

PN 23090101 Perfecționarea sistemului multifuncțional de cercetare ecologică pe termen lung a stării unor ecosisteme forestiere reprezentative din România în vederea dezvoltării de cunoștințe științifice noi privind efectele poluării atmosferice, schimbărilor climatice și a altor factori de stres și valorificarea acestora în scop decizional

Scopul proiectului este acela de a dezvolta cunoașterea privind efectele poluării atmosferice, a schimbărilor climatice și a altor factori de stres asupra ecosistemelor forestiere din România prin perfecționarea sistemului integrat de cercetare/monitorizare ecologică pe termen lung, suport decizional pentru un management forestier sustenabil (silvicultură inteligentă climatic) adaptat (care să răspundă/satisfacă) cerințelor societății actuale și obligațiilor României la nivel european și internațional.

Obiectivul general al proiectului îl constituie cunoașterea stării și funcționalității pe termen lung a ecosistemelor forestiere în contextul manifestării din ce în ce mai intense a efectelor schimbărilor climatice și a poluării atmosferice care să permită înțelegerea și modelarea relațiilor complexe dintre multitudinea factorilor de mediu și componentele ecosistemice, integrarea și armonizarea informațiilor privind funcționalitatea pădurilor, respectiv cuantificarea impactului pe termen lung a acțiunii agenților poluanți.

În 2025 a fost realizată **faza a V-a “Procese auxologice inter- și intraanuale în contextul schimbărilor climatice și poluării atmosferice și activități curente de monitoring forestier.”**.

Obiectivele fazei au constat în elaborarea unui studiu privind dinamica proceselor auxologice inter- și intraanuale în contextul schimbărilor climatice și poluării atmosferice utilizând date privind creșterea arborilor și arboretelor inventariate încă de la instalarea suprafețelor din cadrul rețelei integrate RCMTL. Totodată faza 5 a proiectului a presupus derularea următoarelor activități:

A1.1. Activități curente de teren și laborator privind culegerea informațiilor permanente și continue de monitorizare forestieră în RCMTL și asigurarea funcționalității infrastructurii specifice.

A2.1. Validare (implementare algoritmi / rutine de verificare) și integrare a bazelor de date multianuale

A2.2. Modelarea circuitului și fluxurilor în ecosistem a poluanților și nutrienților în relație cu dinamica parametrilor monitorizați.

S-au constatat următoarele:

Activitățile de monitorizare a proceselor de creștere în rețelele ICP Forests și eLTER desfășurate în perioada 1990-2025 au furnizat informații esențiale pentru înțelegerea modului în care arbori și ecosistemele forestiere în ansamblu reacționează la schimbările de mediu. Datele integrate în cadrul acestui raport, provenite din rețelele de monitorizare ICP Forests (nivel II) și eLTER, permit evidențierea unor tendințe în dinamica structurală a arboretelor analizate, în special în ceea ce privește distribuția numărului de arbori pe categorii de diametru, diametrul mediu, numărul de arbori, suprafața de bază și volumul la hectar, precum și dinamica intra-anuală a proceselor de creștere radială.

Analiza distribuțiilor numărului de arbori în raport cu diametrul de bază a permis identificarea, diferențierea și clasificarea din punct de vedere structural a arboretelor monitorizate. S-au evidențiat modificări ale distribuțiilor, cu o deplasări către clase superioare de diametre în majoritatea suprafețelor. În suprafețele dominate de cer și gorun, se observă o tendință de scădere a ponderii arborilor din clasele mici de diametre, sugerând o lipsă a regenerării. În schimb, în arboretele dominate de fag și molid se remarcă o diversitate structurală mai mare, cu apariția unor cohorte noi de arbori în clasele de diametre inferioare, indicând procese de regenerare activă.

Principalele rezultate au arătat că în arboretele dominate de stejar în trecut la inventariile recente teiul devine specia principală atât în ceea ce privește numărul de arbori, cât și suprafața de bază.

Datele provenite din monitorizarea intra-anuală a creșterii radiale, obținute prin benzile dendrometrice și dendroauxografe automate, au permis caracterizarea sezonality și intensității proceselor de creștere. Modelarea acestor procese cu ajutorul ecuației Gompertz a evidențiat diferențe între specii, ani și suprafețe de supraveghere intensivă. Stejarul și gorunul prezintă cele mai ridicate valori ale creșterii anuale, în timp ce molidul are o dinamică de creștere mai redusă. În cazul fagului s-a observat cel mai intens răspuns la variația condițiilor meteorologice, în special temperatură.

Un rezultat notabil al cercetărilor întreprinse este corelația semnificativă între momentul de început sau final al sezonului de creștere și lungimea acestuia, sugerând pe de o parte că arborii care încep mai devreme procesele cambiale beneficiază de o perioadă extinsă de activitate fiziologică, ceea ce conduce la o acumulare mai mare de biomasă, iar pe de altă parte că factorii climatici nefavorabili din a doua parte a sezonului de vegetație pot conduce la o reducere a creșterilor radiale totale. Aceste constatări oferă informații despre strategiile de adaptare ale speciilor la condițiile climatice în schimbare.

