

SE APROBĂ
SECRETAR DE STAT

Erika STANCIU

REFERAT DE APROBARE

În vederea evitării litigiilor care pot să apară între deținătorii calității de vânzător, respectiv cumpărător de material lemnoase -lemn rotund, dar și a evitării contestațiilor la contravenție prin aplicarea în forma prevederilor art. 19 pct. (2) lit. c, (11), (12), (13) și (14) din Ordonanța de urgență nr. 51/2016 pentru modificarea și completarea Legii nr. 171/2010 privind stabilirea și sancționarea contravențiilor silvice, se impune reglementarea toleranțelor admisibile la măsurarea acestora.

Din punct de vedere teoretic și practic, întotdeauna se vor înregistra mici diferențe față de valorile înscrise în avizul de însoțire, atât la nivel de piesă, cât și la nivelul volumului total al masei lemnoase transportate. Aceste diferențe exprimate procentual au mărimi mai mari când se analizează piesele individual și mărimi mai mici pentru volumul total al pieselor de lemn rotund transportate.. Lemnul rotund cu coajă este lemn brut, iar volumul acestuia se calculează în practica silvică prin aplicarea formulei lui Huber (formula secțiunii de la mijloc) care impune măsurarea lungimii piesei și a diametrului de la mijlocul lungimii piesei.

Volumul lemnului rotund se determină prin înmulțirea lungimii piesei cu aria secțiunii transversale de la mijlocul lungimii piesei. Metoda nu este una exactă și permite obținerea unei estimări a volumului lemnului rotund. Formula de cubaj conduce la rezultate apropiate de volumul real al pieselor în cazul în care acestea au forma cilindrică sau de paraboloid apolonian. Forma pieselor însă diferă în funcție de proveniența acestora pe fusul arborelui. În plus există erori, unele dintre acestea fiind inevitabile, care se produc atât la măsurarea lungimii pieselor, cât și la măsurarea diametrelor. Erorile inevitabile sunt în general legate de poziția obligată în timpul efectuării măsurătorii pentru unele piese. Pentru ca piesele sunt de regulă greu de manipulat în timpul măsurării sau au o poziție la nivelul solului care nu permite măsurarea corectă a diametrului și a lungimii, unele erori de măsurare determinate de condițiile de lucru care nu pot fi puse pe seama operatorului/ evaluatorului de masă lemnoasă, trebuie acceptate. De exemplu, poate fi restricționat prin poziția piesei accesul la generatoarea care reflectă lungimea stabilită de operator a fi optimă în urma analizării piesei. Sau, în cazul măsurării diametrului nu se pot realiza întotdeauna cele trei puncte de tangență între circumferința piesei și elementele clupei (rigla gradată și brațele clupei). Mai mult, pot exista situații în care nu se poate așeza clupa pentru a măsura diametrul care reflectă diametrul mediu al secțiunii transversale de la mijlocul lungimii piesei. Acestea fiind secțiuni orbiforme ce se abat de la forma circulară, rezulă că măsurarea unui diametru și aplicarea de fiecare dată a formulei pentru aria cercului în stabilirea ariei secțiunii transversale a piesei determină erori care se transmit direct la calculul volumului piesei.

Prin urmare, absența din cadrul legislativ a unor toleranțe definite de eroarea standard și eroarea maximă ce se pot produce la măsurarea și cubajul pieselor de lemn rotund atât la nivel de piesă (caz în care **valorile** diferă în funcție de dimensiunile pieselor) cât și la nivel de lot de piese (caz în care unele erori se compensează) trebuie reglementată printr-un act normativ.

Și atunci, cât este volumul real al pieselor de lemn rotund? Acesta nu se poate stabili cu exactitate, însă, poate fi estimat cu metode care pot fi mai mult sau mai puțin precise. Formula lui Huber conduce la rezultate mai bune atunci când se aplică pentru a calcula volumul pieselor de lungimi mici (< 2 m). Există, desigur, și metode mai exacte (metoda xilometrică, scanarea 3D a pieselor), însă acestea fie reclamă un efort mai mare, fie sunt prea costisitoare și, cu aceste dezavantaje, devin inefficiente.

Formula lui Huber se aplică în special în Europa pentru cubajul lemnului rotund. Nu formula în sine (cunoscută și aplicată încă din secolul al XVIII-lea) trebuie pusă în discuție, ci mărimea tronsoanelor pentru care se aplică și nivelul de rigurozitate realizat la măsurarea lungimii și diametrului pieselor, atât de personalul care întocmește avizul de însoțire, cât și de cei care verifică.

În Normele tehnice pentru evaluarea volumului de lemn destinat comercializării aprobate prin ordinul ministrului apelor, pădurilor și protecției mediului nr. 1651/2000, la subcapitolul 5.1.6 Evaluarea volumului de lemn după recoltare, se precizează numai procedeul de stabilire a volumului lemnului rotund, indicând formula lui Huber, exprimată în funcție de lungimea și diametrul la mijlocul lungimii piesei:

$$v = \frac{\pi}{4} d^2 \cdot l \quad (1)$$

în care v reprezintă volumul în m^3 ;

d – diametrul la mijlocul secțiunii fără coajă, în cm;

l – lungimea piesei, în m.

