



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2022 00280**

(22) Data de depozit: **24/05/2022**

(41) Data publicării cererii:
29/11/2023 BOPI nr. **11/2023**

(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA " ȘTEFAN CEL MARE "
DIN SUCEAVA, STR. UNIVERSITĂȚII
NR.13, SUCEAVA, SV, RO

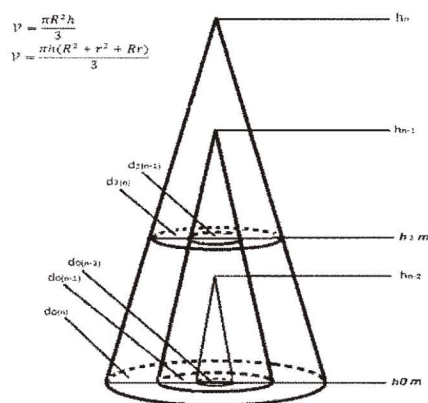
(72) Inventatori:
• DĂNILĂ IULIAN- CONSTANTIN,
STR.SMIRODAVA, BL 21, AP.33, SC.B,
ET.1, ROMAN, NT, RO

(54) METODĂ ȘI ECUAȚII ALOMETRICE PENTRU DEZVOLTAREA UNEI APLICAȚII SOFTWARE DE ESTIMARE A BIOMASEI LEMNOASE DIN CULTURI ENERGETICE

(57) Rezumat:

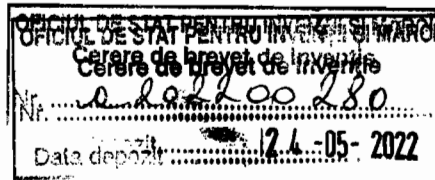
Invenția se referă la o metodă de analiză a acumulărilor de biomasă lemnoasă din culturi energetice. Metoda, conform invenției, constă în analiza dinamicii creșterilor anuale, din momentul instalării până la recoltare, posibilă prin estimarea volumului anual de lemn din fus, măsurând pe două direcții perpendiculare inelele anuale de pe rundele recoltate și șlefuite, prin determinarea diametrului mediu pentru fiecare sezon de creștere și măsurarea înălțimilor direct pe fusul arborelui în timpul recoltării. Estimarea producției de biomasă pe părți componente de arbore, și anume trunchi și ramuri, se face folosind ecuații alometrice cu variabile calitative și cantitative.

Revendicări: 2
Figuri: 1



Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).





METODĂ ȘI ECUAȚII ALOMETRICE PENTRU DEZVOLTAREA UNEI APLICAȚII SOFTWARE DE ESTIMARE A BIOMASEI LEMNOASE DIN CULTURI ENERGETICE

Descriere. Cererea se referă la brevetarea unei metode de analiză a acumulărilor de biomasă în fiecare sezon de vegetație de la instalare până la recoltare și la dezvoltarea unei aplicații software pentru estimarea biomasei, utilizând ecuații alometrice după două variabile cantitative.

Estimarea cantității de biomasă este esențială pentru determinarea stocului de carbon [1,2]. Termenul de "biomasă" reprezintă masa uscată a arborilor și poate fi reprezentată ca medie la nivel de exemplar (arbore) sau la nivel de suprafață. Unitatea de măsură pentru aceasta este [g] pentru biomasa individuală, sau $[g \cdot m^{-2}]$ pentru biomasa raportată la unitatea de suprafață. În practică se utilizează frecvent și multipli ai acestora (kg, Mg sau tonă, $Mg \cdot ha^{-1}$).

