

UNIVERSITATEA AGRARĂ DE STAT DIN MOLDOVA

Cu titlul de manuscris
C.Z.U: 631.539.3

PAVLENCO ANDREI

**ÎMBUNĂTĂȚIREA CALITĂȚII BIOCOMBUSTIBILILOR SOLIZI DENSIFICAȚI ÎN
ACORD CU POLITICILE DE DEZVOLTARE A SURSELOR REGENERABILE DE
ENERGIE**

**255.02. TEHNOLOGII ȘI MIJLOACE TEHNICE PENTRU INDUSTRIA PRODUSELOR
AGRICOLE**

Teză de doctor în tehnică

Conducători de doctorat:

Hăbășescu Ion, mc AȘM, dr. hab., prof. univ.

Marian Grigore, dr. hab., prof. univ.

Comisia de îndrumare

Cerempei Valerian, dr. hab.

Volconovici Liviu, dr. hab., prof. univ.

Gorobeț Vladimir, dr., conf. univ.

Autor

Pavlenco Andrei

CHIȘINĂU 2018

© PAVLENCO ANDREI, 2018

CUPRINS

ADNOTARE	6
ABSTRACT	7
АННОТАЦИЯ	8
LISTA ABREVIERILOR	9
INTRODUCERE	11
1. ANALIZA SITUAȚIEI ÎN DOMENIUL MANAGEMENTULUI CALITĂȚII BIOCOMBUSTIBILILOR SOLIZI DENSIFICAȚI ÎN LUME ȘI ÎN REPUBLICA MOLDOVA ÎN ACORD CU POLITICILE REFERITOARE LA DEZVOLTAREA SURSELOR REGENERABILE DE ENERGIE	19
1.1. Generalități referitoare la politicile de dezvoltare a surselor regenerabile de energie, în general, și referitor la biocombustibilii solizi, în special	19
1.2. Bioenergia pentru zonele rurale- efectul socioeconomic și de mediu	21
1.3. Producerea de biocombustibili și securitatea alimentară	22
1.4. Calitatea biocombustibililor solizi și factorii care o influențează	24
1.4.1. Generalități cu privire la calitatea biocombustibililor solizi	24
1.4.2. Particularitățile biobrichetelor	26
1.4.3. Originea și potențialul energetic al resurselor de reziduuri agricole indigene pentru producerea biobrichetelor	28
1.4.4. Influența variabilelor de densificare asupra calității biobrichetelor	31
1.5. Metode de îmbunătățire a calității biobrichetelor produse din reziduuri agricole	33
1.6. Concluzii și direcții de aprofundare a cercetărilor	35
2. METODICA GENERALĂ DE CERCETARE, MATERIALE, METODE DE PREPARARE ȘI DE ANALIZĂ	36
2.1. Proiectarea experimentelor	36
2.2. Metodica analizei literaturii de specialitate. Proceduri de căutare	38
2.3. Metodica cercetării parametrilor calitativi și stabilității proprietăților fizico-mecanice ale biocombustibililor obținuți din reziduuri agricole	39
2.3.1. Selectarea materialelor, eșantionarea și prepararea eșantioanelor	39
2.3.2. Determinarea valorii calorifice	43
2.3.3. Determinarea conținutului de umiditate	46
2.3.4. Determinarea conținutului de cenușă	48
2.3.5. Analiza chimică a probelor	49
2.3.6. Determinarea densității particulelor	50
2.4. Metodica determinării potențialului energetic al reziduurilor agricole pretabile pentru scopuri energetice	51
2.5. Concluzii la capitolul 2	52

3. SPECIFICUL CANTITATIV ȘI CALITATIV AL POTENȚIALULUI DE BIOMASĂ PROVENITĂ DIN REZIDUURI AGRICOLE, PRIN PRISMA FOLOSIRII PENTRU PRODUCEREA BIOBRICHETELOR ENPLUS	54
3.1. Scopul și ordinea de realizare a cercetărilor	54
3.2. Originea și specificul principalelor surse de biomasă provenite din sectorul agricol în Republica Moldova.....	56
3.2.1. Considerații fizico-geografice din Republica Moldova din punct de vedere al asigurării cu materie primă pentru producerea biobrichetelor	56
3.2.2. Conținutul de umiditate al reziduurilor agricole – influența asupra valorii potențialului energetic.....	58
3.2.3. Rezultate sintetice privind valoarea calorică și compoziția biomasei provenite din reziduuri agricole	62
3.2.4. Factorul unitar de conversie pentru principalele tipuri de biomasă folosită la producerea biobrichetelor	68
3.3. Originea, calitatea și potențialul principalelor tipuri de biomasă agricolă pretabilă pentru scopuri energetice în Regiunea de Dezvoltare Nord a Republicii Moldova	71
3.4. Concluzii la capitolul 3.....	77
4. ÎMBUNĂTĂȚIREA CALITĂȚII BIOBRICHETELOR ÎN ACORD CU POLITICILE DE DEZVOLTARE A SURSELE REGENERABILE DE ENERGIE.....	79
4.1. Scopul și ordinea de realizare a investigațiilor	79
4.2. Rezultate privind optimizarea constituției materiei indigene folosite la producerea biobrichetelor cu parametri calitativi conformi exigențelor standardelor UE referitoare la calitatea biocombustibililor solizi.....	80
4.2.1. Producerea biocombustibililor solizi cu caracteristici ENPlus – șansă de folosire eficientă a reziduurilor agricole indigene	80
4.2.2. Perspectivele folosirii reziduurilor erbacee la producere biobrichetelor cu caracteristici calitative ENPlus	81
4.2.3. Perspectivele folosirii reziduurilor arboricole și a amestecurilor pe baza acestora la producerea biobrichetelor cu caracteristici calitative ENPlus	88
4.2.4. Îmbunătățirea calității biobrichetelor prin folosirea materiei prime formată din amestecuri de reziduuri agricole	90
4.3. Perfecționarea tehnologiilor de producere a biocombustibililor solizi.....	92
4.3.1. Principiile tehnologiilor de densificare prin brichetare a biomasei	92
4.3.2. Calitatea biobrichetelor funcție de variabilele de densificare	94
4.4. Îmbunătățirea calității biobrichetelor din reziduuri agricole prin torefiere	101

4.4.1.	Generalități, scopul și planul studiilor	101
4.4.2.	Variația valorii calorifice a materiei prime în funcție de regimurile torefierii	103
4.4.3.	Variația parametrilor biobrichetelor fabricate din reziduuri agricole torefiate	106
4.5.	Justificarea tehnico-economică.....	112
4.5.1.	Introducere	112
4.5.2.	Analiza tehnică-economică a procesului de producere a brichetelor din materie primă torefiată.....	113
4.6.	Concluzii la capitolul 4	119
CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI		121
BIBLIOGRAFIE		124
ANEXE.....		132

ADNOTARE

Autor – Pavlenco Andrei. Titlul - „Îmbunătățirea calității biocombustibililor solizi densificați în acord cu politicile de dezvoltare a surselor regenerabile de energie”. Teză de doctor în tehnică, Chișinău, 2018. Lucrarea este compusă din introducere, 4 capitole, concluzii generale și recomandări, bibliografie din 129 titluri, 12 anexe, 123 pagini (până la bibliografie), 40 figuri, 27 tabele. Rezultatele obținute sunt publicate în 15 lucrări științifice.

Cuvinte-cheie: Asigurarea calității, Biocombustibili solizi, Biobrichete; Reziduuri agricole; Tehnologie, Torefiere.

Domeniul de studiu - științe ingineresti și tehnologii. **Scopul lucrării** este Propunerea de soluții în vederea îmbunătățirii calității biocombustibililor solizi densificați în acord cu politicile de dezvoltare a surselor regenerabile de energie. **Obiectivele lucrării:** Identificarea stadiului actual al cercetărilor în producerea biocombustibililor solizi densificați de calitate conformă exigențelor standardelor internaționale; aprofundarea și amplificarea cunoașterii factorilor ce influențează calitatea biocombustibililor solizi densificați în formă de brichete și a căilor de dirijare cu acești factori; dobândirea de noi cunoștințe privind evaluarea și valorificarea potențialului de biomasă din Republica Moldova în corelare cu impactul exercitate de folosire acestuia; promovarea și aplicarea unor decizii optime în producerea și utilizarea biocombustibililor solizi densificați din reziduuri agricole.

Noutatea și originalitatea științifică constă în: abordarea multidisciplinară a problematicii asigurării calității biobrichetelor produse din materie primă indigenă în acord cu politicile de dezvoltare a surselor de energie regenerabilă; analiza critică detaliată a stadiului actual cu privire la calitatea biobrichetelor produse din reziduuri agricole indigene și căile de îmbunătățire a acestora; formularea unor metodologii noi cu privire la stabilirea specificului și potențialului reziduurilor agricole sub aspectul utilizării acestora în calitate de materie primă la producerea biobrichetelor cu caracteristici conforme normelor ENPlus; elaborarea și formularea unor recomandări noi referitoare la stabilirea rețetelor pentru amestecurile de materie primă indigenă pentru producerea biobrichetelor ENPlus; elaborarea unei verigi tehnologice noi de procesare a biobrichetelor cu tratarea termochimică a materiei prime prin torefiere.

Problema științifică importantă soluționată. Îmbunătățirea calității biobrichetelor produse din reziduuri agricole indigene prin formare de amestecuri, perfecționarea tehnologiilor de fabricare a biobrichetelor cu aplicarea torefierii materiei și prin optimizarea regimurilor tehnologice de torefiere și densificare a materiei prime.

Semnificația teoretică se referă la îmbunătățirea calității biocombustibililor solizi densificați prin optimizarea constituției materiei prime, folosirea procedeelor termochimice de ameliorare a unor indicatori calitativi ai produsului finit, perfecționarea conceptului logisticii materiei prime și a procesării produsului final

Valoarea aplicativă a lucrării constă în posibilitatea folosirii tehnologiei propuse pentru îmbunătățirea calității biobrichetelor produse din reziduuri agricole indigene prin optimizarea constituției materiei prime, folosirea procedeelor termochimice de ameliorare a unor indicatori calitativi ai produsului finit, perfecționarea conceptului logisticii materiei prime și a procesării produsului final.

Implementarea rezultatelor științifice: Rezultatele obținute sunt implementate la SRL BRILANPRIM, Glodeni.

ABSTRACT

Author - Pavlenco Andrei. The title - "*Improve the quality of the solid biofuels in accordance to the policies for development of renewable energy sources*". PhD thesis in technology, Chisinau, 2018. The thesis consists of: Introduction; 4 chapters, general conclusions and recommendations, bibliography which include 129 titles, 15 annexes, 123 pages (up to bibliography), 40 figures, 21 Tables. The obtained results have been published in 15 scientific papers.

Keywords: Quality improvement, Solid biofuel, Bio briquettes; Agricultural residues; Technology, Torrefaction

Field of study - engineering sciences and technologies. **Purpose of thesis** is proposing solutions for improvement the quality of solid biofuels in accordance with policies for the development of renewable energy sources. The Objectives of the thesis: Identifying the current state of research in the production of solid biofuels according to the requirements of international standards; obtaining and expanding the new knowledge of factors that influence the quality of solid biofuels in the form of briquettes and the ways of conducting them with these factors; acquiring new knowledge and information on the evaluation and exploitation of the biomass potential in the Republic of Moldova; promote and apply optimal decisions in the design, production and use of densified solid biofuels.

The scientific novelty and originality consists in selecting the topic to make a research of the quality management system of bio briquettes produced from indigenous raw materials in accordance with the policies for the development of renewable energy sources; a detailed critical analysis of the current state of the doctoral thesis; develop recommendations to establish prescriptions for indigenous feedstock mixtures for the production of ENPlus biobriquettes; elaborate technological components for the processing of bio briquettes with torrefaction raw material.

The important scientific problem solved. Improve the quality of bio briquettes produced from indigenous agricultural residues by blending, the improvement of biobriquettes manufacturing technologies with the application of the material rectification and optimizing the technological processes of torrefaction and densification the raw material.

The theoretical significance refers to the improvement of the quality of densified solid biofuels by optimizing the constitution of the raw material, the usage of the thermo-chemical processes aiming to improve a series of quality indicators of the finished product, the improvement of the raw material logistics concept and processing the final product.

The applicative value of the thesis, is the possibility to be able and use the suggested technology to improve the quality of biobriquettes, produced from indigenous agricultural residues, by optimizing the constitution of the raw material, using the thermo-chemical processes for improving the quality indicators of the finished product, and enhance the concept of raw material logistics and processing the final product.

Implementation of scientific results: The obtained results are implemented at SRL BRILANPRIM, Glodeni.

АННОТАЦИЯ

Автор - Павленко Андрей. **Название** - *«Повышение качества твердого биотоплива в соответствии с политикой развития возобновляемых источников энергии»*. Диссертация на соискание ученой степени доктора (кандидата) технических наук, Кишинэу, 2018 г. Работа состоит из введения, четырех глав, общих выводов и рекомендаций, 129 источников литературы, 15 приложений, 123 страниц (до литературы), 40 фигур, 21 таблиц. Полученные результаты опубликованы в 15 научных работах.

Ключевые слова: Обеспечение качества, Твёрдое биотопливо, Биобрикеты; Сельскохозяйственные отходы; Технология, Торрефикация.

Область исследования - техника. **Цель диссертации** состоит в том, чтобы предложить решения для повышения качества твердого биотоплива в соответствии с политикой развития возобновляемых источников энергии. **Задачи диссертации:** выявить текущее состояние исследований в области производства твердого биотоплива в соответствии с требованиями международных стандартов; Уточнить и расширить знания о факторах, которые влияют на качество твердых биотоплив в форме брикетов и способы управления этими факторами; получить новые знания в области оценки и использования потенциала биомассы в Республике Молдова; Содействовать и применять оптимальные решения при проектировании, производстве и использовании уплотненных твердых биотоплив.

Новизна и научная оригинальность состоит в следующем: выбор в качестве объекта исследования системы управления качеством биобрикетов, производимых из местного сырья в соответствии с политикой развития возобновляемых источников энергии; подробный критический анализ текущего состояния вопроса докторской диссертации; разработка рекомендаций по разработке рецептов для смесей биомассы из сельскохозяйственных отходов для производства биобрикетов ENPlus; разработка технологии производства биобрикетов с примирением торрифизированного сырья.

Научная проблема решенная в работе. Улучшение качества биобрикетов, полученных из местных сельскохозяйственных остатков путем формирования смесей, совершенствование технологии производства биобрикет с применением торрефицированного сырья и оптимизации процессов измельчения и уплотнения сырья.

Теоретическая значимость относится к улучшению качества уплотненных твердых биотоплив путем оптимизации состава сырья, использования термохимических процессов для улучшения некоторых качественных показателей готового продукта, улучшении концепции логистики сырья и переработки конечного продукта

Прикладная ценность является возможность использования предлагаемой технологии для улучшения качества биобрикетов, полученных из местных сельскохозяйственных отходов, путем оптимизации состава сырья, использования термохимических процессов для улучшения некоторых качественных показателей готовой продукции, улучшения концепции материально-технического обеспечения и переработки конечного продукта.

Внедрение научных результатов: Полученные результаты внедрены в ООО BRILANPRIM, Glodeni.

LISTA ABREVIERILOR

- A ~ simbol pentru conținutul de cenușă pe bază uscată A_d [W-%]
AEBIOM ~ European Biomass Association (Asociația Europeană Biomasă)
ar ~ în stare de recepție
BD ~ densitatea în vrac
BEE ~ Biomass Energy Europe
C ~ conținutul de carbon
Cal. ~ calorie
Cl ~ conținutul de clor
D ~ simbol pentru diametru în stare de recepție, D [mm]
d ~ uscat (pe bază uscată)
DE ~ simbol pentru densitatea particulelor în stare de recepție, [g/cm³]
DU ~ durabilitatea mecanică
ED ~ densitatea energetică
EPC ~ European Pellet Council (Consiliul European Peleți)
EUR ~ euro
F ~ conținutul de fracție fină
GCV.c. ~ valoarea calorifică superioară convențională
H ~ conținutul de hidrogen
ha ~ hectar
K ~ factor unitar de conversie
L ~ simbol pentru lungime în stare de recepție, L [mm]
LBCS ~ Laboratorul de biocombustibili solizi
M ~ conținutul de umiditate
 M_d ~ conținutul de umiditate în bază uscată (umiditatea absolută)
m ~ masa
 M_{ar} ~ conținutul de umiditate în stare de recepție pe bază de produs umed
N ~ conținutul total de azot
O ~ conținutul total de oxigen
 P_e ~ potențial energetic
 $q_{p.net. ar}$ ~ valoarea calorifică inferioară la presiune constantă determinată pentru probe cu umiditatea stabilită la recepție

$q_{p.net. dr} \sim$ valoarea calorică inferioară la presiune constantă determinată pentru probe uscate

$q_{p.net. m=i} \sim$ valoarea calorică inferioară la presiune constantă determinată pentru probe cu umiditatea i

$q_{v.gr} \sim$ valoarea calorică superioară la volum constant

$q_{v.gr.d} \sim$ valoarea calorică superioară la volum constant determinată pentru probe uscate

$S \sim$ conținutul total de sulf

SMC $\sim$ sistemul de management al calității

S/M $\sim$ stat membru al Uniunii Europene

SFE $\sim$ surse fosile de energie

SRE $\sim$ surse regenerabile de energie

t.c.c. $\sim$ tonă combustibil convențional

t.e.p. $\sim$ tonă echivalent petrol

UASM $\sim$ Universitatea Agrară de Stat din Moldova

UE $\sim$ Uniunea Europeană

w% $\sim$ procente de masă

$\tau \sim$ durata rezidenței

INTRODUCERE

Actualitatea și importanța problemei abordate. Stimulată de politicile publice referitoare la dezvoltarea și implementarea tehnologiilor din domeniul energiei regenerabile, cererea pentru biocombustibilii din biomasă vegetală este în creștere constantă. Această situație devine tot mai actuală odată cu creșterea concomitentă a cerințelor față de confortul pentru oameni și evident odată cu majorarea consumului de energie în toate formele sale.

La rândul său, creșterea consumului de energie obținută din surse netradiționale are și un șir de efecte negative. Printre acestea pe primul plan se plasează schimbările climatice, schimbarea destinației terenurilor agricole, degradarea solului, reducerea diversității, înlocuirea intensivă a îngrășămintelor organice cu cele sintetice, influența asupra sustenabilității agriculturii și siguranței alimentare. Acest aspect impune căutări permanente a surselor de energie alternative calitative, produse din materie primă autohtonă, cu impact minim asupra mediului și sănătății oamenilor.

În condițiile Republicii Moldova, dar și la nivel european, în ultimii ani biomasa a devenit cea mai importantă sursă regenerabilă de obținere a căldurii. Producerea energiei termice din biomasă a condus la organizarea unui șir de întreprinderi prelucrătoare de biocombustibili densificați în formă de peleți și brichete. În același timp, producătorii de biocombustibili solizi și oamenii de știință, preocupați de problematica biocombustibililor densificați, se înfruntă cu un șir de probleme ce țin de cuantificarea cantitativă și calitativă a materiei prime și a produsului finit.

Deși există cercetări importante referitoare la producerea biocombustibililor solizi densificați din materie primă autohtonă (Arion, et al., 2008; Marian, et al., 2013c; Gudîma, 2018; Hăbășescu, 2008; Havrland, et al., 2011; Hăbășescu & Cerempei, 2012) inclusiv și cu participarea autorului acestei lucrări (Marian, Pavlenko et al., 2013a; Marian, Pavlenko et al., 2013b), unele aspecte - cum ar fi îmbunătățirea calității biocombustibililor solizi densificați în formă de brichete produși din materie primă indigenă, estimarea potențialului sustenabil de materie primă provenită din diverse activități agricole, impactul de mediu, influența asupra securității alimentare, viabilitatea economică și adaptarea la condiții specifice – sunt subiecte controversate și necesită o mai mare aprofundare.

Este necesar să se menționeze că, la ziua de astăzi, pentru condițiile Republicii Moldova, producerea energiei din biomasă reprezintă varianta cea mai solicitată în zona rurală. La rândul său, pentru zona rurală, cel mai potrivit tip de biocombustibili solizi densificați sunt brichetele iar cea mai accesibilă sursă de materie primă pentru producerea acestora sunt reziduurile agricole.

În același timp, producătorii de biocombustibili solizi și oamenii de știință, preocupați de problematica biocombustibililor densificați, se înfruntă cu un șir de probleme ce țin de estimarea

calitativă a biocombustibililor densificați și metodele de asigurare a calității acestora. Dacă subiectele ce țin de biocombustibilii solizi densificați în formă de peleți au fost destul de amplu studiați atât de cercetătorii din țară, inclusiv și cu participarea autorului acestei lucrări (Gudîma, 2018; Gudîma, A; Marian, G; Pavlenco, A., 2017b) cât și din străinătate (Niedziółka, et al., 2015; Lam, et al., 2013; Serrano, et al., 2011; Holm, et al., 2006; Nielsen, et al., 2009; Stelte, et al., 2011; Tumuluru, et al., 2011; Alakangas, 2016; Miranda, et al., 2015), atunci problematica ce ține de producerea biocombustibililor solizi în formă de brichete este cu mult mai modestă. Deși problemele referitoare la calitatea biocombustibililor solizi în formă de brichete pe plan internațional se află într-o dinamică ascendentă, totuși există un șir de subiecte care necesită precizări și chiar abordări noi bazate pe rezultate experimentale concrete. Acest lucru este valabil, mai ales, în cazul producerii biobrichetelor din materie primă indigenă, care se caracterizează prin specificul ei local.

Având în vedere cele specificate anterior, tema tezei de doctorat este motivată având o importanță majoră asupra sporirii securității energetice a Republicii Moldova prin prisma îmbunătățirii calității biocombustibililor solizi produși din materie primă autohtonă disponibilă pentru scopuri energetice.

Lucrarea **Îmbunătățirea calității biocombustibililor solizi densificați în acord cu politicile de dezvoltare a surselor regenerabile de energie** propune o abordare complexă a problematicii producerii biocombustibililor solizi calitativi, pornind de la observarea rolului crucial pe care îl dețin proprietățile materiei prime, atât în stare naturală, cât și după pre-tratarea acesteia prin diferite procedee hidro-termo-chimice.

Constatând că, în ultimele decenii, producătorii de biocombustibili solizi densificați se găsesc în fața unor cerințe tot mai exigente ale beneficiarului, autorul cercetării își propune reanalizarea complexă a factorilor de influență a calității biocombustibililor solizi produși din materie primă autohtonă cu formularea unor recomandări concrete de ameliorare a calității acestora în acord cu cerințele normelor internaționale ENPlus

Scopul și obiectivele tezei: Scopul tezei este propunerea de soluții în vederea îmbunătățirii calității biocombustibililor solizi densificați în formă în acord cu politicile de dezvoltare a surselor regenerabile de energie.

În calitate de **obiect al cercetărilor** au servit biocombustibili solizi densificați în formă de brichete și materia primă folosită la producerea acestora. Obiectul cercetărilor se referă la aspectul teoretico-practic selectat pentru un studiu mai detaliat al căilor de îmbunătățire a calității energiei regenerabile obținută din biomasă cu abordarea problematicii ce ține de mediu și sustenabilitatea agriculturii din Republica Moldova.

Subiectul cercetărilor include obiectul de studiu, probleme de cercetare și estimarea cantitativă și calitativă a obiectului cercetării prin prisma producerii de biocombustibili solizi densificați în cantități suficiente și de calitate.

În vederea realizării scopului lucrării ne-am propus să urmărim o serie de obiective specifice și anume:

- identificarea stadiului actual al cercetărilor în domeniul producerii biocombustibililor solizi densificați cu parametri calitativi conformi exigențelor standardelor internaționale;
- aprofundarea și amplificarea cunoașterii factorilor ce influențează calitatea biocombustibililor solizi densificați în formă de brichete și a căilor de dirijare cu acești factori;
- dobândirea de noi cunoștințe privind evaluarea și valorificarea potențialului de biomasă din Republica Moldova în corelare cu impactul pe care îl poate avea valorificarea anumitor tipuri de biomasă asupra calității produsului finit, precum și asupra mediului și dezvoltării sustenabile a agriculturii;
- promovarea și aplicarea unor decizii optime în producerea și utilizarea biocombustibililor solizi densificați, oferirea de răspunsuri și soluții pentru nevoia consumatorilor de biocombustibili solizi densificați de a înțelege și de a folosi corect, eficient și rezonabil biocombustibilii solizi densificați.

Subiectul cercetării a fost abordat în cadrul național de către cercetătorii Laboratorului de biocombustibili solizi din cadrul Universității Agrare de Stat din (Marian, et al., 2013c; Gudîma, 2011; Marian, 2014b) și de la Institutul de Tehnică Agricolă „Mecagro” (Hăbășescu, 2005; Hăbășescu, I., Cerempei, V., Deleu, V., 2015; Hăbășescu, 2008). Pe plan internațional pot fi menționate lucrările (Tumuluru, et al., 2011; Tumuluru, et al., 2015; Guo, et al., 2015; Proskurina, et al., 2016; Paiano & Laqioia, 2016; Al-Widyan, et al., 2002).

Trecerea în revistă a datelor existente în literatura de specialitate, dedicată temei de studiu ales, demonstrează că acestea poartă un caracter local și, de regulă, se referă la biocombustibilii densificați produși din materie primă caracteristică anumitor zone geografice. Practic, lipsește informație despre căile de producere a biocombustibililor densificați în formă de brichete din reziduuri agricole cu caracteristici conforme normelor ENPlus.. Din acest motiv, este argumentată dezvoltarea de noi criterii pentru argumentarea alegerii materiei prime pentru producerea biobrichetelor, bazate pe aspecte tehnice, economice și sociale și pentru argumentarea fluxului tehnologic de producere a acestora. Un loc aparte a fost rezervat studierii posibilităților de îmbunătățire a calității produsului finit prin formarea de amestecuri din reziduuri agricole și prin folosirea diferitor procedee termo-chimice.

Metodologia de investigații se bazează pe un studiu complex organizat și realizat în Laboratorul de Biocombustibili Solizi din cadrul Universității Agrare de Stat din Moldova. O parte din cercetări au fost efectuate în Centrul de Biomasă pentru Energie din Miranda do Corvo, Portugalia. . *Suportul metodologic* include un ansamblu de mijloace și procedee care concretizează ideea de cercetare, elucidează sistemic, obiectiv și științific problema investigată, asigură realizarea obiectivelor înaintate în lucrare.

În baza analizei detaliate a datelor din literatura de specialitate și confruntarea critică a datelor existente au fost formulate ipotezele de lucru referitoare la ideea posibilității îmbunătățirii calității biocombustibililor solizi densificați și a chipsurilor din lemn prin procedee termochimice.

În baza analizei detaliate a datelor din literatura de specialitate și confruntarea critică a datelor existente au fost formulate ipotezele de lucru referitoare la ideea posibilității îmbunătățirii calității biocombustibililor solizi densificați și a chipsurilor din lemn prin procedee termochimice. În rezultatul cercetărilor de laborator, confirmate prin experimente în condiții de producție au fost confirmate ipotezele înaintate și au fost elaborate recomandări practice pentru producătorii de biocombustibili solizi.

Noutatea științifică constă în următoarele:

- abordarea multidisciplinară a problematicii asigurării calității biobrichetelor produse din materie primă indigenă în acord cu politicile de dezvoltare a surselor de energie regenerabilă, care include aspectele tehnice, chimice, sociale, economice și de mediu;
- analiza critică detaliată a stadiului actual cu privire la calitatea biobrichetelor produse din reziduuri agricole indigene și căile de îmbunătățire cu folosirea unor noi instrumente bazate pe metode inovative a prelucrării bazei de date existente;
- formularea unor noi metodologii cu privire la stabilirea specificului și potențialului reziduurilor agricole sub aspectul utilizării acestora în calitate de materie primă la producerea biobrichetelor cu caracteristici conforme normelor ENPlus;
- elaborarea și formularea unor recomandări noi referitoare la stabilirea rețetelor pentru amestecurile de materie primă indigenă pentru producerea biobrichetelor ENPlus;
- elaborarea unei verigi tehnologice noi de procesare a biobrichetelor cu tratarea termochimică a materiei prime prin torefiere

Baza informațională a tezei de doctorat este alcătuită din sursele bibliografice în număr de 129 unități care au stat la baza documentării asupra subiectului studiat, practica existentă în domeniul producerii biobrichetelor și experiența acumulată în Laboratorul de biocombustibili solizi din cadrul UASM.

Semnificația teoretică și valoarea aplicativă a cercetărilor se referă la îmbunătățirea calității biocombustibililor solizi densificați prin optimizarea constituției materiei prime, folosirea procedeelor termochimice de ameliorare a unor indicatori calitativi ai produsului finit, perfecționarea conceptului logisticii materiei prime și a procesării produsului final.

Aprobarea rezultatelor. Rezultatele cercetărilor din teza de doctorat au fost diseminate prin publicarea unui număr de 15 articole, inclusiv 7 în reviste specializate incluse în cele mai importante baza de date internaționale, 5 în culegeri de lucrări științifice publicate cu ocazia unor manifestări științifice internaționale și 3 teze publicate în tezele de lucrări științifice cu ocazia unor manifestări științifice locale.

Aspectele teoretice și aplicative au fost prezentate și aprobate la ședințele comune ale catedrei *Mentenanța mașinilor și ingineria materialelor* și a *Laboratorului de biocombustibili solizi* (2016, 2017, 2018, seminarului intercatedral al Facultății de Inginerie Agrară și Transport Auto, UASM (în anii 2016 și 2017); conferința științifică a studenților UASM (2010, 2011, 2012, 2017, 2018), Seminarul teoretico -practic organizat de către LBCS și proiectul Energie și biomasă (2018); Brifingul Moldagroteh, Ziua tineretului Agrogenerație (2015, 2016, 2017); Simpozionul Științific Internațional organizat cu ocazia aniversării de 80 ani ai UASM (2013); Simpozionul Științific Internațional organizat cu ocazia aniversării de 65 ani ai FIATA UASM (2015); Colocviul științific „Orientări actual în cercetarea doctorală”, ed. VII-a, Bălți, 2017; Simpozionul Științific Internațional organizat cu ocazia aniversării de 85 ani ai UASM (2018).

Lucrarea este structurată în patru capitole.

Capitolul 1 intitulat „*Analiza situației în domeniul managementului calității biocombustibililor solizi densificați în acord cu politicile UE referitor la dezvoltarea surselor regenerabile de energie*” cuprinde generalități referitoare la rolul energiei din biomasă asupra dezvoltării surselor regenerabile de energie. Se prezintă rolul bioenergiei pentru zonele rurale, situația existentă cu evidențierea posibilelor sinergii care ar putea să faciliteze producerea biocombustibililor solizi densificați din reziduuri agricole, luând în considerare și dezvoltarea durabilă rurală, care la moment rămân, în mare măsură nevalorificate.

Se acordă o importanță deosebită studierii factorilor care influențează calitatea biocombustibililor densificați, a particularităților biobrichetelor și a cunoașterilor cu privire la resursele de materie primă. Pentru a reduce impactul negativ, al factorilor care influențează cunoașterea potențialului real de biomasă utilizabilă energetic s-a argumentat folosirea clasificării tipurilor de biomasă dată în rapoartele *Biomass Energy Europe (BEE)* și anume potențialul teoretic, tehnic, economic și sustenabil de implementare.

În baza analizei datelor diferitor autori, referitoare la influența variabilelor densificării, originii și caracteristicilor materiei prime asupra calității biocombustibililor densificați au fost scoși în evidență principalii parametri care asigură trecerea biobrichetelor la categoria calității cerute de către normele internaționale ENPlus și s-a înaintat ipoteza despre posibilitatea îmbunătățirii calității biobrichetelor produse din reziduuri agricole prin torefierea biomasei înainte de densificare.

În scopul confirmării ipotezei înaintate au fost structurate căile de realizare a obiectivelor trasate prin estimarea potențialului sustenabil de implementare al principalelor tipuri de reziduuri agricole, optimizarea componentelor amestecurilor de biomasă agricolă apelând la necesitatea obținerii unor parametri calitativi conformi normelor ENPlus, alegerea itinerarului tehnologic cu argumentarea regimurilor tehnologice de torefiere și densificare.

Capitolul II intitulat „*Metodica generală de cercetare, materiale, metode de preparare și metode de analize*” se bazează pe un studiu organizat și realizat în Laboratorul de Biocombustibili Solizi din cadrul Universității Agrare de Stat din Moldova. O parte din cercetări au fost efectuate în Centrul de Biomasă pentru Energie din Miranda do Corvo, Portugalia compus din trei etape distincte.

În prima etapă se prezintă metodica analizei literaturii de specialitate, au fost selectate subiectele de revizuire și procedurile de căutare. La această etapă s-a recurs la o abordare științifică a stadiului actual bazată pe o analiză sistemică și comparativă a datelor existente în domeniul asigurării calității biocombustibililor densificați în formă de brichete. În baza analizei realizate și a datelor experimentale preventive proprii a fost formulat scopul lucrării, au fost înaintate ipoteza de lucru și obiectivele lucrării.

La nivel de metodologie, metode și proceduri de cercetare, s-a utilizat o analiză descriptivă a problematicii referitoare la tema tezei de doctorat care a permis o delimitare a conceptelor existente cu referire la îmbunătățirea calității biocombustibililor densificați. Studiul a fost realizat reieșind din scopul lucrării care are drept țință crearea unei imagini cât mai veridice a realității referitoare la asigurarea calității biobrichetelor produse din reziduuri agricole. Au fost abordate subiecte care se referă doar la biobrichetele pentru utilizări neindustriale care, la ziua de astăzi, sunt cele mai răspândite în condițiile Republicii Moldova.

În etapa a doua a fost organizat laboratorul pentru cercetări, s-a elaborat metodica cercetării parametrilor calitativi ai biobrichetelor și a materiei prime din care au fost fabricate acestea. Se descriu principiile folosite la selectarea obiectului cercetării, metodele de eșantionare și de preparare a eșantioanelor, se prezintă metodele de determinare a valorii calorifice, a conținutului de umiditate și de cenușă, a densității particulelor produsului finit și se prezintă metoda analizei

chimice. Testarea biomasei și a produselor finite s-a realizat prin metode validate de către LBCS UASM, acreditat de către CNA MOLDAC (certificat de acreditare nr. LÎ-103 din 04.03.2016, mod. 26.06.2017).

În etapa a treia, folosind datele din literatura de specialitate și experiența laboratorului de biocombustibili solizi UASM, a fost elaborată metoda de estimare a potențialului de reziduuri agricole pentru energie.

Capitolul trei intitulat „*Specificul cantitativ și calitativ al potențialului de biomasă provenită din reziduuri agricole, prin prisma folosirii pentru producerea biobrichetelor ENPlus*” se concentrează asupra studiului mai profund al potențialului de materie primă pasibilă pentru producerea biobrichetelor. Pentru realizarea scopului propus a fost concretizată metoda de calcul al potențialului energetic de materie primă provenită din diverse activități agrosilvice publicată de către noi în (Marian, Pavlenko et al., 2013a; Pavlenko, 2018c). O atenție aparte a fost acordată potențialului de materie primă provenite de la cultivarea porumbului (Marian, Pavlenko et al., 2013b) și din alte tipuri de culturi (Marian, Pavlenko et al., 2014a). S-au caracterizat cantitativ și calitativ principalele surse provenite din sectorul agrar în funcție de originea și specificul acestora oprindu-ne la reziduurile erbacee, arboricole și de viță-de-vie. Tot în acest capitol au fost realizate experimente pentru determinarea factorului unitar de conversie.

În baza datelor obținute în rezultatul cercetărilor experimentale s-a realizat un studiu de caz pentru Regiunea de Dezvoltare Nord a Republicii Moldova, care a arătat că din totalul de reziduuri obținute din activități agricole doar numai 9% pot fi folosit direct la producerea biobrichetelor cu indicatori calitativi conform cerințelor ENPlus. Celelalte reziduuri pot fi folosite la producerea biobrichetelor de calitate mai inferioară sau în amestec cu alte tipuri de biomasă lemnoasă.

Capitolul patru intitulat „*Îmbunătățirea calității biobrichetelor în acord cu politicile de dezvoltare a sursele regenerabile de energie*” include rezultatele experimentale și discuții privind îmbunătățirea calității biobrichetelor produse din materie primă indigenă. S-au studiat, din punct de vedere tehnic, economic și social, metodele de îmbunătățire a calității produsului finit prin optimizarea regimurilor tehnologice de densificare și prin aplicarea procedurilor de pre-tratare a materiei prime și a produsului finit.

În același context a fost studiată posibilitatea dirijării cu anumite proprietăți termice, mecanice și chimice prin formarea amestecurilor de biomasă folosind reziduuri agricole în diferite proporții. Analiza amestecurilor cu folosirea în calitate de component a paielor de grâu a demonstrat că se poate recomanda folosirea paielor de grâu în calitate de component în amestec cu reziduuri arboricole pentru producerea materiei prime utilizate la fabricarea biobrichetelor cu

parametri calitativi EN Plus în următoarele proporții: biobrichete clasa A1 ENPlus – până la 10% paie; A2 ENPlus – până la 20% de paie și biobrichete clasa B – până la 40% paie.

Calitatea densificării biobrichetelor s-a estimat pe cale experimentală folosind planul polifactorial cu 4 factori de influență densificarea s-a realizat la instalația de laborator pentru densificare singulară a brichetelor. În baza datelor obținute au fost stabilite regimurile optime de densificare în funcție de densitatea particulelor solicitată. S-a demonstrat că densitatea particulelor mai mare $0,9 \text{ g/cm}^3$ (clasa A2 și B ENPlus), practic poate fi obținută cu orice valori ale regimurilor de densificare aflate în limitele studiului nostru. Este necesar ca producătorul să aleagă acele regimuri care pot fi asigurate de către utilajul disponibil.

Tot în acest capitol s-au mai evidențiat efecte benefice și asupra compoziției chimice a biomasei torefiate. Astfel, în paiele de grâu torefiate la temperatura de 280°C , conținutul de carbon a înregistrat o creștere de la 45,65% până la 59,44%, adică cu 30,21%, conținutul de hidrogen s-a micșorat de la 6,68% la 1,9%. În același timp, la probele din paie torefiate s-a observat o creștere lentă a conținutului de sulf și de azot. De marcat că în biomasa lemnoasă conținutul de sulf și azot, din contra, s-a micșorat. S-a mai demonstrat că conținutul de sulf și de azot crește odată cu creșterea temperaturii torefierii, înregistrând o accelerare mai pronunțată la temperaturi mai mari de 255°C .

Astfel s-a demonstrat că torefierea biomasei înainte de densificare reprezintă un mijloc sigur de creștere a valorii calorifice a biobrichetelor produse din reziduuri agricole. S-a demonstrat că densitatea energetică a biobrichetelor fabricate din amestecuri de biomasă lemnoasă cu adaos de paie obține valoare constantă egală cu 1,31 începând cu amestecurile cu un procentaj de paie de cel puțin 35%.

În baza cercetărilor efectuate a fost propusă perfecționarea tehnologiei clasice de producere a biobrichetelor din reziduuri agricole prin folosirea unei verigi tehnologice noi, și anume pretratarea termică a biomasei prin torefiere înainte de densificare. Pentru tehnologia propusă au fost argumentate regimurile torefierii și a fost calculat costul unui GJ obținut de la arderea peleților produși după tehnologia nouă în condițiile unei întreprinderi cu programă medie de producere (500 t/an). Astfel prețul de producție al unei Gcal după tehnologia veche este de 462 lei, iar după tehnologia nouă 392 lei cu o amortizare a infestațiilor suplimentare de 14%.

1. ANALIZA SITUAȚIEI ÎN DOMENIUL MANAGEMENTULUI CALITĂȚII BIOCOMBUSTIBILILOR SOLIZI DENSIFICAȚI ÎN LUME ȘI ÎN REPUBLICA MOLDOVA ÎN ACORD CU POLITICILE REFERITOARE LA DEZVOLTAREA SURSELOR REGENERABILE DE ENERGIE

1.1. Generalități referitoare la politicile de dezvoltare a surselor regenerabile de energie, în general, și referitor la biocombustibilii solizi, în special

Atenția pentru alinierea la politicile energetice Europene în Republica Moldova s-a amplificat când au fost elaborate cele mai complexe măsuri în domeniul dezvoltării sistemului energetic în Strategia energetică a Republicii Moldova până în anul 2030 (HG, 2013) și Legea privind promovarea utilizării energiei din surse regenerabile nr. 10 din 26.02.2016 (LP, 2016). Aceste documente sunt alcătuite în concordanță cu obiectivele energetice ale Uniunii Europene stipulate în Strategia Europeană pentru energie durabilă, competitivă și sigură.

Dezvoltarea durabilă în energetică este indisolubil legată de dezvoltarea producerii energiei pe bază de resurse regenerabile care reprezintă un domeniu unde se pot obține câștiguri substanțiale pentru realizarea obiectivelor naționale, obiective corelate cu cele internaționale, chemate să contribuie la reducerea impactului negativ asupra mediului și asupra siguranței energetice (Arion, et al., 2008; Gudîma, 2018; Hăbășescu, 2008; Hăbășescu, et al., 2009).

Procesul de dezvoltare durabilă în energetică se urmărește în mai multe documente europene fiind privit ca un proces continuu de cercetare și adaptare pentru identificarea unor soluții optime în siguranța alimentării cu energie pe termen lung, soluții corelate cu protecția mediului prin limitarea emisiilor de gaze nocive.

Începând cu Protocolul de la Kyoto, semnat în 1997 și intrat în vigoare în 2005 (UN, 1998), protocol care a stabilit constrângeri legale în cuantificarea emisiilor de gaze cu efect de seră, cerințele referitoare la energetica durabilă au fost concretizate și amplificate într-un șir de documente ulterioare aprobate la nivel european, documente la care s-a aliniat și Republica Moldova. Astfel, elementul cheie al politicii actuale a UE privind energia din surse regenerabile, la care s-a alăturat și Republica Moldova, este Directiva 2009/28/CE.

Directivă 2009/28/CE pune ca prioritate obiectivele 20-20-20 și obligă statele membre ale UE să implementeze măsuri care să reducă emisiile de gaze cu efect de seră cu cel puțin 20%, să crească cota energiilor regenerabile cu 20% și să îmbunătățească eficiența energetică 20% (EPC, 2009). În plus, Comisia Europeană a anunțat, la 22 ianuarie 2014, noile obiective privind energia și clima pentru anul 2030. După cum se specifică aici, ponderea energiei regenerabile în consumul final brut al UE, ar trebui majorată la 27%, având ca element central dezvoltarea durabilă, iar emisiile de gaze cu efect de seră ar trebui reduse cu 40 % față de nivelul din 1990 (EC, 2016).

Perspectiva reducerii emisiilor de gaze nocive până în 2050 este și mai ambițioasă, marcând înjumătățirea emisiilor globale de CO₂ legate de energie.

Realizarea inițiativelor stabilite continuă prin adoptarea obiectivului obligatoriu, din punct de vedere juridic, care impune, pentru țările din UE, cota de 20% din consumul total de energie să constituie energie regenerabilă până în 2020 (EPC, 2009).

Datele mai multor studii arată că mai multe țări care nu fac parte din UE-28, de asemenea, se alipesc la obiectivul de 20% în 2020 și manifestă o tendință de creștere a energiei regenerabile ca consum final brut de energie către noua țintă a anului 2030 (Proskurina, et al., 2016; Paiano & Laqioia, 2016; Vasko, C.A., Adriaensen, M., Bretel, A., Duvaux-Bechon, I., Giannopapa, C.G., 2017). Pentru Republica Moldova este stabilită realizarea unei ponderi a energiei din surse regenerabile de cel puțin 17% în consumul final brut de energie în anul 2020 (HG, 2013).

În condițiile Republicii Moldova, principala sursă de energie regenerabilă este cea obținută din biomasă, căreia îi revine pondere cea mai mare în realizarea obiectivului trasat. Această situație a condus la creșterea numărului de producători de biocombustibili solizi densificați și, evident, a consumatorilor care folosesc acest tip de combustibili. Drept rezultat, Republica Moldova a înregistrat un salt destul de important în reducerea dependenței energetice de furnizorii străini, atingând, în perioada 2011-2016, cota de 13% în consumul de energie produsă în Republica Moldova. De menționat că cea mai mare pondere – de 12% - revine energiei din biomasă. De menționat că în consumul final de resurse energetice, în anul 2016, ponderea biocombustibililor și deșeurilor a constituit 27%, plasându-se pe locul doi, după consumul de gaze naturale (AS, 2017).

În situația creșterii galopante a producției de combustibili produși din biomasă, obține valențe noi asigurarea calității produsului finit, care este o cerință aflată în ascensiune permanentă, circumstanță motivată, în special, de creșterea continuă a exigențelor beneficiarilor finali. Cu toate acestea, în primul deceniu al acestui secol asigurarea calității biocombustibililor solizi nu a fost negociată pe o bază egală și armonioasă la nivel internațional.

La rândul său, asigurarea calității biocombustibililor solizi este produsul unui ciclu de activități referitoare la garantarea calității produsului finit, activități care țin de managementul calității biocombustibililor solizi și care sunt foarte clar formulate în standardele europene, adoptate în calitate de standarde moldovenești, SM EN 15234 1-6:2017.

Obiectivul general al sistemului de management al calității (SMC) este îmbunătățirea performanțelor întreprinderilor (organizațiilor) prin proiectarea, producerea și livrarea de produse cu un nivel calitativ ridicat. Pe de altă parte, SMC se dorește a fi un sistem care să fundamenteze o nouă politică în organizație și anume "o politică a calității orientată spre îmbunătățirea continuă".

Vectorul european, ales de Republica Moldova, impune și anumite politici referitoare la adoptarea standardelor europene existente. Drept rezultat, în Republica Moldova este adoptată familia de standarde ISO 2000 referitoare la SMC. Astfel standardul SM EN ISO 9000:2017, care este corespondent al standardului internațional ISO 9000:2015, descrie principiile fundamentale ale SMC și specifică terminologia pentru SMC. Standardul SM EN ISO 9001:2017 – corespondent al standardului internațional ISO 9001:2015 - specifică cerințele pentru un SMC chemat să demonstreze că organizația este capabilă să furnizeze produse care satisfac dorințele clienților și ale reglementărilor aplicabile pentru produsele respective, iar standardul SM SR EN ISO 9004:2011 – corespondent al standardului internațional ISO 9004:2009 – urmărește scopul de a îmbunătăți performanțelor organizațiilor și creșterea satisfacției atât a clienților cât și a altor părți interesate prin furnizarea liniilor directoare care iau în considerare eficiența SMC.

Conform standardului SM EN ISO 9001:2017, un SMC reprezintă începutul preocupărilor științifice, sistematice, conturate în următoarele părți distincte: planificarea, controlul, asigurarea și îmbunătățirea calității.

1.2. Bioenergia pentru zonele rurale- efectul socioeconomic și de mediu

Economia Republicii Moldova este, în mare măsură, dependentă de combustibilii fosili, care, în cea mai mare parte, sunt importanți. Această situație se urmărește și în mediul rural. Totuși, prețurile instabile și siguranța de achiziționare a surselor de energie fosile, dependente de un șir de factori politici și economici imprevizibili, precum și necesitatea de a reduce emisiile de gaze poluante au motivat apariția unui interes sporit pentru sursele de energie regenerabile. Astfel, energia din biomasă a ajuns să joace un rol important în acest scenariu, reducând astfel utilizarea combustibililor fosili și prezentând un tip de energie sustenabilă (HG, 2013; Renzaho, et al., 2017).

Interesul pentru folosirea biocombustibililor în zona rurală se evidențiază, în special, față de biobrichete. Această alegere este condiționată de faptul că materiile prime, utilizate pentru producerea biobrichetelor, sunt extrase, în majoritatea cazurilor, din zonele rurale și biobrichetele, la ziua de astăzi, reprezintă tipul de combustibil cel mai universal și accesibil pentru utilizare în zonele rurale de către consumatori. În același rând, preferința pentru biobrichete în mediul rural mai este condiționată și de faptul că producerea energiei din biomasă reprezintă legătura cea mai clară dintre mediul socioeconomic rural și piață. Această legătură este derivată de existența, în abundență, a biomasei rezultată din activități agricole și forestiere, cererea pieței de combustibili accesibili, calitativi și comozi în utilizare. Situația existentă oferă oportunități reale pentru crearea întreprinderilor mici și mijlocii de producere a biocombustibililor, în special a celor solizi densificați, diversificarea veniturilor întreprinderilor agricole, crearea de locuri de muncă.

În același timp, producerea biocombustibililor implică și riscuri socioeconomice și de mediu pentru zonele rurale. De exemplu, schimbarea destinației terenurilor agricole, intensificarea exploatarei fondului silvic, degradarea solului, reducerea biodiversității din cauza practicării intensive a culturilor energetice, înlocuirea intensivă a îngrășămintelor organice cu cele sintetice, influența asupra sustenabilității agriculturii, impactul asupra siguranței agriculturii etc. (Marian, 2014a; Țiței, et al., 2016; UN, 2018; Vasilescu, nr. 1/2017; Marian, G; Muntean, A; Țiței, V; Gudîma, A; Pavlenco, A, 2014a). Din acest motiv, în ultimul timp, aspectele socioeconomice ale producerii de biocombustibili, tot mai insistent, sunt tratate în corelare cu conceptele de sustenabilitate și dezvoltare durabilă.

Mai multe studii recomandă o abordare activă pentru evidențierea posibilelor sinergii (Marian, 2014a; FAO, 2008; Marian, et al., 2013a; Renzaho, et al., 2017) care ar putea să faciliteze producerea biocombustibililor solizi din biomasă vegetală, luând în considerare și dezvoltarea durabilă rurală. Cu toate acestea, totuși, pentru moment, aceste sinergii rămân în mare parte nevalorificate.

1.3. Producerea de biocombustibili și securitatea alimentară

Conceptul de sustenabilitate și dezvoltare durabilă a obținut noi valențe în politicile naționale și internaționale, referitoare la dezvoltarea sectorului energetic, bazate pe surse regenerabile de energie. Energia produsă din biocombustibili densificați nu este o excepție în această viziune.

Producerea biocombustibililor solizi din biomasă vegetală și impactul acestei activități asupra sustenabilității și dezvoltării durabile a agriculturii a făcut obiectul unor lucrări de cercetare și discuții controversate (Marian, 2014a; Boincean, 2011; Nunes, et al., 2016; Renzaho, et al., 2017).

Pe de o parte, pentru producătorii de biocombustibili solizi, problema principală constă în găsirea unei surse de materie primă calitativă și la preț accesibil, crearea unei infrastructuri pentru cultivarea și prelucrarea biomasei folosind procese biologice și chimice, iar pe de altă parte, necesitatea analizei detaliate a conceptului referitor la capacitatea sistemului pentru a menține potențialul de satisfacere a nevoilor societății pentru produse alimentare, păstrând în același timp și reproducerea resurselor biologice, îmbunătățirea eficienței proceselor de producție și de gestionare a sectorului agricol pentru o durată lungă de timp independentă de factorii interni și externi (Харитонов, 2016).

Înlocuirea excesivă a îngrășămintelor organice cu cele sintetice are consecințe grave asupra sănătății umane și a planetei, contribuie semnificativ la agravarea fenomenului schimbărilor ecologice și climatice. În același timp, se contrapune cerința tot mai mare de produse alimentare care de acum este o problemă în multe țări din Africa (Nunes, et al., 2016). În esență, intervine o

firească întrebare „Cum va influența producția de biocombustibili asupra sustenabilității agriculturii, implicit, și asupra siguranței alimentare?”.

Această întrebare devine tot mai actuală odată cu creșterea rapidă a populației de pe glob, dar și a poluării necontrolabile a atmosferei și, în primul rând, cauzată de gazele nocive emenate de la arderea combustibililor fosili, inclusiv și celor folosiți în calitate de sursă termică.

Perspectivile posibile de reducere a impactului producerii de biocombustibili, inclusiv și a celor solizi, asupra prețului la alimente, cantitatea și calitatea acestora au fost abordate în mai multe studii (Grevé, A, et al., 2012; Maltsoglou, et al., 2015; Renzaho, et al., 2017). Una dintre cele mai importante păreri, bazate pe studii tehnico-economice este că pentru producerea biocombustibililor trebuie folosite culturile energetice cultivate pe terenuri degradate (Țiței, et al., 2016; Гаврланд & Побединский , 2008). O altă sursă accesibilă în condițiile Republicii Moldova o constituie reziduurile provenite din activități agrosilvice și industriale conexe, împreună cu combinarea acestora (Gudîma, 2017a; Gudîma, 2018; Hăbășescu, et al., 2009; Maltsoglou, et al., 2015; Renzaho, et al., 2017).

Problemele referitoare la producerea biocombustibililor și impactul asupra siguranței alimentare sunt incluse în rezoluția adoptată de Adunarea Generală din 25 septembrie 2015 A/RES/70/1. Rezoluția prevede 17 obiective de dezvoltare durabilă (SDGs- sustainable development goals) și 169 de ținte aferente acestora aceste rezoluții specifică că toate țările, atât cele dezvoltate, cât și cele aflate în curs de dezvoltare, au obiectivele de dezvoltare durabilă care trebuie să aibă în vedere dezvoltarea potențialului de producere a biocombustibililor. În plus, intrarea în vigoare a standardului SM EN ISO 17225:2017 face posibilă folosirea reziduurilor lemnoase pentru producerea biocombustibililor solizi, atât pentru uz industrial, cât și pentru uz rezidențial.

În cazul folosirii raționale a surselor de materie primă menționate, nu mai este justificată teama față de micșorarea cantitativă și calitativă a alimentelor. În același timp, pentru folosirea rațională a materiei prime este necesar să se cunoască foarte bine toate proprietățile materiei prime pasibile de a fi folosită la producerea biocombustibililor solizi. Prin urmare, este necesar să se studieze principalele caracteristici ale materiei prime și, ce nu este mai puțin important, proprietățile produsului finit, cercetări axate pe factorii cei mai limitativi ai standardelor de calitate referitoare la biocombustibilii solizi (Vasko, C.A., Adriaensen, M., Bretel, A., Duvaux-Bechon, I., Giannopapa, C.G, 2017; St, 2017).

1.4. Calitatea biocombustibililor solizi și factorii care o influențează

1.4.1. Generalități cu privire la calitatea biocombustibililor solizi

Unul din factorii care influențează direct aspectele socioeconomice ale producerii biocombustibililor este calitatea produsului finit obținut din materie primă locală. Acest aspect obține valențe noi odată cu creșterea galopantă a producției de combustibili din biomasă vegetală și merită o atenție specială deoarece, în principiu, poate pune sub semnul întrebării însăși producerea biocombustibililor din materie primă indigenă (Gudîma, 2017a; Gudîma, 2011; Hăbășescu, et al., 2009; Marian, et al., 2013c; Muntean, et al., 2011; UN, 2018; Vasilescu, nr. 1/2017). Asigurarea calității acestor biocombustibili este o cerință aflată în ascensiune permanentă, circumstanță motivată, în special, de creșterea continuă a exigențelor beneficiarilor finali dar și a cerințelor tehnice a termocentralelor moderne care sunt dotate cu sisteme reglate la anumiți parametri calitativi ai biocombustibililor folosiți.

Cerințele cu privire la calitatea biocombustibililor densificați s-a aflat într-o dinamică permanentă. Astfel, în primul deceniu al acestui secol, asigurarea calității biocombustibililor solizi nu a fost negociată pe o bază egală și armonioasă la nivel național și chiar internațional.

În Republica Moldova, cerințele față de calitatea biocombustibililor solizi a fost condiționată de circumstanțele fazei inițiale de dezvoltare a producerii peleților și brichetelor de ardere. La noi în țară, primele cercetări referitoare la producerea biocombustibililor solizi densificați și calitatea acestora au apărut în primii ani ai deceniului trecut. Astfel, Dumitru Ungureanu de la Universitatea Tehnică a Moldovei, în 2001, și-a expus viziunea referitor la potențialul și căile de utilizare a energiei biomasei în Republica Moldova (Ungureanu, 2001). În anul 2002, tot în cadrul Universității Tehnice a Moldovei, a fost efectuat primul studiu de fezabilitate privind implementarea în Republica Moldova a energiei biomasei (Todos, et al., 2002).

Începând cu a doua jumătate a deceniului trecut au apărut un șir de lucrări bazate pe rezultatele cercetărilor efectuate în cadrul Institutului de Tehnică Agricolă sub conducerea academicianului Ion Hăbășescu (Hăbășescu, 2005; Hăbășescu, I., Cerempei, V., Deleu, V, 2015; Hăbășescu, et al., 2009; Hăbășescu, 2005; Hăbășescu & Cerempei, 2012). Autorii acordă o atenție sporită biomasei provenite din activități agricole și silvice făcând diferite estimări ale acesteia din punct de vedere al potențialului energetic și asigurării tehnice a condiționării materiei prime și producerii propriu zisă a peleților și brichetelor din lemn.

O imagine de ansamblu al stadiului referitor la conversia biomasei în energie a fost dată de către un grup de autori în frunte cu prof. univ. Arion V. (Arion, et al., 2008). Ei au prezentat destul de detaliat avantajele folosirii biomasei în scopuri energetice și nivelul tehnologic, prezent în

timpurile acelea, și-au expus părerile cu privire la conversia biomasei în energie prin produse energetice lichide, solide și gazoase.

Lucrările descrise anterior, evident că au avut un impact valoros în estimarea potențialului de biomasă și perspectivele de utilizare a acesteia în calitate de combustibil. Însă, în lucrările vizate, lipsește totalmente sau este expus insuficient de complet aspectul calitativ al biomasei indigene.

Aspectul calitativ al biocombustibililor solizi a început să prezinte interes sporit odată cu apariția unei noi industrii în Republica Moldova – cea de producere a biocombustibililor densificați în formă de peleți și brichete din lemn. Această industrie a luat naștere la începutul deceniului trecut grație proiectului Energie și Biomasă în Moldova lansat în anul 2011.

Primele cercetări în domeniul calității biocombustibililor solizi, din spațiul țării noastre, au fost realizate în Laboratorul de Biocombustibili Solizi din cadrul Universității Agrare de Stat din Moldova. Laboratorul a fost înființat în anul 2008, în cadrul proiectului “Support to curricula development at the state agrarian university of Moldova and harmonization its education system with EU standards” finanțat de agenția Development cooperation, Republica Cehă.

Astfel, cercetătorii din Universitatea Agrară împreună cu cei de la Oficiul de Carbon din Republica Moldova și din Japonia au realizat un studiu referitor la capacitatea calorifică a biomasei lignocelulozice provenite din activități agricole, silvice și industriale. Probele au fost prelevate din diferite zone ale Republicii Moldova (Marian, et al., 2013c). Rezultatele obținute au permis formularea unor concluzii referitoare la potențialul energetic pentru diferite tipuri de materie primă specifică zonelor climaterice ale Republicii Moldova.

În continuare au urmat cercetări, majoritatea realizate și cu participarea autorului tezei de doctorat, referitoare la perspectivele folosirii în calitate de materie primă la producerea biocombustibililor densificați a reziduurilor de la cultivarea porumbului (Marian, G; Muntean, A; Gudîma, A; Pavlenco, A, 2013b), culturilor energetice (Marian, G; Muntean, A; Țiței, V; Gudîma, A; Pavlenco, A, 2014a), paielor (Marian, G; Gudîma, A; Muntean, A; Gorobeț, V; Pavlenco, A, 2013d), reziduurilor agrosilvice (Marian, G; Gudîma, A; Pavlenco, A; Gorobeț, V, 2017b).

Cercetările realizate de către Gudîma într-un studiu de caz pentru raionul Soroca au arătat că din reziduurile provenite din activități agricole disponibile de a fi folosite în calitate de biocombustibili solizi în acest raion, doar 5 % posedă o putere calorifică inferioară la recepție mai mare de 16,5 MJ/kg putând fi folosite direct la fabricarea peletilor și brichetelor cu o putere de ardere corespunzătoare cerințelor ENPlus. Aproximativ 20% de biomasa rezultată din reziduuri agricole, poate fi folosită pentru fabricarea biocombustibililor solizi de calitate prin formarea unor amestecuri ca umpluturi cu rol de componente secundare. Celelalte tipuri de biomasă pot fi

acceptate în calitate de materie primă doar la producerea biocombustibililor de calitate mai joasă decât cea cerută de normele ENPlus 3 (Gudîma, 2017a).

Analiza datelor din literatura de specialitate arată că cercetările realizate în țară referitoare la calitatea biocombustibililor solizi se referă, în majoritatea cazurilor, la calitatea materiei prime și a biocombustibililor densificați în formă de peleți. Însă, cum s-a menționat anterior, deoarece, în condițiile Republicii Moldova, în special în mediul rural, se folosesc pe larg biocombustibilii solizi densificați în formă de brichete este destul de argumentată extinderea cercetărilor în direcția studierii calității acestui tip de biocombustibili.

La cele expuse se adaugă un factor important care motivează realizarea cercetărilor cu privire la calitatea brichetelor și anume apariția unor cerințe noi, stipulate în standarde ISO și EN noi acceptate și de Republica Moldova, standarde care se referă la calitatea tuturor tipurilor de biocombustibili solizi.

1.4.2. Particularitățile biobrichetelor

Biocombustibilii solizi densificați în formă de brichete sunt formați prin compresarea biomasei vegetale cu granulația de 3 – 7 mm. Materia primă folosită poate fi fără sau cu adausuri.

Brichetele sunt realizate, practic, din toate tipurile de biomasă vegetală (biomasa lemnoasă, biomasa erbacee, biomasa horticolă, amestecuri și mixturi). Însă, standardul SM EN ISO 17025-2: 2016 recomandă ca brichetele folosite în scopuri neindustriale, normate cu calificativul ENplus, să fie produse doar din biomasa lemnoasă. Din acest motiv acest tip de brichete poartă numele de brichete din lemn. Pentru brichetele fabricate din alte tipuri de biomasă decât cea lemnoasă este necesar să se specifice tipul de biomasă sau să se numească generic biobrichete. De exemplu, brichete din coajă de floarea-soarelui, brichete din amestecuri (când amestecarea este intenționată și se cunoaște proporția componentelor), brichete din mixturi (când amestecarea nu este intenționată și nu se cunoaște proporția componentelor) etc.

Conform standardului, brichetele din lemn sunt un biocombustibil solizi realizat cu sau fără aditivi, cu formă cubică, prismatică sau cilindrică, cu diametru mai mare de 25 mm, produs prin comprimarea biomasei tocate (St, 2017). Aceeași formă se referă și la brichetele fabricate din alte tipuri de biomasă vegetală.

