

EVALUATION METHOD OF ENERGY POTENTIAL OF SOLID VEGETAL BIOMASS

/

METODA DE EVALUARE A POTENTIALULUI DE ENERGIE DIN BIOMASA SOLIDA VEGETALA

PhD. Stud. Eng. Nagy E.M., PhD. Stud. Eng. Coța C., PhD. Eng. Cioica N.

INMA Bucharest-Cluj Napoca Branch / Romania

Tel/fax: 0264-418162, nagy@inma.ro

Abstract: In our country, at present, about 90% of the rural population uses the solid biomass as a source of heat. In Romania, biomass represents an important source of energy not only in rural but also in urban areas. Under these circumstances it is important to know the potential of biomass, both theoretical and real, not only at national level, but also divided by region or even in certain clearly defined areas. This paper brings in a general method for evaluate the energy potential of solid biomass at national level. The proposed method is based on systemic analysis on the one hand, and on the other hand, is based on utilization of statistics available at national level, and it can be applied to determine the energy potential of biomass coming from only a certain vegetal or wooden category, or from a certain area clearly defined. Also, in the present work is performed the evaluation of the real energy potential stored in agricultural residues resulting from harvesting of 10 ha of wheat. This method of evaluation is useful in determining the real energy potential of solid biomass and allows farmers to choose correctly the category of biomass grown to be energetically capitalized.

Keywords: biomass, evaluation method, energy potential

INTRODUCTION

In the context of a strong technological development, due to increasing social demands, facing the world today, the energy becomes indispensable for most human activities.

In this context, the continuous growth of primary energy consumption, returns in actuality a serious problem, namely, depletion of fossil fuel reserve, taking into account that now, at global level over 50% of primary energy consumption comes from conventional energy sources (fig.1). Thus, the biomass becomes again a vital source of energy. Due to cyclicity of production and conversion process, the biomass is considered a renewable energy source and with positive impact on environment. It is, also, considered as an energy source with a high availability worldwide, mainly due to its variety.

Assume of Directive 2009/28/CE of the European Parliament on the promotion of the use of energy from renewable sources, establishes for Romania as target regarding the share of energy from renewable sources in gross final consumption of energy, for 2020, a rate of 24%. [7].

In 2009, the production of primary energy from renewable sources, for Romania, was of 18%(Fig.2). Due to its climatic conditions and geographical position, Romania has a technical potential of biomass energy of 0.318EJ/year or 88.3 TWh/year. Analyzing national technical potential of renewable energy sources (Fig. 3), we see that biomass energy potential is highest, thereby constituting the main source of renewable energy available to our country followed by hydro and wind energy. National technical potential of biomass is composed of five main categories: forestry residues and firewood, wood waste, sawdust; agricultural waste from grain, corn stalks; remanants of grape-vines, branches of trees, etc.; biogas; municipal household waste.

Lack of information on types of solid biomass that can

Rezumat: În țara noastră, în prezent, circa 90% din populația din mediul rural utilizează ca sursă de energie termică biomasa solidă. În România biomasa reprezintă o sursă importantă de energie, nu numai în mediul rural ci și în mediul urban. În aceste condiții, este importantă cunoașterea potențialului de biomasa atât teoretic cât și cel real, nu numai la nivel național ci și divizat pe regiuni sau chiar pe anumite zone clar stabilite. În lucrarea de față, se propune o metoda generala de evaluare a potențialului de energie din biomasa solidă la nivel național. Metoda propusă are la bază analiza sistemică pe de o parte, iar pe de altă parte utilizarea datelor statistice disponibile pe plan național, și poate fi aplicată și pentru determinarea potențialului de energie din biomasa provenită numai dintr-o anumită categorie vegetală sau lemnoasă sau dintr-o anumită zonă clar delimitată. Deasemenea, în lucrarea de față se realizează evaluarea potențialului real de energie înmagazinată în reziduurile agricole rezultate în urma recoltării a 10 ha. de grâu. Această metodă de evaluare este utilă la determinarea potențialului real de energie din biomasa solidă și le permite fermierilor să aleagă corect categoria de biomasa cultivată pentru a putea fi valorificată energetic.

Cuvinte cheie: biomasa, metodă de evaluare, potențial de energie

INTRODUCERE

În contextul unei puternice dezvoltări tehnologice, impusă de creșterea cerințelor sociale, cu care se confruntă omenirea în prezent, energia devine un element indispensabil pentru majoritatea activităților umane.

În acest context, creșterea continuă a consumului de energie primară, readuce în actualitate o problemă acută și anume, aceea a epuizării rezervelor de combustibili fosili, mai ales că în prezent la nivel mondial peste 50% din consumul de energie primară provine din surse de energie convenționale (fig. 1). Astfel, biomasa redevine o sursă vitală de energie. Datorită ciclicității proceselor de producere și conversie, biomasa este considerată o sursă de energie cu caracter regenerabil și cu impact pozitiv asupra mediului înconjurător. De asemenea, este considerată ca sursă de energie cu un grad ridicat de disponibilitate la nivel mondial, în special datorită varietății sale.

Adoptarea Directivei 2009/28/CE a Parlamentului European privind promovarea utilizării energiei din surse regenerabile stabilește ca și obiectiv privind ponderea energiei din surse regenerabile în consumul final brut de energie, pentru anul 2020, un procent de 24% pentru România.[7].

La nivelul anului 2009, producția de energie primară din surse regenerabile, pentru Romania, era de 18% (Fig.2). Datorită condițiilor climatice și poziției geografice, România dispune de un potențial tehnic de energie din biomasa de 0,318 EJ/an sau 88,3 TWh/an. Analizând potențialul tehnic național al surselor de energie regenerabile (Fig.3), observăm că biomasa are potențialul energetic cel mai ridicat, constituindu-se astfel ca principala sursă de energie regenerabilă de care dispune țara noastră, urmată de energia hidro și cea eoliană. Potențialul tehnic național de biomasa este format din cinci categorii principale: reziduuri din exploatare forestiere și lemn de foc, deșeuri de lemn, rumeguș; deșeuri agricole rezultate din cereale, tulpini de porumb; resturi de viță-de-vie, crengi de pomi fructiferi etc.; biogas; deșeuri și reziduuri menajere urbane.