Totodată, în aceste norme se specifică următoarele:

„Piese mai lungi de 5 m se vor secționa ipotetic în tronsoane. Pentru calcule se pot folosi tabele de cubaj specifice sau calculatoare portabile, inclusiv înregistratoare mobile.”

Aceste precizări sunt insuficiente pentru a permite o reglementare optimă a modului de stabilire a volumului lemnului rotund având în vedere multitudinea de situații atipice pe care activitatea practică le poate evidenția prin prezența diferitelor abateri de formă ale pieselor.

Ciubotaru (1998) a menționat următoarele prevederi cu caracter de restricții și condiții privind fasonarea lemnului rotund:

- secționarea lemnului rotund să se facă printr-o tăietură perpendiculară pe axa longitudinală a piesei în punctul de secționare. Abaterea maximă admisă, măsurată pe generatoare, este de 10% din diametrul piesei la locul de secționare;

- lemnul rotund se va secționa la lungimi corespunzătoare unui sortiment sau în așa fel încât să includă mai multe lungimi de sortimente (multipli de sortimente);

- pentru sortimentele de lemn rotund la secționare se lasă o supralungime de 1 cm/m, dar nu mai mult de 4 cm, iar pentru multipli de sortimente 1 cm/m.

O corectă fasonare a lemnului rotund asigură din punct de vedere teoretic, în mod implicit, posibilitatea stabilirii mai exacte a volumului piesei.

Cubarea lemnului rotund se face prin măsurarea diametrului și a lungimii fiecărei piese cu respectarea următoarelor condiții (Ciubotaru, 1998):

- diametrul se măsoară la jumătatea lungimii piesei, pentru piesele cu lungimi mai mici de 8 m, sau prin stabilirea valorii medii a diametrelor măsurate la capete și la jumătatea lungimii, pentru piese mai lungi de 8 m;

- precizia de măsurare a diametrelor trebuie să fie de 1 cm;

- dacă lemnul este necojit atunci, din diametrul măsurat cu coajă, se scade 1 cm pentru buștenii cu diametrul < 40 cm, respectiv 2 cm pentru buștenii cu diametrul > 40 cm;

- la locul de măsurare secțiunea trebuie să fie circulară. Dacă în zona respectivă secțiunea are o formă ovală, atunci se măsoară două diametre perpendiculare și se face media acestora, iar dacă în zona de măsurare apare un alt defect al lemnului (gâlmă, nod etc.), atunci se măsoară diametrele la capătul defectului și se face media acestora;

- măsurarea se face cu clupa forestieră după o direcție perpendiculară pe axa piesei în punctul de măsurare;

- citirea se face cu clupa pe buștean;

- dacă diametrul piesei este mai mare decât deschiderea maximă a clupei, pentru stabilirea acestuia se va folosi o ruletă, care se va așeza astfel încât planul pe care-l determină să fie perpendicular pe axa piesei în punctul de măsurare;

- lungimea se măsoară între capetele piesei, pe porțiunea cea mai scurtă;

- pentru măsurarea lungimii se folosesc rigle gradate, rulete, metrul sau călărețul;
- valorile măsurate pentru lungime se rotunjesc din 10 în 10 cm;
- la piesele provenite de la baza arborelui ce au o teșitură, rezultată din efectuarea tapei, lungimea se măsoară de la jumătatea teșiturii;
- volumele se stabilesc pe baza diametrelor și a lungimilor măsurate folosind tabelele de cubaj sau cu formule matematice, separat pentru fiecare piesă;
- volumul se exprimă în metri cubi, cu trei zecimale.

Argumente științifice privind necesitatea stabilirii toleranțelor la măsurarea lemnului rotund

- Precizia metodei

Referitor la forma secțiunii longitudinale a fusului s-a constatat că aceasta variază de la specie la specie și de la arbore la arbore în cadrul aceleiași specii. Trăsăturile tipice ale formei secțiunii longitudinale a fusului arborelui pot fi urmărite în figura 1. Astfel, în partea inferioară a trunchiului curba este concavă până la un anumit punct de inflexiune, pentru ca în partea superioară curba să devină convexă.

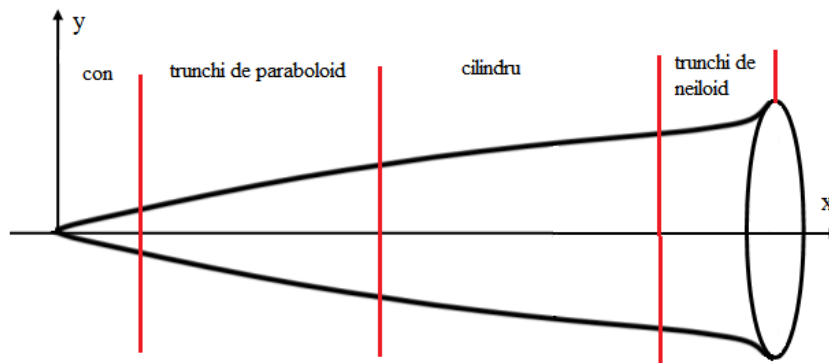


Figura 1. Curba de contur a fusului unui arbore

În scopuri practice, curba de contur a unor părți din trunchi s-a asimilat cu diferite curbe generatoare ale unor corpuri geometrice de rotație cunoscute: cilindru, con, paraboloid apolonian, trunchi de neiloid etc. (Giurgiu, 1979; Leahu, 1994).