Determinarea biomasei totale după un număr de sezoane de creștere se poate realiza prin diferite metode de teledetecție, alometrice sau destructive [3]. Dintre acestea, metoda destructivă (directă sau gravimetrică) în cazul culturilor de plop hibrid cu ciclu scurt de producție implică mai multe avantaje, printre care precizie ridicată și cost redus. Această metodă presupune extragerea unui eșantion reprezentativ de exemplare, cântărirea lor în mod individual pe părți componente de arbore (trunchi și ramuri), prelevarea de probe pentru fiecare componentă, uscarea probelor și extrapolarea diferențelor de umiditate la întreg (individ și unitate de suprafață). Biomasa fiecărei părți componente este determinată în funcție de umiditatea relativă a probelor eșantion recoltate, calculată ca diferența dintre greutatea măsurată în starea verde și greutatea uscată. Pentru trunchi se recoltează cel puțin două runde (discuri de lemn), de la bază ($h = 0$ m) și de la înălțimea de 2 m, iar pentru ramuri se prelevează o ramură în mod sistematic din coronament. Cântăririle se realizează cu două balanțe diferite ca precizie, în raport cu valoarea maximă pe care o pot măsura. Astfel, pentru exemplare întregi se utilizează o balanță suspendată sau așezată pe un suport (asigurând o precizie de 10 g), iar pentru probele de lemn prelevate este necesar asigurarea unei precizii de 0,1 g. Umiditatea se determină prin uscarea probelor în etuvă la temperatura de $105^{\circ}C$, până în momentul în care masa acestora devine constantă între două cântăriri succesive [4].

Elementul de noutate este analiza dinamicii creșterilor individuale, din momentul instalării și până la recoltare, care este posibilă prin estimarea volumului anual de lemn din fus [5]. Volumul anual este determinat pe segmente de trunchi delimitate din rondelele recoltate, în raport cu creșterile anuale radiale citite (diametrul) pe aceste rondele și înălțimea fiecărui an de creștere (Figura 1). Reconstituirea creșterilor din fiecare sezon de creștere se face aplicând formula trunchiului de con (pentru primul segment, cu două fețe) și formula conului (pentru segmentul terminal).

Creșterile anuale radiale sunt determinate fără coajă pe rondelele recoltate, după șlefuire cu benzi abrazive diferite (cu granulație ascendentă: P60 – P800) și scanate la rezoluție înaltă (2400 DPI). Măsurătorile pe inele anuale se efectuează pe două direcții perpendiculare în pachetul de lucru CooRecorder și CDendro [6]. În altă ordine de idei, măsurătorile se pot efectua direct pe rondelele recoltate utilizând echipamentul LinTab™ (producție RinnTech). Diametrul mediu pentru fiecare sezon de creștere rezultă din calculul radial, iar înălțimile fiecărui sezon de creștere sunt măsurate direct pe fusul arborelui în timpul recoltării cu ajutorul ruletei (asigurând o precizie de 1 cm). Fiecare sezon de vegetație creează pe fus segmente de trunchi (internoduri), iar locul de inserție pe ax a segmentelor de ordin inferior (nodul de creștere) corespunde înălțimii.

Acumulările anuale de biomasă la nivel individual (arbore) se vor estima proporțional cu creșterile anuale individuale în volum determinat pentru trunchi. Calibrarea rezultatelor se poate efectua prin analiză de densitate a lemnului pentru fiecare inel/ sezon de creștere utilizând densitometrul ITRAX (producție Cox Analytical Systems) sau echipamente similare. Biomasă medie a eșantionului se raportează la unitatea de suprafață (în $\text{Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$) în funcție de densitatea culturii. Rezultatele estimate pentru fiecare densitate de cultură (spațiere) pot fi ajustate cu datele de mortalitate specifice fiecărei culturi (%).

Pentru construcția aplicației software sunt generate ecuații alometrice în raport cu variabilele calitative (clona, densitatea de plantare, partea componentă de arbore și materialul săditor) și cantitative (diametru și înălțime). Cercetările au fost realizate pentru 6 clone de plop hibrid după 4 și 5 ani de vegetație [3]. Elaborarea ecuațiilor alometrice s-a făcut la nivel de individ și pe părți componente de arbore. A fost utilizat un model liniarizat în raport cu două variabile independente: diametrul de la înălțimea de 1 m pe fus (cm) și înălțimea totală a exemplarelor (m).

