

## MECHANICAL PROPERTIES OF ENERGETIC PLANT STEMS - REVIEW

### /

## PROPRIETĂȚILE MECANICE ALE TULPINILOR PLANTELOR ENERGETICE - REVIEW

PhD. Eng. Moiceanu G.<sup>1)</sup>, Prof. PhD. Eng. Voicu Gh.<sup>1)</sup>, Prof. PhD. Eng. Paraschiv G.<sup>1)</sup>,  
Lect. PhD. Eng. Dinca M.<sup>1)</sup>, PhD. Stud. Eng. Chitoiu M.<sup>1)</sup>, PhD. Eng. Vlăduț V.<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>University POLITEHNICA of Bucharest / Romania; <sup>2)</sup>INMA Bucharest / Romania  
Tel: 0745.201.365; E-mail: moiceanugeorgiana@gmail.com

**Abstract:** An important component of modern society is represented by renewable energy. This type of energy can be obtained through energetic plant processing, wind energy, solar energy, etc. Taking into consideration the potential of energetic plants regarding ensuring a sustainable future from an energetic point of view, this paper presents a review on the way in which mechanical properties influence the processing stage. Considering that the equipment used for this process is in continuing development, knowing the energetic plant stem mechanical properties is a major component in creating and developing these machines. Energetic plant mechanical properties are important data for mathematical modelling of the processes to which the stems are subjected to. Studying shearing resistance, compression/stretching resistance, cutting resistance, as well as the elasticity module, we can see that all the data lead to creating an adequate design for the equipment. The main objective of this paper is to create a synthesis regarding energetic plant mechanical properties.

**Keywords:** mechanical properties, mathematical modelling, energetic plants

### INTRODUCTION

Nowadays, fossil fuels as gas, coal, etc. represent the main source of energy in the world. Studies regarding the quantities of these resources and the use by consumers show that in approximately 40-50 years they will considerably diminish, some will even drain. Also, these energy sources produce annually environment degradation through acid rains, global warming, air pollution, etc. Regarding the lowering of this constant degradation, more and more countries have analysed the possibility to replace fossil fuels with renewable energy sources that do not have the same negative impact on the environment. [12]

The varied number of energetic plants nowadays imposes to the researchers extensive studies regarding their characteristics within the use for technological processes. Among these characteristics both biological characteristics influenced by culture conditions [13, 28] as well as physical properties that greatly influence processing stages, were identified.

The study of this paper is focused on presenting energetic plant stem mechanical properties and the influence that they have on these processes.

### MATERIAL AND METHOD

Outlining physical properties of energetic plant stems was the focus of many researchers, this current paper showing research papers and studies from speciality sites, ASABE, articles published in journals from international data base (ScienceDirect, Springerlink, etc.) or volumes of some national and international conferences which had as an interest this theme, and are presented as bibliographical sources.

**Rezumat:** O componentă foarte importantă a societății moderne este reprezentată de energia regenerabilă. Acest tip de energie poate fi obținut prin procesarea plantelor energetice, energie eoliană, energie solară etc. Luând în considerare potențialul plantelor energetice privind asigurarea unui viitor sustenabil din punct de vedere energetic în această lucrare este prezentat un review privind modul în care proprietățile mecanice ale acestora influențează procesul de prelucrare. Având în vedere faptul că echipamentele utilizate sunt în continuă dezvoltare, cunoașterea proprietăților mecanice ale tulpinilor plantelor energetice este o componentă importantă în crearea și dezvoltarea acestor utilaje. Proprietățile mecanice ale plantelor energetice constituie date importante în modelarea matematică a proceselor la care sunt supuse tulpinile. Studiind rezistența la forfecare, rezistența la compresiune/întindere, rezistența la tăiere, rezistența la încovoiere, rezistența la mărunțire precum și modulul de elasticitate, se constată că toate datele acumulate conduc la crearea unui design adecvat al echipamentelor. Obiectivul principal al acestei lucrări este acela de a alcătui o sinteză cu privire la proprietățile mecanice ale plantelor energetice.

**Cuvinte cheie:** proprietăți mecanice, modelare matematică, plante energetice

### INTRODUCERE

În prezent, combustibili fosili precum gazele, carbunii etc. reprezintă principala sursă de energie din lume. Studiul privind cantitatea acestor resurse și utilizarea lor de către consumatori prezintă faptul că în aproximativ 40 - 50 de ani se vor diminua considerabil, unele chiar vor seca. Totodată, aceste surse de energie utilizate în prezent produc anual degradarea mediului înconjurător prin provocarea de ploai acide, încălzire globală, poluarea aerului etc. În vederea diminuării acestei degradări constante din ce în ce mai multe țări au analizat posibilitatea de a înlocui combustibilii fosili cu surse de energie regenerabile care nu au același impact asupra mediului [12]

Numărul variat al plantelor energetice din zilele noastre impune cercetătorilor un studiu amănunțit asupra caracteristicilor acestora pentru utilizare în cadrul diferitelor procese tehnologice. Între aceste caracteristici se identifică atât caracteristicile biologice influențate de condițiile de cultură [13, 28], cât și proprietățile fizice care influențează în mare parte procesele de prelucrare

Studiul acestei lucrări se concentrează pe prezentarea proprietăților mecanice ale tulpinilor plantelor energetice și influența pe care acestea o au asupra acestor procese.

### MATERIALE ȘI METODA

Evidențierea proprietăților mecanice ale tulpinilor plantelor energetice a fost studiată de numeroși cercetători, în lucrarea de față fiind prezentate lucrări de cercetare și studii preluate de pe site-uri de specialitate, ASABE, articole publicate în jurnale din baze de date internaționale (ScienceDirect, Springerlink, etc.) sau volume ale unor conferințe naționale și internaționale care au avut ca interes această tematică și utilizate ca surse bibliografice.

