

INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE-DEZVOLTARE ÎN SILVICULTURĂ
"MARIN DRĂCEA"



Avizat în ședința extraordinară a
Consiliului Științific al
Institutului Național de Cercetare-Dezvoltare
în Silvicultură "Marin Drăcea"



Presedinte CS-INCDS
CS I dr. ing. Ovidiu Badea



**Metodologia de prelucrare a datelor Inventarului
Forestier Național – Ciclul al III-lea**

1. Introducere

După cum este bine cunoscut, inventarele forestiere naționale moderne sunt fundamentate pe două tipuri de eșantionaje: un *eșantionaj "aerian"* sau fotointerpretarea pe ortofotoplanuri/materiale cartografice a acoperirii terenurilor și un *eșantionaj terestru* (de teren) prin care sunt măsurate sau estimate mai multe caracteristici ale arborilor, arboretelor, stațiunilor forestiere etc. Prelucrarea datelor se bazează pe combinarea acestor două eșantionaje, care valorifică toate avantajele date de specificul fiecăruia, obținându-se o precizie și acuratețe optime a rezultatelor, precum și minimizarea cheltuielilor.

În țara noastră Inventarul Forestier Național (IFN) este o obligație legală definită în mod expres în Codul silvic (art. 19 (1) din Codul Silvic, 2024), potrivit căruia "Autoritatea asigură finanțarea continuă și actualizează la fiecare 5 ani Inventarul forestier național, denumit în continuare IFN, în scopul evaluării resurselor forestiere și cunoașterii dinamicii acestora pe teritoriul României."

Pentru îmbunătățirea metodologiei utilizată la prelucrarea datelor culese în ciclurile I și II IFN (Bouriaud, 2020), în anul 2024 a fost constituit un grup de lucru la nivelul Institutului Național de Cercetare Dezvoltare în Silvicultură „Marin Drăcea” (INCDS), format din specialiști din departamentul de cercetare științifică și din cadrul serviciului IFN care a adus aspecte metodologice noi, asigurând în acest mod prelucrarea datelor culese în ciclul III IFN. Acest grup a avut drept scop verificarea și perfecționarea metodologiei existente de prelucrare a datelor IFN, respectiv a algoritmului de prelucrare, încât acesta să nu conțină proceduri susceptibile care să conducă la alterarea rezultatelor. Astfel, s-a procedat la optimizarea scriptului de prelucrare a datelor pentru a permite o mai bună transparență a calculelor, reducerea timpului de procesare și asigurarea reproductibilității rezultatelor. În acest sens, a fost elaborat un nou algoritm de prelucrare, fundamentat pe două principii distincte de agregare a datelor.

Conform scopului și obiectivelor asumate, metodele și modelele de prelucrare au rămas practic identice în ciclurile de inventariere realizate până în prezent, ele fiind corespunzătoare proiectului IFN bazat pe cele două eșantionaje complementare (aerian și terestru) prin care au fost determinate caracteristicile suprafețelor acoperite cu pădure, ale arborilor și arboretelor, pe baze statistice. Ambele metode au generat rezultate identice pentru indicatorii analizați, confirmând consistența și corectitudinea procedurii. Validarea s-a realizat prin compararea rezultatelor obținute cu cele generate de metodologia anterioară, utilizând datele disponibile din ciclurile II și III IFN.

2. Principiul general folosit la prelucrarea datelor IFN

În prezent, metodele moderne folosite la prelucrarea datelor din inventarele forestiere naționale folosesc toate datele disponibile, unele ca auxiliare, pentru a produce estimări corecte și cu proprietăți de aditivitate. Una din caracteristicile metodei este că suprafața teritoriului studiat este considerată *cunoscută* și egală cu suprafața țării, iar suprafața vegetației forestiere *nu este cunoscută*.

În această situație, volumul la hectar nu poate fi calculat ca o medie a volumului la hectar observat la nivelul suprafețelor de probă, deoarece volumul la hectar este un raport a două variabile aleatorii: volumul și suprafața. Acest lucru este mai evident în cazul în care volumul dorit este un volum asociat unei categorii specifice (regiune, relief etc.) raportat la unitatea de suprafață (hectar) a categoriei pădure.

Suprafața acoperită de vegetația forestieră poate fi determinată pe baza foto-interpretării. Raportul dintre suprafața acoperită de vegetația forestieră și suprafața țării este calculat cu proporția P_{VF} , al cărui estimator este dat de proporția punctelor fotointerpretate ce sunt clasificate ca vegetație forestieră:

$$\hat{P}_{VF} = \frac{N_{VF}}{N_T} \quad (1)$$

unde:

- N_{VF} este numărul punctelor clasificate ca vegetație forestieră și
- N_T reprezintă numărul total de puncte fotointerpretate.

Varianța estimatorului P_{VF} fiind o variabilă binomială, este estimată ca:

$$Var(\hat{P}_{VF}) = \frac{\hat{P}_{VF}(1 - \hat{P}_{VF})}{N_T - 1} \quad (2)$$

și, ca urmare, varianța estimării suprafeței este:

$$Var(\hat{S}_{VF}) = \frac{\hat{P}_{VF}(1 - \hat{P}_{VF})}{N_T - 1} \cdot A_T^2 \quad (3)$$

unde A_T este suprafața totală a țării.

O estimare precisă a suprafeței pentru toate categoriile din IFN necesită o abordare integrată, combinând datele de fotointerpretare cu datele de teren. Cu toate acestea, această integrare este complexă din cauza imparității dintre cele două surse de date: fotointerpretarea oferă o clasificare punctuală, în timp ce datele de teren reflectă o realitate mai complexă, cu suprafețe de probă divizate

(1-5 diviziuni), fiecare diviziune având potențialul de a reprezenta clase diferite față de cea atribuită prin fotointerpretare. De exemplu, în faza de fotointerpretare, un punct de sondaj poate fi clasificat ”pădure”, iar în faza de culegere a datelor de teren în aceeași locație, în cadrul suprafeței de probă pot fi cartate și alte categorii de acoperire sau folosință ale terenului în afara celei de ”pădure” (e.g., drum forestier, pășune, teren agricol, curți și clădiri).

Abordarea care permite astfel de calcule este ceea ce este folosită atât pentru estimarea suprafețelor, cât și pentru estimarea volumului de lemn pe picior, a creșterii și a recoltei, și anume folosirea *estimatorilor eșantionajului în două faze*.

Principiul general include două faze:

- prima fază, de fotointerpretare, definește o serie de straturi și este folosită pentru a estima suprafața straturilor;
- a doua fază, de teren, prin care valorile medii per unitatea de suprafață a straturilor sunt definite pe baza observațiilor de teren.

Potrivit acestui principiu, suprafața totală acoperită de vegetația forestieră (A_{VF}) este suma suprafețelor straturilor h , obținute prin produsul pentru fiecare strat h al suprafeței stratului ($A_{VF,h}$) cu valoarea medie de acoperire a vegetației forestiere ($\underline{a}_{VF,h}$) în stratul respectiv:

$$A_{VF} = \sum_h A_{VF,h} \cdot \underline{a}_{VF,h} \quad (4)$$

Înlocuind acoperirea medie observată pe teren cu volumul mediu în stratul h ($\underline{v}_{VF,h}$), obținem volumul total:

$$V_{VF} = \sum_h A_{VF,h} \cdot \underline{v}_{VF,h} \quad (5)$$

Generalitatea acestei metode, care este folosită de toate inventarele forestiere din lume, este evidentă. Metoda de estimare a suprafețelor prezentată mai sus este doar un caz particular al acestei abordări, prin care calculul se efectuează pe un singur strat, a cărui suprafață este suprafața țării.

3. Fluxul de prelucrare al datelor IFN

Paradigma inventarierii pornește de la premisa că niciunul din parametrii utilizați nu este cunoscut a priori, astfel încât au fost definite încă din faza de proiect sursele de erori și modul de propagare a acestora, plecând de la selecția și amplasarea sistematică a rețelelor de inventariere, măsurarea și descrierea arborilor, determinarea atributelor, modelelor și a estimatorilor.

Sistemul IFN din țara noastră a parcurs mai multe cicluri consecutive de inventariere a resurselor forestiere la nivel național. Fluxul informațional a fost identic în toate ciclurile, cuprinzând două etape: de foto-interpretare (la birou) și de culegere a datelor de teren în cadrul unui sistem informatic integrat (*IFN Data collector*). Metodologia de culegere, transmitere, stocare, validare și prelucrare a datelor este practic neschimbată pentru a asigura comparabilitatea datelor și cuprinde centralizarea datelor generate în fazele de fotointerpretare și de culegere a propriu-zisă a datelor din teren, la care se adaugă componenta de validare (conexiunea inversă), prelucrare și respectiv, generarea rezultatelor și a rapoartelor (Fig. 3.1).

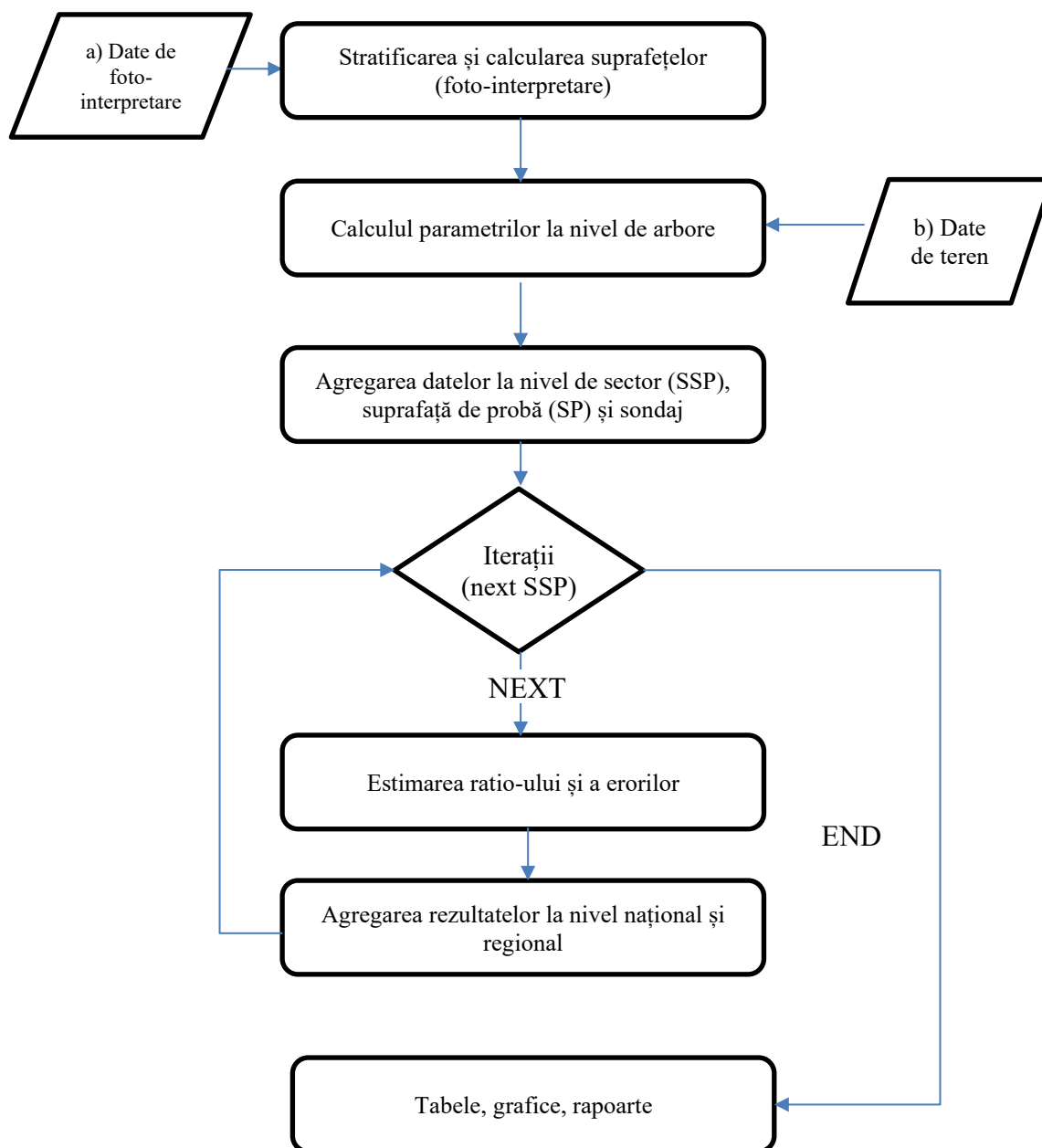


Fig. 3.1 Fluxul prelucrării datelor

4. Validarea datelor

Încă din faza de teren, datele sunt transmise în baza de date centrală după o validare semi-automatizată a concordanței acestora (e.g., praguri maxime pentru diametrul de bază și înălțime, formatul datelor, corelații între parametrii). În metodologia de prelucrare a datelor IFN sunt prevăzute filtre de verificare a formatului, conformității (conținut) și uniformității (inter-comparabilitatea) datelor, eventualele erori fiind identificate și corectate prin contribuția și responsabilitatea echipelor de teren sub coordonarea colectivului de prelucrare a datelor, fiind înregistrate modificările și corecțiile solicitate în baza de date IFN.