Brichetele din biomasă vegetală reprezintă la ora actuală o opțiune de producere a energiei termice cu un spectru larg de aplicare, care răspunde cerințelor de utilizare a energiei verzi, curate și regenerabile și care posedă numeroase avantaje ale utilizării în raport cu biocombustibilii în formă de lemn de foc, talaș, cărbune.

Printre avantajele mai importante ale brichetelor Olorunnisola (2004) evidențiază următoarele: densitatea în vrac mărită ce eficientizează spațiului de stocare, transport și utilizare; conținut energetic mărit pe unitate de volum de material; produsul omogen este obținut adesea din materiale eterogene; se menține o cantitate uniformă de energie per unitate de combustibil; este un produs coeziv obținut din materiale care ar putea fi altfel dificil sau costisitor de procesat. Marian (2016, pp. 135--139), adaugă că utilajul folosit la fabricarea brichetelor este mai simplu, fiind și mai ieftin cu 30 – 50% decât utilajul folosit la fabricarea peletilor iar siguranța în exploatare, durabilitatea și mentenabilitatea preselor de brichetare este ridicată.

În Republica Moldova brichetele din biomasă vegetală se folosesc la încălzirea sobelor din casele de la țară, termocentralelor de la școli, grădinițe și alte clădiri rezidențiale, șemineuri, sere, saune etc. Diametrul brichetelor variază de la 25 până la 125 mm, iar lungimea - de la 50 până la 400 mm, însă cele mai recomandate sunt brichetele cu diametrul 60 – 85 mm. De regulă, lungimea brichetelor nu depășește 5 diametre.

Se consideră cele mai calitative brichetele din clasele A1 și A2, care trebuie să fie confecționate din materie primă calitativă, originea căreia se cere să corespundă cerințelor prezentate în tabelul 1.1.

Tabelul 1.1. Materii prime permise pentru producerea brichetelor certificate ENPlus conform SM EN ISO 17025-3: 2016

ENPlus A1	ENPlus A2
1.1.3¹⁾ trunchiuri de lemn 1.2.1 reziduuri de lemn netratate chimic	1.1.1 copaci integri fără rădăcini 1.1.3 trunchiuri de lemn 1.1.4 reziduuri forestiere 1.2.1 reziduuri de lemn netratate chimic
<i>1) în tabel și în textul care urmează se indică clasa de origine a biomasei în conformitate cu Tabelul 1 al standardului SM SR ISO 17225-1:2016</i>	

Standardul mai specifică clasa de calitate **B** care nu este recomandată pentru cuptoarele de copt. Brichetele din această clasă, de asemenea, trebuie să fie fabricate din biomasă lemnoasă conform cerințelor care urmează (St, 2017): plantații și alt material vergin, produse derivate și reziduuri din industria de procesare a lemnului, lemn uscat netratat chimic.

Din tabelul 1.1 se poate deduce că standardul permite fabricarea brichetelor de clasa A1 și din reziduuri lemnoase ne tratate chimic. Este complicat de decis dacă reziduurile lemnoase, rezultate de la emondarea și tăierea pomilor fructiferi trebuie considerate ca tratate chimic sau nu. La această întrebare ne poate răspunde doar analizele chimice referitoare la conținutul de clor, azot și sulf, care devin obligatorii pentru brichetele produse din reziduuri agricole.

Brichetele certificate ENPlus trebuie să fie conforme cu cerințele înscrise în tabelul 2, iar metodele de încercare trebuie să corespundă cu cele enumerate în SM EN ISO 17225-3:2016.

Cerințele stipulate în tabelul 1.1 pot fi obținute doar numai în cazul cunoașterii factorilor care influențează calitatea brichetelor. Acești factori au fost grupați de către noi în 3 clase (Gudîma, A; Marian, G; Pavlenco, A; 2017b; Marian, G; Gudîma, A; Pavlenco, A, 2017a):

- factorii dependenți de condiționarea materiei prime;
- factorii ce țin de compoziția biomasei;
- factorii procesului de densificare.

Tabelul 1.2 Cerințe privind certificarea ENPlus V 2 a brichetelor din lemn

Proprietăți	Unități de măsură	ENPlus A1	ENPlus A 2	EN-B
Umiditate	m-% ^{b)}	≤ 12	≤ 15	
Conținutul de cenușă	m-% ^{a)}	≤ 1,0	≤ 1,5	≤ 3
Densitatea particulelor	g/cm ³ ^{b)}	≥ 1,0	≥ 0,9	
Valoarea calorifică netă	MJ/kg ^{b)} (kWh/kg)	≥ 15,5 (≥ 4,3)		
Azot	m-% ^{a)}	≤ 0,3	≤ 0,5	≤ 1
Sulf	m-% ^{a)}	≤ 0,04		≤ 0,05
Clor	m-% ^{a)}	≤ 0,02		≤ 0,03

a) în bază uscată; b) la livrare

Factorii enumerați apar pe întreg ciclul de producere a brichetelor, care include mai multe operații cum sunt: recepția și depozitarea materiei prime; separarea corpurilor străine; mărunțirea biomasei; condiționarea umidității; brichetarea propriu-zisă; ambalarea și depozitarea brichetelor (Marian, 2016, pp. 132-134).

1.4.3. Originea și potențialul energetic al resurselor de reziduuri agricole indigene pentru producerea biobrichetelor

Biomasa, ca sursă de energie regenerabilă diferă foarte mult de celelalte tipuri de surse regenerabile de energie (eoliana, solara, aerotermală, geotermală, hidrotermală, precum și energia oceanelor, energia hidroelectrică etc.). Această diferență se marchează prin faptul că biomasa generează energie și produse secundare similare ca cele generate de sursele fosile cu diferența că acest tip de energie este considerat prietenos mediului. Pe lângă cele spuse, energia din biomasă prezintă costuri mult mai mici în comparație cu celelalte tipuri de surse de energie regenerabilă, este mai accesibilă și se găsește în abundență în lume și la noi în țară (Arion, et al., 2008; Hăbășescu, 2008; Marian, 2014a; Marian, 2016).

În conformitate cu Directiva 2009/28/CE a Parlamentului European și a Consiliului din 23.03.2009, biomasa este considerată “fracțiunea biodegradabilă a produselor, deșeurilor și

reziduurilor de origine biologică din agricultură (inclusiv substanțe vegetale și animale), silvicultură și industriile conexe, inclusiv pescuitul și acvacultură, precum și fracțiunea biodegradabilă a deșeurilor industriale și municipale” (EPC, 2009).

Pentru a avea o ordine anumită în identificarea biomasei folosită ca sursă de materie primă pentru producerea biocombustibililor solizi, aceasta este clasificată în grupe bine definite de către standardul internațional ISO 17225-1, care a fost adoptat în Republica Moldova în anul 2016 (St, 2017). Cele mai răspândite tipuri de biomasă în Republica Moldova sunt incluse în grupele 1.1 (Lemn forestier), 1.2. (Co-produse și reziduuri provenite din procesarea industrială a lemnului, 2.1 (biomasă erbacee provenită din agricultură și horticultură), 3.1 (Pomi și arbuști fructiferi), 3.2 (Co-produse și reziduuri provenite din procesarea fructelor, diferite amestecuri și mixturi). O altă sursă importantă de materie primă pentru producerea biobrichetelor o prezintă culturile energetice care, după tip, pot fi din grupa lemnoaselor sau erbaceelor.

Toate tipurile de biomasă folosite la producerea biobrichetelor fac parte din grupa materialelor lignocelulozice. La rândul său, calitatea materialelor lignocelulozice depinde mult de conținutul de celuloză, hemiceluloză și lignină (Bonassa, et al., 2018).

În figura 1.1 se poate urmări principalele componente ale biomasei.

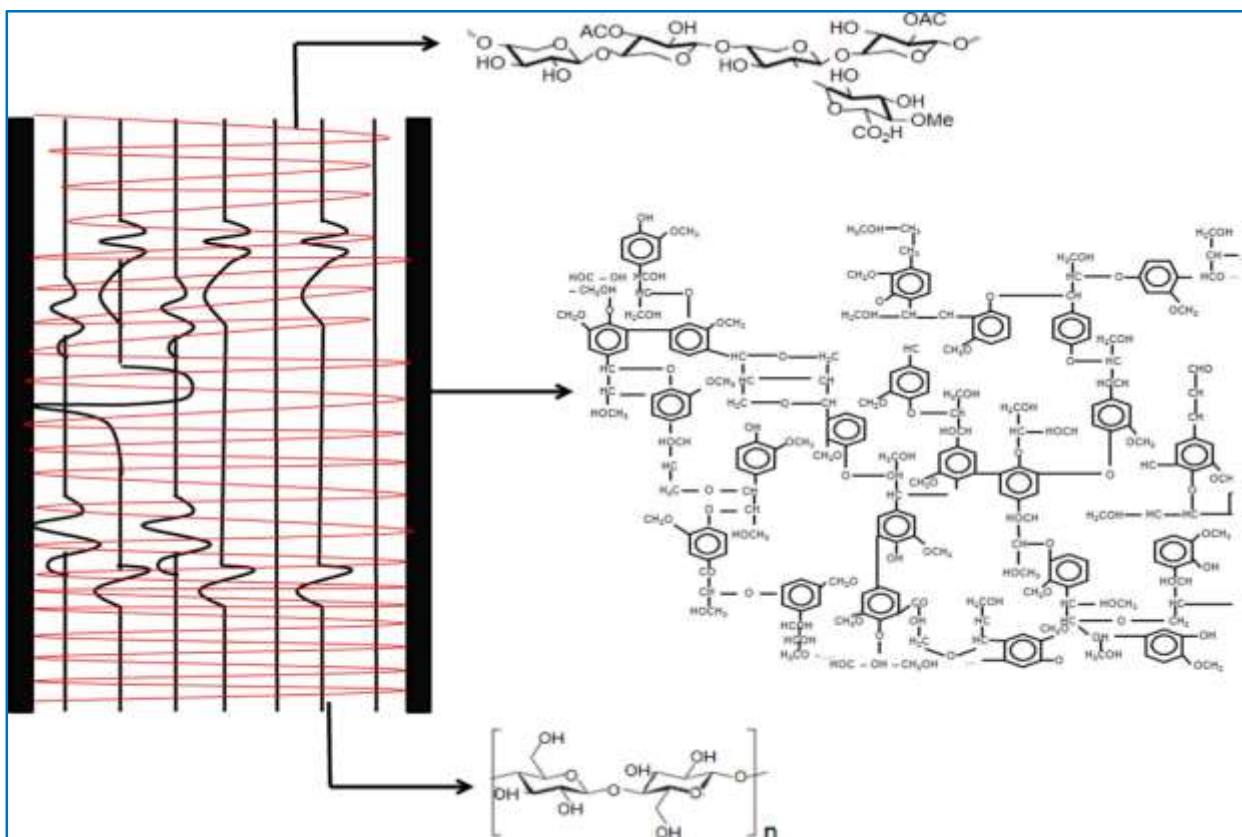


Figura 1.1. Componentele biomasei lignoceluloze [Adaptare după (Bonassa, et al., 2018)]

Fiecare tip de biomasă conține anumite cantități de celuloză, hemiceluloză și lignină, situație care face ca biomasa să defere de la un tip la altul. Această stare duce la aceea că nu toate tipurile de materie primă asigură obținerea produselor cu caracteristici scontate (Gudîma, 2017a; Gudîma, 2011; Marian, 2014a; Marian, et al., 2013c; Muntean, et al., 2011; Arion, et al., 2008). Din acest motiv, pentru asigurarea calității biocombustibililor solizi densificați corespunzătoare cerințelor normative ENPlus, se recurge la diferite procedee tehnologice suplimentare cum sunt: amestecarea diferitor tipuri de biomasă, pre-tratarea materiei prime prin diferite procedee tehnologice etc. De adăugat că, în funcție de proprietățile materiei prime, se alege utilajul tehnologic, se stabilesc regimurile de procesare a produsului finit și itinerarul tehnologic.

Un alt moment important în argumentarea inițierii unei afaceri de producere a biocombustibililor densificați este estimarea potențialului de biomasă pretabil de a fi folosit în calitate de materie primă la producerea biocombustibililor solizi. Acestui subiect au fost adresate mai multe studii la nivel global (Кривошеин, 2016; Alakangas, 2016; Stenbing, et al., 2010) sau pentru anumite zone locale (Hăbășescu, 2008; Țiței, et al., 2016; Zhao, 2016; Scarlat, et al., 2011; Toklu, 2017; Paiano & Laqioia, 2016; Гаврланд & Побединский, 2008).

Printr-o analiză mai detaliată a datelor din literatura de specialitate disponibilă am stabilit că deseori rezultatele acestor studii variază considerabil. Neconcordanța este urmare al mai multor factori de influență, printre care, pe primul loc, se află aprecierea simplistă a tipului de potențial estimat și variația foarte mare a factorului unitar de conversie (Marian, 2014b, pp. 81-90).

Pentru a reduce impactul negativ, al acestor factori, asupra cunoașterii potențialului real de biomasă utilizabilă energetic, în această lucrare, s-a folosit clasificarea tipurilor de potențial de biomasă dată în rapoartele *Biomass Energy Europe (BEE)* de către Rettenmaier, N. (2010) și Tóren, L. (2011), clasificare folosită, pe larg și de către alți cercetători din domeniu, de exemplu (Stenbing, et al., 2010; Miguel Angel Gonzalez-Salazar, 2016). Astfel în cercetări au fost acceptate cinci tipuri de potențialuri:

- Potențial teoretic;
- Potențial tehnic;
- Potențial economic;
- Potențialul sustenabil de implementare.

Pentru biomasă agricolă folosită în scopuri energetice, *potențialul teoretic* este definit ca cantitatea globală de reziduuri, care poate fi obținută de la o specie de culturi agricole, pretabilă de a fi utilizată în scopuri energetice, excluzând, în mod explicit, biomasa reprezentată ca producție de bază, folosită pentru alimente și materii prime pentru industrie.

Potențialul tehnic al biomasei agricole pentru scopuri energetice a fost definit ca partea potențialului teoretic disponibil pentru energie, limitat de posibilitățile tehnice datorate eficienței de conversie.

Potențialul economic este cota potențialului tehnic estimat la costuri considerate competitive.

Potențialul sustenabil de implementare care în literatura română mai este numit și potențial de piață, este cota potențialului economic care poate fi implementat pe piață într-o anumită perioadă de timp și în anumite condiții și stimulente socio-politice, inclusiv constrângeri economice, instituționale, sociale și de mediu. La calcularea acestuia, criteriile de sustenabilitate servesc ca un filtru care, în final, conduc la stabilirea recomandărilor de implementare sustenabilă a potențialului de biomasă existent în regiunile concrete de dezvoltare economică.

Dacă calcularea potențialului teoretic este destul de simplă atunci calcularea individuală a celălalt-or tipuri de potențialuri este foarte dificilă. Acest lucru este cauzat, în primul rând, de interconexiunea și suprapunerea factorilor tehnici cu cei economici și cu cei de sustenabilitate, de constrângerile specifice pentru un șir de reziduuri, care se folosesc în proporții tot mai mari în calitate de fertilizanți ai solului, ca îngrășăminte minerale, diminuanți ai eroziunii solului furaje pentru animale etc. (Marian, 2014a; Landis, et al., 2018; Vasilescu, nr. 1/2017).

Din punct de vedere al durabilității agriculturii, așa cum este descris de (Wight, et al., 2012), reziduurile agricole contribuie la reciclarea nutrienților și fixarea materiei organice, susțin procesele microbiene și activează nevertebratele. Pe de altă parte, aspectul durabil și sustenabil al potențialului reziduurilor agricole se intercalează cu viabilitatea tehnico-economică în cadrul posibilităților tehnologice, restricții logistice și de ordin concurențial.

Luând în considerare constrângerile tehnice, economice și de mediu descrise anterior, în această lucrare am determinat potențialul sustenabil de implementare (potențialul disponibil pe piață) folosind noțiunea de factor unitar complex de disponibilitate tehnico-economică a reziduurilor pentru energie. Suplimentar, a fost folosit coeficientul pierderilor inevitabile de la recoltare, transportare și stocare, care obține valori specifice pentru fiecare cultură separat.

1.4.4. Influența variabilelor de densificare asupra calității biobrichetelor

Procesul de densificare a biobrichetelor este un mecanism complex dependent de regimurile tehnologice de brichetare. Printre parametrii variabili care influențează cel mai mult procesul de densificare și care au fost investigați de către diverși autori se regăsesc presiunea aplicată, conținutul de umiditate al biomasei înainte de densificare și dimensiunile particulelor materiei prime .

Presarea biobrichetelor poate fi realizată prin metoda directă intermitentă cu piston sau prin metoda continuă cu șurub melcat (Marian, 2016, pp. 133-134). În funcție de metoda de presare sunt cunoscute patru tipuri de biobrichete: Nestro, Nielsen, RUF. Și Pini-Kay. Primele trei tipuri de biobrichete se produc prin metoda directă iar brichetele Piny-Kay - prin metoda continuă.

Procesul de densificare a biocombustibililor a fost studiat de mai mulți autori, rezultatele reflectând parametrii tehnologici pentru anumite tipuri de materie primă.

Okot, Bilsborrow și Phan din Newcastle University, Marea Britanie (2018), în rezultatul studiului efectelor parametrilor de operare asupra calității brichetelor de porumb au stabilit că creșterea presiunii și a temperaturii de comprimare și scăderea conținutului de umiditate și a mărimii particulelor au dus la creșterea densității particulelor, a rezistenței mecanice și a rezistenței la compresie. Ei au arătat că presiunea de compactare mai mică de 150 MPa duce la o calitate scăzută și nu este adecvată pentru producerea brichetelor indiferent de ceilalți parametri utilizați în procesul de brichetare. Presiunea mai mare de 200 MPa și temperatura nu-au avut nici un efect asupra proprietăților brichetelor realizate cu un conținut scăzut de umiditate (<10%) sau particule cu dimensiuni de 2,36 mm.

Cercetările realizate în Jordan University of Science and Technology de către Al-Widyan și colegii referitoare la durabilitatea și stabilitatea brichetelor produse din reziduuri provenite de la extracția uleiului de măsline (2002) au raportat că conținutul de umiditate și presiunea au avut un efect semnificativ asupra durabilității și stabilității brichetelor. Ei consideră că la producția de brichete din reziduuri de la extracția uleiului de măsline trebuie să fie cuprinsă 30 și 35w% la un conținut de umiditate mai mare de 35-40w% nu a fost posibilă producerea brichetelor cu proprietăți stabile. În schimb, presiunea a avut un efect semnificativ în special în cazul conținutului de umiditate redus. Cele mai bune rezultate s-au semnalat la presiunea de 35 MPa. Și timpul de rezidență până la 5 s. La aceste regimuri densitatea particulelor a fost de la 1,1 până la 1,3 g/cm³. Această densitate este conformă cerințelor ENPlus pentru brichete (vezi tab. 1.2).

În cercetările realizate de către Tumuluru, Tabil, Song, Iroba și Meda a fost studiat procesul de brichetare a paielor de grâu, ovăz, rapiță și orz (2015; 2011) la o presă hidraulică, fără folosirea lianților, la umiditatea absolută a biomasei de 9, 12,5 și 15w%. Paiele au fost mărunțite la mărunțitor cu ciocane și cernere prin site cu ecranul ochiurilor de 19,05, 25,4 și 31,75 mm. În (Tumuluru, et al., 2011) autorii menționează că o densificare perfectă a particulelor de biomasă se obține la umiditatea care inițiază o creștere a suprafețelor de contact dintre componente datorită forțelor van der Waals care apar în anumite condiții de densificare. Autorii au mai arătat că la densificarea biomasei din reziduuri de porumb cu umiditate sporită (28 – 38w%), poate fi folosită preîncălzirea materiei prime cu micșorarea umidității până la 15w%.

Densificarea știuleților de porumb cu conținutul de umiditate scăzut (8 – 10w%) a condus la obținerea brichetelor mai dense și mai durabile decât cele densificate cu conținutul de umiditate ridicat (mai mare de 15w%). Acest lucru a fost explicat de către Tulumuru (2015) și de către Mani (2006) prin faptul că conținutul ridicat de umiditate rezultă extinderea volumului de brichetă după extrudare datorită evaporării apei la temperaturi ridicate. În același timp, autorii specifică că umiditatea influențează diferit procesul de densificare pentru diferite tipuri de biomasă, iar ponderea acesteia poate fi concretizată doar prin cercetări individuale.

Mani (2004) a specificat că dimensiunile mai mici ale particulelor pot produce brichete cu densitate mai mare, dar se consumă mai multă energie pentru mărunțirea materialelor. Aproximativ aceeași ipoteză a fost expusă și de Nielsen cu colegii (2010) în rezultatul studierii proprietățile biocombustibililor densificați și a consumului de energie funcție de temperatura și conținutul de umiditate.

Din cele expuse anterior rezultă, în mod evident, că perfecțiunea procesului de densificare a biobrichetelor este posibilă prin dirijarea cu starea materiei prime (umiditate, dimensiunea particulelor) și cu regimurile densificării (presiunea și temperatura). Parametrii enumerați trebuie să asigure condiții favorabile pentru ca liantul să aibă plasticitate și elasticitate suficientă pentru integrarea particulelor și orientarea acestora astfel ca densitatea particulelor să nu fie mai mică de $0,9 \text{ g/cm}^3$ iar rezistența mecanică să fie în limitele 90-95% (Marian, 2016, pp. 144-145). În același timp, este necesar de menționat că, conform datelor din literatura de specialitate, valorile optime ale regimurilor enumerate sunt date în limite destul de largi, fapt care se datorează specificului speciilor de materie primă folosită la producerea biobrichetelor, motiv pentru care este argumentată studierea influenței variabilelor de densificare asupra calității biobrichetelor produse din reziduuri agricole.

1.5. Metode de îmbunătățire a calității biobrichetelor produse din reziduuri agricole

Problema îmbunătățirii calității biocombustibililor solizi densificați s-a aflat permanent în atenția cercetătorilor. Aceste cercetări se referă la prelucrarea materiei prime sau a produsului finit, în special, a biocombustibililor solizi densificați în formă de peleți (Gudîma, 2018). De adăugat că datele existente se referă la diverse procedee și la anumite tipuri de biomasă specifice pentru anumite zone climaterice și de dezvoltare socio-economică. În lucrarea (Marian, G; Gudîma, A; Pavlenco, A; Gorobeț, V, 2017b) noi am arătat că printre metodele cu cea mai mare perspectivă de utilizare se regăsesc tratamentul termodinamic cu aburi în regim hidrotermal, tratamentul cu apă caldă, pre-tratamentul cu aburi saturați, pre-tratamentul cu aburi supraîncălziți și torefierea

uscată. Tot în această lucrare noi am demonstrat că torefierea este procesul cu cea mai bună perspectivă de utilizare la producerea biocombustibililor densificați din reziduuri agricole.

Procesul de torefiere constă în uscarea biomasei cu piroliză incompletă prin încălzire la o temperatură relativ scăzută de 200 – 300 °C în absența oxigenului, cu viteze mai mici de 50 °C/min, timp de 10 – 30 min, la presiune atmosferică normală (Wilén, et al., 2013). În timpul procesului de torefiere, apa din biomasă și volatilele inutile se îndepărtează, iar biopolimerii se descompun parțial. Drept consecință scade conținutul de hemiceluloză iar conținutul de lignină și celuloză rămân intacte. Deoarece lignina conține mai mult carbon ca hemiceluloza, după torefiere, produsul posedă un conținut sporit de carbon, lucru care rezultă un raport O/C și H/C mai mic, deci și o putere calorică inferioară mai mare (Tumuluru, et al., 2011).

În timpul torefierii biomasa pierde, de obicei, 20 -30 % din masa sa, în timp ce doar 10 % din conținutul energetic se pierde (Marian, G; Gudîma, A; Pavlenco, A; Gorobeț, V, 2017b). Despre efectul benefic asupra calității biomasei provenite din reziduuri agricole folosite la producerea biocombustibililor solizi densificați s-au expus și alți cercetători preocupați de problematica vizată. De exemplu, Mei et al. (2016) studiind torefierea reziduurilor de porumb au stabilit că diferite părți ale tulpinii de porumb prezintă proprietăți variate de torefiere datorită diversității compoziției chimice și structurii celulare ale elementelor respective.

Rudolfsson et al (2017), în rezultatul studierii efectelor combinate ale parametrilor de torefiere și de peletizare asupra calității produsului finit, au concluzionat că torefierea așchiilor de lemn la temperaturi ridicate (290-315 °C) și timpi scăzuți (6-12 min) au arătat că procesul de îmbunătățire a calității produsului finit este influențat de umiditatea materiei prime, dimensiunile particulelor și de lungimea canalului de presare. Produsul finit a marcat o densitate în vrac de 558-725 kg/m³, durabilitate (rezistență mecanică) de 46,3 -86, 5% și un conținut de fracții fine de până la 85,8%.

Cercetările noastre asupra peleților realizate prin analiza caracteristicilor fizico-mecanice și de combustie funcție de parametrii torefierii (Marian, G; Gudîma, A; Pavlenco, A; Gorobeț, V, 2017b) au scos în evidență că efectul torefierii se manifestă cel mai pronunțat în cazul biomasei provenite din reziduuri de la cultivarea spicoaselor, marcând o mărire a puterii calorifice inferioare în bază uscată de la 17,584 MJ/kg până la 22,752 MJ/kg ce reprezintă o majorare relativă de 29.4%. Astfel biomasa din reziduurile respective poate fi folosită la producerea peleților cu caracteristici conforme cerințelor ENPlus

Este necesar să se menționeze că rezultatele prezentate se referă la produsele finite în formă de peleți și este destul de mică probabilitatea că aceste rezultate vor fi aceleași și în cazul densificării în formă de brichete, lucru care poate fi confirmat doar pe cale experimentală. În baza celor constate am înaintat ipoteza despre posibilitatea îmbunătățirii unor caracteristici ale

biobrichetelor produse din reziduuri agricole prin folosirea operațiilor de torefiere a materiei prime sau a produsului finit.

1.6. Concluzii și direcții de aprofundare a cercetărilor

1. Analiza din acest capitol evidențiază alinierea Republicii Moldova la principalele politici europene referitoare la producerea biocombustibililor solizi și calitatea acestora. Acest fapt motivează amplificarea cercetărilor cu privire la folosirea materiei prime indigene pentru producerea biocombustibililor solizi conformi cerințelor SM EN ISO 17225: 2017, în special a biobrichetelor, care la moment au cea mai mare răspândire în zonele rurale (Pavlenco, 2018a);

2. S-a remarcat că mai mulți autori, paralel cu prezentarea avantajelor incontestabile a folosirii biomasei în calitate de combustibil, există și un șir de probleme ce țin de asigurarea efectului socioeconomic, dezvoltarea agriculturii durabile și securitatea alimentară (Pavlenco, 2018c);

3. Au fost scoși în evidență principalii parametri care asigură trecerea biobrichetelor la categoria calității cerute de către normele internaționale ENPlus și au fost conturați principalii factori de influență a calității biobrichetelor cu reflectarea principalelor căi posibile de îmbunătățire a calității biobrichetelor produse din reziduuri agricole autohtone (Pavlenco, A; Marian, G; Gorobeț, V; Gudâma, A; Nazar, B, 2018b);

4. În rezultatul analizei metodelor de îmbunătățire a calității biocombustibililor solizi densificați prin procedee termochimice s-a înaintat ipoteza despre posibilitatea îmbunătățirii calității biobrichetelor produse din reziduuri agricole prin torefierea biomasei înainte de densificare sau a produsului finit (Pavlenco, A; Marian, G; Gorobeț, V; Gudâma, A; Nazar, B, 2018b).

2. METODICA GENERALĂ DE CERCETARE, MATERIALE, METODE DE PREPARARE ȘI DE ANALIZĂ

2.1. Proiectarea experimentelor

Metodologia de investigații se bazează pe un studiu organizat și realizat în Laboratorul de Biocombustibili Solizi din cadrul Universității Agrare de Stat din Moldova. O parte din cercetări au fost efectuate în Centrul de Biomasă pentru Energie din Miranda do Corvo, Portugalia.

În baza analizei detaliate a datelor din literatura de specialitate și confruntarea critică a datelor existente a fost formulată ipoteza de lucru referitoare la ideea posibilității îmbunătățirii calității biocombustibililor solizi densificați.

În rezultatul cercetărilor de laborator, certificate prin experimente în condiții de producție a fost confirmată ipoteza înaintată și au fost elaborate recomandări practice pentru producătorii de biocombustibili solizi.

În prime etapă se prezintă o abordare științifică bazată pe o analiză sistemică și comparativă a situației existente în domeniul asigurării calității biocombustibililor densificați în formă de brichete. În baza datelor din literatura de specialitate și datelor experimentale preventive proprii a fost formulat scopul lucrării, au fost înaintate ipoteza de lucru și obiectivele lucrării.

Scopul formulat este *îmbunătățirea calității biocombustibililor solizi produși din reziduuri agricole în acord cu politicile de dezvoltare a surselor regenerabile de energie*. Realizarea scopului propus pornește de la ipoteza de lucru că calitatea biobrichetelor, produse din materie primă indigenă provenită din reziduuri agricole, poate fi îmbunătățită prin diferite procedee tehnologice, în special, prin torefierea materiei prime înainte de procesare și prin optimizarea regimurilor tehnologice de densificare a particulelor de biomasă (Marian, G; Gudîma, A; Pavlenco, A; Gorobeț, V, 2017b).

În baza analizei datelor din literatura de specialitate s-a dovedit că ipoteza conform căreia calitatea biobrichetelor poate fi îmbunătățită până la cerințele ENPlus prin procedee termochimice este un subiect pentru care există puține dovezi argumentate clar în acest sens.

Pentru confirmarea ipotezei înaintate au fost dezvoltate următoarele obiective:

- Identificarea stadiului actual al cercetărilor în producerea biocombustibililor solizi de calitate conformă exigențelor standardelor internaționale;
- Aprofundarea și amplificarea cunoașterii factorilor ce influențează calitatea biocombustibililor solizi densificați în formă de brichete și a căilor de dirijare cu acești factori;
- Dobândirea de noi cunoștințe privind valorificarea potențialului de biomasă din Republica Moldova în corelare cu impactul pe care îl poate avea folosirea anumitor tipuri de biomasă în

calitate de materie primă la producerea biocombustibililor densificați asupra calității produsului finit, precum și asupra mediului și dezvoltării sustenabile a agriculturii;

- Promovarea și aplicarea unor decizii optime în proiectarea, producerea și utilizarea biocombustibililor solizi densificați, oferirea de răspunsuri și soluții pentru nevoia consumatorilor de biocombustibili solizi densificați de a înțelege și de a folosi corect, eficient și rezonabil biocombustibilii solizi.

Pentru realizarea cercetărilor experimentale au fost selectate tipurile de biomasă vegetală, provenită din reziduuri agricole cu o anumită probabilitate de a putea fi folosită în calitate de materie primă la producerea biobrichetelor. La selectarea biomasei, care a servit ulterior în calitate de obiect de cercetare, au fost luate în considerare datele existente în literatura de specialitate realizate în țară și străinătate (Arion, et al., 2008; Gudîma, 2018; Hăbășescu, I., Cerempei, V., Deleu, V, 2015; Marian, G; Muntean, A; Țiței, V; Gudîma, A; Pavlenco, A, 2014a; Гаврланд & Побединский , 2008) și o parte din cercetările proprii efectuate în cadrul laboratorului de biocombustibili solizi (Gudîma, A; Marian, G; Pavlenco, A, 2017b; Marian, G; Muntean, A; Țiței, V; Gudîma, A; Pavlenco, A, 2014a; Marian, et al., 2013a).

Biomasa selectată a fost transportată în uscătoria Laboratorului de Biocombustibili Solizi, UASM unde a fost condiționată la parametri stabiliți în programul de cercetare. Astfel, biomasa mărunțită grosolan, a fost menținută în uscătorie timp de 5 zile. Pe toată perioada uscării a fost urmărită temperatura în vracul de biomasă, iar însăși biomasă a fost amestecată manual de două – trei ori pe zi.

În etapa a doua s-a organizat laboratorul de încercări care include:

1. O instalație pentru densificarea singulară a biocombustibililor solizi;
2. O instalație pentru tratarea termochimică în vid a materiei prime și a biocombustibililor solizi;
3. Aparatură standard pentru determinarea conținutului de umiditate, a puterii calorifice, conținutului de cenușă, durabilității mecanice și conținutului de elemente chimice (C, H, S, N, Cl).

Instalațiile 1, 2 au fost concepute, elaborate și proiectate cu participarea autorului și confecționate în atelierul mecanic al catedrei de *Mentenanță a mașinilor și ingineria materialelor* din cadrul UASM.

Tot în această etapă a fost elaborată metodologia cercetării, începând cu metodologia analizei literaturii de specialitate, selectarea subiectelor de revizuire și a procedurilor de căutare a celor mai relevante surse bibliografice din țară și celor internaționale. În continuare, a fost proiectat un algoritm de realizare a experimentelor pentru cercetarea specificului potențialului de biomasă pentru energie provenită din activități agricole și pentru studierea parametrilor calitativi ai obiectelor de cercetare.

În etapa a treia, printr-un studiu statistico-experimental, s-a stabilit specificul cantitativ și calitativ al potențialului de biomasă provenită din reziduuri agricole pretabile de a fi utilizate în calitate de materie primă la producerea biobrichetelor, în general, și cu caracteristici conforme normelor internaționale ENPlus, în special.

Cercetările au fost efectuate prin cercetări mono și poli factoriale folosind principiul de la simplu la compus. Condiționarea biomasei s-a realizat direct în câmp (biomasa erbacee) sau, pentru biomasa arboricolă și cea de viță-de-vie, în uscătoria din cadrul Laboratorului de biocombustibili solizi UASM (fig. 2.1).



Figura 2.1. Secvențe din timpul condiționării biomasei luate în studiu în uscătoria LBCS UASM

2.2. Metodica analizei literaturii de specialitate. Proceduri de căutare

La nivel de metodologie, metode și proceduri de cercetare am utilizat analiza descriptivă în vederea delimitării de concepte reieșind din scopul studiului realizat. Analiza realizată are drept țință de a crea o imagine cât mai veridică a realității din ziua de azi cu privire la asigurarea calității biobrichetelor pentru utilizări neindustriale în condițiile Republicii Moldova.

În vederea atingerii scopului propus de cercetare am structurat următoarele subiecte de revizuire prezente în literatura de specialitate: politicile de dezvoltare a surselor de energie regenerabilă provenite din biomasă agricolă; efectul socioeconomic și de mediu al bioenergiei

folosite în mediul rural; planificarea, controlul, asigurarea și îmbunătățirea calității biobrichetelor produse din reziduuri agricole; particularitățile specifice ale biocombustibililor solizi densificați în formă de brichete și stabilirea factorilor principali de influență a calității acestui tip de combustibili.

În scopul includerii maximului posibil de informație cu probabilitate de a fi importantă, au fost dezvoltate studii, aspecte și proceduri de reflecție pe tot parcursul studiului bibliografic. Identificarea bazei de date relevante, pentru subiectele supuse cercetării, s-a realizat folosind următoarele baze de date: Web of Science Direct cu meniul derulat de căutare al software-ului EndNote (cuvinte cheie/nume autor/denumire sursă/nr. volum/ediție/pagini).

Cercetările au fost inițiate în anul 2013 și se refereau la estimarea potențialului de biomasă pentru scopuri energetice și la folosirea biomasei provenite de la cultivarea porumbului pentru producerea biocombustibililor densificați. La această temă au fost generate 62 de surse excluzând duplicatele. Toate sursele au fost incluse în chestionarul surselor bibliografice. Abstractele acestor lucrări au fost examinate pentru a determina dacă ele sunt potrivite pentru a fi incluse în cercetare. Lucrările care nu au fost relevante pentru subiectele cercetării menționate anterior au fost excluse la această etapă. Au rămas 32 de lucrări eligibile cu privire la potențialul reziduurilor de porumb. În același mod au fost analizate și datele prezente cu privire la toate subiectele cercetare în lucrare.

Lucrările care nu au fost relevante pentru întrebările de revizuire, menționate mai sus, au fost excluse la această etapă. Pe parcursul aprofundării cercetărilor și apariției unor noi lucrări baza de date s-a completat continuu. În ansamblu, din anul 2013 până în 2018, a fost revizuit un număr total de 129 studii, care au stat la fundamentarea studiului preconizat. În această lucrare se prezintă doar cele mai importante referințe pentru care se dă o analiză necesară pentru a elucida principalele aspecte relevate de către autori.

2.3. Metodica cercetării parametrilor calitativi și stabilității proprietăților fizico-mecanice ale biocombustibililor obținuți din reziduuri agricole

2.3.1. Selectarea materialelor, eșantionarea și prepararea eșantioanelor

Cercetările au fost realizate în Laboratorul de Biocombustibili Solizi din cadrul Universității Agrare de Stat din Moldova. În calitate de obiect al cercetărilor au servit diferite tipuri de reziduuri agricole lemnoase și erbacee. Speciile de culturi agricole au fost selectate luând în considerare posibilitatea folosirii acestora în calitate de materie primă la producerea biobrichetelor cu caracteristici conforme cerințelor internaționale ENPlus (St, 2017).

Condiționarea probelor pentru cercetare s-a efectuat în Laboratorul de biocombustibili solizi, UASM. Eșantioanele s-au prelevat în conformitate cu cerințele standardului SM EN 18135:2017.

Reziduurile lemnoase au fost colectate după lucrările de tăiere în uscat a următoarelor specii de pomi fructiferi: meri, peri, gutui, vișini, cireși, caiși, piersici, nectarine, pruni și de la tăierea viței-de-vie de soiuri de masă și tehnice.

În figura 2.2 se prezintă probe de biomasă provenită din reziduuri agricole arboricole înainte de condiționare în laborator, iar în figura 2.3 se prezintă probele de biomasă, după mărunțire.



Figura 2.2. Probele de biomasă studiate

În calitate de factor unitar de conversie s-a convenit o mărime adimensională determinată cu raportul dintre masa reziduurilor culturilor respective către masa biomasei de bază (recoltei). Factorul unitar de conversie a fost stabilit pentru umiditatea reziduurilor la recoltare. Cercetările au fost realizate pentru culturile luate în studiu prelevate în anii 2017 și 2018 SRL “Plaiul Birlanean”, Ocnița, s. Birladeni (dir. Pavliuc Tatiana) și alte gospodării.



Figura 2.3. Probele de biomasă după condiționare

Selectarea pomilor luați în studiu s-a efectuat prin metoda eșantionării (St, 2017; St., 2017). Pentru aceasta au fost numerotați toți pomii de specia respectivă de pe un hectar plantație. Toate numerele au fost înscrise pe bilețele și introduse într-o ladă unde ele au fost amestecate și selectate prin metoda sferturilor până când în fiecare sfert au rămas cinci bilețele. Din cele patru sferturi a fost ales unul, care a servit pentru selectarea copacilor luați în studiu.

Copacii selectați au fost marcați cu vopsea și, pentru fiecare, s-a stabilit masa reziduurilor rezultată în urma tăierilor de îngrijire și emondare. Masa s-a stabilit pentru biomasa mărunțită cu ajutorul tocătorului de talaș mobil Morena 1 din dotarea LBCS UASM, prin cântărire la balanța ACEN 50 kg nr. 7069, clasa de exactitatea 10 g.

Înainte de folosire, balanța a fost verificată cu proba de control etalonată intern, conform procedurii descrise în Sistemul de Management al LBCS UASM (p. 5.8 MC 2).

Recolta a fost luată în evidență pentru fiecare pom după numerotarea stabilită anterior. Factorul unitar de conversie a fost calculat prin raportarea masei reziduurilor cu umiditate de la recoltare la masa roadei obținută în timpul recoltării de pe fiecare pom luat în studiu.. Experiențele au fost repetate pentru 5 pomi, pentru care a fost determinată abaterea standard și intervalul de încredere.

Indicatorii calitativi necesari pentru cuantificarea potențialului energetic au fost determinați pentru toate speciile de biomasă luată în studiu. Fiecare încercare s-a repetată de cinci ori. Probele au fost prelevate direct în câmp, imediat după recoltarea producției de bază pentru culturile erbacee și imediat după tăierea de îngrijire pentru biomasa de la culturile arboricole și de

la vița-de-vie. Eșantioanele s-au prelevat în conformitate cu cerințele standardului SM EN 18135:2017. Probele prelevate au fost ambalate în saci de polietilenă ermetici și transportate, în aceeași zi, în Laboratorul de biocombustibili solizi UASM unde au fost realizate încercările.

Conținutul de umiditatea a reziduurilor agricole s-a determinat conform standardului SM EN ISO 18134-3:2017 prin metoda uscării în etuva electrică termoreglabilă cu conversie naturală Memmert UNB la temperatura de 105 ± 2 °C timp de 60 min.

Au fost preparate câte cinci probe din fiecare specie de biomasă, în conformitate cu cerințele standardului SM EN 14780:2017. Probele selectate au fost mărunțite la moara tăietoare SM100, produsă de firma Retsch. Reducerea dimensiunilor biomasei s-a realizat prin tăiere și forțe de forfecare cu trecerea ulterioară prin sită cu dimensiunile ochiurilor 1 mm. Viteza mare de tăiere (turația rotorului 1500 min^{-1}) asigură o reducere delicată a dimensiunilor și, practic, fără praf.

Masa probelor a fost determinată cu ajutorul balanței analitice AS 2120/C/2 Toate celelalte experimente ulterioare s-au realizat cu monitorizarea continuă a umidității.

Densificarea biomasei s-a realizat prin metoda presării multiple la presa hidraulică Brikles din dotarea Laboratorului de biocombustibili solizi a UASM și prin presare singulară la presa proiectată și fabricată de către noi în atelierul mecanic al catedrei Menținerea mașinilor și ingineria materialelor (fig. 2.4).



Figura 2.4. Instalațiile folosite la densificarea biobrichetelor experimentale de densificare: a) presa Brikles; b) presa pentru densificare singulară

Densificare singulară s-a realizat într-un cilindru metalic cu diametrul ($80^{+0,079}_{+0,060}$) mm și lungimea părții active ($110 \pm 0,2$) mm. Suprafața interioară a cilindrului a fost prelucrată prin rectificare interioară asigurând rugozitatea $R_a = 0,63 \mu\text{m}$. Cilindrul este înfășurat cu un element

termic cu posibilitate de a monitoriza regimul termic în regim automat. Cavitătea de jos a cilindrului poate fi închisă sau deschisă datorită unei plăci glisante care în timpul presării blochează ieșirea materialului densificat, iar după densificare se deschide făcând liberă ieșirea brichetei. Pistonul are diametrul ($80_{-0,060}^0$) mm și este activat cu ajutorul unei prese hidraulice cu posibilitate de monitorizare a forței de presare.

Înainte de fiecare folosire cilindrul și pistonul se curăță, se degresează cu acetonă și se analizează vizual.

Materialul pentru probele de încercat a fost selectat prin eșantionare folosind metoda sferturilor în conformitate cu SM EN ISO 14780:2017 „*Biocombustibili solizi. Prepararea eșantioanelor*”. Divizarea în sferturi s-a făcut până când în ultimul a rămas masa aproximativă pentru realizarea încercărilor. De exemplu, pentru probele densificate singular această masă a constituit aproximativ 200 g.

2.3.2. Determinarea valorii calorifice

Valoarea calorifică (puterea calorifică) reprezintă numărul de unități de căldură degajate prin arderea completă a unei unități de masă de combustibil în condiții prevăzute de standarde. Valoarea calorifică a probelor a fost determinată în conformitate cu standardul SM EN ISO 18125:2017. Inițial a fost măsurată valoarea calorifică superioară care reflectă valoarea absolută de căldură totală eliberată în timpul arderii, măsurată în Mega Juli pe kilogram (Marian, 2016, p. 56). Valoarea calorifică superioară a fost măsurată pentru probe cu umiditatea 0 în bomba calorimetrică LAGET MS – 10A (fig. 2.5).

Deoarece, în bomba calorimetrică, combustia are loc într-un volum constant, valoarea calorifică superioară s-a determinat cu următoarea formulă:

$$q_{v,gr,d} = \frac{dT_k \times T_k}{m} - Q_w - Q_p \quad (2.1)$$

în care $q_{v,gr}$ este valoarea calorifică superioară la volum constant al combustibilului analizat, în J/g; dT_k – saltul temperaturii înregistrat, °C; T_k – constanta bombei calorimetrice; m- masa probei, g; Q_w este căldura de la arderea firului incandescent pentru inițierea arderii (50 J/g); Q_p – căldura de la arderea hârtiei (1462,86 J/g).

Constanta bombei calorimetrice (T_k) reprezintă suma capacităților calorice ale părților ce alcătuiesc bomba calorimetrică și a fost determinată prin arderea probelor standarde pastelizate de din acid benzoic certificat cu masa de cca 0,5g.



Figura 2.5. Analiza valorii calorifice superioare cu bomba calorimetrică LAGET MS – 10A

Se presupune că produsele combustiei constau din următoarele elemente: oxigen gazos; azot; dioxid de carbon; dioxid de sulf; apă lichidă (în echilibru cu vaporii) saturată cu dioxid de carbon (în condițiile reacției bombei) și cenușă solidă. Toate elementele componente sunt considerate la temperatura de referință care se fixează în timpul măsurărilor și influențează valoarea calorifică inferioară.

Valoarea calorifică inferioară poate fi determinată pentru volum constant și pentru presiune constantă. Valoarea calorifică inferioară la volum constant este valoarea absolută a energiei specifice de combustie pentru o unitate de masă a biocombustibilului ars în oxigen în condiții de volum constant astfel încât toată apa rezultată din reacțiile de combustie rămâne ca vapori de apă (într-o stare ipotetică la 0,1 MPa). Celelalte produse se consideră la fel ca pentru valoarea calorifică superioară, toate la temperatura de referință.

Pentru caracterizarea și comercializarea biocombustibililor a devenit o practică obișnuită utilizarea valorii calorifice inferioare la presiune constantă. Această valoare este mai mică ca valoarea calorifică la volum constant și, în general, reflectă mai adecvat cantitatea de căldură degajată în condiții reale de ardere.

Din acest motiv noi am determinat valoarea calorifică inferioară pentru cazul presiunii constante în conformitate cu recomandările din anexa E, p. 3.2 al SM EN ISO 18125:2017.

Valoarea calorică inferioară la presiune constantă a fost calculată pornind de la valoarea calorică superioară, scăzând căldura de vaporizare atât pentru apa conținută în biocombustibil, cât și pentru apa formată prin arderea biocombustibilului și care se calculează din conținutul de hidrogen prezent în combustibilul. Cu alte cuvinte, toată apa după ardere este considerată a fi vapori de apă.

Pentru a calcula valoarea calorică inferioară la presiunea constantă a biomasei uscate este necesar să se cunoască conținutul de hidrogen, azot și oxigen, care influențează în mod diferit valoarea calorică inferioară. Hidrogenul are o pondere mai mare iar azotul și oxigenul – o pondere mai mică. Acest lucru poate fi urmărit din relația de calcul prezentă în punctului E 3.2 al standardului SM EN ISO 18125:2017. Astfel valoarea calorică inferioară a fost determinată folosind pentru probele uscate relația:

$$q_{p,net,d} = q_{v,gr,d} - 212,2 \cdot w(H)_d - 0,8 \cdot [w(O)_d + w(N)_d], \quad (2.2)$$

în care $q_{p,net,d}$ este valoarea calorică inferioară la presiune constantă determinată pentru probe uscate, J/g; $q_{v,gr,d}$ – valoarea calorică superioară la volum constant, J/g; $w(H)_d$ – participația masică a hidrogenului în bază uscată, %; $w(O)_d$ – participația masică a oxigenului în bază uscată, %; $w(N)_d$ – participația masică a azotului în bază uscată, %.

Pentru probele cu un conținut de umiditate cerută M (de exemplu umiditatea totală la recepție, M_{ar}), valoarea calorică la presiune constantă se calculează cu relația:

$$q_{p,net,m} = q_{p,net,d} \cdot (1 - 0,01M) - 24,43 \cdot M. \quad (2.3)$$

Din ecuațiile 2.2 și 2.3 rezultă că pentru determinarea puterii calorifice inferioare este necesar să se cunoască conținutul de hidrogen, azot, oxigen și umiditatea, care se măsoară prin metodele respective, cu excepția conținutului de oxigen, care se determină în conformitate cu standardul SM EN ISO 16993:2017 cu următoarea relație:

$$w(O)_d = 100 - (w(C)_d + w(H)_d + w(N)_d + w(S)_d) - w(M)_{ar} - w(A)_d \quad (2.4)$$

în care $w(C)_d$ reprezintă participația masică a carbonului în bază uscată, %; $w(H)_d$ – participația masică a hidrogenului, %; $w(N)_d$ – participația masică a azotului în bază uscată, %; $w(S)_d$ – participația masică a sulfului în bază uscată, %; $w(M)_{ar}$ – participația masică a umidității în bază umidă, % (deoarece probele înainte de analiza chimică au fost uscate la umiditatea 0, participația conținutului de umiditate se neglijează); $w(A)_d$ – participația masică a conținutului de cenușă în bază uscată, %.

2.3.3. Determinarea conținutului de umiditate

Conținutul de umiditate a fost determinat în bază uscată și în bază umedă prin metoda cântăririi conform seriei de standarde SM EN ISO 18134 1-3: 2017 care presupun eliminarea umidității din materialul supus încercării.

Conținutul de umiditate în bază uscată a fost calculat folosind următoarea formulă:

$$U_d = \frac{m-m_0}{m_0} 100\%, \quad (2.5)$$

unde m reprezintă masa probei de biomasă în stare umedă în g; m_0 – masa aceleiași probe de biomasă estimată după uscare în etuvă până la o valoare constantă, g.

Conținutul de umiditate în bază umedă a fost determinat cu relația:

$$M_{ar} = \frac{m-m_0}{m} 100\%, \quad (2.6)$$

Masa probelor pentru care s-a determinat conținutul de umiditate s-a stabilit în funcție de precizia cântăririi și de dimensiunile particulelor materialelor testate.



Figura 2.6. Secvențe din timpul determinării conținutului de umiditate prin cântărire la balanța analitică AS 220/C/2, RADVAG și uscare în etuva UNB 500 – Memmert

Probele au fost uscate în etuva de producție germană Memmert UNBU (fig. 2.6) cu posibilitate de control și menținere stabilă a temperaturii în limitele $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$ și de ventilare a incintei cu viteza de la 3 până la 5 volume de lucru ale etuvei pe oră. Viteza aerului a fost reglată în funcție de granulația probelor astfel încât să nu deplaseze particulele de biomasă.

Pentru determinarea umidității prin metodă analitică au fost pregătite câte 5 probe din fiecare lot. Probele au fost mărunțite la moara SM 100 (fig. 2.7) și trecute printr-o sită cu dimensiunile ochiurilor de 1 mm. Pe parcurs a fost evitat contactul cu atmosfera pentru a exclude orișice fel de pierderi a umidității din probe.

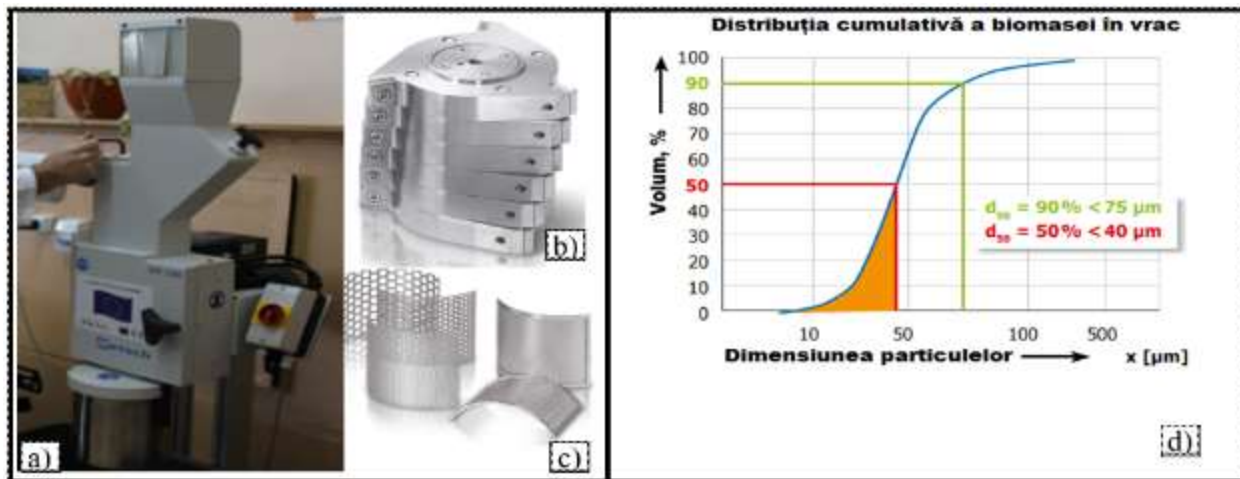


Figura 2.7. Aspecte la procesul de mărunțire a biomasei la maora SM-100: a) vederea generală, b) organul de lucru; c) site; d) curba cumulativă a distribuției normale a biomasei mărunțite

Fiolele cu capac folosite pentru testări în prealabil au fost prelucrate termic prin încălzire la temperatura $(105 \pm 2) ^\circ C$ și menținută până când ele au avut aceeași masă.

După aceasta probele, cu masa de 1 g, s-au repartizat uniform pe fundul fiolei prelucrate termic și s-au introdus în etuva termoreglabilă, încălzită preventiv până la temperatura de $(105 \pm 2) ^\circ C$, în care au fost menținute timp de cel puțin o oră. Timpul de expunere în etuvă este condiționat de conținutul probabil de umiditate și de natura produsului. După epuizarea timpului de uscare, fiolele s-au acoperit cu capacul aflat alături în etuvă (acoperirea cu capac se efectuează în interiorul etuvei), s-au scos din etuvă și răcite, preventiv timp de 3 ... 5 min pe o placă de metal, apoi în exsicator până la temperatura camerei.

După atingerea temperaturii mediului înconjurător a fost cântărită fiecare fiolă împreună cu conținutul din interior (deoarece particulele de biocombustibil sunt foarte higroscopice cântărirea s-a realizat cât mai rapid posibil). După cântărire, fiolele s-au introdus din nou în etuvă și au fost menținute cel puțin 60 min la temperatura de $(105 \pm 2) ^\circ C$, după care se scot, se răcesc și se cântăresc. Se repetă această operație până când se obține o masă constantă. Masa se consideră constantă dacă diferența dintre două cântăriri de control succesive nu va depăși 1 mg. Cantitatea de umiditate din probele studiate s-a determinat cu formula:

$$M_{ar} = \frac{(m_2 - m_3)}{(m_2 - m_1)} 100, \quad (2.7)$$

în care m_1 este masa fiolei goale cu capac, g; m_2 – masa fiolei cu capac și cu proba supusă testării până la uscare, g; m_3 – masa fiolei cu capac și cu probă supusă testării după uscare, g.

Precizia încercărilor s-a stabilit prin determinarea abaterii standard și a intervalului de încredere.

2.3.4. Determinarea conținutului de cenușă

Conținutul de cenușă a fost stabilit în bază uscată conform cerințelor standardului SM EN 18122:2017 prin calcinarea lentă a probelor în cuptorul electric cu mufă LAC tip LH 05/13 la temperatura de 550 °C timp de cel puțin 6 ore.

Probele pentru care s-a determinat conținutul de cenușă au fost preparate conform standardului SM EN 14780:2017 și au avut dimensiunea nominală a particulelor de maximum 1mm. Dimensiunea maximă de 1 mm al particulelor s-a asigurat prin cernerea biomasei printr-o sită calibrată cu ecranul ochiurilor de 1 mm.

În prealabil, creuzetele, folosite pentru încercări, au fost încălzite timp de cel puțin 60 min, la temperatura de (550) °C, în mufa LAC. După uscare în mufă, creuzetele au fost scoase din mufă și răcite pe o placă termoreglabilă timp de (5-10) min, apoi au fost introduse în exsicator, unde au fost expuse până la răcirea completă.

Creuzetele răcite până la temperatura mediului înconjurător se cântăresc cu precizia de 0,1 mg, apoi în ele se introduc probele supuse testării cu masa aproximativă de 1 g. Înainte de preluarea probei, proba analitică se amestecă bine și se cântărește.

Încălzirea etuvei s-a realizat în regim special și anume încălzire lentă până la temperatura de (250±10) °C timp de 50 min cu viteza de +5 °C/min, menținerea la această temperatură timp de 60 min (pentru înlăturarea tuturor elementelor volatile înainte de aprindere), încălzirea uniformă a cuptorului până la temperatura de (550±10) °C timp de 60 min (adică cu viteza +5 °C/min) și menținerea temperaturii la acest nivel pe parcursul de cel puțin 120 min.

În continuare, probele extrase din etuvă se răcesc până la temperatura camerei.

Conținutul de cenușă s-a calculat cu formula:

$$A_d = \frac{(m_3 - m_1)}{(m_2 - m_1)} \cdot 100 \cdot \frac{100}{100 - W} \quad (2.8)$$

în care m_1 este masa creuzetului gol, g; m_2 – masa creuzetului plus masa probei supuse testării, g; m_3 – masa creuzetului plus masa cenușii, g; W – umiditatea probei analizate, %.

Condiționarea probelor s-a realizat prin uscarea masei mărunțite în etuva termoreglabilă Mermmet până la conținutul de umiditate zero în conformitate cu cerințele standardului SM EN ISO 18134-1:2017.

2.3.5. Analiza chimică a probelor

Analiza chimică a biomasei a fost efectuată în Laboratorul de Biocombustibili Solizi din UASM la analizorul elemental Vario MACRO cube CHNS&Cl. Detecția și analiza cantitativă s-a efectuat cu ajutorul unui detector de conductibilitate termică TCD (Termal Conductivity Detector). Prelucrarea rezultatelor s-a operat cu Softwardul aplicat EAS care asigură afișarea, monitorizarea, înregistrarea și procesarea informației necesare pentru caracterizarea elementelor chimice analizate.

O parte din probe, și anume cele care țin de produsul finit, au fost încercate în Laboratorul de biocombustibili din Institutul de Biomasă pentru Energie din Miranda do Corvo, Portugalia la analizorul elemental LECO 628 în timpul stagiului meu din 2018 (fig. 2.8).



Figura 2.8. Aspecte la realizarea analizei chimice a probelor examinate la analizorul elemental Vario MACRO Cube CHNS&Cl (LBCS) și la analizorul LECO (Laboratorul de încercări a Centrului de Biomasă pt. Energie din Portugalia)

Au fost preparate câte cinci probe din fiecare specie de biomasă, în conformitate cu cerințele standardului SM EN 14780:2017. Probele selectate au fost mărunțite la moara tăietoare, produsă de firma Retsch, SM100.

2.3.6. Determinarea densității particulelor

Densitatea particulelor a fost determinată prin metoda stereometrică în conformitate cu standardul SM EN ISO 18847:2017. În acest scop au fost măsurate lungimea, diametrul și masa pentru 5 brichete selectate în conformitate cu procedura descrisă în p. 3.2.1 al acestei lucrări.

Diametrul a fost măsurat în trei secțiuni: la capete și în mijlocul berechetului în conformitate cu schema prezentată în fig. 2.9. În calcule a fost folosită valoarea media a acestor trei măsurări.

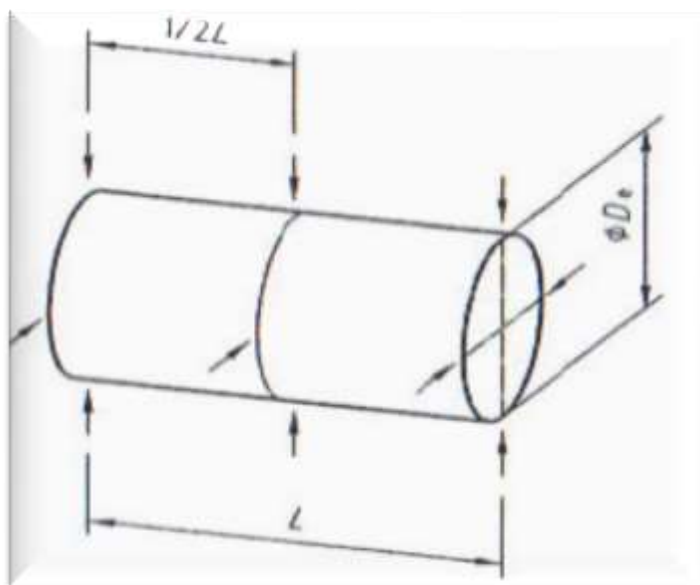


Figura 2.9. Schema măsurării diametrului și lungimii brichetei în conformitate cu SM EN ISO 18847:2017

Densitatea particulelor a fost determinată din relația:

$$DE = \frac{m}{V_b}, \quad (2.9)$$

în care DE este densitatea particulelor în g/cm^3 ; m – masa probei în g; V_b – volumul brichetei în cm^3 .

Volumul pentru brichetele cilindrice cu profil regular (fără gaură) s-a determinat cu relația:

$$V_b = \frac{D_{em}^2 \cdot \pi \cdot L_m}{4}, \quad (2.10)$$

în care V_b este volumul brichetei, în cm^3 ; L_m – lungimea medie a brichetei a două măsurări; D_{em} – valoarea medie a șase măsurări pentru diametrul D_e .

Măsurările s-au realizat cu un șubler digital cu precizia 0,01 mm.

2.4. Metodica determinării potențialului energetic al reziduurilor agricole pretabile pentru scopuri energetice

Atunci când vorbim de potențialul energetic al reziduurilor, trebuie acordată atenție la două aspecte de importanță majoră:

1. Disponibilitatea resurselor pentru piață în condiții stimulente tehnico-economice și de sustenabilitate;

2. Existența unor date veridice pentru anumite zonele geografice și pentru anumite specii de reziduuri pasibile de a fi folosite în calitate de materie primă la producerea biocombustibililor.

Acest lucru este dificil când ne referim la reziduurile agricole, deoarece disponibilitatea este adesea dependentă de foarte mulți factori tehnici economici, sociali și de sustenabilitate. Anume din acest motiv, în această lucrare, s-a insistat la separarea strictă a tipurilor de potențialuri așa cum s-a menționat în p. 1.4.3.

