

➤ **PN 23090203 Contribuții științifice noi pentru un management sustenabil al bazinelor hidrografice torențiale, terenurilor degradate, perdelelor forestiere și al altor sisteme agrosilvice în contextul schimbărilor climatice**

Scopul proiectului este de a fundamenta științific soluții integrate și tehnologii inovative privind managementul albiilor torențiale, reconstrucția ecologică a terenurilor degradate, optimizarea structurii vegetației forestiere din perdele forestiere sisteme agrosilvice, precum și reconstrucția ecologică a arboretelor din perimetre de ameliorare afectate de factori abiotici vătămători, în vederea creșterii rezilienței climatice.

Obiectivul principal constă în asigurarea gestionării durabile a pădurilor și a altor categorii de vegetație forestieră și contribuția acestora la atenuarea efectelor schimbărilor climatice și ale altor factori de stres. Pentru atingerea acestor deziderate, în cadrul propunerii de proiect au fost stabilite următoarele obiective în concordanță cu preocupările existente pe plan național și european:

- **OPC1** – Metode de optimizare economică și ecologică a soluțiilor de management a rețelei hidrografice torențiale pe durata normată de viață a lucrărilor hidrotehnice în contextul intensificării fenomenelor extreme asociate schimbărilor climatice;

- **OPC2** – Evaluarea culturilor forestiere înființate pe terenuri degradate și a serviciilor ecosistemice oferite de acestea în contextul schimbărilor climatice;

- **OPC3** – Evaluarea perdelelor forestiere-sistemelor agrosilvice și a serviciilor ecosistemice oferite de acestea în contextul schimbărilor climatice;

- **OPC4** – Fundamentarea științifică a modelelor și soluțiilor optime de reconstrucție ecologică a terenurilor degradate și de management a perdelelor forestiere-sistemelor agrosilvice în vederea creșterii rezilienței climatice a acestora.

Sub aspect metodologic, cercetările s-au desfășurat în concordanță cu activitățile asumate în cadrul proiectului pentru anul 2024.

În **2024** a fost realizată **faza III** „Monitorizarea lucrărilor de reconstrucție ecologică și protecție a mediului împotriva factorilor de risc hidroclimatic” și **faza IV** „Analiza parametrilor ce definesc funcționalitatea și structura lucrărilor de reconstrucție ecologică și protecție a mediului”.

Obiectivul fazei a III-a a constat în evaluarea stării lucrărilor de amenajare a albiilor torențiale, a analizei relațiilor arboretelor de pe terenuri degradate și stabilirea structurilor optime de realizat prin

lucrările de îngrijire și conducere a vegetației forestiere din perdele forestiere - sisteme agrosilvice împotriva factorilor de risc hidroclimatic.

Pentru îndeplinirea obiectivelor asumate, s-au desfășurat următoarele **activități**:

A1.5 Fundamentarea metodologiei de urmărire în timp a lucrărilor de amenajare a albiilor torențiale utilizând indicii de stare aferenți lucrărilor reinventariate și gradientul indicelui de stare

În ceea ce privește fundamentarea metodologiei de urmărire în timp a lucrărilor de amenajare a albiilor torențiale utilizând indicii de stare aferenți lucrărilor reinventariate și gradientul indicelui de stare au fost efectuate analize privind tipologia lucrărilor transversale, starea acestora, avariile suferite și rata de degradare pentru 493 lucrări hidrotehnice transversale amplasate pe albiile torențiale din 21 de bazine hidrografice și 8 arii bazinale (Tisa, Someș, Crișuri, Nera-Cerna, Dunărea, Jiu, Ialomița, Olt). Toate aceste lucrări, înregistrate în baza de date *abht.ro*, au fost construite între anii 1949-2009 și inventariate de două ori (2009-2017, 2016-2023). În funcție de intensitatea și amploarea avariilor produse, pentru fiecare lucrare hidrotehnică a fost calculat un indice de stare, caracteristic pentru fiecare din cele două inventarieri. Din diferența între cei doi indici de stare, pentru fiecare lucrare a fost stabilit un gradient al indicelui de stare care reflectă dinamica degradării în timp a lucrărilor. Tot în cadrul acestei activități, în vederea realizării unei baze de date care să cuprindă toate lucrările hidrotehnice executate pentru corectarea albiilor torențiale a fost redactată și o *metodologie de urmărire în timp a lucrărilor hidrotehnice transversale*. Această metodologie cuprinde și o procedură de eşalonare a intervenției cu lucrări de reparații și punere în siguranță a sistemelor de lucrări de corectarea torenților, ținând seama de starea actuală a lucrărilor, dinamica degradării acestora și obiectivele socio-economice protejate de acestea.