Lipsa informațiilor privind categoriile de biomasa solidă care

be used as an energy source, as well as those on their energy potential, delay the implementation of new technologies for generating energy from biomass.

In this context the method proposed in this paper is intended as an instrument useful for assessing the real energy potential of solid biomass, allowing evaluation of the energy stored in a given category of biomass or of those from a certain area.

MATERIALS AND METHOD

Solid biomass can be divided in two main categories: vegetal biomass resulted as waste product from agricultural crops and woody biomass resulted from forest exploitation and clearing of forests and from wood processing industry.

Systemic analysis underlying the method of biomass energy potential evaluation consists of an evaluation and analysis of all factors involved in production, transport and processing of biomass, followed by its conversion to energy.

pot fi utilizate ca sursă de energie, precum si a celor referitoare la potențialul energetic al acestora, încetinesc implementarea noilor tehnologii de generare a energiei din biomasă.

În acest context metoda propusă în lucrarea de față, se dorește un instrument util pentru evaluarea potențialului real de energie din biomasă solidă, permițând evaluarea energiei inmagazinate într-o anumită categorie de biomasă sau a celei provenită dintr-o anumită zonă.

MATERIALE ȘI METODA

Biomasă solidă se poate împărți în două mari categorii: biomasa vegetală rezultată ca produs rezidual din culturile agricole și biomasa lemnoasă rezultată din exploatarea și curățarea pădurilor și din industria de prelucrare a lemnului.

Analiza sistemică care stă la baza metodei de evaluare a potențialului energetic al biomasei constă în evaluarea și analiza tuturor factorilor implicați în producerea, transportul și procesarea biomasei urmată de conversia sa în energie.

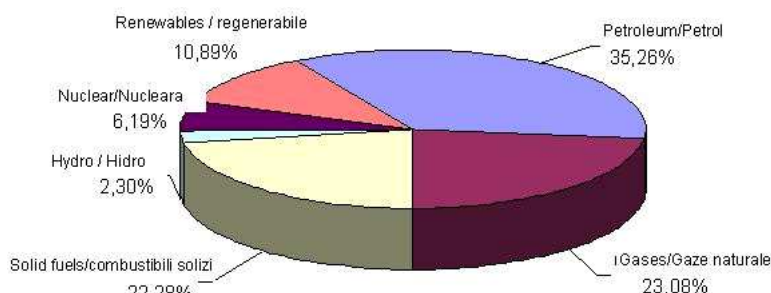


Fig. 1 - Structure of primary energy consumption, by fuel source, worldwide in 2009 / Structura consumului de energie primară pe surse de combustibili la nivel mondial în anul 2009 [5]

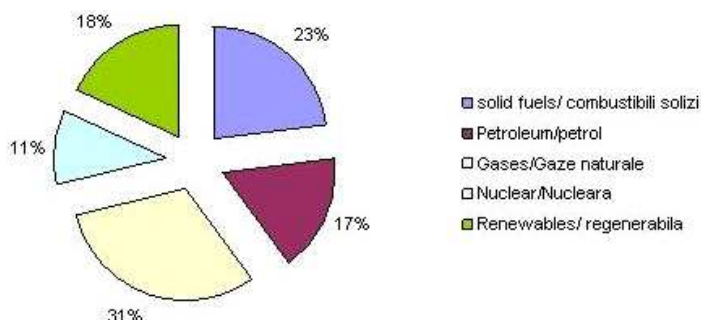


Fig.2. Structure of primary energy production, by fuel source, in Romania, 2009 / Structura producției de energie primară pe surse de combustibili în România în anul 2009 [8]

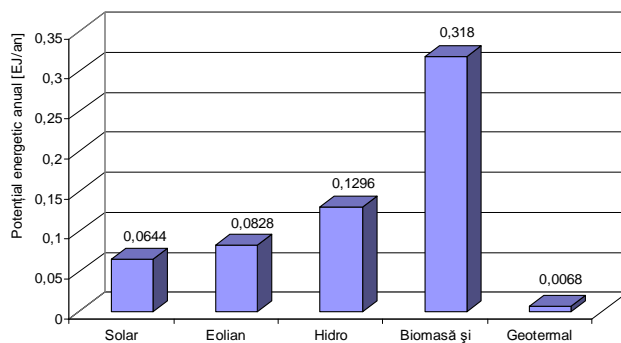


Fig.3. The potential of renewable energy sources in Romania in 2007 / Potențialul surselor de energie regenerabile în România, în anul 2007 [6]

Given the above, the energy potential from solid biomass, at national level, can be expressed by relation 1, where:

- W - the total energy from solid biomass, available nationwide, [kJ];
- W_L - total energy from woody biomass, available nationwide, [kJ];
- W_V - the total energy from vegetal biomass, available nationwide, [kJ];

Având în vedere cele menționate anterior, potențialul de energie din biomasă solidă, la nivel național, poate fi exprimat de relația 1, unde:

- W - Cantitatea totală de energie din biomasă solidă, disponibilă la nivel național [kJ];
- W_L – Cantitatea totală de energie din biomasa lemnoasă, disponibilă la nivel național [kJ];
- W_V – Cantitatea totală de energie din biomasa vegetală, disponibilă la nivel național, [kJ];

Each of the two components of the relation (1) is expressed in turn in terms of lower order according to relations (2) and (3), where:

W_{Lu} - the total amount of energy stored in the total amount of woody biomass, available nationwide, as energy source [kJ];

W_{Lc} - the total amount of energy consumed for processing woody biomass available nationwide, as energy source [kJ];

W_{Vi} - the total amount of energy from vegetal biomass, in category i , available nationwide, [kJ];

$i = 1, \dots, n$ - types of vegetal biomass, eg 1-vegetal biomass resulting from the wheat crop; 2 -vegetal biomass resulting from maize, etc.