## RESULTS AND DISCUSSIONS

According to scientific papers [1...28], the processing state of energetic plants and its optimisation can be realised through establishing the mechanical properties of plants used to yield biogas.

Determining mechanical properties of energetic plants is a part of a complex process, mainly because of the composite structure of plants being different from one plant to another [3].

Generally the most used procedure in determining mechanical properties is performed in lab conditions where each component can be analysed individually. Data taken during lab trials can be used as input data inside mathematical models used to determine parameters that affect energy consumption during the processing stage [4]. An example in this purpose can be given by the difference between the energy associated to the obtained product after breaking and the energy associated to the raw material, which is equal with the consumed energy for the breaking process.

The theory of free mincing can be expressed through the relation:

$$E_p - E_m = \eta \cdot E_c \quad (1)$$

Where

$E_p$  – mincing energy;  
 $E_m$  – raw material energy;  
 $E_c$  – consumed energy by the breaking equipment;  
 $\eta$  - equipment energetic efficiency.

## REZULTATE ŞI DISCUȚII

Conform lucrărilor științifice [1...28], procesul de prelucrare al plantelor energetice precum și optimizarea acestuia pot fi realizate prin stabilirea proprietăților mecanice ale plantelor utilizate în vederea obținerii de biogaz.

Determinarea proprietăților mecanice ale plantelor energetice face parte dintr-un proces complex, mai ales datorită faptului ca structura compozită a plantelor este diferită de o plantă la alta [3].

În general cea mai utilizată procedură de determinare a proprietăților mecanice se realizează în condiții de laborator unde fiecare componentă poate fi analizată individual. Datele preluate din cadrul încercărilor de laborator pot fi utilizate ca date de intrare în cadrul modelelor matematice folosite pentru a determina parametrii care afectează consumul de energie în timpul procesului de prelucrare [4]. Un exemplu în acest sens poate fi dat de diferența dintre energia asociată produsului obținut după mărunțire și energia asociată materiei prime, care este egală cu energia consumată pentru procesul de mărunțire.

Teoria liberei mărunțiri se poate transpune în relația:

unde:

$E_p$  - energia produsului de mărunțire;  
 $E_m$  - energia materiei prime;  
 $E_c$  - energia consumată de utilajul de mărunțire;  
 $\eta$  - randamentul energetic al utilajului.

Table 1

Different biomass types mechanical and physical properties

Nr. crt.	Plant type	Moisture content, [%wb]	Bulk density, [kg/m <sup>3</sup> ]	True density [kg/m <sup>3</sup> ]	Specific energy, [kJ/m]	Ash content, [%]	Paper no.
1	Wheat straw	8.30	108	1210	15	8.32	[25]
2	Switchgrass	8	151	1090	86.5	5.49	[26, 27]
3	Corn stover	11 - 15	148	1280	31.5	7.46	[26, 27]
4	Barley straw	6.98	98	1100	53k Wh/t	10.72	[25]
5	Miscanthus	8.5	1170	1080	4.4 kW	2.3	[7]

## Resistance at shearing and bending

During outlining plant behavior at different processes in the paper [14], the authors had studied shearing and bending resistance for saffron stems as well as their elasticity module.

Thus, considering the fact that the cutting/grinding process is made out of processes like compression, shearing, bending, stretching and friction [15, 23] the authors have tested saffron stems at different values of humidity content. For determining the shearing resistance the equation was:

$$\tau_s = \frac{F_s}{2A} \quad (2)$$

Where:

$\tau_s$  – shearing resistance;  
 $F_s$  – shearing force during disposal (N);  
 $A$  – Area of the stem surface subjected to shearing (mm<sup>2</sup>).

Also, using the same equipment stems have been subjected to bending tests by placing them on a metallic support, than applying force in the center at a load rate of 1mm/min (similar to the shearing test). Calculus formula for bending resistance was:

## Rezistența la forfecare și încovoiere

În vederea evidențierii comportamentului plantelor în timpul diferitelor procese în lucrarea [14] autorii au studiat rezistența la forfecare și încovoiere a tulpinilor de șofran precum și modulul de elasticitate al acestora.

Astfel, considerând faptul că procesul de tăiere/tocare este format din procese precum compresiune, forfecare, încovoiere, întindere și frecare [15, 23] autorii au testat tulpinile de șofran la valori diferite ale conținutului de umiditate. Pentru determinarea rezistenței de forfecare ecuația utilizată a fost:

unde:

$\tau_s$  - rezistența la forfecare;  
 $F_s$  - forța de forfecare în momentul cedării (N);  
 $A$  - aria suprafeței tulpinii supuse forfecării (mm<sup>2</sup>).

Totodată, folosind același echipament tulpinile au fost supuse testelor de încovoiere prin plasarea lor pe un suport metallic, apoi aplicându-se forța în centrul probelor la o rată de încărcare de 10 mm/min (similară testului de forfecare). Formula de calcul pentru rezistența la încovoiere a fost:

$$\tau_b = \frac{F_b \cdot y \cdot l}{4 \cdot l} \quad (3)$$

where:

$\sigma_b$  – bending resistance (MPa);  
 $F_b$  – bending force (N);  
 $y$  – distance from de neutral axe to the most distant point (mm);  
 $l$  – distance between the two supports used during experimentation (50mm);

Using statistical data analysis ANOVA the conclusions referring to shearing resistance values have outlined a rise together with a rise in humidity from 4 to 8.46Mpa, results which were also confirmed in the paper [1,2,17], when the bending resistance dropped along with a rise in stem humidity content.