A2.6 Analiza relațiilor intra/inter specifice la nivelul arboretelor în raport cu biometria coroanelor, a poziției cenotice a arborilor și a desimii culturilor

Pentru analiza relațiilor intra/inter specifice la nivelul arboretelor în raport cu biometria coroanelor, a poziției cenotice a arborilor și a desimii culturilor au fost efectuate cercetări în 21 de suprafețe experimentale situate în două perimetre de ameliorare (Livada-Râmnicu Sărat și Lozovița) reprezentative din punct de vedere al proceselor de degradare. Astfel, au fost colectate date din teren care au fost ulterior prelucrate în faza de birou pentru determinarea biometriei coroanelor, a clasei poziționale a arborilor din arboret, a distribuției spațiale a arborilor și gradului de competiție al acestora. Totodată, au fost efectuate măsurători complementare în vederea determinării gradului de competiție dintre arbori și s-au determinat caracteristicile biometrice ale arborilor prin interogarea datelor colectate din teren. În plus, s-au determinat indicii de competiție în suprafețele experimentale

scanate în sistemul de cartografiere UAV, distribuția spațială a arborilor în arboret și gradul de competiție în raport cu desimea culturilor.

A3.3 Stabilirea structurilor optime de realizat prin lucrările de îngrijire și conducere a vegetației forestiere din sistemele agrosilvice și perdele forestiere

Referitor la stabilirea structurilor optime de realizat prin lucrările de îngrijire și conducere a vegetației forestiere din sistemele agrosilvice și perdele forestiere a fost analizată structura vegetației forestiere din șase perdele forestiere de protecție localizate în Perișoru, Grădiștea și Dor Mărunt, precum și din alte sisteme agrosilvice, respectiv aliniamente forestiere în terenul agricol (Ferma Ogoru) și pășuni cu arbori (pășunea Bod și pășunea Dobolii). Pentru a surprinde situații diverse din punct de vedere al dezvoltării vegetației forestiere cercetările au fost efectuate în perdele forestiere de protecție având compoziții și vârste diferite, în care au fost amplasate suprafețe de probă permanente și temporare și au fost efectuate măsurători pentru a determina caracteristicile vegetației forestiere. În plus, au fost realizate și inventarieri integrale ale arborilor (în aliniamentele forestiere) și parțiale (pășunea Bod și Dobolii) pentru a determina caracteristicile structurale ale perdelelor forestiere și a sistemelor agrosilvice analizate și a stabili structurile optime de realizat prin lucrări de îngrijire și conducere a vegetației forestiere.

Rezultatele fazei a III-a s-au concretizat în:

- **1 metodologie** de urmărire în timp a lucrărilor de corectare a torenților și de eșalonare a intervențiilor cu lucrări de reparații,
- **1 studiu** privind evaluarea structurii vegetației forestiere și din sistemele agrosilvice selectate pentru realizarea lucrărilor de îngrijire și conducere,
- **1 articol științific BDI**
 - Tudor, C., Constandache, C., Popovici, L., Ivan, V., & Badea, N. O. (2023). Health state and behaviour of pine stands on degraded lands in the Vrancea Subcarpathians. Revista de Silvicultură și Cinegetică, 28(53)
<https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/1928477>
- **1 raport științific** privind monitorizarea lucrărilor de reconstrucție ecologică și protecție a mediului împotriva factorilor de risc hidroclimatic.

Obiectivul fazei a IV-a a constat în evaluarea parametrilor hidrometeorologici din bazine hidrografice torențiale și elaborarea hărților geospațiale ale albiilor, evaluarea indicilor și indicatorilor esențiali pentru lucrările de reconstrucție ecologică a terenurilor degradate, precum și monitorizarea vegetației forestiere din terenuri degradate și sisteme agrosilvice.