W_{Viu} - the total amount of energy stored in total amount of vegetal biomass, of category i , available nationwide, as energy source, [kJ];

W_{Vic} - the total amount of energy consumed to obtain vegetal biomass, of category i , available nationwide, as energy source, [kJ];

The total amount of energy stored in the total amount of vegetal biomass, in category i , available nationwide, as energy source, can be calculated with relation 4, where:

H_{Vi} - average calorific value of vegetal biomass, in category i , available nationwide;

M_{Vi} - the total amount of vegetal biomass, in category i , available nationwide [kg];

Fiecare dintre cele două componente ale relației (1) se exprimă la rândul ei în termeni de ordin inferior conform relațiilor (2) și (3), unde:

W_{Lu} – Cantitatea totală de energie înmagazinată în total cantitate biomasa lemnoasă, disponibilă la nivel național, ca sursa de energie, [kJ];

W_{Lc} – Cantitatea totală de energie consumată pentru procesarea biomasei lemnoase, disponibile la nivel național, ca sursă de energie, [kJ];

W_{Vi} – Cantitatea totală de energie din biomasa vegetală, din categoria i , disponibilă la nivel național, [kJ];

$i = 1, \dots, n$ – categoriile de biomasă vegetală, de ex. 1–biomasa vegetală rezultată din cultura de grâu; 2–biomasa vegetală rezultată din cultura de porumb; etc

W_{Viu} – Cantitatea totală de energie înmagazinată în total cantitate biomasa vegetală din categoria i , disponibilă la nivel național, ca sursa de energie, [kJ];

W_{Vic} – Cantitatea totală de energie consumată pentru obținerea biomasei vegetale din categoria i , disponibile la nivel național, ca sursă de energie, [kJ];

Cantitatea totală de energie înmagazinată în total cantitate biomasă vegetală din categoria i , disponibilă la nivel național, ca sursă de energie, se poate calcula cu relația 4, unde:

H_{Vi} – Valoarea medie a puterii calorice a biomasei vegetale din categoria i , disponibile la nivel național;

M_{Vi} – Cantitatea totală de biomasă vegetală din categoria i , disponibilă la nivel național, [kg];

$$W = W_L + W_V \quad (1)$$

$$W_L = W_{Lu} - W_{Lc} \quad (2)$$

$$W_V = \sum W_{Vi} = \sum (W_{Viu} - W_{Vic}) \quad (3)$$

$$W_{Viu} = H_{Vi} \times M_{Vi} \quad (4)$$

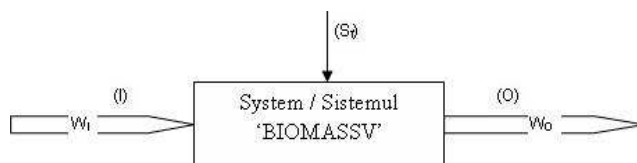


Fig.4. Block diagram of the independent system "BIOMASSV" / Schema bloc de reprezentare sistemului independent "BIOMASSV"

$$E_{\text{prod}} = f(I, O, S_f) \quad (5)$$

Activities performed in the process of energetic use of vegetal biomass are grouped into two main stages: the stage of vegetal biomass production and conversion stage. The first stage, includes all operations performed in order to obtain vegetal biomass, from category i (for eg. works related to biomass cultivation, primary processing, transportation, etc.)

In the context of development of assessment method, through systemic analysis, to the production stage of vegetal biomass, of category i , is associated an independent system, generically called "BIOMASSV" (fig.4)[2]. The input (I) of the system represents the total energy consumption (W_i) associated to activities / processes in vegetal biomass cultivation process, of category i .

The output of the system (O) is represented by the energy stored in the vegetal biomass (W_o), obtained in the production stage. On the considered system act also other specific features (S_f), whose action can not be eliminated, such as soil characteristics, weather conditions, etc.

Equation (5) represents the behavioral equation of the "BIOMASSV" system, where E_{prod} is total amount of energy available from the production process of vegetal biomass, and it is determined as a function of inputs I, outputs O, and specific features S_f , and the interdependencies between them.

The quantitative expression of the inputs(I), outputs (O),

Activitățile realizate în cadrul procesului de utilizare energetică a biomasei vegetale se grupează în două etape principale: etapa de producere a biomasei vegetale și etapa de conversie. Prima etapă- cuprinde totalitatea operațiilor realizate în scopul obținerii biomasei vegetale din categoria i (de ex. lucrările legate de cultivarea biomasei, procesare primară, transport, etc).

În contextul dezvoltării metodei de evaluare prin analiza sistemică, etapei de producere a biomasei vegetale din categoria i îi este asociat un sistem independent, numit generic "BIOMASSV" (fig.4) [2]. Mărimile de intrare în sistem (I) reprezintă totalitatea consumurilor energetice (W_i) asociate activităților/proceselor din procesul de producere a biomasei vegetale din categoria i .

Mărimile de ieșire din sistem (O) sunt reprezentate de energia înmagazinată în biomasa vegetală, rezultată în etapa de producere a acesteia (W_o). Asupra sistemului considerat acționează și caracteristicile specifice (S_f) a căror acțiune nu poate fi eliminată, cum ar fi: caracteristicile solului, condițiile meteorologice, etc.

Ecuția (5) reprezintă ecuația comportamentală a sistemului "BIOMASSV", unde E_{prod} este cantitatea de energie totală disponibilă în urma procesului de producere a biomasei vegetale, și se determină ca și funcție de mărimile de intrare I, de ieșire O, de caracteristicile specifice S_f și de interdependențele dintre acestea.

Exprimarea cantitativă a intrărilor (I), respectiv ieșirilor din

and the correlation between them, leads to the determination of an explicit mathematical expression, based on which is determined the total amount of energy available from the production process of vegetal biomass and, respectively, the energy consumption from process. To determine the mentioned mathematical expression, it is necessary to divide the "BIOMASSV" into subsystems associated with each operation of the composition of analyzed process.

The amount of total energy input, W_i , can be expressed as a sum of elemental (partial) energies, associated to working stages required to develop processes into the system of vegetal biomass production - relation (6) [2], where:

I - represent the inputs;

N_1 - the total number of different types of energy inputs in subdivision of order 1;

j - superscript, represent the category of the subdivision of energy input. Otherwise, the relation (6) can be expressed as relation (7) [2], where:

$W_{1.1}^1, W_{1.2}^1, W_{1.3}^1, \dots, W_{1.n1}^1$ - represent all the energies required for all the activities associated to different types of inputs defined into subdivision of category 1. So, eg. $W_{1.1}^1$ - represents energy input associated to agricultural machines used in vegetal biomass production; $W_{1.2}^1$ - represents energy input associated to fertilizers (chemical fertilizers- store the energy of the production, transport, distribution) etc.