În literatura de specialitate sunt cunoscute mai multe abordări referitoare la stabilirea potențialului de biomasă pentru scopuri energetice. Alegerea uneia sau altei abordări depinde de disponibilitatea datelor existente, originea și caracteristicile biomasei, specificul activităților agricole a regiunilor estimate etc. Cele mai răspândite metode de calcul al potențialului energetic al biomasei agricole se bazează pe datele naționale disponibile (Gudîma, 2017a; Paiano & Laqioia, 2016; Scheftelowitz & Thrän, 2016; Zou & Brusewitz, 2002; Marian, 2014b), acoperirea și caracteristicile terenurilor (Meyer, et al., 2014). În acest studiu stabilirea potențialului energetic de biomasă se bazează pe metodologia proiectului BEE (Rettenmaier, 2010), folosită pe larg și de alți cercetători (Ketzer, et al., 2017; Portugal-Pereira, et al., 2015). În studiul nostru am folosit următoarele cuantificări ale potențialurilor energetice a reziduurilor agricole.

Potențialul energetic teoretic a fost estimat ca contribuția anuală brută a reziduurilor produse de pe un hectar dintr-o singură sursă (dintr-o anumită specie de culturi agricole) pe parcursul unui an. Pentru biomasa agricolă, aceasta ar însemna că toată biomasa rezultată dintr-o singură sursă ar fi folosită pentru energie, adică nici pentru furaje și nici pentru alte utilizări. Astfel potențialul teoretic de biomasă reprezintă cantitatea de energie maximă care poate fi obținută din reziduurile agricole și se determină cu relația:

$$PTR_{M=10\%} = S_i \cdot m_{p.b.rec.} \cdot \left(1 - \frac{M_{rec}-10}{100}\right) \cdot K_{rez. rec} \cdot q_{p,net.M=10\%} \quad (2.11)$$

în care $PTR_{M=10\%}$ reprezintă potențialul teoretic de reziduuri în MJ/an; S_i suprafața pentru care este estimat potențialul energetic al reziduurilor agricole, în ha; $m_{p.b.rec.}$ - masa producției de bază la recoltare de pe un hectar, kg/ha; $K_{rez.rec.}$ - factorul unitar de conversie pentru cultura respectivă

la recoltare; M – conținutul de umiditate al biomasei la recoltare, %; $q_{p,net.M=10\%}$ - valoarea calorică inferioară a biomasei cu conținutul de umiditate egal cu 10%.

În formula de calcul s-a folosit valoarea calorică inferioară pentru conținutul de umiditate egal cu 10%. Această umiditate a fost aleasă din următoarele considerente:

- conținutul mediu de umiditate a materiei prime recomandat pentru densificarea biobrichetelor este egal cu 10%;
- conținutul optim de umiditate a produsului finit (biobrichetelor) este egal cu 10%;
- biomasa lemnoasă din reziduuri arboricole după uscare în câmp, în mediu, are conținutul de umiditate egal cu 10%.

Potențialul sustenabil de implementare a fost calculat luând în considerare, în ansamblu, factorii tehnici, economici și de sustenabilitate în conformitate cu recomandările (Portugal-Pereira, et al., 2015; Beretta, et al., 2013; Marian, 2014b, pp. 81-90) folosind următoarea relație:

$$PSI_{M=10\%} = PTR_{M=10\%} \cdot k_{d.t-e} \cdot (1 - k_{per}), MJ/an \quad (2.12)$$

în care $PSI_{M=10\%}$ reprezintă potențialul sustenabil de implementare (potențialul de piață) $\cdot k_{d.t-e}$ – factorul de disponibilitate tehnico-economică a reziduurilor pentru scopuri energetice cu referire la cultura respectivă, k_{per} – coeficientul pierderilor inevitabile de la recoltare, transportare și stocare.

Pentru a putea utiliza relațiile 2.11 și 2.12 a fost determinat, experimental, factorul unitar de conversie pentru toate tipurile de biomasă luate în studiu. În calitate de factor unitar de conversie s-a convenit o mărime adimensională determinată prin raportarea masei reziduurilor cu umiditate de la recoltare la masa roadei obținută în timpul recoltării de la fiecare cultură luată în studiu. Experiențele au fost efectuate prin repetarea fiecărei încercări de 5 ori. Pentru fiecare încercare s-a determinat abaterea standard și intervalul de încredere. Factorul unitar de conversie a fost stabilit pentru umiditatea reziduurilor la recoltare.

2.5. Concluzii la capitolul 2

1. Studiul bibliografic s-a realizat prin utilizarea analizei descriptive cu delimitarea conceptelor existente, includerea maximului posibil de informație probabilă de a fi importantă, dezvoltarea studiilor, aspectelor și procedurilor de reflecție pe tot parcursul studiului bibliografic.

2. Identificarea bazei de date relevante pentru subiectele supuse cercetării, s-a realizat folosind următoarele baze de date: Web of Science Direct cu meniul derulat de căutare al software-ului EndNote (cuvinte cheie/nume autor/denumire sursă/nr. volum/ediție/pagini).

3. Cercetările experimentale s-au bazat pe studii polifactoriale realizate în Laboratorul de Biocombustibili Solizi din cadrul Universității Agrare de Stat din Moldova. O parte din cercetări au fost efectuate în Centrul de Biomasă pentru Energie din Miranda do Corvo, Portugalia.

4. Speciile de culturi agricole au fost selectate luând în considerare posibilitatea folosirii acestora în calitate de materie primă la producerea biobrichetelor. Eșantioanele s-au prelevat din în conformitate cu cerințele standardului SM EN 18135:2017.

5. Testarea biomasei și a produselor finite s-a realizat prin metode validate de către LBCS UASM, acreditat de către CNA MOLDAC (certificat de acreditare nr. LÎ-103 din 04.03.2016, mod. 26.06.2017).

3. SPECIFICUL CANTITATIV ȘI CALITATIV AL POTENȚIALULUI DE BIOMASĂ PROVENITĂ DIN REZIDUURI AGRICOLE, PRIN PRISMA FOLOSIRII PENTRU PRODUCEREA BIOBRICHETELOR ENPLUS

3.1. Scopul și ordinea de realizare a cercetărilor

Cercetările din acest capitol au drept scop stabilirea posibilităților de asigurare a calității biobrichetelor produse din materie primă indigenă în faza de producere, menite să ducă la o valorificare superioară a biomasei disponibile pentru scopuri energetice din Republica Moldova.

Prin scopul cercetărilor propuse se urmărește aprofundarea cunoașterii posibilităților potențialului energetic de biomasă existent în Republica Moldova de a impulsiona producerea de biocombustibili solizi în formă de brichete în condițiile gospodării durabile a unităților agricole. În acest context s-au fixat o serie de obiective și anume:

- studierea originii și specificului principalelor surse de biomasă provenite din sectorul agricol pretabile de a fi folosite în calitate de materie primă la producerea biocombustibililor densificați cu caracteristici conforme normelor ENPlus;
- determinarea principalelor caracteristici ale reziduurilor agricole erbacee, arboricole și de viță-de-vie folosite la producerea biocombustibililor densificați;
- concretizarea raportului dintre masa reziduurilor și masa producției de bază a culturilor erbacee, arboricole și a viței-de-vie;
- determinarea potențialului energetic al principalelor reziduuri agricole pretabile de a fi folosite în calitate de materie primă la producerea biocombustibililor solizi densificați.
- aprofundarea cunoștințelor și posibilitatea asigurării și controlului calității biobrichetelor în faza de condiționare a materiei prime;
- elaborarea recomandărilor în baza rezultatelor obținute.

În calitate de obiect al cercetărilor, în acest capitol, a servit biomasa provenită din reziduuri agricole lemnoase, erbacee și de viță-de-vie. Speciile de culturi agricole au fost selectate luând în considerare perspectiva folosirii acestora în calitate de materie primă la producerea biobrichetelor cu caracteristici conforme cerințelor internaționale ENPlus 3 folosind recomandările din literatura de specialitate (Gudîma, 2018; Hăbășescu & Cerempei, 2012; Stenbing, et al., 2010; Beretta, et al., 2013) și a cercetărilor preventive realizate cu participarea autorului (Gudîma, 2017a; Gudîma, A; Marian, G; Pavlenco, A., 2017b; Marian, et al., 2013a).

În calitate de biomasă arboricolă au servit reziduurile provenite de la tăierea de îngrijire și formare a 9 soiuri de pomi fructiferi și 20 soiuri de viță-de-vie. Reziduurile lemnoase au fost colectate după lucrările de tăiere în uscat a următoarelor specii de pomi fructiferi: meri, peri, gutui, vișini, cireși, caiși, piersici, nectarine și pruni. Piersicii și nectarinele au fost grupați într-o singură

categorie. Biomasa provenită din reziduuri de viță-de-vie, de asemenea, a fost colectată imediat după operațiile de îngrijire. Au fost luate în studiu reziduurile provenite de la 10 soiuri de viță de vie de masă și zece soiuri tehnice.

În calitate de biomasă erbacee au servit reziduurile în formă de paie de grâu, de orz și de ovăz, în formă de tulpini și ciocălăi de porumb pentru boabe și în formă de tulpini, frunze și pălării de floarea-soarelui. Biomasa erbacee a fost colectată și estimată imediat după colectarea roadei de bază.

Toată biomasa luată în studiu a fost mărunțită direct în câmp, ambalată în saci de polietilenă și transportată în Laboratorul de biocombustibili solizi unde a fost supusă testării în funcție de programul de cercetare. Probele de biomasă, după mărunțire, studiate în acest capitol sunt prezentate în figura 2.1.

Estimarea cantitativă și calitativă a biomasei s-a realizat în conformitate cu algoritmul prezentat în figura 3.1.



Figura 3.1. Algoritmul estimării cantitative și calitative a biomasei pentru care s-a determinat potențialul energetic

În această lucrare se folosește o evaluare bazată pe o analiză de la simplu la complex parcurgând următorii pași:

- Selectarea tipurilor de biomasă pentru studiere. Tipurile de biomasă selectate sunt prezentate în tabelele 3.1 și 3.2.
- Determinarea factorului unitar de conversie pentru tipurile de biomasă luate în studiu.
- Determinarea principalelor caracteristici necesare pentru aprecierea potențialului energetic al biomasei luate în studiu.
- Stabilirea, în conformitate cu datele statistice, a suprafețelor însemnătate, roadei medii și producției globale la întreprinderile agricole și gospodăriile țărănești situate în Regiunile de

Dezvoltare a Republicii Moldova. Calculele au fost efectuate pentru media indicatorilor determinată pentru trei ani consecutivi specifici Regiunii de Dezvoltare Nord.

- Determinarea potențialului teoretic de biomasă disponibil pentru scopuri energetice pentru umiditatea biomasei egală cu 10 %. Această umiditate a fost aleasă din considerente tehnice (puterea calorică inferioară s-a determinat tot pentru conținutul de umiditate egal cu 10%).

- S-a determinat potențialul sustenabil de implementare, estimat ca rezultatul integrării criteriilor tehnic, de mediu, economic și de sustenabilitate socială a resurselor de biomasă evaluate. Aceasta înseamnă că criteriile de sustenabilitate au servit ca un filtru pentru potențialele teoretic, economic și de implementare care, în final, a condus la stabilirea recomandărilor de implementare sustenabilă a potențialului de biomasă existent în regiunile concrete de dezvoltare economică a țării.

Potențialul teoretic energetic de biomasă pentru fiecare suprafață specifică fiecărei culturi s-a determinat cu relația (2.5).

Masa producției de bază a fost considerată ca masa medie la un hectar, determinată în baza analizei datelor statistice pentru anii 2015 -2017 (AS, 2017). Au fost luate în calcul întreprinderile agricole și gospodăriile țărănești.

3.2. Originea și specificul principalelor surse de biomasă provenite din sectorul agricol în Republica Moldova

3.2.1. Considerații fizico-geografice din Republica Moldova din punct de vedere al asigurării cu materie primă pentru producerea biobrichetelor

Republica Moldova este o țară în curs de dezvoltare cu potențial agricol bogat, care contribuie cu peste 16% la PIB. Orientarea dezvoltării agriculturii spre o dezvoltare durabilă, tot mai insistent impune abordări complexe a folosirii energiei din biomasă pentru scopuri energetice, în special celei provenite din activități agricole. Aceste abordări trebuie să se bazeze pe condițiile concrete existente în diferite regiuni climaterice și economice ale țării, abordări bazate de studii tehnico-economice și de fezabilitate pentru regiunile respective.

Republica Moldova cuprinde șase Regiuni de dezvoltare, constituite conform Legii nr.438-XVI din 28.12.2006 privind dezvoltarea regională în Republica Moldova. Regiunile sunt unități teritoriale funcționale ce reprezintă cadrul de planificare, evaluare și implementare a politicii de dezvoltare regională, nu sunt unități administrativ teritoriale și nu au personalitate juridică.

Regiunile de dezvoltare sunt grupate în: Regiunea de Nord, de Sud , de Centru, Găgăuzia, Municipiul Chișinău și Transnistria. Fiecare regiune are specificul său de dezvoltare a agriculturii, lucru influențat, în special, de condițiile climaterice și aspectul tehnico-social.

La rândul său specificul dezvoltării agriculturii, implicit, conduce și la tipul de biomasă rezultat din aceste activități, biomasă care ar putea fi folosită în calitate de materie primă la producerea biocombustibililor densificați, inclusiv și a brichetelor.

Din punct de vedere social și de management al reziduurilor agricole, potențialii furnizori de materie primă pentru producerea biocombustibililor solizi calitativi sunt întreprinderile cu suprafața terenurilor care depășesc 10 hectare, deoarece în aceste gospodării poate fi organizată colectarea centralizată a reziduurilor agricole pretabile pentru a fi folosite în calitate de materie primă. Biomasa provenită din celelalte tipuri de gospodării agricole este dificil de a fi evidențiată sub aspectul calitativ și, de regulă, se folosește la producerea biocombustibililor solizi din mixturi, adică când amestecare tipurilor de biomasă este greu de urmărit, iar produsul finit nu corespunde cerințelor ENPlus, în special, în ceea ce privește originea materiei prime, conținutul de cenușă și conținutul de sulf, clor și azot (Gudîma, 2017a; Gudîma, 2011; Marian, 2016).

Cum s-a menționat în capitolul întâi, pentru producerea biocombustibililor solizi este necesar ca materia primă să corespundă anumitor exigențe calitative care, în mare măsură, determină atât calitatea cât și prețul produsului final.

La mod general, pentru producerea biobrichetelor, practic, pot fi folosite toate tipurile de biomasă lignocelulozică. De asemenea, se știe că fiecare tip de biomasă posedă anumite caracteristici energetice, chimice și fizico-mecanice. În același timp, se cunoaște că nu toate tipurile de materie primă asigură obținerea produselor cu caracteristici scontate (Gudîma, 2017a; Marian, 2014a; Marian, et al., 2013c; Muntean, et al., 2011). Din acest motiv, pentru asigurarea calității biocombustibililor solizi densificați corespunzătoare cerințelor normative ENPlus se recurge la diferite procedee tehnologice suplimentare cum sunt: amestecarea diferitor tipuri de biomasă, pre-tratarea materiei prime prin diferite procedee tehnologice etc. De adăugat că, în funcție de proprietățile materiei prime se alege utilajul tehnologic, se stabilesc regimurile tehnologice de procesare a produsului finit și itinerarul tehnologic.

În baza celor constatate este evidentă actualitatea cunoașterii cantitative și calitative a potențialului de materie primă existent în zonele de dezvoltare a Republicii Moldova și perspectivele folosirii acestuia în scopuri energetice fără influențe asupra securității alimentare și dezvoltării durabile a agriculturii. În continuare vom prezenta principalii factori care stau la baza estimării potențialului energetic al biomasei provenite din reziduuri agricole.

3.2.2. Conținutul de umiditate al reziduurilor agricole – influența asupra valorii potențialului energetic

Potențialul teoretic de energie, provenită din reziduuri agricole, depinde foarte mult de **conținutul de umiditate** prezent în reziduuri la colectare. La rândul său, conținutul de umiditate la recoltare al reziduurilor agricole depinde de timpul de recoltare a reziduurilor și de specia culturilor agricole. Cunoașterea valorii conținutului de umiditate al biomasei la recoltare este un element important și pentru efectuarea calculelor tehnico economice la întocmirea planurilor de afacere a producătorilor de biocombustibili densificați, deoarece conținutul de umiditate influențează cheltuielile necesare pentru transportarea, stocarea și condiționare materiei prime.

O altă latură ce ține de conținutului de umiditate al materiei primă se referă la aspectul tehnologic, în special la procesul de densificare a particulelor care, la rândul său, influențează direct durabilitatea mecanică și densitatea particulelor brichetelor, iar indirect, cheltuielile legate de condiționarea materiei prime înainte de densificare. La aceasta se mai adaugă și faptul că conținutul de umiditate din produsul finit este unul din factorii importanți care influențează valoarea calorică a brichetelor, randamentul și comoditatea în exploatare a termocentralelor, capacitatea de păstrare și transportare a biocombustibililor (Marian, 2016, pp. 47-53).

În cazul brichetelor se consideră optimă umiditatea materiei prime egală cu 8 – 12%. Densificarea mai bună a particulelor are loc și în cazul umidității care depășește 12%, însă nu mai mult de 16 % (Marian, 2016, p. 133). Acest lucru se explică prin aceea că conținutul prea mare de umiditate a biomasei prezintă o interacțiune intensă, greu de dirijat între particule, care afectează negativ procesul de aglomerare (Zou & Brusewitz, 2002) Este necesar să se ia în considerare și faptul că, în cazul umidității biomasei mai mică de 6%, aglomerarea particulelor în procesul de brichetare este îngreunată sau chiar imposibilă (Marian, 2016, p. 133).

Având în vedere cele expuse anterior, calcularea potențialului energetic este necesar să se efectueze pentru biomasa cu umiditatea de 10%. Deci, este important să se cunoască diferența dintre conținutul de umiditate a biomasei la recoltare și cea optimă pentru procesare. Această diferență trebuie considerată la stabilirea potențialului energetic al reziduurilor respective și la determinarea factorului unitar de conversie, precum și la calcularea cheltuielilor necesare pentru condiționarea biomasei înainte de densificare.

În susținerea alegerii conținutului de umiditate de 10% la estimarea potențialului energetic al biomasei disponibile pentru producerea biocombustibililor solizi densificați se mai adaugă și faptul că normele ENPlus au stabilit o umiditate a produsului finit la recepție care nu trebuie să depășească 10% pentru peleți și 12% pentru brichete de clasa A1 și 15% pentru brichete de clasa

A2, adică aproximativ egală cu cea considerată optimă pentru calculul potențialului energetic al biomasei folosită în calitate de materie primă la producerea biocombustibililor solizi densificați.

În tabelul 3.1 sunt prezentate rezultatele estimării conținutului de umiditate pentru cele mai reprezentative reziduuri agricole arboricole posibile de a fi folosite în calitate de materie primă la producerea biocombustibililor densificați.

Tabelul 3.1. Conținutul de umiditate pentru principalele reziduuri agricole arboricole pretabile de a fi folosite în calitate de materie primă la producerea biocombustibililor densificați

Denumire cultură	Tip biomasă	Conținutul de umiditate, %						Abaterea standard	Intervalul de încredere
		1	2	3	4	5	Media		
Meri	Tăieri	25,59	25,27	21,43	25,40	29,46	25,43	2,84	2,49
Peri		40,60	40,39	42,49	35,51	43,45	40,49	3,07	2,69
Gutui		25,37	26,63	26,00	22,80	29,18	26,00	2,30	2,02
Vișini		25,23	25,75	21,49	26,29	28,69	25,49	2,60	2,28
Cireși		27,39	27,83	27,61	24,42	30,80	27,61	2,26	1,98
Caiși		24,28	24,33	26,31	24,31	22,31	24,31	1,41	1,24
Piersici și nectarine		24,37	27,45	26,41	24,84	23,98	25,41	1,47	1,29
Pruni		34,09	35,59	34,48	32,48	37,56	34,84	1,89	1,65

În urma prelucrării datelor din tabelul 3.1 se poate observa că cea mai mare umiditate la recoltare o prezintă reziduurile provenite de la peri ($40,49 \pm 2,69\%$), urmate de cele provenite de la pruni ($34,84 \pm 1,89\%$). Pentru celelalte tipuri de biomasă, conținutul de umiditate nu deferă semnificativ. Având în vedere că conținutul de umiditate la recoltare depinde de mai mulți factori, cum ar fi perioada de efectuare a operațiilor de tăiere, vârsta și locul de unde a fost prelevată proba, gradul de degradare etc. se poate spune că devierea conținutului de umiditate la reziduurile agricole arboricole nu este semnificativă. Acest lucru este confirmat și de intervalul de încredere (Î) care, în mediu, constituie cca 10% din valoarea medie. De menționat că cel mai mare interval de încredere este pentru reziduurile de peri (2,69%) cu abaterea standard 3,07.

În baza celor constatate se poate rezuma că pentru folosirea directă a reziduurile arboricole studiate la producerea biobrichetelor este necesar ca aceste să piardă din umiditate cca. 10-15%, lucru care este posibil de realizat prin lăsarea acestora pentru uscare în mod natural direct în câmp. Anume din acest motiv, mulți producători de biobrichete lasă, reziduurile agricole arboricole pentru uscare naturală în câmp pe perioada verii. În modul acesta ei economisesc bani prin micșorarea cheltuielilor de transport, depozitare și preconditionare a materiei prime.

De regulă, în procesul uscării în câmp a biomasei, se elimină, parțial sau total, umiditatea de îmbibație, adică cea care se conține în pori, capilare, micro și macro neregularități. În acest mod, reziduurile uscate în câmp, la sfârșitul verii sau la început de toamnă obțin o umiditate de echilibru apropiată de cea necesară pentru densificare lucru care se răsfrânge benefic asupra unor caracteristici calitative ale produsului finit (Marian, 2016, pp. 46-53).

În procesul studierii de către noi (Marian, G; Gudîma, A; Pavlenco, A; Gorobeț, V, 2017b) a procesului de îmbunătățire a calității peleților produși din mixtură de reziduuri arboricole am constatat că peleții fabricați din lemn uscat în mod artificial timp de 2 ani posedă o valoare calorifică superioară egală cu 19,44 MJ/kg, iar peleții fabricați din aceeași materie primă dar uscată în condiții artificiale au marcat o valoare calorifică egală cu 18,49 MJ/kg.

În tabelul 3.2 se prezintă rezultatele determinării conținutului de umiditate la recoltare, adică când cultura a ajuns la maturitate, pentru reziduurile agricole erbacee.

Tabelul 3.2. Conținutul de umiditate la recepție pentru principalele reziduuri agricole erbacee

Denumire cultură	Tip biomasă	Conținutul de umiditate, %						Abaterea standard	Intervalul de încredere
		1	2	3	4	5	Media		
Grâu de toamnă și de primăvară	Paie	15,4	19,4	16,4	22,5	14,7	17,68	3,24	2,84
Orz de toamnă și de primăvară	Paie	23,7	33,8	25,4	18,7	20,1	24,34	5,93	5,20
Ovăz	Paie	21,2	16,6	24,4	18,2	17	19,48	3,29	2,88
Porumb boabe	Tulpini	43,9	31,1	41,6	30,7	41,7	37,8	6,37	5,58
	Ciocălăi	44,8	38,8	51,8	53,2	41	45,92	6,40	5,61
Floarea-soarelui	Tulpini și frunze	44,1	40,8	37,7	63,4	39,2	45,04	10,53	9,23

Analizând datele din tabelul 3.2 se observă că cea mai mare umiditate este prezentă în ciocălăii de porumb (45,92%) și în tulpinile și frunzele de floarea-soarelui (45,04%), deci anume aceste reziduuri consumă cea mai multă energie pentru condiționarea lor prin uscare, adică din punct de vedere economic necesită cheltuieli mai mari pentru uscare decât celelalte reziduuri erbacee și arboricole.

Paiele, din contra, au o umiditate mai redusă și se recomandă să fie stocate și transportate la locul de producere a biocombustibililor, deoarece umiditatea lor la recoltare este aproximativ egală cu cea necesară pentru procesare (Marian, G; Gudîma, A; Pavlenco, A; Gorobeț, V, 2017b). În același timp paiele, fiind un material higroscopic, își schimbă conținutul de umiditate destul de

repede, valoarea acesteia fiind condiționată de umiditatea și temperatura mediului înconjurător. Cu toate aceste, din punct de vedere al conținutului de umiditate paiele sunt economic argumentate de a fi folosite în calitate de materie primă la producerea biocombustibililor densificați, inclusiv al brichetelor.

Tabelul 3.3. Conținutul de umiditate la recepție al reziduurilor de viță-de-vie

Denumire cultură	Tip biomasă	Conținutul de umiditate în probele de biomasă (în % W. d)						σ	Î
		1	2	3	4	5	Media		
Soiuri de masă									
Moldova	Tăieri	33,02	38,40	37,40	36,50	36,20	36,30	2,03	1,78
Cardinal		39,40	37,30	35,20	38,40	36,20	37,30	1,68	1,47
Muscat de Hamburg		35,30	38,02	39,04	37,90	32,59	36,57	2,62	2,30
Muscat timpuriu		38,40	32,31	36,07	33,30	37,81	35,58	2,70	2,36
Victoria		36,40	37,10	40,30	39,80	38,07	38,33	1,68	1,48
Chișmiș moldovenesc		36,81	38,73	38,54	39,21	36,14	37,89	1,33	1,17
Arcadia		38,46	39,81	38,87	37,39	36,17	38,14	1,40	1,23
Lora		37,12	37,82	39,62	35,80	35,99	37,27	1,55	1,36
Prezentabil		35,75	32,70	40,32	38,70	38,49	37,19	3,00	2,63
Tudor		36,80	34,98	40,08	38,60	32,50	36,59	2,98	2,61
Soiuri de tehnice									
Cabernet		35,51	36,42	34,35	33,51	34,42	34,84	1,13	0,99
Sauvignon		34,80	35,20	37,43	33,75	33,21	34,88	1,63	1,43
Merlot		33,78	35,79	38,65	32,98	33,83	35,01	2,28	2,00
Pinot noir		33,44	36,21	32,43	34,32	32,84	33,85	1,50	1,31
Isabella		40,09	32,85	34,56	34,33	35,43	35,45	2,75	2,41
Traminer		32,45	35,54	32,45	37,54	34,50	34,50	2,16	1,90
Aligote		37,77	36,43	31,47	35,65	33,32	34,93	2,52	2,21
Chardonnay		35,44	38,43	31,43	35,09	32,67	34,61	2,71	2,38
Rcatsiteli		35,88	32,75	38,34	37,54	31,99	35,30	2,83	2,48
Sauvignon blanc		32,76	31,87	38,08	36,54	35,31	34,91	2,59	2,27
Muscat Ottonel		35,76	35,32	40,32	35,30	31,34	35,61	3,19	2,79

Analiza umidității reziduurilor provenite de la tăierea de îngrijire a diferitor soiuri de viță-de-vie (tab. 3.3) a arătat că conținutul de umiditate a reziduurilor provenite din soiuri tehnice este ceva mai mic ca la soiurile de masă. Astfel, conținutul mediu de umiditate a reziduurilor provenite de la

soiurile de viță-de-vie tehnice constituie $34,9 \pm 2,02\%$ iar de la soiurile de masă este egal cu $37,12 \pm 1,82\%$.

Cel mai mare conținut de umiditate la viță-de-vie de masă s-a semnalat la soiurile Victoria, Arcadia, Chișmișul moldovenesc și Cardinal. Diferența absolută dintre conținutul de umiditate maxim și minim constituie 2,76% iar abaterea standard și intervalul de încredere pentru valoarea medie constituie, respectiv 2,1% și 1,84%.

Cel mai mare conținut de umiditate al reziduurilor de la viță-de-vie soiuri tehnice s-a semnalat la soiurile Muscat Ottonel, Izabela, Rcatsiteli și Merlot. Diferența absolută dintre conținutul de umiditate maxim și minim este mai mic ca la soiurile de masă și constituie 1,76 % iar abaterea standard și intervalul de încredere pentru valoarea medie constituie, respectiv 2,3% și 2,02%.

În calculul potențialului energetic al reziduurilor de la viță-de-vie noi vom folosi valorile medii ale conținutului de umiditate deoarece domeniul de încredere este aproximativ egal cu diferența absolută dintre valorile limită pentru diferite soiuri de struguri.

În acest studiu umiditatea reziduurilor agricole erbacee a fost măsurată când cultura a ajuns la maturitate. Conținutul de umiditate al reziduurile agricole arboricole și celor de viță-de-vie au fost estimată în timpul tăierilor de îngrijire (martie și aprilie pe timp senin). Pe reziduuri nu erau urme de zapată sau de umezeală de la ploi.

3.2.3. Rezultate sintetice privind valoarea calorifică și compoziția biomasei provenite din reziduuri agricole

Cunoașterea valorii calorifice și identificarea factorilor care o influențează reprezintă etapa inițială fiind și cea mai importantă pentru estimarea potențialului energetic al biomasei disponibile pentru folosire în calitate de materie primă la producerea biocombustibililor densificați. Această informație, împreună cu cea referitoare la originea de proveniență a biomasei, este un cod unic fundamental care caracterizează și determină calitatea biomasei, aplicațiile potențiale și problemele de mediu și dezvoltare durabilă.

Valoarea calorifică este direct dependentă de concentrația elementelor chimice prezente în biomasa și variază mult în funcție de originea și tipul biomasei. Astfel, în biomasă se conține cca. 70 – 80% substanțe volatile (Marian, 2016, p. 69). Pentru comparație, în cărbune concentrația de materii volatile este de aproximativ 30% (Alakangas, 2016, p. 59).

Înafara de originea și tipul biomasei, concentrația elementelor chimice depinde de un șir de alți factori, care trebuie luați în considerare la cuantificarea potențialului energetic și anume:

- procesul de creștere, inclusiv capacitatea speciilor de plante de a absorbi compuși specifici din sol și din aer;

- capacitatea speciilor de plante să transporte și să depoziteze în țesuturi compuși selectivi specifici;

- locația și condițiile de creștere;
- vârsta plantelor;
- îngrășămintele și pesticidele utilizate;
- timpul de recoltare, modul de transportare și depozitare;
- prezența materialelor străine (praf, murdărie, sol etc.).

Compoziția elementară pentru biomasă este prezentată în figura 3.2.

<i>C</i>	<i>H</i>	<i>N</i>	<i>O</i>	<i>S</i>		<i>A</i>	<i>M</i>	
Masa organică convențională				<i>S_o</i>	<i>S_s</i>		<i>M_h</i>	<i>M_i</i>
Masa organică								
Masa combustibilă								
Combustibil anhidru								
Proba uscată la aer, proba de analiză								
Proba inițială								

Figura 3.2. Compoziția chimică a probelor de biomasă: C, H, N, O și S – elementele chimice, respectiv carbon, hidrogen, azot, oxigen și sulf; *S_o* – sulf organic; *S_s* – sulfură; A – conținutul de cenușă; M – umiditatea; *M_h* - umiditatea higroscopică; *M_i* – umiditatea de îmbibație.

Din figura alăturată se observă clar că cu cât este mai mic conținutul de cenușă și cel de umiditate, cu atât este mai mare masa combustibilă, deci și cantitatea de căldură rezultată de la arderea unei anumite cantități de biomasă. Despre conținutul de umiditate prezentă în biomasă și despre umiditatea necesară pentru desfășurarea normală a procesului de densificare a particulelor s-a vorbit în p. 3.2.2. În cele ce urmează ne vom referi la conținutul de cenușă, care după cum s-a menționat, are o influență semnificativă asupra valorii calorifice a materiei prime și a produsului finit.

Cenușa, în esența sa, este un reziduu anorganic rămas după ce apa și materia organică au fost îndepărtate în rezultatul arderii combustibilului. Este compusă din elemente anorganice neinflamabile. Cenușa din biocombustibili are un conținut mare de potasiu, calciu, fosfor, magneziu și alte minerale care pot fi folosite ca fertilizanți. În același timp, cenușa fiind o componentă anorganică, poate crea numeroase probleme de ordin tehnologic și de mediu în timpul procesării biomasei.

Este cunoscut că, în biomasa lemnoasă mineralele constituie aproximativ 1% din masa lemnoasă și cca. 3% din masa cortexului (scoarței) (Alakangas, 2016; Vassilev, et al., 2010; Torrent, et al., 2016). Conținutul ridicat de cenușă, rezultată de la arderea cortexului, se datorează prezenței impurităților minerale în cortex. Această prezență este cauzată de faptul că suprafața

cortexului, în timpul creșterii, este suflată de aerul atmosferic care conține multiple impurități. În același rând suprafața exterioară a cortexului absoarbe aerosolii minerali care se conțin în atmosferă.

Cu alte cuvinte, având în vedere că cortexul nu depășește 10 – 15% din masa totală a biomasei lemnoase, conținutul teoretic de cenușă ar trebui să fie 1,4%, adică se încadrează în cerințele ENPlus, clasele A2 și B, iar biocombustibili densificați de clasa A1 pot fi obținuți doar din biomasă lemnoasă fără coajă.

Cele estimate anterior se referă la cazul ideal, însă în condiții reale de colectare, transportare, depozitare și densificare pot apărea într-o măsură mai mare sau mai mică factorii exemplificați anterior în acest subcapitol. Din acest motiv, este argumentată determinarea analizei chimice a biomasei cu stabilirea puterii calorifice pentru cazurile concrete, cum sunt și reziduurile agricole. Mai mult ca atât, o parte din reziduuri produc o cantitate de cenușă care depășește cu mult normele stabilite și, în acest caz, este necesar să se aprecieze rezonabilitatea folosirii acestora în calitate de materie primă la producerea biocombustibililor densificați, inclusiv a biobrichetelor.

În baza celor constatate, s-a realizat un studiu asupra compoziției și valorii calorifice pentru categoriile de biomasă studiate în p. 3.2.2, adică pentru trei tipuri de biomasă și anume provenită din reziduuri erbacee, provenită din reziduuri arboricole și provenită din reziduuri de viță-de-vie. Datele obținute sunt prezentate sintetic în tabelul 3.4.

Analiza rezultatelor privind conținutul de cenușă în reziduurile agricole erbacee indică că, la acest indicator, cele mai nerecomandate pentru producerea brichetelor sunt tulpinile și frunzele de floarea-soarelui cu 11,8% urmate de paie de grâu cu 5,7% și de tulpinile de porumb cu 4,4 % de cenușă. Celelalte reziduuri erbacee se înscriu în valorile pentru clasa B a normelor ENPlus referitoare la brichete.

După valoarea calorifică, din reziduurile erbacee doar coaja de semințe de floarea soarelui și ciocălăii de porumb se înscrie în limitele stabilite de normele ENPlus pentru brichete, adică permite obținerea unor biobrichete cu valoarea calorifică inferioară mai mare de 15,5 MJ/kg. De menționat că, după conținutul de substanțe nocive (sulf și azot), nici un tip de reziduuri nu corespunde cerințelor EN plus.

Astfel se poate concluziona că materia primă provenită din reziduuri agricole erbacee nu poate fi folosită la producerea biobrichetelor de calitate superioară cu indicatori conformi cerințelor normelor ENPlus. În același timp, este necesar să constatăm că coaja de semințe de floarea soarelui corespunde cerințelor ENPlus după toți parametrii, cu excepția conținutului de sulf (0,07%).

Tabelul 3.4. Analiza calorică și chimică a principalelor reziduuri agricole pretabele pentru producerea biobrichetelor

Denumire cultură	Tip biomasă	Q _V , gr, d	Q _p , net, d	Q _p , net, m=10%	Ad,	Umiditatea		C	H	N	S	O
						M _{rec.}	M _{proc.}					
		în J/g					în % (W.d)					
Reziduuri agricole erbacee												
1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14
Grâu de toamnă și de primăvară	Paie	18382,20	17117,18	15161,17	5,70	17,68	10,00	45,60	5,80	0,48	0,08	42,34
Orz de toamnă și de primăvară	Paie	18492,38	17247,07	15278,06	2,40	24,34	10,00	47,10	5,70	0,46	0,09	44,25
Ovăz	Paie	18106,12	16839,10	14910,89	2,70	19,48	10,00	46,10	5,80	0,47	0,08	44,85
Porumb boabe	Tulpini	17937,51	16736,56	14818,61	4,60	37,80	10,00	47,50	5,50	0,62	0,09	41,69
	Ciocălăi	19122,87	17810,52	15785,17	1,82	45,92	10,00	45,86	6,01	0,46	0,03	45,82
	Boabe	19643,96	18399,03	16314,83	1,40		10,00	48,60	5,70	0,50	0,06	43,74
Floarea-soarelui	Tulpini și frunze	16898,18	15783,57	13960,91	11,80	45,04	10,00	42,50	5,10	1,11	0,11	39,38
	Coajă de seminte	20024,42	18782,70	16660,13	2,60		10,00	51,40	5,70	0,48	0,07	39,75
Reziduuri agricole arboricole												
Meri	Tăieri	20285,18	18979,09	16836,88	1,03	25,43	10,00	46,54	5,98	0,28	0,03	46,14
Peri		20739,37	19561,84	17361,35	1,67	40,49	10,00	45,41	5,37	0,28	0,03	47,24
Gutui		20113,95	18782,94	16660,35	1,74	25,00	10,00	46,40	6,10	0,25	0,02	45,49
Vișini		20664,79	19349,08	17169,88	1,03	25,49	10,00	47,73	6,03	0,28	0,04	44,89
Cireși		22051,28	20812,00	18486,50	1,62	27,61	10,00	44,90	5,66	0,32	0,03	47,47
Caiși		20789,50	19474,16	17282,45	0,88	24,31	10,00	45,70	6,02	0,29	0,03	47,08
Piersici și nectarine		21359,52	20024,44	17777,69	1,38	25,42	10,00	44,31	6,11	0,28	0,03	47,89
Pruni		21397,59	20069,08	17817,87	0,76	34,84	10,00	45,21	6,08	0,30	0,03	47,62
Media		20925,147	19631,6	17424,1	1,26	28,57	10,00	45,78	5,92	0,29	0,03	46,73

1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14
Reziduuri agricole de viță-de-vie												
Vii soiuri de masă:												
<i>Moldova</i>	Tăieri	20687,78	19387,00	17204,00	2,50	36,30	10,00	46,42	5,96	0,34	0,03	44,75
<i>Cardinal</i>		20323,50	19050,08	16900,77	2,35	37,30	10,00	46,42	5,83	0,44	0,03	44,93
<i>Muscat de Hamburg</i>		20197,50	18892,45	16758,90	2,45	36,57	10,00	46,42	5,98	0,35	0,03	44,77
<i>Muscat timpuriu</i>		20299,22	19023,84	16877,16	2,55	35,58	10,00	46,42	5,84	0,37	0,03	44,79
<i>Victoria</i>		20328,52	19025,58	16878,72	2,45	38,33	10,00	46,42	5,97	0,38	0,03	44,75
<i>Chișmiș moldovenesc</i>		20187,41	18895,28	16761,45	2,75	37,89	10,00	46,42	5,92	0,34	0,03	44,54
<i>Arcadia</i>		20192,07	18897,83	16763,75	2,75	38,14	10,00	46,42	5,93	0,39	0,03	44,48
<i>Lora</i>		20323,09	19052,02	16902,52	2,65	37,27	10,00	46,42	5,82	0,38	0,03	44,70
<i>Prezentabil</i>		20222,51	18932,33	16794,80	2,54	37,19	10,00	46,42	5,91	0,37	0,03	44,73
<i>Tudor</i>		20218,52	18926,26	16789,33	2,58	36,59	10,00	46,42	5,92	0,35	0,03	44,70
Media		20298,01	19008,27	16863,14	2,56	37,12	10,00	46,42	5,91	0,37	0,03	44,71
Vii soiuri tehnice :												
<i>Cabernet</i>	Tăieri	19743,52	18455,30	16365,47	2,17	34,84	10,00	46,58	5,90	0,83	0,05	44,47
<i>Sauvignon</i>		19644,68	18377,59	16295,53	2,14	34,88	10,00	46,61	5,80	0,81	0,04	44,60
<i>Merlot</i>		19540,80	18268,51	16197,36	3,04	35,01	10,00	47,15	5,83	0,86	0,02	43,10
<i>Pinot noir</i>		19600,72	18332,41	16254,87	2,74	33,85	10,00	47,14	5,81	0,81	0,02	43,48
<i>Isabella</i>		19375,41	18084,47	16031,72	2,91	35,45	10,00	45,11	5,91	0,84	0,02	45,21
<i>Traminer</i>		19657,72	18380,18	16297,86	2,47	34,50	10,00	46,42	5,85	0,83	0,05	44,38
<i>Aligote</i>		19557,60	18301,14	16226,72	2,47	34,93	10,00	46,35	5,75	0,78	0,04	44,61
<i>Chardonnay</i>		19724,83	18447,28	16358,25	2,47	34,61	10,00	46,41	5,85	0,77	0,04	44,46
<i>Rcatsiteli</i>		19704,78	18429,33	16342,10	2,47	35,30	10,00	46,39	5,84	0,81	0,05	44,44
<i>Sauvignon blanc</i>		19533,51	18260,20	16189,88	2,47	34,91	10,00	46,42	5,83	0,81	0,05	44,42
<i>Muscat Ottonel</i>		19665,42	18394,18	16310,47	2,47	35,61	10,00	46,38	5,82	0,80	0,04	44,49
Media		19613,54	18339,14	16260,93	2,53	34,90	10,00	46,45	5,84	0,81	0,04	44,33

Cuantificarea reziduurilor agricole arboricole arată că toate probele examinate corespund cerințelor ENPlus după toți indicatorii studiați. Cele mai ridicate valori calorifice s-au înregistrat la reziduurile de cireși ($q_{vgr.d.} = 22,05$ MJ/kg, $q_{p,net.m=10.} = 18,49$ MJ/kg), urmate de reziduurile de pruni ($q_{vgr.d.} = 21,40$ MJ/kg, $q_{p,net.m=10.} = 17,82$ MJ/kg). Cele mai joase valori calorifice au fost semnalate la reziduurile de gutui ($q_{vgr.d.} = 20,11$ MJ/kg, $q_{p,net.m=10.} = 16,66$ MJ/kg) și la cele de meri ($q_{vgr.d.} = 20,28$ MJ/kg, $q_{p,net.m=10.} = 16,83$ MJ/kg).

Având în vedere că probele de biomasă arboricolă se referă la reziduurile obținute în rezultatul operațiilor de îngrijire a pomilor fructiferi care diferă mult ca specie, vârstă și tehnologie de tăiere, intervalul de variație a valorii calorifice nu este foarte semnificativă. Astfel, diferența dintre limitele valorii calorifice superioare pentru reziduurile arboricole studiate constituie 9,6% absolut, iar a valorii calorifice inferioare 11%. Diferența procentuală mai mare dintre limitele valorilor calorifice inferioare se explică prin componența chimică a reziduurilor (conținutul de cenușă și de hidrogen este diferit).

Este important să accentuăm că datele prezentate sunt cele medii, iar intervalele de încredere a rezultatelor obținute diferă în funcție de tipul reziduurilor. În tabelul 4.5 se prezintă sintetic valorile parametrilor estimați pentru reziduurile agricole arboricole cu indicarea câmpului de toleranță stabilit în baza intervalului de încredere.

Luând în considerare datele din tabelul 3.5, putem afirma că valoarea calorifică a reziduurilor arboricole nu diferă mult de la un soi de cultură la altul. Acest lucru poate fi explicat prin conținutul aproximativ egal de celuloză, hemiceluloză și lignină în biomasa lemnoasă (Marian, 2016, pp. 27-30).

Tabelul 3.5. Intervalele de încredere pentru valorile calorifice și conținutul de cenușă a reziduurilor agricole arboricole

Denumire reziduuri	q _v , gr, d			Ad		
	Media nominală	Î	Valori limită	Media nominală	Î	Valori limită
	în MJ/kg			în %		
Reziduuri agricole arboricole						
Meri	20,29	0,05	20,29±0,053	1,03	0,26	1,03±0,26
Peri	20,74	0,08	20,74±0,076	1,67	0,35	1,67±0,35
Gutui	20,11	0,07	20,11±0,074	1,74	0,02	1,74±0,02
Vișini	20,66	0,05	20,66±0,047	1,03	0,22	1,03±0,22
Cireși	22,05	0,03	22,05±0,025	1,62	0,31	1,62±0,31
Caiși	20,79	0,05	20,78±0,054	0,88	0,12	0,88±0,12
Piersici și nectarine	21,36	0,02	21,35±0,021	1,38	0,26	1,38±0,26
Pruni	21,40	0,05	21,39±0,045	0,76	0,58	0,76±0,58

Biomasa provenită de la îngrijirea tufelor de viță-de-vie corespunde parțial cerințelor ENPlus (vezi tab. 3.4). De exemplu, valorile medii ale indicatorilor biomasei provenite din viță de

vie soiurile de masă corespund cerințelor ENPlus marcând următoarele rezultate calculate ca media a 10 soiuri de viță-de-vie analizate: $q_{p,net,m=10.} = 16,86$ MJ/kg; $Ad = 2,56\%$; $C = 46,42\%$, $H = 5,91\%$, $N = 0,37\%$, $S = 0,03\%$; $O = 44,71\%$. Indicatorii medii calitativi, pentru soiurile tehnice de viță-de-vie, sunt puțin mai scăzuți marcând următoarele valori: $q_{p,net,m=10.} = 16,26$ MJ/kg; $Ad = 2,53\%$; $C = 46,45\%$, $H = 5,841\%$, $N = 0,81\%$, $S = 0,04\%$; $O = 44,33\%$.

Din rezultatele prezentate se poate preventiv concluda că materia primă pentru producerea biobrichetelor alcătuită din amestecuri de cel puțin 40% biomasă provenită din reziduuri de viță-de-vie soiuri de masă și restul din soiuri tehnice poate fi folosită la producerea biobrichetelor de clasa B (ENPlus).

3.2.4. Factorul unitar de conversie pentru principalele tipuri de biomasă folosită la producerea biobrichetelor

Studiile și estimările potențialului energetic al reziduurilor agricole trebuie să trateze integral aspectele legate de acuratețea datelor referitoare la toți factorii care determină potențialul rezonabil de piață, adică potențialul sustenabil de implementare. În acest sens, unul din factorii principali care influențează încrederea datelor existente referitoare la potențialul energetic al biomasei, este factorul unitar de conversie ($K_{rez.}$). Acest parametru se determină prin raportul dintre masa reziduurilor și masa producției de bază a culturilor respective.

În cazul determinării potențialului energetic teoretic al reziduurilor agricole, factorul unitar de conversie se pare că ar trebui să aibă valori destul de stabile pentru una și aceeași cultură (Marian, 2014b, p. 82), lucru care nu se confirmă de către datele din literatura de specialitate.

De exemplu, Kim, S. și Dale, B.E., analizând potențialul global al etanolului produs din reziduuri provenite de la cultivarea porumbului (Kim & Dale, 2004, p. 361), în calculele sale au folosit $K_{rez.} = 1,0$, (Гаврланд & Побединский, 2008, p. 40 și 63) au indicat valoarea $K_{rez.} = 1,0$. Tot această valoare a fost marcată și de către (Ключ & Забарный, 2011), în timp ce Agenția Internațională de Energie (IEA) (Eisentraut, 2010) și (Гелетуха, et al., 2010) utilizează în calcule $K_{rez.} = 1,5$, aproximativ aceeași valoare ($K_{rez.} = 1,6$) au folosit la calcularea potențialului energetic al reziduurilor de porumb Hăbășescu și Cerempei (2009, p. 30), iar cercetătorii din India (Hiloidhari & Baruah, 2011; Hiloidhari, et al., 2014) consideră că la 1 tonă de producție de boabe de porumb revin 2 tone de reziduuri (tulpini și coceni).

Așa cum s-a arătat mai înainte, există diferențe semnificative între datele existente referitoare la valorile coeficientului unitar de conversie pentru reziduurile de porumb. Situația este similară și la aprecierea cantității de reziduuri rezultate de la alte culturi agricole. De exemplu, pentru grâu, orz și ovăz diferența dintre valoarea maximă și minimă a raportului

reziduuri/producție de bază este de cca. 1,8 ori, la floarea-soarelui – de cca 1,4 ori, la sorg – de cca. 5 ori (Marian, 2014b, p. 82).

Există afirmații că factorul unitar de conversie nu este constant fiind dependent de mărimea roadei. De exemplu, Günther Fischer, Eva Hizsnyik, Sylvia Prieler, Harrij van Velthuisen de la IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis) a folosit la estimarea potențialului de biomasă pentru materie primă la producerea biocombustibililor în Europa (Fischer, et al., 2007, p. 13) o relație liniară inversă între cantitatea de reziduuri produse de la cultivarea porumbului și producția de bază. Astfel pentru cazul când roada depășește 9 t/ha $K_{rez.} = 1,0$, iar pentru randamente 9 ... 1,5 t/ha - $K_{rez.} = 2$ și 0,75 pentru randamentele sub 1,5 t/ha. De menționat că aceste valori pentru factorul unitar de conversie se bazează pe niște date mai vechi publicate de către Koopmans, A. & Koppejan, J, fondate pe măsurători datând cu anii 1997 ... 1991 realizate în Asia (Koopmans & Koppejan, 1998).

În cercetările noastre, referitoare la estimarea potențialului de biomasă pentru scopuri energetice al unor culturi agricole, am explicat existența diferenței mari dintre valorile factorului unitar de conversie și prin faptul că, în majoritatea cazurilor, autorii nu specifică pentru care tip de potențial a fost stabilit factorul unitar de conversie (teoretic, tehnic, economic, de implementare sau de implementare sustenabil). În același timp, de multe ori, nu se specifică umiditatea producției de bază la recoltare și cea a reziduurilor, nu se concretizează condițiile climaterice în care a fost crescute culturile respective și condițiile în care s-a determinat factorul unitar de conversie, nu se prezintă argumente privind veridicitatea rezultatelor obținute. De menționat că, practic, lipsesc cercetări referitoare la stabilirea factorului unitar de conversie pentru culturile agricole crescute în condițiile Republicii Moldova.

Toate cele descrise confirmă necesitatea adâncirii cercetărilor în direcția stabilirii mai precise a valorilor randamentului unic de conversie, în special, pentru culturile pretabile de a fi folosite în calitate de materie primă la producerea biocombustibililor solizi densificați.

În acest studiu am determinat factorul unitar de conversie pentru reziduurile agricole rezultate de la culturile pretabile pentru producerea biocombustibililor densificați în formă de brichete. A fost folosită metodologia prezentată în p. 2.4.

O prezentare generală a factorului unitar de conversie pentru reziduurile din culturile agricole este realizată în tabelele 3.6 și 3.7.

Tabelul 3.6. Stabilirea factorului unitar de conversie reziduu / producție de bază pentru culturi erbacee

Denumire cultură	Tipuri de biomasă	Indicator	Rezultate pentru biomasa după recoltare , kg								K _{rez.rec. max.}	K _{rez.rec. min.}
			1	2	3	4	5	Media	σ	Î		
Grâu de toamnă și de primăvară	Paie	m _{p.b.i.} kg.	3700	3860	3600	3800	4200	3832,00	228,30	200,11		
		m _{rez.} kg	2942	3000	3120	3200	3300	3112,40	145,43	127,47		
		K _{rez. rec.}	0,80	0,78	0,87	0,84	0,79	0,82	0,04	0,04	0,86	0,78
		M _{rec.} %	15,40	19,40	16,40	22,50	14,70	17,68	3,24	2,84		
Orz de toamnă și de primăvară	Paie	m _{p.b.i.}	3000	3200	3400	2900	3450	3190,00	240,83	211,09		
		m _{rez.}	2300	2170	2480	2340	2660	2390,00	187,08	163,98		
		K _{rez. rec.}	0,77	0,68	0,73	0,81	0,77	0,75	0,05	0,04	0,79	0,71
		M _{rec.} %	23,70	33,80	25,40	18,70	20,10	24,34	5,93	5,20		
Ovăz	Paie	m _{p.b.i.}	1900	2220	2100	2000	1900	2024,00	137,40	120,44		
		m _{rez.}	1420	1480	1480	1400	1290	1414,00	77,97	68,35		
		K _{rez. rec.}	0,75	0,67	0,70	0,70	0,68	0,70	0,03	0,03	0,73	0,67
		M _{rec.} %	21,20	16,60	24,40	18,20	17,00	19,48	3,29	2,88		
Porumb boabe	Tulpini	m _{p.b.i.}	3700	3400	3100	2900	3450	3310,00	313,05	274,39		
		m _{rez.}	3980	3620	3520	3520	3720	3672,00	191,10	167,51		
		K _{rez. rec.}	1,08	1,06	1,14	1,21	1,08	1,11	0,06	0,05	1,16	1,06
		M _{rec.} %	43,90	31,10	41,60	30,70	41,70	37,80	6,37	5,58		
Porumb boabe	Coceni	m _{p.b.i.}	3700	3400	3100	2900	3450	3310,00	313,05	274,39		
		m _{rez.}	790	710	700	615	810	725,00	78,10	68,46		
		K _{rez. rec.}	0,21	0,21	0,23	0,21	0,23	0,22	0,01	0,01	0,23	0,21
		M _{rec.} %	24,80	28,80	31,80	43,20	41,00	33,92	7,91	6,93		
Floarea-soarelui	Tulpini și frunze	m _{p.b.i.}	1980	1980	1875	2010	1900	1949,00	58,14	50,96		
		m _{rez.}	2450	2390	2510	2540	2300	2438,00	96,28	84,39		
		K _{rez. rec.}	1,24	1,21	1,34	1,26	1,21	1,25	0,05	0,05	1,30	1,20
		M _{rec.} %	44,10	40,80	37,70	63,40	39,20	45,04	10,53	9,23		

Factorul unitar de conversie pentru culturile erbacee studiate variază foarte mult de la o specie la alta. Cel mai mare factor unitar de conversii s-a dovedit a fi pentru tulpinile de porumb ($K_{rez. rec} = 1,11 \pm 0,05$), urmat de paiele de grâu ($K_{rez. rec} = 0,82 \pm 0,04$), paiele de orz ($K_{rez. rec} = 0,75 \pm 0,04$) și cele de ovăz ($K_{rez. rec} = 0,70 \pm 0,03$). Cel mai mic factor unitar de conversie este pentru ciocălăii de porumb ($K_{rez. rec} = 0,22 \pm 0,01$) și tulpinile și frunzele de floarea-soarelui ($K_{rez. rec} = 0,25 \pm 0,05$). În același timp, valoarea factorului unitar de conversie (intervalul de încredere) pentru una și aceeași specie de cultură erbacee variază în limite foarte mici. De exemplu, ce-a mai mare diferență se urmărește la reziduurile de tulpini de porumb și la cele de tulpini și frunze de floarea-soarelui (0,1 absolut), iar cea mai mică diferență s-a semnalat la ciocălăii de porumb (0,02 absolut). Acest lucru poate fi explicat prin specificul formării cantității de reziduuri care, de regulă, se produce cu tehnică specializată, în termeni optimi de recoltare.

Analiza datelor obținute pentru culturile agricole arboricole și vii arată că factorul unitar de conversie pentru aceste culturi este semnificativ mai mic ca la reziduurile agricole erbacee și se înscrie în limitele de la 0,14 - pentru reziduurile de gutui până la 0,40 - pentru reziduurile de viță-de-vie soiuri de masă.

La calculul potențialului energetic teoretic maxim și minim al reziduurilor agricole luate în studiu noi vom folosi valorile medii ale factorului unitar de conversie $\pm$ intervalul de încredere.

3.3. Originea, calitatea și potențialul principalelor tipuri de biomasă agricolă pretabilă pentru scopuri energetice în Regiunea de Dezvoltare Nord a Republicii Moldova

Regiunea de Dezvoltare Nord include municipiul Bălți, 11 raioane: Briceni, Edineți, Dondușeni, Drochia, Fălești, Florești, Glodeni, Ocnița, Râșcani, Sângerei, Soroca. Suprafața acestei zone reprezintă aproximativ 40% din suprafața totală a Republicii Moldova (10014 km²). Regiunea posedă condiții agro-climatice favorabile pentru dezvoltarea agriculturii, motiv pentru care, din totalul suprafețe, 70% sunt terenuri agricole.

Principalele produse agricole ale Regiunii de Nord sunt cerealele, culturile tehnice și pomicole. Conform datelor statistice pentru anul 2016, în Regiunea de Dezvoltare Nord au fost cultivate 190199 h de culturi cerealiere și leguminoase pentru boabe, 182172 h de culturi tehnice și 17168 h plantații fructifere.

În regiune predomină populația rurală, care constituie cca. 65%. Această situație a lăsat amprente asupra asigurării populației cu energie termică. Doar municipiul Bălți este asigurat cu energie termică de la Centrala electro-termică „Nord”. Centralele termice centralizate din celelalte localități nu funcționează. Această situație a condus la aceea că în multe localități consumatorii casnici și cei publici și-au construit cazangerii autonome, unii sobe și alte mijloace de încălzire. Principalele surse de energie utilizate până în anii 2010, în zonele unde lipsea gazul, erau lemnele și cărbunele.

Tabelul 3.7. Stabilirea factorului unitar de conversie reziduu /producție de bază pentru culturi arboricole și vii

Denumire cultură	Tip biomasă	Indicator	Rezultate pentru biomasa după recoltare (m kg)						σ	Î	K _{rez.rec. max.}	K _{rez.rec. min.}
			1	2	3	4	5	Media				
Meri	Tăieri	m _{p.b.i.} kg.	94	77	90	100	84	89,00	8,89	7,79		
		m _{rez.} kg	26,3	22	28	25	22	24,56	2,37	2,07		
		K _{rez. rec.}	0,28	0,29	0,31	0,25	0,26	0,28	0,02	0,02	0,30	0,26
		M _{rec.} %	35,10	35,40	32,40	38,50	34,70	35,22	2,18	1,91		
Peri		m _{p.b.i.}	48	62	40	54	72	55,20	12,38	10,85		
		m _{rez.}	12,6	12,1	8,1	10,1	12,3	11,04	1,92	1,68		
		K _{rez. rec.}	0,26	0,20	0,20	0,19	0,17	0,20	0,03	0,03	0,23	0,17
		M _{rec.} %	43,70	33,80	35,40	32,70	30,10	35,14	5,16	4,52		
Gutui		m _{p.b.i.}	52	61	74	52	48	57,40	10,43	9,14		
		m _{rez.}	7,2	7,2	7,8	7,2	10,2	7,92	1,30	1,14		
		K _{rez. rec.}	0,14	0,12	0,11	0,14	0,21	0,14	0,04	0,04	0,18	0,10
		M _{rec.} %	31,20	26,60	24,40	31,20	47,00	32,08	8,85	7,76		
Vișini		m _{p.b.i.}	48	40	50	62	64	52,80	10,06	8,82		
		m _{rez.}	7,2	6,3	7,1	12	9,1	8,34	2,29	2,01		
		K _{rez. rec.}	0,15	0,16	0,14	0,19	0,14	0,16	0,02	0,02	0,18	0,14
		M _{rec.} %	43,90	46,10	41,60	56,70	41,70	46,00	6,26	5,49		
Cireși		m _{p.b.i.}	52	40	48	62	70	54,40	11,78	10,33		
		m _{rez.}	12,1	8	12,8	16,8	14,8	12,90	3,30	2,89		
		K _{rez. rec.}	0,23	0,20	0,27	0,27	0,21	0,24	0,03	0,03	0,27	0,21
		M _{rec.} %	44,80	38,80	51,80	53,20	41,00	45,92	6,40	5,61		
Caiși	m _{p.b.i.}	70	80	92	84	70	79,20	9,44	8,27			
	m _{rez.}	18,2	18,7	20,2	30,7	16,3	20,82	5,70	4,99			
	K _{rez. rec.}	0,26	0,23	0,22	0,37	0,23	0,26	0,06	0,05	0,31	0,21	
	M _{rec.} %	44,10	40,80	37,70	63,40	39,20	45,04	10,53	9,23			
Piersici și nectarine	m _{p.b.i.}	52	64	32	48	52	49,60	11,52	10,10			
	m _{rez.}	13,2	12,2	9,2	15,5	12	12,42	2,27	1,99			
	K _{rez. rec.}	0,25	0,19	0,29	0,32	0,23	0,26	0,05	0,04	0,30	0,22	
	M _{rec.} %	42,50	31,90	48,00	54,01	38,60	43,00	8,50	7,45			
Pruni	m _{p.b.i.}	58	44	32	41	52	45,40	10,04	8,80			
	m _{rez.}	13,2	12,2	8,8	8,4	16,7	11,86	3,42	2,99			
	K _{rez. rec.}	0,23	0,28	0,28	0,20	0,32	0,26	0,05	0,04	0,30	0,22	
	M _{rec.} %	34,90	42,50	42,20	31,40	49,10	40,02	6,96	6,10			
Vii soiuri de masă	m _{p.b.i.}	34	42	30	41	30	35,40	5,81	5,10			
	m _{rez.}	13,2	14,7	13	16	13,7	14,12	1,24	1,09			
	K _{rez. rec.}	0,39	0,35	0,43	0,39	0,46	0,40	0,04	0,04	0,44	0,36	
	M _{rec.} %	43,20	39,00	42,26	43,50	50,70	43,73	4,29	3,76			
Vii soiuri tehnice	m _{p.b.i.}	28	31	24	30	21	26,80	4,21	3,69			
	m _{rez.}	11,7	9,1	6	9,2	9,4	9,08	2,03	1,78			
	K _{rez. rec.}	0,42	0,29	0,25	0,31	0,45	0,34	0,09	0,08	0,42	0,26	
	M _{rec.} %	57,60	40,40	36,10	20,50	55,70	42,06	15,25	13,37			

Legendă: În tabelele 3.6 – 3.7 au fost folosite următoarele semnificații: σ – abaterea standard; $\hat{I}$ – intervalul de încredere; $m_{p.b.i.}$ – masa anuală a producției de bază de pe un hectar, kg/ha; $m_{rez.}$ – masa anuală a reziduurilor colectate de pe un hectar, kg/ha; $K_{rez.rec.}$ – factorul unitar de conversie pentru umiditate reziduurilor după recoltare; $M_{rec.}$ % – procentajul masei reziduurilor la recoltare; $K_{rez.rec.max.}$ – valoarea maximă a factorului unitar de conversie pentru umiditate reziduurilor după recoltare; $K_{rez.rec.min.}$ – valoarea minimă a factorului unitar de conversie pentru umiditate reziduurilor după recoltare.

Începând cu anul 2011, în regiune au început să apară cazangerii pe biomasă, inițial pe bază de baloturi de paie, de exemplu, r. Telenești (Chiștelnița, Sărătenii Vechi), r. Sângerei (Alexăndreni), r. Fălești (Bocani, Mărădeni, Pruteni), r. Dondușeni (Crișcăuți, Țaul).