Formula lui Huber, fundamentală pentru dendrometrie, arată că volumul reprezintă produsul dintre lungime și suprafața secțiunii la mijlocul piesei măsurate (Giurgiu, 1979). Formula cubează exact cilindrul și paraboloidul întreg sau trunchiat (Giurgiu, 1979; Leahu, 1994), dar pentru corpuri conice sau neiloidice, rezultatele sunt afectate de erori negative (Leahu, 1994). În dendrometrie această formulă se folosește destul de frecvent, precizia fiind cu atât mai mare cu cât lungimea pieselor cubate este mai mică (Giurgiu, 1979). În plus, procedeul în cauză este afectat de apreciable erori întâmplătoare care însoțesc măsurarea diametrului și a lungimii. Pentru prima caracteristică, eroarea standard nu este mai mare de $\pm 3-4\%$, chiar dacă diametrele se grupează în clase, când intervin erorile de rotunjire (Giurgiu, 1979). În ceea ce privește lungimea, eroarea standard este și mai mică, de cel mult $\pm 0,5\%$ (Giurgiu, 1979).

La un coeficient de variație a coeficientului de formă $f_{0,5}$ de 9%, procedeul de cubaj al secțiunii la mijloc se caracterizează printr-o eroare medie pătratică de $\pm 9-10\%$ (Giurgiu, 1979). Prin urmare, în 68% din cazuri erorile se încadrează în limitele $\pm 10\%$; în 95% din cazuri erorile sunt cuprinse în intervalul $\pm 20\%$. În 5% din cazuri aceste erori pot depăși limitele $\pm 20\%$ (Giurgiu, 1979).

În situația măsurării unui număr mare de piese, eroarea scade, fiind invers proporțională cu rădăcina pătrată din numărul de măsurători. Astfel, pentru un lot de 100 de piese, eroarea standard scade de la $\pm 10\%$ la $\pm 1\%$. Pentru o probabilitate de acoperire de 95%, intervalul de încredere va fi $\pm 2\%$ (Giurgiu, 1979). La această eroare întâmplătoare se adaugă eroarea sistematică evidențiată anterior.

Se constată că cea mai mare pondere este deținută de însăși eroarea specifică a procedurii, respectiv de variabilitatea formei pieselor cubate. Celelalte erori, comise la măsurarea diametrelor și a lungimilor, au o influență mai mică.

Giurgiu (1979) a evidențiat concordanța între rezultatele calculului teoretic efectuate pe baza teoriei erorilor și cele ale cercetărilor experimentale: eroarea standard a procedurii secționării la mijloc este $\pm 8-10\%$, dar erorile maxime pot ajunge până la $\pm 20-25\%$ în cazul stabilirii volumului unei piese. Această concluzie este deosebit de importantă pentru practică, deoarece arată că volumul unui număr redus de piese se determină cu erori foarte mari. Procedura secționării la mijloc asigură rezultate satisfăcătoare numai în cazul cubării unui număr mare de piese (Giurgiu, 1979).

În cazul cubării porțiunilor din fus, Giurgiu (1979) evidențiază următoarele rezultate ale calculului teoretic și ale cercetărilor experimentale privind precizia formulei secționării la mijloc:

- atât erorile standard, cât și erorile sistematice sunt din ce în ce mai mici pe măsură ce scade lungimea pieselor;

- pentru piesele obținute din partea inferioară a fusului se constată evidente erori sistematice în minus. Pentru cele rezultate din partea superioară a fusului, erorile sunt sistematic negative. Aceste erori sistematice sunt însă cu mult mai mici decât cele specifice cubării fusului întreg (concluzii formulate de Prodan încă din 1940);

- pentru piesele din zona centrală a fusului, erorile sistematice sunt neînsemnate;

- eroarea standard la cubarea pieselor cu lungimi de peste 8-10 m este de $\pm 8-10\%$, ca și în cazul fusului întreg; erorile maxime pot să ajungă până la $\pm 15-25\%$;

Giurgiu (1979) a subliniat că precizia volumului crește dacă în locul formulei simple se folosește formula compusă a secționării la mijloc, fapt explicabil dacă avem în vedere că prin aceasta scade lungimea pieselor secționate ipotetic. Este însă necesar ca lungimea acestora să nu fie mai mare de 2-3 m, îndeosebi pentru piesele provenite din zona inferioară a fusului. Frecvent este folosită lungimea de 2 m. Astfel aplicată, formula compusă a secționării la mijloc asigură rezultate satisfăcătoare; totuși, și în acest caz se constată erori sistematice în minus de 1-2%, erori standard de $\pm 1,5-2\%$ și erori individuale maxime de până la $\pm 3-4\%$ (Giurgiu, 1979). Erorile sistematice apar mai ales la piesele cu o mare conicitate, provenite din zona inferioară, fie din cea superioară a fusului.