Pentru îndeplinirea obiectivelor asumate, s-au desfășurat următoarele **activități**:

A1.6. Analiza datelor hidrometeorologice culese din teren

În ceea ce privește analiza datelor hidrometeorologice culese din teren, pornind de la înregistrările din cele cinci puncte de măsurare din bazinul hidrografic Tigăi, s-a procedat la verificarea calității datelor și la completarea bazei de date. În urma acestor proceduri s-a constatat că valorile meteorologice din bazin sunt influențate de factorii locali și variază la nivel sezonier. În decursul celor șase ani de înregistrări (2018–2024) culese de la stația meteo și cei trei sateliți (pluviometre) din bazinul hidrografic Tigăi au rezultat aproximativ 330 000 de șiruri de valori care au fost analizate și mai apoi supuse procedurii de control a calității datelor (Quality control) și umplere a datelor lipsă pentru temperatura aerului și cantitatea de precipitații înregistrate la interval de 10 minute. Cercetările efectuate au evidențiat creșteri ale temperaturilor medii, scăderi ale precipitațiilor lunare și anuale precum și creșterea frecvenței și intensității evenimentelor extreme. De asemenea s-a constatat că umiditatea din sol este influențată și de factorii locali și variază la nivel sezonier, cele mai accentuate scăderi fiind observate în perioada de toamnă, în timp ce debitul de viitură s-a dovedit a fi influențat de mai mulți factori, printre care și umiditatea solului.

A1.7. Culegerea, verificarea și interpretarea datelor morfometrice de intrare în modelul hidraulic atât prin tehnici geomatice (scanner) cât și prin cele clasice (ridicare cu stația totală)

Referitor la culegerea, verificarea și interpretarea datelor morfometrice de intrare în modelul hidraulic au fost executate măsurători și observații pe două albie din bazine hidrografice Valea Popii și Valea Tigăile. Pe ambele văi au fost realizate ridicări topografice cu stația totală TOPCON ES100 și scanări cu scanner LiDAR GeoSLAM ZEB-REVO. Măsurătorile topografice au fost folosite pentru elaborarea de produse topografice necesare pentru dezvoltarea ulterioară a unor modele hidraulice și pentru elaborarea de soluții tehnice de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale, respectiv planuri de situație georeferențiate, profile longitudinale și profile transversale. Pe aceleași sectoare de albie au fost efectuate scanări cu senzori LiDAR, iar prin prelucrarea norilor de puncte au fost obținute modele digitale de elevație (DEM) ale terenurilor georeferențiate în sistem STEREO 79. Prin interogarea DEM, au fost obținute profile longitudinale ale albiei sau profile transversale. Datele culese prin scanare au fost comparate cu datele culese cu stația totală. În final, s-a constatat că datele culese cu stația totală oferă o precizie ridicată, dar presupune un volum mare de lucrări de teren fiind influențate și de experiența operatorului, în timp ce echipamentele de tip scanner sunt costisitoare însă necesită un volum mai redus al lucrărilor de teren.

A2.7. Monitorizarea biocenozei forestiere formată pe terenuri degradate cu senzor multispectral aeropurtat UAV

Pentru realizarea acestei activități au fost monitorizate cu ajutorul unui senzor multispectral aeropurtat UAV (drone) ecosistemele forestiere instalate în 13 suprafețe de studiu din două perimetre de ameliorare (Lozovița și Livada Râmnicu-Sărat). Datele obținute au fost procesate inițial cu software-ul DJI Terra fiind obținute produse utile precum ortofotoplanuri și indici de vegetație, precum NDVI și OSAVI, folosite pentru a evalua sănătatea ecosistemelor forestiere și norul de puncte. Ulterior, aceste produse au fost procesate pentru a obține modele digitale ale terenului și înălțimii coronamentului. În plus, datele colectate au fost analizate cu ajutorul limbajului *R* pentru a clasifica punctele din norul de puncte și a genera indicatori spațiali și statistici, cum ar fi autocorelarea spațială, densitatea punctelor 3D și funcția Ripley's *K*. Prin suprapunerea unui grid de 1,5 x 1,5 metri peste suprafețele studiate s-au cules în șase benzi spectrale și cinci indici de vegetație calculați, precum și cinci parametri statistici și nouă parametri de structură. Parametrii astfel colectați au format o structură de date cu peste 80 000 de intrări și 75 de parametri, asupra căreia au fost aplicați algoritmi de clasificare nesupervizată. În final, a fost obținută baza de date spațială cu hărți ale indicilor de vegetație și modele 3D. În plus, s-a constatat că utilizarea dronelor UAV echipate cu senzori multispectrali poate fi utilizată pentru obținerea de date detaliate și precise pentru monitorizarea ecosistemelor forestiere pe terenuri degradate, iar algoritmi de clasificare nesupervizată au arătat potențialul de a automatiza identificarea speciei, evaluarea stării de sănătate și estimarea biomasei, oferind un instrument valoros pentru monitorizarea dinamică și pe termen lung a pădurilor.