The average values of the bending stress, Young's modulus, shear stress, and shear energy varied from 50.59 to 26.91 MPa, 2.52 to 1.22 GPa, 4.00 to 4.00 MPa, and 231.45 to 730.02 mJ, respectively, as the moisture content increased from 8.61 to 37.16%.

Also a study about shearing resistance is presented in paper [24], where the authors have used as raw material rice stems. Their conclusions showed a rise in shearing resistance together with a rise in stem humidity content.

This effect of stem height on shearing energy was also reported by [2] for alfalfa stem and [18] for barley stem.

unde:

$\sigma_b$  - rezistența la încovoiere (MPa);  
 $F_b$  - Forța de încovoiere (N);  
 $y$  - distanța de la axa neutră la cel mai depărtat punct (mm);  
 $l$  - distanța dintre cele două suporturi folosite în cadrul încercărilor experimentale (50 mm).

Folosind ca metodă de prelucrare a datelor analiza statistică a datelor ANOVA concluziile referitoare la valorile rezistenței la forfecare au evidențiat o creștere odată cu creșterea conținutului de umiditate de la 4 la 8.46 MPa, rezultate confirmate și în lucrarea [1, 2, 17] pe când rezistența la încovoiere a scăzut odată cu creșterea conținutului de umiditate al tulpinilor.

Valorile medii ale tensiunii la încovoiere, modulul lui Young, tensiunea la forfecare, și energia de forfecare a variat între 50.59 la 26.91 MPa, 2.52 la 1.22 GPa, 4.00 la 4.00 MPa, și 231.45 la 730.02 mJ, respectiv, umiditatea de la 8.61 la 37.16%.

Tot un studiu efectuat în vederea prezentării rezistenței la forfecare este prezentat în lucrarea [24] unde autorii au utilizat ca materie primă tulpini de orez. Concluziile cercetărilor experimentale au evidențiat creșterea rezistenței la forfecare odată cu creșterea conținutului de umiditate al tulpinilor.

Acest efect al înalțimii tulpinii asupra energiei forfecării a fost de asemenea raportat de către [2] pentru tulpini de alfalfa și [18] pentru tulpini de orz.

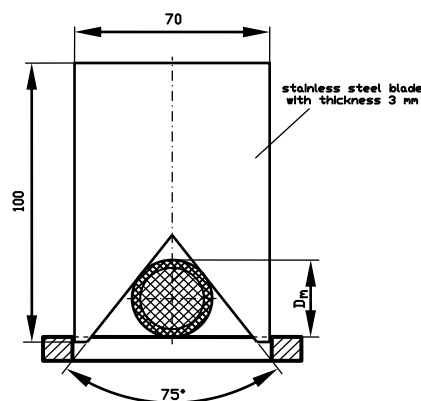


Fig. 1 – Miscanthus stem shearing cutting scheme

Similarly to papers presented earlier, in [21], the authors have subjected *Miscanthus Giganteus* to shearing tests. These tests had as a basis subjecting stem samples at repeated shearing stresses after which rupture point, bioflow point and the proportionality limit (characteristic of stem elasticity on a transversal section) were determined, from the force-deformation curve. Samples were put on the support frame so that the applied force on the shearing frame will be at the half of the sample. During application the shearing frame goes through an orifice until the moment of rupture point detection. During tests the Hounsfield mechanical trail apparatus was accessorised with metallic shearing plates of 100x70x3 dimensions (fig.1), and the shearing angle (plate opening) was different, of 30, 50, 60 and 75°.

Because the material probes had variations in large diameter limits, their mass and the weight of the

Similar lucrărilor prezentate anterior, în [21], autorii au supus testelor de forfecare tulpini de *Miscanthus x Giganteus*. Testele au constatat în supunerea epruvetelor din tulpini de *Miscanthus* la solicitări de forfecare repetate în urma cărora s-au determinat punctul de rupere, punctul de biocurgere și limita de proporționalitate (caracteristică a elasticității tulpinilor pe secțiunea transversal) de pe curba forță-deformație. Probele de material au fost așezate pe placa de sprijin astfel încât forța aplicată prin placa de forfecare să se afle la jumătatea epruvetei. În momentul aplicării testelor placa de forfecare trece printr-o fantă până în momentul în care era detectat de către aparat punctul de rupere. În cadrul testelor aparatul de încercări mecanice Hounsfield a fost prevăzut cu plăci metalice de forfecare de dimensiuni 100x70x3 (fig.1), iar unghiul de forfecare (deschidere a plăcilor) a fost diferit, și anume 30, 50, 60 și 75°.

Deoarece probele de material au avut variații în limite largi ale diametrului, masei acestora și grosimii învelișului lignocelulozic, variațiile forțelor de rupere, atât

lignocellulose layer, variation of rupture forces, both to crushing, and shearing, regardless of plate angle, as well as necessary energy at shearing and the bioflow point corresponding force are between large limits. Still, it was observed that the shearing energy variation with Miscanthus plant diameter has an exponential variation rising from 0.308 J for 4.29mm diameter, at 2.315J for 7.95mm. Nevertheless, the results are similar to other papers on experimental testing.

### Cutting resistance and cutting energy

Also, in the paper [19] the authors analysed the cutting resistance of sugarcane stems. During testing the plants were dried in natural conditions, at 25 degrees and 55% humidity. Testing the plants at different values of the humidity content, stems have been brought at wanted values through saturation or drying. Cutting blade of the Instron Universal Testing Machine had an inclination angle of  $30^\circ$  and the angle of cutting blade of  $60^\circ$ . In accordance with the humidity content and area of cutting section, the cutting resistance and cutting energy of sugarcane stems were determined. Conclusions of these tests showed an optimum cutting resistance when the humidity content was between 50-75%.