Concluziile lui Giurgiu (1979) referitoare la precizia formulei lui Huber sunt:

- formula simplă a secționării la mijloc (formula lui Huber) nu este aplicabilă la măsurarea volumului pieselor lungi (fusul întreg, catarge, trunchiuri lungi care includ și zona inferioară a fusului); în aceste cazuri volumul se determină eronat, de regulă cu erori sistematice în minus mai ales la piesele cu o conicitate accentuată;

- formula simplă a secționării la mijloc poate fi aplicată cu succes numai la piese relativ scurte, cu excepția celor provenite din zona inferioară a fusului. Eroarea standard este de $\pm 9-10\%$, iar erorile individuale pot să ajungă până la $\pm 18-25\%$. De aceea, formula este aplicabilă numai în cazul cubării unui lot mare de piese în cadrul căruia erorile individuale se compensează. Și în acest caz persistă erorile sistematice în minus;

- formula compusă a lui Huber asigură rezultate satisfăcătoare cu condiția ca ea să fie aplicată pe secțiuni cu lungimi de cel mult 2 metri, îndeosebi pentru piesele din zona inferioară a fusului. În aceste condiții eroarea sistematică în minus nu depășește 1-2%. Această eroare, de cele mai multe ori compensează parțial deficitul de convexitate.

Ideile prezentate mai sus sunt susținute și de publicațiile din fluxul internațional. Philip (1994) a subliniat că personalul silvic nu poate stabili cu ușurință volumul pieselor rotunde de lungimi mari din cauza neregularităților pieselor atât în secțiunea transversală, cât și longitudinală. Akossou et al. (2013) au menționat că există diferențe în utilizarea formulelor de cubaj în raport cu continentele și țările. Formula lui Huber este mai utilizată în Europa, având în vedere acuratețea acesteia, în timp ce formula lui Smalian este preferată în SUA, dată fiind practicabilitatea acesteia (impune măsurarea diametrelor de la capetele piesei). West

(2009) a evidențiat că mai importantă decât alegerea formulei de cubaj este decizia asupra cât ar trebui să fie lungimea tronsoanelor pentru care se aplică. În lucrările de cercetare recente pentru stabilirea volumului fusului întreg tendința este de utilizare a tronsoanelor cu lungimi scurte (0,5-1 m) pentru arborii mari (West, 2009). Soares et al. (2010) au cercetat influența lungimii tronsoanelor asupra volumului și au găsit o diferență de 1,23% între volumul determinat prin stabilirea tronsoanelor de 1 m lungime față de 2 m lungime. Dacă lungimea tronsoanelor se consideră egală cu 3 m, atunci diferența de volum este 3,5%. Altherr citat de Akossou et al. (2013) a stabilit influența lungimii tronsoanelor asupra volumului la un număr de 15000 de arbori. El a găsit o eroare sistematică de 1% la utilizarea tronsoanelor de 2 m lungime pentru cubajul fusului întreg, față de volumul obținut prin utilizarea tronsoanelor de 1 m lungime. Totodată, a demonstrat că eroarea se concentrează pe piesele provenite din primii 5 metri de la baza arborelui, în timp ce eroarea este aproape zero pentru piesele provenite din zona centrală a fusului și foarte scăzută pentru piesele provenite din ultimii 5 metri.

Referindu-se la diametru, West (2009) a evidențiat că această noțiune implică acceptarea formei circulare a secțiunii transversale. Prima problemă la măsurarea diametrului este că secțiunile transversale ale fusului arborelui nu sunt niciodată exact circulare (West, 2009). Pentru că determinarea exactă a ariei secțiunii transversale a pieselor este de obicei impracticabilă, aceasta se determină prin estimări realizate prin standardizarea procedurilor de măsurare (Philip, 1994).

➤ Surse de erori la măsurarea lungimilor

Popescu și Băcilă (1978) au menționat că la măsurarea lungimilor se pot produce erori sistematice și erori accidentale. Cei doi autori au identificat următoarele cauze care generează erori sistematice:

- măsurarea generatoarei în locul axei trunchiului;

Deoarece unghiul format de generatoare și axa trunchiului este mic (sub 3°) eroarea procentuală comisă la măsurarea generatoarei în locul axei trunchiului nu depășește 0,1%. Nu prezintă importanță din punct de vedere practic (Tabelul 1).