Practica folosirii biomasei pentru încălzire a dovedit că, pentru condițiile Moldovei, mai eficiente sunt termocentralele pe brichete. Acest lucru a impulsionat apariția unui șir de instituții publice care au început să se încălzească cu biobrichete.

În anul 2012 au fost date în exploatare 6 cazangerii pe brichete în r. Glodeni (Camenca, Cuhnești, Funduri Vechi, Petruna, Ustia), r. Dondușeni – 4 cazangerii (liceul și centrul comunitar din Baraboi, gimnaziul din Corbu, grădinița din Sudarca), r. Soroca – 8 cazangerii (Bădiceni, Iorjnița, Niorcani, Schineni, Șolcani, Visoca), r. Râșcani 10 cazangerii (Aluniș, Boroșenii Noi, Duruitoarea Nouă, Gălășeni, Mihăileni, Saptebani, Știubieni) (BEM, 2018).

Comoditatea și eficiența utilizării energiei termice din biobrichete a rezultat înființarea unui număr foarte mare de cazangerii pe biobrichete în anii care au urmat. Astfel, în anii 2013 – 2017, cca 40 de instituții publice au trecut la încălzire cu brichete. La acest număr se adaugă o cifră impunătoare de locuințe individuale dotate cu cazane speciale pe biocombustibili solizi și de beneficiari care folosesc brichetele în sobe.

În situație nouă au apărut mai mulți producători de brichete, care folosesc în calitate de materie primă biomasa agricolă. Acest tip de biomasă, chiar dacă se află în cantități impunătoare în această regiune, totuși cantitatea acesteia este limitată de un șir de condiții tehnico-economice și sociale.

La moment, în literatura de specialitate lipsesc date, pentru regiunea respectivă, bine sistematizate și bine argumentate referitor la potențialul de biomasă agricolă disponibilă pentru a fi folosită în scopuri energetice. Datele existente se referă la general pentru Republica Moldova (Gudîma, 2011; Hăbășescu & Cerempei, 2012; Gudîma & Marian, 2013; Marian, 2014b) sau se referă la un raion luat în parte, de exemplu raionul Soroca (Gudîma, 2017a).

Pentru o estimare veridică a potențialului energetic al reziduurilor agricole pentru producerea biocombustibililor solizi densificați sunt necesare date despre roada medie pe ultimii ani a culturilor respective. Aceste date au fost sistematizate în tabelul 3.8.

În baza datelor din acest paragraf și celor din subcapitolul 3.2 s-a determinat potențialul energetic sustenabil de implementare al principalelor reziduuri agricole specifice Regiunii de Dezvoltare Nord. Inițial s-a determinat potențialul teoretic de biomasă în conformitate cu metodologia descrisă în p. 2.4 iar în baza acestui potențial a fost determinat potențialul sustenabil de implementare adică potențialul de piață. Coeficienții de disponibilitate tehnică și a pierderilor au fost stabiliți în conformitate cu datele prezentate în (Marian, 2014b, p. 89; Gudîma, 2017a) Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul 3.9.

Tabelul 3.8. Principalii indicatori referitori la producția principalelor specii de culturi agricole ale căror reziduuri pot fi folosite în calitate de materie primă la fabricarea biobrichetelor (Regiunea de Dezvoltare Nord, întreprinderi agricole și gospodării țărănești (BNS, 2017)

Denumire cultură	2015			2016			2017			Media pe 3 ani		
	Suprafața, hectare	Roadă medie la 1 hectar, chintale	Producția globală, chintale	Suprafața, hectare	Roadă medie la 1 hectar, chintale	Producția globală, chintale	Suprafața, hectare	Roadă medie la 1 hectar, chintale	Producția globală, chintale	Suprafața, hectare	Roadă medie la 1 hectar, chintale	Producția globală, chintale
Fructe sâmbânțoase ¹⁾	15 654	74,3	1 169 244	14 031	79,2	1 120 832	15 508	126,8	1 984 016	15 064	93,43	1 424 697
...meri	15 603	74,5	1 168 197	13 940	79,5	1 118 272	15 449	127,2	1 982 622	14 997	93,73	1 423 030
...peri	50	18,5	927	83	26	2 160	48	19,4	937	60	21,30	1 341
...gutui	0	0	120	8	50	400	11	41,5	457	6	30,50	326
Fructe sîmburoase ¹⁾	2 710	43,6	119 517	2 665	46	124 546	3 003	54,6	165 267	2 793	48,07	136 443
... vișini	133	11,5	1 530	127	13,6	1 725	130	7,5	980	130	10,87	1 412
...cireși	475	36,6	17 369	466	22,2	10 391	612	41,4	25 477	518	33,40	17 746
...caiși	151	61,6	9 303	221	57,7	13 244	311	31,8	10 009	228	50,37	10 852
...piersici și nectarine	88	48,7	4 285	78	51,9	4 047	91	46,3	4 216	86	48,97	4 183
...pruni	1 863	46	87 030	1 773	52,9	95 139	1 859	66,4	124 585	1 832	55,10	102 251
Vii	240	31,5	7 562	300	19,1	5 726	267	23,6	6 304	269	24,73	6 531
...soiuri de masă	126	49,6	6 252	129	30,9	3 991	83	35,1	2 916	113	38,53	4 386
...soiuri tehnice	114	11,5	1 310	171	10,1	1 735	184	18,4	3 388	156	13,33	2 144
Grâu - total de toamnă și de primăvară	104 760	29,8	3 118 551	113 991	36,3	4 119 447	97 577	39,4	3 841 791	105 443	35,17	3 693 263
inclusiv: de toamnă	104 267	29,8	3 106 607	113 426	36,3	4 105 319	96 698	39,5	3 811 287	104 797	35,20	3 674 404
Orz - total de toamnă și de primăvară	18 909	25,6	482 433	19 124	34,1	652 734	21 052	36,7	770 424	19 695	32,13	635 197
inclusiv de toamnă	12 842	26,2	336 394	13 284	34,6	459 584	9 951	37,3	370 732	12 026	32,70	388 903
Ovăz	130	13,6	1 759	218	23,2	5 021	331	23,9	7 760	226	20,23	4 847
Porumb boabe	55 991	20,3	1 108 742	53 566	36,7	1 937 139	66 993	43,6	2 879 326	58 850	33,53	1 975 069
Floarea-soarelui	103 822	15,5	1 602 797	119 596	18,6	2 209 936	125 056	21,7	2 709 378	116 158	18,60	2 174 037

¹⁾ suprafață este dată pentru plantațiile pe rod

Tabelul 3.9. Potențialul energetic al reziduurilor agricole în Regiunea de Dezvoltare Nord, Republica Moldova

Denumire cultură	S _i (în ha)	m _{p.b.i.} (în kg/ha)	K _{rez.rec.}	K _{rez.rec. max.}	K _{rez.rec. min.}	k _{d.t.e.}	k _{per.}	M _{rec} (în %)	q _{p, net} (în MJ/kg) pentru:		PTR _{M=10%} (în TJ/an)		PSI _{M=10%} (în TJ/an)	
									d	M=10%	max	min	max	min
Fructe sămânțoase¹⁾	15 064	9343									600,99	520,79	432,72	374,97
...meri	14 997	9373	0,28±0,02	0,30	0,26	0,80	0,10	25,43	18,98	16,84	600,57	520,49	432,41	374,75
...peri	60	2130	0,2±0,03	0,23	0,17	0,80	0,10	40,49	19,56	17,36	0,35	0,26	0,26	0,19
...gutui	6	4575	0,14±0,04	0,18	0,10	0,80	0,10	25,00	18,784	16,66	0,07	0,04	0,05	0,03
Fructe sîmburoase¹⁾	2 793	4807									55,52	40,77	39,98	29,35
... vișini	130	1987	0,16±0,02	0,18	0,14	0,80	0,10	25,49	19,35	17,17	0,67	0,52	0,49	0,38
...cireși	518	3340	0,24±0,03	0,27	0,21	0,80	0,10	27,61	20,81	18,49	7,12	5,53	5,12	3,99
...cași	228	5037	0,26±0,05	0,31	0,21	0,80	0,10	24,31	19,47	17,28	5,27	3,57	3,80	2,57
...persici și nectarine	86	4897	0,26±0,04	0,30	0,22	0,80	0,10	25,42	20,02	17,78	1,90	1,39	1,37	1,00
...pruni	1 832	5510	0,26±0,04	0,30	0,22	0,80	0,10	34,84	20,07	17,82	40,56	29,74	29,20	21,42
Vii	269	2473									3,42	2,59	0,92	0,70
...soiuri de masă	113	3853	0,5±0,06	0,44	0,36	0,30	0,10	37,12	19,01	16,86	2,35	1,93	0,64	0,52
...soiuri tehnice	156	1333	0,34±0,08	0,42	0,26	0,30	0,10	34,90	18,34	16,31	1,07	0,66	0,29	0,18
Grâu de toamnă și de primăvară - total	105 443	3517	0,82 ± 0,04	0,86	0,78	0,25	0,10	17,68	17,12	15,16	4463,58	4048,37	1004,31	910,88
Orz de toamnă și de primăvară - total	19 695	3213	0,75 ± 0,04	0,79	0,71	0,25	0,10	24,34	17,25	15,28	654,33	588,07	147,22	132,31
Ovăz	226	2023	0,7 ± 0,03	0,73	0,67	0,25	0,10	19,48	16,84	14,91	4,50	4,13	1,01	0,93
Porumb boabe	58 850	3353									2915,02	2663,38	1639,70	1498,15
... tulpini	58 850	3353	1,11±0,05	1,16	1,06	0,75	0,25	37,80	16,78	14,86	2455,81	2244,10	1381,39	1262,31
...cocălăi	58 850	3353	0,22±0,01	0,23	0,21	0,75	0,25	45,92	17,81	15,79	459,21	419,28	258,31	235,84
Floarea-soarelui - total	116 158	1860	1,25 ± 0,05	1,30	1,20	1,00	0,30	45,04	15,78	13,96	2547,05	2351,12	1782,93	1645,78
Total											11244,42	10219,21	5048,79	4593,08

Legendă: În tabelele 3.8 și 3.9 au fost folosite următoarele semnificații Si - suprafața pentru care este estimat potențialul energetic al reziduurilor agricole; m_{p.b.i.} – masa anuală a producției de bază de pe un hectar; K_{rez.rec.} – factorul unitar de conversie pentru cultura respectivă la recoltare; k_{d.t.e.} – coeficient disponibilitate tehnico-economică; k_{per.} – coeficient pierderi; q_{p,net} - valoarea calorică inferioară a biomasei la presiune constantă; d – în bază uscată; M=10% – în bază umedă; RTR_{M=10%} – potențialul teoretic de reziduuri pentru M=10%; PSI_{M=10%} - potențialul sustenabil de implementare pentru M=10%.

Rezultatele obținute remarcă că în Regiunea de Dezvoltare Nord a Republicii Moldova din activități agricole rezultă o cantitate globală de reziduuri agricole (potențial teoretic de biomasă) pentru energie de la 10219,21 până la 11244,42,63 TJ/an. Cel mai mare potențial teoretic se obține de la cultivarea grâului de toamnă și primăvară (4048,37 - 4463,58 TJ/an) urmat de porumb (2663,38 – 2915,92 TJ/an) și floarea-soarelui (2351,12 – 2547,05 TJ/an). Este foarte mic potențialul teoretic de reziduuri obținut de la cultivarea viței-de-vie (2,59 – 3,42 TJ/an) și cel de la cultivarea ovăzului (4,13 – 4,5 TJ/an).

Din potențialul teoretic doar o parte poate fi implementat pentru producerea biocombustibililor. Aceste limitări sunt cauzate de factori tehnici, economici și de mediu și reduc semnificativ cota de reziduuri care pot fi implementate în anumite condiții și stimulente dictate de piață și de către cerințele de mediu.

Evident că pentru cazul potențialului sustenabil, în virtutea factorilor de influență menționați anterior, se schimbă atât valoarea acestuia cât și ierarhizarea tipurilor de biomasă pretabilă de a fi utilizată la producerea biocombustibililor densificați. Din tabelul 3.10 se poate urmări că potențialul mediu sustenabil de energie obținut din reziduuri agricole în Regiunea de Dezvoltare Nord constituie 4820,93 TJ/an ce constituie cca 44%. În același rând, ierarhizarea potențialului sustenabil de implementare în raport cu potențialul teoretic de energie a suferit următoarele modificări: reziduurilor de floarea-soarelui, s-au deplasat de pe locul trei pe primul și constituie , în mediu 35,57%, reziduurile de porumb au rămas pe același loc – locul 2 cu o pondere de 32,55% mediu, iar reziduurile de paie au trecut de pe primul loc pe al treilea cu 19,86%.

Reziduurile de viță-de-vie și cele de ovăz au pondere în mixtul total de reziduuri sumar de 0,04%. Astfel aceste reziduuri pentru Regiunea de Dezvoltare Nord nu prezintă interes ca sursă de energie.

Tabelul 3.10. Ierarhizarea tipurilor de biomasă după potențialul sustenabil de implementare

Denumire cultură	PSI _M =10%					
	maxim		minim		mediu	
	TJ/an	%	TJ/an	%	TJ/an	%
Floarea-soarelui - total	1782,93	35,31	1645,78	35,83	1714,36	35,57
Porumb boabe - total	1639,7	32,48	1498,15	32,62	1568,93	32,55
Grâu de toamnă și de primăvară- total	1004,31	19,89	910,882	19,83	957,59	19,86
Fructe sâmbânțoase- total	432,715	8,57	374,972	8,16	403,84	8,37
Orz de toamnă și de primăvară - total	147,224	2,92	132,315	2,88	139,77	2,90
Fructe sîmburoase- total	39,976	0,79	29,353	0,64	34,66	0,72
Ovăz	1,014	0,02	0,92	0,02	0,97	0,02
Vii - total	0,924	0,02	0,699	0,02	0,81	0,02
Total	5048,79	100,00	4593,08	100,00	4820,93	100,00

Deoarece biomasa arboricolă posedă aproximativ aceleași valori calorifice pentru calcule economice este rezonabil de a fi sumate toate reziduurile agricole arboricole într-o singură grupă. Astfel cota procentuală a potențialului sustenabil de implementare a reziduurilor agricole pretabile pentru energie în Regiune Economică de Nord a Republicii Moldova obține caracteristici conform prezentării din figura 3.3.

Se remarcă că din totalul potențialului sustenabil de implementare al reziduurilor agricole pot fi folosite direct la producerea biobrichetelor ENPlus doar reziduurile arboricole (cca. 9%) și o parte modestă (cca 5%) din reziduurile de porumb și floarea-soarelui. Celelalte reziduuri pot fi folosite la producerea biobrichetelor de calitate mai inferioară sau în amestec cu alte tipuri de biomasă lemnoasă.

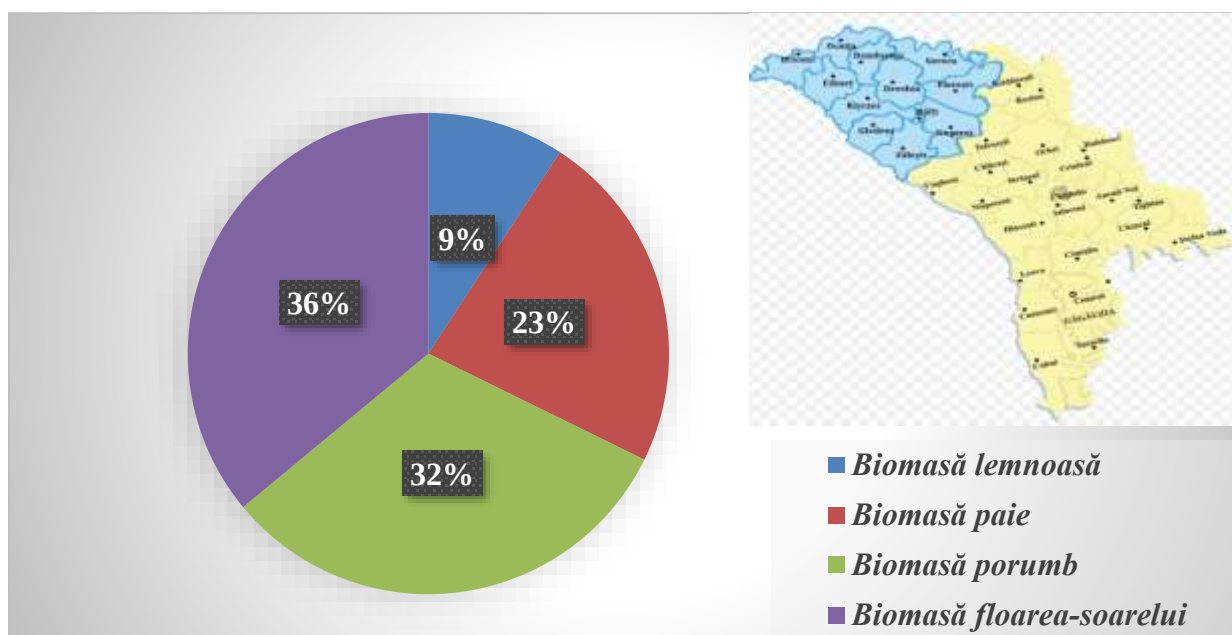


Figura 3.3. Repartizarea procentuală a potențialului sustenabil de implementare a reziduurilor agricole în Regiunea Economică de Dezvoltare Nord din Republica Moldova

Datele obținute corelează parțial cu cele realizate în cadrul Laboratorului de Biocombustibili Solizi, UASM în studiul de caz pentru raionul Soroca (Gudîma, 2017a). Astfel, în raionul Soroca, ca potențial sustenabil de implementare, pe primul loc, ca și în mediu pe Regiune de Dezvoltare Nord, se plasează reziduurile de floarea-soarelui, iar pe locul doi reziduurile de porumb. În același timp reziduurile arboricole, în r-nul Soroca constituie 13% iar, în mediu, pe Regiunea de Dezvoltare Nord – 9%.

3.4. Concluzii la capitolul 3

1. A fost identificată originea și specificul surselor de biomasă agricolă în perspectivele folosirii acesteia în scopuri energetice;

2. A fost determinat conținutul de umiditate la recoltare pentru reziduurile agricole provenite de la 9 specii de arboricole, 5 specii de erbacee și 20 soiuri de viță-de-vie (10 de masă și 10 tehnice);

3. S-a arătat că din punct de vedere tehnic și economic reziduurile arboricole și cele de viță-de-vie trebuie uscate în mod natural în câmp, iar cele din paie pot fi transportate direct la locul de procesare. Cea mai mare umiditate este prezentă în cocenii de porumb (45,92%) și în tulpinile și frunzele de floarea-soarelui (45,04%), deci anume aceste reziduuri consumă cea mai multă energie pentru condiționarea lor prin uscare, adică din punct de vedere economic necesită cheltuieli mai mare pentru uscare decât celelalte reziduuri erbacee și arboricole (Pavlenko , et al., 2018d);

4. Studiul analizei chimice, a conținutului de cenușă și a valorii calorifice a reziduurilor agricole a remarcat că direct pot fi folosite, în calitate de materie primă la producerea biobrichetelor ENPlus, doar reziduurile agricole arboricole. Cele mai ridicate valori calorifice s-au înregistrat la reziduurile de cireși ($q_{vgr.d.} = 22,05$ MJ/kg, $q_{p.net.m=10.} = 18,49$ MJ/kg), urmate de reziduurile de pruni ($q_{vgr.d.} = 21,40$ MJ/kg, $q_{p.net.m=10.} = 17,82$ MJ/kg). Cele mai joase valori calorifice au fost semnalate la reziduurile de gutui ($q_{vgr.d.} = 20,11$ MJ/kg, $q_{p.net.m=10.} = 16,66$ MJ/kg) și la cele de meri ($q_{vgr.d.} = 20,28$ MJ/kg, $q_{p.net.m=10.} = 16,83$ MJ/kg) (Pavlenko, 2018d);

5. Biomasa provenită de la îngrijirea tufelor de viță-de-vie corespunde parțial cerințelor ENPlus (vezi tab. 3.4). De exemplu, valorile medii ale indicatorilor biomasei provenite din soiurile de masă de viță de vie corespund cerințelor ENPlus marcând următoarele rezultate calculate ca media a 10 soiuri de viță-de-vie analizate: $q_{p.net.m=10.} = 16,86$ MJ/kg; $Ad = 2,56\%$; $C = 46,42\%$, $H = 5,91\%$, $N = 0,37\%$, $S = 0,03\%$; $O = 44,71\%$. Indicatorii calitativi medii, pentru soiurile de viță-de-vie soiuri tehnice, sunt puțin mai scăzuți marcând următoarele valori: $q_{p.net.m=10.} = 16,26$ MJ/kg; $Ad = 2,53\%$; $C = 46,45\%$, $H = 5,841\%$, $N = 0,81\%$, $S = 0,04\%$; $O = 44,33\%$ (Pavlenko , et al., 2018d; Pavlenko, 2018d);

6. S-a determinat factorul unitar de conversie pentru toate tipurile de biomasă agricolă indigenă studiate. S-a constatat că acest indicator variază foarte mult de la o specie de reziduuri la alta și cunoașterea acestora va servi temei la argumentarea tehnico-economică a folosirii reziduurilor respective în calitate de materie primă la producerea biobrichetelor (Pavlenko , et al., 2018d);

7. s-a demonstrat că din totalul potențialului sustenabil de implementare al reziduurilor agricole pot fi folosite direct la producerea biobrichetelor ENPlus doar reziduurile arboricole (cca. 9%) și o parte modestă (cca 5%) din reziduurile de porumb și floarea-soarelui. Celelalte reziduuri pot fi folosite la producerea biobrichetelor de calitate mai inferioară sau în amestec cu alte tipuri de biomasă lemnoasă.

4. ÎMBUNĂTĂȚIREA CALITĂȚII BIOBRICHETELOR ÎN ACORD CU POLITICILE DE DEZVOLTARE A SURSELE REGENERABILE DE ENERGIE

4.1. Scopul și ordinea de realizare a investigațiilor

Există mai multe abordări cu privire la densificarea biomasei în formă de brichete. Toate aceste abordări se referă la metoda de densificare a particulelor mărunțite până la o anumită fracție și la utilajul folosit pentru realizarea densificării. De fapt și denumirea tipurilor de brichete provine de la firma care pentru prima dată a elaborat utilajul tehnologic pentru producerea tipului de brichete respectiv. Astfel sunt cunoscute brichete Nestro, Nielsen, Pini-Kay și RUF (Marian, 2016, pp. 136-139). Fiecare metodă de densificare asigură anumite performanțe ale produsului finit. În același timp, indiferent de metodele folosite, obținerea performanțelor solicitate este limitată de mai mulți factori, care au fost grupați de către noi în trei clase: factorii dependenți de calitatea materiei prime; factori dependenți de condiționarea materiei prime și factorii procesului de densificare propriu zis (vezi p.1.4.2).

Cercetările realizate și descrise în capitolul III au demonstrat că, din reziduurile agricole indigene, la producerea biobrichetelor cu caracteristici conforme cerințelor ENPlus pot fi folosite, în mod direct, doar reziduurile arboricole și o parte neînsemnată de reziduuri erbacee. Celelalte reziduuri pot fi utilizate în calitate de componente în diverse amestecuri sau după o prelucrare suplimentară prin procedee tehnologice menite să îmbunătățească calitatea materiei prime.

În general, caracteristicile brichetelor se formează pe parcursul întregului flux de producere (fig. 4.1). Fiecare etapă din flux are specificul său și nerespectarea oricărei din ele prezintă pericol real de a întrerupe lanțul tehnologic. În același timp, factorii de influență a calității, specifici fiecărei etape din flux, prezintă mai multe variante. Alegerea acestor variante trebuie să se bazeze pe stări concrete specifice cu considerarea aspectelor tehnice, economice, sociale și de mediu.

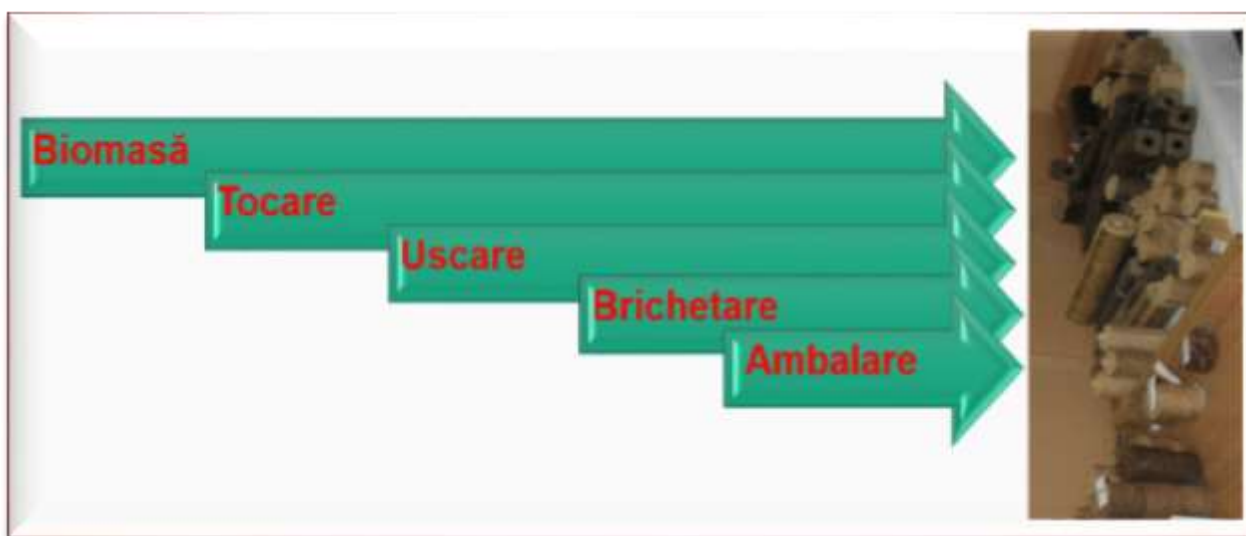


Figura 4.1. Fluxul de producere a biobrichetelor din reziduuri agricole

Subiectul cu privire la biomasa posibilă de a fi folosită în calitate de materie primă a fost abordat în p. 1.4.3. și 3.2. Rezultatele au demonstrat că atunci când ne referim la materia primă obținută din reziduuri arboricole putem asigura o calitate superioară a produsului finit, adică conform normelor ENPlus. Însă, în virtutea faptului că reziduurile agricole arboricole constituie doar 9% din totalul de reziduuri agricole pretabile pentru scopuri energetice, este argumentată cercetarea posibilităților de îmbunătățire a caracteristicilor biobrichetelor produse din celelalte tipuri de reziduuri agricole.

Scopul studiului din acest capitol este studierea posibilităților îmbunătățirii calității biobrichetelor produse din reziduuri agricole indigene în acord cu cerințele standardelor internaționale.

Astfel **primul obiectiv** din acest capitol se referă la formarea unor amestecuri de materie primă indigenă disponibilă în Republica Moldova cu optimizarea constituției amestecurilor elaborate în baza indicatorilor calitativi și economici corelați cu exigențele standardelor europene referitoare la calitatea biocombustibililor solizi densificați.

Al **doilea obiectiv** se referă la perfecționarea tehnologiilor de condiționare a materiei prime folosite la fabricarea biocombustibililor solizi prin optimizarea variabilelor de producție în etapa de condiționare a materiei prime și de densificare.

Al **treilea obiectiv** vizează aspectele de îmbunătățire a calității produsului finit prin folosirea diferitor procedee tehnologice accesibile din punct de vedere tehnico-economic.

4.2. Rezultate privind optimizarea constituției materiei indigene folosite la producerea biobrichetelor cu parametri calitativi conformi exigențelor standardelor UE referitoare la calitatea biocombustibililor solizi

4.2.1. Producerea biocombustibililor solizi cu caracteristici ENPlus – șansă de folosire eficientă a reziduurilor agricole indigene

Cerințele mereu crescânde față de calitatea biocombustibililor solizi impun căutări pentru asigurarea calității produselor finit. Standardizarea proprietăților biocombustibililor solizi, a metodelor de prelevare a probelor și de testare devin reguli ale pieței interne și externe, contribuind la promovarea și utilizarea mai largă a biocombustibililor solizi, inclusiv și a biobrichetelor.

Nivelurile cerute de calitate, reglementate de către seria de standarde referitoare la biocombustibilii solizi SM EN ISO 17225. 1-7:2016, pot fi atinse în mod consecvent prin respectarea cerințelor sistemului de management al calității pe întreg lanțul de aprovizionare care este specific pentru biocombustibilii solizi.

Calitatea biocombustibililor solizi poate fi influențată de diferiți factori care sunt determinați de materia primă și tehnologia utilizate. Pentru producător este important ca atenția

acestui să fie îndreptată spre cerințele normelor internaționale ENPlus, care devin o normă cerută de consumatorii de biocombustibili solizi.

Studiul din acest capitol are scopul de a oferi recomandări concrete privind posibilitatea implementării sistemului de asigurare a calității biobrichetelor cu caracteristici ENPlus prin cercetarea detaliată a proprietăților materiei prime și a amestecurilor pe baza acestora și prin folosirea anumitor procedee tehnologice pe parcursul lanțului de aprovizionare cu combustibili solizi în formă de brichete.

Proprietățile unui amestec de materie primă pentru producerea biocombustibililor solizi pot fi numerotate după cum urmează:

a) să aibă efect asupra degajării căldurii de la ardere prin asigurarea unei valori calorifice inferioare la recepție de cel puțin 15,5 MJ/kg;

b) să fie accesibile în zona de producere din punct de vedere tehnic și economic;

c) să formeze legături intermoleculare puternice pentru asigurarea densității particulelor de cel puțin 0,9 g/cm³ și o durabilitate mecanică suficientă pentru asigurarea conservabilității produsului finit pe parcursul fluxului de aprovizionare;

d) să rezulte, în urma arderii, cel mult 3% cenușă pentru a asigura o ardere completă și o fiabilitate a caznelor conforme cerințelor tehnice;

e) să nu afecteze mediul și sustenabilitatea agriculturii.

Aceste aspecte trebuie analizate separat pentru tipurile de biomasă agricolă pretabilă de a fi folosită în calitate de materie primă la producerea biobrichetelor din reziduuri agricole indigene.

4.2.2. *Perspectivile folosirii reziduurilor erbacee la producere biobrichetelor cu caracteristici calitative ENPlus*

Potențialul reziduurilor de floarea-soarelui și de porumb este cel mai mare în mixtul total de biomasă agricolă pretabilă pentru energie. Cum s-a arătat în această lucrare (tab. 3.9), doar în Regiunea de Dezvoltare Nord a Republicii Moldova potențialul sustenabil de implementare a reziduurilor de floarea-soarelui (fără coaja de semințe) constituie 1714±69 TJ/an iar al celor de porumb este de 1568±71 TJ/an plasându-se ca cotă procentuală în mixtul total de reziduuri agricole din Regiunea de Dezvoltare Nord, respectiv, pe primul și pe al doilea loc. Această situație este analogică pentru toată Republica Moldova (Hăbășescu, 2005; Gudîma & Marian, 2013).

Cultivarea în volume atât de mari a florii-soarelui este motivată de domeniul foarte larg de utilizarea a acestui produs, în special a semințelor bogate în ulei. Șrotul provenit din resturile de semințe rămase după extracția uleiului, cu conținut bogat de proteine și săruri minerale se folosește ca adaos în hrana animalelor. Cenușa rezultată de la arderea tulpinilor, frunzelor și pălăriilor

rămase ca reziduuri prezintă un valoros îngrășământ organic bogat în potasiu (conține cca. 30 ... 40 % de K (Marian, 2014b, pp. 104-105).

În scopuri energetice se folosesc cojile de semințe și amestecurile din tulpini, frunze și pălării. În tabelul 4.1 se prezintă rezultatele analizei probelor de floarea-soarelui prelevate din Regiunea de Nord a Republicii Moldova. Se observa că brichetele fabricate din coajă de floarea-soarelui sunt semnificativ mai calitative ca cele produse de reziduuri integrate (tulpini, frunze, pălării). Este necesar de subliniat, că cinci parametri ai biobrichetelor din coajă de floarea-soarelui se înscriu în normele ENPlus și anume: valoarea calorifică $q_{p.net. r.} = 16,52 \text{ MJ/kg}$ (se înscrie în cerințele normelor ENPlus clasa A1 $Q \geq 15,5 \text{ MJ/kg}$); conținutul de cenușă $A = 2,96\%$ (clasa B); conținutul de umiditate $M = 10$ (clasa A1), conținutul de azot $N = 0,45\%$ (clasa A2), densitatea particulelor $DE = 1,07 \text{ g/cm}^3$ (clasa A1). Biobrichetele din coajă de floarea-soarelui nu corespund cerințelor ENPlus după conținutul de sulf $S = 0,07\%$ (normele ENPlus admit pentru clasele A1 și A2 conținutul de sulf $S \leq 0,4$, pentru clasa B $0,4 < S \leq 0,5$).

În concluzie se poate afirma că biobrichetele din coajă de floarea-soarelui, în esență, corespund cerințelor normelor ENPlus.

Caracteristicile brichetelor din reziduuri integrate de floarea-soarelui (tulpini, frunze, pălării) nu corespund la nici un parametru cerințelor ENPlus. Mai mult ca atât, conținutul de cenușă rezultat de la arderea biobrichetelor din reziduuri integrate de floarea-soarelui este foarte mare ($A = 10,4\%$), iar valoarea calorifică inferioară la recepție este foarte mică ($q_{p.net.r} = 13,98 \text{ MJ/kg}$) ce atestă calitate foarte joasă a acestor brichete.

Cum s-a stabilit anterior, porumbul este a doua cultură care rezultă potențial energetic sustenabil în Regiunea de Dezvoltare Nord a Republicii Moldova. În calitate de materie primă pentru producerea biocombustibililor solizi densificați pot fi folosite tulpinile, frunzele, pănușile, știuleții fără boabe (ciocălăii) și însăși boabele de porumb (în cazul degradării acestora, adică când nu sunt bune pentru alimentarea omului și a animalelor). Tulpinile, frunzele și pănușile se folosesc integral în virtutea specificului tehnologic de colectare, iar ciocălăii, deoarece rezultă după desfacerea știuletelui de boabe, poate fi folosit separat sau împreună cu alte tipuri de biomasă.

Analiza calitativă a reziduurilor de porumb (vezi tab. 4.2) a marcat un conținut scăzut de cenușă în boabe ($1,4 \pm 0,18\%$) și ciocălăi ($1,82 \pm 0,1\%$) și semnificativ mai multă cenușă în reziduurile integrate, colectate imediat după recoltare (tulpini, frunze și pănuși), arătând un conținut de cenușă egal cu ($4,61 \pm 0,11\%$). Procentajul mai mare de cenușă din reziduurile integrate poate fi explicat atât prin compoziția chimică a acestor componente ale porumbului, cât și prin faptul că la recoltare, inevitabil, în componența acestora pătrund diferite particule minerale în formă de praf, particule mărunte din sol etc.

Tabelul 4.1. Analiza reziduurilor de floarea-soarelui și a biobrichetelor produse din aceste reziduuri

Parametri	RI (tulpini, frunze, pălării)	Coajă de semințe	Brichete RI	Brichete coajă de semințe
Conținutul de umiditate, % ...la recoltare	45±10			
... la densificare	10±2	10±2	10	10
Conținutul de cenușă ^{a)} , %	11,8±0,2	2,6±0,2	10,4±0,18	2,96±0,2
Valoarea calorică, MJ/kg				
q_v , gr, d	16,90±0,11	20,02±0,07	16,88	20,06
$q_{p, net, d}$	15,78	18,78	15,71	18,74
$q_{p, net, M=10\%}$	13,96	16,66	13,98	16,62
Analiza chimică, wt, %				
C	42,50	51,40	42,80	51,5
H	5,10	5,70	5,40	5,8
N	1,11	0,48	0,98	0,45
S	0,11	0,07	0,09	0,07
O	39,38	39,75	40,63	39,22
Densitatea papriulelor, g/cm ³			0,87	1,07

După densificare reziduurilor de porumb în brichete, se constată că caracteristicile acestora nu suportă modificări importante în comparație cu materia primă. Pe primul loc cu cea mai mare valoare calorică s-a plasat brichetele din boabe de porumb ($q_{p, net, M=10\%} = 16,3$ MJ/kg), fapt pentru care boabele de porumb se folosesc destul de frecvent la producerea biocombustibililor lichizi, în special al metanolului și etanolului (Marian, G; Muntean, A; Gudîma, A; Pavlenco, A, 2013b, p. 87). Pe locul doi ca valoare calorică se plasează brichetele produse din ciocălăi cu valoare calorică $q_{p, net, M=10\%} = 15,78$ MJ/kg și pe ultimul loc brichetele din reziduuri integrate cu valoarea calorică $q_{p, net, M=10\%} = 14,82$ MJ/kg, care este mai mică ca valoarea minimă recomandată de către normele ENPlus.

Urmărind datele din tabelul 4.2 se poate concluda că din boabe și din ciocălăi de porumb, atât separat cât și integri, pot fi produse biobrichete cu caracteristici conforme normelor ENPlus. Brichetele din reziduuri integrate nu corespund cerințelor ENPlus, însă majoritatea indicatorilor calitativ se află aproape de cei stipulați în normele ENPlus, lucru care indică că aceste reziduuri pot fi folosite ca componente în diferite amestecuri lemnoase în calitate de umplutură. La cele constatate este necesar să se menționeze că densitatea particulelor brichetelor din reziduuri integrate este joasă (0,88 g/cm³), lucru care dă produsului finit un aspect imperfect (fig. 4.2), creând și probleme ce țin de transportare, depozitare și utilizare.

Ca direcție de cercetare pentru viitor se poate sugera ideea unei analize mai profunde cu privire la eficiența tehnico-economică a folosirii brichetelor din reziduuri integrate de

porumb în amestec cu boabe în calitate de hrană pentru animale, în special a celor din grupa rozătoarelor, deoarece reziduurile din porumb brichetate sunt foarte comode din punct de vedere al conservabilității.

Tabelul 4.2. Analiza reziduurilor de porumb și a biobrichetelor produse din aceste reziduiuri

Parametri	RI (tulpini, frunze, pănușe)	Ciocălăi	Boabe	Brichete RI	Brichete ciocălăi	Brichete boabe
Conținutul de umiditate, % ... la recoltare	38±6	45,9±6				
... la densificare	10±2	10±2	10±2	10	10	
Conținutul de cenușă ^{a)} , %	4,61±0,11	1,82±0,1	1,4±0,18	4,71±0,07	1,96±0,17	1,47±0,15
Valoarea calorifică, MJ/kg						
$q_{V, gr, d}$	17,94±0,11	19,12±0,05	19,64±0,1	17,54±0,12	18,94±0,09	19,63±0,1
$q_{p, net, d}$	16,74	17,81	18,4	16,34	17,78	18,37
$q_{p, net, M=10\%}$	14,82	15,78	16,3	13,66	15,76	16,29
Analiza chimică, wt, %						
C	47,50	45,86	48,6	47,50	45,7	48,6
H	5,50	6,01	5,7	5,52	5,30	5,8
N	0,62	0,46	0,5	0,61	0,40	0,5
S	0,09	0,03	0,06	0,08	0,03	0,05
O	41,69	45,82	43,74	41,68	46,59	43,58
Densitatea papriulelor, g/cm ³				0,88	1,12	1,08

Analiza biobrichetelor produse din reziduiuri provenite din spicoase (paie de grâu, de orz și de ovăz) arată că aceste produse, ca valoare calorifică, sunt foarte aproape de limita minimă recomandată de normele ENPlus (15,5 MJ/kg). Cele mai bune brichete sunt cele din paie de orz cu o valoare calorifică inferioară $q_{p, net, M=10\%} = 15,28$ MJ/kg și un conținut de cenușă de 2,47%.



Figura 4.2. Brichete fabricate din biomasă de porumb:
1 – din boabe de porumb; 2 – din coceni de porumb; 3- din reziduiuri integrate (tulpini, frunze, pănușe)

Brichetele din paie de grâu ca valoare calorifică nu diferă mult de cele produse din paie de orz, însă ele conțin un procentaj mult mai mare de cenușă (5,49%), valoare care depășește de cca. 2 ori limita maximă admisă de normele ENPlus.

Brichetele din paie de ovăz sunt de calitate mai joasă și având în vedere potențialul energetic al acestui tip de reziduiuri ($0,97 \pm 0,04$ TJ/an) ele pot fi neglijate ca materie primă la producerea biobrichetelor în Regiunea de Dezvoltare Nord a Republicii Moldova.

La estimarea posibilității folosirii anumitor reziduiuri la producerea biocombustibililor solizi o importanță foarte mare revine conținutului de cenușă. Cenușa de plante conține mult

potasiu, magneziu, calciu, și alte elemente minerale datorită cărora poate fi folosită ca fertilizant. În plus cenușa nu conține minerale grele și alți contaminanți.

Tabelul 4.3. Analiza reziduurilor de paie și a biobrichetelor produse din aceste reziduuri

Parametri	Paie grâu de toamnă	Paie orz	Paie ovăz	Brichete paie de grâu	Brichete paie de orz	Brichete paie de ovăz
Conținutul de umiditate, % ... la recoltare	17,7±3	24,3±5	17±3			
... la densificare	10±2	10±2	10±2	10±2	10±2	10±2
Conținutul de cenușă ^{a)} , %	5,7±0,18	2,4±0,09	2,7±0,17	5,49±0,18	2,47±0,1	2,81±0,09
Valoarea calorică, MJ/kg						
Q _{v, gr. d}	18,4±0,11	18,49±0,07	18,11±0,12	18,35±0,1	18,15±0,11	18,18±0,07
Q _{p, net, d}	17,1	17,23	16,84	17,09	17,25	16,74
Q _{p, net, M=10%}	15,2	15,28	14,91	15,2	15,28	14,82
Analiza chimică, wt, %						
C	45,6	47,1	46,1	45,7	46,1	45,8
H	5,8	5,7	5,8	5,8	5,7	5,8
N	0,48	0,46	0,47	0,42	0,43	0,41
S	0,08	0,09	0,08	0,05	0,05	0,05
O	42,34	44,25	44,85	42,54	45,25	45,13
Densitatea papriulelor, g/cm ³				0,92	0,94	0,94

În același timp, cenușa este un balast care provoacă multe probleme pe parcursul procesării și combustiei biocombustibililor. Prezența cenușii micșorează valoarea calorică inferioară, siliciul contribuie la accelerarea uzării aparatelor de lucru a mărunțitoarelor, potasiul și calciul înrăutățește procesul de ardere prin depunerea de corpuri străine pe schimbătoare de căldură și prin formare zgurii la baza cuptoarelor de ardere, conținutul de clor ia parte la formarea de compuși care împreună cu alți compuși cauzează efecte corozive intense a pieselor metalice din aparatele de ardere (Marian, 2016, pp. 53, 76). Anume din aceste cauze normele ENPlus a stabilit limite brichete și anume 1% - pentru categoria A1, 1,5% pentru categoria A2 și 3% - pentru categoria B.

Din figura 4.3 se observă că conținutul de cenușă din brichete este ceva mai mare ca cel din materia primă. Aceasta se explică prin pătrunderea, în materia primă, în procesul de colectare, transportare, condiționare și densificare a diferitor incluziuni de sol, nisip praf și alte impurități care măresc conținutul de cenușă.

Din figura 4.3 se poate urmări că nici un reziduu din cele estimate, după conținutul de cenușă, nu asigură producerea biobrichetelor de clasa A1. Din boabe de porumb pot fi fabricate biobrichete de clasa A2, iar din ciocălăi de porumb, paie de orz și de ovăz, și din coajă de floarea-soarelui pot fi produse biobrichete din categoria B ENPlus. Cel mai mare conținut de cenușă s-a marcat la biobrichetele produse din reziduuri de floarea-soarelui și din paie de grâu.

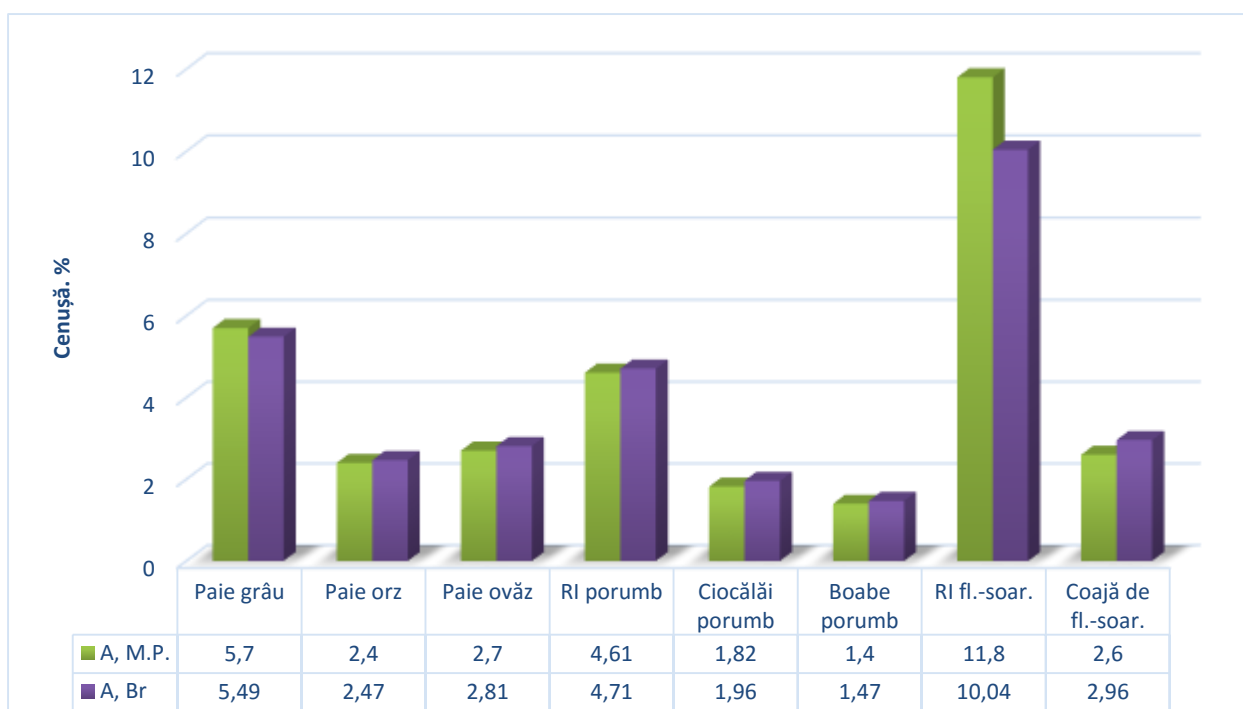


Figura 4.3. Conținutul de cenușă a materiei prime și brichetelor produse din reziduuri agricole erbacee: RI – reziduuri întregi formate din tulpini, frunze și pănuși, în cazul porumbului și din tulpini, frunze și pălării – în cazul floare-soarelui.

Normele ENPlus limitează, pentru toate trei clase de calitate a biobrichetelor, limita minimă a valorii calorifice de cel puțin 15,5 MJ/kg (4,3 kWh/kg). Acestor cerințe corespund biobrichetele produse din coajă de floarea-soarelui, boabe de porumb și ciocălăi de porumb (fig. 4.4).

Foarte aproape de limita minimă impusă pentru valoarea calorifică de către normele ENPlus se află biobrichetele din paie de orz și de grâu. Astfel, este rezonabil ca aceste reziduuri să se folosească la formarea amestecurilor de materie primă pentru producerea biobrichetelor cu caracteristici ENPlus.

Cerințele cu privire la conținutul de elemente chimice în biobrichete a devenit mai lejere în comparație cu cerințele din standardele precedente. Astfel, standardul SM EN ISO 17225-3:2017, în raport cu standardul SMV EN 14916-3:2012, permite un conținut maxim de sulf pentru clasele A1 și A2 egal cu 0,4% față de 0,3 în standardul vechi și cel mult 0,5% în raport cu 0,4% pentru clasa B. Celelalte cerințe cu privire la compoziția chimică au rămas neschimbate.

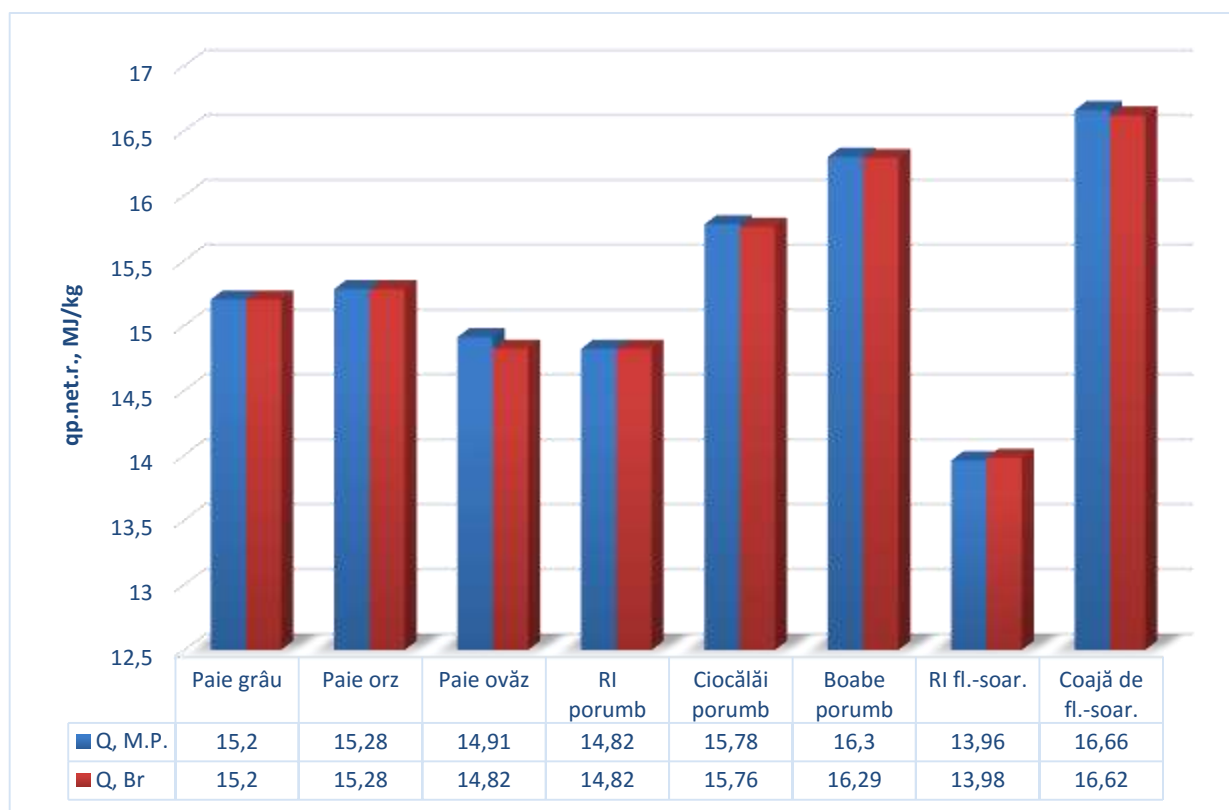


Figura 4.4. Valoarea calorică a materiei prime și brichetelor produse din reziduuri agricole erbacee

Urmărind datele din tabelul 4.5 constatăm că, în funcție de conținutul de azot, în clasa A1 nu se înscrie nici un tip de biobrichete, clasei A2 corespund brichetele din toate tipurile de paie, din ciocălăi și boabe de porumb. Biobrichetele fabricate din celelalte tipuri de reziduuri, după conținutul de azot, se înscriu în clasa ENPlus B.

În funcție de conținutul de sulf, pot fi fabricate biobrichete de clasa ENPlus A1 și A2 doar din ciocălăi de porumb. Celelalte tipuri de reziduuri, cu excepția celor întregi de porumb și de floarea-soarelui și celor din coajă de floarea soarelui, pot fi folosite la producerea biobrichetelor ENPlus B.

În baza rezultatelor obținute în studiul din acest paragraf se poate conclud că reziduurile agricole erbacee reprezintă un valoros potențial de materie primă la producerea biobrichetelor, însă direct, adică fără adausuri de alt tip de biomasă, brichete cu caracteristici ENPlus pot fi produse doar din boabe și din ciocălăi de porumb. Coaja de floarea-soarelui poate fi folosită la producerea biobrichetelor, însă este necesar să se întreprindă măsuri pentru micșorarea conținutului de sulf.

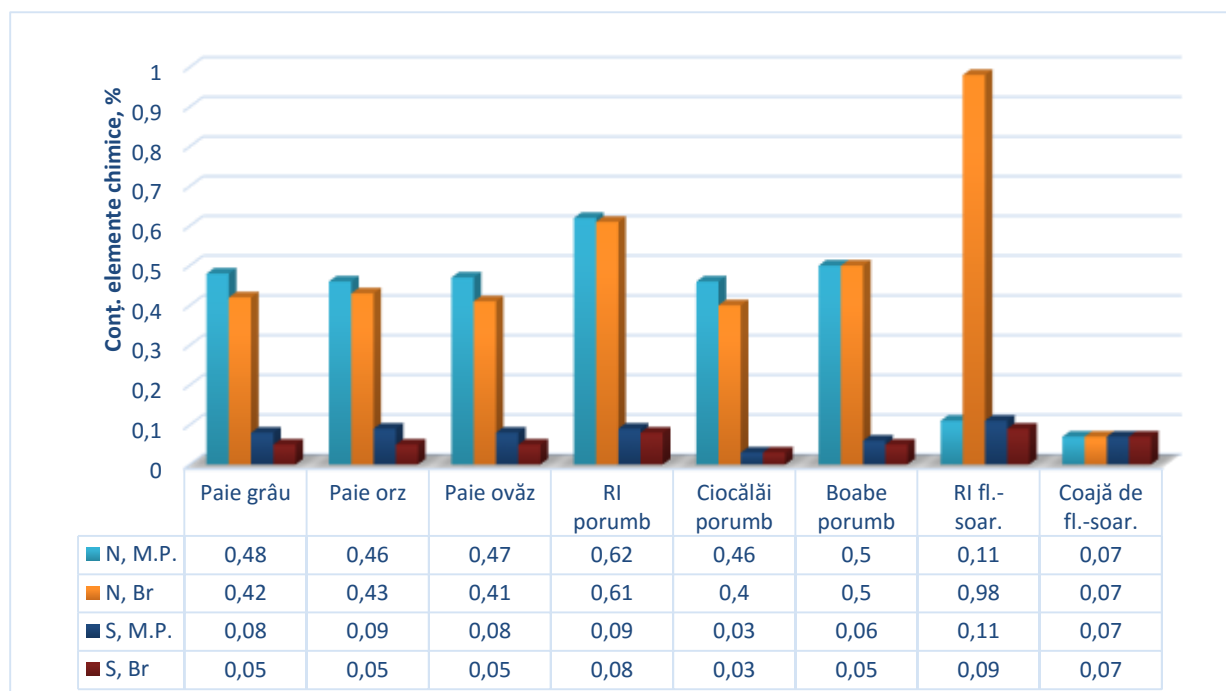


Figura 4.5. Analiza chimică a materiei prime și brichetelor produse din reziduuri agricole erbacee

Cele mai indicate materiale pentru folosire în calitate de component auxiliar la formarea adaosurilor de biomasă sunt toate tipurile de paie. Acest lucru se confirmă și prin potențialul destul de mare al acestui tip de reziduuri. Reziduurile integrate de porumb și de floarea-soarelui este bine să se folosească pentru alte destinații decât cel de materie primă la producerea biobrichetelor.

4.2.3. Perspectivă folosirii reziduurilor arboricole și a amestecurilor pe baza acestora la producerea biobrichetelor cu caracteristici calitative ENPlus

Studiul a fost realizat prin aprecierea biobrichetelor fabricate din biomasă arboricolă separat din fiecare tip de biomasă și prin aprecierea proprietăților pentru amestecuri din biomasa lemnoasă cu caracteristici cantitative și calitative dominante.

Analizând din punct de vedere calitativ reziduurile agricole prezentate în figurile 4.6 – 4.8 se remarcă că, în funcție de valoarea calorică, toate reziduurile agricole arboricole asigură o valoare calorică superioară celei stipulate în normele ENPlus. Cea mai ridicată valoare calorică posedă biobrichetele produse din cireși (17,997 MJ/kg), meri (17,721 MJ/kg) și cele din pruni (17,702 MJ/kg).

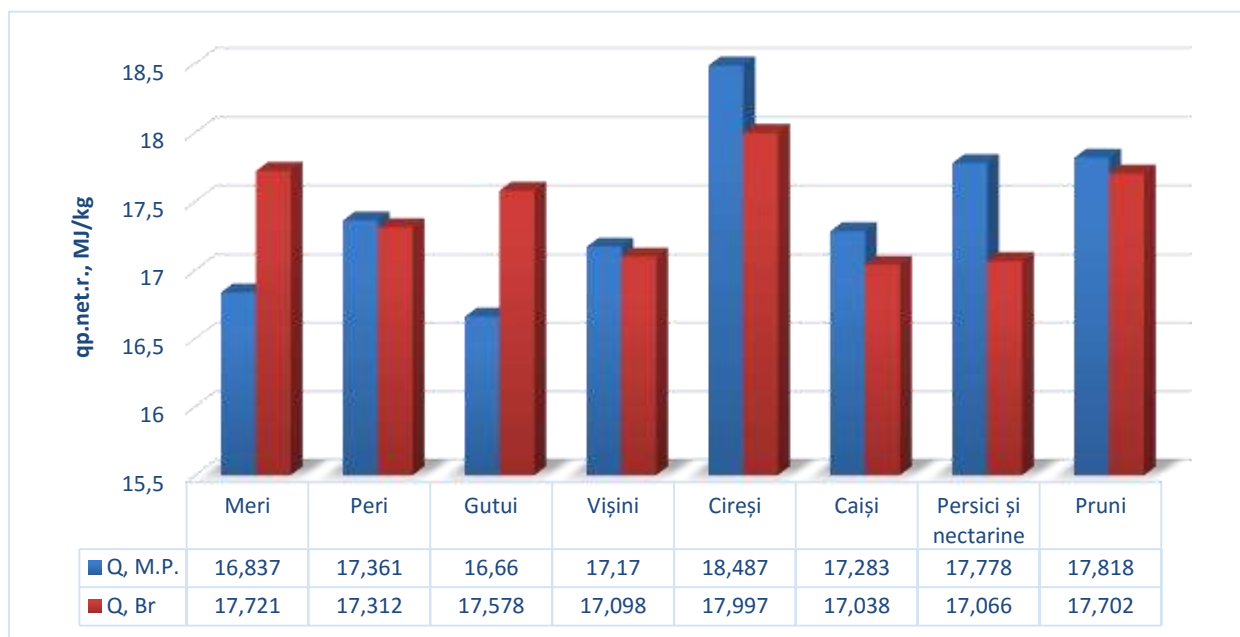


Figura 4.6. Valoarea calorică a materiei prime și a brichetelor produse din reziduuri agricole arboricole

În rezultatul arderii biobrichetelor fabricate din reziduuri agricole arboricole, cea mai puțină cenușă a rezultat biobrichetele din pruni (0,74%) și din meri (0,9%). După acest indicator aceste biobrichete se înscriu în clasa A1 ENplus.

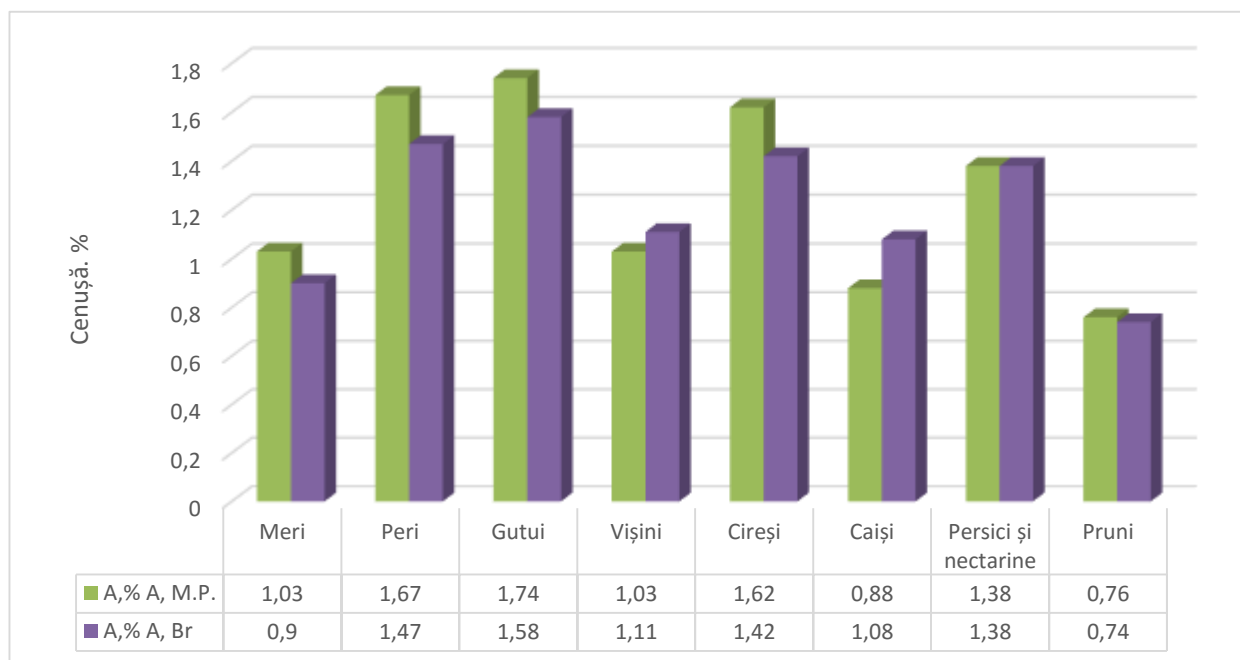


Figura 4.7. Conținutul de cenușă a materiei prime și brichetelor produse din reziduuri agricole arboricole

Toate celelalte tipuri de brichete, cu excepția celor din reziduuri de gutui, corespund cerințelor pentru clasa A2 ENplus. Biobrichetele din reziduuri de gutui, de asemenea, corespund cerințelor ENPlus ca capitoul conținut de cenușă, numai că pentru clas B.

După conținutul de azot și de sulf toate brichetele produse din reziduurile arboricole studiate corespund cerințelor pentru clasa A1 ENPlus.