Using a similar knife, V shaped, in [20] Miscanthus stems cutting resistance was determined.

la strivire, cât și la forfecare, indiferent de unghiul plăcii de lucru, precum și ale energiei necesare la forfecare sau ale forței corespunzătoare punctului de biocurgere se încadrează în limite destul de largi. Totuși, s-a constatat că variația energiei de forfecare cu diametrul plantelor de miscanthus are o variație exponențială crescând de la 0.308 J pentru diametrul de 4.29 mm, la circa 2.315 J pentru diametrul de 7.95 mm. Cu toate acestea datele rezultate sunt similare lucrărilor utilizate ca model în efectuarea testelor experimentale.

### Rezistența la tăiere și energia de tăiere

De asemenea, în lucrarea [19] autorii au analizat rezistența la tăiere a tulpinilor de trestie de zahăr. În vederea efectuării testelor experimentale plantele au fost uscate în condiții naturale și anume la aproximativ 25 de grade și 55% umiditate. Testând plantele la diferite valori ale conținutului de umiditate tulpinile au fost aduse la valorile dorite prin saturare sau uscare. Lama de tăiere a echipamentului Instron Universal Testing Machine (Instron UTM/SMT-5, SANTAM Company, Tehran, Iran) utilizat a avut un unghi de înclinare de  $30^\circ$  și unghiul de lamei tăietoare  $60^\circ$ . În funcție de conținutul de umiditate și aria secțiunii tăiate s-a determinat rezistența la tăiere și energia la tăiere a tulpinilor trestiei de zahăr. Concluziile testelor au evidențiat o rezistență la tăiere optimă atunci când avem un conținut de umiditate cuprins între 50- 75%.

Folosind un cuțit similar, în formă de V, în [20] s-a determinat rezistența la tăiere a tulpinilor de Miscanthus.

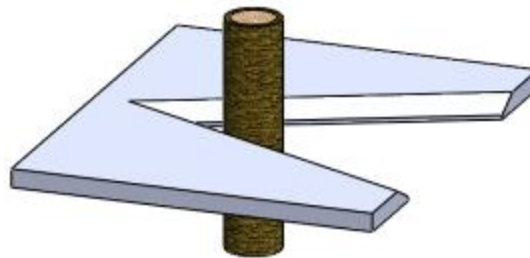


Fig. 2 - Miscanthus stem cutting V shaped blade [20]

Cutting blades (shearing) had an opening angle of  $30^\circ$ , and different sharpening angles ( $i=10, 20, 30, 40, 50^\circ$ ). It was observed that the cutting force drops from the base to the top of the plant, together with a drop in average stem diameter, curve of cutting variation presenting a decreasing exponential variation.

Similarly, using a cutting blade with a  $50^\circ$  opening angle in [10] the authors realized experimental researches regarding miscanthus plant cutting resistance. Conclusions of the tests have showed a drop in cutting force values until the angle of 30-40°, after which the force rises for cutting angles of over 40°.

In paper [5] the authors have determined a cutting resistance of reed stalks using 6 knives with different blade inclination angles.

Lamele de tăiere (forfecare) au avut un unghi de deschidere de  $30^\circ$ , și unghiuri de ascuțire diferite ( $i=10, 20, 30, 40, 50^\circ$ ). S-a constatat că forța de tăiere scade de la bază spre vârful plantei, odată cu scăderea diametrului mediu al tulpinii, curba de variație a forței de tăiere prezentând o variație exponențială descrescătoare.

Similar folosind o lamă de tăiere cu un unghi de deschidere de  $50^\circ$  în [10] autorii au realizat cercetări experimentale privind rezistența la tăiere a plantelor de miscanthus. Concluziile testelor au evidențiat o scădere a valorilor forței de tăiere a plantelor de miscanthus până la un unghi de 30 – 40°, după care forța crește pentru unghiuri de ascuțire de peste 40°.

În lucrarea [5] autorii au determinat rezistența la tăiere a tulpinilor de stuf folosind 6 cuțite cu diferite unghiuri de înclinare a lamei.

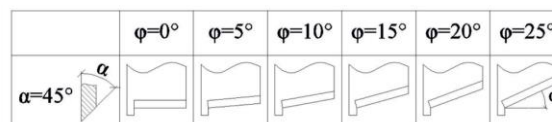


Fig. 3 – Knives with different blade cutting angles [5]

Conclusions refer to the fact that the consumed energy values during the moment of cutting operation have not presented large variations for different cutting blades [5].

Similarly, in [6] the authors used hemp stems for testing. Cutting resistance presented values between 11.8 and 19.4 N/mm<sup>2</sup>. Also, the lowest energy value consumed was for the blade angles of 25 and 45°. For all knives used during experimental testing the maximum cutting force dropped with 40% for knives inclined from 0 to 20°.

Other studies determined that the cutting speed and the blade configuration play a critical role in crops harvesting process. Maughan J.D. et al. (2014), [9.] investigated the effects of cutting speed, blades bevel angle and fixation on the power consumption during *Miscanthus* harvesting. Authors used a rotary platform with only one cutting end, driven by a hydraulic motor with measuring instruments of stalk bending force and cutting speed. The results indicated that the cutting speed and the blades angle directly influence the power and efficiency of the *Miscanthus* harvesting machines. Instead it was determined that the way to fix the blade was insignificant.

### Compression resistance

Another property of energetic plants analysed by researchers is plant compression resistance. Thus, in paper [11] *Miscanthus* plant stems were subjected to tests. The Hounsfield apparatus was fitted with an adaptor connected to a loading cell. Data resulted have showed the influence of stem diameter on tests, namely the bigger the diameter of the stem the larger the necessary compression force.

Concluziile evidențiate fac referire la faptul că valorile energiei consumate în momentul operației de tăiere nu a prezentat variații mari pentru diferite lame de tăiere [5].