Tabelul 1. Eroarea procentuală de determinare a lungimii prin măsurarea generatoarei

Unghiul generatoarei față de axă, α °	$\cos \alpha$	Lungimea piesei măsurată pe generatoare, cm		
		lungimea axei piesei, cm		
		200	800	1200
1	0,999848	200,03	800,12	1200,18
2	0,999391	200,12	800,49	1200,73
3	0,99863	200,27	801,1	1201,65

Se observă că în cazul pieselor cu lungimi de circa 10 m și conicitate mare, eroarea la măsurarea lungimii prin așezarea ruletei de-a lungul generatoarei este de 1-2 cm, ceea ce conduce la o eroare procentuală de 0,1%.

- defectele de construcție ale instrumentului;

Erorile provenite din imperfecțiunea instrumentelor sunt periculoase deoarece se cumulează. Aceste erori se pot elimina prin verificarea instrumentului înaintea începerii activității și în timpul lucrului.

- uzanțe comerciale;

Acestea implică anumite supralungimi sau unele rotunjiri ale rezultatelor măsurătorilor, dar care sunt considerate tolerabile.

Popescu și Băcilă (1978) au identificat următoarele cauze care pot genera erori accidentale sau întâmplătoare:

- neperalelismul secțiunilor transversale extreme;

În acest caz se recomandă măsurarea lungimii minime.

Dacă operatorul nu poate măsura lungimea minimă din cauza poziției piesei în momentul măsurării, atunci eroarea procentuală care se produce este de circa 2% în cazul pieselor de lungimi mici (tabelul 2).

Tabelul 2. Eroarea procentuală de determinare a lungimii ca urmare a neparalelismului secțiunilor extreme ale piesei

Diferențe între lungimea maximă și minimă, cm	Eroarea procentuală la măsurarea lungimii piesei, %		
	lungimea minimă a piesei, cm		
	200	800	1200
1	0,5	0,125	0,083
2	1	0,25	0,166
3	1,5	0,375	0,25
4	2	0,5	0,333
5	2,5	0,625	0,416

Această eroare întâmplătoare, corelată cu eroarea sistematică ce se înregistrează prin măsurarea lungimii piesei de-a lungul generatoarei, poate conduce la situații în care lungimea piesei se determină cu o eroare de circa 6 cm în cazul pieselor cu lungimi mai mari de 8 m, ceea ce argumentează necesitatea menținerii unei supralungimi de 1cm/m, indiferent de lungimea piesei.

- **forma curbă a trunchiului;**

În asemenea situație se recomandă măsurarea lungimii trunchiului pe tronsoane.

- **neatenția operatorului;**

În acest caz erorile apar ca urmare a neîntinderii în aceeași măsură a panglicii pe trunchiul arborelui, ca urmare a unor înregistrări de date eronate în carnetul de teren, ca urmare a așezării după o linie sinuoasă a metrului de-a lungul trunchiului. Aceste erori pot fi eliminate în mare parte dacă se lucrează atent.

În general orice eroare comisă la măsurarea lungimii se transmite în întregime asupra volumului.

➤ **Surse de erori la măsurarea diametrelor și a secțiunilor transversale**

Leahu (1994) a dezvoltat acest subiect, arătând că eroarea de măsurare a diametrelor este dată de diferența între rezultatul măsurătorilor și valoarea adevărată a mărimii măsurate. Această eroare de măsurare apare ca o sumă de erori întâmplătoare și sistematice. Erorile de măsurare întâmplătoare nu pot fi evitate în întregime, iar efectul acestora poate fi diminuat prin majorarea numărului de măsurători. În schimb, erorile sistematice se propagă unilateral, efectul lor cumulându-se. În principiu, efectul erorilor sistematice poate fi eliminat. În cazul măsurării diametrelor și a secțiunilor transversale, erorile sistematice pot proveni din cauze multiple (Leahu, 1994): abaterea secțiunii transversale față de forma circulară (manifestată prin deficitul de convexitate și deficitul izoperimetric); imperfecțiunea instrumentului de măsurare; abateri de la aplicarea corectă a tehnicii de măsurare; rotunjirea diametrelor; contragerea diametrelor sub influența umidității și temperaturii.

Conform lui Leahu (1994), efectul erorilor ce se produc la măsurarea diametrului este după cum urmează:

- **abaterea secțiunii transversale față de forma circulară;**

Deficitul de convexitate, exprimat prin diferența între aria reală a secțiunii transversale obținută prin măsurători de precizie, de exemplu prin planimetrare, și aria secțiunii transversale cu contur convex determinată prin măsurarea diametrelor sau a circumferinței, are în general valori care rareori depășesc 1-2%; ele sunt ceva mai mari în cazul secțiunilor de la baza arborilor, în special la vârste înaintate și la arborii proveniți din lăstari.