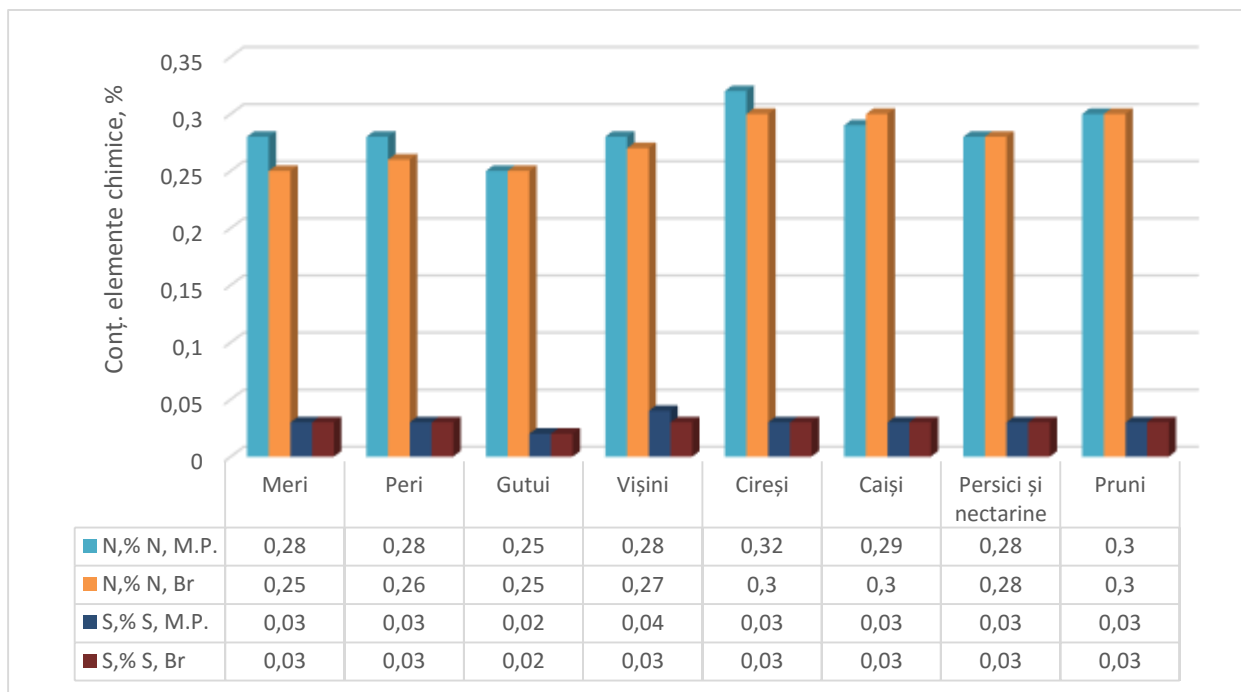


Figura 4.8. Analiza chimică a materiei prime și brichetelor produse din reziduuri agricole arboricole

Astfel, cuantificarea calitativă a reziduurilor arboricole studiate remarcă că toate reziduurile agricole pot fi folosite la producerea biocombustibililor solizi densificați în formă de biobrichete cu caracteristici conforme cerințelor normelor internaționale ENPlus. În topul celor mai bune reziduuri pentru producerea biobrichetelor se află reziduurile din pruni și meri. Aceste tipuri de reziduuri constituie și potențialul cel mai semnificativ în Regiunea de Dezvoltare Nord cu 374,75 TJ/an reziduuri de meri și cu 21,42 TJ/an reziduuri de pruni (vezi tab. 4.3).

În baza celor constatăte rezultă că reziduurile arboricole de măr și de prun sunt cele mai potrivite pentru producerea biobrichetelor de calitate ENPlus și că acestea posedă cea mai bună perspectivă de utilizare ca component de bază la formarea amestecurilor din biomasă lemnoasă și erbacee.

4.2.4. Îmbunătățirea calității biobrichetelor prin folosirea materiei prime formată din amestecuri de reziduuri agricole

Cercetările ce urmează se referă la estimarea unui șir de amestecuri formate din reziduuri agricole arboricole cu adaosuri de paie de grâu.

Cum s-a arătat în tab.4.3 paie de grâu au marcat următorii parametri: valoare calorică ($q_{p, \text{net}, M=10\%} = 15,2 \text{ MJ/kg}$), adică aproape de limita minimă stabilită de normele ENPlus, conținutul de cenușă în limitele $5,7 \pm 0,18\%$, conținut de azot $0,48\%$ și de sulf $0,08\%$. Acești indicatori vorbesc despre posibilitatea folosirii paielor de grâu în calitate de adaosuri la formarea amestecurilor pe baza biomasei lemnoase, însă este necesar să se aibă în vedere că cantitățile mari de paie în amestecuri pot cauza probleme din pricina prezenței în proporții destul de mari a potasiului ($K = 0,2-2,6 \text{ w\%}$) și sodiului ($Na = 0,01-0,6 \text{ w\%}$) (Alakangas, 2016, p. 77), care coboară fuzibilitatea cenușii și, prin urmare, se intensifică formarea zgurii și depunerilor de rășini pe arzătoare ce reduce schimbul de căldură.

Pentru stabilirea cotei maxime de paie posibile de a fi folosite la formarea amestecurilor au fost preparate 10 probe cu constituția prezentată în tabelul 4.4.

Tabelul 4.4. Parametrii de calitate a biobrichetelor din amestecuri din paie cu reziduuri agricole arboricole de măr

	RE, w%	RL, w%	$q_{p, \text{net}, M=10\%},$ MJ/kg	A, %	N,%	S,%	Cl, %	DE,g/cm ³
Proba nr. 1	0	100	17,721	0,9	0,25	0,03	0,02	$1,12 \pm 0,01$
Proba nr. 2	10	90	17,64	0,9	0,25	0,03	0,02	$1,09 \pm 0,012$
Proba nr. 3	15	85	17,214	1,21	0,32	0,03	0,02	$1,09 \pm 0,011$
Proba nr. 4	20	80	16,84	1,48	0,32	0,03	0,02	$1,07 \pm 0,009$
Proba nr. 5	25	75	16,54	1,72	0,32	0,04	0,02	$1,03 \pm 0,01$
Proba nr. 6	30	70	16,52	1,84	0,34	0,04	0,02	$1,03 \pm 0,012$
Proba nr. 7	35	65	16,52	2,14	0,34	0,04	0,02	$1,01 \pm 0,011$
Proba nr. 8	40	60	16,5	2,84	0,38	0,04	0,02	$1,01 \pm 0,01$
Proba nr. 9	45	55	16,5	3,42	0,42	0,04	0,02	$0,96 \pm 0,009$
Proba nr. 10	50	50	16,1	3,61	0,42	0,04	0,02	$0,95 \pm 0,013$

Toți parametrii calitativi ai probelor 1 ... 2 se înscriu în limitele prevăzute de către SM EN ISO 17225-3:2016 pentru clasa A1 ENPlus. Probele 3 ... 4, la toți parametrii calitativi, se înscriu în clasa A2 ENPlus. Probele 5 ... 8 se înscriu la toți parametri în clasa B ENPlus. Probele 9 și 10 se înscriu în normele ENPlus la toți parametrii calitativi, cu excepția conținutului de cenușă.

În rezultatul studiului efectuat se poate recomanda folosirea paielor de grâu în calitate de component în amestec cu reziduuri arboricole pentru producerea materiei prime utilizate la fabricarea biobrichetelor cu parametri calitativi EN Plus în următoarele proporții: biobrichete clasa A1 ENPlus – până la 10% paie; A2 ENPlus – până la 20% de paie și biobrichete clasa B – până la 40% paie.

4.3. Perfecționarea tehnologiilor de producere a biocombustibililor solizi

4.3.1. Principiile tehnologiilor de densificare prin brichetare a biomasei

Există mai multe procese de densificare a biomasei (balotare, extrudare, peletizare, brichetare), însă brichetarea și peletizarea sunt cele mai răspândite. Densificarea biomasei în brichete asigură o densitate a biomasei de până la zece ori mai mare decât în stare inițială (Kaliyan & Morey, 2009). O astfel de prelucrare densitatea energetică pe o unitate de volum, ce conduce la mărirea conservabilității produsului, micșorarea emisiilor de particule la transportare, depozitare și ardere. În același timp, procesul de densificare a biomasei este unul destul de complex dependent de mai mulți factori printre care se regăsesc: presiunea densificării, temperatura densificării, dimensiunile particulelor și umiditatea biomasei (Marian, G; Gudîma, A; Pavlenco, A, 2017a).

Mai mulți cercetători au demonstrat că reziduurile agricole, cum ar fi cojile de orez, reziduurile de porumb (Muazu & Stegemann, 2015), paie de grâu, orz și ovăz, tăierile de pomi fructiferi (Marian, G; Gudîma, A; Pavlenco, A, 2017a) pot fi densificate în formă de brichete și peleți. Această varietate de biomasă posedă proprietăți diferite de densificare, lucru explicat prin conținut diferit de lignină, hemiceluloză și celuloză. Biomasa cu conținut mai mare de lignină, amidon și proteine prezintă o compactare mai bună și legături de coeziune și adeziune mai pronunțate (Kaliyan & Morey, 2009; Gendek, et al., 2018).

Mecanismul de formare a legăturilor dintre particulele de biomasă la densificare au alcătuit subiectul mai multor studii (Bajwa, et al., 2018; Muazu & Stegemann, 2015), accentul fiind pus pe stabilirea corelării dintre mecanismul de formare a legăturilor inter particule și factorii care influențează procesul de formare a acestor legături.

Sunt destul de bine cunoscute variabilele de proces și parametrii acestora la densificarea biomasei prin peletizare (Mani, et al., 2006; Gudîma, 2018), însă relațiile dintre variabilele de producere și mecanismul de densificarea prin brichetare sunt mai puțin abordată în studiile de specialitate. Dacă, la peletizare, majoritatea cercetătorilor optează pentru particule cât mai fine a biomasei atunci în cazul densificării produselor cu diametre mai mari, cum sunt brichetele (Nguyen, et al., 2015), aceste recomandări nu corelează din punct de vedere tehnic și economic (Muntean, et al., 2011; Stolarski, et al., 2013).

Însăși mecanismul densificării este compus din câteva faze cu rol bine determinat în procesul de densificare dar și cu influență destul de complexă și diferită asupra procesului de formare a legăturilor de adeziune și coeziune (fig. 4.9). În faza inițială a densificării are loc rearanjarea particulelor, glisarea și stivuirea acestora. Se începe micșorarea volumului ocupat de particule. În această fază procesul este influențat de mai mulți factori și, în special, de forma și dimensiunile particulelor și de variabilele procesului de densificare.

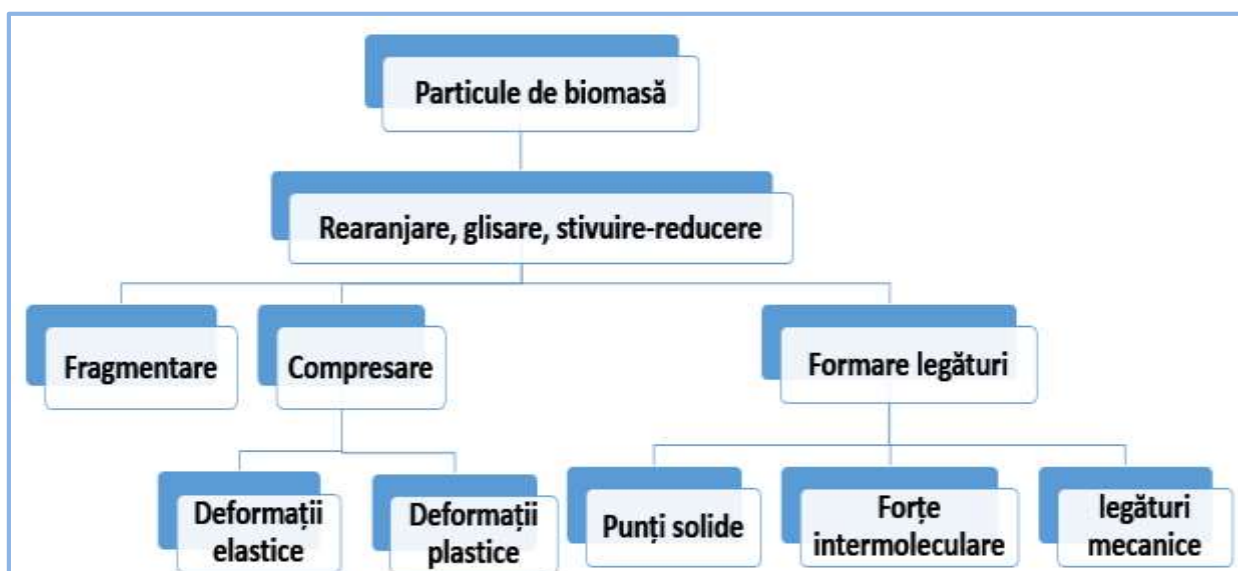


Figura 4.9. Mecanismul densificării particulelor la brichetare

În studiul realizat de către noi cu privire la influența variabilelor de producție asupra calității densificării au fost evidențiați principalii factori de influență a calității biocombustibililor densificați și au fost structurate căile posibile de mărire a calității acestora prin optimizarea variabilelor materiei prime și celor de fabricație (Gudîma, A; Marian, G; Pavlenco, A., 2017b). Tot în acest studiu s-a arătat că prezintă interes studierea gradului de densificare funcție de valoarea presiunii care, la rândul său, este dependentă de mai mulți factori printre care mai importanți sunt caracteristicile fizice și mecanice ale biomasei, umiditatea, temperatura și dimensiunile particulelor materiei prime.

Există cercetări cu privire la stabilirea unor relații matematice care ar corela calitatea densificării funcție de forțele care acționează în camera de lucru a mecanismului de densificare. Acest mecanism a fost detaliat analizat în lucrarea (Holm, et al., 2006) și verificată experimental de către noi pentru cazul producerii peletilor din reziduuri agricole (Marian, G; Gudîma, A; Pavlenco, A, 2017a). Astfel, pentru determinarea forței de presare la densificarea biomasei pentru condiții constante a fost propusă următoarea formulă:

$$P_x = \frac{P_{No}}{V_{LR}} (e^{4\mu v_{LR}^c} - 1), \quad (4.1).$$

în care P_{No} este presiunea de precomprimare care include plasticitatea modelului; v_{LR} - raportul Poisson (indicele L denotă direcția tensiunilor exterioare: $L = \text{axe longitudinale a fibrelor}$, iar R - direcția deformațiilor transversale: $R = \text{axe radiale a fibrelor}$); μ - coeficientul de frecare; c - raportul de compresie, definit ca raportul dintre lungimea biocombustibilului densificat în matriță (x) și diametrul ($2r$):

Cu ajutorul modelului propus poate fi determinată, aproximativ, presiunea necesară procesului de densificare, însă neajunsul acestui model este că el nu include un șir de parametri

tehnologici cum sunt temperatura presării, caracteristicile dimensionale ale materialului, lucru care, pentru cazul brichetelor, poate fi stabilit doar pe cale experimentală cu formularea unor ecuații de regresie care ar include mai mulți factori de influență.

4.3.2. Calitatea biobrichetelor funcție de variabilele de densificare

Cum s-a stabilit în p.1.4.4, calitatea biobrichetelor este direct influențată de parametrii biomasei (origine, umiditate, dimensiunile particulelor) și de regimurile densificării (presiune, temperatură). Acest lucru a fost arătat și în studiul, prezentat de către noi în lucrarea (Gudîma, A; Marian, G; Pavlenco, A; 2017b), referitor la influența variabililor de producție asupra calității biocombustibililor densificați. În rezultatul studiului au fost evidențiate principalele căi de îmbunătățire a calității biocombustibililor densificați, printre care se regăsesc: perfecționarea formării legăturilor de coeziune și de adeziune a particulelor de biomasă în procesul densificării; optimizarea regimurilor de densificare; micșorarea cantității de extractive din materie primă prin diverse procedee termochimice. Acest lucru, în plină măsură, se referă și la biobrichetele densificate din reziduuri solide.

Studiul calității biobrichetelor funcție de variabilele densificării s-a realizat în două etape:

În prima etapă a fost estimată distribuția dimensională a particulelor după mărunțirea reziduurilor agricole cu separarea particulelor prin diferite site. Motivarea acestui studiu derivă din faptul că procesul de mărunțire a biomasei, pe lângă aceea că influențează semnificativ calitatea biobrichetelor, este destul de energointensiv, iar optimizarea dimensiunilor particulelor conduce la scăderea consumului de energie.

În etapa a doua, experimental, a fost stabilită interacțiunea a patru variabile de densificare (temperatura matriței, umiditatea biomasei înainte de densificare, dimensiunilor particulelor, forța de presare la densificarea particulelor).

Distribuția dimensiunilor particulelor s-a studiat pentru patru tipuri de biomasă: reziduuri arboricole; reziduuri de viță-de-vie și paie de grâu. Înainte de mărunțire toate probele au fost aduse la aceeași umiditate (10 ± 1 °C) prin uscare în etuva cu vid EV MGGAPA 2. Biomasa a fost mărunțită la moara cu ciocane SV 7 cu trecerea prin site cu dimensiunile ochiurilor de 4, 6 și 8 mm.

Rezultatele obținute arată că cea mai uniformă distribuție a particulelor se obține: pentru paie – prin cernere cu dimensiunile ecranului sitei egal cu 6 mm, iar pentru reziduurile arboricole și celei de viță-de-vie – prin cernere cu site cu dimensiunile ochiurilor 6 și 8 mm (fig. 4.10, 4.11).

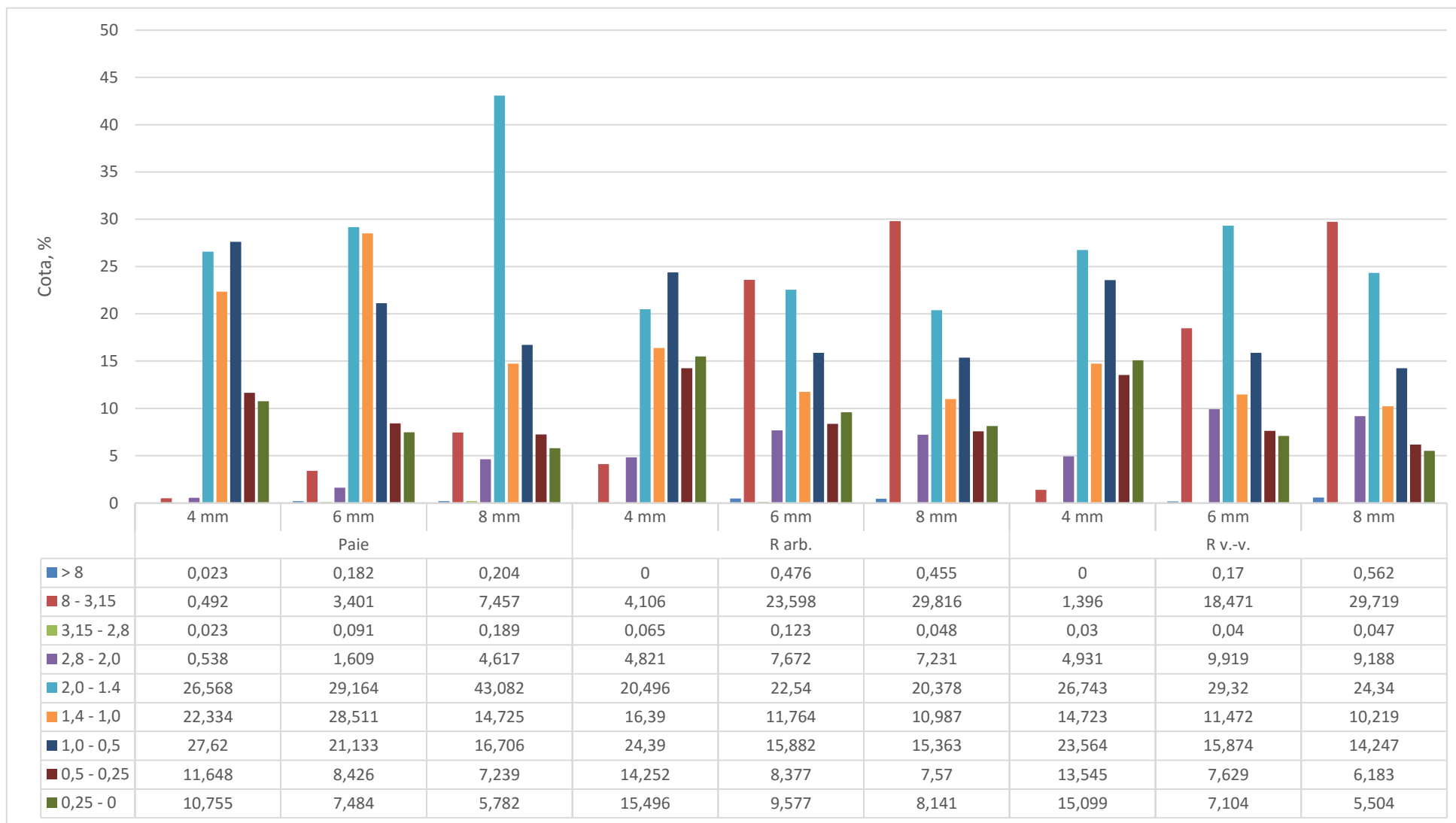


Figura 4.10. Distribuția particulelor de biomasă după măcinare funcție de originea biomasei și dimensiunile ecranului sitelor de cernut: *Paie* – reziduuri de paie de grâu; *R arb* – reziduuri arboricole; *R v.-v.* – reziduuri de viță-de-vie.

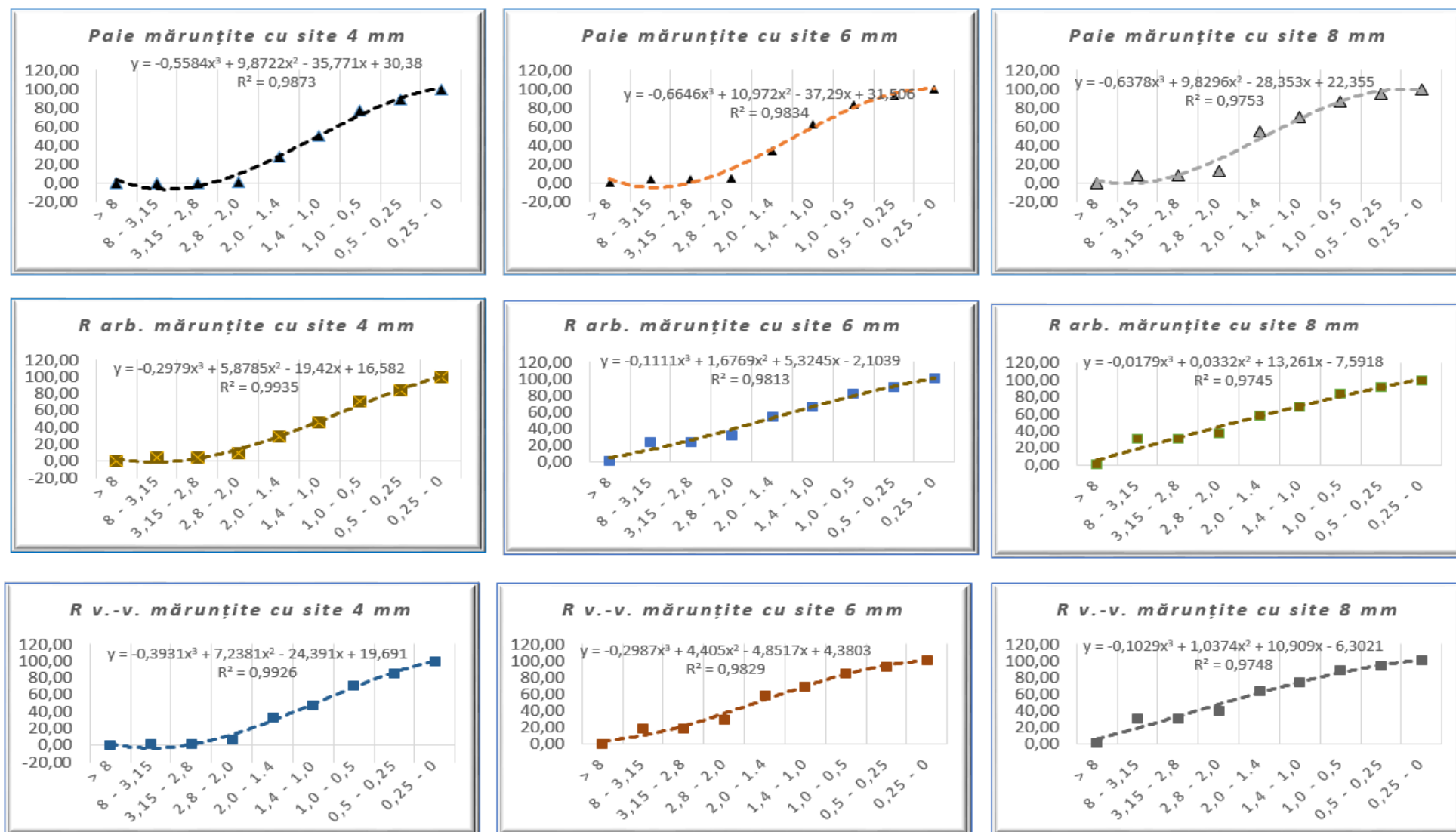


Figura 4.11. Comparația distribuției cumulative a dimensiunilor particulelor loturilor de biomă după măcinare la moara cu ciocane SV 7 cu trecere prin site cu ecranul ochiurilor 4 mm, 6 mm și 8 mm.

Calitatea densificării biobrichetelor s-a estimat pe cale experimentală folosind planul polifactorial cu 4 factori de influență prezentat în tabelul 4.5.

Tabelul 4.5. Planul experimentelor și rezultatele obținute

Nr. exp.	Variabilele densificării								DE, g/cm³
	în coordonate codate				în coordonate naturale				
	X1	X2	X3	X4	x1	x2	x3	x4	
	T°C	M, %	D, mm	P, MPa	T°C	M, %	D, mm	P, MPa	
1	-1	1	0	0	175	16	6	175	0,9
2	-1	0	0	1	175	12	6	200	1,06
3	-1	0	0	-1	175	12	6	150	0,89
4	0	0	0	0	200	12	6	175	1,08
5	1	0	0	1	225	12	6	200	1,15
6	0	0	0	0	200	12	6	175	1,06
7	0	0	-1	1	200	12	4	200	1,09
8	0	1	1	0	200	16	8	175	1,04
9	-1	-1	0	0	175	8	6	175	1,01
10	0	-1	-1	0	200	8	4	175	1,01
11	0	1	-1	0	200	16	4	175	1,03
12	1	0	1	0	225	12	8	175	1,05
13	0	0	1	1	200	12	8	200	1,09
14	1	-1	0	0	225	8	6	175	1,07
15	0	0	-1	-1	200	12	4	150	1,06
16	0	-1	1	0	200	8	8	175	1,04
17	1	0	-1	0	225	12	4	175	1,09
18	0	-1	0	-1	200	8	6	150	1,04
19	0	0	0	0	200	12	6	175	1,02
20	0	-1	0	1	200	8	6	200	1,12
21	1	1	0	0	225	16	6	175	1,11
22	-1	0	-1	0	175	12	4	175	1,04
23	-1	0	1	0	175	12	8	175	1,01
24	1	0	0	-1	225	12	6	150	0,98
25	0	1	0	1	200	16	6	200	1,13
26	0	1	0	-1	200	16	6	150	0,98
27	0	0	1	-1	200	12	8	150	1,03

Legendă: DE este densitatea particulelor, g/cm³; M – conținutul de umiditate a biomasei înainte de densificare, %; D– dimensiunea ecranului ochiurilor sitelor prin care a fost cernută biomasa la mărunțire, mm, Presiunea specifică MPa.

Densificarea biobrichetelor s-a realizat la instalația de densificare singulară prezentată în figura 2.4, care permite monitorizarea temperaturii matriței în regim automat și fixarea presiunii cu ajutorul unui manometru. În calitate de materie primă s-a folosit amestecul din 70% reziduuri agricole arboricole și 30% paie. Biomasa a fost mărunțită la moara cu ciocane SV 7 cu trecerea prin sită cu dimensiunile ochiurilor de 6 mm.

După prelucrarea datelor experimentale s-a obținut următoarea ecuație de regresie care, în coordonate codate exprimă dependența densității particulelor brichetelor în funcție de principalele variabile ale densificării:

$$DE = 1,053 + 0,045T - 0,008M - 0,005D + 0,055P - 0,024T^2 + 0,037T \cdot M - 0,003T \cdot D - 0,009M^2 - 0,005M \cdot D + 0,018M \cdot P + 0,003D^2 + 0,008D \cdot P + 0,008P^2 \quad (4.2)$$

în care notarea corespunde celei date pentru tabelul 4.5.

Comparând datele prezentate în tabelul 4.5, descrise de către ecuația 4.2 cu cele obținute de către noi referitoare la influența regimurilor densificării asupra densității particulelor peletilor (Marian, G; Gudîma, A; Pavlenko, A, 2017a) constatăm că, atât la densificarea brichetelor, cât și la densificarea peletilor, densitatea particulelor este influențată diferit de factorii densificării.

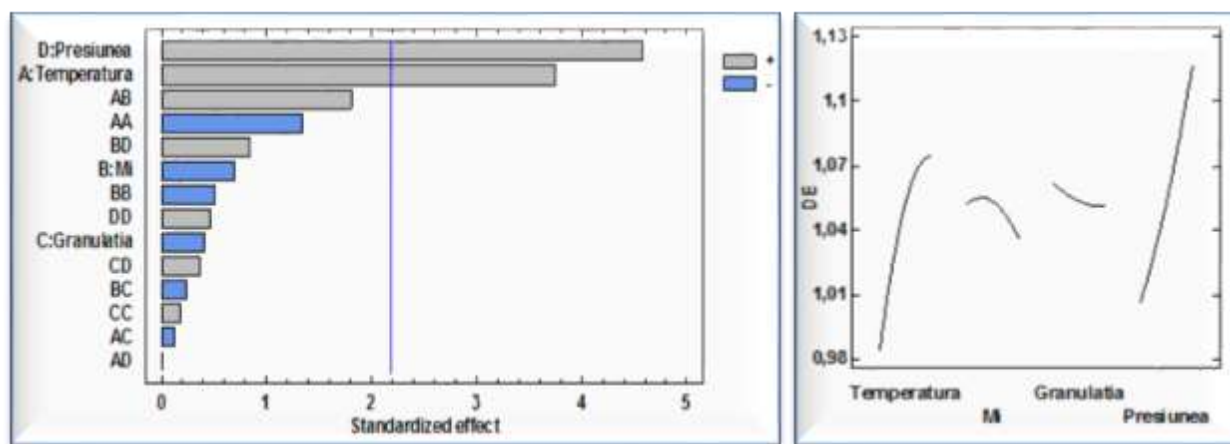


Figura 4.12. Diagrama Pareto standardizată și factorii dominați de influență a variabililor de producție asupra densității particulelor biobrichetelor din amestec 70% reziduuri agricole arboricole + 30% paie de grâu

În același timp dacă la peletizare dimensiunile particulelor și presiunea exercită o influență lentă asupra densității particulelor (vezi fig. 4.13) atunci la brichetare presiunea și umiditatea exercită o influență asupra densității particulelor brusc ascendentă (fig. 4.12).

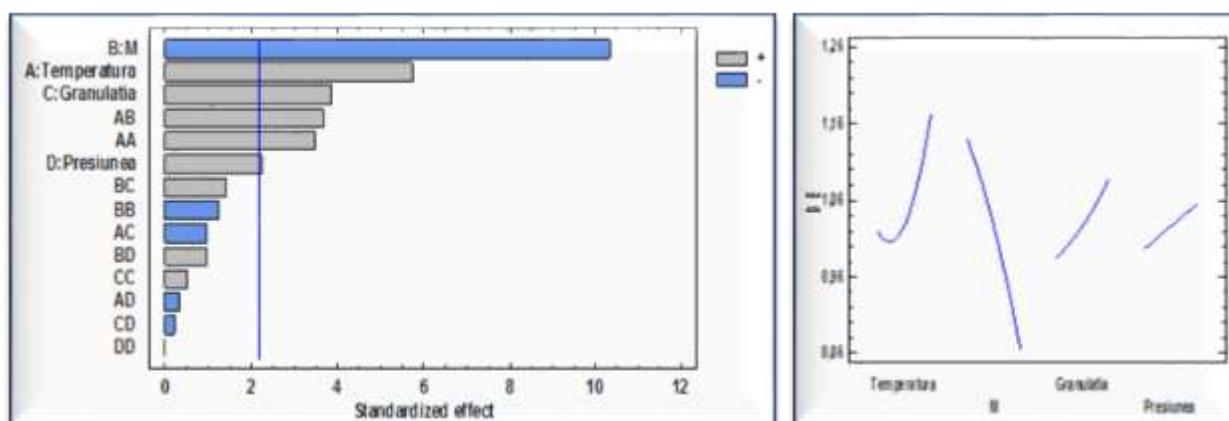


Figura 4.13. Diagrama Pareto standardizată și factorii dominați de influență a variabililor de producție asupra densității particulelor peletilor produși din biomasă vegetală

Acest lucru poate fi explicat prin condițiile diferite de formare a legăturilor dintre particule datorită volumului diferit de biomasă supusă densificării. În cazul biobrichetelor punțile solide se formează mai lent și, în consecință forțele intermoleculare și cele mecanice posedă, la presiuni mai joase, forțe van der-Waals mai puțin pronunțate.

Având în vedere că densitatea particulelor biobrichetelor este cel mai mult influențată de presiunea și de temperatura densificării, prezintă interes analiza mai detaliată a dinamicii acestor dependenți, care poate fi vizualizată din figura 4.14.

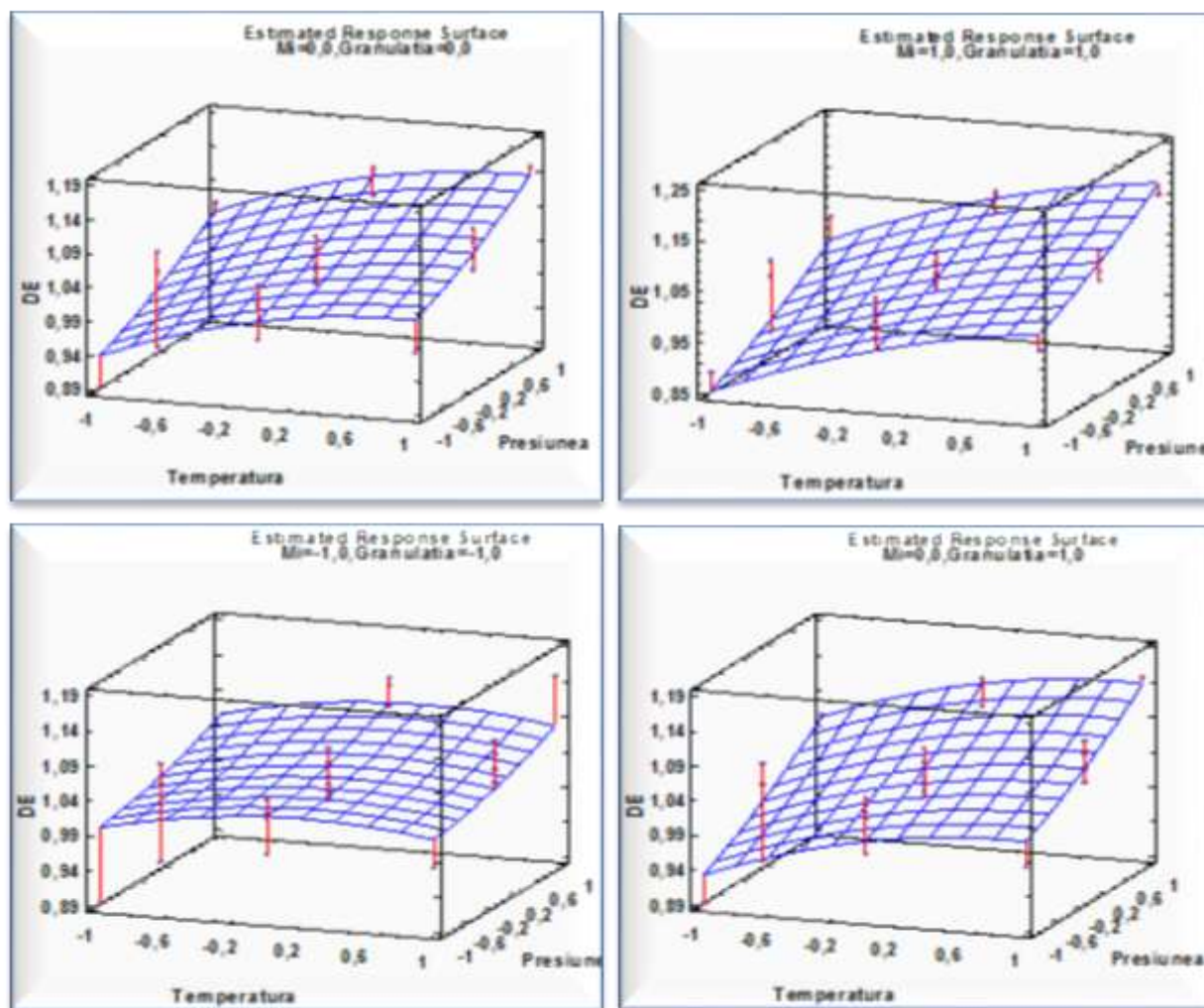


Figura 4.14. Suprafețele de răspuns a influenței presiunii și temperaturii asupra densității particulelor biobrichetelor din 70% reziduuri agricole arboricole și 30% paie de grâu pentru diferite niveluri ale umidității și dimensiunilor particulelor

Analizând graficele din figura 4.14 se poate afirma că pentru cazul când umiditatea are valori maxime (15%) și cernerea biomasei la mărunțire se face prin site cu dimensiunea ecranului ochiurilor 8 mm, obținerea unei densități a particulelor mai mare de 1 g/cm³ (clasa A1 ENPlus) poate fi realizată prin mărirea temperaturii și a presiunii. Aceste regimuri pot fi alese din diagrama prezentată în figura 4.15. Astfel rezultă că, din punct de vedere economic folosirea valorilor

maxime ale presiunii și temperaturii nu este eficientă, deoarece ambii acești parametri necesită cheltuieli suplimentare.

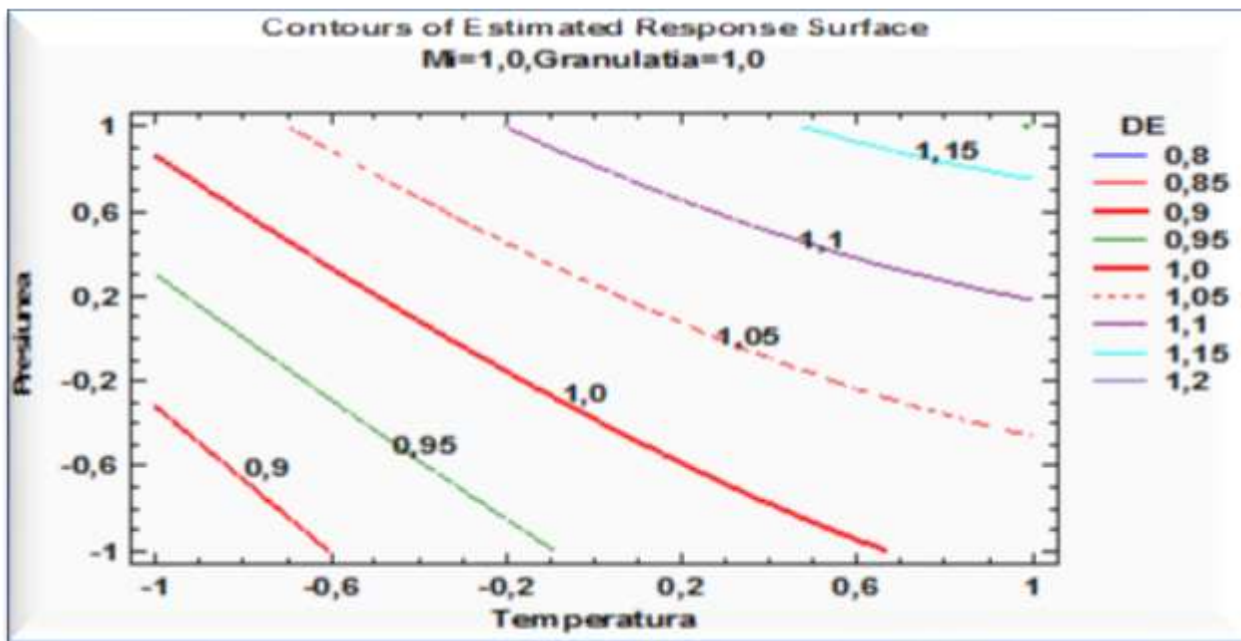


Figura 4.15. Contururile estimării densității particulelor biobrichetelor din 70% reziduuri agricole arboricole și 30% paie de grâu funcție de temperatura și presiunea densificării pentru biomasa mărunțită prin sita de 8 mm și umiditatea biomasei înainte de procesare egală cu 16%

În cazul mărunțirii biomasei cu cernere prin sită cu ecranul ochilor 6 mm și umiditatea 12% contururilor suprafețelor de răspuns obțin forma prezentată în fig. 4.16.

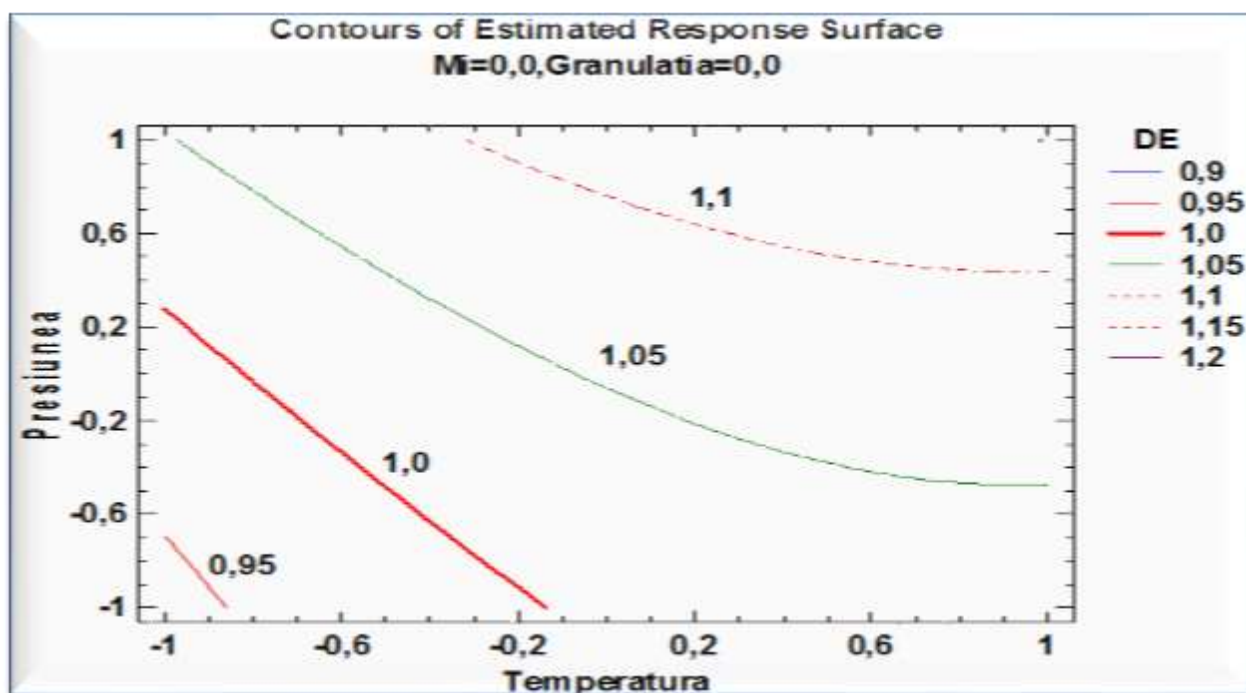


Figura 4.16. Contururile estimării densității particulelor biobrichetelor din 70% reziduuri agricole arboricole și 30% paie de grâu funcție de temperatura și presiunea densificării

Urmărind diagrama din figura 4.16 se observă clar că pentru cazul când biomasa este mărunțită cu sită cu ochiurile de 6 mm, iar umiditate este, aproximativ, 12% presiunea și temperatura densificării sunt mult mai joase, deci și cheltuielile pentru densificare sunt reduse.

În concluzie se poate afirma că, în baza datelor obținute, pot fi alese regimurile optime de densificare în funcție de densitatea particulelor solicitată. Densitatea particulelor în limitele 0,9 ... 1 g/cm³ (clasa A2 și B ENPlus), practic poate fi obținută cu orice valori ale regimurilor de densificare aflate în limitele studiului nostru. Este necesar ca producătorul să aleagă acele regimuri care pot fi asigurate de către utilajul disponibil.

În cazul brichetelor cu cerințe mai mari (clasa A1 ENPlus), adică cu densitatea particulelor mai mare de 1 g/cm³, este necesar ca presa folosită să asigure o presiune mai mare de 175 MPa. Acest lucru ar permite de a varia cu toți ceilalți parametri în limite destul de largi. $M = 8 \dots 16\%$; $D = 3 \dots 7 \text{ mm}$; $T = 125 \dots 225 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

4.4. Îmbunătățirea calității biobrichetelor din reziduuri agricole prin torefiere

4.4.1. Generalități, scopul și planul studiilor

În studiul prezentat în capitolele anterioare s-a arătat că o utilizarea energetică a unor reziduuri agricole, în special celor erbacee, este adesea dificilă în virtutea mai multor dezavantaje: valoare calorifică redusă, eterogenitatea materialului, conținut ridicat de umiditate. Aceste dezavantaje împiedică folosirea acestor tipuri de reziduuri la producerea biobrichetelor cu caracteristici conforme cerințelor ENPlus. Pentru a depăși aceste probleme este necesară o pregătire prealabilă a materiei prime. În prezent prezintă interes tot mai mare folosirea pre-tratării materiei prime prin torefiere.

Torefierea este un proces de piroliză ușoară, care constă în tratarea termochimică a biomasei la temperaturi relativ scăzute (200 ... 300) °C cu viteze mai mici de 50 °C/min, la presiune atmosferică normală în mediu inert. Căldură asigură energia necesară pentru ruperea legăturilor chimice ale moleculelor organice ale hemicelulozei și celulozei. Acest proces conduce la dezvoltarea în materialele lignocelulozice a unor procese foarte importante pentru biocombustibili: creșterea densității energetice, scăderea pronunțată a higroscopicității (Felfli , et al., 2005), ușurarea măcinării etc. (Arias, et al., 2008; Phanphanich & Mani, 2011).

Există mai multe cercetări referitoare la torefierea biomasei lemnoase (Prins, et al., 2006; Phanphanich & Mani, 2011; Arias, et al., 2008), dar referitor la reziduurile agricole aceste sunt foarte limitate sau poartă un caracter contradictoriu cu toate că în virtutea faptului că aceste materiale sunt mai eterogene ca cele din lemn, torefiere trebuie să aibă efect destul de pronunțat.

Există cercetări cu privire la efectul torefierii asupra calității unor reziduuri specifice locale. De exemplu, în lucrarea (Uemura, et al., 2011) se descriu efectele torefierii asupra principalelor

reziduuri agricole din Malaiezia, cercetătorii din Danemarca și China (Shang, et al., 2013) au studiat cinetica devolatizării paielor de grâu în timpul torefierii iar cercetătorii din Taiwan (Chen, et al., 2012) au studiat efectele torefierii asupra reziduurilor de cafea și orez.

Având în vedere beneficiile torefierii pentru reziduurile agricole, dar și faptul că aceste beneficii, la moment, nu sunt estimate pentru mai multe reziduuri agricole specifice țării noastre este evidentă actualitatea realizării unui studiu în acest domeniu.

Primele studii în direcția studierii efectelor torefierii asupra unor reziduuri agricole au fost demonstrate în cercetările noastre (Marian, G; Gudîma, A; Pavlenco, A; Gorobeț, V, 2017b) în care, pe cale experimentală, am arătat că torefierea determină beneficii asupra paielor de grâu în ceea ce privește valoarea calorică, adică densitatea energetică, stabilizarea biologică, reducerea costurilor pentru o unitate de produs finit în cazul folosirii acestora la producerea peleților.

În același timp, prezintă interes comportarea densificării biocombustibililor cu dimensiuni mai mari, cum sunt brichetele, în cazul folosirii în calitate de materie primă a diferitor amestecuri din reziduuri agricole torefiate. De asemenea, prezintă interes și efectele obținute de la tofiera în însăși a produsului finit.

Scopul acestui studiu este stabilirea efectelor tofiera biomasei obținute din reziduuri agricole asupra calității biocombustibililor solizi densificați în formă de brichete.

Au fost studiate efectele tofiera paielor de grâu, reziduurilor arboricole și amestecurilor din reziduuri erbacee și arboricole cu diferite proporții. Proporțiile amestecurilor sunt prezentate în tabelul 4.4.

Tofiera probelor de biomasă a fost efectuată în instalația de laborator prezentată în figura 4.17 și descrisă de către noi în lucrarea (Marian, G; Gudîma, A; Pavlenco, A; Gorobeț, V, 2017b). instalația este fabricată pe baza unui cuptor de uscat cu vid. Vidul se formează prin decompresarea spațiului cu ajutorul unei pompe de vid care asigură o depresiune de 0,08 MPa. Temperatura poate fi reglată în limitele de la +35 °C până la +350 °C cu o sensibilitate de ± 2 °C.

Au fost folosite câte cinci probe din fiecare lot cu masa de 10 g, care au fost plasate în centrul cuptorului pentru a evita împrăștierea probei în timpul decompresării și contactul direct cu pereții cuptorului. Temperatura a fost controlată folosind un controler de tip PID. Programul de încălzire constă dintr-o rată de încălzire lentă cu viteza de 5 °C/min de la temperatura camerei până la temperatura stabilită în programul de cercetare urmată de o etapă izotermică. Proba tofiată a fost apoi cântărită și pregătită pentru analizele ulterioare.

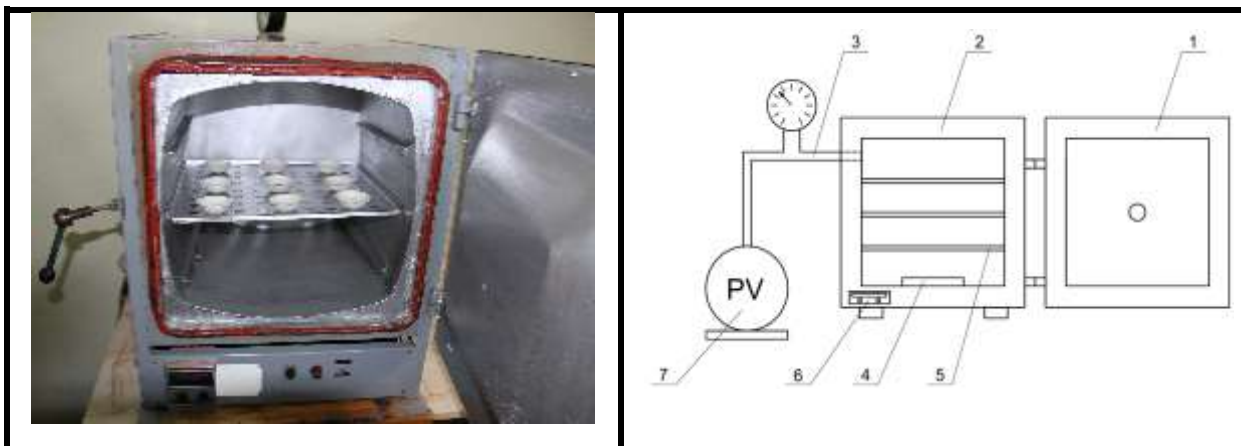


Figura 4.17. Instalația de laborator pentru realizare torefierii în vid: 1- ușa etanșabilă a cuptorului; 2- carcasa cuptorului; 3 – gura de evacuare a aerului cu vacuumetru; 4 – suport termostată; 5 – rafturi; 6 – panou de comandă și de control a regimurilor termice; 7 – pompă de vid. (Marian, G; Gudîma, A; Pavlenco, A; Gorobeț, V, 2017b)

În scopul micșorării numărului de experimente, inițial printr-un experiment cu doi factori de influență (tab. 4.6) au fost stabilite regimurile de torefiere. Experimentele au fost efectuate pe probe din amestec format din 30w% paie și 70w% reziduuri arboricole.

4.4.2. Variația valorii calorifice a materiei prime în funcție de regimurile torefierii

În acest studiu s-a determinat temperatura și timpul torefierii care asigură o valoare calorică maximă a biomasei studiate. Cunoașterea acestor regimuri este necesară pentru cercetările ulterioare a efectelor torefierii asupra unei game mai mari de reziduuri agricole. Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul 4.6.

Tabelul 4.6. Planul experimentelor și rezultatele obținute

Coordonate codate		Coordonate naturale		$Q_{p, \text{net. } M=10\%}$
T_t °C	σ , min	T_t °C	σ , min	
1	1	280	60	20,2
-1	-1	230	20	16,2
0	0	255	40	17,5
0	1	255	60	17,8
1	0	280	40	20,1
-1	0	230	40	16,9
0	-1	255	20	16,8
1	-1	280	20	18,8
-1	1	230	60	17,2

În figura 4. 18 sunt prezentate contururile suprafețelor de răspuns, diagrama Pareto și efectele dominate. Analizând rezultatele obținute se vede că valoarea calorică este influențată cel mai mult de temperatura torefierii. Practic, punctul maxim este în afara domeniului

experimentului, însă acest domeniu este limitat de temperatura maximă care poate fi folosită la torefierii și anume 300 °C. Durata torefierii, de asemenea, are un trend ascendent de influență asupra valorii calorifice a biomasei torefiate, însă acest trend este mai lent.

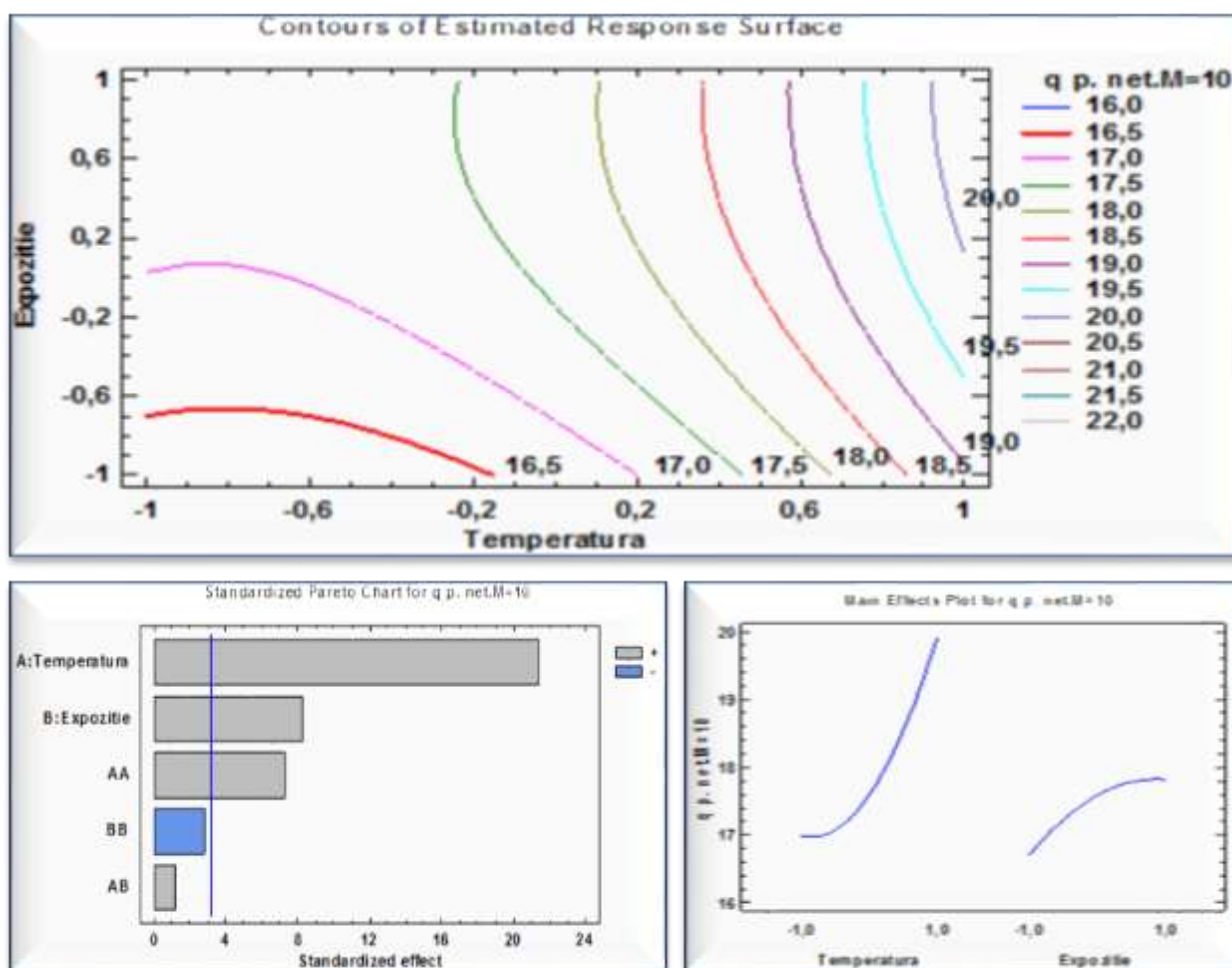


Figura 4.18. Valoarea calorifică a biomasei formată din 30w% paie și 70w% reziduuri arboricole funcție de temperatura și timpul de expoziție a torefierii

Pentru a stabili mai precis durata torefierii s-a realizat un experiment monofactorial pentru temperatura maximă a torefierii care este și temperatura ce asigură valoarea calorifică cea mai mare și anume 300 °C. Cercetările au fost realizate pentru același tip de biomasă (30w% paie + 70w% reziduuri agricole arboricole). Rezultatele sunt prezentate în figura 4.19.

Urmărind datele obținute vedem că valoarea calorifică obține valori maxime pentru biomasa torefiată începând cu durata de expoziție egală cu 40 min. Rezultatele obținute corelează cu cele realizate de către noi în studiul referitor la stabilirea influenței torefierii asupra calității paielor de grâu (Marian, G; Gudîma, A; Pavlenco, A; Gorobeț, V, 2017b) în care s-a demonstrat că efectul torefierii se manifestă pronunțat în cazul biomasei provenite din paie care a marcat o sporire a valorii calorifice cu 29,4%, iar peleții fabricați din această biomasă corespund exigențelor normelor ENPlus (vezi tab.4.7). Conform acestor date se atestă că în rezultatul torefierii valoarea

calorifică inferioară a paielor, măsurată în bază uscată, a crescut de la 17584J/g până la 22752 J/g, marcând o creștere de 29,4%. . astfel din paie de grâu torefiate pot fi fabricate atât peleți cât și brichete cu caracteristici conforme normelor ENPlus.

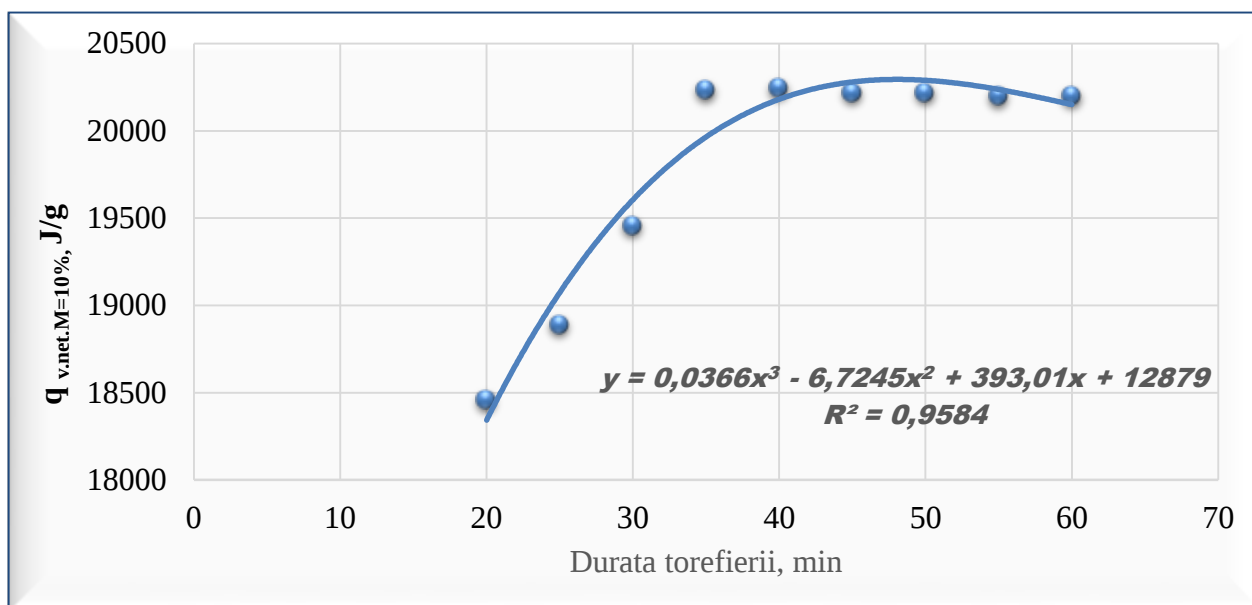


Figura 4.19. Valoarea calorifică a probelor de biomasă din 30w%paie și 70w% reziduuri agricole arboricole funcție de durata torefierii la temperatura de 200°C

În același timp, valoarea calorifică a biomasei lemnoase a crescut cu 16,1%. Regimurile torefierii recomandate în procesul tehnologic de peletizare sunt: T=255°C și durata torefierii 25 min. Astfel, se poate afirma că biomasa torefiată, provenită din toate reziduurile agricole arboricole, asigură o valoarea calorifică superioară celei cerute de normele ENPlus nu doar numai pentru biobrichete (15,5 Mj/kg) dar și pentru peleți (16,5 Mj/kg).

