

Spatial planning of alien species management activities in Romania
PN-III-P1-1.1-PD-2021-037

Cadru pentru prioritizarea spațială a managementului speciilor de plante alogene din România

Manual online

2024



Fotografii: Sirbu Culita, Violeta Boruz

Proiect: *Planificarea spațială a activităților de management a speciilor alogene din România*

Nr. proiect: *PN-III-P1-1.1-PD-2021-0378*

Nr. contract: *PD14/2022*

Finanțator: *Unitatea Executivă pentru Finanțarea Învățământului Superior, a Cercetării, Dezvoltării și Inovării – UEFISCDI*

Buget: *249.990 RON*

Instituția gazdă: *Universitatea din București*

Departament: *Centrul de Cercetare a Mediului și Efectuarea Studiilor de Impact - CCMESI*

Webpage: *<https://ccmesi.ro>*

Glosar de termeni

Nativ - se referă la acele specii care apar în mod natural într-o zonă și astfel nu au fost introduse în mod deliberat sau accidental de către oameni. Termenul este de obicei aplicat la plantele care au evoluat *in situ* sau care au ajuns în zonă înainte de începutul Perioadei neolitice.

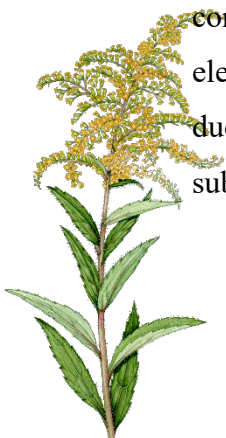
Alogen/alohton/străin - se referă la plante care nu sunt originare din țară, teritoriu, zonă sau ecosistemul luat în considerare. Astfel de plante sunt, de asemenea, menționate în literatură ca exotice, non-native, non-indigene, antropofiți, metafiți, neofiți sau neobiote.

Plante alogene ocazionale - sunt plante alogene care pot înflori și chiar se reproduc ocazional într-o zonă, dar care nu formează populații care se auto înlocuiesc și care se bazează pe introduceri repetate pentru persistența lor (Pyšek et al., 2004). Majoritatea nu persistă și ele sunt denumite pe scară largă în literatură ca „ocazionale”, „adventive”, „orfane”, „trecătoare”, „evadări ocazionale” și „persistență după cultivare”.

Tranzientă - conform Convenției Internaționale pentru Protecția Plantelor (IPPC), se referă la prezența unui dăunător care nu este de așteptat să se stabilească. O "specie tranzientă" este considerată a fi "o specie ocazională".

Stabilită - este etapa în procesul de invazie în care planta devine capabilă să se reproducă cu succes singură. Conform CDB 2002, stabilirea este procesul prin care o specie într-o nouă zonă reușește să se reproducă cu succes la un nivel suficient pentru a-și asigura supraviețuirea continuă fără a fi nevoie de aport de material genetic nou din afara zonei. Planta invazivă este apoi considerată stabilizată și în acest sens este echivalentă cu "naturalizată".

Naturalizată - se aplică plantelor străine care se reproduc cu succes fără intervenția umană și formează populații auto-reproducătoare pe parcursul mai multor generații. Termenul "invaziv" se aplică plantelor străine care au devenit naturalizate și sunt sau au potențialul de a deveni o amenințare pentru biodiversitate prin capacitatea lor de a se reproduce cu succes la o distanță considerabilă de plantele părinte și au capacitatea de a se răspândi pe suprafețe mari și de a înlocui elemente ale biotei native. Atunci când acestea cauzează transformări semnificative ale habitatului, ducând la pierderi de biodiversitate și reducerea serviciilor ecosistemice, sunt adesea cunoscute sub numele de specii transformatoare sau transformatorii (Richardson et al., 2000).