Development of inputs system is continued until each elementary energy can be expressed quantitatively and can not be divided into further subcategories.

The outputs (O), can be analyzed in the same way as the inputs, so, the total output energy (WO), in our case, can be calculated using the relation (8) [2], where:

W_{Opr} - is the energy stored in the main products;

W_{Obpr} - is the energy stored in the by-products.

Evaluation of total output energy can be done in two ways, namely: first method involves calculating the energy value of primary products and by-products; and the second method involves calculating energy value of secondary products obtained (eg. ethanol, vegetable oils, etc), after that it will be made the energy analysis.

In the same way it is possible to analyse the specific features of the system S_f . These factors are abstract because they are not clearly defined quantitatively but they are distinct elements in the energies system. Thus, the functional relation (9) expresses S_f as a functional element of the system, where:
 S_c - is associated with soil characteristics;
 C_c - is associated with climate characteristics;
 T_c - is associated with characteristics of the technology used;
 O_c -represents other characteristics.

Following the same method of systemic analysis will be determined the energy consumed in the woody biomass production process.

RESULTS

Using the general mathematical method for determining the real energy potential, developed above, in this paper it is determined the real energy potential of vegetal biomass from an area of 10 ha of wheat crop.

For this it is necessary to analyze the energy flow in the vegetal mass production process mentioned, respectively, determining the energy consumption involved in the process.

sistem (O), precum și a corelațiilor dintre acestea, conduce la determinarea unei expresii matematice explicite, în baza căreia se determină cantitatea de energie totală disponibilă în urma procesului de producere a biomasei vegetale și respective a consumului energetic din proces. Pentru determinarea expresiei matematice amintite, este necesară divizarea sistemului „BIOMASSV” în subsisteme, asociate fiecărei operații din componența procesului analizat.

Cantitatea de energie totală introdusă în sistem (W_i) poate fi exprimată ca și sumă a energiilor elementare (parțiale) asociate fazelor de lucru necesare desfășurării proceselor în cadrul sistemului de producție a biomasei vegetale – relația (6) [2], unde:

I – reprezintă intrările;

N_1 – Numărul total de tipuri de energie de intrare în subdiviziunea de ordin 1;

j – Exponent arată ordinul subdiviziunii energiei de intrare. Altfel, ecuația (6) poate fi exprimată sub forma ecuației (7) [2], unde:

$W_{1.1}^1, W_{1.2}^1, W_{1.3}^1, \dots, W_{1.n1}^1$ – reprezintă energia necesară pentru toate activitățile asociate diferitelor tipuri de mărimi de intrare definite în subdiviziunea de ordin 1. Astfel, de ex. $W_{1.1}^1$ - reprezintă energia de intrare asociată mașinilor agricole; $W_{1.2}^1$ – reprezintă energia de intrare asociată fertilizării (fertilizantii chimici- înmagazinează energia corespunzătoare producerii lor, transportului, distribuției) etc.

Dezvoltarea sistemului mărimilor de intrare este continuată până când fiecare energie elementară poate fi exprimată cantitativ și nu mai poate fi divizată în alte subcategorii.

Mărimile de ieșire din sistem (O), pot fi analizate în același mod ca și mărimile de intrare, astfel, energia totală ieșită din sistem (W_o), în cazul ales, se poate determina cu relația (8) [2], unde:

W_{Opr} - este energia totală înmagazinată în produsul principal;

W_{Obpr} - este energia totală înmagazinată în subprodusele rezultate.

Evaluarea energiei totale ieșită din sistem se poate realiza pe două căi și anume: prima metodă presupune calcularea valorii energiei produselor primare și a subproduselor, iar a doua metodă presupune calcularea valorii energiei produselor secundare obținute (de exemplu: etanol, uleiuri vegetale, etc) după care se va face analiza energetică.

În aceeași manieră pot fi analizați factorii caracteristici specifici sistemului S_f . Acești factori sunt abstracți deoarece ei nu sunt clar definiți cantitativ dar reprezintă elemente distincte în sistemul energiilor. Astfel relația funcțională (9) exprimă S_f ca și element funcțional al sistemului, unde:

S_c - este asociat cu caracteristicile solului;

C_c - este asociat cu caracteristicile climatei;

T_c - este asociat cu caracteristicile tehnologiei aplicate;

O_c - reprezintă alte caracteristici.

Urmând aceeași metodă a analizei sistemice se determină energia consumată în procesul de producere a biomasei lemnoase.

REZULTATE

Utilizând metoda matematică generală de determinare a potențialului energetic real, dezvoltată mai sus, în lucrarea de față se determină potențialul energetic real al biomasei vegetale obținută pe o suprafață cultivate de 10 ha, din cultura grâului.

Pentru acesta este necesară analiza fluxului energetic în procesul de producere a masei vegetale amintite, respectiv determinarea consumurilor energetice implicate de proces.

$$W_i = \sum_{i=1}^{n_1} W_{i.1}^j, i = 1, 2, 3, \dots, n_1 \quad (6)$$

$$W_i = W_{1.1}^1 + W_{1.2}^1 + W_{1.3}^1 + \dots + W_{1.n1}^1 \quad (7)$$

$$W_o = \sum_{i=1}^m W_{Opr.} + \sum_{i=1}^m W_{Obpr.} \quad (8)$$

$$S_f = f(S_c, C_c, T_c, \dots, O_c) \quad (9)$$

Thus, for wheat crop, the total input energy of the system, W_1 , includes:

- $W_{1,1}^1$ – energy input associated to agricultural machinery;
- $W_{1,2}^1$ – energy input associated to chemical fertilizers;
- $W_{1,3}^1$ – energy input associated to herbicides;
- $W_{1,4}^1$ – energy input associated to seeds germination;
- $W_{1,5}^1$ – energy input associated to transportation and storage;
- $W_{1,6}^1$ – energy input associated to human labor.

To define and calculate the overall input energy we have performed the energy flow for wheat crop production (fig.5).

According to diagraph in fig.5 and relation (7), the input energy for wheat crop is given by (10).

Each term of (10) is divided in other elemental terms in subdivision of class 2 or 3, as follows:

Term $W_{1,1}^1$ is subdivided in elemental terms of class 2 (11), where:

- $W_{1,1,1}^2$ - energy associated to agricultural machinery production;
- $W_{1,1,2}^2$ - energy associated to repairing of agricultural machinery;
- $W_{1,1,3}^2$ - energy associated to fuel consumption.