Similar in [6] autorii au supus testelor de tăiere tulpini de cânepă. Rezistența la tăiere a prezentat valori cuprinse între 11.8 și 19.4 N/mm<sup>2</sup>. De asemenea, cel mai scazut consum de energie s-a constatat a fi pentru lamele cu unghi de tăiere de 25 și 45°. Pentru toate cuțitele folosite în timpul testelor experimentale forța maximă de tăiere a scăzut cu aproximativ 40% pentru cuțitele cu lame de tăiere înclinate de la 0 la 20°.

Alte studii au determinat faptul că viteza de taiere și configurarea lamelor joacă un rol critic în procesul de recoltare. Maughan J.D. et al. (2014), [9.] a investigat efectele vitezei de taiere, unghiul lamelor și fixarea de puterea consumată în timpul recoltării. Autorii au folosit o platformă rotativă cu un singur capăt de taiere, acționat de un motor hidraulic cu instrumente de măsură pentru forța de încovoiere a cozilor și viteza de taiere. Rezultatele au arătat că viteza de taiere și unghiul lamelor influențează direct puterea și eficiența echipamentului de recoltat *Miscanthus*. S-a determinat că metoda de reparare a lamei nu era semnificativă.

### Rezistența la compresiune

O altă proprietate a plantelor energetice analizată de către cercetători face referire la rezistența plantelor la compresiune. Astfel, în lucrarea [11] s-au supus testelor de compresiune tulpini de *Miscanthus X Giganteus*. Aparatul Hounsfield utilizat în timpul experimentelor a fost dotat cu un adaptor conectat la o celulă de încărcare. Datele rezultate au evidențiat influența diametrului tulpinilor asupra testelor, cu cât diametrul tulpinilor era mai mare cu atât și forța necesară de compresiune era mai mare.

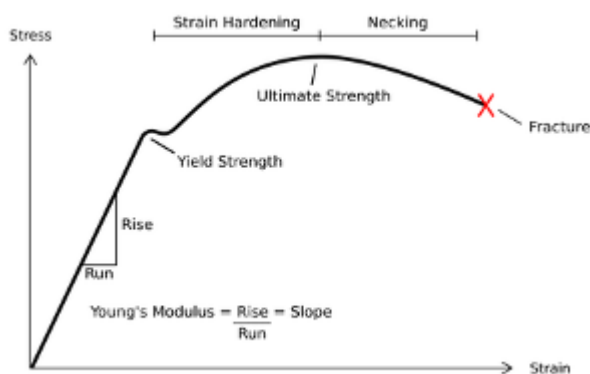


Fig. 4 – A typical stress-strain curve for plants - compression

Other studies [22] showed the *Miscanthus* plant behavior subjected to compression tests through compression stress determinations and Young module. Knowing the loading feed and the contact surface for each loading feed (2 rectangular surfaces, superior and inferior, equal at the sample contact with the apparatus mass and with the pressure plate were considered), the compression stress was determined. Through regression analysis the 2 parameters were determined. Test conclusions as for deformation until crushing at transversal compression stresses are necessary for static loads larger than 2.5 daN.

During the process of transversal compression process the plant deforms, and this deformation keeps a

Alte studii [22] au urmărit evidențierea comportamentului plantelor de *Miscanthus* supuse testelor de compresiune prin determinarea tensiunii de compresiune și a modului lui Young. Cunoscând sarcina de încărcare și suprafața de contact a fost determinată tensiunea de compresiune și pentru fiecare sarcină de încărcare (au fost considerate 2 suprafețe dreptunghiulare, superioară și inferioară, egale la contactul epruvetei cu masa aparatului și cu placa de presiune). Prin analiză de regresie au fost determinați cei doi parametri. Concluziile testelor ca pentru deformarea până la strivirea plantelor de *Miscanthus* la solicitări de compresiune transversale sunt necesare încărcări statice mai mari de 2.5 daN.

În timpul procesului de comprimare transversală planta se deformează, deformare care își păstrează o

certain value after removing the load pressure. So as a result, the miscanthus plant stem has a plastic-elastic behavior during the process of compression which assumes an energy quantity accumulated in the plant without being transformed in smaller parts, thus without being crushed until rupture, this behavior being showed in [16].

In [8], there were used different compaction speeds for the oak sawdust in the limits of 0.24–5.0 MPa/s. It was concluded that the density of compacted dry material measured at 2 min after compression decreases with the increasing compaction rate up to 3 MPa/s, above this value of the compression speed not being detected any significant influences regarding the density of the compacted material.

## CONCLUSIONS

It is necessary to know the mechanical properties of energetic plant due to the influence that it has on the processing stage.

In this purpose, the fact that initial properties are necessary for realizing high performance equipment and with a low energy cost is also mentioned in previous papers. Also, knowing mechanical properties of different types of energetic plants contributes to the design of the machines. Tension and cutting resistance values, compression, shearing, bending differ according to the humidity content of the plants, considerably influencing equipment rotor, the action angle of the shearing/cutting blades, feed flow, applied forces, etc.

It must be mentioned that the physical properties of energetic plants influence the technological process.

## ACKNOWLEDGEMENT

The work has been funded by the Sectoral Operational Programme Human Resources Development 2007-2013 of the Ministry of European Funds through the Financial Agreement POSDRU/159/1.5/S/132395 and with the support of the University "Politehnica" from Bucharest.