Specii străine invazive - conform Convenției privind Diversitatea Biologică (CBD), o specie străină invazivă este „o specie străină a cărei introducere și/sau răspândire amenință diversitatea biologică”. Această definiție poate fi interpretată ca acoperind atât sistemele naturale, cât și cele agricole, spre deosebire de definiția din Ghidurile IUCN, care definește o specie străină invazivă ca fiind o specie străină care „devine stabilită în ecosisteme naturale sau seminaturale, este un agent de schimbare și amenință diversitatea biologică nativă”. Trebuie remarcat că CBD definește „invaziv” în termeni de impact (negativ), în timp ce alte definiții folosesc criterii ecologice și biogeografice și exclud explicit considerațiile privind impactul, astfel încât speciile invazive sunt apoi definite ca fiind specii străine care mențin populații auto-reproducătoare la distanțe considerabile față de locul de introducere (Blackburn et al., 2011; Richardson et al., 2011).

Dăunător – această noțiune descrie speciile care amenință sau distrug activitatea agricolă. Termenul "dăunător" nu este folosit sau definit în afara acestui context. Conform Convenției Internaționale pentru Protecția Plantelor (IPPC), un dăunător este "orice specie, tulpină sau biotip de plantă, animal sau agent patogen dăunător plantelor sau produselor vegetale", în timp ce un dăunător de carantină este "un dăunător de importanță economică potențială pentru zona amenințată și care nu este încă prezent acolo, sau prezent dar nu este larg răspândit și este controlat oficial".

Buruiană - termenul se aplică plantelor, fie native sau străine, care infestază culturile agricole sau horticole sau grădinile domestice și afectează negativ plantele cultivate, reducând adesea randamentul. Ele se găsesc și pe terenuri virane sau habitate perturbate la care sunt adesea adaptate și au tendința de a fi viguroase, cu o creștere rapidă și cu capacitate reproductivă ridicată, ceea ce le permite să se răspândească rapid. Spre deosebire de speciile invazive, ele nu invadează ecosistemele naturale sau nu înlocuiesc speciile sălbatice native.

Pentru terminologie și un set de definiții recomandate, sugeram a se consulta Richardson et al., (2000); iar pentru un glosar al conceptelor și terminologiei ecologiei invaziei, vezi Richardson et al., (2011).



Context

Schimbările climatice și invaziile biologice reprezintă două dintre cele mai mari amenințări la adresa biodiversității în Antropocen (Mazor et al., 2018). Ca urmare a schimbărilor climatice, se așteaptă ca o varietate mare de specii să migreze pentru a-și urma nișa climatică, iar speciile introduse să găsească zone noi potrivite pentru stabilire (Bellard et al., 2018). Unele dintre aceste specii introduse sunt susceptibile să aibă impacturi negative asupra biodiversității native și a bunăstării umane (Simberloff et al., 2013). Evaluarea riscului de invazie de către specii străine este un pas crucial pentru managementul proactiv, inclusiv identificarea speciilor și zonele cu grad ridicat de invazivitate pentru acțiuni preventive precum interdicții legale privind comerțul, transportul și posesia, orientarea eforturilor de detectare timpurie atât la punctele de intrare, cât și în ecosistemele susceptibile, precum și deciziile de gestionare a riscului de a elimina populațiile stabilite sau de a limita răspândirea lor ulterioară (Srivastava et al., 2019). Indiferent de protocolul specific utilizat, evaluarea riscului și prioritizarea zonelor cu grad ridicat de invazivitate, este definită ca evaluarea standardizată a intrării, expunerii și consecințelor introducerii unei specii străine.

Aplicarea de bune practici presupune utilizarea unui set de măsuri care au fost selectate în urma unor cercetări științifice și care implementate, și-au dovedit eficacitatea, conducând la obținerea de rezultate optime. Acestea se pot aplica ca măsuri standard ce pot fi replicate pe scară largă. Prin selectarea celor mai bune metode se poate realiza un management mai eficient al speciilor invazive, minimizând riscurile și obținând rezultate mai bune.

Speciile introduse în noi regiuni prin activități umane sunt numite specii alogene/străine. Speciile alogene invazive reprezintă un subset al speciilor străine, fiind animale, plante și alte organisme cunoscute a se fi stabilit și a se fi răspândit având impacturi negative asupra biodiversității, ecosistemelor locale și speciilor. Unele dintre cele mai problematice specii străine invazive sosesc prin multiple căi de introducere și introduceri repetate (Roy et al., 2023).