În cadrul aplicației *IFN Data colector* formatul și conformitatea datelor sunt verificate prin intermediul a peste 50 de subrutine în privința conformității datelor.

Verificarea formatului datelor este realizată interactiv în 2 faze:

- 1) la introducerea acestora în aplicația IFN Data colector, majoritatea parametrilor având un format prestabilit de tip text în cadrul unor liste conform manualului de culegere a datelor din teren. Datele de tip numeric, de exemplu diametrele și înălțimile sunt verificate în privința încadrării între limitele minime și maxime ale parametrilor dimensionali (Tabelul 4.1);
- 2) la birou este verificată integral corespondența dintre datele înscrise în fișele de teren și datele din aplicația IFN Colector.

Tabelul 4.1. Limitele admise ale caracteristicilor dimensionale ale arborilor

Specia	Vmin	Vmax	DBHmin	DBHmax	Hmin	Hmax
	m ³	m ³	cm	cm	m	m
Molid	0.010	12.445	5,6	100	6	47
Brad	0.009	14.846	5,6	100	6	52
Larice	0.008	6.107	5,6	70	6	40
Pin silvestru	0.011	4.581	5,6	60	6	38
Pin negru	0.011	3.757	5,6	60	6	30
Duglas	0.009	8.335	5,6	80	6	40
Fag	0.010	19.189	5,6	100	6	42
Mesteacăn	0.008	2.106	5,6	50	6	30
Anin alb	0.014	1.264	5,6	40	6	24
Salcie căpreasca	0.011	0.768	5,6	30	6	24
Plop tremurător	0.010	3.084	5,6	50	6	32
Gorun	0.011	14.448	5,6	100	6	38
Carpen	0.009	4.608	5,6	60	6	28
Frasin	0.013	4.791	5,6	60	6	32
Stejar	0.012	13.591	5,6	100	6	34
Paltin	0.010	4.032	5,6	60	6	36
Tei	0.011	5.621	5,6	70	6	32
Jugastru	0.016	2.323	5,6	50	6	26
Cer	0.011	7.456	5,6	80	6	34
Anin negru	0.010	2.750	5,6	50	6	30
Ulm	0.010	2.648	5,6	50	6	30
Salcâm	0.013	2.705	5,6	52	6	30
Stejar pufos	0.010	1.287	5,6	40	4	17
Stejar brumăriu	0.007	1.348	5,6	40	4	20
Plop alb si negru	0.010	4.006	5,6	60	6	32
Plop euramerican	0.010	3.757	5,6	60	6	34
Salcie sămânța	0.007	2.227	5,6	50	6	28
Salcie sulinari	0.007	0.663	5,6	34	6	23
Gârnița	0.019	3.951	5,6	60	6	27

**Limitele DBHmin din acest tabel se referă la filtrarea valorilor aberante (control de calitate). Pragul de includere în eșantion al arborilor IFN este dbh ≥ 56 mm (5,6 cm), conform designului inventarului.*

Eventualele erori și avertismente sunt consemnate și transmise echipelor de teren care verifică, confirmă sau corectează, după caz. Fișierele de date validate sunt retransmise în baza de date IFN.

În ciclurile IFN anterioare au fost identificați peste 1000 de arbori care depășesc valorile limită maxime ale diametrului sau înălțimii, volumul acestora nefiind în domeniul de aplicare al ecuației dublu logaritmice. Datorita formei modelului alometric folosit pentru estimarea volumului arborilor (Giurgiu, et al. 2004), gradul de coliniaritate a parametrilor este ridicat, drept urmare, estimarea volumului arborilor în afara intervalului de diametre și înălțimi folosite pentru ajustarea modelului nu este recomandat. Pentru acești arbori modelele pot genera estimări nerealiste ale volumului (sau chiar aberante). Pană când vor fi elaborate noi modele alometrice pentru estimarea volumului arborilor, soluția adoptată presupune aplicarea unui filtru limită prin care diametrul folosit pentru a calcula volumul este egal cu diametrul maxim utilizat în elaborarea modelului. Înălțimea nu suferă nicio corecție, rămânând cea măsurată pe teren.

Pentru analiza propriu-zisă, datele colectate și validate în diferite faze ale IFN sunt stocate sub forma lor dezagregată și neprocesată din baza de date. Agregarea datelor este realizată și verificată prin intermediul unor aplicații specializate. Rezultatele sunt exportate în fișiere conținând tabele cu două întrări pentru fiecare temă de calcul și separat pentru categoriile: pădure (A), alte terenuri cu vegetație forestieră (B) și arbori din afara pădurii (C), publicate online pe site-ul www.roifn.ro.

Lista prestabilită a indicatorilor rezultați din analiza datelor cuprinde un număr provizoriu de indicatori, iar planificarea și actualizarea acestora se va realiza în funcție de eventualele solicitări ale beneficiarului rezultatelor IFN, respectiv autoritatea publică centrală care răspunde de silvicultură, dar și de obligațiile internaționale asumate de România (e.g. criteriile și indicatorii dezvoltării sustenabile, Forest Europe, 2020).

Indicatorii sunt clasificați în funcție de stabilitatea lor în timp, respectiv de susceptibilitatea de a se modifica semnificativ între cicluri de inventariere succesive. Suprafața totală sau volumul total al pădurilor sunt exemple de indicatori stabili deoarece se pot modifica nesemnificativ în intervalul dintre două inventarii succesive (5 ani). În categoria indicatorilor variabili putem încadra recolta de lemn, aceasta fiind dependentă de amplasarea în timp și spațiu a extragerilor de arbori. Sub-indicatorii reprezintă subdiviziuni ale indicatorilor, e.g. indicatorul *A.1.0.2 Suprafața pădurii pe forme de relief* are ca sub-indicatori *terenuri acoperite cu arbori*, *terenuri destinate împădurii*, și *alte terenuri goale*.

Erorilor asociate indicatorilor de caracterizare ai pădurii, la nivel național și regional, sunt stabilite cu aproximație prin proiectul de eșantionaj pentru **indicatorii stabili (suprafața, volumul și creșterea)**, după cum urmează:

- 1% pentru suprafață la nivel național și 5% la nivel de regiune și formă de relief;
- 2% pentru volumul total și creșterea în volum la nivel național.

Pentru categoriile alte terenuri cu vegetație forestieră și arbori din afara pădurii, precum și pentru indicatorii variabili, cum este de exemplu recolta de lemn, și sub-indicatori, erorile pot fi mai mari, variind în raport cu volumul datelor și pentru care este recomandată prudență în ceea ce privește interpretarea lor.

5. Estimarea suprafețelor

Fiecare regiune istorică este separată în două zone, în funcție de desimea rețelei IFN terestre (2×2 km la câmpie și 4×4 km la deal și munte). Zonele sunt separate mai departe în straturi. Suprafața straturilor este calculată utilizând datele din fotointerpretare:

$$\hat{S}_h = S \cdot p_h \quad (6)$$

p_h este proporția punctelor din rețeaua aeriană care aparțin categoriei k în stratul h și este un estimator al proporției suprafețelor categoriei k în h , S fiind cunoscută.

Fiecare sondaj dintr-o regiune este clasificat într-un strat și trebuie să fie îndeplinite două condiții: (i) să nu fie niciun strat cu suprafața nulă și (ii) fiecare sondaj să nu fie alocat decât unui singur strat. Deoarece unitățile secundare de inventariere (suprafețele de probă) sunt cartografiate și împărțite în fracțiuni (sectoare), procentul de suprafață al unităților primare ocupate de categoria k este calculat astfel:

$$\hat{P}_{ik} = \frac{\sum_{j=1}^{M_i} \sum_{l=1}^{L_{ij}} \delta_{ijl} \cdot a_{ijk}}{\sum_{i=1}^n M_i \cdot a_0} \quad (7)$$

unde:

- M_i reprezintă numărul de unități secundare,
- L_{ij} reprezintă numărul de fracțiuni l din suprafața j în sondajul i ,
- δ este o variabilă indicatoare, care ia valoarea 1 dacă fracțiunea l este în categoria k , respectiv 0 în oricare altă situație,
- a_0 reprezintă suprafața cercului mare al suprafeței de probă (500 m²).

Procentul de acoperire al categoriei k este dat de media procentelor pe unitățile primare din stratul h , N_h fiind numărul total de unități primare din strat h :

$$\underline{\hat{p}}_{ki} = \frac{\sum_{i=1}^{N_h} \underline{p}_{hki}}{N_h} \quad (8)$$

În final, suprafața ocupată de categoria k în regiunea r este calculată astfel:

$$\hat{S}_{kr} = \hat{S}_{k,2 \times 2} + \hat{S}_{k,4 \times 4} = S_{2 \times 2} \sum_h^H \hat{w}_{2 \times 2, h} \cdot \underline{\hat{p}}_{k,2 \times 2, h} + S_{4 \times 4} \sum_h^H \hat{w}_{4 \times 4, h} \cdot \underline{\hat{p}}_{k,4 \times 4, h} \quad (9)$$

unde:

$\hat{S}_{k,2 \times 2}$ și $\hat{S}_{k,4 \times 4}$ reprezintă suprafața ocupată de categoria k în zonele de 2×2km și 4×4km,

$\hat{w}_{2 \times 2, h}$ și $\hat{w}_{4 \times 4, h}$ reprezintă ponderea stratului h în zona 2×2 km, respectiv 4×4km.

Ponderarea straturilor este diferită de la o zonă la alta și rezultă dintr-un calcul specific realizat pe baza fotointerpretării realizate pe rețeaua de 500×500 m din faza I. Pentru zona de 2×2 km, de exemplu, ponderea este:

$$\hat{w}_{2 \times 2, h} = \frac{n'_h}{n'_T} \quad (10)$$

n'_h fiind numărul de puncte din rețea care cad în stratul h în zona 2×2 km, și n'_T numărul total de puncte din zona 2×2 km.

5.1. Prezentarea straturilor statistice constituite

Valorile indicatorilor de caracterizare au fost obținute prin aplicarea metodei cunoscută sub denumirea de *estimarea în două faze pentru stratificare*. Aceasta metodă combină eșantionajele realizate prin eșantionajul aerian și prin eșantionajul terestru, pentru a beneficia de avantajele fiecăruia (Cochran, 1977; Milescu and Alexe, 1983; Mandallaz, 2008; Mandallaz, 2012). Eșantionajul aerian este bazat pe o rețea de puncte de fotointerpretare foarte deasă (500 x 500m), având aproape un milion de puncte. Precizia obținută prin această rețea este foarte ridicată, dar nu are informații decât pentru un număr foarte mic de indicatori. Pentru a prezenta situațiile unor indicatori la nivel de arbore, de arboret, de stațiune etc., sunt necesare datele obținute prin măsurătorile de teren. Metoda folosită este singura metodă ce permite combinarea informațiilor din ambele rețele, cea aeriană și cea terestră.

În aplicarea metodei se are în vedere faptul că rapoartele elaborate trebuie să prezinte situații la nivel de regiune și de zone de relief. Aceste constrângeri impun realizarea calculelor la nivelul zonelor rezultate din intersectarea limitelor dintre regiuni și zone de relief. În Figura 5.1 se prezintă limitele regiunilor diferențiate (Transilvania, Țara Românească și Moldova), iar în Figura 5.2 se prezintă limitele zonelor de relief (câmpie, deal și munte) definite potrivit Hărții geomorfologice elaborată de Institutul de Geografie al Academiei Române.