The term $W_{1,1,1}^2$ is subdivided in elemental terms of class 3 (12), where:

- $W_{1,1,1,1}^3$ – energy associated to material used in agricultural machinery;
- $W_{1,1,1,2}^3$ – energy associated to manufacturing process of agricultural machinery;
- A_{mat} - a coefficient of energy consumption associated to material used in agricultural machinery, per mass unit [MJ/kg];
- A_{manf} - a coefficient of energy consumption associated to manufacturing of agricultural machinery, per mass unit [MJ/kg];
- M_m – mass of the agricultural machinery [kg];
- T_f – lifetime of agricultural machinery;
- S – total cultivated area.

The term $W_{1,1,2}^2$ is expressed by relation (13), where:

- $A_{rep,m}$ - a coefficient of energy consumption associated to agricultural machinery repairs, per mass unit [MJ/kg] per year.

Astfel, pentru producerea grăului, energia totală introdusă în sistem W_1 , include:

- $W_{1,1}^1$ – energia asociată mașinilor agricole utilizate;
- $W_{1,2}^1$ – energia asociată îngrășamintelor chimice;
- $W_{1,3}^1$ – energia asociată pesticidelor;
- $W_{1,4}^1$ – energia asociată germinării semințelor;
- $W_{1,5}^1$ – energia asociată transportului și depozitării;
- $W_{1,6}^1$ – energia asociată manoperei

Pentru a defini și calcula energia globală intrată am realizat fluxul de energie pentru producția culturii grăului (fig.5)

Conform diagrafei din fig.5 și relației (7) energia introdusă în sistem pentru cultura de grâu este dată de relația (10).

Fiecare termen al relației (10) este divizat în termeni elementali de ordinul 2 sau 3 după cum urmează:

Termenul $W_{1,1}^1$ este divizat în termeni elementali de ordinul 2 (11), unde:

- $W_{1,1,1}^2$ - energia asociată producerii mașinilor agricole;
- $W_{1,1,2}^2$ - energia asociată reparării mașinilor agricole;
- $W_{1,1,3}^2$ - energia asociată consumului de carburanți.

Termenul $W_{1,1,1}^2$ este divizat, la rândul său în termeni elementali de ordin 3 (12), unde:

- $W_{1,1,1,1}^3$ – energia asociată materialului folosit la mașinile agricole;
- $W_{1,1,1,2}^3$ – energia asociată producerii mașinilor agricole;
- A_{mat} - coeficientul consumului de energie asociat materialului folosit la mașinile agricole, pe unitatea de masă [MJ/kg];
- A_{manf} - coeficientul consumului de energie asociat producerii mașinilor agricole, pe unitatea de masă [MJ/kg];
- M_m – masa mașinii agricole [kg];
- T_f – durata de viață a mașinii agricole;
- S – suprafața totală cultivată.

Termenul $W_{1,1,2}^2$ este exprimat de relația (13) unde:

- $A_{rep,m}$ - coeficientul de energie consumat asociat reparațiilor mașinii agricole, pe unitatea de masă, pe an [MJ/kg].

$$W_1 = W_{1,1}^1 + W_{1,2}^1 + W_{1,3}^1 + W_{1,4}^1 + W_{1,5}^1 + W_{1,6}^1 \tag{10}$$

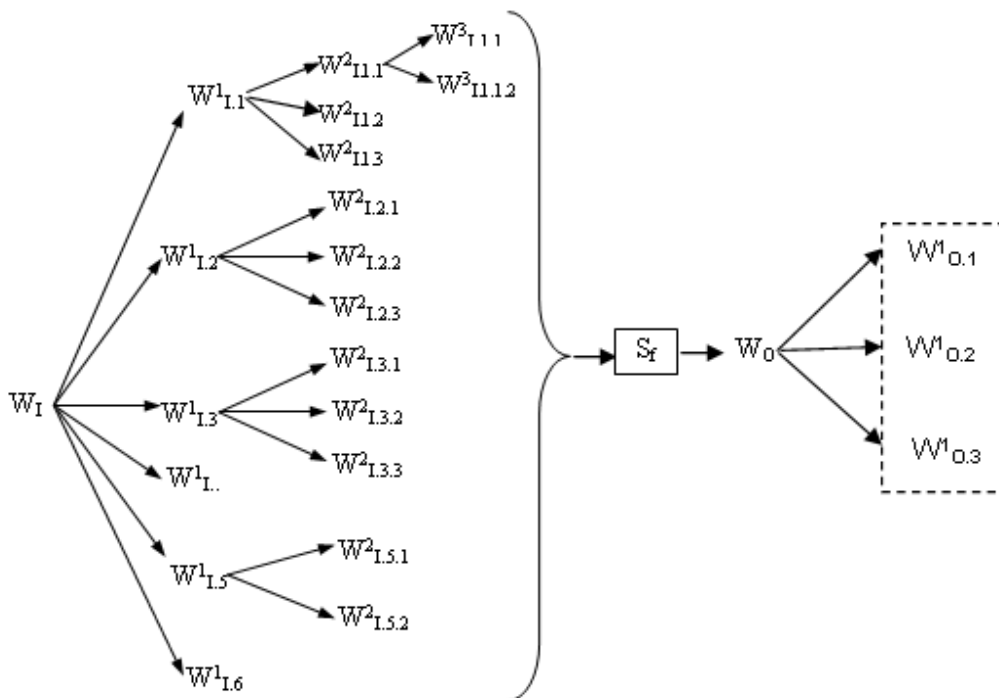


Fig. 5 - Energy flow diagram for wheat crop / Schema fluxului de energie pentru cultura grăului

$$W_{1,1}^1 = W_{1,1,1}^2 + W_{1,1,2}^2 + W_{1,1,3}^2 \tag{11}$$

$$W_{1,1,1}^2 = W_{1,1,1,1}^3 + W_{1,1,1,2}^3 = [(A_{mat} + A_{manf})M_m]/T_f \cdot S \tag{12}$$

The term $W_{1.1.3}^2$ is expressed by relation (14), where:

- i – the energy type associated to activity;
- H_{fi} - calorific value of fuels consumed in the activity i ;
- V_{fi} - fuel volume used per 1 ha associated to activity i .