## REFERENCES

- [1]. Annoussamy M., Richard G., Recous S. and Guerif J. (2000) - *Change in Mechanical Properties of Wheat Straw Due to Decomposition and Moisture*, Appl. Eng. Agric., 16(6), pg. 657-664;
- [2]. Nazari Galedar M., Tabatabaeefar A., Jafari A., Sharifi A., O'Dogherty M.J., Rafee S. and Richard G. (2008) - *Effects of Moisture Content and Level in the Crop on the Engineering Properties of Alfalfa Stems*, Biosys. Eng., 101(2), pg. 199-208;
- [3]. González M., Muñoz G. (2002) - *Experimental Determination of the Optimal Parameters of the Mechanical Densification Process of Fibrous Material for Animal Feed*, ASAE Annual International Meeting/CIGR XVth World Congress 2002;
- [4]. Hepworth D.G. and Bruce D M (2000) – *A method of calculating the mechanical properties of nanoscopic plant cell wall components from tissue properties*, J. Mater. Sci. 35(23), pg. 5861-5865;
- [5]. Kronbergs A., Kronbergs E., Siraks E., Dalbins J. (2012) - *Cutting Properties Of Arranged Stalk Biomass - Renewable Energy and Energy Efficiency, Conditioning of the energy crop biomass compositions*, pg. 145 - 149, 2012,
- [6]. Kronbergs A., Kronbergs E., Siraks E., Adamovics A. (2011) - *Cutting Properties Of Different Hemp Varieties In*

oarecare valoare dupa înlăturarea sarcinii de încărcare. Rezulta asadar ca tulpinile plantei de miscanthus au o comportarea elasto-plastica în timpul procesului de comprimare ceea ce presupune o cantitate de energie acumulata în planta fara ca acesta sa fie transformata în particule mai mici, deci fara a fi strivita pana la rupere, acest comportament elasto-plastic fiind evidențiat și în [16].

In [8], s-au folosit diferite viteze de compactare pentru rumegusul de stejar in limitele 0.24–5.0 MPa/s. A fost concluzionat faptul ca densitatea materialului uscat compactat masurat la 2 min dupa compresie a scazut odata cu cresterea ratei de compactare de pana la 3MPa/s, peste aceasta valoare nu s-au mai detectat alte influente semnificative legate de densitatea materialului compactat.

## CONCLUZII

Este necesar a cunoaște proprietățile mecanice ale plantelor energetice datorită influenței pe care acestea o exercită asupra proceselor de prelucrare.

În aceste sens, este menționat și în lucrările prezentate anterior faptul că proprietățile inițiale ale plantelor sunt necesare pentru realizarea unor echipamente performante și cu un consum redus de energie. Totodată, cunoașterea proprietățile mecanice ale diferitelor tipuri de plante energetice contribuie la designul mașinilor. Valorile tensiunilor și rezistențelor la tăiere, comprimare, forfecare, încovoiere diferă în funcție de conținutul de umiditate al plantelor, influențând considerabil turația rotorului echipamentului, unghiul de acțiune al lamelor de tăiere/forfecare, feed flow, forțele aplicate etc.

Trebuie menționat faptul că și proprietățile fizice ale plantelor energetice influențează procesul tehnologic.

## MULȚUMIRI

Rezultatele prezentate in acest articol au fost obtinute cu sprijinul Ministerului Fondurilor Europene prin Programul Operational Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013, Contract nr. POSDRU/159/1.5/S/132395 si al Universitatii Politehnica in Bucuresti.

## BIBLIOGRAFIE

- [1]. Annoussamy M., Richard G., Recous S. and Guerif J. (2000) - *Schimbarea proprietăților mecanice ale tulpinilor de grâu datorita descompunerii si umezelii*, Inginerie Agricola Aplicata, 16(6), pag. 657-664;
- [2]. Nazari Galedar M., Tabatabaeefar A., Jafari A., Sharifi A., O'Dogherty M.J., Rafee S. and Richard G. (2008) - *Efectele conținutului de umiditate si a nivelului acestora asupra proprietăților tulpinilor de alfalfa* - Ing. Biosist., 101(2), pag. 199-208;
- [3]. González M., Muñoz G. (2002) - *Determinări experimentale privind parametrii optimi ai procesului de densificare al materialelor fibroase pentru hrana animalelor*, Intalnirea anuala ASAE /AI XV Congres Mondial CIGR;
- [4]. Hepworth D.G., Bruce D M (2000) – *O metoda de calcul a proprietăților mecanice a componentelor celulelor pereților plantelor din proprietățile țesuturilor*, J. Mater. Sci. 35(23), pag. 5861-5865;
- [5]. Kronbergs A., Kronbergs E., Siraks E., Dalbins J. (2012) - *Proprietățile de taiere ale diferitelor tipuri de biomasa* - Energie regenerabila si eficienta energetica, Condiționarea compoziției culturilor de biomasa, pag. 145 - 149;
- [6]. Kronbergs A., Kronbergs E., Siraks E., Adamovics A. (2011) - *Proprietățile de taiere ale tulpinilor de cânepa in*