Materialul săditor (proveniența) utilizat pentru instalarea culturilor au fost sade de 2 m lungime care s-au instalat în teren la adâncimea de 0,6 m (suprateran satele rămân la înălțimea de 1,3 m). Pentru clona Max4, pe lângă sade (S) s-au plantat și puieti (P) de talie mijlocie (0,7 m suprateran) de 2 ani, obținuți din butași.

Măsurarea diametrului la înălțimea de 1 m pe fus - dh1 (cm) este aleasă pentru evitarea erorilor induse de defectele de formă a trunchiului la 1,3 m (diferența de vârstă între material săditor și primele creșteri). Ecuțiile biometrice comune propun măsurarea diametrului la înălțimea de 1,3 m.

Utilizarea în calcul a două variabile cantitative a condus la o creștere a coeficientului de determinare (R^2) și la reducerea erorii standard de estimare (ϵ). Utilizarea acestui model oferă o eroare de estimare mai mică, comparativ cu utilizarea unei singure variabile independente. Ecuțiile alometrice sunt elaborate distinct pentru fiecare clonă și densități diferite de plantare, de 2874, 2667 și 1333 arbori \cdot ha⁻¹ și pot fi utilizate pentru estimarea biomasei după o perioadă mai scurtă de timp în limita intervalului de acoperire pentru cele două caracteristici cantitative (Tabelul 1). Eroarea de estimare scade de la ecuațiile elaborate pentru biomasa trunchiului la cele pentru biomasa totală și mai mult pentru biomasa ramurilor.

Aplicarea metodei destructive pentru estimarea producției de biomasă la finalul ciclului, cât și pentru fiecare sezon de vegetație, admite:

- precizie ridicată și cost redus în estimarea biomasei lemnoasă;
- analiza comparativă a acumulărilor anuale de biomasă, proporțional pe parte componentă de arbore;
- elaborarea ecuațiilor alometrice de estimare a biomasei și volumul de trunchi pentru dezvoltarea unei aplicații (sau fișier protejat), în raport cu proveniența, tipul de material săditor și densitatea de plantare;
- utilizarea unui model liniar cu două variabile independente cantitativ: diametrul mediu măsurat la 1 m pe fus și înălțimea medie totală.

Metoda oferă obținerea biomasei arborilor (individ sau hectar), fiind o alternativă concretă pentru estimările indirecte (ne-destructive). Această metodă poate fi utilizată pentru determinări de biomasă în sectorul forestier (arborete naturale, neuniforme sau culturile forestiere instalate artificial, uniforme) sau horticola.

Tabelul 1. Ecuții alometrice pentru estimarea biomasei la nivel individual

Clona	N	Model	R ²	ε
Variabile independente calitative: proveniența, clona; Variabile independente cantitative: d _{1,1} (cm) / h (m) / 5 ani 2874 arbori ha ⁻¹ (interval: d=5,6÷14,4; h=7,4÷13,5)				
Biomasa totală - (kg)				
A4A	10	$B = 0,0123d^2h + 2,255$	0,983	0,441
AF2	10	$B = 0,0142d^2h - 0,755$	0,589	0,448
AF6	10	$B = 0,0122d^2h + 2,416$	0,986	0,345
AF8	10	$B = 0,0093d^2h + 3,133$	0,995	0,657
MAX4B	10	$B = 0,0163d^2h + 0,673$	0,958	0,057
MAX4P	10	$B = 0,0106d^2h + 4,886$	0,885	-0,530
MONVISO	20	$B = 0,0146d^2h + 0,958$	0,965	0,393
PANNONIA	10	$B = 0,0113d^2h + 2,363$	0,989	0,669
Biomasa trunchi - (kg)				
A4A	10	$B = 0,0089d^2h + 2,635$	0,964	0,380
AF2	10	$B = 0,0103d^2h + 0,574$	0,514	0,298
AF6	10	$B = 0,0095d^2h + 2,673$	0,986	0,480
AF8	10	$B = 0,0081d^2h + 2,676$	0,974	-0,699
MAX4B	10	$B = 0,0109d^2h + 0,687$	0,971	0,254
MAX4P	10	$B = 0,0089d^2h + 2,613$	0,951	0,014
MONVISO	20	$B = 0,0114d^2h + 1,515$	0,963	-0,607
PANNONIA	10	$B = 0,0092d^2h + 2,326$	0,985	-0,512
Biomasa ramuri - (kg)				
A4A	10	$B = 0,0034d^2h - 0,380$	0,916	0,066
AF2	10	$B = 0,0039d^2h - 1,330$	0,377	0,110
AF6	10	$B = 0,0027d^2h - 0,257$	0,931	-0,101
AF8	10	$B = 0,0013d^2h + 0,457$	0,621	-0,278
MAX4B	10	$B = 0,0054d^2h - 0,014$	0,752	-0,228
MAX4P	10	$B = 0,0017d^2h + 2,273$	0,366	-0,509
MONVISO	20	$B = 0,0032d^2h - 0,556$	0,882	1,033
PANNONIA	10	$B = 0,0022d^2h + 0,037$	0,911	0,501