The energy associated to the chemical fertilizers used, $W_{1.2}^1$, can be divided in 3 elements of class 2 (15), where:

- $W_{1.2.1}^2$ – energy associated to chemical fertilizer production;
- $W_{1.2.2}^2$ – energy associated to chemical fertilizer packaging;
- $W_{1.2.3}^2$ – energy associated to chemical fertilizer distribution.

- $C_{prod,cf}$, $C_{pack,cf}$, $C_{trans,cf}$ are the specific energies consumed for production, packaging and transportation of chemical fertilizer [MJ/kg],

- M_{cf} – the amount of chemical fertilizer used per ha [kg].

The term $W_{1.3}^1$ include three terms of class 2 (16), thus:

- $W_{1.3.1}^2$ - energy associated to herbicide production;
- $W_{1.3.2}^2$ - energy associated to herbicide packaging;
- $W_{1.3.3}^2$ - energy associated to herbicides distribution;

- $D_{prod,b}$, $D_{pack,b}$, $D_{trans,b}$ are the specific energies consumed for production, packaging and transportation of herbicides [MJ/kg];

- M_b – the amount of herbicides used per ha [kg].

Term $W_{1.4}^1$ represents the energy stored in the seeds used for sowing (17), where:

- H_s – calorific value of the seeds [MJ/kg];
- M_s – amount of seeds used per ha, [kg].

Term $W_{1.5}^1$ involved two terms of class 2 (18), where:

- $W_{1.5.1}^2$ – energy associated to transportation;
- $W_{1.5.2}^2$ – energy associated to storage of main products and by-products

- $H_{comb,trans}$ - calorific value of fuels used for transport, [MJ/L];

- $V_{comb,trans}$ – fuel volume used for transport, [L/h];

- T_{trans} – total time for transport, [h];

- F_{dep} - coefficient of energy consumption by storage, per day, [MJ/day];

- T_{dep} – time of storage, [day].

Termenul $W_{1.1.3}^2$ exprimat de relația (14), unde:

- i – tipul de energie asociată activității;
- H_{fi} - valoarea calorifică a combustibilului consumat în activitatea i ;
- V_{fi} - volumul de combustibil utilizat pentru 1 ha, corespunzător activității i .

Energia asociată îngrășămintelor chimice utilizate, $W_{1.2}^1$ se divide în trei elemente de ordinul 2 (15), unde:

- $W_{1.2.1}^2$ – energia asociată producerii îngrășămintelor chimice;
- $W_{1.2.2}^2$ - energia asociată împachetării îngrășămintelor chimice;
- $W_{1.2.3}^2$ – energia asociată împrăștierii îngrășămintelor chimice.

- $C_{prod,cf}$, $C_{pack,cf}$, $C_{trans,cf}$ sunt energiile specifice consumate pentru producerea, ambalarea, respectiv distribuirea îngrășămintelor (MJ/kg),

- M_{cf} – cantitatea îngrășămintelor chimice distribuite la ha [kg].

Termenul $W_{1.3}^1$ cuprinde trei termeni de ordin 2 (16), astfel:

- $W_{1.3.1}^2$ - energia asociată producerii erbicidelor;
- $W_{1.3.2}^2$ - energia asociată ambalării erbicidelor;
- $W_{1.3.3}^2$ - energia asociată distribuirii erbicidelor;

- $D_{prod,b}$, $D_{pack,b}$, $D_{trans,b}$ sunt energiile specifice consumate pentru producerea, ambalarea, respectiv distribuirea erbicidelor [MJ/kg];

- M_b – cantitatea de erbicide distribuită la ha [kg].

Termenul $W_{1.4}^1$ cuprinde energia din semințele utilizate la însămânțare (17), unde:

- H_s – valoarea calorifică a semințelor [MJ/kg];
- M_s – cantitatea de semințe utilizată la ha, [kg].

Termenul $W_{1.5}^1$ include doi termeni de ordin 2 (18), unde:

- $W_{1.5.1}^2$ – energia asociată transportului;
- $W_{1.5.2}^2$ – energia asociată depozitării produselor primare și subproduselor

- $H_{comb,trans}$ - valoarea calorifică a combustibilului utilizat pentru transport, [MJ/L];

- $V_{comb,trans}$ - volumul de combustibil utilizat pentru transport, [L/h];

- T_{trans} – timpul total pentru transport, [h];

- F_{dep} - coeficientul energiei consumate pentru depozitare, pe zi, [MJ/zi];

- T_{dep} – timpul de depozitare, [zi].

$$W_{1.1.2}^2 = A_{rep,m} \cdot M_m / T_{r,S} \quad (13)$$

$$W_{1.1.3}^2 = \sum_{i=1}^k H_{fi} \cdot V_{fi} \quad (14)$$

$$W_{1.2}^1 = W_{1.2.1}^2 + W_{1.2.2}^2 + W_{1.2.3}^2 = (C_{prod,cf} + C_{pack,cf} + C_{trans,cf}) \cdot M_{cf} \quad (15)$$

$$W_{1.3}^1 = W_{1.3.1}^2 + W_{1.3.2}^2 + W_{1.3.3}^2 = (P_{prod,b} + P_{pack,b} + P_{trans,b}) \cdot M_b \quad (16)$$

$$W_{1.4}^1 = H_s \cdot M_s \quad (17)$$

$$W_{1.5}^1 = W_{1.5.1}^2 + W_{1.5.2}^2 = H_{comb,trans} \cdot V_{comb,trans} \cdot T_{trans} + F_{dep} \cdot T_{dep} \quad (18)$$

Term $W_{1.6}^1$ – the energy associated to human labor, can be calculated based on the metabolic energy (19), where:

G_{om} – the coefficient of energy consumed by one worker, per day, [MJ/day];

H_{om} – number of working days;

N_{om} – number of workers

For our case we consider as main products the grain and straw obtained from wheat crop. In this case the output can be expressed by relation (20), where:

W_o – the energy stored in biomass;

$W_{o.1}^1$ – energy stored in grains;

$W_{o.2}^1$ – energy stored in vegetal material (straw);

These energies can be calculated with relation (21), where:

H_{seed} , H_{VM} are calorific values for grains, and straw, per mass unit [MJ/kg];

M_{seed} , M_{VM} , - amount of grains and straw per ha [kg/ha].

