7.19	3.90	0.045	44.66	5.69	0.61	37.91	4210	3870
12.	0.00	5.08	5.08	2.26	0.059	46.44	5.84	0.40	39.92	4278	3942
13.	0.00	5.26	5.26	3.47	0.043	45.94	5.81	0.38	39.10	4309	3974

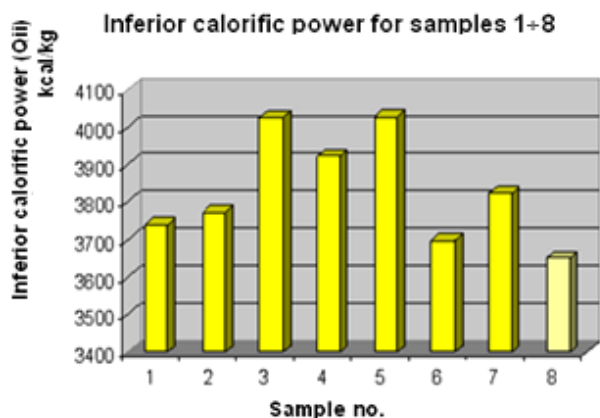


Fig. 8 - Graphical representation of inferior calorific power value for samples 1÷8 / Reprezentarea grafică a valorilor puterii calorifice inferioare pentru probele 1÷8

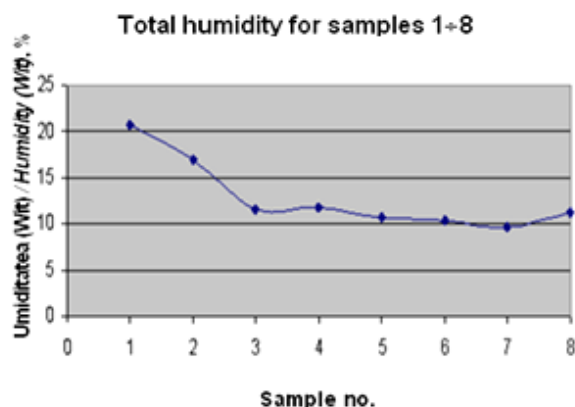


Fig. 9 - Graphical representation of total humidity value for samples 1÷8 / Reprezentarea grafică a valorilor umidității totale pentru probele 1÷8

Inferior calorific power for samples 9÷13

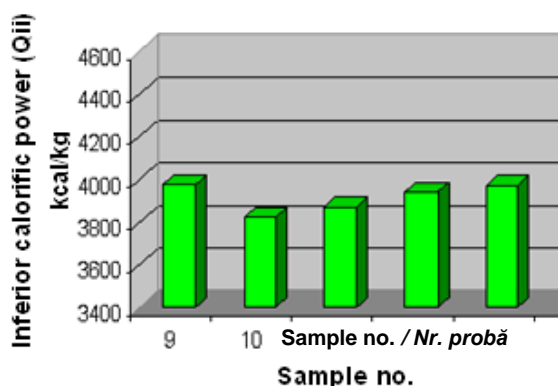


Fig. 10 - Graphical representation of inferior calorific power value for samples 9÷13 / *Reprezentarea grafică a valorilor puterii calorifice inferioare pentru probele 9÷13*

Total humidity for samples 9÷13

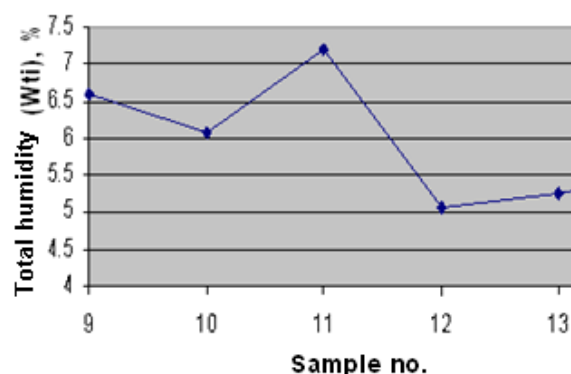


Fig. 11 - Graphical representation of total humidity value for samples 9÷13 / *Reprezentarea grafică a valorilor umidității totale pentru probele 9÷13*