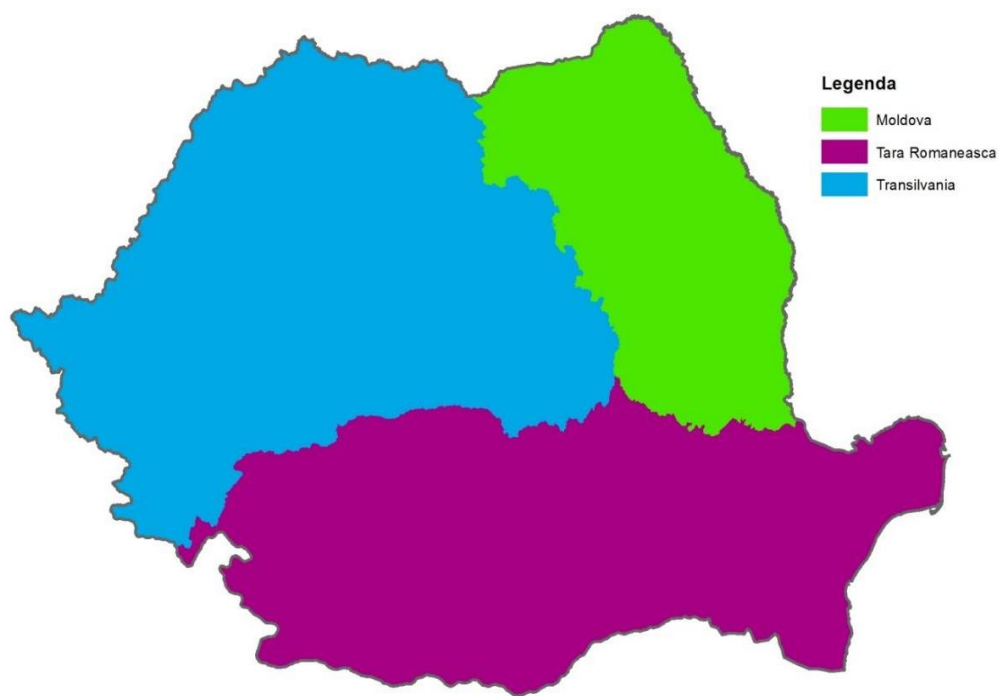


Figura 5.1. Harta regiunilor diferențiate pentru calculul indicatorilor

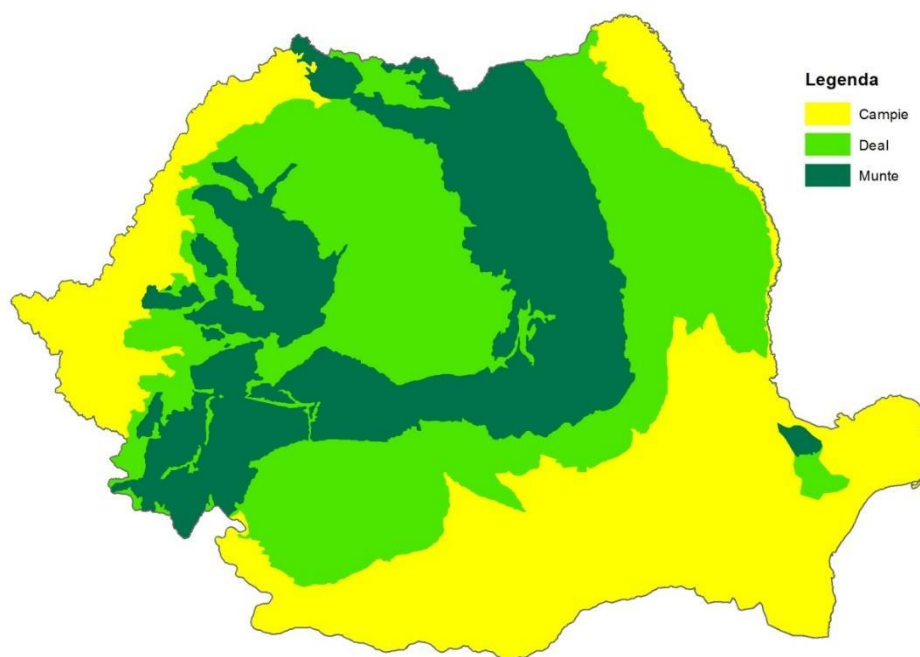


Figura 5.2. Harta zonelor de relief diferențiate pentru calculul indicatorilor

Intersectarea limitelor regiunilor cu cele ale zonelor de relief a avut drept rezultat cartarea a nouă zone, ale căror limite au fost digitizate pentru a determina prin GIS mărimea lor (Figura 5.3).

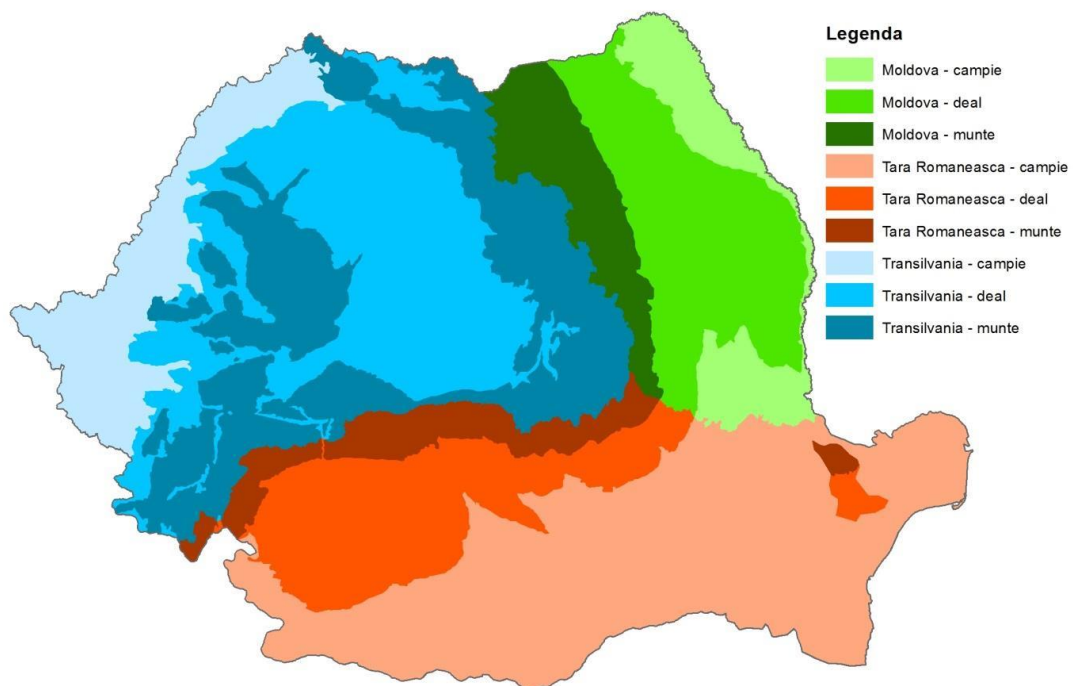


Figura 5.3. Harta zonelor diferențiate pentru calculul indicatorilor

Definiția straturilor de calcul statistic se bazează în mod exclusiv pe fotointerpretarea punctelor din rețeaua de 500×500 m. Mărimea straturilor a fost estimată în baza fotointerpretării ca proporția numărului de puncte din rețeaua 500×500 m care sunt în vegetația forestieră.

6. Agregarea datelor IFN

6.1. La nivel de suprafață de probă

Estimarea volumului arborilor se realizează prin utilizarea modelelor alometrice pentru estimarea volumului arborilor (Giurgiu *et al.*, 2004). Volumul unui arbore (v) este estimat pe baza modelului care folosește transformarea logaritmică și o funcție polinomială de gradul 2:

$$\lg(v) = a_0 + a_1 \lg(dbh) + a_2 \lg^2(dbh) + a_3 \lg(h) + a_4 \lg^2(h) \quad (\text{Giurgiu, et al. 2004}) \quad (11)$$

unde $\lg$ reprezintă logaritmul în baza 10; a_0, a_1, a_2, a_3, a_4 , reprezintă coeficienții de regresie pentru specia respectivă (Giurgiu, 2004); dbh este diametrul arborelui; h este înălțimea arborelui. Deoarece modelul prezentat în ecuația (11) este în spațiu logaritm, volumul arborilor este estimat astfel:

$$\hat{v} = 10^{a_0 + a_1 \lg(dbh) + a_2 \lg^2(dbh) + a_3 \lg(h) + a_4 \lg^2(h)} \quad (12)$$

Valorile coeficienților de regresie (Giurgiu *et al.*, 2004) au fost estimați pentru 43 de specii forestiere (Tabelul 6.1). Eroarea de estimare a volumului unui arbore este cuprinsă între ± 14 -16% pentru o probabilitate de acoperire de 95% (Giurgiu *et al.*, 2004).

Tabelul 6.1. Valorile coeficienților din ecuația de regresie bifactorială (Giurgiu *et al.*, 2004)

Nr. crt.	Specia	Coeficienții de regresie				
		a_0	a_1	a_2	a_3	a_4
1	Molid*	-4,18161	2,08131	-0,11819	0,70119	0,148181
2	Brad*	-4,46414	2,19479	-0,12498	1,04645	-0,016848
3	Larice*	-4,59667	2,26066	-0,13256	1,02582	0,007491
4	Pin silvestru*	-3,84672	1,82103	-0,04107	0,35677	0,334910
5	Duglas verde*	-4,29910	1,90710	0,02841	1,01819	-0,055894
6	Pin strob*	-4,36966	1,55475	0,14981	1,40295	-0,157352
7	Pin negru*	-4,01698	1,96342	0,01241	0,57848	0,094783
8	Fag	-4,11122	1,30216	0,23636	1,26562	-0,079661
9	Paltin de munte	-4,06012	1,81478	0,07283	0,76688	0,006155
10	Scoruș pășăresc	-4,31485	2,58064	-0,21693	0,55092	0,025773
11	Salcie căprească	-4,01470	1,72202	0,08639	0,85987	-0,009759
12	Mesteacăn	-4,16999	2,27038	-0,21540	0,30765	0,368258
13	Anin alb	-3,24510	1,71111	0,08573	-0,43385	0,561237
14	Plop tremurător	-4,22131	1,76256	0,05900	1,04105	-0,009430
15	Măr pădureț	-3,50736	1,91195	0,02764	-0,28831	0,432403
16	Cireș	-3,59371	1,95047	0,04086	-0,12835	0,374948
17	Gorun	-4,17315	2,27662	-0,09084	0,57596	0,093429
18	Carpen	-4,23139	2,15204	-0,00988	0,59652	0,112810
19	Frasin	-3,53048	1,26636	0,31105	0,52368	0,082743
20	Tei	-4,80605	1,92424	0,02214	1,96408	-0,452969
21	Stejar	-4,13329	1,88001	0,04880	0,95371	-0,063638
22	Paltin de câmp	-3,48668	1,00128	0,40669	0,74812	-0,013734
23	Jugastru	-3,22096	1,58409	0,13567	-0,08677	0,313054
24	Cer	-3,68707	2,03534	-0,06747	-0,15871	0,500372

Nr. crt.	Specia	Coeficienții de regresie				
		a_0	a_1	a_2	a_3	a_4
25	Gârniță	-4,25185	2,03370	-0,02026	0,93727	-0,022033
26	Stejar brumăriu	-4,13153	1,41818	0,02986	1,43414	0,027620
27	Stejar pufos	-3,39068	1,03989	0,33807	0,50014	0,232026
28	Stejar roșu	-3,60162	2,03988	0,00783	-0,13348	0,337740
29	Nuc negru	-4,13741	2,31493	-0,07492	0,52050	0,055740
30	Arțar tătareșc	-3,45646	1,94746	0,01879	-0,16420	0,342355
31	Mălin	-3,96202	1,98138	0,02542	0,43872	0,130176
32	Anin negru	-4,14953	1,73468	0,09365	0,92817	0,000133
33	Ulm	-4,49118	2,18244	-0,10324	1,20293	-0,124978
34	Păr pădureț	-3,96965	2,11784	-0,03021	0,32199	0,127335
35	Vișin turcesc	-3,39611	1,79257	0,08424	-0,33765	0,467947
36	Salcâm	-3,37551	1,80802	0,02827	-0,33554	0,512150
37	Plop alb și plop negru	-3,79561	1,91262	0,00850	0,09525	0,365131
38	Plopi euramerici neselecționați	-3,38220	1,34234	0,15275	-0,09106	0,522973
39	Plopi euramerici clona R16	-3,80714	1,80591	0,10871	0,07110	0,357580
40	Plopi euramerici clona I 214	-3,56906	1,48741	0,22489	0,40494	0,096431
41	Plopi euramerici clona Sacrau 79	-3,47738	2,00583	0,04188	-0,49111	0,498210
42	Salcie (sămânța)**	-4,46841	2,10108	-0,13861	0,83031	0,212467
43	Salcie (sulinari)***	-4,19326	1,58473	0,01938	0,93588	0,144451

Notă. *Volumul se referă numai la fusul arborelui. **Se aplică și arborilor din plantații și lăstari. ***Diametrul va fi măsurat la 0,3 m de la inserție

Volumele individuale care depășesc limitele $[V_{min}, V_{max}]$ definite în Tabelul 4.1 sunt trunchiate la aceste valori, pentru a evita influența valorilor aberante asupra agregărilor la nivel de suprafață de probă și sondaj.

Volumul rezultat prin aplicarea ecuației de regresie se referă, pentru foioase, la volumul suprateran al arborelui întreg (fus și crăci), iar în cazul rășinoaselor numai la volumul fusului. Pentru compensație, la speciile de rășinoase au fost utilizate tabelele pentru determinarea volumului crăcilor, ca procent din volumul fusului, în raport cu diametrul de bază al arborilor (Giurgiu *et al*, 1997, 2004) (Tabelul 6.2). Volumul crăcilor astfel obținut s-a adăugat la volumul fusului, obținându-se în acest fel volumul total suprateran al acestuia (fus și crăci).