Tabelul 4.7. Date experimentale referitoare la efectele torefierii biomasei din paie și reziduuri lemnoase uscate în câmp în mod natural (CN) și uscate în uscătorie (CA) (Marian, G; Gudîma, A; Pavlenko, A; Gorobeț, V, 2017b)

Caracteristici calitative	Tip materie primă											
	Paie de grâu				Reziduuri lemnoase CN				Reziduuri lemnoase CA			
	reper	torefiat			reper	torefiat			reper	torefiat		
		230 °C	255 °C	280 °C		230 °C	255 °C	280 °C		230 °C	255 °C	280 °C
M _{az} , %	9,9	9,3	8,6	8,5	11,2	9,9	8,4	7,4	10,5	10,2	9,3	7,3
NCVd, J/g	17584,41	18086,62	19413,16	22752,05	19442,57	19469,23	19777,51	21563,15	18491,68	19076,08	19551,04	21463,84
NCV _c , J/g	15893,81	16190,20	17545,40	20271,40	17289,56	17030,52	17922,58	19796,91	16370,42	16831,07	17518,43	19728,72
NCV _{M=10%} , J/g	15452,45	16047,46	17241,35	20246,34	17267,82	17291,81	17569,26	19176,33	16412,01	16937,98	17365,44	19086,96
Carbon, %	45,65	47,02	50,25	59,44	46,23	46,29	47,03	51,05	46,12	47,55	48,59	53,61
Hidrogen, %	6,68	6,28	5,88	1,90	6,53	6,29	6,13	5,93	6,20	6,02	5,15	4,23
Sulf, %	0,06	0,08	0,08	0,13	0,02	0,01	0,01	0,00	0,01	0,02	0,00	0,03
Azot, %	0,41	0,35	0,37	0,59	0,28	0,32	0,30	0,51	0,62	0,75	NA	NA
Proprietăți higroscopice	Hidrofil	Hidrofob			Hidrofil	Hidrofob			Hidrofil	Hidrofob		
Degradare biologică	Da	Nu			Da	Nu			Da	Nu		

Cercetările realizate pe biomasa din paie și reziduuri lemnoase a mai arătat efecte benefice și asupra compoziției chimice a biomasei torefiate. Astfel, în paiele de grâu torefiate la temperatura de 280 °C, conținutul de carbon a înregistrat o creștere de la 45,65% până la 59,44%, adică cu 30,21% relativ, conținutul de hidrogen s-a micșorat de la 6,68% la 1,9%. În același timp, la probele din paie torefiate s-a observat o creștere lentă a conținutului de sulf și de azot. De marcat că în biomasa lemnoasă conținutul de sulf și azot, din contra, s-a micșorat. S-a mai demonstrat că conținutul de sulf și de azot crește odată cu creșterea temperaturii torefierii, înregistrând o accelerare mai pronunțată la temperaturi mai mari de 255 °C.

4.4.3. Variația parametrilor biobrichetelor fabricate din reziduuri agricole torefiate

Studiul influenței procesului de torefiere a amestecurilor din paie și reziduuri agricole arboricole a demonstrat efecte importante care au condus la modificarea principalelor parametri ai biomasei și a produsului finit în formă de biobrichete. Tabelul 4.8 prezintă rezultatele obținute prin analiza celor 11 probe de brichete fabricate din paie, reziduuri agricole arboricole și din amestecuri formate pe baza acestor reziduuri.

Deoarece valoarea calorică reprezintă cantitatea maximă de energie care poate fi potențial obținută de la arderea brichetelor și deoarece acest parametru este bine stabilit de către normele ENPlus vom analiza mai amănunțit variația acestui indicator pentru probele studiate. Conform datelor din figura 4.20 completate cu cele din tabelul 4.4 constatăm că din amestecurile cu conținut de paie mai mare de 35%, fără implicarea oricăror procese de tratare, nu pot fi fabricat brichete cu caracteristici ENPlus. Cu toate acestea toate reziduurile studiate pot fi folosite la producerea brichetelor cu caracteristici conforme normelor ENPlus dacă acestea sunt supuse torefierii.

Adaosul conținutului de paie în amestec duce la micșorarea foarte lentă a valorii calorifice. Paiele, după torefiere, obțin o valoare calorică cu 30% mai mare în comparație cu cele ne torefiate, iar reziduurile agricole torefiate posedă o valoare calorică cu 18% mai mare ca cele ne torefiate. Adaosul de paie în amestec mai mare de 35_w% asigură o diferență dintre biomasa brută și cea torefiată, practic, constantă egală cu cca. 30%. Astfel se poate afirma că adaosul de paie, începând cu 35_w% este cel mai avantajos. acest lucru poate fi urmărit prin dinamica factorului de creștere a valorii calorifice care, în mai este numit și densitatea energetică (DE).

Tabelul 4.8. Parametrii calitativi ai biobrichetelor produse din materie primă netorefiată și torefiată

Cod probă	$q_{p, net, M=10\%, J/g}$			A, %			N, %			S, %			Cl, %			DE, g/cm ³	
	MP n t.	MP t.	Br. t.	MP n t.	MP t.	Br. t.	MP n t.	MP t.	Br. t.	MP n t.	MP t.	Br. t.	MP n t.	MP t.	Br. t.	Br n t.	Br. t.
PA-T01	15274,78	19745,21	19745,21	5,7	4,54	4,24	0,48	0,6	0,6	0,08	0,06	0,06	0,03	0,03	0,03	0,77±0,014	0,75±0,015
PA-T02	17423,67	20559,64	20643,12	0,9	0,68	0,65	0,25	0,5	0,4	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	1,12±0,01	0,93±0,011
PA-T03	17640,36	20478,19	20493,33	0,9	1,07	0,98	0,25	0,5	0,4	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	1,09±0,012	0,9±0,011
PA-T04	17214,14	20437,48	20532,32	1,21	1,26	1,18	0,32	0,5	0,4	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	1,09±0,011	0,9±0,011
PA-T05	16841,58	20396,12	20454,73	1,48	1,45	1,37	0,32	0,5	0,4	0,03	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	1,07±0,009	0,87±0,01
PA-T06	16243,78	20356,03	20399,89	1,72	1,62	1,55	0,32	0,5	0,5	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	1,03±0,01	0,85±0,01
PA-T07	16014,11	20285,31	20332,21	2,84	1,84	1,73	0,34	0,5	0,5	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	1,03±0,012	0,84±0,012
PA-T08	15523,87	20274,58	20432,52	3,14	2,03	1,91	0,34	0,5	0,5	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	1,01±0,011	0,84±0,014
PA-T09	15442,56	20233,86	20333,11	3,84	2,25	2,09	0,38	0,5	0,5	0,04	0,04	0,04	0,02	0,02	0,02	1,01±0,01	0,8±0,014
PA-T10	15421,32	20193,21	20313,24	3,85	2,42	2,31	0,42	0,5	0,5	0,04	0,04	0,04	0,02	0,02	0,02	0,96±0,009	0,8±0,01
PA-T11	15314,54	20152,42	20302,12	3,85	2,61	2,54	0,42	0,5	0,5	0,04	0,05	0,04	0,02	0,02	0,02	0,95±0,013	0,79±0,016

Legendă: $q_{p, net, M=10\%}$ – valoarea calorifică inferioară la presiune constantă; A – conținutul de cenușă în bază uscată; N conținutul de cenușă, în procente masă; N – conținutul de azot, în procente masă; S – conținutul de sulf, în procente masă; Cl – conținutul de clor, în procente masă; DE – densitatea particulelor; MP n.t. – materie primă ne torefiată; MP t. – materie primă torefiată; Br. T. – brichete produse din materie primă torefiată.

Semnificație cod probă: PA-T01 – paie 100%; PA-T02 – reziduuri agricole arboricole (RAA) – 100%; PA-T03 - 10w% paie+90w% RAA; PA-T04 - 15w% paie+85w% RAA; PA-T05 - 20w% paie+80w% RAA; PA-T06 - 25w% paie+75w% RAA; PA-T07 - 30w% paie+70w% RAA; PA-T08 35w% paie+65w% RAA; PA-T09 40w% paie+60w% RAA; PA-T10 - 45w% paie+55w% RAA; PA-T11 50w% paie+50w% RAA.

Factorul de creștere a valorii calorifice inferioare se folosește pentru compararea caracteristicilor energetice ale biomasei torefiate și biomasei brute și se determină cu relația adaptată după (Grigianțe & Antolini, 2015):

$$DEN = \frac{q_{p,net,M=10\%} MP_t}{q_{p,net,M=10\%} MP_{n.t.}} \quad (4.3)$$

în care $q_{p,net,M=10\%} MP_{n.t.}$ este valoarea calorifică inferioară a materiei prime brute, determinată la presiune constantă pentru umiditatea egală cu 10%; $q_{p,net,M=10\%} MP_t$ - valoarea calorifică inferioară a materiei prime torefiate, determinată la presiune constantă pentru umiditatea egală cu 10%.



Figura 4.20. Valoarea calorifică a biobrichetelor produse din reziduuri agricole ne torefiate și torefiate: PA-T01 – paie 100%; PA-T02 – reziduuri agricole arboricole (RAA) – 100%; PA-T03 - 10w% paie+90w% RAA; PA-T04 - 15w% paie+85w% RAA; PA-T05 - 20w% paie+80w% RAA; PA-T06 - 25w% paie+75w% RAA; PA-T07 - 30w% paie+70w% RAA; PA-T08 35w% paie+65w% RAA; PA-T09 40w% paie+60w% RAA; PA-T10 - 45w% paie+55w% RAA; PA-T11 50w% paie+50w% RAA.

Rezultatele experimentale arată că densitatea energetică depinde de constituția amestecurilor materiei prime. Cu mărirea procentajului de paie în amestec densitatea energetică crește până la o valoare, practic, constantă egală cu 1,31 și care corespunde amestecurilor începând cu un procentaj de cel puțin 35% de paie.

În ceea ce privește conținutul de cenușă al biobrichetelor și al reziduurilor agricole torefiate acestea prezintă o variație destul de mare pentru reziduurile agricole ne torefiate, între 0,9 pentru paie și 5,7% pentru reziduurile agricole arboricole (fig. 4.22). Această diferență s-a schimbat după

torefiere. Astfel, pentru aceleași reziduuri agricole (paie și reziduuri arboricole) torefiate această diferență se află în limitele, respectiv, 0,92 și 5,88%, iar brichetele fabricate din aceste reziduuri prezintă un conținut de cenușă puțin mai mare ca materia primă din care au fost fabricate și anume, respectiv 0,94 și 5,94%. Acest lucru poate fi explicat prin prezența unor particule minerale în brichete apărute în procesul de condiționare a materiei prime și la densificarea propriu zisă. O altă pricină ar putea fi topirea unor elemente ale cenușii la temperatura torefierii și volatilizarea ei, iar conținutul ridicat de materie organică în paie face aceste reziduuri foarte potrivite pentru tratamente termice (Demirbas, 2004), lucru confirmat și de către rezultatele obținute de noi.

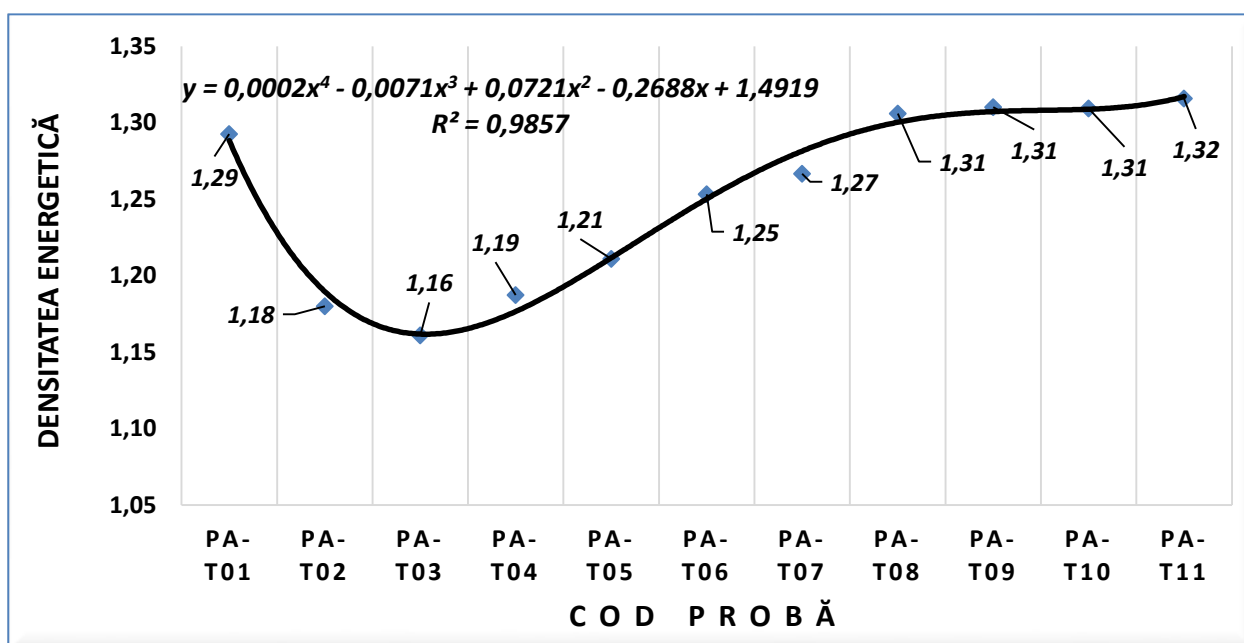


Figura 4.21. Factorul de creștere a valorii calorifice inferioare pentru probele de reziduuri agricole: PA-T01 – paie 100%; PA-T02 – reziduuri agricole arboricole (RAA) – 100%; PA-T03 - 10w% paie+90w% RAA; PA-T04 - 15w% paie+85w% RAA; PA-T05 - 20w% paie+80w% RAA; PA-T06 - 25w% paie+75w% RAA; PA-T07 - 30w% paie+70w% RAA; PA-T08 35w% paie+65w% RAA; PA-T09 40w% paie+60w% RAA; PA-T10 - 45w% paie+55w% RAA; PA-T11 50w% paie+50w% RAA.

Analizând conținutul de cenușă rezultată de la arderea biobrichetelor fabricate din amestecuri de paie și reziduuri agricole arboricole se remarcă o corelare dintre conținutul de cenușă și procentajul masic al componentelor amestecurilor. Cu cât în amestec se cuprind mai multe paie cu atât conținutul de cenușă rezultat de la arderea brichetelor este mai ridicat. Important este să menționăm că, în funcție de conținutul de cenușă, doar brichetele fabricate din amestec format din 10w% paie și 90 w% reziduuri agricole arboricole corespund clasei A2 ENPlus. Brichetele fabricate din amestecuri cu procentajul masic al paielor până la 45% ca conținut de cenușă satisfac cerințele pentru clasa E ENPlus. Amestecurile cu conținut de paie mai mare de 45w% nu corespund cerințelor ENPlus și nu pot fi folosite ca materie primă la producerea biobrichetelor cu

caracteristici conforme cerințelor ENPlus. Celelalte probe de brichete au marcat un conținut de cenușă mai mare de 1,5% și mai mic de 3%, putând fi incluse în clase B ENPlus.

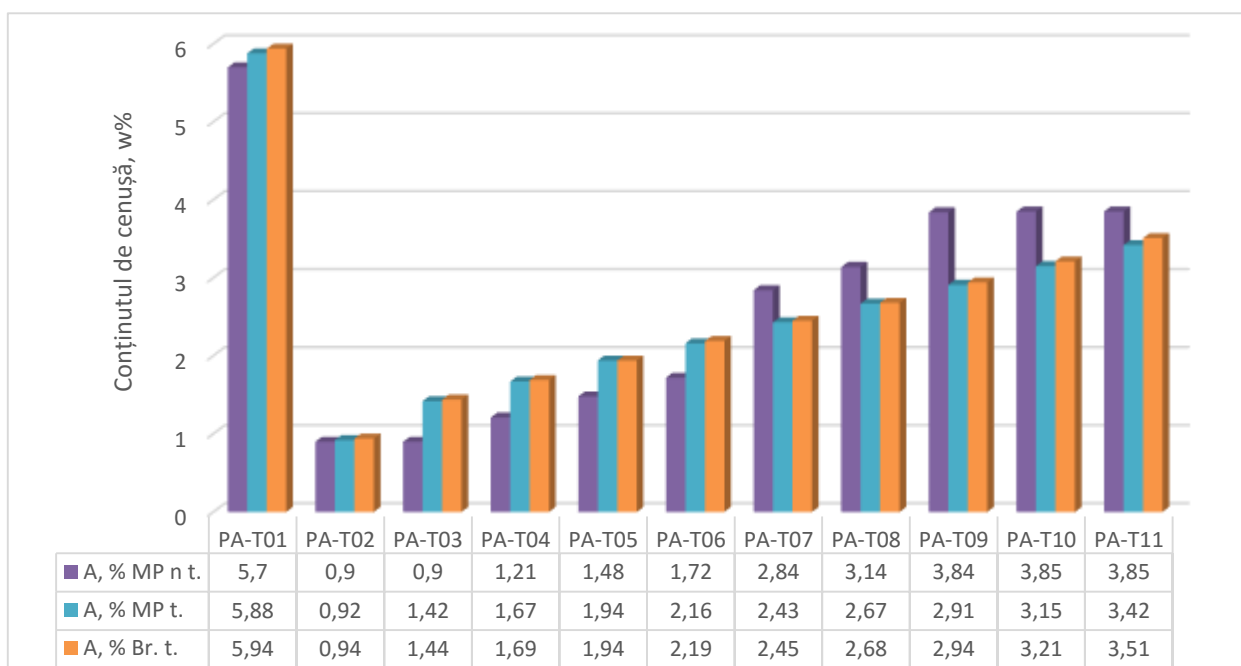


Figura 4.22. Conținutul de cenușă a biobrichetelor produse din reziduuri agricole ne torefiate și torefiate

Analiza chimică a biobrichetelor produse din reziduuri agricole torefiate arată că toate probele corespund cerințelor ENPlus ca concentrație de azot, sulf și clor. În funcție de conținutul de azot, brichetele cu conținut de paie până la 25% corespund cerințelor clasei A2 ENPlus, iar cele care conțin mai mult de 25% și mai puțin de 50% corespund cerințelor B ENPlus.

În funcție de conținutul de sulf și de clor, toate probele studiate se înscriu în clasa A1 ENPlus

Una din problemele care poate apărea la fabricarea biobrichetelor din reziduuri agricole torefiate este însăși procesul de densificare care în final determină unul din parametrii importanți ai brichetelor și anume densitatea particulelor.

Normele EN a stabilit că densitatea particulelor pentru clasa A1 nu trebuie să fie mai mică de 1 g/cm^3 și pentru clasele A2 și B să fie de cel puțin $0,9 \text{ g/cm}^3$. Analizând datele din figura 2.43 se observă că densitatea particulelor brichetele produse din biomasă torefiată variază în limite foarte largi. Cea mai mică diferență s-a semnalat la brichetele produse din 100% paie. Astfel densitatea particulelor brichetelor produse din paie torefiate în raport cu cele produse din paie ne torefiate s-a micșorat doar cu 2,7 %. Aici este necesar să menționăm că densitatea particulelor brichetelor fabricate atât din paie torefiate cât și din paie ne torefiate au cea mai joasă densitate a particulelor (respectiv $0,77$ și $0,75 \text{ g/cm}^3$) și este semnificativ mai joasă ca cea cerută de normele ENPlus.

Brichetele produse din 100% reziduuri agricole arboricole posedă o densitate a particulelor mult mai mare ca cele din paie (respectiv 1,12 și 0,98 g/cm³), marcând o micșorarea a densității particulelor brichetelor din materie primă torefiată în raport cu cele produse din reziduuri agricole ne torefiate de 20,4% (fig. 4.23).

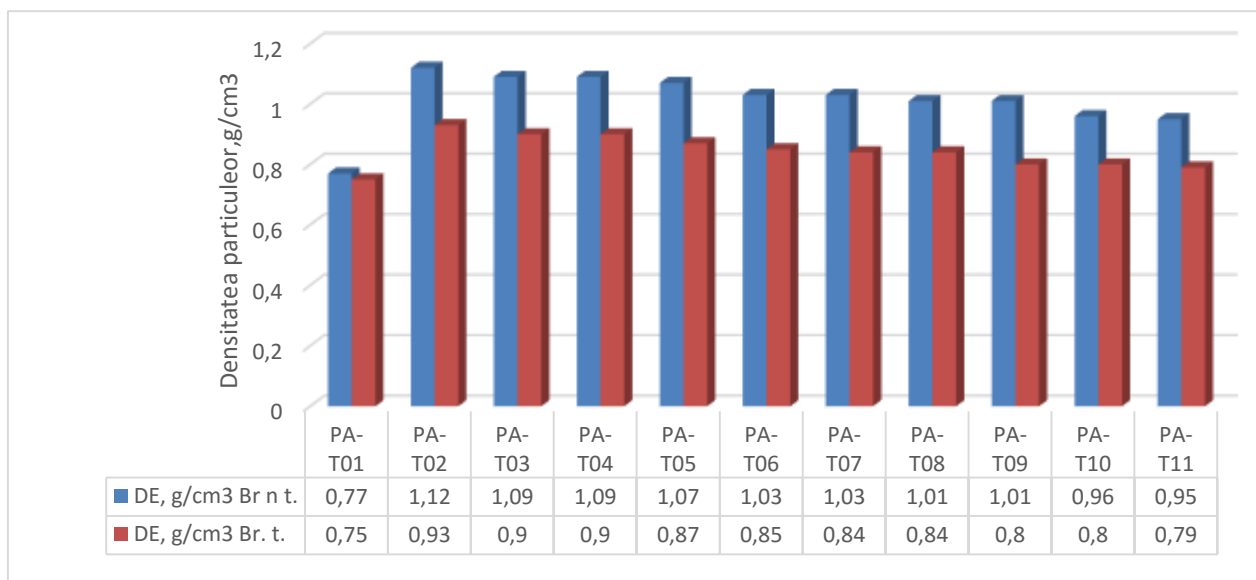


Figura 4.23. Densitatea particulelor biobrichetelor fabricate din reziduuri agricole torefiate

Este semnificativ că toate probele cu conținut de paie au avut, aproximativ, aceeași micșorare procentuală a densității particulelor. De asemenea este foarte important să menționăm că doar brichetele fabricat din amestecuri torefiate cu conținut de paie mai mic de 15% corespund cerințelor ENPlus clasa B. Astfel, la acest indicator, brichetele fabricate din amestecuri de reziduuri agricole, în majoritate cazurilor nu corespund cerințelor ENPlus. Deci sunt necesare anumite acțiuni care ar putea mări acest parametru și, în special, prin modificarea regimurilor de densificare - presiunea specifică și temperatura densificării. O altă cale pentru cercetările de perspectivă ar fi cercetarea densității particulelor brichetelor din reziduuri agricole torefiate funcție de dimensiunile particulelor.

În baza celor constatate în acest studiu se poate concluziona că torefierea reziduurilor agricole arboricole în amestec cu paie de grâu îmbunătățește semnificativ capacitatea calorifică a biobrichetelor produse din aceste materiale comparativ cu biobrichetele produse din aceeași materie primă dar ne tratată termic. Efectul se explică prin micșorarea conținutului de hemiceluloză și celuloză odată cu creșterea temperaturii și duratei de expunere, iar ca consecință conținutul de lignină crește, care cum s-a arătat în p. 1.4.3 posedă o valoare calorifică mai mare ca hemiceluloza și celuloza.

Analiza chimică a biobrichetelor produse din reziduuri agricole torefiate, de asemenea, a marcat efecte pozitive parvenite după torefierea materiei prime.

Efecte nedorite s-au semnalat la analiza conținutului de cenușă și a densității particulelor. Acești indicatori limitează adaosul de paie până la 40w% - pentru conținutul de cenușă și până la 15w% - pentru densitatea particulelor.

Prin urmare, torefierea materiei prime formate din amestecuri și mixturi de reziduuri agricole poate îmbunătăți unii parametri calitativi ai brichetelor produse din aceste materiale, în special aceasta se referă la valoarea calorifică și compoziția chimică, însă este problematică densificarea particulelor, proces care necesită cercetări suplimentare și care reprezintă subiect pentru aprofundarea cercetărilor de viitor.

4.5. Justificarea tehnico-economică

4.5.1. Introducere

Necesitatea justificării rezonabile și veridice a utilizării unei tehnologii este prezentă în orice plan de afaceri, fie de fondare a unei întreprinderi, fie de reconstrucție sau de implementare a unei tehnologii noi. În capitolele precedente am arătat care este potențialul de reziduuri agricole utilizabile pentru energie și care sunt principalii parametri calitativi ai acestora și a brichetelor produse din reziduurile agricole studiate. Pe baza studiului realizat s-a propus folosirea torefierii ca o verigă suplimentară în procesul tehnologic de producere a biobrichetelor cu caracteristici conforme cerințelor ENPlus sau apropiate de acestea.

În general biobrichetele fabricate din reziduuri agricole torefiate are parametri energetici mai buni, însă implementarea acestei tehnologii este însoțită de investiții suplimentare care pentru folosirea torefierii are un șir de particularități specifice (Gudîma, 2018).

Implementarea tehnologiei propuse va fi justificată numai dacă aceasta va duce la îmbunătățire calității produsului finit și va aduce venit suplimentar întreprinderii.

Studiul s-a realizat pentru condițiile Regiunii de Dezvoltare Nord a Republicii Moldova, regiune care, cum s-a arătat în subcapitolul 3.3, are un potențial energetic sustenabil de implementare egal cu $4821 \pm 228 \text{ TJ/an}$, din care pot fi folosite direct la producerea biobrichetelor ENPlus doar reziduurile arboricole (cca. 9%) și cca 5% din reziduurile de porumb și floarea-soarelui. Celelalte reziduuri pot fi folosite la producerea biobrichetelor cu caracteristici calitative total sau parțial conforme cerințelor ENPlus, doar dacă aceste vor fi supuse unor procedee tehnologice de îmbunătățire a anumitor parametri calitativ, cum ar fi torefierea materiei prime înainte de densificare.

Principalii indicatori utilizați la calcularea eficienței economice sunt:

1. Investițiile suplimentare de capital necesare introducerii noii tehnologii;
2. Costul de producție (costul producerii și costul realizării);
3. Perioada de returnare a investițiilor capitale suplimentare și coeficientul de eficiență al acesteia;
4. Productivitatea muncii.

Având în vedere cele menționate, acest studiu a urmărit scopul de a evalua posibilitatea producerii, din punct de vedere al rezonabilității tehnico-economice, a brichetelor de calitate superioară din reziduuri agricole cu aplicarea tratamentelor termochimice.

4.5.2. Analiza tehnică-economică a procesului de producere a brichetelor din materie primă torefiată

Producția brichetelor din reziduuri agricole vom examina-o pentru condițiile unei întreprinderi mici din raionul Glodeni SRL Brilanprim unde se implementează tehnologia propusă. Densificarea biomasei se realizează la presa cu sistem mecanic cu acționare prin piston ПБУ-060-400 (fig. 4.24). Materia primă este presată fără adezivi sau lianți. Presa are următoarele caracteristici: productivitate 300 – 400 kg/oră; diametrul brichetelor 60 – 65 mm; lungimea brichetelor 100 ... 300 mm; puterea motorului principal 22 kW, putere totală instalată 27 kW; conținutul de umiditate materiei prime $10 \pm 2\%$; dimensiunile materiei prime 1 – 7 mm (optimă 3 – 7 mm). Uscarea biomasei se planifică să se realizeze direct în câmp. Mărunțirea biomasei se realizează la tocătorul PL 2, produs la ÎS ITA Mecagro, Republica Moldova.



4.24. Presa de brichetare ПБУ-060-400 folosită la producerea biobrichetelor la SRL SRL Brilanprim

Mărunțirea biomasei se produce la tocătorul PL 2, produs la ÎS ITA Mecagro, Republica Moldova (fig. 4.25).

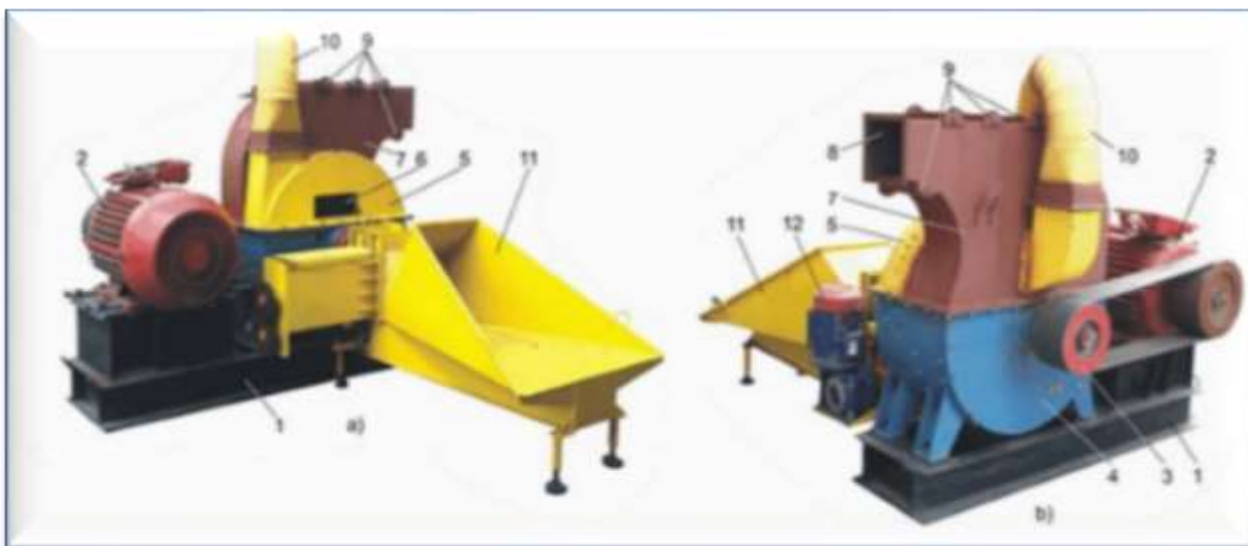


Figura 4.25. Tocătorul de biomasă TL-2 folosit la mărunțirea biomasei înainte de torefiere: 1 - cadru; 2 - motor electric a rotoarelor de tăiere și tocare cu zona turbionară; 3 - roata de curea a rotorului cu zona turbionară; 4 - carcasă; 5 - corpul-capac al rotorului de tăiere; 6 - fereastra de alimentare cu agent termic; 7 - corpul-capac rotorului de tocare; 8 - gura de evacuare; 9 - clapete de reglare; 10 - conducta de transportare a materialului; 11 - jghebul de alimentare cu materie primă; 12 - motorul electric al axului tamburelor de alimentare cu materie: sursă ITA Mecagro

Caracteristicile tehnice: productivitatea - 500 kg/h; număr camere de mărunțire – 2; componența fracțională a materialului mărunțit – 3 ... 7 mm; puterea instalației 37 kW; consum de energie – 100 kWth/t. mărunțitorul poate fi folosit fără site la tocarea grosolană a biomasei sau cu site în funcție de dimensiunile particulelor solicitate.

Pentru tofieriarea biomasei poate fi folosită metoda încălzirii directe prin conversie. Schema reactorului este prezentată în figura 4.26. Biomasă, după mărunțire cu fracția dimensională 3-7 mm, este introdusă progresiv în buncăr de unde este preluată de către transportorul elicoidal care este acționat de la un motor electric cu reductor în trepte. Viteza deplasării se stabilește în funcție de umiditatea biomasei și de perioada tofierii. Încălzirea tofierii se face treptat cu o viteză de 5 °C/min. preîncălzirea se efectuează până la temperatura de $(280 \pm 20)^\circ\text{C}$ pe parcursul 30 ± 15 min în funcție de umiditatea inițială a biomasei, care nu trebuie să depășească, la intrare 40%. De menționat că, de regulă, biomasă este mult mai uscată datorită faptului că această este supusă dezumidificării prin metodă naturală direct în câmp, având un conținut de umiditate de 10 - 20%. Acest lucru micșorează semnificativ durata necesară pentru preîncălzire și, respectiv, durata ciclului tofierii.

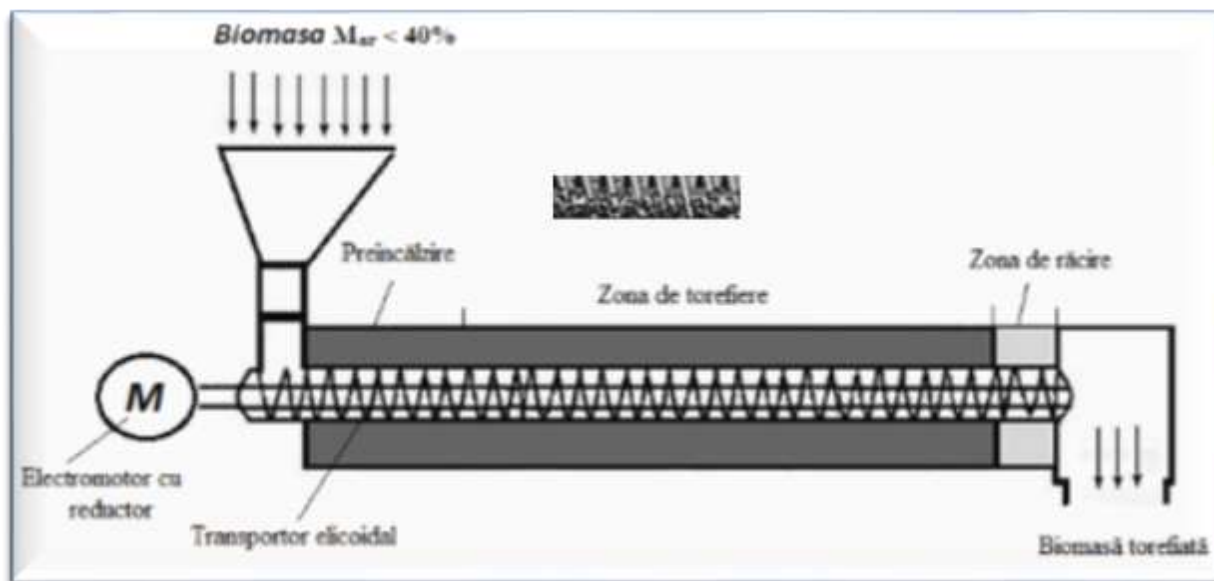


Figura 4.26. Schema reactorului cu mecanism de transportare elicoidal

Căldura transmisă biomasei poate fi alimentată fie prin pereții reactorului (încălzire indirectă), fie prin furnizarea unui agent gazos fierbinte direct la volumul reactorului. Reglarea monitorizarea temperaturii se produce în regim automat. Diametrul reactorului se ajustează în funcție de productivitatea reactorului. În cazul nostru este ajustat pentru productivitatea de 300 kg/oră continuu.

Reactorul descris este cel mai simplu și mai ieftin, însă posedă o eficacitate redusă din cauza cheltuielilor energetice mari și încălzirii neuniforme a biomasei, lucru care influențează negativ calitatea biomasei torefiate. Totuși astfel de reactoare pot fi folosite în cazul producție în serie mică a biobrichetelor cum este producerea la întreprinderea care servește ca exemplu pentru analiza economică a procesului torefierii și pentru care torefierea este analizată ca o perfecționare a tehnologiei existente, iar reactorul se folosește ca utilaj suplimentar la cel deja existent la întreprindere. Pentru eficientizarea procesului de torefiere se propune schema propusă de către noi în lucrarea (Marian, G; Gudîma, A; Pavlenko, A; Gorobeț, V, 2017b) pretată pentru procesul de brichetare prezentată în figura 4.27.

Conform acestei scheme producerea biobrichetelor se realizează parcurgând următoarele operații tehnologice:

1. Condiționarea primară a materiei prime (recepția, separarea coruperilor străine, verificarea umidității – în caz dacă $M_r > 40\%$ se folosește uscare suplimentară naturală);
2. Mărunțirea biomasei cu trecerea prin site cu dimensiunea ecranului ochiurilor 6 mm;
3. Torefierea biomasei;

4. Brichetarea;
5. Ambalarea și depozitarea biomasei.

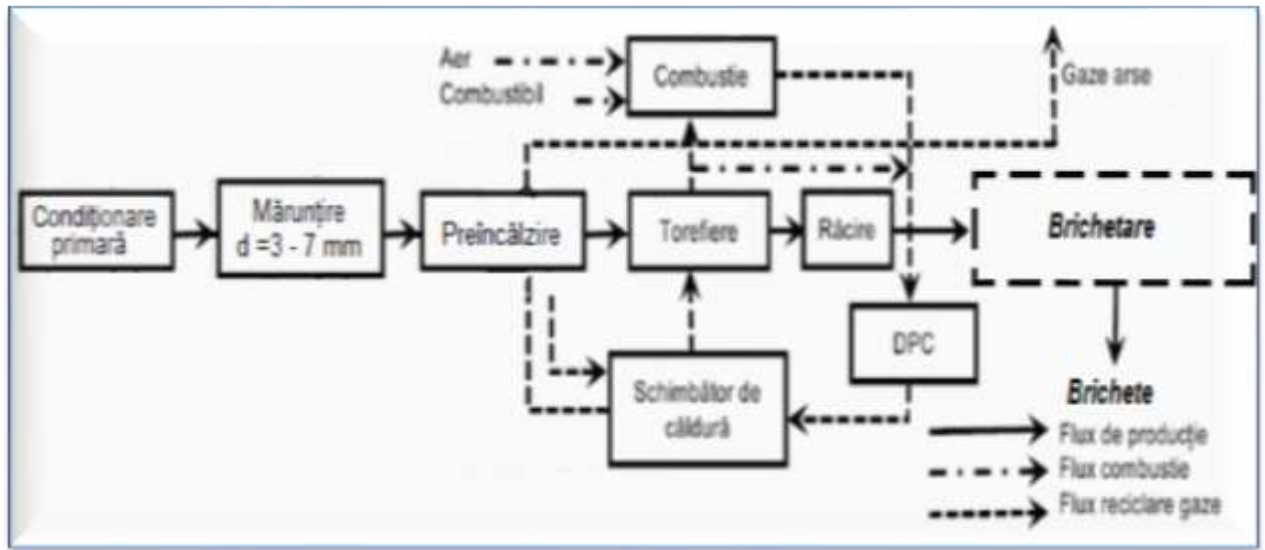


Figura 4.27. Structura procesului tehnologic de producere a biobrichetelor din reziduuri agricole cu aplicarea torefierii materiei prime

Conform acestei scheme producerea biobrichetelor se realizează parcurgând următoarele operații tehnologice:

1. Condiționarea primară a materiei prime (recepția, separarea corupierilor străine, verificarea umidității – în caz dacă $Mr > 40\%$ se folosește uscare suplimentară naturală);
2. Mărunțirea biomasei cu trecerea prin site cu dimensiunea ecranului ochiurilor 6 mm;
3. Torefierea biomasei;
4. Brichetarea;
5. Ambalarea și depozitarea biomasei.

Prima operație se referă la pregătirea biomasei înainte de procesarea acesteia. Pe parcursul acestei operații se va urmări absența corpurilor străine. De regulă, reziduurile agricole sunt uscate în câmp și pot conține diferite corpuri străine.

Biomasa erbacee se livrează balotată, iar biomasa lemnoasă se mărunțește grosolan în câmp pentru a fi transportată mai ușor la locul de procesare. Cum s-a arătat în p. 3.2.2 al acestei lucrări umiditatea principalelor tipuri de reziduuri agricole arboricole, folosite la producerea biobrichetelor, nu depășește 40% , iar după uscare în câmp aceste reziduuri au un conținut de umiditate de cel mult 16%. Astfel reziduurile agricole arboricole pot fi supuse torefierii fără a fi uscate separat înainte de torefiere.

Reziduurile erbacee, conform aceluiași studiu, realizat în p. 3.4.2, posedă o umiditate în limite destul de largi la recoltare, însă după menținerea în câmp acestea , de asemenea vin în

normele care sunt admise de către instalația de torefiere, adică mai mică de 40%. Paiele, la recoltare, au un conținut de umiditate de la $17,68 \pm 2,84$ pentru paiele de grâu până la $24,34 \pm 5,2$ pentru paiele de orz. Astfel, aceste reziduuri nu necesită uscare preventivă în câmp, putând fi torefiate direct după colectare.

Conținutul de umiditate la reziduurilor de porumb și floarea-soarelui este mai mare de 40% și trebuie uscate preventiv, cel mai bine în condiții naturale.

A doua operație Mărunțirea se realizează în conformitate cu recomandările din 4.3.2 adică prin cernere cu dimensiunea ecranului sitei de 6 sau 8 mm. De menționat că preferențială este mărunțirea cu folosirea sitelor du ochiul de 6 mm care asigură cea mai uniformă distribuție dimensională a particulelor și se înscrie în cerințele impuse de către utilajul de brichetare și anume 3 .. 7 mm.

A treia operație Torefierea se realizează în reactorul de torefiere și este compusă din trei faze distincte și anume: preîncălzirea, torefierea propriu zisă și răcirea. Preîncălzirea se realizează în prima zonă a reactorului de torefiere, în care biomasa cu umiditatea de cel mult 40% se usucă la temperatura de 110 – 180 °C, astfel umiditatea scade până la 4 - 8%. În continuare reziduurile agricole încălzite până la temperatura necesară pentru inițierea torefierii sunt transportate în zona de torefiere unde are loc procesul de carbonizare a biomasei. Pentru aceasta biomasa se încălzește până la temperatura de 280 ... 300 °C. Viteza deplasării biomasei în acest spațiu trebui să asigure o încălzire a biomasei cu viteza de cca. 5 °C/min și o durată de menținere la temperatura stabilită pentru torefiere și care se stabilește în funcție de tipul și granulația biomasei (30 ... 40 min.. Regimurile acestei faze trebuie să asigure descompunerea hemicelulozei, formându-se cât mai mult carbon în biomasă.

Energia termică inițială, necesară pentru demararea procesului de torefiere, este produsă de o termocentrală separată care lucrează pe biocombustibil solid. În momentul când procesul de torefiere a atins regimurile de lucru, centrala termică începe să se autoîntrețină folosind gazele de piroliză degajate în rezultatul torefierii. Astfel, în zona de torefiere a reactorului, se formează un ciclu de circulație a căldurii, datorită căruia se reduce durata necesară carbonizării biomasei, obținându-se un randament mai mare de sistem.

Preîncălzirea biomasei, de asemenea trece la asigurate de către gazelor de ardere, care sunt transportate, prin separatorul de gaze și de condensare DPC, în schimbătorul de căldură. Controlul și dirijarea procesului se realizează cu ajutorul unui tablou de monitorizare a procesului.

Operația a patra care este de bază, poate fi realizată prin orișice metodă clasică de brichetare ne prezentând restricții din punct de vedere tehnic.

A cincea operație Ambalarea și depozitarea biobrichetelor se realizează în funcție de modul de livrare a produsului: în vrac sau în saci. Produsul este necesar să fie însoțit de o declarație

prin care furnizorul confirmă că parametrii biobrichetelor sunt în corespundere cu clasele de calitate conform cerințelor SM EV ISO 17225:2016. În conformitate cu Regulamentul cu privire la biocombustibilii solizi (HG, 2013) informația despre calitatea biocombustibililor solizi se prezintă prin text și/sau marcare pe ambalajul și/sau etichetele produsului și trebuie să conțină cel puțin următoarele date:

- țara de origine și materia primă din care sunt fabricate biobrichetele. Pentru brichetele fabricate din materie primă torefiată se va menționa și acest lucru;

- datele referitoare la parametrii calitativi (parametrii obligatori de indicat sunt dați în tab. 1.2 al prezentei lucrări);

- instrucțiunea de utilizare a biobrichetelor;

- condițiile de transportare și păstrare.

În tabelul 4. 11 Se prezintă fișa tehnologică a procesului de fabricare a biobrichetelor pentru întreprinderi cu producția anuală mică (pe exemplul SRL Brilanprim, program anul - 500 t).

Tabelul 4.9. Fișa tehnologică de producere a biobrichetelor din reziduuri agricole torefiate

Nr. crt.	Denumire operație/fază	Regimuri	Notă
1	Condiționare primară		
1.1	Separarea corpurilor străine		Se efectuează vizual înainte de mărunțire
1.2	Uscarea preventivă	$M_{ar} < 40\%$	Reziduurile arboricole se usucă în câmp pe parcursul verii; Reziduurile erbacee se transportă după recoltare la întreprindere unde se depozitează și se folosesc fără uscare preventivă
1.3	Tocarea biomasei	D 3 ... 7 mm	Se realizează înainte de torefiere. Utilaj tocător TL2
1.4	Formarea amestecurilor		<30% paie + 70% RAA sau alt tip de reziduuri, de exemplu, de porumb
2	Torefiere		
2.1.	Transportat biomasa în reactor		
2.2	Preîncălzirea biomasei	$T = 110-180^{\circ}\text{C}$;	Regimurile se ajustează în funcție de umiditatea biomasei
2.3	Carbonizarea biomasei	$T = 280-300^{\circ}\text{C}$ $\tau = 25- 60 \text{ min}$	Procesul trebuie realizat în mediu inert sau cu conținut redus de oxigen. Regimurile se ajustează în funcție de umiditatea biomasei
2.4	Răcirea biomasei	$T=40-60^{\circ}\text{C}$	Se realizează în get de aer
3	Brichetarea		
4.1	Densificare		Se realizează la presa ПБУ-060-400
5	Controlul și ambalarea brichetelor		

Analiza economică s-a efectuat pe exemplul întreprinderii SRL Brilanprim. Producția brichetelor este organizată într-un schimb, programa anuală fiind de cca. 500 tone brichete. Brichetele sunt ambalate în saci de câte 25 kg și 40 kg. Amortizarea liniei a fost estimată la 14%. Costurile de mentenanță s-au stabilit ca 5% din costul instalațiilor tehnologice, prețul energiei electrice pentru 1 kWt a fost stabilit de 2 lei.

Calcululele economice ale întreprinderii au arătat că costul de producție al unei tone de brichete fabricate din reziduuri agricole constituie 1560 lei, iar al unei tone de brichete torefiate, având în vedere cheltuielile suplimentare și regia acceptată de 14%, constituie 1920 lei.

Transformând acest cost de producție la o Gcal, obținem următoarele date: 1 Gcal brichete ne torefiate costă 426 lei, iar al brichetelor torefiate 398 lei. Calcululele au fost efectuate pentru programa de 500 tone anual și folosirea utilajului existent la întreprindere cu instalarea unui reactor confecționat în condițiile întreprinderii.

4.6. Concluzii la capitolul 4

Principalele rezultate și constatări cu privire la studierea posibilităților îmbunătățirii calității biobrichetelor produse din reziduuri agricole indigene în acord cu politicile de dezvoltare a surselor regenerabile de energie au permis formularea următoarelor concluzii:

1. Analiza disponibilității și calității reziduurilor agricole erbacee a scos în evidență că acestea reprezintă un valoros potențial de materie primă la producerea biobrichetelor de calitate superioară cu perspective de utilizare în calitate de adaosuri în compoziție cu alte tipuri de biomasă, de exemplu lemnoasă. Biobrichete cu caracteristici ENPlus pot fi produse doar din boabe și din ciocălăi de porumb. Coaja de floarea-soarelui poate fi folosită la producerea biobrichetelor, însă este necesar să se întreprindă măsuri pentru micșorarea conținutului de sulf.

2. Cuantificarea calitativă a reziduurilor arboricole remarcă că toate reziduurile agricole pot fi folosite la producerea biocombustibililor solizi densificați în formă de biobrichete cu caracteristici conforme cerințelor normelor internaționale ENPlus. În topul celor mai bune reziduuri pentru producerea biobrichetelor se află reziduurile din pruni și meri, posedând cea mai bună perspectivă de utilizare ca component de bază la formarea amestecurilor din biomasă lemnoasă și erbacee.

3. Studiul privind posibilitatea îmbunătățirii calității biobrichetelor prin formarea amestecurilor de reziduuri agricole a remarcat că amestecurile compuse din până la 10% paie restul reziduuri agricole arboricole pot fi folosite în calitate de materie primă la producerea biobrichetelor conforme clasei A1 ENPlus, iar adaosul de paie până la 20 % în reziduuri lemnoase pot fi folosite

la producerea biobrichetelor A2 ENPlus, adaosul de paie până la 40% asigură parametrii pentru clasa B ENPlus.

4. Aprecierea calității biobrichetelor în funcție de variabilele densificării a furnizat date necesare pentru alegerea regimurilor optime de densificare. Pentru asigurarea densității particulelor mai mare de 1g/cm^3 este necesar ca densificare să se realizeze la presiuni mai mari de 175 MPa. Folosirea acestei presiuni la densificare lărgeste limitele celorlalți parametri (conținutul de umiditate 8-16%; dimensiunile particulelor 3-7 mm, temperatura matriței 175 -225°C.

5. Experimentele referitoare la efectele torefierii au arătat că acest proces folosit la pre tratarea materiei prime înainte de densificarea reprezintă un mijloc sigur de sporire a valorii calorifice a biobrichetelor produse din reziduuri agricole. S-a demonstrat că densitatea energetică a biobrichetelor fabricate din amestecuri de biomasă lemnoasă cu adaos de paie obține valoare constantă egală cu 1,31 începând cu amestecurile cu un procentaj de paie de cel puțin 35%.

6. Conținutul de cenușă în biobrichetele fabricate din biomasă torefiată a crescut puțin față de materie primă ne torefiată. Astfel, dacă de la calcinarea paielor de grâu rezultă cca. 0,9% cenușă, atunci de la arderea brichetelor fabricate din paie torefiate conținutul de cenușă constituie 0,92%. La biobrichetele fabricate din reziduuri agricole arboricole conținutul de cenușă a crescut de la 5,88% în reziduuri arboricole până la 5,94 în biobrichete fabricate din aceeași biomasă torefiată.

7. În baza cercetărilor efectuate a fost propusă perfecționarea tehnologiei clasice de producere a biobrichetelor din reziduuri agricole prin folosirea unei verigi tehnologice noi, și anume pre tratarea termică a biomasei prin torefiere înainte de densificare. Pentru tehnologia propusă au fost argumentate regimurile torefierii și a fost calculat costul unui GJ obținut de la arderea peletilor produși după tehnologia nouă în condițiile unei întreprinderi cu programă medie de producere (500 t/an). Astfel prețul de producție al unei Gcal după tehnologia veche este de 462 lei, iar după tehnologia nouă 392 lei cu o amortizare a infestațiilor suplimentare de 14%.

CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI

Rezultatele obținute în fiecare capitol, derivate din cercetările efectuate pentru realizarea scopului lucrării care vizează *propunerea de soluții în vederea îmbunătățirii calității biocombustibililor solizi în acord cu politicile de dezvoltare a surselor regenerabile de energie* și care a fost ales drept subiect de studiu, corelat și realizat în conformitate cu obiectivele și ipotezele înaintate, a rezumat următoarele concluzii finale și recomandări:

1. În rezultatul analizei critice a stadiului actual cu privire la calitatea biocombustibililor solizi densificați au fost scoase în evidență căile posibile de asigurare a calității biobrichetelor produse din reziduuri agricole indigene cu parametri calitativi conformi exigențelor normelor internaționale ENPlus și a fost înaintată ipoteza despre posibilitatea îmbunătățirii calității biobrichetelor produse din reziduuri agricole indigene prin formarea de amestecuri din diferite tipuri de biomasă tratată termochimic (Gudîma, Marian, Pavlenco, 2017; Pavlenco, 2018a; Pavlenco, 2018c).

2. Rezultatele studiului cantitativ și calitativ al principalilor factori care influențează calitatea biobrichetelor din reziduuri agricole și a potențialului acestor reziduuri pentru energie în condițiile Regiunii de Dezvoltare Nord a Republicii Moldova au arătat că potențialul energetic sustenabil de implementare al reziduurilor agricole în regiune variază în limitele 4593,08 – 5048,79 TJ/an ce constituie cca. 44,4 % din potențialul teoretic. Din această cantitate de reziduuri, la producerea biobrichetelor ENPlus, direct pot fi folosite doar reziduurile arboricole (cca. 9%) și o parte modestă (cca 5%) din reziduurile de porumb și floarea-soarelui. Celelalte reziduuri sunt recomandate pentru producerea biobrichetelor de calitate mai inferioară sau în amestec cu alte tipuri de biomasă lemnoasă (Marian, Pavlenco, et al., 2013a; Marian, Pavlenco, et al., 2014a; Pavlenco, et al., 2018d).

3. Estimarea parametrilor calitativi ai reziduurilor agricole arboricole și a biobrichetelor produse din aceste reziduuri a scos în evidență că acestea corespund cerințelor ENPlus după toți indicatorii studiați, iar reziduurile de viță-de-vie corespund parțial normelor ENPlus. Cele mai ridicate valori calorifice s-au înregistrat la reziduurile de cireși ($q_{vgr.d.} = 22,05$ MJ/kg, $q_{p,net.m=10.} = 18,49$ MJ/kg), urmate de reziduurile de pruni ($q_{vgr.d.} = 21,40$ MJ/kg, $q_{p,net.m=10.} = 17,82$ MJ/kg). Cele mai joase valori calorifice au fost semnalate la reziduurile de gutui ($q_{vgr.d.} = 20,11$ MJ/kg, $q_{p,net.m=10.} = 16,66$ MJ/kg) și la cele de meri ($q_{vgr.d.} = 20,28$ MJ/kg, $q_{p,net.m=10.} = 16,83$ MJ/kg) (Marian, Pavlenco et al, 2013; Pavlenco, 2018e).

4. Studiul privind posibilitatea îmbunătățirii calității biocombustibililor solizi prin formarea amestecurilor de reziduuri agricole erbacee și lemnoase a remarcat că paie pot fi folosite la fabricarea biobrichetelor cu parametri calitativi EN Plus în următoarele proporții:

biobrichete clasa A1 ENPlus – până la 10%, A2 ENPlus – până la 20% și clasa B – până la 40% paie (Gudîma, Marian, Pavlenco, 2017b; Pavlenco 2018e).

5. Aprecierea calității biobrichetelor în funcție de variabilele densificării a furnizat date necesare pentru alegerea regimurilor optime de densificare. Pentru asigurarea densității particulelor mai mare de 1g/cm^3 este necesar ca densificare să se realizeze la presiuni mai mari de 175 MPa. Folosirea acestei presiuni la densificare lărgeste limitele celorlalți parametri (conținutul de umiditate 8-16%; dimensiunile particulelor 3-7 mm, temperatura matriței 175 -225°C (Marian, Gudîma, Pavlenco, 2017a).

6. Experimentele referitoare la efectele torefierii au arătat că acest proces folosit la pretratarea materiei prime înainte de densificarea reprezintă un mijloc sigur de sporire a valorii calorifice a biobrichetelor produse din reziduuri agricole. S-a demonstrat că densitatea energetică a biobrichetelor fabricate din amestecuri de biomasă lemnoasă cu adaos de paie obține valoare constantă egală cu 1,31 începând cu amestecurile cu un procentaj de paie de cel puțin 35% (Marian, Pavlenco et.al., 2017b).

7. În baza cercetărilor efectuate a fost propusă perfecționarea tehnologiei clasice de producere a biobrichetelor din reziduuri agricole prin folosirea unei verigi tehnologice noi, și anume pretratarea termică a biomasei prin torefiere înainte de densificare. Pentru tehnologia propusă au fost argumentate regimurile torefierii și a fost calculat costul unui GJ obținut de la arderea biobrichetelor fabricate după tehnologia nouă în condițiile unei întreprinderi cu programă medie de producere (500 t/an). Astfel, prețul de producție al unei Gcal după tehnologia veche este de 462 lei, iar după tehnologia nouă 392 lei cu o amortizare a înfestațiilor suplimentare de 14% (Pavlenco, 2018d).

8. Rezultatele încercărilor de laborator și a celor din producție, confirmate prin testările pozitive și prin implementarea acestora la SRL „Brilanprim”, au demonstrat posibilitatea implementării tehnologiei elaborate în industria de producere a biocombustibililor solizi densificați în formă de brichete cu parametri conformi normelor ENPlus din reziduuri agricole.

Sugestii privind cercetările de perspectivă

Cercetările prezentate în această lucrare pot fi continuate și completate ca studii care pot contribui la înțelegerea mai complexă a proceselor de producere a biobrichetelor cu caracteristici ENPlus din materie primă indigenă:

1. Extinderea studiului privind estimarea cantitativă și calitativă a potențialului de reziduuri agricole pentru energie în celelalte Regiuni de Dezvoltare Economică a Republicii Moldova.

2. Stabilirea unor legități cu privire la optimizarea constituției amestecurilor de biomasă în funcție de conținutul de lignină, celuloză și hemiceluloză.
3. Investigarea posibilității de producere a biocombustibililor solizi densificați din reziduurile provenite din viticultură și industria vinicolă a Republicii Moldova.
4. Aprofundarea cercetărilor în formarea amestecurilor cu folosirea biomasei erbacee terifiată și a celei lemnoasă în stare brută.
5. Extinderea cercetărilor teoretice privind morfologia tratărilor termochimice a biomasei lignocelulozice și a proceselor de densificare a particulelor de biomasă torefiată.

BIBLIOGRAFIE

1. Al-Widyan, M., Al-Jalil, H., Abu-Zreig, M. & Abu-Hamdeh, N., 2002. Physical durability and stability of olive cake briquettes. *CANADIAN BIOSYSTEMS ENGINEERING*, Volumul 44, pp. 341-345.
2. Bajwa, D. și alții, 2018. A review of densified solid biomass for energy production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volumul 96, pp. 296-305.
3. Tumuluru, J., Wright, C., Hess, J. & Kenney, K., 2011. A review of biomass densification systems to develop uniform feedstock commodities for bioenergy application. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, Volumul 5, pp. 683-707.
4. Alakangas, E., 2016. Biomass and agricultural residues for energy generation. În: *Fuel Flexible Energy Generation*, pp. 59-96.
5. Arranz, J. I., Miranda, M. T., Montero, I. Characterization and combustion behavior of commercial. În: *Fuel*, V. 142, 2015, pp. 199 – 207.
6. Arias, B. și alții, 2008. Influence of torrefaction on the grindability and reactivity of woody biomass. *Fuel Processing Technology*, 89(2), pp. 169-175.
7. Arion, V., Bordeianu, A., Boșcaneanu, A. & al., e., 2008. *Biomasa și utilizarea ei în scopuri energetice*. s.l.:Ed.: Caromond-Studio.
8. AS, 2017. Anuarul statistic al RM „RESURSELE ENERGETICE ȘI DE COMBUSTIBIL”. p. 486.
9. BEM, 2018. <http://biomasa.md/public-institutions>. [Interactiv].
10. Beretta, C., Stoessel, F., Baier, U. & Hellweg, S., 2013. Quantifying food losses and the potential for reduction in Switzerland. *Waste Management*, Volumul 33.
11. BNS, 2017. statbank.statistica.md/pxweb/pxweb/ro. [Interactiv] [Accesat 01 08 2018].
12. Boincean, B., 2011. Lucrarea solului - tendințe și perspective. În: *Akademios*, Volumul 3, pp. 61-67.
13. Bonassa, G. și alții, 2018. Scenarios and prospects of solid biofuel use in Brazil. În: *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volumul 82, pp. 2365-2378.
14. Chen, W.-H., Lu, K.-M. & Tsai, C.-M., 2012. An experimental analysis on property and structure variations of agricultural wastes undergoing torrefaction. *Applied Energy*, Volumul 100, pp. 318-325.
15. Demirbas, A., 2004. Effects of temperature and particle size on bio-char yield from pyrolysis of agricultural residues. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 72(2), pp. 243-248.
16. EC, 2016. *Environmental Implications of Increased Reliance of the EU on Biomass from the South East US*. ENV.B.1/ETU/2014/0043. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
17. Eisentraut, A., 2010. *Sustainable Production of Second-Generation Biofuels*. s.l.:OECD/IEA.
18. EPC, 2009. *Directive 2009/28/EC of the European parliament and of the council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003*. s.l.:s.n.
19. FAO, 2008. Biofuels: prospects, risks and opportunities. În: *The state of food and agriculture 2008*. În: *The state of food and agriculture 2008* ed. Rome: s.n., p. 138 p..
20. Felfli, F., Luengo, C., Suárez, J. & Beatón, P., 2005. Wood briquette torrefaction. *Energy for Sustainable Development*, 9(2), pp. 19-22.
21. Fischer, G., Hizsnyik, E., Prieler, S. & Velthuizen, H. v., 2007. *Assessment of biomass potentials for biofuel feedstock production in Europe: Methodology and results*. Laxenburg: IIASA.
22. Gendek, A., Aniszewska, M., Malat'ák, J. & Velebil, 2018. Evaluation of selected physical and mechanical properties of briquettes. *Biomass and Bioenergy*, pp. 173-178.