CONCLUSIONS

Following the laboratory tests it has been found that:

- For agricultural and forestry biomass samples: 1÷8:
 - absorbing humidity content (superficial) is very low (for samples 3÷8 is zero);
 - total moisture of the analyzed samples is mainly due to hygroscopic humidity;
 - ash content is reduced ranging from 1 ÷ 7%;
 - sulfur content is very low (< 0.1%);
 - carbon is situated at values of about. 40÷44%;
 - inferior calorific power is between: 3,600÷4,000 kcal/kg and is inversely proportional with total humidity content (W_t^i) for the analyzed samples; as the total humidity is lower, the inferior calorific power is bigger ;
 - determinations on inferior calorific power revealed values of about 4,000 kcal/kg for samples 3, 4 and 5 consisting of basis mixture (forestry remnants and wood chips) at which were added various types of vegetable biomass (straw, stalks and miscanthus);
 - from the point of view of superior calorific power it has shown that the values obtained for the analyzed agricultural ground biomass variants (4,004÷4,395 kcal/kg) are bigger than those given in the literature data (ex.: vegetable waste - Table 3: $Q_s = 3,009.5$ kcal/kg).
- For agricultural and forestry biomass samples: 9÷13:
 - It has noted that the carbon content is maintained at a value of about 45%;
 - inferior calorific power is situated at a value of about 3.900 kcal/kg, respectively 16.33 MJ/kg;
 - from the point of view of superior calorific power it has found that the values obtained for the variants of analyzed pellets (4.163÷4.354 kcal/kg) are comparable to those presented in the literature data (example: sawdust pellets - Tabel 3: $Q_s = 4.084.3$ kcal/kg).

Ackowlegement

This work was supported by CNCSIS –UEFISCDI, project number **PN 09 – 15 01 09**.

CONCLUZII

Din rezultatele analizelor de laborator se observă că:

- Pentru *probele de biomasa agricolă și forestieră*: 1÷8:
 - conținutul de umiditate de îmbibație (superficială) este foarte redus (pentru probele 3÷8 este zero);
 - umiditatea totală a probelor analizate se datorează în principal umidității higroscopice;
 - conținutul de cenușă este redus fiind cuprins între 1÷7%;
 - conținutul de sulf este foarte mic (< 0,1%);
 - carbonul se situează la valori de cca. 40÷44%;
 - puterea calorifică inferioară este cuprinsă între: 3.600÷4.000 kcal/kg și variază invers proporțional cu conținutul de umiditate totală (W_t^i) din proba analizată; cu cât umiditatea totală este mai mică, puterea calorifică inferioară este mai mare;
 - determinările privind puterea calorifică inferioară au relevat valori de cca. 4.000 kcal/kg pentru probele 3, 4 și 5 constituite din amestec de baza (resturi forestiere și talas) la care s-au adăugat diverse sortimente de biomasa vegetală (paie, coceni și miscanthus);
 - din punct de vedere al puterii calorifice superioare se constată că valorile obținute pentru variantele biomasa agricolă marunțită analizate (4.004÷4.395 kcal/kg) sunt mai mari decât cele prezentate în datele de literatură (ex.: deșeuri vegetale - Tabelul 3: $Q_s = 3.009,5$ kcal/kg).
- Pentru *probele de biomasa agricolă și forestieră*: 9÷13:
 - se remarcă un conținut de carbon care se menține la o valoare de cca 45%;
 - puterile calorifice inferioare se situează la o valoare de cca. 3.900 kcal/kg, respectiv 16,33 MJ/kg;
 - din punct de vedere al puterii calorifice superioare se constată că valorile obținute pentru variantele de peleți analizate (4.163÷4.354 kcal/kg) sunt comparabile cu cele prezentate în datele de literatură (exemplu: peleții de rumeguș - Tabelul 3: $Q_s = 4.084.3$ kcal/kg).

Ackowlegement

Lucrarea este finanțată de către CNCSIS –UEFISCDI, numărul proiectului **PN 09 – 15 01 09**.