- Dependence On The Cutter Mechanism*, Conference-Engineering for rural Development, Jelgava, pg 446 – 451;
- [7]. Kolowca J., Wróbel M., Baran B. (2009) – *Model mechaniczny żdźbła trawy miscanthus giganteus*, Inżynieria Rolnicza, vol. 6(115), pg. 149 - 154;;
- [8]. Li Y., Liu H. (2000) - *High pressure densification of wood residues to form an upgraded fuel*, Biomass and Bioenergy, vol. 19, pg. 177-186;
- [9]. Maughan J.D., Mathanker S.K., Fehrenbacher B.M., Hansen A.C. (2014) - *Impact of cutting speed and blade configuration on energy requirement for Miscanthus harvesting*, Applied Engineering in Agriculture, 30(2), pg. 137-142;
- [10]. Moiceanu G., Voicu Gh., Paraschiv G., Voicu P. (2013) – *Cutting Resistance of Miscanthus Plants Using V Shaped Blades with Opennig of 50 degrees and diffrent sharpening angles*, 13<sup>th</sup> International Scientific Conference Engineering for Rural Development, Jelgava, Latvia, pg. 509 – 515;
- [11]. G. Moiceanu, Gh. Voicu, G. Ipate, P. Voicu (2011) – *Researches regarding crushing behavior and Mechanical Characteristics of Miscanthus Energetic Plant*, International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering. Bioenergy and Other Renewable Energy Technologies and Systems, 33 International Symposiums of Section IV of CIGR, Identifying number OS 212,23, vol. 13, (ISSN 1682-1139);
- [12]. Saidura R., Abdelaziza E.A., Demirbasb A., Hossaina M.S, Mekhilefc S. (2011) - *A review on biomass as a fuel for boilers*, Renewable and Sustainable Energy reviews, Elsevier, vol 15 (5), Pg. 2262 - 2289;
- [13]. Sorică Cristian, Voicu Emil, Manea Dragoș, Karl Schweighofer (2009) - *Technology For Promotion In Romania Of Energy Crop Miscanthus, As Renewable Resource To Increase Energy Competitiveness In Independence Purposes*, Lucrări Științifice INMATECH București, vol 29, No. 3/2009, pg. 10 - 15;
- [14]. Shahbazi F., Nazari Galedar M. (2012) - *Bending and Shearing Properties of Safflower Stalk*, Agricultural Science Technology Journal, vol. 14, pg 743 - 754;
- [15]. Shaw, M., Tabil, L. (2006) - *Mechanical Properties of Selected Biomass Grinds*. Agric. Ing. Int.: The CIGR Ejournal, Manuscript FP 07 006. Vol. IX;
- [16]. Schubert G., Bernotat S., (2004), *Comminution of non-brittle materials*, International Journal of Mineral Processing, 74S, pg. 19-30;
- [17]. Tavakoli, H., Mohtasebi, S.S., Jafari, A. (2009) - *Physical and Mechanical Properties of Wheat Straw as Influenced by Moisture Content*. Int. Agrophysics, vol. 23, pg. 175-181;
- [18]. Tavakoli H., Mohtasebi S.S., Jafari A., Galedar M. N. (2009) - *Some engineering properties of barley straw*, Applied Eng. Agric., vol. 25, no. 4, pg. 627-633;
- [19]. Taghinezhad J., Alimardani R, Jafari A. (2014) - *Models of mechanical cutting parameters in terms of moisture content and cross section area of sugarcane stalks* - Agricultural Engineering Int. CIGR Journal, Vol. 16 No. 1, pg 280-288;
- [20]. Voicu Gh., Moiceanu G., Paraschiv G. (2013) - *Miscanthus Stalk Behavior At Shear Cutting With V Cutting Blades*, At Different Sharpening Angles - U.P.B. Sci. Bull., Series D, Vol. 75, Iss. 3, 2013, ISSN 1454-2358
- [21]. Voicu Gh., Moiceanu M., Sandu I.C., Poenaru I.C., Voicu P. (2011) - *Experiments regarding mechanical behaviour of the energetic plant miscanthus to crushing and shear stress*, 10th International Scientific Conference „Engineering for Rural Development”, Proceedings, vol.10, Jelgava, Letonia, pg.490-495;
- [22]. Voicu Gh., Moiceanu G., Biris S-St., Rusanescu C. *corelație cu mecanismul de taiere*, Inginerie pentru dezvoltare rurala -, Letonia, pag. 446 – 451;
- [7]. Kolowca J., Wróbel M., Baran B. (2009) – *Modelarea mecanica a operației de taiere a tulpinilor de miscanthus* Inginerie Agricola, vol. 6(115), pag.149-154;
- [8]. Li Y., Liu H. (2000) - *Densificarea sub presiuni ridicate a reziduurilor lemnoase in vederea creării unui combustibil inovator*, Biomasa si bioenergie, vol. 19, pag. 177-186;
- [9]. Maughan J.D., Mathanker S.K., Fehrenbacher B.M., Hansen A.C. (2014) - *Viteza de impact la taiere si configurația lame asupra consumului de energie in timpul recoltării plantelor de Miscanthus*, Ingineria aplicata in Agricultura, 30(2), pag. 137-142;
- [10]. Moiceanu G., Voicu Gh., Paraschiv G., Voicu P. (2013) – *Rezistenta la taiere a plantelor de miscanthus folosind lame de taiere tip V cu deschiderea de 50 de grade si diferite unghiuri de ascuțire a lamei A 13 -a Conferința Științifică Internațională, Inginerie pentru Dezvoltare Rurala, Letonia, pp. 509 – 515;*
- [11]. Moiceanu G., Voicu Gh., Ipate G., Voicu P. (2011) – *Cercetări privind comportamentul la comprimare si caracteristicile mecanice ale plantei energetice Miscanthus*, Comisia internațională de agricultura si ingineria biosistemelor, bioenergie si alte tehnologii de energii regenerabile si sisteme, Al 33-lea Simpozion Internațional, Secțiunea IV a CIGR, Numar de identificare OS 212, vol. 13, (ISSN 1682-1139),
- [12]. Saidura R., Abdelaziza E.A., Demirbasb A., Hossaina M.S, Mekhilefc S. (2011) - *Un review asupra biomasei ca si combustibil pentru boilere* Energii sustenabile si regenerabile review, Elsevier, vol 15 (5), Pag. 2262 - 2289;
- [13]. Sorică C., Voicu Emil, Manea Dragoș, Karl Schweighofer (2009) - *Tehnologie pentru promovarea in Romania a plantei energetice Miscanthus ca sursa regenerabila in scopul creșterii competitivității si securității energetice*, Lucrări Științifice (INMATEH), vol 29 (3), pag. 10 - 15;
- [14]. Shahbazi F., Nazari Galedar M. (2012) - *Proprietățile tulpinilor de floarea soarelui la solicitări de încovoiere si forfecare*, Jurnalul Știința Tehnologiei Agricole, vol. 14, pag. 743 - 754;
- [15]. Shaw, M., Tabil, L. (2006). *Proprietățile mecanice ale diferitelor tipuri de biomasa*. Agric. Ing. Int.: Ejournal CIGR, Manuscript FP 07 006. Vol. IX;
- [16]. Schubert G. and Bernotat S., (2004), *Mărunțirea materialelor dure*, Jurnalul Internațional de procesare a mineralelor, 74S, pag 19-30;
- [17]. Tavakoli, H., Mohtasebi, S. S., Jafari, A. (2009) - *Proprietățile mecanice si fizice ale paielor de grâu sub influența conținutului de umiditate*, Int. Agrofizica, vol. 23, pag. 175-181;
- [18]. Tavakoli H., Mohtasebi S.S., Jafari A., Galedar M. N. (2009) - *Cateva proprietati ale paielor de grau din punct de vedere ingineresc*“ Ing. Aplicata in Agr., vol. 25, no. 4, pag. 627-633;
- [19]. Taghinezhad J., Alimardani R., Jafari A. (2014) - *Modelarea matematica a parametrilor de tocare in corelație cu aria secțiunii transversale si conținutul de umiditate pentru tulpini de trestie de zahar* - Inginerie Agricola Int. Jurnal CIGR, Vol. 16, No. 1, pag. 280-288;
- [20]. Voicu Gh., Moiceanu G., Paraschiv G. (2013) - *Comportarea tulpinilor de miscanthus la procese de taiere cu forfecare folosind cuțite tip V si diferite unghiuri de taiere* - U.P.B. Buletin Științific., Seria D, Vol. 75, Iss. 3, pag. 257-270;
- [21]. Voicu Gh., Moiceanu G., Sandu M., Poenaru I.C., Voicu P. (2011) - *Cercetări privind comportamentul mecanic al plantei energetice miscanthus la solicitari de compresiune si forfecare*, A 10-a conferința Internațională "Ingineria pentru dezvoltare rurala", vol.10, Jelgava, Letonia, pag.490-495;
- [22]. Voicu Gh., Moiceanu G., Biris S-St., Rusanescu C.