Variabile independente calitative: proveniența, clona; Variabile independente cantitative: Dh1 (cm) / H (m) / 5 ani
 - 2667 arbori ha⁻¹ (interval: d=9,1÷15,3; h=9,8÷15,3)

Biomasa totală - (kg)				
A4A	10	$B = 0,011d^2h + 1,379$	0,967	-0,457
AF2	20	$B = 0,0067d^2h + 8,331$	0,756	0,678
AF6	10	$B = 0,0067d^2h + 9,431$	0,314	0,637
MAX4P	10	$B = 0,0157d^2h - 0,896$	0,914	0,448
MAX4S	10	$B = 0,0114d^2h + 4,055$	0,833	0,234
MONVISO	20	$B = 0,012d^2h + 2,767$	0,931	-1,158
PANNONIA	10	$B = 0,0104d^2h + 3,436$	0,991	-0,818
Biomasa trunchi - (kg)				
A4A	10	$B = 0,0082d^2h + 2,686$	0,969	-0,466
AF2	20	$B = 0,0045d^2h + 8,666$	0,770	1,542
AF6	10	$B = 0,0056d^2h + 7,902$	0,392	0,249
MAX4P	10	$B = 0,0139d^2h - 3,301$	0,888	-0,240
MAX4S	10	$B = 0,0095d^2h + 1,836$	0,848	0,398
MONVISO	20	$B = 0,0097d^2h + 2,499$	0,927	1,212
PANNONIA	10	$B = 0,0091d^2h + 2,806$	0,993	-0,665
Biomasa ramuri - (kg)				
A4A	10	$B = 0,0028d^2h - 1,306$	0,915	-1,266
AF2	20	$B = 0,0022d^2h - 0,334$	0,647	-3,416
AF6	10	$B = 0,0011d^2h + 1,528$	0,083	-0,888
MAX4P	10	$B = 0,0019d^2h + 2,404$	0,267	-1,833
MAX4S	10	$B = 0,0019d^2h + 2,219$	0,106	-1,439
MONVISO	20	$B = 0,0022d^2h + 0,267$	0,597	-1,763
PANNONIA	10	$B = 0,0013d^2h + 0,629$	0,775	-1,428