Tabelul 6.2. Volumul total al crăcilor (%) (După Giurgiu *et al*, 1997, 2004)

Diametrul de bază (cm)	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	76	84	92	100	Media
Molid		7,7	5,7	4,9	4,6	4,5	4,5	4,4	4,4	4,3	4,3	4,2	4,2	4,2	4,1	4,1	4,0	3,9	3,8	3,7	4,4
Brad		7,4	6,1	6,0	5,9	5,9	5,9	5,8	5,8	5,7	5,7	5,6	5,6	5,5	5,5	5,5	5,4	5,3	5,2	5,1	5,7

În lipsa unui model matematic, în vederea operaționalizării calcului volumului crăcilor, pe baza valorilor din tabelul anterior a fost reconstituită o ecuație echivalentă de forma:

$$y = a \cdot x^b \quad (13)$$

unde y este volumul crăcilor ca procent din volumul fusului; x este diametrul de bază în cm; a și b – coeficienții de regresie:

- Pentru molid: $a = 9.5961$ și $b = -0.2015$ ($R^2 = 0,96$),
- Pentru brad: $a = 8.3788$ și $b = -0.1034$ ($R^2 = 0,85$).

Excepții de la modelul general de calcul al volumului îl reprezintă următoarele cazuri particulare:

- în cazul arborilor de dimensiuni foarte mari, care depășesc diametrele și înălțimile pentru care sunt calculate volumele arborilor în tabelele de cubaj din lucrarea „*Metode și tabele dendrometrice*” (Giurgiu *et al.*, 2004) pentru fiecare specie se aplică un filtru pentru diametre și înălțimi măsurate la nivelul diametrelor și înălțimilor maxime din tabelele dendrometrice, pentru a se evita erorile de estimare mari.
- arborii cu vârful sau cu trunchiul rupt creează o dificultate pentru calculul volumului, deoarece utilizarea în calcul a înălțimii măsurate (la nivelul rupturii) ar duce la o subestimare a volumului arborelui. Pentru a evita această subestimare, în teren, în cazul arborilor eșantion cu vârful sau trunchiul rupt, se măsoară și se înregistrează în computerul de teren atât înălțimea măsurată h_t (înălțimea părții rămase pe picior a arborelui la data efectuării măsurătorii) cât și înălțimea totală h_e estimată a arborelui în raport cu ceilalți arbori din arboret, din aceeași specie, cu aceeași proveniență și diametru de bază. Înălțimii estimate îi corespunde un volum total, în funcție de care, proporțional cu înălțimea măsurată, s-a estimat volumul rămas pe picior al arborelui rupt.

Volumul corectat $V_{corectat}$ este calculat ca produs dintre volumul complet $V_{estimat}$ și k_r , reprezentând un coeficient de reducere a volumului, astfel încât să exprime o valoare cât mai apropiată de volumul real al fusului rămas pe picior în funcție de h_t și h_e (Fig 6.1).

$$V_{corectat} = V_{estimat} \cdot k_r \quad (14)$$

$$k_r = 1 - \left(\frac{h_e - h_t}{h_e} \right)^3 \quad (15)$$

unde:

$V_{corectat}$ – reprezintă volumul corectat,

$V_{estimat}$ – volumul arborelui estimat din modelul alometric,

k_r – factor de corecție,

h_e – înălțimea totală estimată a arborelui,

h_t – înălțimea părții rămasă pe picior a arborelui la data efectuării măsurătorii.

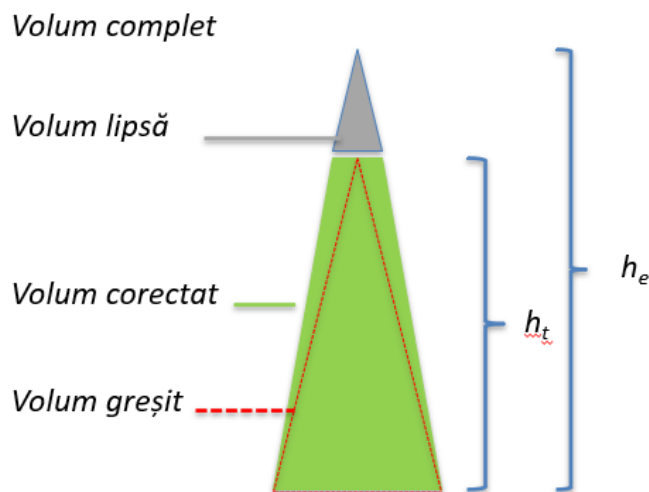


Fig. 6.1 Determinarea volumului în cazul arborilor cu vârful rupt (h_t reprezintă înălțimea totală măsurată, h_e înălțimea estimată)

În situațiile în care nivelul rupturii este mai mare de 1/3 de la vârf, volumul vârfului are o proporție medie de 4-5%, astfel încât poate fi corectat prin intermediul factorului de corecție kr .

Dacă nivelul rupturii arborelui este mai mare de 1/3 de la vârf, volumul va fi corectat pe baza informațiilor privind volumele exprimate în procente, cumulate pe porțiuni de-a lungul fusului la arbori din literatura de specialitate (Giurgiu, Decei, 1997). De exemplu, pentru un arbore de molid rupt la jumătatea trunchiului, volumul corectat $V_{corectat}$ reprezintă 78,8% din volumul total $V_{estimat}$.

- iii. în cazul arborilor morți cu mult timp în urmă, dar care au rămas pe picior, s-a considerat că majoritatea crăcilor nu mai există, ele regăsindu-se în lemnul mort căzut la pământ. Astfel, volumul arborelui mort corespunde cu volumul estimat al fusului arborelui atât în cazul foioaselor cât și al rășinoaselor. În cazul arborilor morți cu mult timp în urmă pentru care specia nu a mai putut fi determinată cu certitudine, pentru calculul volumului pe picior s-a folosit formula speciei predominante în suprafața de probă.
- iv. pentru speciile forestiere care nu au încă stabiliți coeficienți de regresie, în vederea calculării volumului arborelui se fac asimilări cu speciile cele mai asemănătoare din punct de vedere al formei fusului, prezentate în Tabelul 6.3.

Tabelul 6.3. Asimilările făcute între speciile forestiere pentru calculul volumului arborelui

Nr. crt.	Grupa de specii	Specia	Specia asimilată
1	Rășinoase	Brad	Brad
2		Brad argintiu	Brad
3		Brad de Caucaz	Brad
4		Brad de Grecia	Brad
5		Brad de Spania	Brad
6		Brad uriaș (de Vancouver)	Brad
7		Alți brazi	Brad
8		Chiparos de baltă	Pin strob
9		Chiparos de California	Pin negru
10		Duglas	Duglas
11		Ienupăr de Virginia	Pin negru
12		Larice	Larice
13		Larice japonez	Larice
14		Molid	Molid
15		Molid argintiu	Molid
16		Molid de Caucaz	Molid
17		Molid de Sitka	Molid
18		Molid sărbesc	Molid
19		Alți molizi	Molid
20		Pin bancsian	Pin negru
21		Pin contorta	Pin negru
22		Pin galben	Pin strob
23		Pin negru	Pin negru
24		Pin negru de Banat	Pin negru
25		Pin silvestru	Pin silvestru
26		Pin strob	Pin strob
27		Zâmbru	Pin negru
28		Alți pini	Pin negru
29		Tisă	Pin negru
30		Tuie	Pin negru
31		Tuie, biota	Pin negru
32		Țuga	Pin negru
33		Diverse rășinoase exotice	Pin negru
34	Fag	Fag	Fag
35		Fag oriental	Fag
36	Cvercinee	Cer	Cer
37		Gârniță	Gârniță
38		Gorun	Gorun
39		Gorun balcanic	Gorun
40		Gorun transilvănean	Gorun
41		Stejar brumăriu	Stejar brumăriu
42		Stejar pedunculat	Stejar
43		Stejar pufos	Stejar pufos
44		Stejar roșu	Stejar roșu
45		Alți stejari	Stejar
46	Foioase tari	Alun turcesc	Stejar
47		Anin alb	Anin alb
48		Anin negru	Anin negru
49		Arțar american	Arțar tătarăsc

Nr. crt.	Grupa de specii	Specia	Specia asimilată
50		Arțar american argintiu	Arțar tătarăsc
51		Arțar tătarăsc	Arțar tătarăsc
52		Cais	Măr pădureț
53		Carpen	Carpen
54		Castan	Gorun
55		Castan porcesc	Gorun
56		Catalpa	Gorun
57		Cărpiniță	Carpen
58		Cireș pădureț	Cireș
59		Corcoduș	Păr pădureț
60		Dud alb	Stejar
61		Dud negru	Stejar
62		Frasin american	Frasin
63		Frasin comun	Frasin
64		Frasin de câmp/luncă	Frasin
65		Frasin de Pensilvania	Frasin
66		Frasin pufos	Frasin
67		Glădiță	Salcâm
68		Gutui	Măr pădureț
69		Jugastru	Jugastru
70		Jugastru de Banat	Jugastru
71		Liriodendron	Jugastru
72		Magnolie	Jugastru
73		Mălin	Mălin
74		Mălin american	Mălin
75		Măr pădureț	Măr pădureț
76		Mesteacăn	Mesteacăn
77		Mesteacăn pufos	Mesteacăn
78		Mojdrean	Frasin
79		Nuc	Nuc negru
80		Nuc american cenușiu	Nuc negru
81		Nuc negru	Nuc negru
82		Paltin de câmp	Paltin de câmp
83		Paltin de munte	Paltin de munte
84		Paulovnia	Salcie
85		Păr pădureț	Păr pădureț
86		Piersic	Măr pădureț
87		Platan	Paltin de câmp
88		Prun	Păr pădureț
89		Salcâm	Salcâm
90		Salcâm japonez	Salcâm
91		Scoruș	Scoruș
92		Scoruș de munte	Scoruș
93		Sorb	Scoruș
94		Alți scoruși	Scoruș
95		Sâmbovină	Scoruș
96		Ulm de câmp	Ulm
97		Ulm de munte	Ulm
98		Ulm de Turkestan	Ulm
99		Velniș	Ulm
100		Vișin turcesc	Vișin turcesc
101		Alte foioase tari	Gorun

Nr. crt.	Grupa de specii	Specia	Specia asimilată
102		Diverse foioase tari exotice	Gorun
103	Foioase moi	Cenușer	Gorun
104		Oțetar roșu	Gorun
105		Plop alb	Plop alb și negru
106		Plop cenușiu	Plop alb și negru
107		Plop euramerican I 214	I214
108		Plop euramerican R16	R16
109		Plop euramerican Sacrau	Sacrau
110		Alți plop selectionați	Sacrau
111		Plop negru	Plop alb și negru
112		Plop tremurător	Plop tremurător
113		Salcie albă (lăstari)	Salcie (sămânță)
114		Salcie albă (sămânță)	Salcie (sămânță)
115		Salcie albă (sulinari)	Salcie (sulinari)
116		Salcie căprească	Salcie căprească
117		Salcie plesnitoare	Salcie (sămânță)
118		Alte sălcii	Salcie (sămânță)
119		Sălcioară	Salcie
120		Tei argintiu	Tei
121		Tei cu frunza mare	Tei
122		Tei pucios	Tei
123		Alte foioase moi	Plop alb și negru
124		Diverse foioase moi exotice	Plop alb și negru

Datele individuale ale arborilor eșantion sunt agregate la nivel de suprafață de probă și raportate la hectar folosind o ponderare (factor de extrapolare) variabilă. Deoarece arborii sunt măsurați în fiecare suprafață de probă în două cercuri concentrice cu razele de 7,98 și 12,62 m, respectiv cu suprafețele de 200 m² și de 500 m², factorul de extrapolare este specific și proporțional cu suprafața cercului din care arborele eșantion face parte. Acest lucru este necesar pentru a reflecta probabilitatea de selectare a unui arbore. Pentru arborele i din suprafața de probă j , factorul de extrapolare p_{ij} se calculează astfel:

- a) pentru arborii din cercul mic (cu raza de 7,98 m, suprafața de 200 m²)

$$p_{ij} = \frac{10000}{200} = 50 \quad (16)$$

- b) pentru arborii din cercul mare (cu raza de 12,62 m, suprafața de 500 m²)

$$p_{ij} = \frac{10000}{500} = 20 \quad (17)$$

Ponderea este diferită în cazul suprafețelor de probă care nu sunt situate în întregime în interiorul vegetației forestiere, fiind necesară o corecție. Aceasta corecție necesită determinarea procentului din suprafața de probă (și din fiecare cerc în parte) care este în interiorul vegetației

forestiere, procent care este determinat în urma măsurărilor de teren. Funcțiile de densitate sunt calculate prin raportarea valorilor la suprafața cercului căruia îi aparțin. De exemplu, dacă suprafața de probă este parțial (e.g. 50%) în afara vegetației forestiere și restul suprafeței în pădure (restul de 50%), suprafața de probă se subdivide în două sectoare, pe limita fizică dintre cele două categorii de folosință, din care rezultă o corecție $p_k = 0,5$ aplicată funcției de densitate.

6.2. La nivel de sondaj

Agregarea datelor la nivel de sondaj se face prin însumarea mediilor la nivel de suprafață de probă și împărțirea sumei obținute la numărul suprafețelor de probă din sondajul respectiv:

$$\bar{a}_{k,h,i} = \frac{\sum_{j=1}^{n_j} a_{k,h,i,j}}{n_j} \quad (18)$$

Unde:

- $\bar{a}_{k,h,i}$ este media la nivelul sondajului i ,
- n_j este numărul de suprafețe de probă j din sondajul j ;
- $\bar{a}_{k,h,i,j}$ este media la nivel de suprafață de probă j .