În contextul actual al globalizării, deplasările internaționale de natură comercială și turistică s-au intensificat semnificativ, iar speciile de plante și animale sunt transportate intenționat sau neintenționat prin intermediul acestor rute (aer, apă, sol) într-un ritm nemaiîntâlnit până ac um. Unele specii au o capacitate mai ridicată de adaptabilitate la medii noi și reușesc să se dezvolte singure în arealele în care pătrund, se înmulțesc rapid și ocupă sau intră în competiție cu speciile

native, distrug sau înlocuiesc speciile sau habitatele care se găsesc în mod normal în acea zonă, cauzând serioase prejudicii ecologice și economice.

Speciile străine invazive sunt recunoscute ca unul dintre cei cinci principali factori direcți de modificare a naturii la nivel global, alături de schimbările în utilizarea terenului și a mării, exploatarea directă a organismelor, schimbările climatice și poluarea.

Termenul "invazie biologică" este folosit pentru a descrie procesul care implică transportul sau mutarea intenționată sau neintenționată a unei specii în afara ariei sale naturale prin activități umane și introducerea ei în noi regiuni, unde poate să se stabilească și să se răspândească (Figura 1).

Amenințările din partea speciilor străine invazive cresc în toate regiunile și se prevede că vor continua să facă acest lucru în viitor. Chiar și fără introducerea de noi specii, populațiile existente de specii străine invazive vor continua să se răspândească prin toate ecosistemele. Amplificarea și interacțiunile între factorii direcți și indirecți ai schimbării vor modela și agrava profund amenințările viitoare din partea speciilor străine invazive.

Limitarea creșterii numărului de specii străine invazive și reducerea răspândirii și impactului acestora sunt realizabile prin acțiuni de management pe termen scurt și lung. Există cadre decizionale și abordări pentru sprijinirea gestionării speciilor străine invazive în toate etapele procesului de invazie biologică. Prevenția este cea mai bună opțiune, dar detectarea timpurie, eradicarea, izolarea și controlul sunt, de asemenea, eficiente în contexte specifice. Managementul invaziilor biologice beneficiază de implicarea părților interesate și a comunităților locale.

Impacturile invaziilor biologice au devenit un punct central de interes pentru cercetători în ultimele decenii, conducând la o acumulare rapidă de dovezi privind pierderile economice asociate invaziilor. Într-un articol de sinteză, Diagne et al., (2021) cuantifică costurile economice globale ale invaziilor biologice. Ei demonstrează că costurile globale asociate speciilor străine invazive sunt masive, cel puțin 1,3 trilioane de dolari SUA între 1970 și 2017, și cresc rapid. Astfel de costuri ridicate subliniază importanța critică a prevenirii și controlului invaziilor biologice.