Deficitul izoperimetric exprimă abaterile secțiunii transversale de la forma circulară. El apare în cazul tuturor secțiunilor transversale ale fusului cu închidere convexă față de cerc. Aria acestor secțiuni cu închideri convexe prezintă întotdeauna un deficit față de aria cercului de egală circumferință. Ceea ce înseamnă că circumferința acestor secțiuni este mai mare decât aceea a cercului de aceeași arie. Așa încât, dacă aria secțiunii transversale este determinată după formula secțiunii cercului, în funcție de diametru sau circumferință, atunci aria obținută este întotdeauna mai mare decât cea reală. Pentru asemenea suprafețe

orbiforme, diferite de cerc, dacă se măsoară un singur diametru ales în mod întâmplător, eroarea de determinare a ariei secțiunii transversale poate lua valori foarte mari. Astfel, dacă diferența între diametrul mediu, dedus din mai multe măsurători, și diametrul cel mai mic sau cel mai mare al secțiunii transversale ia valori între 1 și 5 cm, eroarea procentuală a ariei secțiunii cercului ($e_{g\%}$) poate atinge valorile indicate în tabelul 3.

Tabelul 3. Eroarea procentuală a ariei secțiunii aplicând formula cercului

Diferențe între diametrul măsurat și diametrul mediu (cm)	Diametrul arborelui (cm)				
	10	20	30	40	50
	Eroarea procentuală a ariei secțiunii (%)				
1	21,0	10,2	6,8	5,1	4,0
2	44,0	21,0	13,8	10,2	8,2
3		32,2	21,0	15,5	12,4
4		44,0	28,4	21,0	16,6
5				26,6	21,0

Eroarea $e_{g\%}$ poate fi anihilată substanțial în cazul secțiunilor cu forma mai apropiată de cea a elipsei dacă se măsoară nu unul, ci două diametre perpendiculare între ele (d_1 și d_2), sau unul singur deviat la 45° de oricare din axele elipsei. Calcularea ariei se poate realiza folosind formula care stabilește aria elipsei (ecuația 2), fapt care permite înlăturarea deficitului izoperimetric.

$$g = \frac{\pi}{4} d_1 \cdot d_2 \quad (2)$$

În practică, însă, în astfel de situații aria secțiunii transversale (g') se obține cu formula ariei cercului aplicată la diametrul rezultat ca medie aritmetică a celor două diametre măsurate (ecuația 3).

$$g' = \frac{\pi}{4} \left(\frac{d_1 + d_2}{2} \right)^2 \quad (3)$$

În lucrările generale de statistică este demonstrat că există relația de ordine între medii, definită prin inegalitatea

$$\frac{d_1 + d_2}{2} > \sqrt{d_1 \cdot d_2} \quad (4)$$

care multiplicată cu valoarea lui π conduce la inegalitatea redată mai jos.

$$\frac{\pi}{4} \left(\frac{d_1 + d_2}{2} \right)^2 > \frac{\pi}{4} d_1 \cdot d_2 \quad (5)$$

Așadar, rezultatul din practică este ceva mai mare decât cel obținut cu formula elipsei. Eroarea ce se comite la determinarea ariei secțiunii transversale în astfel de situații este egală cu aria unui cerc având raza egală cu jumătate din diferența celor două diametre măsurate (ecuația 6).

$$e_g = g' - g = \frac{\pi}{4} \left(\frac{d_1 + d_2}{2} \right)^2 - \frac{\pi}{4} d_1 d_2 = \frac{\pi}{4} \left(\frac{d_1 - d_2}{2} \right)^2 \quad (6)$$

În mod similar, eroarea procentuală se poate scrie în funcție de cele două diametre măsurate (ecuația 7).

$$e_{g\%} = \frac{e_g}{g} \cdot 100 = 25 \frac{(d_1 - d_2)^2}{d_1 d_2} \quad (7)$$

Tabelul 4. Eroarea procentuală a ariei secțiunii rezultată din două diametre și formula cercului față de aria elipsei

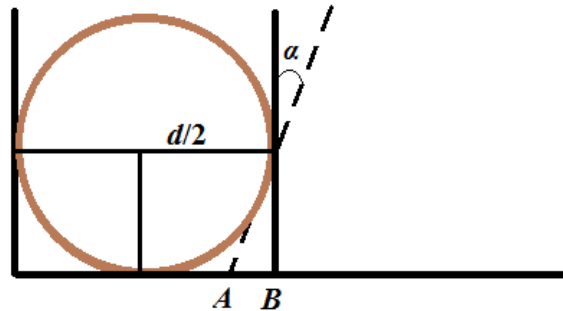
$d_1 - d_2$ (cm)	Diametrul arborelui (cm)				
	10	20	30	40	50
	Eroarea procentuală a ariei secțiunii (%)				

1	0,25	0,06	0,03	0,02	0,01
2	1,00	0,25	0,11	0,06	0,04
3	2,25	0,56	0,25	0,14	0,09
5	6,25	1,56	0,70	0,39	0,25

Rezultate mai bune în ceea ce privește determinarea diametrului și a ariei secțiunii transversale se obțin prin măsurarea circumferinței.