23. Grevé, A. A., Barbanti, L. & Fazio, S., 2012. *Biocombustibilii o soluție controversată privind accesul la energie*. București: GVC.
24. Grigiente, M. & Antolini, D., 2015. Mass yield as guide parameter of the torrefaction process. An experimental study of the solid fuel properties referred to two types of biomass. *Fuel*, Volumul 153, pp. 499-509.
25. Gudîma, A.; Marian, G.; Pavlenco, A., 2017b. Stadiul actual al cercetărilor cu privire la influența variabilelor de producție asupra calității biocombustibililor densificați în formă de peleți.. *Meridian ingineresc*, Volumul 1, pp. 51-60.
26. Gudîma, A., 2011. *Stadiul actual cu privire la utilizarea deșeurilor agricole și silvice pentru obținerea energiei termice în condițiile Republicii Moldova*.. Chișinău, UASM, pp. 249 - 252..
27. Gudîma, A., 2017a. Evaluarea utilizării reziduurilor agricole pentru scopuri energetice. Studiu de caz pentru raionul Soroca, Republica Moldova. În: *Meridian ingineresc*, Volumul 1, pp. 26-29.
28. Gudîma, A., 2018. *Tehnologia de obținere a peletilor ENPlus din reziduuri agricole în condițiile Republicii Moldova. Teza de dr. în tehnică*.. Chișinău: Ce. Ed. UASM.
29. Gudîma, A. & Marian, G., 2013. *Energy potential of biomass characteristic for the Republic of Moldova*. Jelgava, Latvia, În.: Engineering for rural development, pp. 194-196.
30. Guo, M., Song, W. & Buhain, J., 2015. Bioenergy and biofuels: History, status, and perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volumul 42, pp. 712-725.
31. Hăbășescu, I., Cerempei, V., Deleu, V., 2015. Energia din biomasă: Starea și perspective de utilizare. În: s.l.:INEI. Buletin informative.
32. Hăbășescu, I., 2005. *Biomasa - sursă energetică efektivă pentru Moldova*. s.l., s.n., p. 727.
33. Hăbășescu, I., 2008. Biomasa- sursă eficientă de energie regenerabilă. 3(10), pp. 75-78.
34. Hăbășescu, I. & Cerempei, V., 2012. Potențialul energetic al masei vegetale din agricultura Republicii Moldova. *Mater. conf. „ENERGY OF MOLDOVA – 2012”*, pp. 355-359.
35. Hăbășescu, I., Cerempei, V., Deleu, V. & al., e., 2009. *Energie din biomasă: Tehnologii și mijloace tehnice*. Ch: Bons Offices.
36. Havrland, B., Pobedinschi, V. & Ivanova,, T., 2011. *Biomass processing to biofuel*. Prague-Chișinău: Powerprint, Praha.
37. HG, 2013. *Nr.102 din 05.02.2013 cu privire la Strategia energetică a Republicii Moldova până în anul 2030*. s.l.:s.n.
38. HG, 2013. *Regulament cu privire la biocombustibilii solizi, aprobat prin HG al Republicii Moldova nr. 1070 din 27.12.2013*, Chișinău: www.lex.justice.md/UserFiles/File/2013/mo315.../regulament_1070.doc..
39. Hiloidhari, M. & Baruah, D., 2011. Crop residue biomass for decentralized electrical power generation in rural areas. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 15, pp. 1885-1892.
40. Hiloidhari, M., Das, D. & Baruah, D., 2014. Bioenergy potential from crop residue biomass in India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Issue 32.
41. Holm, J., Henriksen, U., Hustad, J. & Sorensen, L., 2006. Toward an understanding of controlling parameters in softwood and hardwood pellets production. În: *Energy Fuels*, Volumul 20, pp. 2446-2449.
42. <http://statbank.statistica.md>, 2017. [/pxweb/pxweb/ro/60%20Statistica%20regionala/60%20Statistica%20regionala__16%20AGR/AGR020900reg.px/table/tableViewLayout1/?rxid=9a62a0d7-86c4-45da-b7e4-fecc26003802](http://pxweb/pxweb/ro/60%20Statistica%20regionala/60%20Statistica%20regionala__16%20AGR/AGR020900reg.px/table/tableViewLayout1/?rxid=9a62a0d7-86c4-45da-b7e4-fecc26003802), Ch.: s.n.
43. Kaliyan, N. & Morey, R., 2009. Factors affecting strength and durability of densified. *Biomass and bioenergy*, pp. 337-359.

44. Ketzer, D., R€osch, C. & Haase, M., 2017. Assessment of sustainable Grassland biomass potentials for energy supply in Northwest Europe. *Biomass and Bioenergy*, Volumul 100, pp. 39-51.
45. Kim, S. & Dale, B. E., 2004. Global potential bioethanol production from wasted crops. *Biomass and Bioenergy*, Volumul 26, pp. 371-375.
46. Koopmans, A. & Koppejan, J., 1998. *AGRICULTURAL AND FOREST RESIDUES* -. s.l.:FAO.
47. Lam, P. și alții, 2013. Mechanical and compositional characteristics of steam-treated Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* L.) during pelletization. În: *Biomass and Bioenergy*, Volumul 56, pp. 116-126.
48. Landis, D. A., Gratton, C., Jackson, R. D. & Gross, K. L. e. a., 2018. Biomass and biofuel crop effects on biodiversity and ecosystem. *Biomass and Bioenergy*, Volumul 114, pp. 18-29.
49. Leontiev, A. și alții, 2018. Oxidative torrefaction of briquetted birch shavings in the bentonite. *Energy*, Volumul 165, pp. 303-313.
50. LP, 2016. *Legea nr. 10 din 26.02.2016 privind promovarea utilizării energiei din surse regenerabile. Publicat: 25.03.2016 în Monitorul Oficial nr. 69 - 77 art. nr. 117.. s.l.:s.n.*
51. Maltoglou, I. și alții, 2015. Combining bioenergy and food security: An approach and rapid appraisal to guide bioenergy. În: *Biomass and bioenergy*, Volumul 79, p. 80 – 95.
52. Mani, S., Tabil, L. G. & Sokhansanj, 2006. Specific energy requirement for compacting corn stover. *Bioresource Technology*, Volumul 97, pp. 1420-1426.
53. Mani, S., Tabil, L. & Sokhansanj, S., 2004. Grinding performance and physical properties of wheat and barley straws, corn stover and switchgrass. *Biomass and Bioenergy*, pp. 339-352.
54. Marian, G; Gudîma, A; Muntean, A; Gorobeț, V; Pavlenco, A, 2013d. Pelete din paie, considerații pro și contra. *Lucrări științifice UASM*, Volumul 45, pp. 115-120.
55. Marian, G; Gudîma, A; Pavlenco, A; Gorobeț, V, 2017b. Torefierea - o nouă direcție de sporire a calității peleților de foc produși din biomasă autohtonă.. *Știința agricolă*, Volumul 1, pp. 74-81.
56. Marian, G; Gudîma, A; Pavlenco, A, 2017a. Influența parametrilor densificării asupra calității peleților produși din reziduuri agricole. *Știința agricolă*, Volumul 1, pp. 82-87.
57. Marian, G; Muntean, A; Gudîma, A; Pavlenco, A, 2013b. Considerații referitoare la folosirea biomasei provenită de la cultivarea porumbului pentru obținerea biocombustibililor solizi. *Știința Agricolă*, Volumul 2, pp. 84-92.
58. Marian, G; Muntean, A; Țiței, V; Gudîma, A; Pavlenco, A, 2014a. Analiza comparativă a biomasei obținute din culturi energetice. *Știința agricolă*, Volumul 2, pp. 70-76.
59. Marian, G., 2014a. Considerații pro și contra privind utilizarea pentru scopuri energetice a biomasei derivată de la cultivarea cerealielor spicoase. *Știința agricolă*, Volumul 1, pp. 56 - 62..
60. Marian, G., 2014b. *Managementul biomasei agrosilvice pentru scopuri energetice*. Chișinău: Junie Prim.
61. Marian, G., 2016. *Biocombustibili solizi, producere și proprietăți*. Ch: Bons Offices.
62. Marian, G., Muntean, A., Gudîma, A. & Pavlenco, A., 2013a. Considerații cu privire la estimarea potențialului de biomasă pentru scopuri energetice rezultată din reziduuri agrosilvice. *Lucrări științifice UASM*, Volumul 38, pp. 66-70.
63. Marian, G. și alții, 2013c. Estimarea capacității calorifice a biomasei lignocelulozice provenite din diferite zone ale Republicii Moldova în conceptul de producere de combustibili solizi. *Știința agricolă*, Volumul 1, pp. 56-62.
64. Mei, Y. și alții, 2016. Torrefaction of different parts from a corn stalk and its effect on the characterization of products. *Industrial Crops and Products*, Volumul 92, pp. 26-33.
65. Meyer, A., Ehimen, E. E. & Holm-Nielsen, J., 2014. Bioenergy production from roadside grass: A case study of the. *Resources, Conservation and Recycling*, Volumul 93, pp. 124-133.

66. Miguel Angel Gonzalez-Salazar, M. V. W.-R. P. M. F. P. R. S., 2016. Methodology for improving the reliability of biomass energy potential estimation.. *În: Biomass and Bioenergy*, Volumul 88, pp. 43-58.
67. Miranda, T. și alții, 2015. Review of Pellets from Different Sources. *Materials*, Volumul 8, pp. 1413-1427.
68. Montiano, M., Díaz-Faes, E. & Barriocanal, C., 2016. Effect of briquette composition and size on the quality of the resulting coke. *Fuel Processing Technology*, Volumul 148, pp. 155-162.
69. Muazu, R. & Stegemann, J., 2015. Effects of operating variables on durability of fuel briquettes from rice. *Fuel Processing Technology*, Volumul 133, pp. 137-145.
70. Muntean, A., Ivanova, T. & Gudâma, A., 2011. Perspectivele utilizării biocombustibilului solid în condițiile Republicii Moldova. *Lucrări științifice UASM*, Volumul 28, pp. 252-255.
71. Nguyen, Q., Cloutier, A., Achim, A. & Stevanovic, S., 2015. Effect of process parameters and raw material characteristics on physical and mechanical properties of wood pellets made from sugar maple particles. *Biomass and Bioenergy*, Volumul 80, pp. 338-349.
72. Niedziółka, I., Mieczysław, S., Kachel- Jakubowska, M. & Kraszkiewicz, A., 2015. Assessment of the energetic and mechanical properties of pellets produced from agricultural biomass.. *În: Renewable Energy*, Volumul 76, pp. 312 - 317.
73. Nielsen, N., Holm, J. & Felby, C., 2009. Effect of fiber orientation on compression and frictional properties of sawdust particles in fuel pellet production. *În: Energy Fuels*, Volumul 23, pp. 3211-3216.
74. Nielsen, N., Peter, K., Gardner, D. & Felby, C., 2010. Effect of extractives and storage on the pelletizing process of sawdust. *Fuel*, 89(1).
75. Nunes, L., Matias, J. & Catală, J., 2016. Wood pellets as a sustainable energy alternative in Portugal. *În: Renewable Energy*, Volumul 85, pp. 1011-1016.
76. Okot, D. K., Bilsborrow, P. E. & Phan, A. N., 2018. Effects of operating parameters on maize COB briquette quality. *Biomass and Bioenergy*, Volumul 112, pp. 61-62.
77. Olorunnisola, A. O., 2004. Briquetting of rattan furniture waste. *Journal of Bamboo and Rattan*, 2(3), pp. 132 -149.
78. Paiano, A. & Laqioia, G., 2016. Energy potential from residual biomass towards meeting the EU renewable energy and climate targets. The Italian case. *Energy Pol*, Volumul 91, pp. 161-173.
79. Pavlenco , A., Marian, G. & Gudîma, A., 2018d. Potențialul energetic al reziduurilor agricole: Studiu de caz pentru Regiunea de Dezvoltare Nord, Republica Moldova. *Știința Agricolă*, Volumul 2.
80. Pavlenco, A; Marian, G; Gorobeț, V; Gudâma, A; Nazar, B, 2018b. Calitatea biobrichetelor produse din reziduuri agricole: studiu bibliografic. *Lucrări științifice UASM*, pp. 442-450.
81. Pavlenco, A., 2018a. Bioenergia pentru zonele rurale- efectul socioeconomic și de mediu (studiu bibliografic de specialitate). *Lucrări științifice UASM*, Volumul 51, pp. 461- 465.
82. Pavlenco, A., 2018c. Calitatea biocombustibililor solizi în acord cu politicile de dezvoltare a surselor regenerabile de energie: studiu bibliografic de specialitate. *Lucrări științifice UASM*, Volumul 51, pp. 402-408.
83. Pavlenco, A., 2018d. Calitatea biocombustibililor solizi produși din reziduuri agricole arboricole. *Știința Agricolă*, Volumul 2.
84. Pavlenco, A. & Marian, G., 2018e. Aspecte cu privire la perfecționarea tehnologiilor de producere a biobrichetelor cu folosirea reziduurilor agricole torefiate. *Știința agricolă*, Volumul 2.
85. Phanphanich, M. & Mani, S., 2011. Impact of torrefaction on the grindability and fuel characteristics of forest biomass. *Bioresource Technology*, Volumul 102, pp. 1246-1253.

86. Portugal-Pereira, J. et al., 2015. Agricultural and agro-industrial residues-to-energy: Technoeconomic and environmental assessment in Brazil. *In: Biomass and Bioenergy*, Volume 81, pp. 521-533.
87. Prins, M., Ptasiński, K. & Janssen, F., 2006. Torrefaction of wood. Part 1. Weight loss kinetics. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 77(1), pp. 28-34.
88. Proskurina, S., Sikkema, R., Heinima, J. & Vakkilainen, E., 2016. Five years left e How are the EU member states contributing to the 20% target for EU's renewable energy consumption; the role of woody biomass. *Biomass and Bioenergy*, Volumul 95, pp. 64-77.
89. Renzaho, A., Kamarab, J. & Toolec, M., 2017. Biofuel production and its impact on food security in low and middle income countries: Implications for the post-2015 sustainable development goals. *În: Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volumul 78, pp. 503-516.
90. Rettenmaier, N. S. A. K. S. e. a., 2010. *Status of Biomass Recourse Assessments, Version 3. Project Report Biomass Energy Europe.*, Heidelberg: s.n.
91. Rudolfsson, M. și alții, 2017. Combined effects of torrefaction and pelletization parameters on the. *Applied Energy*, Volumul 191, pp. 414-424.
92. Scarlat, N., Blujdea, V. & Dallemand, J., 2011. Assessment of the availability of agricultural and forest residues for bioenergy production in Romania. *În: Biomass and Bioenergy*, Volumul 35, pp. 1995-2005..
93. Scheftelowitz, M. & Thrän, D., 2016. Unlocking the Energy Potential of Manure—An Assessment of the Biogas Production Potential at the Farm Level in Germany. *Agriculture*, 6(2)(20), pp. 2256-2265.
94. Serrano, C., Monedero, E., Lapuerta, N. & Portero, H., 2011. Effect of moisture content, particle size and pine addition on quality parameters of barley straw pellets. *În: Fuel Processing Technology*, Volumul 92, pp. 699-706.
95. Shang, L. și alții, 2013. Intrinsic kinetics and devolatilization of wheat straw during torrefaction. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, Volumul 100, pp. 145-152.
96. SR, 2016. *AEBIOM* <http://www.aebiom.org/statistical-report-2016/> *Statistical Report 2016.* (Accesat 02 septembrie 2017).. s.l.:s.n.
97. St., 2017. SM EN ISO 14780: 2017. Biocombustibili solizi. Preparare eşantioane. *În: s.l.:s.n.*
98. St., 2017. SM EN ISO 18135: 2017. Biocombustibili solizi. Eşantionare. *În: s.l.:s.n.*
99. St., 2017. SM SR EN ISO 17225 1-7: 2017. *În: s.l.:s.n.*
100. St., 2017. SM SR EN ISO 17225.3. Biocombustibili solizi. Specificații și clase de combustibili. Partea 3: Clase de brichete din lemn.. *În: s.l.:s.n.*
101. St., 2017. SM SR EN ISO 17225-1:2017. Biocombustibili solizi. Specificații și clase de combustibili. Partea 1: Cerințe generale., s.l.: s.n.
102. Stelte, W. și alții, 2011. Fuel pellets from biomass: the importance of the pelletizing pressure and its dependency on the processing conditions. *În: Fuel*, Volumul 90, pp. 3285-3290.
103. Stenbing, B., Zah, R., Waeger, P. & Ludwig, C., 2010. Bioenergy in Switzerland: assessing the domestic sustainable biomass potential. *În: Renew. Sustain. Energy Rev*, 14(8), pp. 2256-2265.
104. Stolarski, M. și alții, 2013. Comparison of quality and production cost of briquettes made from agricultural and forest origin biomass. *Renewable Energy*, Volumul 57, pp. 20-26.
105. Stolarski, M. și alții, 2013. Comparison of quality and production cost of briquettes made from agricultural and forest origin biomass. *Renewable Energy*, Volumul 57, pp. 20-26.
106. Țiței, V., Gudîma, A., Muntean, A. & al., 2016. Prospects for the utilization of the *Miscanthus giganteus* and *Polygonum sachalinense* for solid biofuel production in the Republic Moldova. *Scientific papers. Series A. Agronomy.*, V(LIX).
107. Todos, P. și alții, 2002. Energie regenerabilă. Studiu de fezabilitate. *În: Chişinău: Tip. Reclama*, pp. 104-151.

108. Toklu, E., 2017. Biomass energy potential and utilization in Turkey.. *În: Renewable Energy*, Volumul 107, pp. 235-244.
109. Tóren, J., Dess, M. & Vesterinnen, P., 2011. *BEE project. Executive Summary, Evolution and Recommendations*, s.l.: s.n.
110. Torrent, J. G., Ramírez-Gómez, Á., Fernandez-Anez, N. & Pejic, L. M., 2016. Influence of the composition of solid biomass in the flammability and susceptibility to spontaneous combustion. *Fuel*, Volumul 184, pp. 503-511.
111. Tumuluru, J. și alții, 2011. A review on biomass torrefaction process and product properties for energy applications, *Industrial. În: Biotechnology*, Volumul 7, pp. 384-401.
112. Tumuluru, J. S. și alții, 2015. Impact of process conditions on the density and durability. *Bioenerg. Res*, pp. 388-401.
113. Uemura, V., Omar, W., Tsutsui, T. & Yusup, S., 2011. Torrefaction of oil palm wastes. *Fuel*, Volumul 90, pp. 2585-2591.
114. UN, 1998. KYOTO PROTOCOL TO THE UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE. p. 21.
115. UN, 2018. *TRANSFORMING OUR WORLD: THE 2030 AGENDA FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT*. s.l.:s.n.
116. Ungureanu, D., 2001. Potențialul și căile de utilizare a energiei biomasei în Republica Moldova. *În: Schimbarea climei. Strategii, tehnologii, perspective*. Chișinău: Bons Offices, pp. 91-110.
117. Vasilescu, E., nr. 1/2017. *Surse de energie pentru o dezvoltare durabilă. Buletinul AGIR*. s.l.:s.n.
118. Vasko, C.A., Adriaensen, M., Bretel, A., Duvaux-Bechon, I., Giannopapa, C.G, 2017. Space assets, technology and services in support of energy policy. *Acta Astronautica*, Volumul 138, pp. 295-300.
119. Vassilev, S. V., Baxter, D., Andersen, L. K. & Vassileva, C. G., 2010. An overview of the chemical composition of biomass. *Fuel*, Volumul 89, pp. 913-933.
120. Wight, J., Hons, F. & Storlien, J., 2012. Management effects on bioenergy sorghum growth, yield and nutrient uptake. *Biomass and bioenergy*, Volumul 46, pp. 593-604.
121. Wilén, C. și alții, 2013. *Wood torrefaction – pilot tests*. s.l.:JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER.
122. Zhao, G., 2016. Assessment of potential biomass energy production in China toward 2030 and 2050. *În: Int. J. Sustain. Energy*, 37,(1), pp. 47-66.
123. Zou, Y. & Brusewitz, G., 2002. Flowability of uncompacted marigold powder as affected by moisture content. *În: Journal of Food Engineering*, Volumul 55, pp. 165-171.
124. Гаврланд , Б. & Побединский , В. М., 2008. *Биомасса для энергетического использования*. Прага: CzechAid.
125. Гайденко, О., 2017.. Тверде біопаливо: технологічні вимоги, властивості компонентів та технологія виробництва.. *Агробізнес сьогодні*, Volumul №15-16, pp. 358-359.
126. Гелетуца, Г. și alții, 2010. Оцінка енергетичного потенціалу біомаси в Україні. Частина 1. Відходи сільського господарства та деревна біомаса.. *Пром. теплотехника*, 32(6), pp. 58-65.
127. Ключ, С. & Забарный, Г., 2011. Оценка и прогноз потенциала твердого биотоплива Украины. *Компрессорное и энергетическое машиностроение.*, 2(24), pp. 8-13.
128. Кривошеин, А. Н., 2016. *Производство биотоплива в Европейском Союзе: политика, сертификация, критерии устойчивости*. .. Москва: с.п.
129. Харитонов, А. В., 2016. Устойчивое развитие сельского хозяйства: понятие и содержание. *Îн: Успехи современной науки и образования*, 3(9), pp. 32-37.

LISTA PUBLICAȚIILOR

ale domnului **Pavlenco Andrei**, doctorand anul 3, Școala Doctorală a Parteneriatului Instituțiilor din Învățământ și Cercetare din Agricultură

Publicații în reviste de specialitate

1. Marian, G., Muntean, A., Gudîma, A., & Pavlenco, A. (2013). Considerații referitoare la folosirea biomasei provenită de la cultivarea porumbului pentru obținerea biocombustibililor solizi. *Știința agricolă*, 2, pg. 84-92.
2. Marian, G., Muntean, A., Țiței, V., Gudîma, A., & Pavlenco, A. (2014). Analiza comparativă a biomasei obținute din culturi energetice. *Știința agricolă*, 2, pg. 70-76.
3. Gudîma, A., Marian, G., & Pavlenco, A. (2017). Stadiul actual al cercetărilor cu privire la influența variabilelor de producție asupra calității biocombustibililor densificați în formă de peleți. *În: Meridian ingineresc*, 1, pg. 51-60.
4. Marian, G., Gudîma, A., & Pavlenco, A. (2017). Influența parametrilor densificării asupra calității peletilor produși din reziduuri agricole. *În: Știința agricolă*, 1, pg. 82-87.
5. Marian, G., Gudîma, A., & Pavlenco, A. (2017). Torefierea - o nouă direcție de sporire a calității peletilor de foc produși din biomasă autohtonă. *În: Știința agricolă*, 1.
6. Pavlenco A. (2018). Calitatea biocombustibililor solizi produși din reziduuri agricole: articol de sinteză. *În: Știința agricolă*, 1. (în editare).
7. Pavlenco A., Marian G., Gudîma A. (2018). Calitatea potențialul energetic al reziduurilor agricole: studiu de caz pentru Regiunea de Dezvoltare Nord, Republica Moldova. *În: Știința agricolă*, 1. (în editare).

Publicații în culegeri de lucrări științifice

8. Marian, G., Gudîma, A., Muntean, A., Gorobeț, V., & Pavlenco, A. (2013). Pelete din paie, considerații pro și contra. *Lucrări științifice FIATA, UASM*. 45, pg. 115-120. Chișinău: UASM.
9. Marian, G., Muntean, A., Gudîma, A., & Pavlenco, A. (2013). Considerații cu privire la estimarea potențialului de biomasă pentru scopuri energetice rezultată din reziduuri agrosilvice. *Lucrări științifice*. 38, pg. 66-70. Chișinău: UASM.
10. Pavlenco, A. (2018a). Bioenergia pentru zonele rurale - efectul socioeconomic și de mediu (studiu bibliografic de specialitate). *lucrări științifice FIATA UASM*. 51, pg. 461- 465. Chișinău: UASM.
11. Pavlenco, A. (2018c). Calitatea biocombustibililor solizi în acord cu politicile de dezvoltare a surselor regenerabile de energie: studiu bibliografic de specialitate. *Lucrări științifice FIATA UASM*. 51, pg. 402-408. Chișinău: UASM.

12. Pavlenco, A., Marian, G., Gorobeț, V., Gudâma, A., & Nazar, B. (2018b). Calitatea biobrichetelor produse din reziduuri agricole: studiu bibliografic. *Lucrări științifice FIATA, UASM*. 51, pg. 442-450. Chișinău: UASM.

Teze la manifestări științifice

13. Pavlenco A. Perspective de utilizare a materialelor compozite în construcția de mașini. Tezele celei de-a 63 conferință științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor, Ch.: Cenrul Ed. al UASM, 2010. pg.65. Chișinău: UASM.
14. Pavlenco A. Perspective de obținere a energiei termice din materiale lignocelulozice provenite din deșeuri agricole. Tezele celei de-a 64 conferință științifică a studenților, masteranzilor. Cenrul Ed. al UASM, 2011. pg.114. Chișinău: UASM.
15. Pavlenco A. Aplicarea deșeurilor agricole de proveniență animalieră pentru producerea biocombustibilului solizi în formă de peleți și brichete. Tezele celei de-a 65 conferință științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor. Cenrul Ed. al UASM, 2012. pg.78. Chișinău: UASM.

ANEXE

Anexa 1. Declarație cu privire la originalitatea tezei

Declarația cu privire la originalitatea tezei de doctorat

Subsemnatul *Pavlenco Andrei*, student-doctorand în cadrul Școlii doctorale din cadrul *Parteneriatului Instituțiilor din Învățământ și Cercetare din Agricultură*, declar pe proprie răspundere că lucrarea de față este rezultatul muncii mele, pe baza cercetărilor mele și pe baza informațiilor obținute din surse care au fost citate și indicate, conform normelor etice, în note și bibliografie în conformitate cu prevederile pct. 182 din *Regulamentul privind organizarea studiilor superioare de doctorat, ciclul III, aprobat de Hotărârea Guvernului Republicii Moldova Nr.1007 din 10.12.2014* cu modificările și completările ulterioare, și cu prevederile Articolul 185¹ *Cod penal al Republicii Moldova, nr. 985 din 18.04.2002* „Încălcarea dreptului de autor și a drepturilor conexe” cu modificările și completările ulterioare.

Declar că nu am folosit în mod tacit sau ilegal munca altora și că nici o parte din teză nu încalcă drepturile de proprietate intelectuală a altcuiva, persoană fizică sau juridică.

Declar că lucrarea nu a mai fost prezentată sub această formă unei alte instituții de învățământ superior în vederea obținerii unui grad sau titlu științific ori didactic.

Semnătura studentului –doctorand



„7” noiembrie 2018

Anexa 2. Dispoziție despre examinarea tezei

MINISTERUL AGRICULTURII,
DEZVOLTĂRII REGIONALE ȘI
MEDIULUI
AL REPUBLICII MOLDOVA
UNIVERSITATEA AGRARĂ
DE STAT DIN MOLDOVA



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА,
РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ И
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
РЕСПУБЛИКИ МОЛДОВА
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ МОЛДОВЫ

MD-2049, m.Chisinau, str. Mircești 44
tel: 31-22-58, fax(373-22) 31-22-76
<http://www.uasm.md>

MD-2049, Кишинэу, ул. Мирчешть, 44
тел: 31-22-58, факс (373-22) 31-22-76
<http://www.uasm.md>

„ 22 „ Noiembrie 2018 Nr. 263

Prorectorul cu activitate științifică
Dr. conf. Univ. Cereel Ilie
Conducător de doctorat
Dr. habilitat, prof. univ. Marian Grigore
Doctorand
Pavlenco Andrei

Dispoziție

Cu privire la examinarea tezei de doctorat
în cadrul ședinței comune a catedrei/laborator de profil,
conducătorului de doctorat și comisiei de îndrumare

Ca urmare a examinării raportului de similitudini și lipsa elementelor constitutive ale unui plagiat, Școala doctorală a Parteneriatului instituțiilor din învățământ și cercetare din agricultură, vă informează că în conformitate cu prevederile art. 7 (procedura de admitere și susținere preventivă a tezei de doctorat) din Regulamentul privind susținerea publică a tezei de doctorat în cadrul Școlii doctorale a Parteneriatului Instituțiilor din Învățământ și Cercetare din agricultură (Aprobat prin Hotărârea Senatului UASM proces-verbal nr. 4 din 16/11/2018), se propune evaluarea preliminară a tezei de doctorat și a rezumatului, cu tema: **Sporirea calității biocombustibililor solizi în acord cu politicile de dezvoltare a surselor regenerabile de energie**, în ședința comună a catedrei de profil/laborator, conducătorului de doctorat și comisiei de îndrumare, cu cel puțin 10 zile lucrătoare după publicarea anunțului despre susținerea preliminară pe pagina web a UASM.

Directorul Școlii doctorale
a Parteneriatului instituțiilor din învățământ
și cercetare din agricultură,
Dr. habilitat, prof. univ.

Valerian BALAN

Metodist-coordonator

Valentina GOIA

Anexa 3. Act de implementare

 CC „Inginerie Agrară” UASM Aprobat: Director conf. univ. dr. V. Gorobet <i>[Signature]</i> 10 octombrie 2018	SRL „Brilanprim” Aprobat: Director Chiriac Stela <i>[Signature]</i> 10 octombrie 2018 
---	---

A C T

DE IMPLEMENTARE ÎN PRODUCȚIE A MATERIEI PRIME DIN REZIDUURI AGRICOEL TOREFIATE PENTRU PRODUCEREA BRICHETELOR ENplus A2
Autor – prof. univ., dr. h în șt. tehn. Grigore Marian, doctorand Pavlenco Andrei

Comisia în componența: director SRL „Brilanprim” Chiriac Stela, Șeful Laboratorului de biocombustibili solizi UASM prof. univ., dr. h. Marian Grigore, șeful catedrei MMIM UASM conf. univ. dr. Țapu Veaceslav, cercetător științific Gudima Andrei au alcătuit prezentul act despre implementarea în producție a rezultatelor cercetărilor științifice, efectuate de către prof. univ., dr. hab. în tehn. Grigore Marian și doctorandul Pavlenco Andrei în formă de amestec pe bază de reziduuri agricole torefiate, pentru producerea biobrichetelor la SRL „BIOBRIPIL”.

Comisia, cu vot unanim, a hotărât: în baza rezultatelor pozitive ale testării materiei prime provenite din reziduuri agricole, se propune de a implementa în producție amestecul de reziduuri agricole torefiate cu următoarea componență: paie de grâu – 10 ... 35%, restul reziduuri agricole arboricole dimensiunile particulelor 3 - 7 mm, umiditatea materiei prime 8-16%, temperatura de brichetare 175-225 °C, presiunea de presare de cel puțin 175 MPa.

Brichetele produse din materialul propus au marcat următoarele proprietăți din material compozit propus au demonstrat următoarele proprietăți:

Continuare anexa 3

Nr. crt.	Denumirea caracteristicii	DN al metodei de încercare	Valoarea efectivă și unitățile de măsură
1.	Puterea calorifică inferioară la prelevare ¹⁾	<i>SM EN ISO 18125:2017</i>	20,3 MJ/kg
2.	Conținutul de umiditate la recepție	<i>SM EN ISO 18134-3:2017</i>	6,3 %
3.	Conținutul de cenușă	<i>SM EN ISO 18122:2017</i>	2,5 %
4.	Densitatea particulelor	<i>SM EN ISO 18847:2017</i>	1,12g/cm ³
5.	Conținutul de Azot în bază uscată	<i>PL 5.4.10 SM EN ISO 16994:2017</i>	0,5%
6.	Conținutul de Sulf în bază uscată	<i>PL 5.4.10 SM EN ISO 16994 :2017</i>	0,04%

¹⁾ Puterea calorifică inferioară s-a determinat pentru conținutul de hidrogen egal cu 5,74%

²⁾ Particule trecute prin sita cu ochiurile 3,15 mm și separate de la probă până la încercare durabilității mecanice nu s-au înregistrat.

Aplicarea materialului compozit propus asigură: sporirea calității biocombustibililor în formă de pelete de foc cu diametrul 6 și 8 mm la nivelul cerințelor normelor ENPlus A2.

Ciriac Stela

Marian Grigore

Țapu Veaceslav

Gudîma Andrei

Anexa 4. Rezultatele experimentale cu privire la determinarea valorii calorifice a reziduurilor agricole

Reziduuri meri

Nr repetiții	Cod probă	Masa	dTk	Tb	Tk	q V, gr, d		
		g	°C			J/g	kcal/kg	kWh/kg
1	M1	0,4074	0,978	22,7898	9100,7517	20333,635	4855,672	5,649
2	M2	0,3867	0,9261	23,1578	9100,7517	20281,405	4843,199	5,634
3	M3	0,4075	0,974	23,7625	9100,7517	20240,505	4833,433	5,623
Media						20285,182	4844,101	5,635
Abaterea standard						46,67990	11,14716	0,01297
Intervalul de încredere						52,82231	12,61397	0,01467

Reziduuri peri

Nr repetiții	Cod probă	Masa	dTk	Tb	Tk	q V, gr, d		
		g	°C			J/g	kcal/kg	kWh/kg
1	P1	0,3282	0,8007	23,5698	9100,7517	20690,534	4940,900	5,748
2	P2	0,2678	0,654	24,1285	9100,7517	20711,937	4946,011	5,754
3	P3	0,2919	0,7162	23,9854	9100,7517	20815,627	4970,772	5,783
Media						20739,366	4952,561	5,761
Abaterea standard						66,90538	15,97700	0,01859
Intervalul de încredere						75,70917	18,07935	0,02103

Reziduuri gutui

Nr repetiții	Cod probă	Masa	dTk	Tb	Tk	q V, gr, d		
		g	°C			J/g	kcal/kg	kWh/kg
1	G1	0,3608	0,8632	23,4785	9070,6164	20189,243	4821,191	5,609
2	G2	0,3824	0,9101	24,4895	9070,6164	20073,974	4793,665	5,577
3	G3	0,3904	0,9293	23,1567	9070,6164	20078,646	4794,781	5,578
Media						20113,954	4803,212	5,588
Abaterea standard						65,24417	15,58031	0,01812
Intervalul de încredere						73,82937	17,63045	0,02051

Reziduuri vișini

Nr repetiții	Cod probă	Masa	dTk	Tb	Tk	q V, gr, d		
		g	°C			J/g	kcal/kg	kWh/kg
1	V1	0,337	0,8203	22,5631	9100,7517	20640,044	4928,842	5,734
2	V2	0,3212	0,7844	23,4531	9100,7517	20713,148	4946,300	5,754
3	V3	0,3320	0,8082	22,8654	9100,7517	20641,166	4929,110	5,734
Media						20664,786	4934,751	5,741

Abaterea standard	41,88640	10,00247	0,01164
Intervalul de încredere	47,39805	11,31865	0,01317

Reziduuri cireși

Nr repetiții	Cod probă	Masa	dTk	Tb	Tk	q V, gr, d		
		g	°C			J/g	kcal/kg	kWh/kg
1	C1	0,2255	0,5833	23,4862	9100,7517	22028,424	5260,388	6,119
2	C2	0,2112	0,5473	23,5871	9100,7517	22071,531	5270,682	6,131
3	C3	0,2189	0,5669	23,6234	9100,7517	22053,888	5266,468	6,127
Media						22051,281	5265,846	6,126
Abaterea standard						21,67167	5,175	0,00602
Intervalul de încredere						24,52335	5,856	0,00681

Reziduuri caiși

Nr repetiții	Cod probă	Masa	dTk	Tb	Tk	q V, gr, d		
		g	°C			J/g	kcal/kg	kWh/kg
1	A1	0,3028	0,7429	22,4586	9100,7517	20814,338	4970,464	5,782
2	A2	0,3257	0,7963	22,5691	9100,7517	20736,620	4951,905	5,761
3	A3	0,2738	0,6718	22,6458	9100,7517	20817,553	4971,232	5,783
Media						20789,503	4964,533	5,775
Abaterea standard						45,82674	10,94342	0,01273
Intervalul de încredere						51,85688	12,38342	0,01441

Reziduuri persic și nectarine

Nr repetiții	Cod probă	Masa	dTk	Tb	Tk	q V, gr, d		
		g	°C			J/g	kcal/kg	kWh/kg
1	PN1	0,2093	0,526	23,2597	9100,7517	21360,334	5100,848	5,934
2	PN2	0,2433	0,612	23,5643	9100,7517	21377,420	5104,928	5,939
3	PN3	0,2468	0,6198	23,4852	9100,7517	21340,794	5096,182	5,928
Media						21359,516	5100,652	5,934
Abaterea standard						18,32631	4,376	0,00509
Intervalul de încredere						20,73779	4,952	0,00576

Reziduuri pruni

Nr repetiții	Cod probă	Masa	dTk	Tb	Tk	q V, gr, d		
		g	°C			J/g	kcal/kg	kWh/kg
1	Pr1	0,2358	0,5948	22,2231	9100,7517	21443,188	5120,633	5,957
2	Pr2	0,2048	0,5151	22,8657	9100,7517	21378,108	5105,092	5,939
3	Pr3	0,2563	0,6445	23,1568	9100,7517	21371,465	5103,506	5,937
Media						21397,587	5109,744	5,944
Abaterea standard						39,63110	9,464	0,01101
Intervalul de încredere						44,84599	10,709	0,01246

Continuare anexa 4

Vii soiuri de masă

Nr repetiții	Cod probă	Masa	dTk	Tb	Tk	q v, gr, d		
		g	°C			J/g	kcal/kg	kWh/kg
1	VVM1	0,3221	0,7731	23,5849	9100,7517	20331,487	4855,159	5,648
2	VVM2	0,3409	0,8138	22,4857	9100,7517	20213,616	4827,012	5,615
3	VVM3	0,3223	0,7742	22,3845	9100,7517	20348,992	4859,339	5,653
Media						20298,032	4847,170	5,639
Abaterea standard						73,62812	17,582	0,02045
Intervalul de încredere						83,31653	19,896	0,02315

Vii soiuri tehnice

Nr repetiții	Cod probă	Masa	dTk	Tb	Tk	q v, gr, d		
		g	°C			J/g	kcal/kg	kWh/kg
1	VVT1	0,4102	0,9505	23,4111	9100,7517	19575,947	4674,736	5,438
2	VVT2	0,3159	0,7363	23,2655	9100,7517	19698,604	4704,027	5,472
3	VVT3	0,3969	0,9193	22,3666	9100,7517	19566,077	4672,379	5,435
Media						19613,543	4683,714	5,449
Abaterea standard						73,83049	17,631	0,02051
Intervalul de încredere						83,54552	19,951	0,02321

Anexa 5. Rezultatele experimentale cu privire la determinarea conținutului de umiditate și de cenușă pentru reziduuri arboricole

Meri

Nr. rep.	m1	m2	m3	Mad, %	A _d , %	Ar, %
1	25,5408	27,9262	25,5680	10,00	1,140	1,267
2	27,6139	28,8267	27,6232	10,00	0,767	0,852
3	26,4119	27,9689	26,4305	10,00	1,195	1,327
Media					1,034	1,149
Abaterea standard					0,233	0,259
Domeniul de încredere					0,264	0,293

Peri

Nr. rep.	m1	m2	m3	Mad, %	A _d , %	Ar, %
1	25,5369	26,2263	25,5506	10,00	1,987	2,208
2	27,6109	28,4091	27,6219	10,00	1,378	1,531
3	26,4107	27,0325	26,4210	10,00	1,656	1,841
Media					1,674	1,860
Abaterea standard					0,305	0,339
Domeniul de încredere					0,345	0,383

Gutui

Nr. rep.	m1	m2	m3	Mad, %	A _d , %	Ar, %
1	25,5380	27,0484	25,5640	10,00	1,721	1,913
2	27,6118	29,2012	27,6397	10,00	1,755	1,950
3	26,4104	27,5867	26,4308	10,00	1,734	1,927
Media					1,737	1,930
Abaterea standard					0,017	0,019
Domeniul de încredere					0,019	0,022

Vișini

Nr. rep.	m1	m2	m3	Mad, %	A _d , %	Ar, %
1	25,5395	26,5743	25,5486	10,00	0,879	0,977
2	27,6133	28,6501	27,6233	10,00	0,965	1,072
3	26,4109	27,4020	26,4233	10,00	1,251	1,390
Media					1,032	1,146
Abaterea standard					0,195	0,216
Domeniul de încredere					0,220	0,245

Cireși

Nr. rep.	m1	m2	m3	Mad, %	A _d , %	Ar, %
1	25,5384	26,3753	25,5493	10,00	1,302	1,447
2	27,6115	28,7533	27,6316	10,00	1,760	1,956
3	26,4107	27,3920	26,4284	10,00	1,804	2,004
Media					1,622	1,802
Abaterea standard					0,278	0,309
Domeniul de încredere					0,314	0,349

Caiși

Nr. rep.	m1	m2	m3	Mad, %	A _d , %	Ar, %
1	24,2867	25,4757	24,2966	10,00	0,833	0,925
2	26,1458	27,6549	26,1610	10,00	1,007	1,119
3	25,1400	26,4903	25,1509	10,00	0,807	0,897
Media					0,882	0,980
Abaterea standard					0,109	0,121
Domeniul de încredere					0,123	0,137

persici și nectarine

Nr. rep.	m1	m2	m3	Mad, %	A _d , %	Ar, %
1	25,5403	26,6842	25,5580	10,00	1,547	1,719
2	24,2825	25,1406	24,2952	10,00	1,480	1,644
3	27,6132	28,4611	27,6227	10,00	1,120	1,245
Media					1,383	1,536
Abaterea standard					0,230	0,255
Domeniul de încredere					0,260	0,289

Prune

Nr. rep.	m1	m2	m3	Mad, %	A _d , %	Ar, %
1	26,4124	27,3156	26,4145	10,00	0,233	0,258
2	26,1428	27,2615	26,1516	10,00	0,787	0,874
3	25,1381	26,1583	25,1509	10,00	1,255	1,394
Media					0,758	0,842
Abaterea standard					0,512	0,569
Domeniul de încredere					0,579	0,643

Vii soiuri de masă

Nr. rep.	m1	m2	m3	Mad, %	A _d , %	Ar, %
1	25,5400	26,7720	25,5578	10,00	1,445	1,605
2	24,2823	25,6017	24,3049	10,00	1,713	1,903
3	27,6138	28,7077	27,6343	10,00	1,874	2,082
Media					1,677	1,864
Abaterea standard					0,217	0,241
Domeniul de încredere					0,245	0,273

Vii soiuri de tehnice

Nr. rep.	m1	m2	m3	Mad, %	A _d , %	Ar, %
1	26,4120	31,4621	26,5197	10,00	2,133	2,370
2	26,1426	29,9114	26,2210	10,00	2,080	2,311
3	25,1386	29,1788	25,2303	10,00	2,270	2,522
Media					2,161	2,401
Abaterea standard					0,098	0,109
Domeniul de încredere					0,111	0,123

Anexa 6. Resultados experimentais da análise química dos probelors estudados no Centro de Energia das Biomassas, Mirando do Corvo, Portugal

Carbon, hydrogen, Nitrogen

IMPRESSO				
Registos primários Carbono, Hidrogénio e Azoto totais (ISO 16948)				
DATA Date: <u>21/5/2017</u>				
TÉCNICO ANALISTA Analyst: <u>EZ</u>				
BALANÇA Balance: <u>Lab/O IT</u>				
EQUIPAMENTO DE ANÁLISE Equipment of analysis: <u>Lab/O 21</u>				
Observações: Date of last calibration: _____ Analyst: <u>EZ</u> Data da última calibração: _____ Técnico Analista: _____ Gama Carbono e Hidrogénio: <u>Carbon and Hydrogen range</u> Gama Azoto: <u>Nitrogen range</u>				
Verificação da estabilização <u>stabilization Check</u>				
Padrão utilizado: <u>Standard used: PP-EDTA IT 0616-01</u>				
$m_1 (g) =$ <u>0.2006</u>	$m_2 (g) =$ <u>0.2002</u>			
$m_3 (g) =$ <u>0.2023</u>	$m_4 (g) =$ <u>0.1997</u>			
Calibration of the Carbon and Hydrogen Calibração de Carbono e Hidrogénio Padrão: <u>Standard identification PP-EDTA IT 0616-01</u>				
$m_1 (g):$ <u>0.0775 / 0.0513</u>	$m_1 (g):$ <u>0.0122</u>			
$m_2 (g):$ <u>0.1721</u>	$m_2 (g):$ <u>0.0675</u>			
$m_3 (g):$ <u>0.2915</u>	$m_3 (g):$ <u>0.1082</u>			
Sample code <u>Mass</u> <u>Mass</u> <u>Mass</u> <u>Mass</u>	Sample code <u>Mass</u> <u>Mass</u> <u>Mass</u> <u>Mass</u>			
Código Amostra	Massa pesada (g)	Massa pesada (g)	Massa pesada (g)	Massa pesada (g)
PC_OL1				
PC_EDTA1(1)				
PC_EDTA1(2)				
193-18	0.0089			
193-18	0.2025			
PC_OL1				
PC_EDTA1(1)				
PC_EDTA1(2)				
193-18	0.1035	0.1025		
193-18	0.1037			
193-18	0.2072			

Código: Imp.5.4.25(1) Entidade Emissora: RT Página 1 de 2



IMPRESSO

Registos primários Carbono, Hidrogénio e Azoto totais (ISO 16948)

[illegible]

Rúbrica: _____

Continuare anexa 6.

IMPRESSO Registos Primários Enxofre e Cloro Totais (ISO 16994)			
Date: 22/05/2018 Data: ____/____/____ Código do ficheiro (IC): <u>16994</u> File Code (IC): Date of last calibration 14/05/2018 Data da última calibração: ____/____/____ Técnico Analista: <u>E</u> Analyst			
AMOSTRA ,	ÁREA DE PICO		
	Cloretos	Nitratos	Sulfatos
Sample	Clorides	Nitrates	Sulfates
P ₁	0,0524	21,0314	0,0338
P ₂	0,1657	25,0421	0,1258
P ₃	0,2902	33,7789	0,2231
P ₄	0,4305	39,1668	0,3263
P ₅	0,5372	46,9430	0,4318
P ₆	0,1351	34,6656	0,1583
Blank 22/17/2018	0,0064	15,6625	0,0164
193-18 1	4,6745	23,0720	2,7061
193-18 2	4,5997	22,1491	2,6524
193-18 1 5/100	0,1827	—	0,1026
193-18 2 5/100	0,1997	—	0,1009
P ₆	0,1419	35,1942	0,1575
t retenção máximo (min) ¹	maximum retention time (min)	6,970	11,077
t retenção mínimo (min) ¹	minimum retention time (min)	6,377	10,914
Desvio t retenção ≤ 10%		1,341	1,57
Retention time deviation -			
¹ Obtido na sessão de trabalho.			

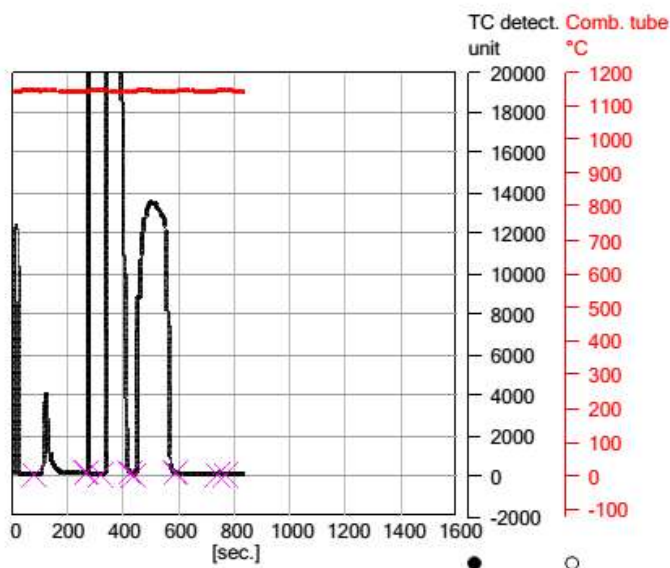
Anexa 7. Rezultatele experimentale cu privire la analiza chimică a probelor studiate în LBCS la analizorul VARIO MACROcube

Document: II RAZA + probe dis Pavlenco (varioMACROcube) from: 27.11.2018 11:15:21

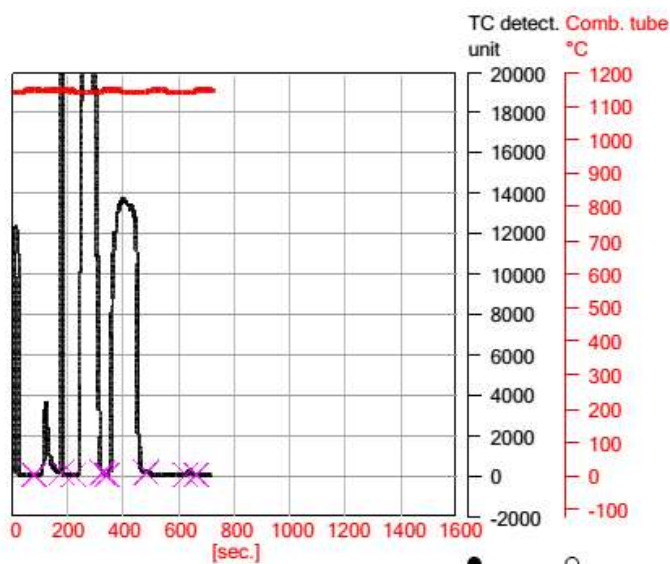
analytic functional testing
varioMACROcube
serial number: 20157085

Graphic report

No.	Wt%	Name	Method	Fi Area	C Area	H Area	S Area	Fi (%)	C (%)	H (%)	S (%)	C/H ratio	C/H ratio	N Factor	C Factor	H Factor	S Factor	N Blank	C Blank	H Blank	S Blank	Info	Date	Time
10	75.100	II RAZA Tabaci	Luft3 Chelmsu	8.576	344.936	136.775	143	0.82	47.94	5.784	0.04	98.886	6.389	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0	0	0	0		07.06.2018	15:49



No.	Wt%	Name	Method	Fi Area	C Area	H Area	S Area	Fi (%)	C (%)	H (%)	S (%)	C/H ratio	C/H ratio	N Factor	C Factor	H Factor	S Factor	N Blank	C Blank	H Blank	S Blank	Info	Date	Time
11	68.100	II RAZA Tabaci	Luft3 Chelmsu	6.441	311.738	123.914	157	0.68	47.71	5.674	0.07	70.238	6.496	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0	0	0	0		07.06.2018	16:05



Name: eassuperuser, Access: varioMACROcube superuser

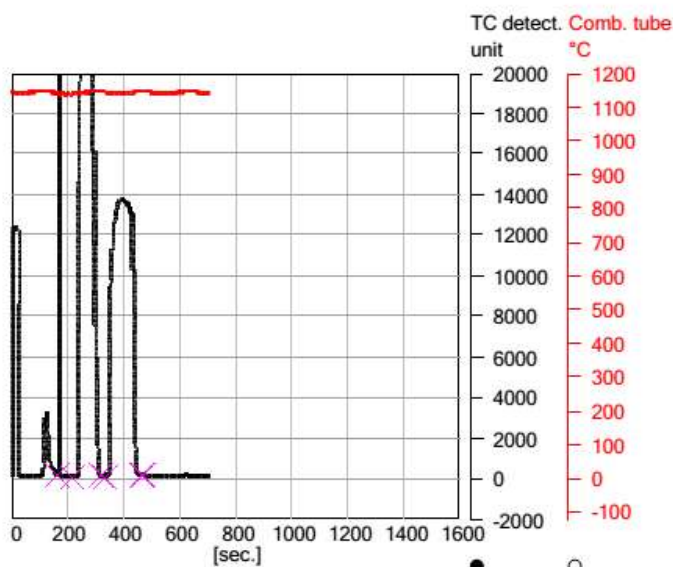
20.12.2018 20:56:33

varioMACRO cube V4.0.3 (5858803)2015-10-15, CHNS Mode, Ser. No.: 20157085
Elementar Analysensysteme GmbH

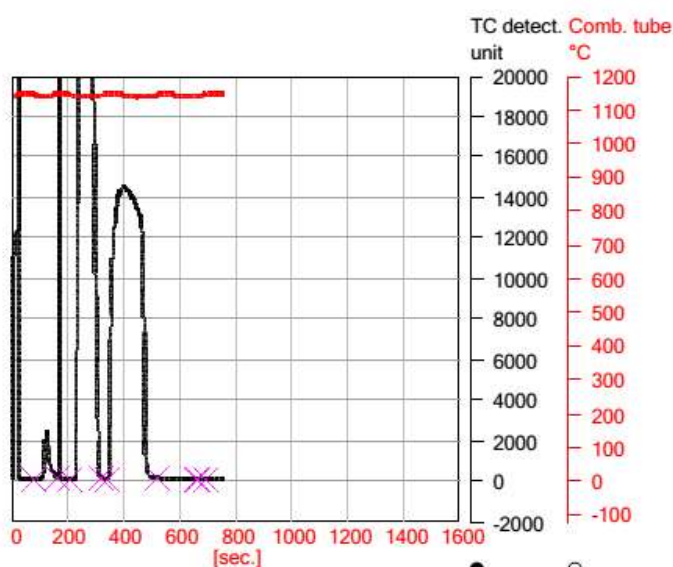
analytic functional testing
varioMACROcube
serial number: 20157085

Graphic report

No.	Wieg.	Name	Method	N Area	C Area	H Area	S Area	N [%]	C [%]	H [%]	S [%]	C/H ratio	C/H ratio	N factor	C factor	H factor	S factor	N Blank	C Blank	H Blank	S Blank	Memo	Info	Date	Time
12	62.700	II RAZA Falsch	cufl3 Chalmers	5.554	286.774	136.485	330	0.64	47.30	5.730	0.05	74.9748	8.3313	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0	0	0	0			07.09.2018	16:34



No.	Wieg.	Name	Method	N Area	C Area	H Area	S Area	N [%]	C [%]	H [%]	S [%]	C/H ratio	C/H ratio	N factor	C factor	H factor	S factor	N Blank	C Blank	H Blank	S Blank	Memo	Info	Date	Time
13	67.800	Mari	cufl3 Chalmers	4.250	288.215	140.701	78	0.95	46.30	6.134	0.03	132.4048	7.5793	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0	0	0	0			07.09.2018	16:27



Name: eassuperuser, Access: varioMACROcube superuser

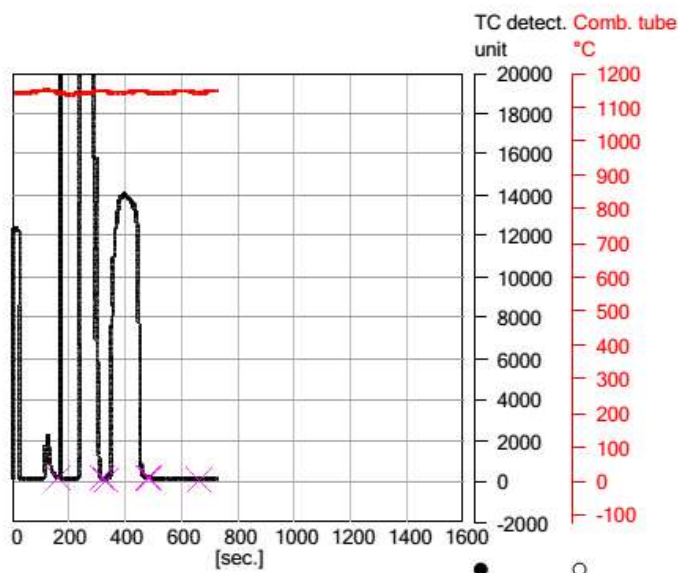
20.12.2018 20:56:33

varioMACRO cube V4.0.3 (5858803)2015-10-15, CHNS Mode, Ser. No.: 20157085
Elementar Analysensysteme GmbH

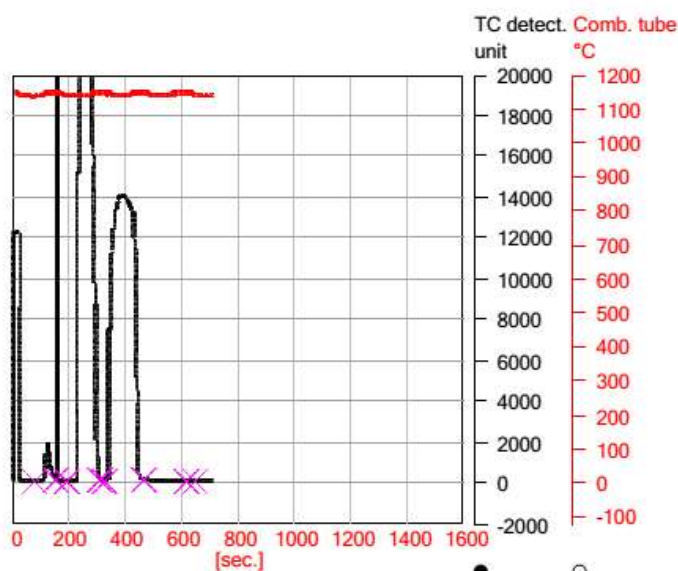
analytic functional testing
varioMACROcube
serial number: 20157085

Graphic report

No.	Wttyp.	Name	Method	N Area	C Area	H Area	S Area	N [%]	C [%]	H [%]	S [%]	C/N ratio	C/H ratio	N factor	C factor	H factor	S factor	N Blank	C Blank	H Blank	S Blank	Memo	Info	Date	Time
14	75800	Met	cu73 Chemsu	3.840	325.208	132.752	68	0.39	46.49	5.876	0.03	118.890	7.8115	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0	0	0	0			07.09.2018	16:40



No.	Wttyp.	Name	Method	N Area	C Area	H Area	S Area	N [%]	C [%]	H [%]	S [%]	C/N ratio	C/H ratio	N factor	C factor	H factor	S factor	N Blank	C Blank	H Blank	S Blank	Memo	Info	Date	Time
15	65700	Met	cu73 Chemsu	3.333	328.729	138.488	50	0.34	46.62	5.909	0.03	136.412	7.8494	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0	0	0	0			07.09.2018	16:52



Name: eassuperuser, Access: varioMACROcube superuser

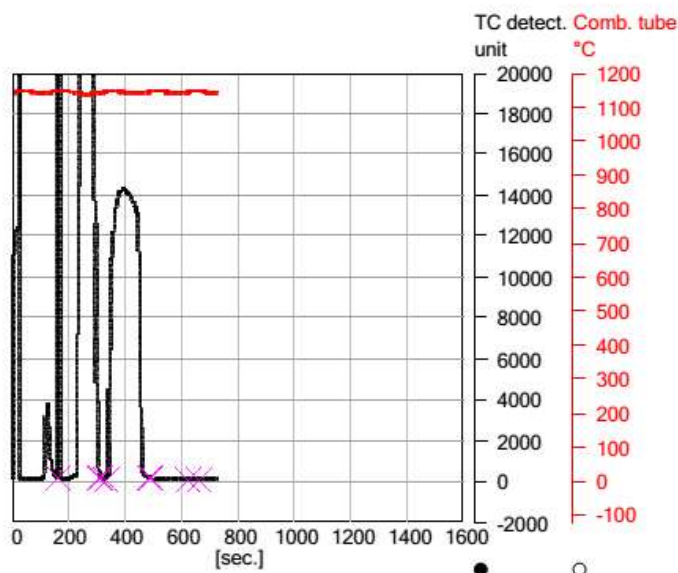
20.12.2018 20:56:33

varioMACRO cube V4.0.3 (5858803)2015-10-15, CHNS Mode, Ser. No.: 20157085
Elementar Analysensysteme GmbH

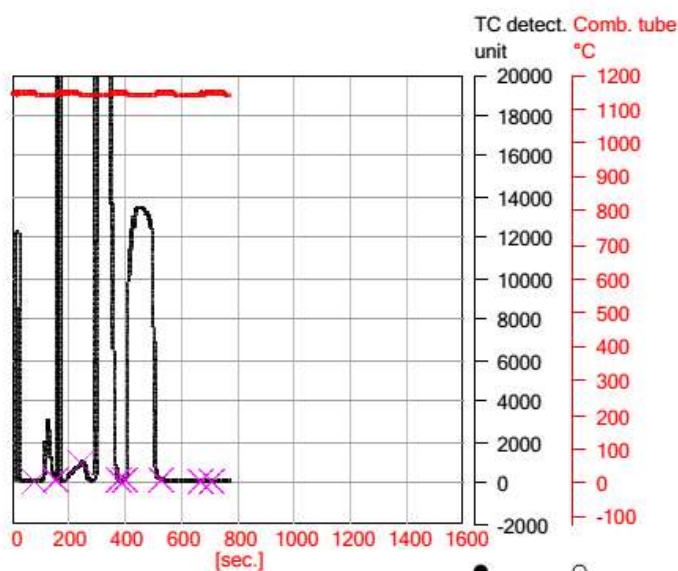
analytic functional testing
varioMACROcube
serial number: 20157085

Graphic report

No.	Wttyp.	Name	Method	N Area	C Area	H Area	S Area	N [%]	C [%]	H [%]	S [%]	C/N ratio	C/H ratio	N factor	C factor	H factor	S factor	N Blank	C Blank	H Blank	S Blank	Memo	Info	Date	Time
16	78300	Feu	cu73 Chénou	0.127	330.408	146.265	79	0.59	46.49	5.98	0.03	81.159	7.7754	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0	0	0	0			01/01/2018	12:54



No.	Wttyp.	Name	Method	N Area	C Area	H Area	S Area	N [%]	C [%]	H [%]	S [%]	C/N ratio	C/H ratio	N factor	C factor	H factor	S factor	N Blank	C Blank	H Blank	S Blank	Memo	Info	Date	Time
17	65500	Feu	cu73 Chénou	5.056	284.937	112.622	30	0.55	45.28	5.28	0.03	81.766	8.5667	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0	0	0	0			01/01/2018	12:58



Name: eassuperuser, Access: varioMACROcube superuser

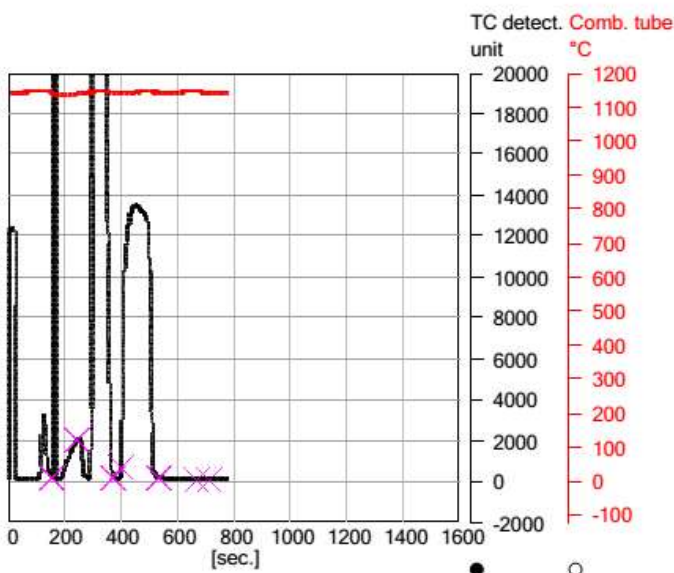
20.12.2018 20:56:33

varioMACRO cube V4.0.3 (5858803)2015-10-15, CHNS Mode, Ser. No.: 20157085
Elementar Analysensysteme GmbH

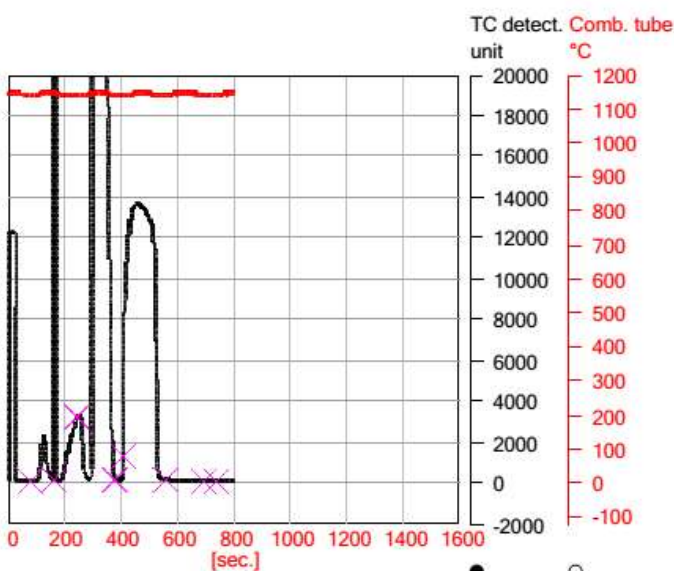
analytic functional testing
varioMACROcube
serial number: 20157085