Variabile independente calitative: proveniența, clona; Variabile independente cantitative: Dh1 (cm) / H (m) / 5 ani - 1333 arbori ha ⁻¹ (interval: d=9,3÷19,0; h=8,7÷15,3)				
Biomasa totală - (kg)				
A4A	10	$B = 0,007d^2h + 9,891$	0,878	0,200
AF2	10	$B = 0,0053d^2h + 14,508$	0,581	0,837
AF6	10	$B = 0,0072d^2h + 12,93$	0,753	0,217
AF8	10	$B = 0,0106d^2h + 0,647$	0,908	1,216
MAX4P	20	$B = 0,0165d^2h - 0,01$	0,760	0,104
MAX4S	20	$B = 0,014d^2h + 4,286$	0,840	-0,643
MONVISO	20	$B = 0,0119d^2h + 4,895$	0,798	-0,291
PANNONIA	10	$B = 0,009d^2h + 10,572$	0,717	0,818
Biomasa trunchi - (kg)				
A4A	10	$B = 0,005d^2h + 9,534$	0,910	-0,044
AF2	10	$B = 0,0043d^2h + 11,569$	0,492	-0,339
AF6	10	$B = 0,0061d^2h + 10,041$	0,878	-0,977
AF8	10	$B = 0,0086d^2h + 1,512$	0,926	0,221
MAX4P	20	$B = 0,011d^2h + 0,080$	0,932	-0,523
MAX4S	20	$B = 0,0105d^2h + 0,582$	0,833	0,018
MONVISO	20	$B = 0,0098d^2h + 3,189$	0,859	-1,328
PANNONIA	10	$B = 0,0067d^2h + 9,809$	0,603	-0,340
Biomasa ramuri - (kg)				
A4A	10	$B = 0,002d^2h + 0,357$	0,662	0,245
AF2	10	$B = 0,001d^2h + 2,939$	0,194	1,169
AF6	10	$B = 0,0012d^2h + 2,888$	0,097	-1,041
AF8	10	$B = 0,002d^2h - 0,865$	0,716	0,995
MAXP	20	$B = 0,0041d^2h + 1,837$	0,386	0,201
MAXS	20	$B = 0,0035d^2h + 3,703$	0,415	-0,659
MONVISO	20	$B = 0,0021d^2h + 1,706$	0,403	1,034
PANNONIA	10	$B = 0,0023d^2h + 0,763$	0,679	1,153

***Notă.** N – numărul de observații; R² – coeficientul de determinare; ε – suma erorii de estimare; B – biomasa (variabilă dependentă); d²h – variabila independentă.

Referințe bibliografice

1. Lehtonen, A. *Carbon stocks and flows in forest ecosystems based on forest inventory data*; Finnish Society of Forest Science, 2005; ISBN 9516511104.
2. Pennington, D. Bioenergy crops. *Bioenergy Biomass to Biofuels Waste to Energy* **2020**, 133–155, doi:10.1016/B978-0-12-815497-7.00007-5.
3. Dănilă, I.-C. *Cercetări biometrice privind productivitatea clonelor de plop hibrid în culturi cu ciclu scurt de producție din Nord-Estul României. Universitatea "Ștefan cel Mare" Suceava, România*; Suceava, 2019; ISBN 978-973-666-561-5.
4. Klašnja, B.; Orlović, S.; Galić, Z. Energy potential of poplar plantations in two spacings and two rotations. *Šumarski List* **2012**, *136*, 161–167.
5. Dănilă, I.C.; Avăcăriței, D.; Alexei, S.; Roibu, C.C.; Bouriaud, O.; Duduman, M.L.; Bouriaud, L. Dinamica și caracteristicile creșterii a șase clone de plop hibrid pe parcursul unui ciclu de producție într-o plantație comparativă din Depresiunea Rădăuți. *Bucovina For.* **2015**, *15(1)*, 1–12.
6. Electronik, C. Coorecorder, Cdendro 2007.

Revendicări

1. Obținerea dinamicii creșterilor anuale de biomasă pentru culturi energetice în raport cu volumul lemnului din fus. Reconstituirea volumului din fus este posibilă pe baza creșterilor radiale și cele în înălțime pentru fiecare sezon de creștere;
2. Ecuații alometrice elaborate pentru estimarea producției de biomasă pe părți componente de arbore (trunchi și ramuri), realizate în raport cu variabilele calitative (clonă, proveniență, densitate) și cantitative (diametrul mediu măsurat la 1 m pe fus și înălțimea medie totală). Ecuații care pot fi utilizate pentru dezvoltarea unei aplicații software (cu interfață grafică sau fișier protejat).

Figura 1