- **erorile sistematice generate de imperfecțiunea clupeii (neperpendicularismul brațului mobil față de brațul fix);**

Figura 2. Eroarea generată de neperpendicularitatea brațului mobil pe rigla gradată



Conform figurii 2 eroarea înregistrată la măsurarea diametrului (e_d) este, în aceste condiții, egală cu mărimea segmentului AB care se poate scrie în funcție de unghiul α (abaterea brațului mobil de la perpendicularitatea pe rigla gradată).

$$e_d = AB = \frac{d}{2} \operatorname{tg} \alpha \quad (8)$$

Exprimarea procentuală a acestei erori ($e_{d\%}$) conduce la concluzia că mărimea acestei erori este dependentă de mărimea unghiului α și independentă de mărimea diametrului măsurat (ecuația 9).

$$e_{d\%} = \frac{e_d}{d} \cdot 100 = 50 \operatorname{tg} \alpha \quad (9)$$

Dacă se are în vedere relația dintre eroarea măsurării diametrului și a determinării ariei secțiunii transversale

$$g \pm e_g = \frac{\pi}{4} (d \pm e_d)^2 = \frac{\pi}{4} (d^2 \pm 2d \cdot e_d + e_d^2) \quad (10)$$

și se consideră

$$g = \frac{\pi}{4} d^2 \quad (11)$$

$$e_d^2 = 0 \quad (12)$$

atunci rezultă că eroarea de determinare a ariei secțiunii transversale se poate calcula cu ajutorul ecuației 13.

$$e_g = \frac{\pi}{2} d \cdot e_d \quad (13)$$

În aceste condiții, eroarea de determinare a ariei secțiunii transversale se poate exprima în procente ($e_{g\%}$) cu relația matematică 14.

$$e_{g\%} = \frac{e_g}{g} \cdot 100 = \frac{\frac{\pi}{2} d \cdot e_d}{\frac{\pi}{4} d^2} \cdot 100 = \frac{e_d}{d} \cdot 200 \quad (14)$$

Dacă în ecuația 14 se substituie $\frac{e_d}{d} \cdot 100$ cu eroarea procentuală la determinarea diametrului, atunci se poate scrie că

$$e_{g\%} = 2 \cdot e_{d\%} \quad (15)$$

sau

$$e_{g\%} = 100 \operatorname{tg} \alpha \quad (16)$$

prin luarea în considerare a ecuației 9.

Rezultă că erorile procentuale la determinarea ariei secțiunii transversale sunt independente de diametrul măsurat, ele depind doar de unghiul α .

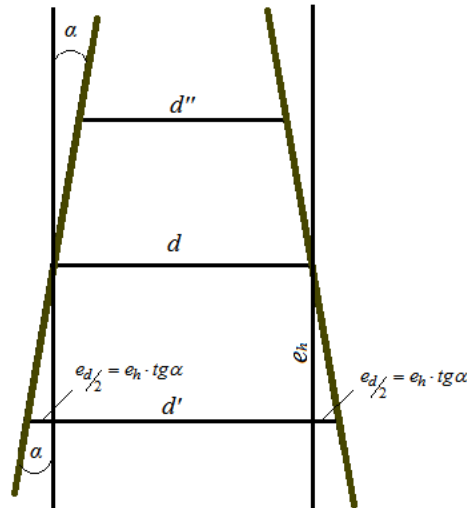
Tabelul 5. Mărimea erorii procentuale $e_{g\%}$ în funcție de unghiul α

α (°)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\operatorname{tg} \alpha$	0,017	0,035	0,052	0,070	0,087	0,105	0,123	0,141	0,150	0,176
$e_{g\%}$	-1,7	-3,5	-5,2	-7,0	-8,7	-10,5	-12,3	-14,1	-15,0	-17,6

- **alegerea nepotrivită a locului de măsurare a diametrului;**

În cazul în care clupa se fixează pe trunchi la o altă secțiune decât cea convenită (figura 3), în loc să se măsoare diametrul d , se va stabili un diametru inferior d' măsurat la distanța e_h sub nivelul dorit sau, invers, un diametru superior d'' . În ambele cazuri diametrul citit este afectat de erori (e_d).

Figura 3. Eroarea generată de așezarea clupeii pe trunchiul arborelui la o altă înălțime decât cea convenită



Eroarea la măsurarea diametrului se poate determina în acest caz după ecuația 17.

$$e_d = 2 \cdot e_{d/2} \quad (17)$$

În continuare, dacă se înlocuiește $e_{d/2}$ din ecuația 17, rezultă că eroarea efectuată la măsurarea diametrului se poate calcula în funcție de abaterea față de nivelul de măsurare e_h și de conicitatea trunchiului (ecuația 19).

$$e_{d/2} = e_h \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (18)$$

$$e_d = 2 \cdot e_h \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (19)$$

Deoarece unghiul α care descrie conicitatea trunchiului este de cel mult un grad, se poate spune că eroarea procentuală înregistrată la determinarea ariei secțiunii transversale variază în funcție de e_h (ecuația 22).

Considerând

$$e_d = 2 \cdot e_h \cdot \frac{1}{100} = \frac{e_h}{50} \quad (20)$$

și eroarea procentuală comisă la determinarea diametrului conform ecuației 21,

$$e_{d\%} = \frac{e_d}{d} \cdot 100 = \frac{2 \cdot e_h}{d} \quad (21)$$

rezultă relația matematică 22.

$$e_{g\%} = 2 \cdot e_{d\%} = \frac{4 \cdot e_h}{d} \quad (22)$$

Aplicarea ecuației 22 pentru diferite valori ale abaterii față de nivelul de măsurare a diametrului, conduce la rezultatele indicate în tabelul 6.