A2.8. Evaluarea calitativă și cantitativă a arborilor prin metode distructive/nedistructive (determinarea densității, a conținutului de carbon, a rezistenței specifice și a vitezei de propagare a sunetului prin secțiunile principale ale lemnului la arborii pe picior

În ceea ce privește evaluarea calitativă și cantitativă a arborilor prin metode distructive/nedistructive cercetările s-au desfășurat în arboretele instalate pe terenurile degradate din zona central-estică a Subcarpaților de Curbură. Pentru evaluarea indicatorilor cantitativi și calitativi s-au utilizat metode distructive și nedistructive (burghiul Pressler, IML-Resistograph F300S, IML-Micro Hammer). Cercetările s-au efectuat în cinci perimetre de ameliorare (Caciu-Bârsești, Pârâul Sărat-Valea Sării, Roșoiu- Andreiașu, Livada-Râmnicu Sărat, Murgești) din cuprinsul cărora au fost selectate 20 de arborete reprezentative ca număr de arbori și ca suprafață instalate pe terenurile degradate și distinct analizate în raport cu natura și intensitatea degradării și vârsta actuală a acestora. În total, au fost analizați 1146 de arbori de probă specia pin silvestru, pin negru și paltin de munte pentru evaluarea densității lemnului, a rezistenței la micro-foraj și a vitezei sunetului prin secțiunea transversală a lemnului. Din prelucrarea datelor brute, au rezultat produse utile precum baza de date privind

densitatea lemnului, profilele de rezistență la micro-foraj și vitezele de propagare a sunetului prin lemn, folosite în scopul de a evalua calitatea arborilor din cuprinsul unor ecosistemelor forestiere de rășinoase (pin) și rezistența acestora la eventualele scenarii climatice severe. Ulterior, aceste produse au fost procesate din punct de vedere statistic, în vederea testării normalității distribuțiilor experimentale, a formei, variabilității și poziției acestora. În plus, a fost integrată o bază de date care conține biomasa lemnoasă și stocul de carbon sechestrat biomasa având rol esențial în atingerea neutralității carbonului și în echilibrarea producției de energie. Rezultatele obținute includ baze de date primare sub formă tabelară și grafică, care permit monitorizarea stării de sănătate a ecosistemelor forestiere instalate pe terenuri degradate și gestionarea durabilă a resurselor forestiere (arbori), prin cuantificarea indicatorilor cantitativi și calitativi ai lemnului.

A2.9. Evaluarea structurală și calitativă a arboretelor de pe terenuri degradate din zona forestieră inclusiv a impactului speciilor alohtone invazive în contextul scenariilor climatice