We conducted an analysis of energy balance for wheat crop, the products obtained were grains and straw.

Characteristics parameters used to calculate $W_1 = f(W_{1.1}^1, W_{1.2}^1, \dots, W_{1.6}^1)$, $S_f = f(S_C, C_C, T_C, \dots, O_C)$ and $W_o = f(W_{o.1}^1, W_{o.2}^1)$ are presented in tab.1 and tab. 2

To determine the energy stored in vegetal biomass

Termenul $W_{1.6}^1$ – energia asociată manoperei, poate fi calculat pe baza energiei metabolice (19), unde:

G_{om} – coeficientul energiei consumate de un muncitor într-o zi, [MJ/zi];

H_{om} – numărul de zile lucrate;

N_{om} – numărul de muncitori.

Pentru cazul studiat se consideră că produse principale de ieșire boabele și paie obținute din cultura de grâu. În acest caz mărirea de ieșire poate fi exprimată prin relația (20), în care:

W_o – energia înmagazinată în biomasa rezultată;

$W_{o.1}^1$ – energia înmagazinată în boabe;

$W_{o.2}^1$ – energia înmagazinată în materialul vegetal (paie);

Aceste energii pot fi calculate cu relațiile (21), unde:

H_{seed} , H_{VM} sunt valorile calorifice pentru semințe, respectiv materialul vegetal, pe unitatea de masă [MJ/kg];

M_{seed} , M_{VM} , cantitățile corespunzătoare de semințe, mat.vegetal, pe ha [kg/ha].

Am realizat o analiză a balanței energetice, pentru cultura de grâu- produsul obținut fiind boabele și paie.

Mărimile caracteristice utilizate pentru calculul $W_1 = f(W_{1.1}^1, W_{1.2}^1, \dots, W_{1.6}^1)$, $S_f = f(S_C, C_C, T_C, \dots, O_C)$ și $W_o = f(W_{o.1}^1, W_{o.2}^1)$ sunt prezentate în tab. 1 și tab. 2

Pentru determinarea energiei înmagazinate în

resulting from cultivation of 10 hectares with wheat, the following inputs are necessary:

- Technology of wheat cultivation (tabel 1);
- cultivated area: 10 ha;
- soil type: brown-reddish soil, no irrigation
- fuel: Diesel with $H_c=38$ MJ/l;

biomasa vegetală rezultată prin cultivarea a 10 ha., cu grâu sunt necesare următoarele date de intrare:

- Tehnologia de cultivare a grâului (tabel 1)
- Suprafața cultivată: 10 ha.,
- Tip sol: brun-roșcat, fără irigații;
- Combustibil utilizat: motorină cu $H_c=38$ MJ/l

$$W_{1.6}^1 = G_{om} \cdot H_{om} \cdot N_{om} \tag{19}$$

$$W_O = W_{O.1}^1 + W_{O.2}^1 \tag{20}$$

$$W_{O.1}^1 = H_{Seed} \cdot M_{Seed}; \quad W_{O.2}^1 = H_{VM} \cdot M_{VM}; \tag{21}$$

- Chemical fertilizers (tabel 2)
- Herbicide: DMA 600 salt, 1,5 l/ha with 84,9 MJ/kg, [3]
- Energy content of wheat seeds -16 MJ/kg [4]
- Seed mass used: 270 kg/ha;
- Grain production: 4000 kg/ha with calorific energy of 17,039[MJ/kg] [9]
- Vegetal material production (straw) 1500 kg/ha with calorific energy of 16,534 MJ / kg (15% humidity) [9]
- Energy associated to human labor 1,95 MJ / h. [3].

- Îngrășăminte chimice (tabel.2)
- Erbicid utilizat: sare DMA 600- 1,5 l/ha-84,9 MJ/kg. [3]
- Conținutul de energie al semintelor utilizate -16MJ/kg, [4]
- Cantitatea de semințe aplicată – 270 kg/ha;
- Producția de boabe 4000 [kg/ha] cu energia calorică 17,039 MJ/kg [9]
- Material vegetal rezultat – 1500 kg/ha cu o energie calorică de 16,534 MJ / kg (15% umiditate) [9]
- Energia asociată manoperei: 1,95 MJ / h. [3]

Based on the input data set, calculations and energy analysis were made, using the software (Fig. 6) [2], the results being shown in fig.7.

Pe baza datelor de intrare prezentate , s-au facut calculele și analiza energetică utilizând programul software (fig.6) [2], rezultatele obținute fiind prezentate în fig.7.

The real potential will be the difference between the energy stored in biomass- W_O , and input energy W_I (relation 22)

Potențialul real va fi diferența între energia înmagazinată în biomasa $-W_O$, și energia de intrare W_I (relatia 22)

Table 1/ Tabel 1
Characteristics of wheat cultivation technology / Caracteristici ale tehnologiei cultivării grâului

Activity/ Activitatea	Equipment / Echipament	Mass of equipment / Masa echipament [kg]	$A_{mat} + A_{manf}$ [MJ/kg]	A_{rep} [MJ/kg]	Fuel consumption / Combustibil consumat [L/ha]
Plowing / Arat	Tractor - U650	2500	138	10	30
	Plow – PP3x30	300	180	6	
Seedbed preparation / Preg.pat germinativ	Disk harrow - GDx3,4	1250	149	6	15
Sowing / Semanat	Seeder –SUP 21	500	133	6	7
Fertilizer distribution / Fertilizat	Centrifugal spreader	950	129	6	2
Herbicides spraying / Erbicidat	Spraying Machine	800	128	6	5
Harvesting / recoltat	Combine CP12	8700	116	10	30

Fertiliser characteristics / Caracteristicile îngrășământului chimic

Table 2 / Tabel 2

Type of fertilizer / Tip îngrășământ	$C_{prod} + C_{pack} + C_{trans}$ [MJ/kg]	Fertilizer mass / Cantitatea de îngrășământ [kg/ha]
N	78.1 / 78,1	100
P_2O_5	17.4 / 17,4	50
K_2O	13.7 / 13,7	60