Integrarea informațiilor obținute prin metode clasice de inventariere forestieră cu cele cu rezoluție temporală ridicată furnizate de senzorii de monitorizare automată oferă o imagine complexă și integrativă a funcționării ecosistemelor forestiere. Această abordare integrată este esențială pentru prognoza impactului schimbărilor climatice asupra pădurilor, dar și pentru fundamentarea științifică a

deciziilor de management forestier sustenabil. În perspectivă, se recomandă continuarea activităților de monitorizare a proceselor de creștere și extinderea rețelelor de monitorizare, respectiv integrarea acestora cu datele meteorologice locale, date legate de depunerile atmosferice sau starea de sănătate a arborilor.

Rezultatele acestei faze s-au concretizat prin realizarea unui studiu privind dinamica creșterilor radiale la nivel intra- și inter-anual bazat pe informații obținute prin măsurători periodice (inventarieri succesive, benzi dendrometrice permanente) sau continue (dendroauxografe automate).

De asemenea, a fost finalizată o bază de date integrată privind dinamica proceselor de creștere radială cuprinzând informațiile obținute în cadrul tuturor suprafețelor de monitorizare forestieră componente ale rețelei integrate RCMTL (ICP Forests Nivel I, II și LTER), au fost publicate **4 articole ISI** (<https://doi.org/10.1016/j.fecs.2025.100322>, <https://doi.org/10.3390/f16060941>, <https://www.eemj.eu/index.php/EEMJ/article/view/5161>, <https://doi.org/10.15287/afr.2025.3927>,) și s-a întocmit prezentul Raport științific de fază.

FAZA a VI-a - „Modele dendroclimatice și reziliența climatică a principalelor specii forestiere din România și continuarea activităților specifice de monitorizare.”

Activitățile propuse în vederea îndeplinirii **obiectivului fazei** privind cunoașterea capacității de adaptare funcțională și reziliență climatică a speciilor de molid, fag și stejar din cadrul rețelei ICP Forest Nivel I răspund unei necesități silvice practice de actualitate, respectiv înțelegerea exactă a impactului schimbărilor climatice asupra acestor ecosisteme forestiere și cunoașterea zonelor cele mai vulnerabile din acest punct de vedere. Obiectivul fazei este de a cuantifica răspunsul dendroclimatic pentru principalele specii forestiere din cadrul rețelei ICP Forest Nivel I (molid, fag și stejar) dar și evaluarea răspunsului acestora în raport cu reziliența la variabilitatea climatului. Totodată faza 6 a proiectului a presupus și activități curente de teren și laborator privind culegerea informațiilor permanente și continue de monitorizare forestieră în RCMTL și asigurarea funcționalității infrastructurii specifice (A1.1).

Rezultatele obținute au evidențiat faptul că la altitudini mici creșterea fagului este sever limitată de combinația dintre temperaturile ridicate și seceta din timpul verii. Totuși, comparând indicii de reziliență în anii negativi caracteristici (precum 1968, 1987, 2012), arborii situați la altitudini mari prezintă o reziliență net superioară, ceea ce sugerează o mai bună stabilitate a acestor arborete în fața fenomenelor climatice extreme.

Pe de altă parte, stejarul, în special la altitudini de sub 450 de metri, este puternic afectat de temperaturile ridicate și de expunerea prelungită la secetă pe parcursul sezonului de vegetație. Deși răspunsul său la precipitații variază cu altitudinea – fiind mai puternic la începutul sezonului la altitudini joase și mai dependent de precipitațiile de vară la altitudini mari – indicii de reziliență au scos în evidență un contrast important: stejarii de la altitudini joase, deși mai vulnerabili inițial, demonstrează o recuperare rapidă, în timp ce arborii de la altitudini mari, deși mai rezistenți la factorii perturbatori, au o capacitate de refacere limitată.

În ceea ce privește molidul, răspunsul său dendroclimatic este diferențiat: creșterea la altitudini joase este îngrădită de căldura și seceta din timpul verii, în timp ce la altitudini mai mari, temperaturile de vară sunt benefice și pot prelungi sezonul de vegetație. Mai mult, la altitudini înalte (>1300 m), precipitațiile din perioada ianuarie-mai sunt un factor esențial, reflectând beneficiul major al apei rezultate din topirea zăpezii. Deși molidul de altitudine mare a prezentat o rezistență generală bună, anii negativi recenți (2003, 2013) au indicat o vulnerabilitate crescută chiar și pentru aceste arborete. În final, molidul situat la altitudine medie prezintă cel mai dinamic răspuns, evidențiind o capacitate ridicată de recuperare și, implicit, o reziliență mai mare comparativ cu celelalte două clase altitudinale.

Au fost integrate și analizate în rapoarte sintetice datele și informațiile obținute în cadrul activității A1.1. *Activități curente de teren și laborator privind culegerea informațiilor permanente și continue de monitorizare forestieră în RCMTL și asigurarea funcționalității infrastructurii specifice.*, activitate cu caracter permanent pe întreg parcursul proiectului.

Rezultatele acestei faze s-au concretizat în principal în realizarea unui studiu privind răspunsul dendroclimatic și reziliența la variabilitatea climatului a principalelor specii forestiere din cadrul rețelei ICP Forest Nivel I. De asemenea, a fost actualizată o bază de date privind dinamica indicatorilor specifici de monitorizare forestieră cuprinzând informațiile obținute în cadrul tuturor suprafețelor de cercetare componente ale rețelei integrate RCMTL (ICP Forests Nivel I, II și LTER), au fost publicate patru articole ISI (<https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2025.103500>, <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2025.103500>, [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(25\)00112-3](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(25)00112-3), <https://doi.org/10.30638/eemj.2025.034>) și s-a întocmit prezentul Raport științific de fază.