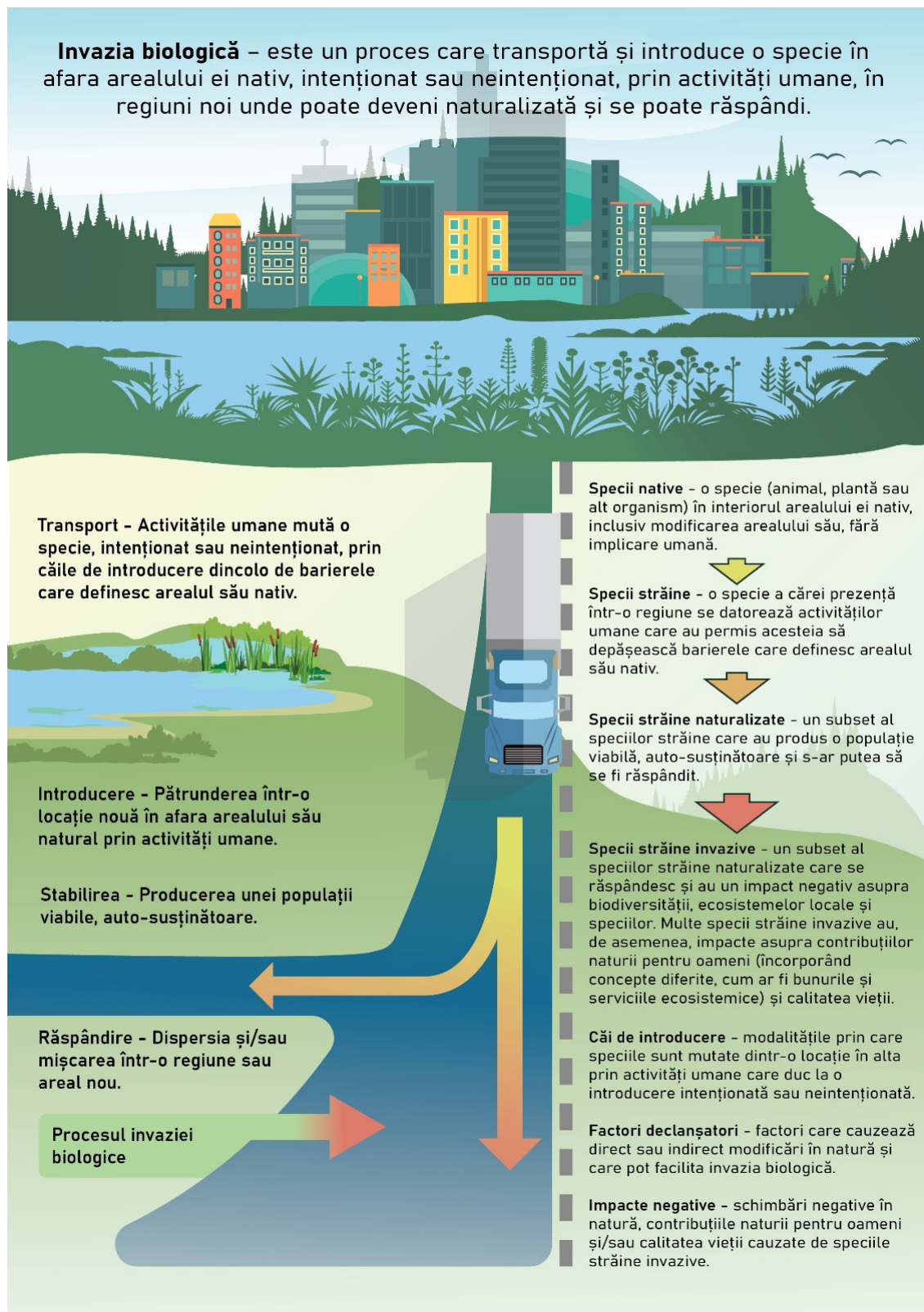


Figura 1 Conceptele cheie din cadrul procesului de invazie biologică (figură adaptată după Summary for Policymakers of the Thematic Assessment Report on Invasive Alien Species and their Control of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Roy, H. E. et al. (2023)). IPBES secretariat, Bonn, Germany