Fig. 6 - Soft interface with input data / Interfața soft cu date de intrare

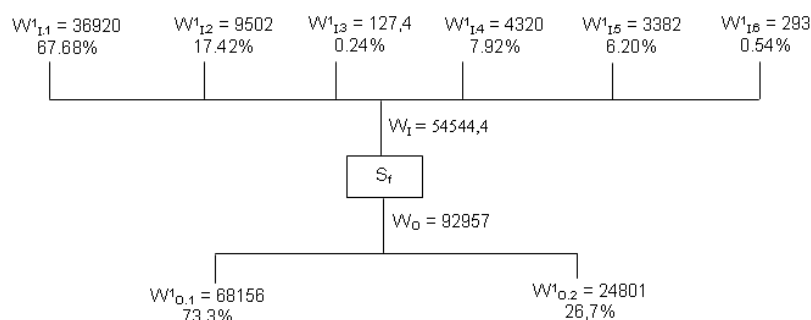


Fig. 7 - Energy balance for wheat crop, W is expressed in [MJ] / *Balanța energetică pentru cultura grâului, W este exprimat în [MJ]*

$$W_{\text{real}} = W_O - W_I = 92957 - 54544,4 = 38412,6 \text{ MJ} \quad (22)$$

CONCLUSIONS

Due to its modular structure, presented method is flexible and can be applied for energy evaluation of different activities within an agricultural farm.

Analysing the results it is noted that the energy associated to the agricultural machines used, represents more than 50 % of the total input energies of the system. the more we reduce the value of this kind of energy, the higher will be the energy potential of the crop, and hence the higher is the profitability of using the biomass obtained.

Optimization of the working process by energy consumption point of view, may be done through the improvement of technology (eg. no tillage technology) or using other agricultural machinery.

Based on these results it is possible to estimate the energy potential of vegetal biomass on different areas (agricultural farm, region, country, etc)

REFERENCES

- [1]. Deac T., Roș V., Deac M., (2011) - *An energy analysis of the sawdust pelletizing process: a systemic approach*, Research Journal of Agricultural Science, vol.1, Ed. Agroprint, ISSN 2066-1843, pg.403-408;
- [2]. Roș V., Chira T., Bâlc G., Fehete L., (2004) - *A method for evaluation of the energy potential in an agricultural farm*, Balkan Agricultural Engineering Review Journal, vol.5, ISSN 1312 – 5443;
- [3]. A. Tabatabaeefar, s.a. (2007) - *Comparasion of energy of tillage systems in wheat production*, Energy, vol. 34, pg 41-45, www.elsevier.com/locate/energy;
- [4]. Hovelius K., (1997) - *Energy-, Exergy- and Emergy alalysis of biomass production*, Report 222, Swedish University of Agricultural Sciences-Department of Agricultural Engineering, Uppsala, ISSN 0283-0086;
- [5]. ***, International Energy Outlook 2009, U.S. Energy Information Administration (EIA), www.eia.doe.gov;
- [6]. *** (2006) - *Study on assessing current energy potential of renewable energy in Romania (solar, wind, biomass, micro hydro, geothermal), identifying the best locations for development of investment in producing unconventional electricity*, ICEMENERG SA, Bucharest;
- [7]. *** Directive 2009/28/CE of the European Parliament on the promotion of the use of energy from renewable sources, 2009, Official Journal of European Union, L140;
- [8]. *** (2011) - EC, Energy-Statistics and Market Observatory-Figures by country; http://ec.europa.eu/energy/observatory/index_en.htm
- [9]. *** Data base BIOBIB, <http://cdmaster2.vt.tuwien.ac.at/biobib/grass.html>

CONCLUZII

Datorită structurii sale modulare metoda prezentată este flexibilă și poate fi aplicată pentru evaluarea energetică a diferitelor activități din cadrul unei ferme.

Din datele obținute se observă că energia asociată mașinilor agricole utilizate reprezintă mai mult de 50% din totalul energiilor de intrare în sistem. Cu cât mai mult se reduce valoarea acestei categorii de energie cu atât crește potențialul energetic al culturii, și implicit rentabilitatea utilizării biomasei obținute.

Optimizarea procesului de lucru din punct de vedere al consumului de energie, se poate realiza prin îmbunătățirea tehnologiei (de ex. tehnologie cu minim de lucrari) sau prin utilizarea altor mașini agricole.

Pe baza rezultatelor obținute se poate face estimarea potențialului energetic al biomasei vegetale pe diferite unități de suprafață (fermă, regiune, țara, etc.)

BIBLIOGRAFIE

- [1]. Deac T., Roș V., Deac M., (2011) - *O analiză energetică a procesului de peletizare a rumegușului: o abordare sistemică*, Research Journal of Agricultural Science, vol.1, Ed. Agroprint, ISSN 2066-1843, pag.403-408;
- [2]. Roș V., Chira T., Bâlc G., Fehete L., (2004) - *Metodă de evaluare a potențialului energetic dintr-o fermă agricolă*, Balkan Agricultural Engineering Review Journal, vol.5, ISSN 1312 – 5443;
- [3]. A. Tabatabaeefar, s.a. (2007) - *Compararea energiei sistemelor de prelucrare a solului în producția de grâu*, Energy, vol. 34, pag 41-45, www.elsevier.com/locate/energy;
- [4]. Hovelius K., (1997) - *Energie-, Exergia- și Emergia analiza producției de biomasă*, Raport 222, Suedia, Universitatea de științe agricole – Departamentul de inginerie agricolă, Uppsala, ISSN 0283-0086;
- [5]. ***, International Energy Outlook 2009, U.S. Energy Information Administration (EIA), www.eia.doe.gov;
- [6]. *** (2006) - *Studiu privind evaluarea potențialului energetic actual al surselor regenerabile de energie în Romania (solar, vânt, biomasă, microhidro, geotermie), identificarea celor mai bune locații pentru dezvoltarea investițiilor în producerea de energie electrică neconvențională*, ICEMENERG SA, București;
- [7]. *** Directiva 2009/28/CE privind promovarea utilizării energiei din surse regenerabile, 2009, Jurnalul oficial al Uniunii Europene, L140;
- [8]. *** (2011) - EC, Energy-Statistics and Market Observatory-Figures by country; http://ec.europa.eu/energy/observatory/index_en.htm
- [9]. *** Bază de date BIOBIB, <http://cdmaster2.vt.tuwien.ac.at/biobib/grass.html>.