6.3. La nivel de strat

Agregarea datelor la nivel de strat se face prin însumarea mediilor la nivel de sondaj și împărțirea sumei astfel obținute la numărul sondajelor din stratul respectiv:

$$\hat{\bar{a}}_{k,h} = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} \bar{a}_{k,h,i}}{n_h} \quad (19)$$

unde:

- $\bar{a}_{k,h}$ este media la nivelul stratului h ,
- $\bar{a}_{k,h,i}$ este media la nivelul sondajului i ,
- n_h este numărul de sondaje din stratul h ;
- $\bar{a}_{k,h,i}$ este media la nivelul sondajelor i din stratul h .

7. Estimarea valorilor totale (volumul, creșterea, recolta, mortalitatea)

Valorile totale sunt calculate folosind aceeași abordare ca și cea folosită pentru determinarea suprafețelor, respectiv ca produsul dintre o suprafață și valoarea medie în această suprafață. Dificultatea constă în definirea acelei suprafețe și în însumarea valorilor totale pe suprafețe, pentru a obține un total la un nivel geografic dat (regiune, țară). Suprafețele straturilor sunt estimate prin eșantionajul aerian, iar valorile medii ale straturilor sunt estimate prin eșantionajul terestru. Media la nivel de strat este calculată ca medie aritmetică simplă pentru toate punctele i din rețeaua terestră care aparțin straturilor h , deoarece punctele au aceeași pondere:

$$\hat{y}_{hk} = \frac{\sum_i^{N_h} y_{hki}}{N_h} \quad (20)$$

la nivel de unitate primară de eșantionaj y_{hki} fiind:

$$y_{hki} = \frac{\sum_j^{M_i} y_{hki j}}{M_i} \quad (21)$$

7.1. Estimarea volumului de lemn pe picior

Ca și în cazul estimărilor de suprafață, estimările valorilor totale de volum sunt efectuate separat pe regiuni, zone și straturi. Pentru fiecare regiune, estimările sunt realizate la nivel de zonă și de strat, în parte. Așadar, valoarea totală pentru o categorie k într-o regiune dată este calculată ca o sumă, după formula:

$$\hat{Y}_k = \sum_z^Z S_z \left[\sum_h^{H_z} \hat{w}_{zh} \cdot \hat{y}_{zhk} \right] \quad (22)$$

unde:

- z este zona cartografiată (în funcție din desimea rețelei terestre),
- h este stratul,
- H_z reprezintă numărul total de straturi în zona z ,
- w_{zh} este ponderea stratului h în zona z .

Volumul mediu în categoria k la nivel de sondaj i este calculat folosind:

$$\underline{v}_{ki} = \frac{\sum_{j=1}^{M_i} \sum_{l=1}^{L_{ij}} v_{ijlk}}{M_i} \quad (23)$$

Având $v_{ijlk} = \sum_{t \in L_{ij}} V_t$

unde:

- v_{ijlk} reprezintă volumul la hectar pentru sectorul L_{ij} din suprafața de probă j în sondajul i pentru categoria k ,
- V_t - volumul (raportat la hectar) al arborelui t dacă arborele în sectorul de suprafața de probă l este eligibil în categoria k , altfel $V_t = 0$.
- M_i - numărul de suprafețe de probă în sondajul i .

La nivel de strat, volumul mediu este calculat după formula:

$$\underline{v}_{hk} = \frac{\sum_{i=1}^{N_h} \underline{v}_{ki}}{N_h} \quad (24)$$

unde N_h reprezintă numărul de sondaje din stratul h .

Reamintim faptul că sondajele constituie unitatea primară de eșantionaj în cadrul unui inventar în care suprafețele de probă sunt grupate, și ca atare nu pot fi considerate independente. Volumul pentru fiecare strat h este calculat folosind $\hat{v}_{kh} = \hat{A}_h \times \underline{v}_{hk}$, $\hat{A}_h$ fiind estimarea suprafeței stratului h . Valorile totale la nivel de regiune sunt obținute în mod direct prin însumarea valorilor calculate la nivel de fiecare strat în regiunea respectivă:

$$\underline{v}_k = \sum_h^H \hat{v}_{hk} \quad (25)$$

Volumul total la nivel de țară este suma valorilor calculate la nivel de regiune.

7.2. Estimarea creșterii curente anuale

Determinarea creșterii curente se realizează prin metoda inventarierilor succesive, având în vedere schimbările care pot surveni într-o perioadă de observație (definită de sezoanele de creștere). În acest scop sunt identificați arborii care sunt inventariați la începutul (a) și la sfârșitul perioadei (b) de inventariere, arborii subțiri (s) și arborii recoltați sau dispăruți (r) (Fig. 7.1).

Creșterea curentă este calculată prin procedeul inventarierilor succesive, al cărui bilanț este de forma:

$$I_V = V_b - V_a + V_r - V_s + E_e \quad (26)$$

unde I_V reprezintă creșterea curentă brută (în m^3) din perioada de observație,

- V_b – volumul arborilor la sfârșitul perioadei (m^3);
- V_a – volumul arborilor la începutul perioadei;
- V_r – volumul arborilor recoltați sau dispăruți în timpul perioadei;
- V_s – volumul arborilor inventariați până la sfârșitul perioadei, dar care la inventarierea precedentă nu existau sau aveau diametre mai mici decât limita inferioară de măsurare;
- E_e – eroarea de estimare (m^3).

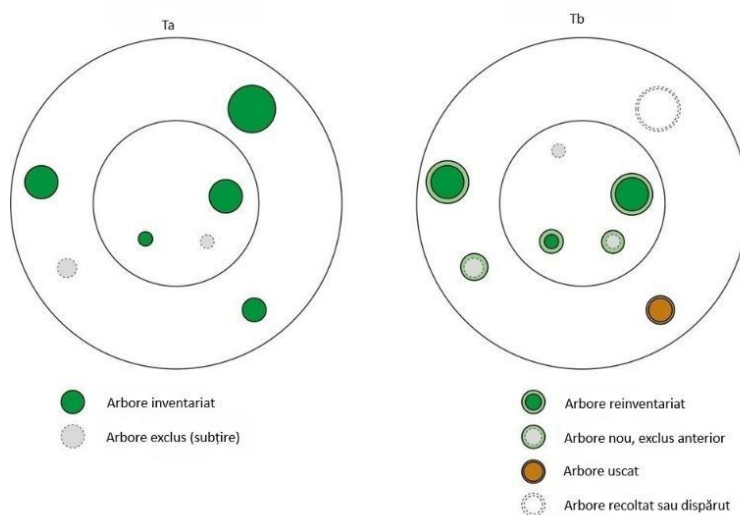


Fig. 7.1 Dinamica statutului arborilor eșantion la începutul (T_a) și sfârșitul (T_b) perioadei de observație, exemplificată într-o suprafață de probă IFN. Arborii eșantion sunt reprezentați cu cercuri a căror dimensiune indică diametrul de bază, iar culoarea indică statutul în momentele de la începutul (T_a) și sfârșitul (T_b) perioadei de observație.

Creșterea arborilor a fost abordată diferențiat în funcție de statutul fiecărui arbore (i.e. arbore măsurat în ambele cicluri de inventariere, arbore mort/viu pe picior) și determinată prin *diferența a două volume*, luând în considerare numărul de sezoane de vegetație dintre două măsurători succesive, rezultând astfel o creștere curentă anuală.

Estimarea creșterii curente anuale se realizează la nivel de arbore. Pentru estimarea creșterii se iau în considerare toți arborii măsurați în ciclul anterior, atât cei care au fost identificați și remăsurați în ciclul următor (vii sau morți), cât și cei care nu au mai fost identificați (au fost tăiați, suprafața de probă nu a mai fost practicabilă/accesibilă etc).

Determinarea perioadei de observație

Pentru arbori identificați și remăsurați în ciclul următor, procedeul de calcul al creșterii este relativ simplu, respectiv estimarea creșterii se face pe baza diferenței dintre volumele arborilor măsurați la cele două momente în timp ($V_{IFNn} - V_{IFNn-1}$). Pentru determinarea creșterii anuale medii, se consideră numărul sezoanelor de creștere dintre cele două măsurători. Estimarea duratei dintre măsurători se bazează pe contribuții lunare variabile și specifice zonelor de relief (câmpie și deal/munte) (Tabelul 7.1).

Tabelul 7.1. Estimarea numărului de sezoane de vegetație în funcție de perioada măsurării (%)

Zona/Luna	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Câmpie	0	0	0	10	30	30	20	10	0	0	0	0
Deal/Munte	0	0	0	0	30	50	20	0	0	0	0	0

O schemă de contribuție mai aproape de realitate și mai generală este exprimată în aceste contribuții lunare care se însumează la 10 pentru a permite o estimare a intervalului cu o zecimală semnificativă (Tabelul 7.2).

Tabelul 7.2. Frația sezonului de vegetație corespunzătoare perioadei în care au fost inventariați arborii dintr-un sondaj

Zona / Luna	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Câmpie / Contribuția lunară	0	0	0	1/10	3/10	3/10	2/10	1/10	0	0	0	0
Câmpie / Contribuția cumulată	0	0	0	1/10	4/10	7/10	9/10	10/10	10/10	10/10	10/10	10/10
Deal-munte / Contribuția lunară	0	0	0	0	3/10	5/10	2/10	0	0	0	0	0
Deal-munte / Contribuția cumulată	0	0	0	0	3/10	8/10	10/10	10/10	10/10	10/10	10/10	10/10

În cazul estimărilor cu precizie lunară, dacă ziua măsurării în primul ciclu s-a situat în intervalul 1-15 (inclusiv 15) al lunii calendaristice, atunci se rotunjește la luna anterioară întreagă (altfel spus, nu se mai socotește creșterea realizată în cursul lunii în care se face măsurătoarea). Dacă ziua măsurării s-a situat în intervalul 16-31 al lunii calendaristice, atunci se consideră contribuția lunii întreagă. Spre exemplu, dacă măsurătoarea se face la data de 15/04/2020 se va considera că nu s-a realizat creștere în luna aprilie (prin urmare, practic se consideră că nu a pornit încă creșterea 2020),

iar dacă măsurătoarea s-a efectuat la data de 16/04/2020 se va considera că 1/5 din creșterea 2020 a fost deja realizată.

Modelul de estimare a creșterii calculează câte sezoane de vegetație se înregistrează între două măsurători succesive. La diferența de ani dintre măsurători (reprezentând în fapt număr de sezoane de vegetație întregi) este adăugată fracția creșterii anuale realizate pentru anul primei măsurători și pentru anul următoarei măsurători:

$$\Delta_T = F_1 + \text{numar_sezoane_întregi} + F_2 \quad (27)$$

unde:

- Δ_T este numărul de sezoane de vegetație,
- F_1 fracția creșterii în anul primei măsurători,
- F_2 fracția creșterii în anul următoarei măsurători.

Fracțiile F_1 și F_2 vor fi calculate în funcție de luna în care s-a făcut măsurătoarea. De exemplu un sondaj din zona de munte a fost inventariat succesiv în datele de 01.03.2017 și 01.10.2021. Având în vedere că prima măsurătoare a avut loc înainte de începerea sezonului de vegetație din anul 2017, iar următoarea măsurătoare a avut loc după încheierea sezonului de vegetație din anul 2021, astfel că în final vor rezulta 5,0 sezoane de vegetație. Un alt exemplu elocvent este inventarierea succesivă a unui sondaj în datele 01/07/2017 și 01/10/2022. Conform modelului de alocare lunară, până la sfârșitul anului arborii mai pot acumula 3/10 din creșterea anuală, respectiv 0,3 sezoane de vegetație. Durata totală (Δ_T) între cele două inventarieri rezultată este de 5,3 sezoane de vegetație.

Numărul de „sezoane de creștere echivalente” (Δ_T) cuprinse între două măsurători IFN se calculează pentru ciclul III ca diferența de timp între IFN2 și IFN3. Datele utilizate sunt datele GPS înregistrate cu ocazia măsurării fiecărui sondaj (cod_sondaj, cod_sp). Sezoanele de creștere sunt modelate folosind ponderi lunare diferite pe tipuri relief, conform Tabelului 8.1.

Pentru a evita supra- sau sub-estimarea la limite, se aplica „regula de 15 ale lunii”; dacă începutul intervalului cade înainte de ziua 16, se pornește cu prima zi a lunii curente, altfel cu prima zi a lunii următoare; dacă sfârșitul cade înainte de ziua 15, se fixează la ultima zi a lunii precedente, altfel la ultima zi a lunii curente. Se parcurg lunile incluse și se însumează ponderile aferente, obținând Δ_T (o valoare $\Delta_T = 1.0$ reprezintă un sezon de vegetație complet). În paralel s-au calculat și duratele calendaristice (vezi Δ_{Tcal} pentru calculul recoltei sau mortalității). Pentru situațiile cu date lipsă, se completează ierarhic, luând prima valoare non-NA din:

1. media pe sondaj $\times$ relief_ref, pentru cazurile în care un SP nu are data;
2. media națională pe relief_ref;
3. media națională.