Graphic report

No.	Wtng.	Name	Method	N Area	C Area	H Area	S Area	N [%]	C [%]	H [%]	S [%]	C/N ratio	C/H ratio	N factor	C factor	H factor	S factor	N Blank	C Blank	H Blank	S Blank	Memo	Info	Date	Time
18	00000	Fei	cu73 Chemsu	5.598	294.082	108.072	76	0.58	44.46	4.835	0.03	76.294	0.1958	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0	0	0	0			01/01/2018	12:31



No.	Wtng.	Name	Method	N Area	C Area	H Area	S Area	N [%]	C [%]	H [%]	S [%]	C/N ratio	C/H ratio	N factor	C factor	H factor	S factor	N Blank	C Blank	H Blank	S Blank	Memo	Info	Date	Time
19	78.780	Control	cu73 Chemsu	4.626	330.315	111.288	40	0.42	43.84	4.339	0.02	104.0912	10.1853	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0	0	0	0			01/01/2018	12:46



Name: eassuperuser, Access: varioMACROcube superuser

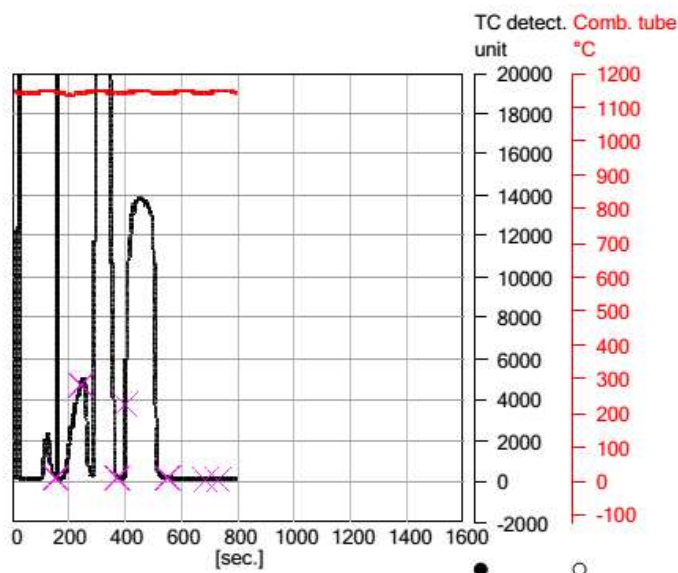
20.12.2018 20:56:33

varioMACRO cube V4.0.3 (5858803)2015-10-15, CHNS Mode, Ser. No.: 20157085
Elementar Analysensysteme GmbH

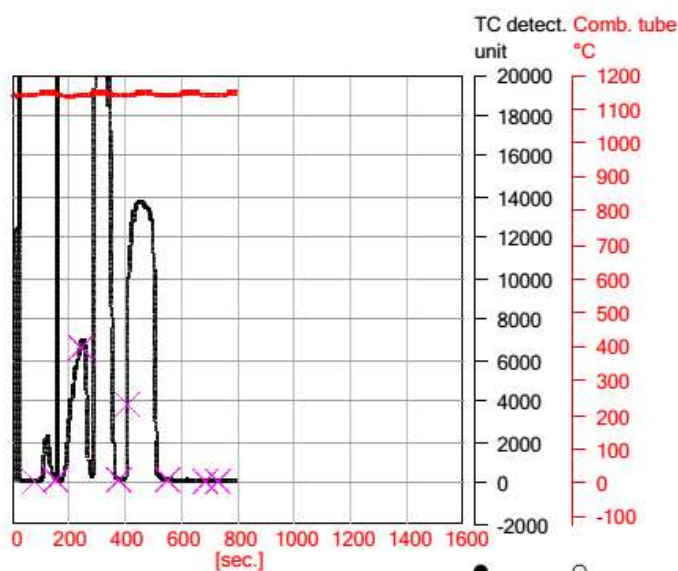
analytic functional testing
varioMACROcube
serial number: 20157085

Graphic report

No.	Wtng.	Name	Method	N Area	C Area	H Area	S Area	N [%]	C [%]	H [%]	S [%]	C/N ratio	C/H ratio	N factor	C factor	H factor	S factor	N Blank	C Blank	H Blank	S Blank	Memo	Info	Date	Time
20	73.100	Guai	cu73 Chemsu	4.854	238.503	18.235	54	0.49	42.52	3.636	0.03	87.9094	11.0968	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0	0	0	0			01/01/2018	12:58



No.	Wtng.	Name	Method	N Area	C Area	H Area	S Area	N [%]	C [%]	H [%]	S [%]	C/N ratio	C/H ratio	N factor	C factor	H factor	S factor	N Blank	C Blank	H Blank	S Blank	Memo	Info	Date	Time
21	68.100	Guai	cu73 Chemsu	5.857	287.127	107.135	30	0.53	48.62	3.845	0.03	76.7239	14.3443	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0	0	0	0			01/01/2018	18:12



Name: eassuperuser, Access: varioMACROcube superuser

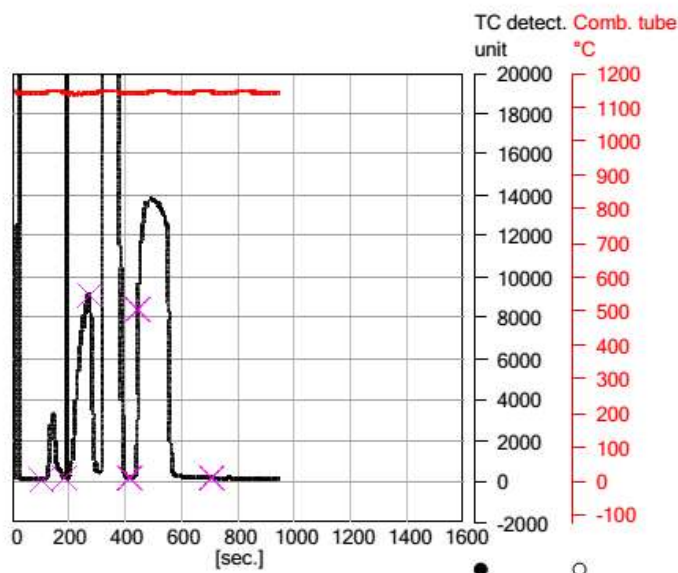
20.12.2018 20:56:33

varioMACRO cube V4.0.3 (5858803)2015-10-15, CHNS Mode, Ser. No.: 20157085
Elementar Analysensysteme GmbH

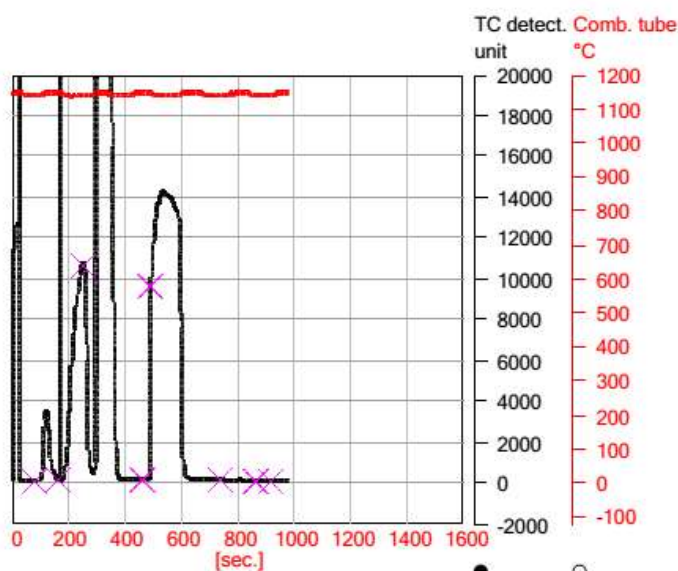
analytic functional testing
varioMACROcube
serial number: 20157085

Graphic report

No.	Wtng.	Name	Method	N Area	C Area	H Area	S Area	N [%]	C [%]	H [%]	S [%]	C/N ratio	C/H ratio	N factor	C factor	H factor	S factor	N Blank	C Blank	H Blank	S Blank	Memo	Info	Date	Time
22	80400	Vign	cu73 Chemsu	7 640	300 616	48 747	41	0.71	39.81	1.738	0.61	54.8115	22.7951	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0	0	0	0			01/01/2018	18:38



No.	Wtng.	Name	Method	N Area	C Area	H Area	S Area	N [%]	C [%]	H [%]	S [%]	C/N ratio	C/H ratio	N factor	C factor	H factor	S factor	N Blank	C Blank	H Blank	S Blank	Memo	Info	Date	Time
23	78400	Vign	cu73 Chemsu	8 430	285 470	38 506	71	0.77	37.28	1.331	0.61	46.5136	27.1607	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0	0	0	0			01/01/2018	18:46



Name: eassuperuser, Access: varioMACROcube superuser

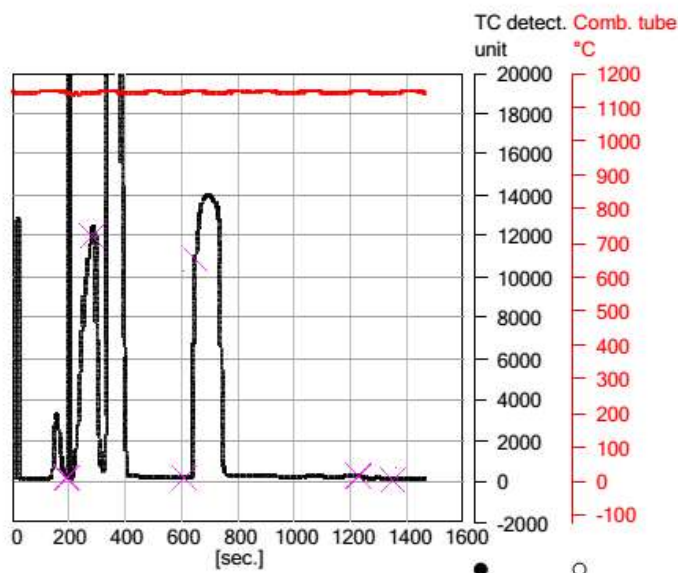
20.12.2018 20:56:33

varioMACRO cube V4.0.3 (5858803)2015-10-15, CHNS Mode, Ser. No.: 20157085
Elementar Analysensysteme GmbH

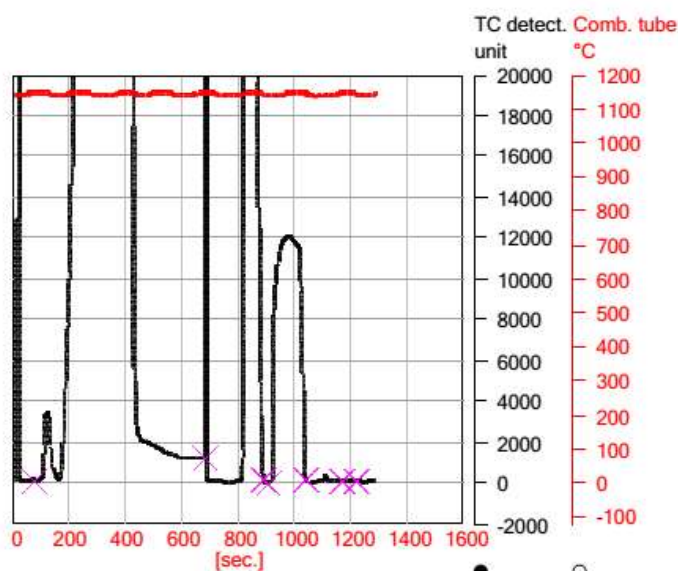
analytic functional testing
varioMACROcube
serial number: 20157085

Graphic report

No.	Wtgp.	Name	Method	N Area	C Area	H Area	S Area	N [%]	C [%]	H [%]	S [%]	C/N ratio	C/H ratio	N factor	C factor	H factor	S factor	N Blank	C Blank	H Blank	S Blank	Memo	Info	Date	Time
24	74500	Vign	su13 Chemsu	8.395	280.311	21.796	100	0.61	36.49	0.830	0.04	44.8094	43.8464	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0	0	0	0	isJup		07.09.2018	13:30



No.	Wtgp.	Name	Method	N Area	C Area	H Area	S Area	N [%]	C [%]	H [%]	S [%]	C/N ratio	C/H ratio	N factor	C factor	H factor	S factor	N Blank	C Blank	H Blank	S Blank	Memo	Info	Date	Time
25	65000	Cwey	su13 Chemsu	1.535	289.257	1.20.237	36	171.34	46.41	5.747	0.01	6.7709	8.6757	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0	0	0	0	NpnyNo,Su...		07.09.2018	13:30



Name: eassuperuser, Access: varioMACROcube superuser

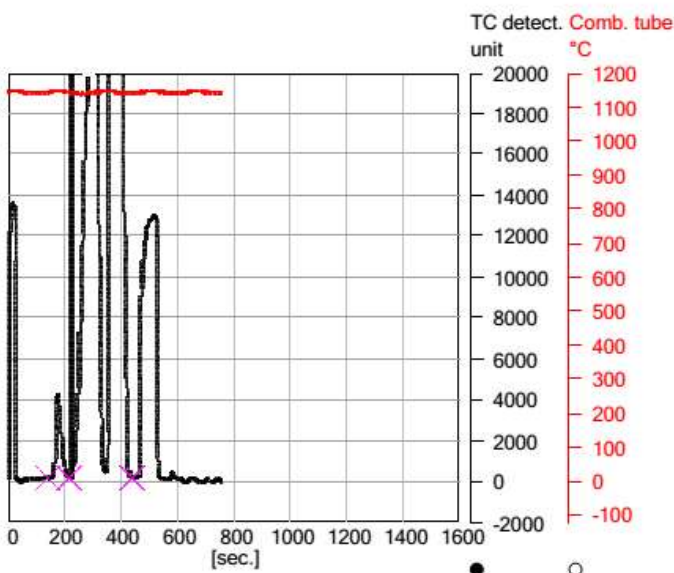
20.12.2018 20:56:33

varioMACRO cube V4.0.3 (5858803)2015-10-15, CHNS Mode, Ser. No.: 20157085
Elementar Analysensysteme GmbH

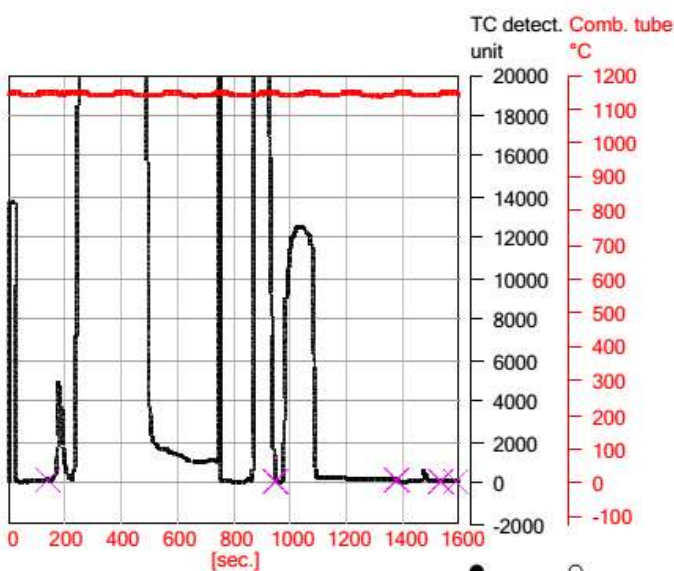
analytic functional testing
varioMACROcube
serial number: 20157085

Graphic report

No.	Wttyp.	Name	Method	N Area	C Area	H Area	S Area	N [%]	C [%]	H [%]	S [%]	C/N ratio	C/H ratio	N factor	C factor	H factor	S factor	N Blank	C Blank	H Blank	S Blank	Memo	Info	Date	Time
26	65.100	Chem	su73 Chemau	9.637	1.38.402	0	0	1.01	26.61	0.00	0.00	26.6451	0.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0	0	0	0		16/Nov/2018	11:45	



No.	Wttyp.	Name	Method	N Area	C Area	H Area	S Area	N [%]	C [%]	H [%]	S [%]	C/N ratio	C/H ratio	N factor	C factor	H factor	S factor	N Blank	C Blank	H Blank	S Blank	Memo	Info	Date	Time
27	71.300	Chem	su73 Chem	3 052	3 36 707	1 38 408	20	30,61	46,24	5,60	0,01	0,1497	8,1094	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0	0	0	0		16/Nov/2018	20:13	



Name: eassuperuser, Access: varioMACROcube superuser

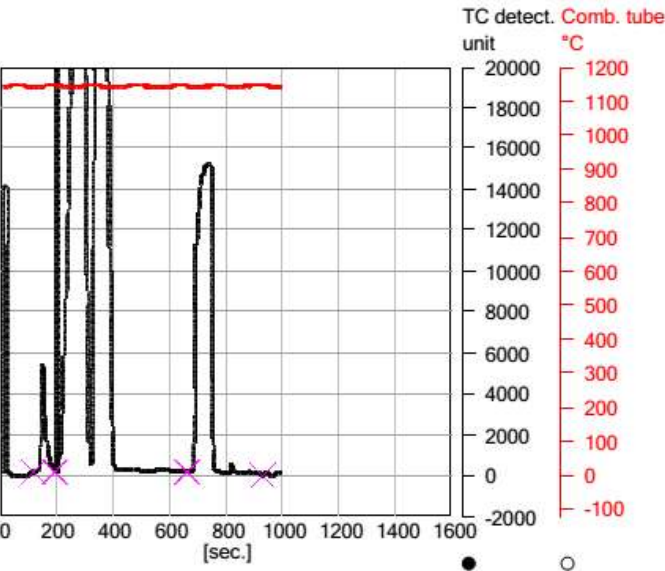
20.12.2018 20:56:33

varioMACRO cube V4.0.3 (5858803)2015-10-15, CHNS Mode, Ser. No.: 20157085
Elementar Analysensysteme GmbH

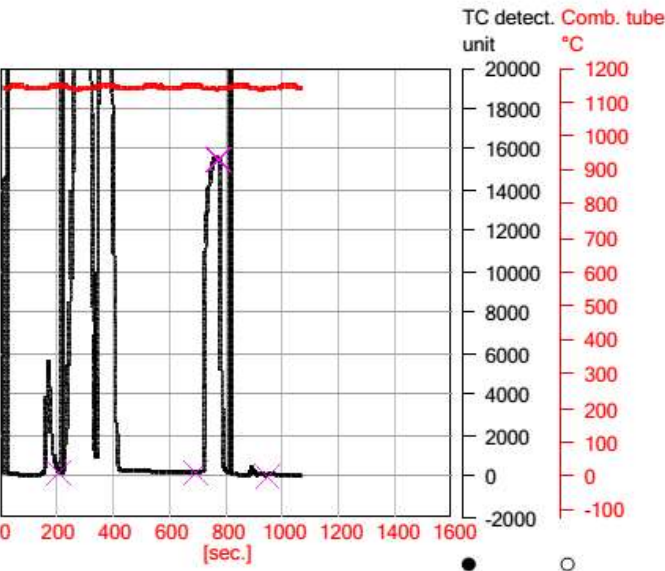
analytic functional testing
varioMACROcube
serial number: 20157085

Graphic report

No.	Weight	Name	Method	N Area	C Area	H Area	S Area	N [%]	C [%]	H [%]	S [%]	C/N ratio	C/H ratio	N factor	C factor	H factor	S factor	N Blank	C Blank	H Blank	S Blank	Memo	Info	Date	Time
28	73.800	Calc	cu73 Chemsu	10.497	140.787	0	19	1.04	23.29	0.000	0.00	22.2812	0.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0	0	0	0		id/imp	07.09.2018	22:30



No.	Weight	Name	Method	N Area	C Area	H Area	S Area	N [%]	C [%]	H [%]	S [%]	C/N ratio	C/H ratio	N factor	C factor	H factor	S factor	N Blank	C Blank	H Blank	S Blank	Memo	Info	Date	Time
29	68.800	Calc	cu73 Chemsu	9.880	149.627	0	33	1.00	22.24	0.000	0.00	21.7594	0.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0	0	0	0		id/imp	07.09.2018	22:30



Name: eassuperuser, Access: varioMACROcube superuser

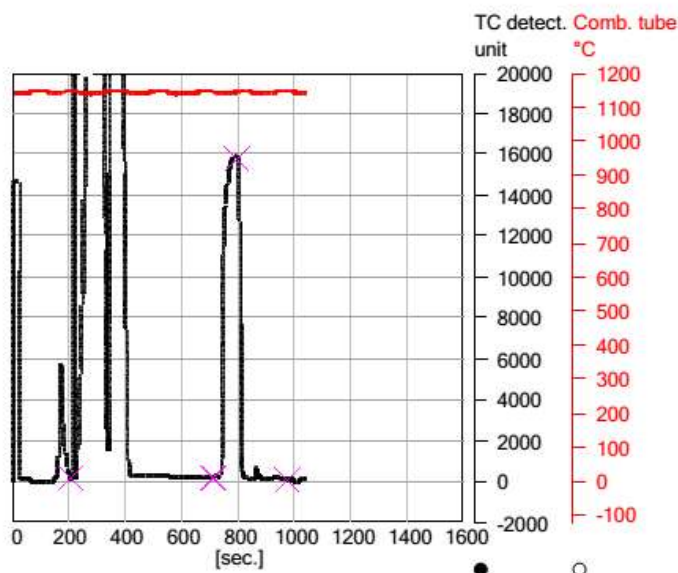
20.12.2018 20:56:33

varioMACRO cube V4.0.3 (5858803)2015-10-15, CHNS Mode, Ser. No.: 20157085
Elementar Analysensysteme GmbH

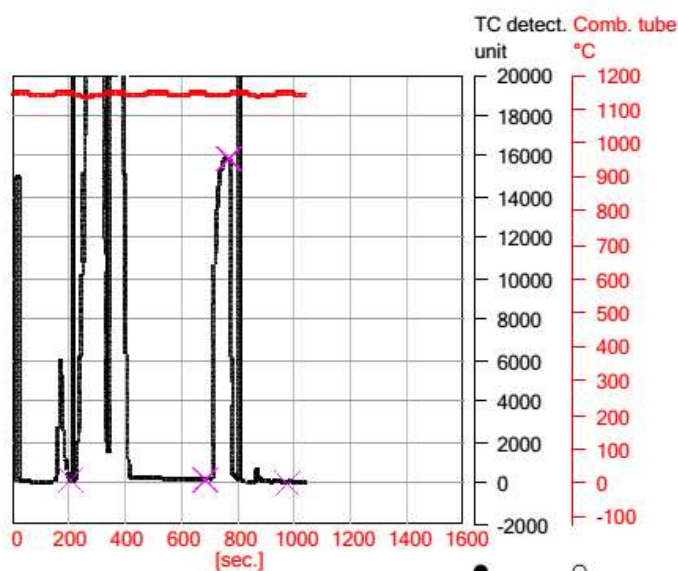
analytic functional testing
varioMACROcube
serial number: 20157085

Graphic report

No.	Wtng.	Name	Method	N Area	C Area	H Area	S Area	N [%]	C [%]	H [%]	S [%]	C/N ratio	C/H ratio	N factor	C factor	H factor	S factor	N Blank	C Blank	H Blank	S Blank	Memo	Info	Date	Time
30	0.0000	Cuji	cu73 Chemsu	9.700	130.886	0	0	2%	1.00	22.68	0.000	0.10	22.3500	0.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0	0	0	0		05/09/2018	21:00



No.	Wtng.	Name	Method	N Area	C Area	H Area	S Area	N [%]	C [%]	H [%]	S [%]	C/N ratio	C/H ratio	N factor	C factor	H factor	S factor	N Blank	C Blank	H Blank	S Blank	Memo	Info	Date	Time
31	0.0000	Penicil. g. neccarior	cu73 Chemsu	10.267	144.271	0	0	2%	1.00	22.24	0.000	0.10	16.9800	0.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0	0	0	0		05/09/2018	21:03



Name: eassuperuser, Access: varioMACROcube superuser

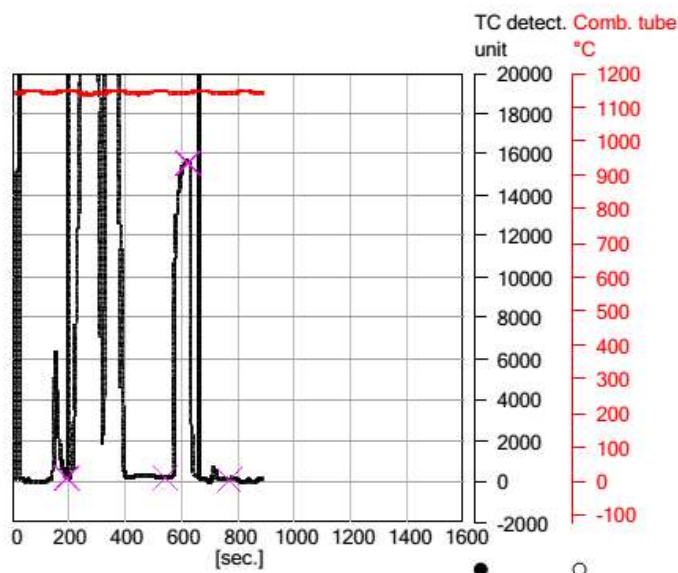
20.12.2018 20:56:33

varioMACRO cube V4.0.3 (5858803)2015-10-15, CHNS Mode, Ser. No.: 20157085
Elementar Analysensysteme GmbH

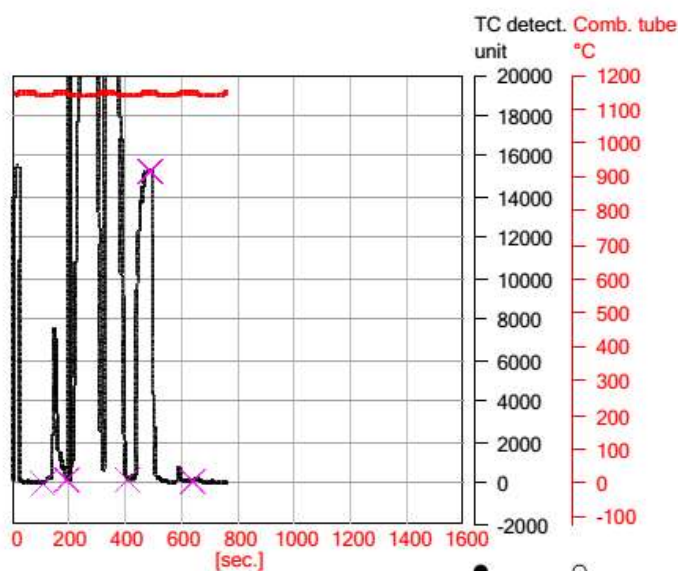
analytic functional testing
varioMACROcube
serial number: 20157085

Graphic report

No.	Wttyp.	Name	Method	N Area	C Area	H Area	S Area	N [%]	C [%]	H [%]	S [%]	C/N ratio	C/H ratio	N factor	C factor	H factor	S factor	N Blank	C Blank	H Blank	S Blank	Memo	Info	Date	Time
11	73600	Penicil g. neccarine	cu73 CHNSau	10 730	144 248	0	288	1.05	20.31	0.000	0.13	19.246	0.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0	0	0	0		05/10/2018 21:38		



No.	Wttyp.	Name	Method	N Area	C Area	H Area	S Area	N [%]	C [%]	H [%]	S [%]	C/N ratio	C/H ratio	N factor	C factor	H factor	S factor	N Blank	C Blank	H Blank	S Blank	Memo	Info	Date	Time
33	80500	Penicil. g. neccarine	cu73 CHNSau	13 538	144 248	0	427	1.21	18.64	0.000	0.13	15.336	0.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0	0	0	0		05/10/2018 21:52		



Name: eassuperuser, Access: varioMACROcube superuser

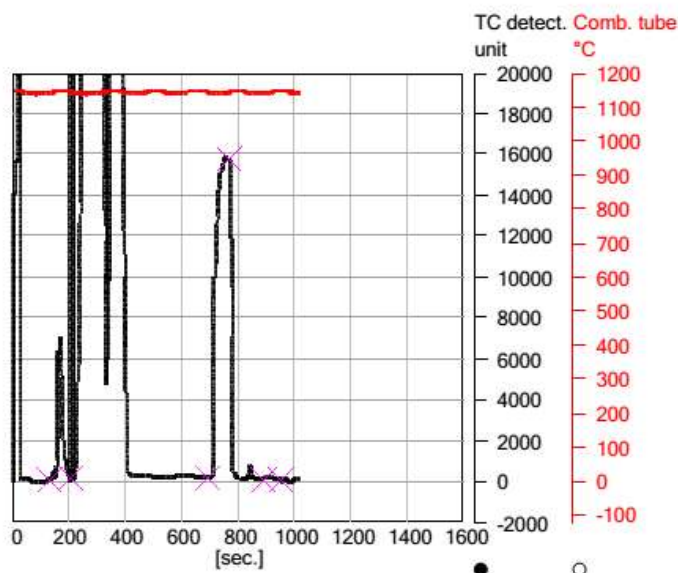
20.12.2018 20:56:33

varioMACRO cube V4.0.3 (5858803)2015-10-15, CHNS Mode, Ser. No.: 20157085
Elementar Analysensysteme GmbH

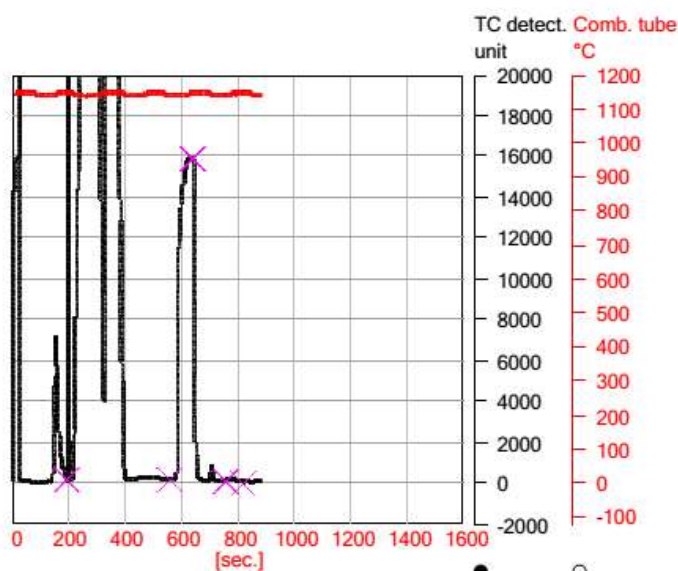
analytic functional testing
varioMACROcube
serial number: 20157085

Graphic report

No.	Wttyp.	Name	Method	N Area	C Area	H Area	S Area	N [%]	C [%]	H [%]	S [%]	C/N ratio	C/H ratio	N factor	C factor	H factor	S factor	N Blank	C Blank	H Blank	S Blank	Memo	Info	Date	Time
34	73300	Prunt	cu73 Chénau	12 459	138 700	0	404	1.25	17.09	0.000	0.14	13.6485	0.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0	0	0	0		06/10/18	22:29	



No.	Wttyp.	Name	Method	N Area	C Area	H Area	S Area	N [%]	C [%]	H [%]	S [%]	C/N ratio	C/H ratio	N factor	C factor	H factor	S factor	N Blank	C Blank	H Blank	S Blank	Memo	Info	Date	Time
35	75.000	Prunt	cu73 Chénau	11 958	125 054	0	392	1.24	17.24	0.000	0.12	14.9887	0.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0	0	0	0		06/10/18	22:29	



Name: eassuperuser, Access: varioMACROcube superuser

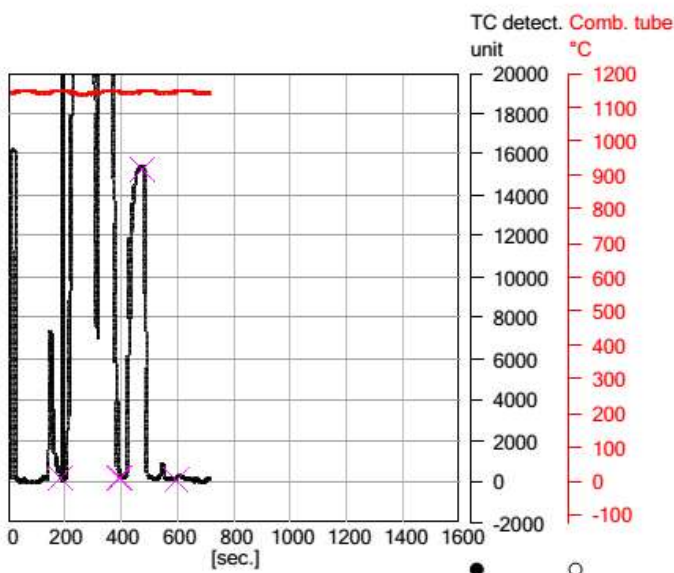
20.12.2018 20:56:33

varioMACRO cube V4.0.3 (5858803)2015-10-15, CHNS Mode, Ser. No.: 20157085
Elementar Analysensysteme GmbH

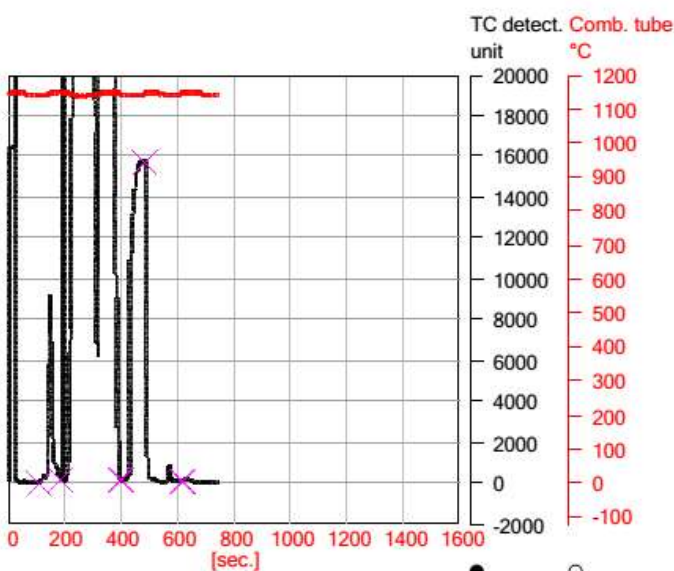
analytic functional testing
varioMACROcube
serial number: 20157085

Graphic report

No.	Wtgp. Name	Method	N Area	C Area	H Area	S Area	N [%]	C [%]	H [%]	S [%]	C/N ratio	C/H ratio	N factor	C factor	H factor	S factor	N Blank	C Blank	H Blank	S Blank	Memo	Info	Date	Time
36	73.100	Probe	11.754	107.025	0	258	1.18	15.34	0.000	0.13	13.0438	0.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0	0	0	0			07.09.2018	22:37



No.	Wtgp. Name	Method	N Area	C Area	H Area	S Area	N [%]	C [%]	H [%]	S [%]	C/N ratio	C/H ratio	N factor	C factor	H factor	S factor	N Blank	C Blank	H Blank	S Blank	Memo	Info	Date	Time
37	85.000	V4.000 de mail	13.625	130.280	0	405	1.15	15.22	0.000	0.12	13.7105	0.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0	0	0	0			07.09.2018	22:49



Name: eassuperuser, Access: varioMACROcube superuser

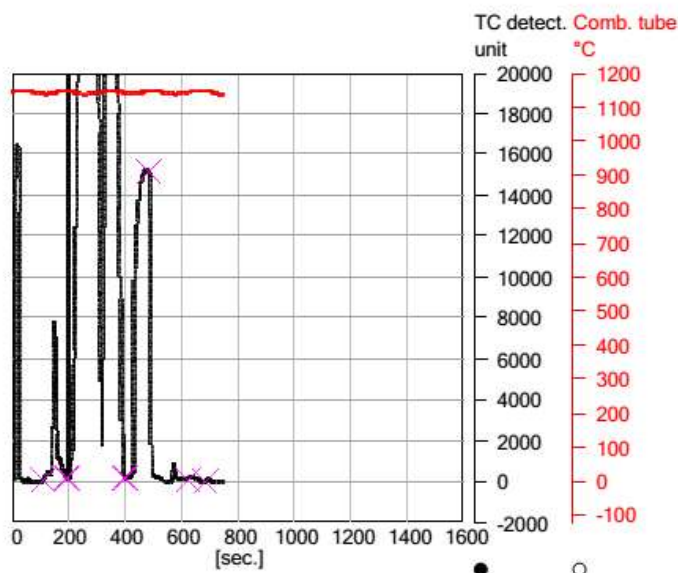
20.12.2018 20:56:33

varioMACRO cube V4.0.3 (5858803)2015-10-15, CHNS Mode, Ser. No.: 20157085
Elementar Analysensysteme GmbH

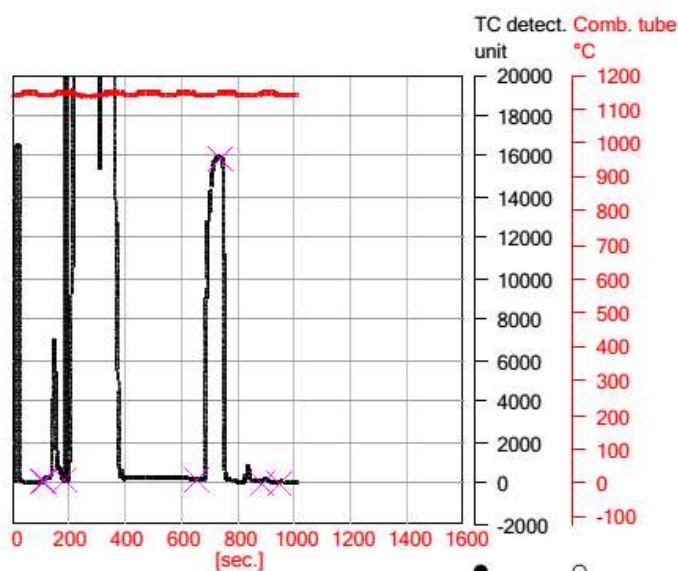
analytic functional testing
varioMACROcube
serial number: 20157085

Graphic report

No.	Wttyp.	Name	Method	N Area	C Area	H Area	S Area	N [%]	C [%]	H [%]	S [%]	C/N ratio	C/H ratio	N factor	C factor	H factor	S factor	N Blank	C Blank	H Blank	S Blank	Memo	Info	Date	Time
38	74300	Vii solut de masi	cu73 Chénou	12 420	113 523	0	430	1.12	15.69	0.000	0.14	12.8938	0.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0	0	0	0		05/10/2018 23:01		



No.	Wttyp.	Name	Method	N Area	C Area	H Area	S Area	N [%]	C [%]	H [%]	S [%]	C/N ratio	C/H ratio	N factor	C factor	H factor	S factor	N Blank	C Blank	H Blank	S Blank	Memo	Info	Date	Time
39	66400	VII solut de mas	cu73 Chénou	10 433	79 068	0	250	1.13	12.31	0.000	0.12	10.8455	0.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0	0	0	0		05/10/2018		



Name: eassuperuser, Access: varioMACROcube superuser

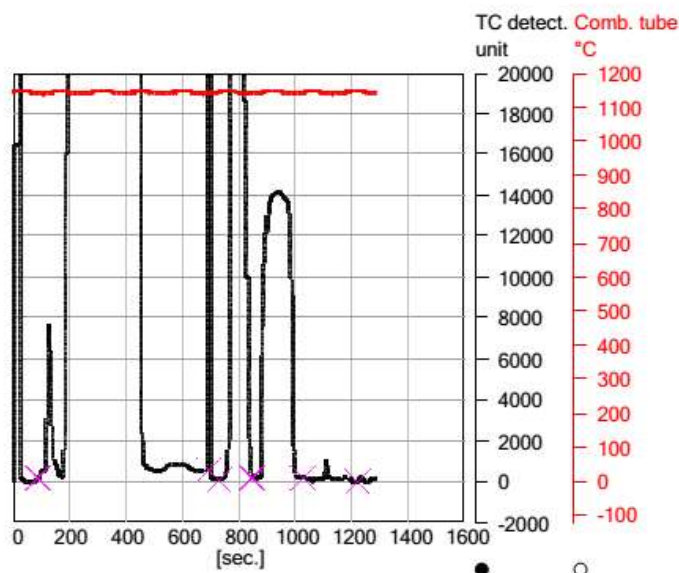
20.12.2018 20:56:34

varioMACRO cube V4.0.3 (5858803)2015-10-15, CHNS Mode, Ser. No.: 20157085
Elementar Analysensysteme GmbH

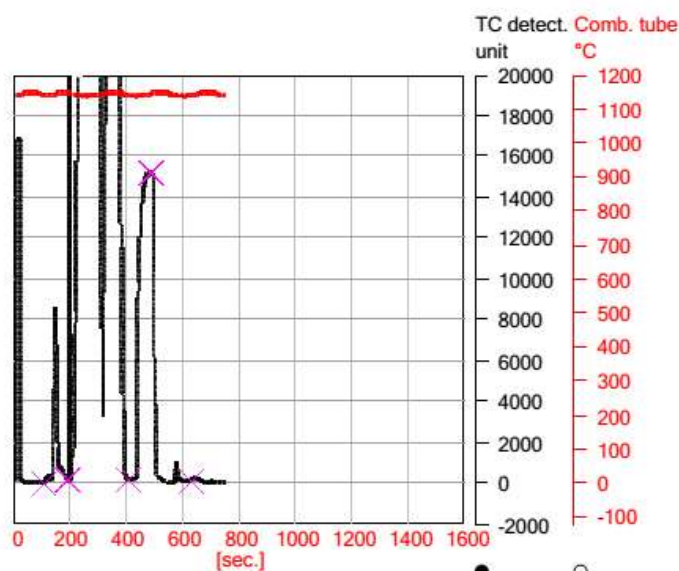
analytic functional testing
varioMACROcube
serial number: 20157085

Graphic report

No.	Wtgp.	Name	Method	N Area	C Area	H Area	S Area	N [%]	C [%]	H [%]	S [%]	C/N ratio	C/H ratio	N factor	C factor	H factor	S factor	N Blank	C Blank	H Blank	S Blank	Memo	Info	Date	Time
40	73400	VII solid reference	cu73 Chemsu	5.125	332.051	140.038	392	503.89	47.35	6.147	0.14	0.0946	7.7022	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0	0	0	0		Upa/No,Cl	01/01/2018	23:41



No.	Wtgp.	Name	Method	N Area	C Area	H Area	S Area	N [%]	C [%]	H [%]	S [%]	C/N ratio	C/H ratio	N factor	C factor	H factor	S factor	N Blank	C Blank	H Blank	S Blank	Memo	Info	Date	Time
41	78500	VII solid reference	cu73 Chemsu	12.454	339.971	0	628	1.24	34.43	0.00	0.14	11.6446	0.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0	0	0	0		Up/Imp	01/01/2018	23:54



Name: eassuperuser, Access: varioMACROcube superuser

20.12.2018 20:56:34

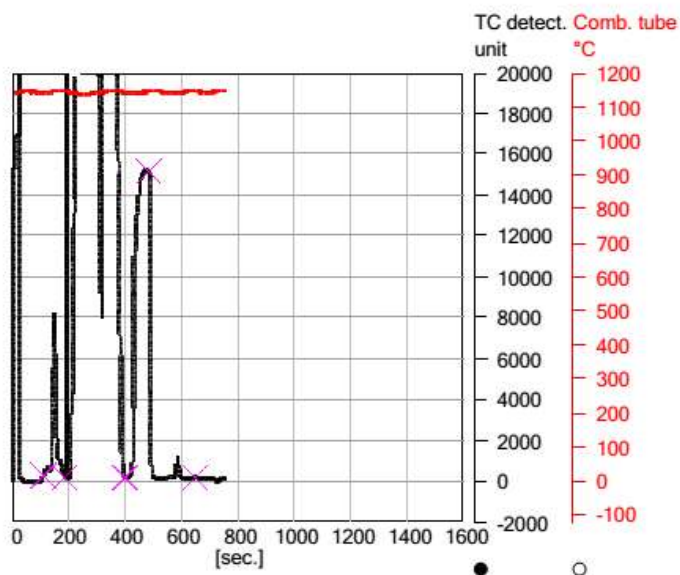
varioMACRO cube V4.0.3 (5858803)2015-10-15, CHNS Mode, Ser. No.: 20157085
Elementar Analysensysteme GmbH

Document: II RAZA + probe dis Pavlenko (varioMACROcube) from: 27.11.2018 11:15:21

analytic functional testing
varioMACROcube
serial number: 20157085

Graphic report

No.	Wieg.	Name	Method	N Area	C Area	H Area	S Area	N [%]	C [%]	H [%]	S [%]	C/H ratio	C/H ratio	N factor	C factor	H factor	S factor	N Blank	C Blank	H Blank	S Blank	Memo	Date	Time
42	77300	VII solid reference	su73 Chromat	13 854	101 243	0	38	1.30	13.69	0.000	0.01	10.1587	0.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0	0	0	0		16.06.2018 0:07	



Document: II RAZA + probe dis Pavlenko (varioMACROcube) from: 27.11.2018 11:15:21

analytic functional testing
varioMACROcube
serial number: 20157085

Parameter report

Temperatures		
	Comb. tube	1150
	Reduct. tube	850
	CO2 col.standby	0
	H2O col.standby	0
	SO2 col.standby	110
	Cool temp.	130
O2 dosing		
	O2 delay	25
	Maximal O2 dosing time	300
Time values		
	Flush time	15
	Integrator reset delay peak N	1
	Integrator reset delay peak C	1
	Integrator reset delay peak H	5
	Integrator reset delay peak S	1
Flows		
	Flow TCD	600

analytic functional testing
varioMACROcube
serial number: 20157085

Methods report

Name	Q1 dosing time 1	Q1 dosing time 2	Q2 dosing flow 1	Q2 dosing flow 2	Q3 cut off threshold	Autocorro delay H	Autocorro delay S	Peak anticipation H	Peak anticipation C	Peak anticipation H	Peak anticipation S	Desorgt.CD0	Desorgt.UO0	Desorgt.SD0 (1)	Desorgt.SD0 (1) time	Desorgt.SD0 (2)
blank with Q1	0	10	0	30	30	15	15	80	105	75	80	240	150	100	60	230
blank without Q1	0	0	0	0	30	15	15	80	105	75	80	240	150	100	60	230
coal	30	200	50	130	30	15	15	70	100	75	80	240	150	100	60	230
coal50	30	200	50	100	30	15	15	70	100	75	80	240	150	100	60	230
graphite50	30	250	50	100	30	15	15	70	100	75	80	240	150	100	60	230
liquid waste	60	60	120	180	30	15	15	70	100	75	80	240	150	100	60	230
oil	60	2	100	10	30	15	15	70	100	75	80	240	150	100	60	230
pheng1	30	60	50	50	30	15	15	55	105	60	60	240	150	100	60	230
pheng2	30	60	50	75	30	15	15	60	105	60	60	240	150	100	60	230
pheng3	30	120	50	75	30	15	15	65	105	60	60	240	150	100	60	230
pheng4	30	150	50	140	30	15	15	65	115	60	60	240	150	100	60	230
pheng5	30	180	50	140	30	15	15	65	115	60	60	240	150	100	60	230
plst1	50	100	50	60	30	15	15	70	100	75	80	240	150	100	60	230
plst100	30	120	50	100	30	15	15	70	100	75	80	240	150	100	60	230
plstic waste	60	100	150	100	30	15	15	70	100	75	80	240	150	100	60	230
soil	30	80	50	60	30	15	15	70	100	75	80	240	150	100	60	230
soil1	30	60	50	50	30	15	15	55	110	65	60	240	150	0	0	230
soil2	30	60	50	100	30	15	15	55	110	65	60	240	150	0	0	230
soil3	30	120	50	125	30	15	15	65	110	65	60	240	150	0	0	230
soil3 Chidmou	30	120	50	125	30	15	15	65	110	65	60	240	150	100	60	230
soil4	30	180	50	150	30	15	15	65	110	65	60	240	150	0	0	230

analytic functional testing
varioMACROcube
serial number: 20157085

Coefficients report

Mode	CHNS			
	N	C	H	S
Coeff. a	-4.706162e-003	-1.500589e-002	5.491892e-002	1.257815e-002
Coeff. b	7.266811e-005	1.032253e-004	2.489464e-005	2.232652e-004
Coeff. c	-9.962528e-014	3.878060e-012	4.755555e-011	2.747338e-010
Coeff. d	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
Coeff. e	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
Min.:	207	436	102	101
Max.:	146563	772120	212196	46823
Modification time:	Вт ноя 22 13:07:51 2016	Вт ноя 22 13:07:51 2016	Вт ноя 22 13:07:51 2016	Вт ноя 22 13:07:51 2016

IMPRESSO						
Registos primários poder calorífico ISO 18125						
ID Amostra	ID cap	Massa amostra (g)	Massa de ácido benzóico (g)	Código do reagente	Fusível+ algodão (J)	ΔT (K)
Pcal	1-	—	0,45272 ^①	#	70+50	1,0942
186/18 P	1-	0,9607 ^③	+	—	70+50	1,7091
	2-	0,9855 ^②	—	—	70+50	1,7529
189/18 Est.	1-	0,9446 ^②	—	—	70+50	—
	2-	0,9608 ^②	0,08550 ^①	#	70+50	1,4845
189/18	3-	0,9474 ^②	0,07722 ^①	#	70+50	1,7339
193/18 P	1-	0,9951	0,07680 ^①	#	70+50	1,6134
193/18 P	2-	0,9677	0,08260 ^①	#	70+50	1,5885
Pcont.	1-	—	0,7540 ^②	⊗	70+50	1,8177
AB 22/05/18						

Balança: ① Lab/061
② Lab/017

Data: 22/05/18

Realizado por: *ll*

Calorímetro: Lab/001

Observação: cód. reagente,

PP.AC.BENZ. 161017-01

⊗ PP.AC.BENZ. 270617-01

AB

22/05/18

Anexa 9. Protocolul rezultatelor experimentale a valorii calorifice a probelor studiate în Centrul de Energie din Biomasă, regiunea Mirando do Corvo, Portugalia

```

05/08/2018 04:44
MEASUREMENT PROTOCOL
=====
Test : 8050801
Sample : pco
Operator : a
Sample properties :
Date of test : 05/08/2018
Start time : 04:24
Vessel : Bomb 1
Energy equivalent E : 11049 J/K
Test mode : Isoperibol
Sample weight : 0.45272 g
Temperature rise : 1.0942 K (corrected)
Evaluation mode: D 4809-00
Hydrogen H(ad): 0.00 %
Sulfur S(ad) : 0.00 %
Titration
0.0866N NaOH : 0.00 ml
Acid corr. H2SO4 e3 : 0 J
Acid corr. HNO3 e1 : 0 J
Energy of fuse wire e2 : 50 J
Ignition energy e2 : 70 J
Combustion aid e4 : 0 J
Qv gross(ad) : 26440 J/g
Qp net(ad) : 26440 J/g

```

```

05/08/2018 10:18
MEASUREMENT PROTOCOL
=====
Test : 8050807
Sample : 193 - A AB 22/05/18
Operator : a
Sample properties :
Date of test : 05/08/2018
Start time : 09:30
Vessel : Bomb 1
Energy equivalent E : 11049 J/K
Test mode : Isoperibol
Sample weight : 0.99510 g
Temperature rise : 1.6134 K (corrected)
Evaluation mode: D 4809-00
Hydrogen H(ad): 0.00 %
Sulfur S(ad) : 0.00 %
Titration
0.0866N NaOH : 0.00 ml
Acid corr. H2SO4 e3 : 0 J
Acid corr. HNO3 e1 : 0 J
Energy of fuse wire e2 : 50 J
Ignition energy e2 : 70 J
Combustion aid e4 : 2032 J
Qv gross(ad) : 15752 J/g
Qp net(ad) : 15752 J/g

```

Continuare Anexa 8

05/08/2018 10:18

MEASUREMENT PROTOCOL

=====

Test : 8050808
 Sample : 193.2
 Operator : a
 Sample properties :
 Date of test : 05/08/2018
 Start time : 09:57
 Vessel : Bomb 1
 Energy equivalent E : 11049 J/K
 Test mode : Isoperibol
 Sample weight : 0.96770 g
 Temperature rise : 1.5885 K (corrected)
 Evaluation mode: D 4809-00
 Hydrogen H(ad): 0.00 %
 Sulfur S(ad) : 0.00 %
 Titration
 0.0866N NaOH : 0.00 ml
 Acid corr. H2SO4 e3 : 0 J
 Acid corr. HNO3 e1 : 0 J
 Energy of fuse wire e2 : 50 J
 Ignition energy e2 : 70 J
 Combustion aid e4 : 2185 J
 Qv gross(ad) : 15755 J/g
 Qp net(ad) : 15755 J/g

05/08/2018 11:06

MEASUREMENT PROTOCOL

=====

Test : 8050809
 Sample : pco
 Operator : a
 Sample properties :
 Date of test : 05/08/2018
 Start time : 10:27
 Vessel : Bomb 1
 Energy equivalent E : 11049 J/K
 Test mode : Isoperibol
 Sample weight : 0.75400 g
 Temperature rise : 1.8177 K (corrected)
 Evaluation mode: D 4809-00
 Hydrogen H(ad): 0.00 %
 Sulfur S(ad) : 0.00 %
 Titration
 0.0866N NaOH : 0.00 ml
 Acid corr. H2SO4 e3 : 0 J
 Acid corr. HNO3 e1 : 0 J
 Energy of fuse wire e2 : 50 J
 Ignition energy e2 : 70 J
 Combustion aid e4 : 0 J
 Qv gross(ad) : 26477 J/g
 Qp net(ad) : 26477 J/g



Centro da Biomassa para a Cresçta

Training Action
"Theoretical and Practical Course of Biofuels Analysis"
Miranda do Corvo, 21th to 24th of May 2018

Certification of Participation

It certifies that **Pavlenko Andrei** participated in the Training Action Theoretical and Practical Course of Biofuels Analysis, held at the Biomass Centre for Energy between 21st and 24th May 2018 (21 hours), which include the following tests, ministered by Technical Responsible Elsa Cancela:

- Sample preparation (ISO 14780:2017)
- Determination of total moisture (ISO 18134-1:2015)
- Determination of moisture in general analysis sample (ISO 18134-3:2015)
- Determination of ash content (ISO 18122:2015)
- Determination of calorific value (ISO 18125:2017)
- Determination of length and diameter of pellets (ISO 17629:2015)
- Determination of bulk density (ISO 17628:2015)
- Determination of particle density of pellets and briquettes (ISO 16647:2016)
- Determination of mechanical durability of pellets and briquettes — Part 1: Pellets (ISO 17831-1:2015)
- Determination of fines content in samples of pellets (ISO 18646:2016)
- Determination of total content of carbon, hydrogen and nitrogen (ISO 16948:2015)
- Determination of total content of sulfur and chlorine (ISO 16994:2015)
- Determination of the content of volatile matter (ISO 18125:2015)

This training also includes 4 hours of training in ISO 17225(1-6):2014 and ISO 17025.

Also present:
 Andreia Barbosa, as Technician
 Neuza Alves, as Management Responsible for the LEBS



Neuza Alves
 Management Responsible for the LEBS

www.centrodabiomassa.pt

Centro da Biomassa para a Energia NIF 502 360 984 - Zona Industrial - 3220-119 Miranda do Corvo
 tel. 239532436 - fax. 239532452 - geral@centrodabiomassa.pt





DIPLOMĂ DE ONOARE



menționează

Andrei PAVLENCO

doctorand an. 2 al Universității Agrare de Stat din Moldova

*pentru rezultate bune în elaborarea tehnologiilor performante de
producere a biocombustibililor solizi în cadrul evenimentului
"Agrogenerația - 2017"*

*Expoziția Internațională Specializată "Moldagrotech (spring)",
ediția a XXXII-a, 15 - 18 martie 2017
C.I.E. "Moldexpo" S.A.*



Eduard GRAMA,
Ministru al Agriculturii
și Industriei Alimentare
al Republicii Moldova



CENTRUL DE INFORMATII
UNIVERSITARE

BURSE DE MERIT 2012

- pentru studenții instituțiilor de învățământ superior din Moldova -
concurs organizat de către CIU, sub egida Consiliului Rectorilor din Moldova, cu suportul financiar al



Moldova
Agroindbank



Diplomă

de participare

pentru merite academice și activitate extracurriculară
se conferă

Andrei Pavlenko
Universitatea Agrară de Stat din Moldova

ANGELA MUȘET
CENTRUL DE INFORMAȚII UNIVERSITARE

MINISTERUL
AGRICULTURII ȘI
INDUSTRIEI ALIMENTARE
AL REPUBLICII
MOLDOVA

UNIVERSITATEA AGRARĂ
DE STAT DIN MOLDOVA



DIPLOMA

Se acordă

studentului (ei) / masterandului (ei)

Paulenco Andrei

*pentru rezultate în cercetare și clasarea
pe locul I la Conferința științifică
a studenților și masteranzilor - 2011*

Rector

Amplu



MINISTERUL
AGRICULTURII ȘI
INDUSTRIEI ALIMENTARE
AL REPUBLICII
MOLDOVA

UNIVERSITATEA AGRARĂ
DE STAT DIN MOLDOVA



DIPLOMA

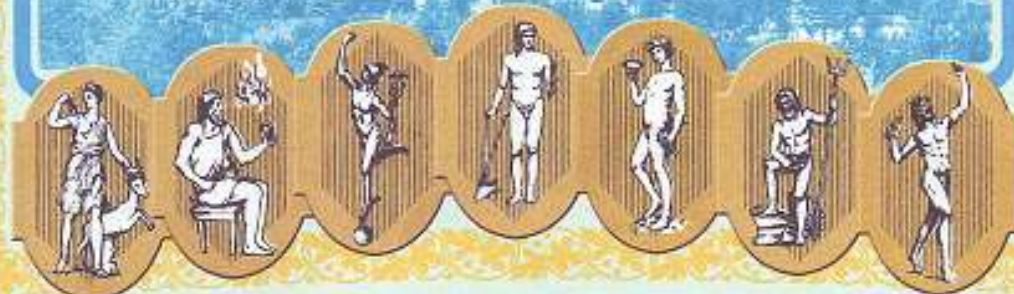
2011

Se decerna
studentului/studentei

Pavlenco Andrei

*pentru rezultate bune la învățătură, participare la
activități extracurriculare și cu prilejul zilei Internațio-
nale a Țineretului și Zilei Internaționale a*

Rector



MINISTERUL
AGRICULTURII ȘI
INDUSTRIEI ALIMENTARE
AL REPUBLICII
MOLDOVA

UNIVERSITATEA AGRARĂ
DE STAT DIN MOLDOVA



DIPLOMA

Se acordă
studentului (ei) / masterandului (ei)

Pavlenko Andrei

*pentru rezultate în cercetare și clasarea
pe locul I la Conferința științifică
a studenților și masteranzilor - 2014*

Rector





CERTIFICATE OF EXCELLENCE

awarded to

ANDREI PAVLENCO

in recognition of participation in the International Summer
School at State Agrarian University of Moldova

Prof. Bohumil Havrland

Director Emeritus, Faculty of Tropical
AgriScience, CULS Prague
Czech Republic

Prof. George Cimpoies

Rector, State Agrarian University of Moldova
SAUM Chisinau
Republic of Moldova

Chisinau, Republic of Moldova, 26th August – 3rd September 2013



Anexa 12 Curriculum Vitae



Curriculum vitae

Informații personale

Nume / Prenume

Adresă(e)

Telefon(oane)

E-mail(uri)

Naționalitate(-ități)

Data nașterii

Sex

Pavlenco Andrei

53, blvd. Dacia, ap 48 mun. Chișinău, Republica Moldova
d. 022761898; Mobil: 068681269

andreipan07@gmail.com

moldovean

7 decembrie 1990

M

Educație și formare

Perioada

2009

Calificarea / diploma obținută

Atestat liceu

Numele și tipul instituției de învățământ / furnizorului de formare

Liceul teoretic „Nicolae Iorga” Chișinău

Perioada

2009-2013

Calificarea / diploma obținută

Diploma de licență

Numele și tipul instituției de învățământ / furnizorului de formare

Universitatea Agrară de Stat din Moldova, Facultatea Inginerie Agrară și Transport Auto, specialitatea Mecanizarea Agriculturii

Perioada

2013-2015

Calificarea / diploma obținută

Diploma de master

Numele și tipul instituției de învățământ / furnizorului de formare

Universitatea Agrară de Stat din Moldova, Facultatea Inginerie Agrară și Transport Auto, specializarea I.52.MC.17 Tehnologii și mijloace tehnice pentru obținerea bioenergiei

Perioada

2015-prezent

Calificarea / diploma obținută

Student – doctorand anul 3

Numele și tipul instituției de învățământ / furnizorului de formare

Universitatea Agrară de Stat din Moldova, Facultatea Inginerie Agrară și Transport Auto, 255.02. Tehnologii și mijloace tehnice pentru industria produselor agricole

Perioada

2010 - 2015

Tehnician (prin cumul)

Numele și tipul instituției de învățământ / furnizorului de formare	Universitatea Agrară de Stat din Moldova, în cadrul proiectului instituțional „Perfecționarea sistemului de gestionare a deșeurilor și produselor secundare în agricultură pentru obținerea energiei termice „
Perioada	2015-prezent
Numele și tipul instituției de învățământ / furnizorului de formare	Inginer, Cercetător științific inferior (prin cumul) Universitatea Agrară de Stat din Moldova, în cadrul proiectului instituțional "Dezvoltarea capacității de sporire a calității biocombustibililor solizi în acord cu practicile și politicile de dezvoltare a securității energetice și a agriculturii durabile"
Aptitudini și competențe personale	
Limba(i) maternă(e)	Română
Limba(i) străină(e) cunoscută(e)	
Autoevaluare	
Nivel european (*)	
Rusă	
Engleză	
Competențe și aptitudini de utilizare a calculatorului	Experiență în folosirea MS Windows, MS Office (Excel, Word, PowerPoint, statgraphics), Experiență în utilizarea Internetului.
Permis(e) de conducere	Permis de conducere, categoria B (2009).

Înțelegere				Vorbire				Scriere	
Ascultare		Citire		Participare la conversație		Discurs oral		Exprimare scrisă	
C 1	Utilizator experimentat	C 1	Utilizator experimentat	C 1	Utilizator experimentat	C 1	Utilizator experimentat	C 2	Utilizator experimentat
B 2	Utilizator experimentat	B 2	Utilizator experimentat	B 2	Utilizator experimentat	B 2	Utilizator experimentat	B 2	Utilizator experimentat

(*) Nivelul Cadrului European Comun de Referință Pentru Limbi Străine

Data 09.11.2018

Semnătura