(2011) – *Researches regarding Miscanthus Stalk behaviour during crushing stress under small loads*, Proceedings of the 39th International Symposium "Actual tasks on agricultural engineering", Opatija, Croatia, pg.153-160;

[23]. Yiljep, Y. D., Mohammed, U. S. (2005). *Effect of Knife Velocity on Cutting Energy and Efficiency during Impact Cutting of Sorghum Stalk*. Agric. Eng. Int.: The CIGR Ejournal, Manuscript PM 05 004. Vol. VII

[24]. Zareiforouh H., Mahdavian A., Hosseinzadeh B. (2012) - *An Approach to Estimate the Shear Strength of Rice Stem using a Fuzzy Logic Model* - Computer Science And Application, Vol. 1 (2), pg. 4-11

[25]. White N.M. and Ansell M.P. (1983) - *Straw - reinforced polyester composites*; Journal of Materials Science 18, pg.1549-1556;

[26]. Wright C.T., Pryfogle P.A, Stevens N.A., Stefler E.D., Hess J.R., Ulrich T.H. (2005) - *Biomechanics of wheat barley straw and corn stover*, Applied Biochemistry and Biotechnology, pg. 121 – 124;

[27]. Womac A.R., Yu M., Igathinathane C., Ye P., Hayes D., Narayan S., Sokhansanj S., Wright L. (2005) – *Shearing Characteristics of Biomass for size Reduction*, ASAE Meeting Presentation, Paper Number 056058, pg.1-8;

[28] \*\*\* <http://www.miscanthus-rhizome.at/englisch.htm>

(2011) – *Cercetări privind comportarea tulpinilor de miscanthus sub acțiunea unor solicitări de comprimare scăzute*, A 39-a conferința Internațională "Probleme actuale în ingineria mecanică", Opatija, Croația, pag.153-160;

[23]. Yiljep Y.D., Mohammed U.S. (2005) - *Efectul turăției cuțitului asupra energiei de tăiere și a eficienței la tăiere prin impact pentru tulpini de sorg* - Ing. Agr.: CIGR Ejournal, Manuscript PM 05 004. Vol. VII, pag. 1-10;

[24]. Zareiforouh H., Mahdavian A., Hosseinzadeh B. (2012) - *O metoda de estimare a forței de forfecare a tulpinilor de orez folosind un model Fuzzy* - Informatica aplicata, vol. 1 (2), pag. 4-11;

[25]. White N.M. and Ansell M.P. (1983) – *Paiele - compoziția poliesterului*, Jurnalul de Stiina Materialelor, vol 18. pag. 1549-1556;

[26]. Wright C.T., Pryfogle P.A, Stevens N.A., Stefler E.D., Hess J.R., Ulrich T.H. (2005) - *Proprietățile biomecanice ale tulpinilor de grâu și porumb*, Biochimie și Biotehnologie aplicata, pag.121 – 124;

[27]. Womac A.R., Yu M., Igathinathane C., Ye P., Hayes D., Narayan S., Sokhansanj S., Wright L. (2005) – *Proprietățile de forfecare a biomasei în vederea mărunțirii*, Prezentarea ASAE, Numărul lucrării 056058, pag.1-8;

[28]. \*\*\*<http://www.miscanthus-rhizome.at/englisch.htm>