Baza de date IFN conține peste 500 de mii de arbori eşantion ($d \geq 56\text{mm}$), din care cea mai mare parte vor fi reinventariați în ciclul următor. Restul este reprezentat de arbori care vor fi considerați dispăruți din diferite cauze sau a căror măsurare nu a fost posibilă.

Evaluarea creșterii i_v este realizată la nivelul fiecărui arbore în funcție de statutul său. Arborii comuni, care sunt măsurați în două cicluri de inventariere succesive (v_B și v_A), vor avea o creștere estimată ca diferența dintre volumele determinate în cele două momente ale înregistrării ($v_B - v_A$). Creșterea medie anuală i_{va} a fiecărui arbore este estimată prin raportarea diferenței dintre v_B și v_A la numărul sezoanelor de vegetație.

$$i_{va} = \frac{v_B - v_A}{\Delta_T} \quad (28)$$

unde:

- i_{va} este creșterea medie anuală,
- v_A este volumul inițial al arborelui la momentul A
- v_B este volumul arborelui la momentul B
- Δ_T numărul de sezoane de creștere (sezoane de vegetație)

Pentru mortalitate și recoltă, perioada de observație nu trebuie să fie determinată în funcție de numărul de sezoane de vegetație deoarece, spre deosebire de creștere, recolta și mortalitatea se pot produce oricând pe parcursul anului. Așadar, pentru acești indicatori s-a propus utilizarea unui indicator de timp bazat pe timpul calendaristic scurs (Δ_{Tcal}), iar indicatorul bazat pe numărul de sezoane de vegetație (Δ_T) să fie utilizat doar pentru creștere. Perioada de timp calendaristică (Δ_{Tcal}) dintre două măsurători IFN este exprimată în ani. Acesta se calculează ca raport între numărul de zile dintre datele GPS ale celor două inventarieri succesive, și 365.25 zile, luându-se în calcul un singur an bisect într-o perioadă de 5 ani. Pentru IFN3 perioada medie de timp dintre cele două inventarieri succesive este de 6,37 ani.

În cazul arborilor măsurați și neidentificați în cicluri succesive de inventariere, setul de date pentru estimarea creșterii este considerat incomplet. Principiul de calcul și de alocare a creșterii va lua în considerare doar jumătate din intervalul de timp dintre inventarieri (Fig. 7.2). Va fi testată suplimentar distribuția aleatorie a frecvenței datelor lipsă (e.g. diametrul de bază, înălțimea).

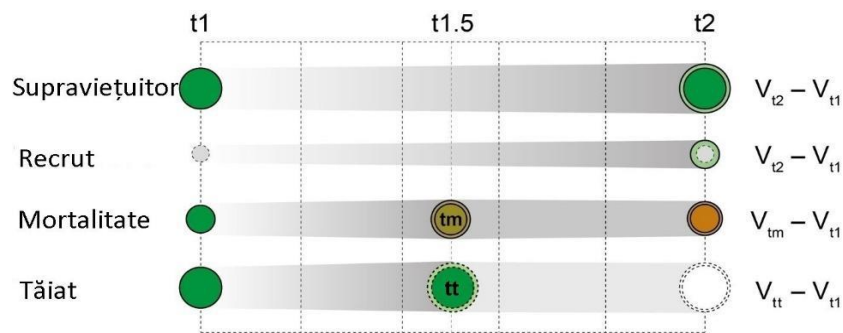


Fig. 7.2 Schema conceptuală pentru calculul componentelor creșterii (arbori vii sau supraviețuitori, recruți, mortalitate sau arbori tăiați). V_{t1} este volumul inițial. V_{t2} este volumul final, V_{tm} este volumul acumulat de arborii uscați în intervalul dintre două inventarieri succesive. V_{tt} este volumul arborilor tăiați în aceeași perioadă.

Estimarea creșterii arborilor dispăruți

În bilanțul creșterii pădurii trebuie inclusă și creșterea arborilor dispăruți din diverse motive (recoltați, căzuți la sol). Așadar, presupunerea este că înainte de a dispărea, acești arbori înregistrează o creștere aferentă unei perioade egală cu jumătate din intervalul de timp dintre două inventarieri succesive. Deoarece acești arbori sunt dispăruți, creșterea lor reală nu poate fi determinată ci doar estimată. Pentru estimarea creșterii arborilor dispăruți în ciclul II (între IFN1 și IFN2) s-a utilizat o procedură bazată pe imputații multiple. Această procedură estimează creșterea arborilor dispăruți în funcție de creșterile înregistrate de arbori similari în condiții aproape similare de vegetație. Fiind o estimare, rezultatele sunt afectate foarte mult de erorile de estimare. Propunerea pentru soluționarea acestui neajuns a fost să se utilizeze în locul estimărilor, creșterile efective pe care acești arbori dispăruți le-au înregistrat în ciclul precedent. Bineînțeles, această creștere a fost ajustată pentru a corespunde unei perioade egală cu jumătate din ciclul III IFN.

Presupunerea este că acești arbori ar fi avut un ritm de creștere similar cu ritmul de creștere înregistrat în ciclul anterior. Deoarece creșterea este afectată atât de distribuția arborilor pe curba de creștere (e.g., distribuția claselor de vârstă, care redă procentul arborilor din populația analizată care se află în perioada de creștere accelerată), dar și de episoadele de secetă cauzate de schimbările climatice, s-a recurs la ajustarea creșterii arborilor cu un coeficient K , prin care se iau în considerare aceste aspecte. Acest coeficient a fost calculat ca raport între media creșterilor anuale ale arborilor din ciclul al III-lea (IFN3-IFN2) și media creșterilor anuale ale acelorași arbori în ciclul II (IFN2-IFN1). Așadar, s-a recurs la identificarea arborilor vii, comuni în IFN1, IFN2 și IFN3, și s-a calculat creșterea anuală pentru ciclul al II-lea și ciclul al III-lea. Scopul acestui raport K este să surprindă diferențele de creștere cauzate de episoadele climatice specifice celor două perioade analizate sau de modificările distribuției arborilor pe curba de creștere. Ca urmare, pentru a evita includerea unui efect cauzat de eșantionaj în calculul factorului K , factorul de expansiune la hectar (50 sau 20 în funcție de mărimea dbh) utilizat a fost același pentru creșterile celor două cicluri. Valoarea calculată a factorului

K a fost de 0.9668, ceea ce sugerează o creștere cu aproximativ 3% mai mică în ciclul al III-lea comparativ cu cea din ciclul al II-lea, probabil cauzată de episoadele de secetă din ultimii ani. Pentru arborii dispăruți în IFN3 a căror creșteri între IFN2-IFN1 se înscriu în restricțiile prezentate la *Gestionarea creșterilor aberante/extreme* s-au folosit creșterile IFN2-IFN1, ajustate cu factorul K. Pentru arborii dispăruți pentru care creșterile IFN2-IFN1 nu se înscriu în restricțiile respective, s-a estimat creșterea cu modelul de imputație multiplă (IFN3-IFN2, fără a mai fi nevoie ajustarea creșterii acestora cu factorul K). Creșterea arborilor omiși în IFN2, dar măsurați în IFN3 a fost estimată cu ajutorul metodei imputației multiple.

Estimarea creșterii arborilor recruți

Creșterea arborilor recruți s-a calculat ca diferență între volumul arborilor recruți la cea de-a treia inventariere (IFN III) și volumul acestora la momentul intrării în eșantionaj (momentul în care aceștia ating diametrul limita de 5.6 cm, respectiv 28.5 cm, în raport de cercul cu suprafața de 200 m² sau de 500 m² în care au fost măsurați). Pentru determinarea volumului arborilor la intrarea în eșantionaj, se cunoaște diametrul de bază (diametrul limită care este de 5.6 cm pentru cercul de 200 m², respectiv 28.5 cm pentru cercul de 500 m²), însă nu se cunoaște înălțimea arborilor la momentul intrării în eșantionaj (în momentul în care aceștia ating diametrul limită de 5.6 cm, respectiv 28.5 cm). Pentru determinarea înălțimii aferente diametrului limită (*dbh.lim*) s-a recurs la elaborarea de modele care să estimeze înălțimea arborilor în funcție de diametrul de bază (model H-D) pentru fiecare specie în parte, după care s-au folosit aceste modele pentru estimarea înălțimii aferente *dbh.lim*. Ca urmare, înălțimea arborelui la momentul intrării în eșantionaj (în momentul când a atins *dbh.lim*) a fost calculată astfel:

$$H_{lim} = H_{estimat_lim} - H_{estimat} + H_{măsurat} \quad (29)$$

unde

- $H_{estimat_lim}$ este înălțimea estimată (pe baza modelului H-D) pentru diametrul limită de 28.5 sau 5.6 cm;
- $H_{estimat}$ este înălțimea estimată pentru arborele recrut (cu $dbh > dbh.lim$);
- $H_{măsurat}$ este înălțimea măsurată a arborelui recrut.

Schema și determinare a parametrului H_{lim} este prezentată în Figura 7.3, pentru un arbore recrut cu $dbh.lim$ de 5.6 cm și unul cu $dbh.lim$ de 28.5 cm.

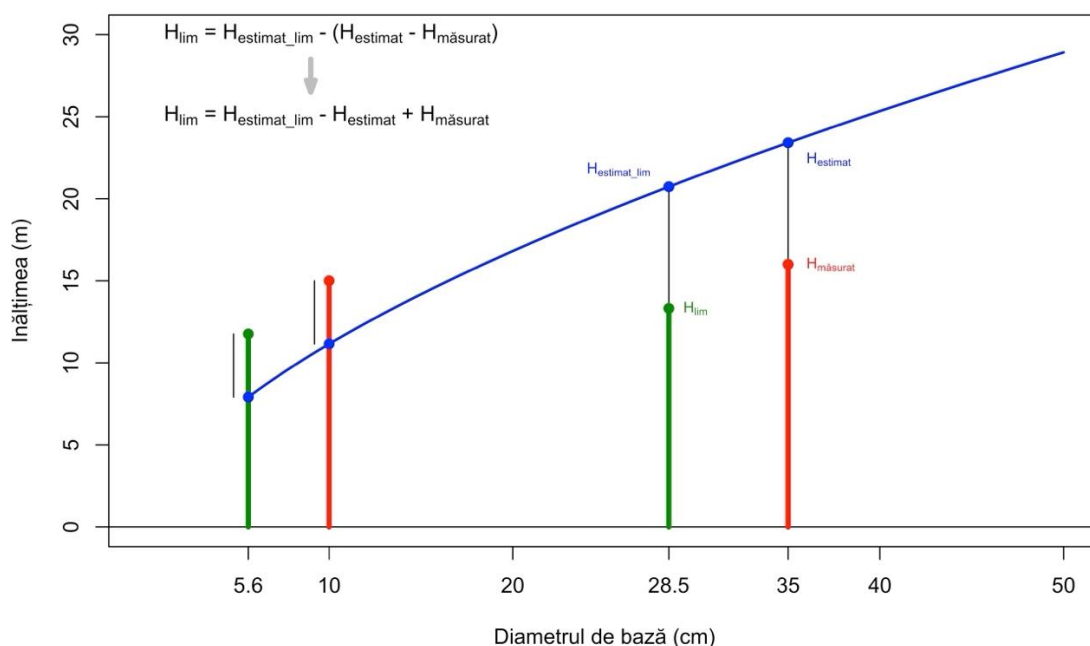


Figura 7.3. Determinarea înălțimii arborilor recruți la momentul intrării în eșantionaj

Arborii recruți care au trecut din cercul cu suprafața de 200 m² în cercul cu suprafața de 500 m² nu sunt identificați în baza de date cu codul de recruți. Pentru identificarea acestor arbori, s-a folosit un filtru de identificare a arborilor care au avut dbh ≤ 28.5 cm la a doua re-măsurare (IFN2) și dbh > 28.5 cm la cea de-a treia re-măsurare (IFN3). Pentru acești arbori, creșterea a fost separată în două componente: (i) creșterea arborilor vii, calculată ca proporție a creșterii în suprafața de bază aferentă cercului de 200 m² și (ii) creșterea arborilor recruți, ca proporție a creșterii în suprafața de bază aferentă cercului de 500 m². Spre exemplu, pentru un arbore care în IFN2 avea un diametru de 27.0 cm iar în IFN3 a avut un diametru de 29.0 cm, 74.3% din creșterea în volum este alocată creșterii arborilor vii (deoarece 65.4 cm² din creșterea totală în suprafața de bază de 88.0 cm² corespunde cercului cu aria de 200 m²). Diferența de 25.7% din creștere (deoarece doar 22.6 cm² din creșterea în suprafața de bază corespunde cercului cu aria de 500m², acolo unde arborele devine recrut) este alocată arborilor recruți.