Introducere

Speciile invazive alogene prezintă un pericol tot mai mare pentru biodiversitate, securitate socială și economie, având impacturi anuale în valoare de sute de miliarde de dolari americani (Zenni et al., 2021). Pentru a aborda eficient impacturile în creștere ale invaziilor în fața schimbărilor climatice, abordările proactive și predictibile, ghidate de cunoștințele științifice, sunt esențiale (Haubrock et al., 2021). În prezent, invaziile biologice sunt unul dintre principalii factori ai pierderilor moderne de specii induse de om (Bellard et al., 2016), iar scenariile privind schimbarea biodiversității indică faptul că acestea se vor situa în primele cinci amenințări la adresa biodiversității până în anul 2100 (Seebens et al., 2021). Invaziile biologice atrag tot mai multă atenție din partea oamenilor de știință și a factorilor de decizie politici din cauza impacturilor lor ecologice și sociale, iar prezicerea sosirii, stabilirii, răspândirii și impactului speciilor invazive reprezintă o sarcină dificilă (Pyšek et al., 2020). Managementul speciilor străine necesită instrumente politice transnaționale puternice și o aplicare eficientă din partea statelor. Unul dintre cele mai importante instrumente politice relevante pentru Europa este Regulamentul (UE) nr. 1143/2014 al Parlamentului European și al Consiliului din 22 octombrie 2014 privind prevenirea și gestionarea introducerii și răspândirii speciilor invazive alogene (European Parliament and Council of the European Union, 2014). Această normă legală își propune eradicarea, controlul populației sau limitarea unei populații de specii invazive alogene care prezintă preocupare pentru UE. Statele membre ale UE sunt obligate să cartografieze distribuția speciilor alogene invazive de preocupare pentru UE pe teritoriul lor, să elaboreze și să implementeze planuri de acțiune privind căile de introducere, să pună în aplicare un sistem de detectare timpurie și eradicare rapidă și să implementeze măsuri de gestionare (Brundu et al., 2022).

În prezent, România implementează un proiect strategic pentru dezvoltarea uneltelor de implementare a Regulamentului (UE) nr. 1143/2014 în România, având ca obiectiv cartografierea apariției speciilor străine invazive, elaborarea unui plan de acțiune privind căile de propagare ale speciilor străine invazive și implementarea unei campanii de conștientizare.

Cu toate acestea, s-a constatat că numărul speciilor alogene este ridicat, iar cartografierea tradițională (apariții pe celulă de grilă, de exemplu, 10 × 10 km) a condus la o cartografiere clusterizată datorită "efectului botanistului", care este un fenomen în care diversitatea botanică crește odată cu prezența facilităților de cercetare într-o anumită zonă (Moerman and Estabrook, 2006). Din cauza clusterizării aparițiilor, bogăția speciilor la o scară mai largă poate fi sever

afectată și planificarea pentru reducerea impactului speciilor străine asupra biodiversității și societății nu este realistă.

Plantele sunt printre invadatorii cei mai problematici datorită abilităților lor de dispersie, iar cartografierea tradițională nu este eficientă în capturarea magnitudinii invaziilor (Gallien et al., 2015). Succesul speciilor de plante alogene poate fi datorat adaptării lor la diverse condiții de mediu. Speciile de plante alogene pot schimba, de asemenea, disponibilitatea de lumină, aer și adăpost pentru speciile native (Grice, 2006). Invaziile biologice ale plantelor afectează și economia și bunăstarea umană. În Europa, costurile asociate cu daunele și controlul speciilor de plante terestre invazive sunt estimate la aproximativ 3,7 miliarde de euro pe an (Kettunen et al., 2009). Cele mai multe costuri sunt suportate de sectorul agricol, deoarece speciile de plante alogene sunt considerate buruieni agricole sau forestiere. Mai mult, speciile care sunt puternic alergice pentru oameni, cum ar fi *Ambrosia artemisiifolia*, duc indirect la costuri ridicate pentru sistemele medicale (Richter et al., 2013).

Pentru a ajuta la implementarea politicilor de biodiversitate la nivel național, am propus un cadru inovator de prioritizare spațială pentru detectarea zonelor cu un grad ridicat de invazivitate, luând în considerare și bias-ul în cartografierea diversității speciilor alogene prin modelarea distribuției speciilor în scenariile de schimbare climatică. Pentru a demonstra abordarea noastră de planificare spațială, am folosit datele despre distribuția speciilor de plante alogene invazive disponibile în GBIF (Global Biodiversity Information Facility) (<https://doi.org/10.15468/gg846v>, <https://doi.org/10.15468/zk9adu>).

Având în vedere lacunele actuale, dezvoltarea unui cadru de prioritizare spațială pentru detectarea zonelor cu un grad ridicat de invazivitate este oportună și va avansa știința planificării într-o zonă în care urgența și constrângerile de cost sunt dominante.