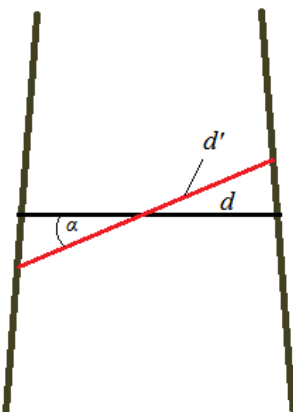
Tabelul 6. Mărimea erorii procentuale $e_{g\%}$ în funcție de e_h și diametrul secțiunii

e_h (cm)	e_d (cm)	$e_{g\%}$ (%) pentru diametrul		
		10 cm	30 cm	50 cm
2	0,04	0,8	0,3	0,2
6	0,12	2,4	0,8	0,5
10	0,20	4,1	1,4	0,8

- **așezarea înclinată a clupei față de axa trunchiului**

În cazul în care nu se realizează perpendicularitatea între planul clupei și axa trunchiului (figura 4), eroarea ce se înregistrează la măsurarea diametrului se poate determina cu ecuația 23 în care α reprezintă abaterea unghiului între planul clupei și axa trunchiului față de 90° .

Figura 4. Așezarea înclinată a clupei față de axa trunchiului



$$e_d = d' - d = d' - d \cdot \cos \alpha = d \cdot (1 - \cos \alpha) \quad (23)$$

În procente, eroarea ce se înregistrează la măsurarea diametrelor prin nerespectarea perpendicularității între planul clupei și axa trunchiului, se poate exprima prin relația 24.

$$e_{d\%} = 100(1 - \cos \alpha) \quad (24)$$

Se observă că aceste erori sunt întotdeauna pozitive și se transmit la determinarea ariei secțiunii transversale (ecuația 25).

$$e_{g\%} = 200(1 - \cos \alpha) \quad (25)$$

Tabelul 7. Mărimea erorii procentuale $e_{g\%}$ în funcție de unghiul α

α (°)	1	2	3	4	5	6	10
$e_{g\%}$ (%)	0,03	0,12	0,27	0,49	0,76	1,10	3,04

- **Eroarea de rotunjire;**

Prin încadrarea în clase (categorii) de diametre se înregistrează erori de rotunjire a valorilor diametrelor citite. Mărimea acestora este dată de diferența între valoarea rotunjită (centrul clasei de diametre) și mărimea reală. Valorile erorilor determinate de încadrarea în clase variază între 0 și jumătatea amplitudinii clasei de diametre.

Literatura citată

Akossou A, Arzouma S, Attakpa E, Fonton N, Kokou K (2013). Scaling of teak (*Tectona grandis*) logs by the xylometer technique: accuracy of volume equations and influence of the log length. *Diversity* 5: 99-113.

Ciubotaru A (1998). *Exploatarea pădurilor*. Ed. Lux Libris, Braşov, RO, pp. 351.

Giurgiu V (1979). *Dendrometrie și auxologie forestieră*. Ed. Ceres, Bucharest, pp. 692.

Giurgiu V, Decei I, Drăghiciu D (2004). *Metode și tabele dendrometrice*. Ed. Ceres, Bucharest, RO, pp. 575.

Guvernul României (2016). Ordonanța de urgență nr. 51/2016 pentru modificarea și completarea Legii nr. 171/2010 privind stabilirea și sancționarea contravențiilor silvice.

Leahu I (1994). *Dendrometrie*. EDP, Bucharest, RO, pp. 374.

Ministerul Apelor, Pădurilor și Protecției Mediului (2000). *Norme tehnice pentru evaluarea volumului de lemn destinat comercializării* (4).

Philip M (1994). *Measuring trees and forests*. Cab International, London, UK, pp. 320.

Popescu O, Băcilă L, (1978). *Îndrumar de lucrări practice la dendrometrie*. Reprografia Universității din Braşov, Braşov, RO, pp. 156.

Soares CPB, da Silva GF, Martins FB (2010). Influence on section lengths on volume determination in *Eucalyptus* tree. *Cerne* 16: 155-162.

West P W (2009). *Tree and forest measurement*. Springer-Verlag, Berlin, DE, pp. 191.

Propunem următoarele toleranțe medii admise la determinarea volumului lemnului rotund, la care trasabilitatea este urmărită prin SUMAL.

Toleranța medie admisă	Numărul de piese		
	100 și peste	Între 50-99	Sub 50
	2%	3%	4%

Vă rugăm să fiți de acord cu elaborarea proiectului de ordin privind completarea Metodologiei privind organizarea și funcționarea SUMAL, obligațiile utilizatorilor SUMAL, precum și structura și modalitatea de transmitere a informațiilor standardizate, aprobate prin Ordinul ministrului delegat pentru ape, păduri și piscicultură nr. 837/2014.