REFERENCES

- [1]. Danciu A. et al (2008) - Technology for capitalization of agricultural and forestry solid biomass to obtain clean energy and reduce emissions of greenhouse gases, Research Report, contract 21-008;
- [2]. Demirbas A. (2001) - *Biomass resource facilities and biomass conversion processing for fuels and chemicals*, Energy Conversion and Management, vol. 42, pag. 1357–78;
- [3]. EUROPEAN COMMISSION - EUR 21350 (2005) – *BIOMASS - Green energy for Europe*, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, <http://publications.eu.int>;
- [4]. Gilbert P., Ryu C., Sharifi V., Swithenbank J. (2009) - *Effect of process parameters on pelleting of herbaceous crops*, Fuel, vol. 88, pag. 1491–1497;
- [5]. Ion V.I., Ion D.I. (2006) - *Energy from Biomass, Theoretical considerations*, Energy, no. 7(38), pag. 14-30;
- [6]. Shivanand P. and Sprockel O.L. (1992) - *Compaction Behavior of Cellulose Polymers*, Powder Technology, vol. 69, pag. 177–184;
- [7]. Tillman D.A (2000) - *Biomass cofiring: the technology, the experience, the combustion consequences*, Biomass and bioenergy, Vol. 19, Issue 6, pag. 365–384;
- [8]. Tumuluru J.S., Wright C.T., Kevin K.L. and Hess J.R. (2011) - *A Review On Biomass Densification Technologies To Develop Uniform Feedstock Commodities For Bioenergy Application*, BioFPR (Under review), The INL is a U.S. Department of Energy National Laboratory operated by Battelle Energy Allianc, INL/EXT-10-18420;
- [9]. Van Loo S. and Koppejan J. (2002) - *Handbook of Biomass Combustion and Co-firing*, Twente University Press;
- [10]. WEC (1994) - *Biomass Energy, New Renewable Energy Resources - A Guide to the Future*, London, UK: World Energy Council;
- [11]. http://En.wikipedia.org/wiki/Historical_Perspectives_of_Energy_Consumption.

BIBLIOGRAFIE

- [1]. Danciu A. și alții (2008) - *Tehnologie pentru valorificarea biomasei solide agricole și forestiere în vederea obținerii de energie curată și a reducerii emisiilor de gaze cu efect de seră*, Raport de cercetare, contract 21-008;
- [2]. Demirbas A. (2001) - *Facilități de resurse de biomasă și de conversie a biomasei de procesare pentru combustibili și produse chimice*, Managementul și Conversia energiei, vol. 42, pag. 1357–78;
- [3]. EUROPEAN COMMISSION - EUR 21350 (2005) – *BIOMASS - Green energy for Europe*, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, <http://publications.eu.int>;
- [4]. Gilbert P, Ryu C, Sharifi V, Swithenbank J. (2009) - *Efectul asupra parametrilor de proces -granulare a culturilor erbacee*, Combustibil, vol. 88, pag. 1491–1497;
- [5]. Ion V.I., Ion D.I. (2006) - *Energie din Biomasa, Considerații teoretice*, Energie, nr. 7(38), pag. 14-30;
- [6]. Shivanand P. și Sprockel O.L. (1992) – *Comportarea la compactare a polimerilor celulozici*, Tehnologia pulberii, vol. 69, pag. 177–184;
- [7]. Tillman D.A (2000) – *Coarderea biomasei: tehnologia, experienta, consecințele arderii*, Biomasa și bioenergia, vol. 19, Numărul 6, pag. 365–384;
- [8]. Tumuluru J.S., Wright C.T., Kevin K.L. și Hess J.R. (2011) - *O analiză privind tehnologiile de densificare a biomasei în vederea dezvoltării unei aprovizionări uniforme cu produsele de bază pentru aplicațiile bioenergiei*, BioFPR (În curs de examinare), INL - Departament al Laboratorului Național de Energie operat de Battelle Energy Allianc, INL/EXT-10-18420;
- [9]. Van Loo S și Koppejan J. (2002) - *Manualul combustiei biomasei și de co-ardere*, Universitatea de Presă Twente;
- [10]. WEC (1994) - *Energie din biomasa, Noi surse de energie regenerabile - Un ghid pentru viitor*, Londra, UK: Consiliul Mondial al Energiei;
- [11]. http://En.wikipedia.org/wiki/Historical_Perspectives_of_Energy_Consumption.