Speciile alogene invazive de plante prioritare pentru intervenție în România

Speciile alogene invazive prioritare în România sunt cele listate la nivelul UE în conformitate cu Regulamentul (UE) nr.1143/ 2014 privind prevenirea și gestionarea introducerii și răspândirii speciilor alogene invazive și cele de interes pentru România. Regulamentul este actualizat regulat, astfel că lista poate suferi modificări.

În anul 2022 a fost publicată prima listă cu specii de plante invazive și potențial invazive din România, numărând 102 specii de plante (Sirbu et al., 2022). În anul 2024 este completată și actualizată baza de date publicată de Sirbu și colab. (2022), care includea înregistrări ale speciilor publicate până în 2018. Noua bază de date include 396 de specii de plante alogene la nivelul României, date culese între 2019-2022, reprezentând rezultatele primei inventarieri naționale privind speciile de plante alogene în România, în cadrul unui proiect național coordonat de Ministerul Mediului, Apelor și Pădurilor și Universitatea din București.

În prezent, din cele 41 de specii de plante de interes pentru UE, patru sunt deja stabilite și răspândite în România: *Ailanthus altissima*, *Asclepias syriaca*, *Elodea nuttallii* și *Impatiens glandulifera*. Prezența lui *Humulus scandens* a fost, de asemenea, confirmată în mai multe regiuni (de exemplu, în sud și sud-vest, în părțile centrale și nord-vestice ale țării). *Heracleum sosnowskyi* și *Ludwigia peploides* sunt confirmate într-o singură locație pentru fiecare specie. Prezența lui *Cabomba caroliniana* și *Myriophyllum aquaticum* în România nu este confirmată (Tabel 1).

Tabel 1 Lista speciilor de plante alogene invazive de interes pentru Uniunea Europeană și de interes pentru România

De interes pentru UE	
Denumire științifică	Prezență în România
<i>Ailanthus altissima</i>	da
<i>Asclepias syriaca</i>	da
<i>Elodea nuttallii</i>	da
<i>Impatiens glandulifera</i>	da
<i>Humulus scandens</i>	da
<i>Heracleum sosnowskyi</i>	da
<i>Ludwigia peploides</i>	da
<i>Cabomba caroliniana</i>	până în 2018
<i>Myriophyllum aquaticum</i>	până în 2018



De interes pentru România	
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	da
<i>Ambrosia tenuifolia</i>	da
<i>Ambrosia trifida</i>	da
<i>Cyclachaena xanthiifolia</i>	da
<i>Phytolacca americana</i>	da
<i>Phytolacca acinosa</i>	da
<i>Verbesina encelioides</i>	da

Dintre cele 396 de specii de plante alogene prezente în România, șapte specii sunt propuse ca specii de interes pentru România (*Ambrosia artemisiifolia*, *Ambrosia tenuifolia*, *Ambrosia trifida*, *Cyclachaena xanthiifolia*, *Phytolacca americana*, *Phytolacca acinosa* și *Verbesina encelioides*), conform Articolului 12(1) al Regulamentului 1143/2014 al Uniunii Europene (UE), în care statele membre pot stabili o listă națională de specii străine invazive de interes pentru un stat membru (European Parliament and Council of the European Union, 2014). Cele șapte specii de plante alogene au fost selectate pe baza impactului lor semnificativ asupra sănătății umane, cum ar fi polenul alergen, și asupra agriculturii, în special în ceea ce privește producția de semințe (Kumar Rai and Singh, 2020; Lommen et al., 2018). Trei dintre ele sunt incluse și în Planul Național de Acțiune pentru Abordarea Căilor de Introducere Prioritare (PNAACIP) (*Ambrosia artemisiifolia*, *Ambrosia trifida* și *Phytolacca acinosa*). Acest lucru indică faptul că aceste specii sunt considerate a avea un impact semnificativ și necesită măsuri speciale pentru gestionarea lor.