Pentru estimarea creșterii arborilor omiși (măsurați pentru prima dată în IFN3) a fost utilizată metoda imputației multiple (MI) (Rubin, 1976, 1996), prin intermediul algoritmului *MICE* (*Multivariate imputation by chained equation*) în aplicația statistică R (van Buuren, Groothuis-Oudshoorn, 2011). Această metodă presupune constituirea unei distribuții multivariate Z cu parametri necunoscuți θ . Parametrii distribuției θ au fost estimați în prima iterație prin eșantionaj succesiv din distribuția Z în care datele lipsă sunt completate cu valori medii. La următoarele iterații de calcul, datele lipsă sunt eșantionate din distribuția Z , astfel creându-se o nouă distribuție pentru care au fost estimați parametrii distribuției θ . Prin iterații aleatorii, succesive, parametrii distribuției θ converg

către o valoare limită, indicând tendința centrală și dispersia variabilelor (e.g. diametrul mediu și varianța), modelul de distribuție fiind parametrizat diferențiat pe specii, clase de diametre, relief și regiuni.

Gestionarea creșterilor aberante/extreme

Creșterile arborilor vii identificați în IFN2 și IFN3 (arbori cu cod_statut 100 și cod_avmp 100 atât în IFN2 cât și în IFN3) și cu vârful intact (incluzând doar arborii cu cod_vrar 100), ar trebui să reflecte creșterile reale ale arborilor, luând în considerare eroarea de măsurare a dbh și h. Așa cum se poate observa în figura 7.4 (a) au existat creșteri aberante (sau extreme), atât pozitive (i.e., deasupra diagonalei, unde volumul arborilor în IFN3 a fost neașteptat de mare comparativ cu volumul aceluiași arbore în IFN2) cât și negative (i.e., punctele de sub diagonală, unde volumul arborilor vii în IFN3 a fost mai mic decât cel înregistrat pentru aceeași arbori în IFN2). Aceste creșteri aberante în volum (pozitive sau negative) pot fi cauzate de o serie de factori cum ar fi:

- Diferențe pozitive de dbh (dbh în IFN3 mai mare decât dbh în IFN2) care sunt mai mari decât creșterile maxime în dbh plauzibile, la care se adaugă toleranța de măsurare a dbh.
- Diferențe negative de dbh (dbh în IFN3 mai mic decât dbh în IFN2) care sunt mai mari decât toleranța maximă admisă la măsurarea dbh.
- Diferențe pozitive de h (h în IFN3 mai mare decât h în IFN2) care sunt mai mari decât creșterile maxime în h plauzibile, la care se adaugă toleranța de măsurare a h.
- Diferențe negative de h (h în IFN3 mai mic decât h în IFN2) care sunt mai mari decât toleranța maximă admisă la măsurarea h.
- Diferențe de determinare a speciei pentru aceeași arbori în IFN3 vs. IFN2 (ca urmare modele diferite de regresie se aplica pentru estimarea volumului în IFN3 față de IFN2).

Pentru identificarea acestor creșteri aberante au fost impuse o serie de restricții:

1. Creșterea pozitivă în dbh nu poate fi mai mare decât creșterea maximă în dbh pentru întreaga perioadă de timp scursă de la măsurătoarea din IFN2 până la măsurătoarea din IFN3, la care se adaugă toleranța de măsurare a dbh. Creșterea maximă în dbh a fost determinată astfel:

$$\Delta_{dbh} < \Delta_{dbh,max} \quad (30)$$

$$\Delta_{dbh,max} = 2 \cdot r_{max} \cdot DeltaT_{32} + toleranta_dbh \quad (31)$$

$$toleranta_dbh = 3 \cdot \frac{0.3163}{100} \cdot dbh \quad (32)$$

în care r_{max} (în mm) este creșterea maximă radială, determinată pentru fiecare grupă de specii în parte din datele dendrocronologice (măsurători ale inelelor anuale); $DeltaT_{32}$ este perioada de timp scursă între cele doua măsurători; 0.3136 este abaterea standard relativă a diferențelor de dbh din măsurători repetate de dbh efectuate de echipele de teren. Pentru

determinarea toleranței maxime admise la măsurarea dbh s-au luat în considerare 3 abateri standard, așadar un interval de încredere de 99%.

2. Creșterea negativă în dbh trebuie să se încadreze în toleranța maximă admisă la măsurarea dbh. Ca urmare, valoarea absolută a creșterii negative a dbh trebuie să fie mai mică decât toleranța maximă admisă la măsurarea dbh (Eq. 32).
3. Creșterea pozitivă în h nu poate fi mai mare decât creșterea maximă în h pentru întreaga perioadă de timp scursă de la măsurătoarea din IFN2 până la măsurătoarea din IFN3, la care se adaugă toleranța de măsurare a h. Pentru h a fost stabilită o valoare maximă de 2 m pe an (i.e., 20 dm):

$$\Delta_h < \Delta_{h,max} \quad (33)$$

$$\Delta_{h,max} = 20 \cdot \Delta T_{32} + \text{toleranta}_h \quad (34)$$

$$\text{toleranta}_h = 3 \cdot \frac{4.6954}{100} \cdot h \quad (35)$$

în care 4.6954 este abaterea standard relativă a diferențelor de h din măsurători repetate efectuate de echipele de teren.

4. Creșterea negativă în h trebuie să se încadreze în toleranța maximă admisă la măsurarea h. Ca urmare, valoarea absolută a creșterii negative a h trebuie să fie mai mică decât toleranța maximă admisă la măsurarea h (Eq. 35).
5. Specia identificată în IFN3 să fie aceeași cu cea identificată în IFN2.

După aplicarea acestor restricții (figura 7.4, b), au fost eliminate majoritatea creșterilor aberante (figura 7.4, a), atât pozitive cât și negative. Creșterile negative în volum rămase sunt cauzate de creșterile negative în dbh sau h, dar care sunt în toleranța maximă admisă la măsurarea dbh și respectiv h.

Pentru arborii astfel identificați ca având creșteri aberante, creșterea s-a estimat prin metoda imputației multiple, prezentată mai sus.

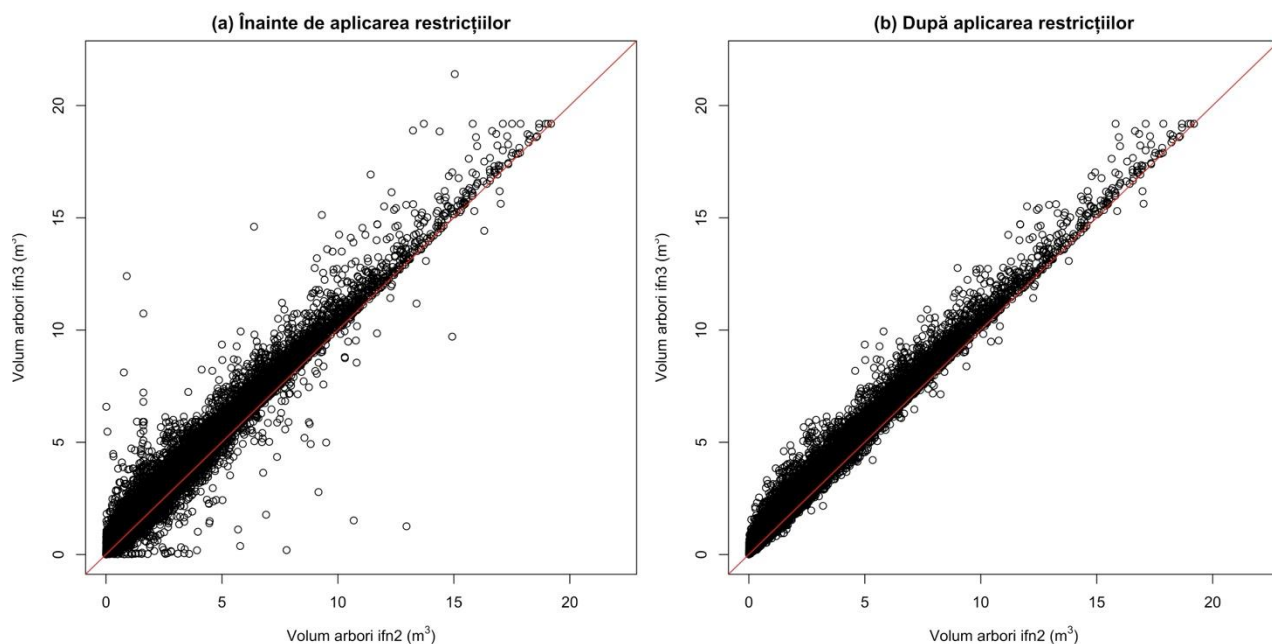


Figura 7.4. Volumul arborilor comuni în IFN2 vs. IFN3, înainte (a) și după (b) aplicarea restricțiilor.

Gestionarea creșterii negative a arborilor ruți

Pentru estimarea volumului arborilor al căror vârf a fost rupt, se folosește un procedeu specific prin care se estimează un volum intermediar folosind înălțimea estimată, iar din acest volum intermediar este scăzut volumul părții rupte pentru a estima cât mai precis volumul arborelui rupt. Creșterea arborilor cu vârful rupt deși nu intră în modelul de imputație multiplă, este calculată ca diferență netă între volumul arborilor în IFN3 și volumul din IFN2. Atunci când ruptura s-a produs între două cicluri succesive creșterea devine frecvent negativă, deoarece pierderea de volum din ruptură este adesea mai mare decât creșterea naturală a arborelui. Această creștere negativă cauzată de rupturile din coroană afectează negativ estimările de creștere a pădurii (bilanțul creșterilor). Ca urmare, creșterea negativă a arborilor ruți a fost eliminată din calculul creșterilor, prin atribuirea unei creșteri nule pentru arborii ruți care au prezentat creșteri negative. Această creștere negativă a fost în schimb contabilizată la mortalitate.

7.3. Estimarea volumului exploatat și recoltat

Volumul exploatat reprezintă volumul suprateran (exprimat în m^3/an) al arborilor care au fost încadrați în una dintre următoarele trei categorii de statut (cod_statut) din ciclul curent (IFN3):

- Arbore IFN2 (din ciclul precedent), recoltat prin tăiere selectivă (cod_statut 500);
- Arbore IFN2 (din ciclul precedent) recoltat prin tăiere integrală (cod_statut 600);
- Arbore IFN2 (din ciclul precedent) care nu a mai fost găsit (nici măcar cioata) (cod_statut 800).

Statutul arborilor este atribuit prin compararea situației individuale a fiecărui arbore înregistrat în ciclul anterior și identificarea cioatei sau constatarea dispariției acestuia. Inventarul forestier clasifică un arbore ca fiind recoltat atunci când acesta a fost tăiat sau a dispărut și a fost cu certitudine scos din pădure, conform datelor din teren. Cu toate acestea, IFN are o capacitate limitată tehnic și juridic de a verifica legalitatea tăierii. Astfel, categoria arborilor recoltați include atât arbori tăiați în conformitate cu legislația, cât și cei tăiați ilegal.

Precizăm că volumul de lemn tăiat și rămas în pădure nu poate fi identificat, cu excepția situației în care a rămas lângă cioată și în suprafața de probă și poate fi astfel încadrat ca lemn mort căzut la pământ. Dacă lemnul dispărut sau tăiat nu se mai regăsește în suprafața de probă nu se dispune de mijloace care să permită identificarea și inventarierea acestuia.

Volumul arborilor din cele trei categorii de cod_statut se determină ca volum al acestor arbori estimat în ciclul anterior (IFN2), la care se adaugă creșterea acestora, estimată pentru jumătate din perioada de timp scursă între cele două măsurători (vezi *Estimarea creșterii arborilor dispăruți*).

Inventarierea IFN se realizează succesiv la un interval de timp considerabil mai mare decât durata normală a unui parchet de exploatare, astfel încât nu poate fi diferențiat volumul resturilor de exploatare. Pentru a obține o imagine mai exactă asupra volumului de lemn exploatat și a impactului acestuia asupra pădurii, sunt necesare studii suplimentare privind estimarea lemnului netransportat și a resturilor lemnoase, care nu intră în circuitul economic.

Volumul recoltat a fost definit ca volumul exploatat, din care se scad ramurile cu diametrul sub 5 cm. În lipsa unor date concrete privind resturile de exploatare, s-a presupus că ramurile cu diametrul sub 5 cm rămân în pădure și deci reprezintă resturi de exploatare. Estimarea volumului ramurilor/crăcilor se bazează pe Biometrie – Giurgiu (2004), Tabela 13.1, care furnizează pentru foioase procentele de crăci pe specii și clase de diametre (dbh). Pentru fiecare specie documentată în tabelă s-a construit un model care urmărește să estimeze procentul de crăci pe baza variabilei independente dbh, calibrat astfel încât să interpoaleze valorile tabulare pe întreg intervalul de diametre. Pentru speciile de foioase din inventar fără model explicit în Biometrie, s-a utilizat un model generalizat pe grupe de specii, conform sortării dimensionale, și s-a atribuit: foioase tari sau foioase moi (după grupa din codul de specie), parametrii fiind preluați de la o specie reprezentativă a grupei.