Referitor la evaluarea structurală și calitativă a arboretelor de pe terenuri degradate activitățile efectuate au vizat analiza structural-calitativă a arboretelor din zona forestieră și a impactului speciilor alohtone invazive. Cercetările s-au desfășurat în 17 arborete din rețeaua suprafețelor experimentale de lungă durată (SEP) situate pe terenuri afectate de diverse forme de degradare și localizate în trei perimetre de ameliorare: Caci-Bârsești, Pârâul Sărat-Valea Sării și Roșoiu-Andreiașu. După inventarierea arboretelor și colectarea datelor brute de teren ce cuprind caracteristicile dimensionale ale arborilor, au fost aplicate o serie de ecuații empirice de determinare a indicilor de diversitate compozițională, structurală și a unor parametri structurali și calitativi la nivelul arboretelor. Rezultatele obținute au evidențiat faptul că arboretele analizate prezintă un nivel ridicat al omogenității compoziționale, în timp ce din punct de vedere al omogenității structurale, majoritatea arboretelor prezintă structură echienă, omogenitatea fiind mai pronunțată în special la culturile în care abundența relativă a unei specii este maximă. Totodată, s-a observat că indicii de desime și de densitate sunt puternic influențați de numărul de arbori real și de suprafața de bază la hectar, aceștia având valori supraunitare în cazul arboretelor mai tinere, și valori subunitare în arboretele vârstnice. În plus, analiza parametrilor calitativi/ biometrici ai coroanelor a evidențiat o tendință de creștere, în majoritatea cazurilor, odată cu înaintarea în vârstă și reducerea numărului de arbori la hectar. Referitor la impactul speciilor alohtone invazive în arboretele de pe terenuri degradate, au fost constatate următoarele aspecte: succesiune nedorită cu specii copleșitoare, necorespunzătoare din punct de vedere ecologic, îngreunarea regenerării naturale a speciilor valoroase/autohtone, destructurarea arboretului și diminuarea nivelului biodiversității. În final, s-a constatat că evaluarea structurală și calitativă a arboretelor de pe terenuri degradate oferă informații științifice utile pentru monitorizarea și managementul durabil al ecosistemelor forestiere pe terenuri degradate, iar indicii/parametrii privind

starea și structura arboretelor reflectă intensitatea proceselor fiziologice și competiționale la nivelul arborilor și a arboretului, având variabilitate diferită în raport vârsta arboretelor, condițiile staționale, dar și în raport cu vătămările produse de factorii abiotici vătămători.

A3.4. Monitorizarea vegetației forestiere în sistemele agrosilvice în care se realizează lucrările de îngrijire și conducere

În ceea ce privește monitorizarea vegetației forestiere în sistemele agrosilvice în care se realizează lucrările de îngrijire și conducere au fost realizate lucrări de îngrijire și conducere în 35 suprafețe experimentale instalate în perdele forestiere de protecție de vârste și compoziții diferite, după care au fost inventariați arborii rămași în perdea, au fost înregistrați arborii extrași și s-a determinat intensitatea acestor lucrări în raport cu numărul de arbori și suprafața de bază. Lucrările de îngrijire s-au realizat pentru a crea un spațiu optim de dezvoltare arborilor astfel încât să permită dezvoltarea coroanei și creșterea în înălțime, și implicit protejarea terenului agricol într-o măsură cât mai mare. Astfel, au fost realizate lucrări de curățiri într-o perdea de 4 ani cu ulm de Turkestan și glădiță amplasată la Perișoru și lucrări de rărituri în două perdele forestiere de 6–7 ani, una cu ulm de Turkestan, cea de-a doua cu stejar brumăriu și mojdrean, amplasate la Grădiștea. Fiecare lucrare de îngrijire a fost realizată cu intensități diferite, pentru a analiza cel mai bun răspuns al vegetației forestiere în urma aplicării acestor lucrări și a determina intensitatea corectă pentru lucrările de îngrijire astfel încât perdelele forestiere să îndeplinească funcțiile de protecție pentru care au fost înființate.

Rezultatele fazei a IV-a s-au concretizat în:

- 1 **Bază de date** verificată și completată cu datele meteorologice și hidraulice.
- 3 **Hărți geospațiale** pentru albiile bazinelor hidrografice studiate.
- 1 **Studiu** privind eficiența tehnicilor geomatice de culegere și interpretare a datelor referitoare la morfometria albiilor.
- 1 **Bază de date** spațială cu hărți ale indicilor de vegetație obținute prin intermediul observațiilor multispectrale pentru vegetația forestieră instalată pe terenuri degradate.
- 1 **Bază de date** incluzând densitatea lemnului, conținutul de carbon, rezistenței de penetrare și diagrame de variație ale vitezei de propagare a sunetului din arborete instalate pe terenurile degradate.
- 1 **Studiu** privind indicatorii diversității structurale.
- 1 **Studiu** privind fundamentarea structurii optime a vegetației forestiere din sistemele agrosilvice.
- 1 **Raport** științific de fază privind analiza parametrilor ce definesc funcționalitatea și structura lucrărilor de reconstrucție ecologică și protecție a mediului.