7.4. Mortalitatea

Mortalitatea anuală a arborilor reprezintă volumul (exprimat în m³/an) arborilor care au fost vii în IFN2, iar în IFN3 au fost declarați ca fiind morți sau incluși în categoria cod_statut 900 (arbori dispăruți din SP, însă care nu au fost incluși în volumul exploatat deoarece trunchiul acestor arbori a fost identificat în pădure, atât în interiorul SP-lui cât și în afara acestuia). În volumul mortalității

arborilor a mai fost inclus și volumul vârfurilor rupte din arbori vii (vezi *Gestionarea creșterii negative a arborilor rupți*).

8. Estimatorul 'ratio'

Estimatorul *ratio* (raport, proporție) este cel mai folosit în inventarele forestiere naționale. În esență, aproape toate estimările realizate în cadrul unui inventar forestier național apelează la acest *ratio*: volumul la hectar, proporția arborilor morți pe picior, suprafața de bază etc. Aceasta pentru că, de obicei, valori precum volumul, suprafața de bază etc. sunt raportate la o categorie dată (pădure, specie sau grupe de specii de arbori din pădure etc.), iar suprafața, volumul, numărul de arbori etc., nu sunt cunoscute înainte de inventar, ci ele sunt estimate numai prin inventarul forestier național.

Spre exemplu, volumul la hectar este de fapt un volum la hectarul de pădure sau, mai detaliat, de pădure din zona munte. Deci volumul, estimat prin inventar, este raportat la o suprafață estimată tot prin inventar. Așadar, raportul este un *ratio* între două variabile aleatorii, care au o eroare de eșantionaj.

Estimatorul este raportul unor valori totale, spre exemplu, un volum raportat la o suprafață de referință corespunzătoare. În limba engleză estimatorul este denumit *ratio of means* (raport de medii) pentru că totalul se calculează ca raportul dintre volumul mediu și suprafață. Numitorul este produsul unui procent mediu de acoperire cu o suprafață, aceeași suprafață ca la numărător. Ca urmare, estimatorul este raportul unor valori medii:

$$Ratio = \frac{V \cdot A}{\underline{p} \cdot A} = \frac{V}{\underline{p}} \quad (36)$$

Acest calcul poate fi realizat la nivel de strat sau de regiune, fără deosebire, doar că la nivel de regiune totalul provine din însumarea valorilor pe mai multe straturi:

$$Ratio = \frac{\sum_h \underline{x}_h \cdot A_h}{\sum_h \underline{y}_h \cdot A_h} \quad (37)$$

9. Estimarea erorilor pentru estimatorul *ratio*

Pentru estimarea varianței, erorii standard și a erorii de eșantionare pentru estimatorul *ratio* (e.g., volum la hectar) s-a utilizat metoda delta (derivată din dezvoltarea în serie Taylor de ordinul I) a funcției de raport între două variabile aleatorii, în cazul de față, volum și suprafață:

$$Var(\bar{v}_{ha,k}) = \frac{\sum_h Var(\hat{V}_{h,k}) \cdot \left(\frac{\hat{A}_{h,pad}}{\hat{A}_{pad}}\right)^2}{\hat{A}_{pad}^2} + \frac{\hat{V}_k^2 Var(\hat{A}_{pad})}{\hat{A}_{pad}^4} - 2 \frac{\hat{V}_k \cdot Cov(\hat{V}_k, \hat{A}_{pad})}{\hat{A}_{pad}^3} \quad (38)$$

$$SE(\bar{v}_{ha,k}) = \sqrt{Var(\bar{v}_{ha,k})} \quad (49)$$

$$EE\%(\bar{v}_{ha,k}) = \frac{1.96 \cdot SE(\bar{v}_{ha,k})}{\bar{v}_{ha,k}} \cdot 100 \quad (40)$$

În care:

$\bar{v}_{ha,k}$ este volumul la hectar pentru categoria k;

$\hat{V}_{h,k}$ este volumul total estimat al categoriei k în stratul h;

$\hat{A}_{h,pad}$ este suprafața de pădure estimată pentru stratul h;

$\hat{A}_{pad}$ este suprafața totală de pădure;

$\hat{V}_k$ este volumul total estimat pentru categoria k;

Var este varianța, iar

Cov este covarianța.

10. Concluzii

Metodologia de prelucrare a datelor din ciclul III IFN a fost aprobată de Consiliul Științific al INCDS și a fost folosită cu succes pentru elaborarea indicatorilor de caracterizare a vegetației forestiere din țara noastră, prezentați în Raportul final IFN3.

Metodologia folosită presupune că suprafața acoperită cu vegetație forestieră (*pădure, alte terenuri cu vegetație forestieră și alte terenuri cu arbori*) parcursă cu inventarieri forestiere acoperă întreg teritoriul țării, deoarece aceasta nu este cunoscută și trebuie să fie determinată cu ocazia acestor inventarieri. Suprafața inventariată este separată în straturi, care sunt suprafețe omogene, în interiorul cărora procentul de acoperire al vegetației forestiere (sau al oricărei categorii) este determinat pe baza măsurărilor de teren. Suprafața straturilor este estimată prin foto-interpretare.

Pentru a determina valoarea totală a suprafeței se însumează suprafețele tuturor straturilor constituite, care sunt estimate ca produs al valorilor medii într-o anumite categorie (spre exemplu, de pădure sau de vegetație forestieră) în stratul respectiv.

Volumul la hectar, sau orice altă valoare raportată la nivel de categorie specifică, este estimat prin calculul unui *ratio*.

Datele din teren sunt verificate și validate lunar în colaborare cu echipele de teren. În metodologia de prelucrare a datelor IFN sunt prevăzute peste 50 de subrutine de verificare a formatului, conformității (conținut) și uniformității (inter-comparabilitate) datelor, eventualele erori fiind identificate și corectate prin contribuția și responsabilitatea echipelor de teren sub coordonarea colectivului de prelucrare a datelor, ulterior fiind înregistrate modificările și corecțiile solicitate în baza de date IFN.

Sistemul IFN a fost conceput pentru monitorizarea dinamicii resurselor forestiere naționale și cuprinde toate componentele instituționale, informaționale și științifice necesare pentru a fundamenta politicile naționale forestiere și de mediu. Metodologia IFN este cuprinzătoare în ceea ce privește îndeplinirea obiectivelor asumate și a cerințelor naționale și internaționale de raportare și a fost într-un permanent proces de adaptare, testare și comparare a rezultatelor în diferite proiecte naționale și internaționale (e.g., FutMon, E-Forest, DIABOLO, LULUCF, COST E43 și COST FP1001 – USEWOOD, GHG Europe, RemoteForest, Forest Flux).

Metodologia de prelucrare a datelor IFN este foarte complexă și este perfectibilă în privința asigurării și controlului calității datelor și a conceperii și implementării unui sistem informațional flexibil și operațional, pentru a crește valoarea adăugată a informațiilor și acuratețea estimărilor.

IFN a dovedit după trei cicluri de inventariere că este un instrument matur care furnizează informații exhaustive și credibile asupra dinamicii indicatorilor de caracterizare a resurselor forestiere

naționale. Prin aplicarea unor metode moderne de culegere și prelucrare statistică a datelor și prin coroborarea acestora cu baze de date din domeniile social și economic, IFN este un sistem important de informare și comunicare necesar factorilor de decizie, dar și publicului larg interesat, devenind astfel, un domeniu de înaltă relevanță publică.

Bibliografie

- Bouriaud, O., Marin, Gh., Herve, J.C., Riedel, T., Lanz, A., 2020, *Estimation Methods In The Romanian National Forest Inventory*, Nova Science Publishers, New York, 54 p.
- Cochran, W.G., 1977, *Sampling techniques*. Wiley, New York, 448p.
- Giurgiu, V., Decei, I., 1997, *Biometria arborilor din România*, Ed. Snagov, 307p.
- Giurgiu, V., Decei, I., Drăghiciu, D., 2004. *Metode și tabele dendrometrice*. Editura Ceres, București, 575p.
- Mandallaz, D.M., 2008. *Sampling techniques for forest inventories*. Chapman & Hall/CRC, Boca Raton, 272p.
- Mandallaz, D.M., 2012. *Comparison of estimators in one-phase two-stage Poisson sampling in forest inventories*. Canadian Journal of Forest Research 42, pp.1865-1871.
- Milescu, I., Alexe, A., 1983. *Inventarierea pădurilor*. Ed. Ceres, 491p.
- Rubin, D. B., 1976, *Inference and missing data*, Biometrika, 63(3), pp. 581-592.
- Rubin, D.B., 1996, *Multiple imputation after 18+ years*, Journal of the American statistical Association, 91(434), pp.473-489.
- FOREST EUROPE, 2020: *State of Europe's Forests 2020*, 394p.
- van Buuren, S., Groothuis-Oudshoorn, K., 2011, *mice: Multivariate Imputation by Chained Equations in R*. Journal of Statistical Software, 45(3), 1–67.

GLOSAR DE TERMENI

Metodologie de calcul – ansamblu coerent de metode, reguli, ipoteze, surse de date, proceduri statistice și ecuații prin care datele măsurate sau colectate în teren sunt transformate în indicatori și rezultate IFN. Metodologia precizează variabilele, pașii de preprocesare și agregare, estimatorii utilizați, formulele de calcul (inclusiv pentru erori/varianțe) și verificările de calitate.

Algoritm de prelucrare a datelor – secvență finită de pași operaționali, implementată informatic (subrutină), care aplică automat metodologia de calcul asupra datelor primare măsurate sau colectate, pentru a genera rezultatele IFN.

Ciclul I IFN (IFN1) – perioada în care s-a efectuat prima inventariere a arborilor din cuprinsul suprafețelor de probă IFN.

Ciclul II IFN (IFN2) – perioada în care s-a efectuat cea de-a doua inventariere a arborilor din cuprinsul a suprafețelor de probă IFN.

Ciclul III IFN (IFN3) – perioada în care s-a efectuat cea de-a treia inventariere a arborilor din cuprinsul a suprafețelor de probă IFN.

Suprafața de pădure acoperită cu arbori – suprafața de pădure delimitată pe baza evaluării sectoarelor suprafețelor de probă (SSP) cu cod categorie folosință = 100 (Pădure). Aceasta reprezintă doar suprafața de pădure acoperită efectiv cu arbori, utilizată pentru evaluarea volumelor la hectar, și nu întreaga suprafață de pădure conform definiției generale.

Volumul de lemn pe picior – volumul de lemn (m^3) aferent arborilor aflați în picioare, peste un diametru de bază (dbh) minim stabilit prin metodologie (diametrul la 1,3 m $\geq$ 5.6 cm). Include tulpina și ramurile arborilor din pădure atât pentru speciile de rășinoase cât și pentru cele de foioase.

Fond productiv (growing stock) – volumul arborilor vii, pe picior, existenți în pădure, peste un diametru de bază minim stabilit prin metodologia IFN (diametrul la 1,3 m $\geq$ 5.6 cm). Include trunchiul și ramurile arborilor din pădure atât pentru speciile de rășinoase cât și pentru cele de foioase.

Creșterea brută – volumul de lemn total acumulat de arborii vii într-un ciclu IFN, incluzând creșterea recruților, a arborilor exploatați și a celor dispăruți prin mortalitate.

Creșterea netă – volumul de lemn acumulat prin creștere brută într-un ciclu IFN, după scăderea pierderilor prin mortalitate.

Mortalitatea arborilor – volumul de lemn pierdut ca urmare a uscării sau distrugerii arborilor vii din cauze naturale sau antropice. Include arborii uscați pe picior, arborii care s-au uscat și au

căzut pe sol, vârfurile arborilor vii ruși și căzute pe sol într-un ciclu IFN.

Volumul de lemn exploatat – volumul arborilor tăiați între două cicluri IFN succesive și care nu au mai fost identificați în suprafața de probă. Acesta se compune din volumul arborilor recoltați și volumul resturilor de exploatare (crăci și vârfuri cu diametrul mai mic de 5 cm).

Volumul de lemn recoltat – volumul arborilor tăiați între două cicluri IFN succesive și care au fost scoși cu certitudine din pădure. Acesta include volumul arborilor tăiați prin tăieri selective sau integrale, precum și al celor pentru care nu s-a mai găsit cioata, la care se adaugă creșterea arborilor recoltați pentru jumătate din perioada dintre două cicluri IFN. Nu include volumul resturilor rămase în pădure în urma procesului de exploatare (crăci cu diametrul sub 5 cm, trunchiuri rămase din arborii tăiați etc.).

Arbori morți căzuți la pământ – arbori care erau deja morți pe picior la momentul inventarierii din ciclul anterior, dar care, în ciclul curent, au fost găsiți căzuți pe sol. În acest volum sunt incluse și vârfurile rupte din arborii morți pe picior în ciclul curent, care au fost găsite pe sol. Acești arbori nu se înregistrează la mortalitate, ci se includ în volumul de **lemn mort**.