Căi de introducere a speciilor de plante alogene invazive în România

Speciile alogene invazive intră în România printr-o mare varietate de moduri. Unele sunt introduse **intenționat** pentru a fi utilizate în agricultură, silvicultură, acvacultură, horticultură sau în scopuri ornamentale ca plante de grădină. Alte specii au intrat în România în mod **neintenționat**, ca și contaminanți ai unor mărfuri (de ex: semințe de buruieni în amestecuri de furaje pentru animale) sau ca „pasageri clandestini” la bordul mijloacelor de transport sau echipamentelor.

La nivel global se pune accent pe identificarea și analiza căilor de introducere a speciilor alogene invazive, acesta constituind un demers foarte important pentru managementul speciilor invazive și biosecuritate. Principalele căi de introducere a speciilor alogene invazive sunt asociate direct sau indirect cu schimburile comerciale dintre state. Intensificarea și diversificarea

activităților comerciale, precum și intensificarea transporturilor crește posibilitatea de introducere a speciilor alogene invazive pe teritoriul anumitor state.

Studiile efectuate în acest domeniu au evidențiat trei mecanisme principale de introducere a speciilor invazive (Figura 2) (Hulme et al., 2008):

- a) importul de **mărfuri** din diferite țări;
- b) sosirea și răspândirea în anumite zone prin intermediul unor **vectori** de transport;
- c) răspândirea în mod natural prin diferite moduri de **dispersie** proprie, în zone din jurul arealelor în care specia alogenă este deja prezentă.

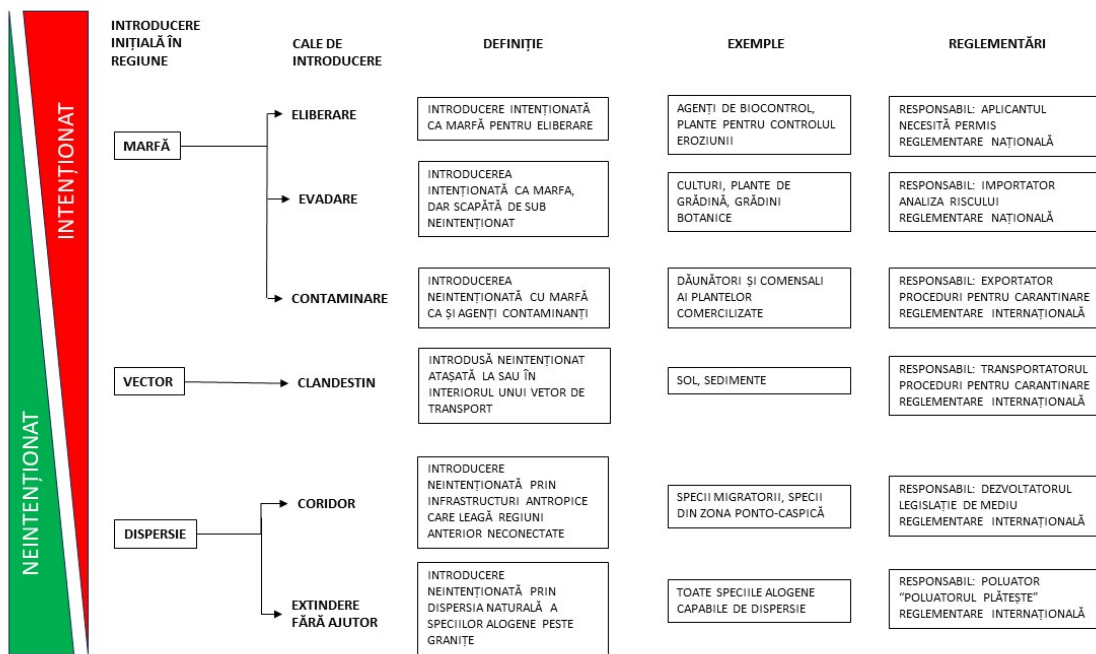


Figura 2 Sistemul de clasificare a căilor de introducere inițială a speciilor alogene într-o nouă regiune, adaptat după Hulme et al., (2008).

Acestor mecanisme le sunt asociate un număr de șase căi de introducere, dintre acestea, patru fiind recunoscute drept prioritare în cazul speciilor de plante alogene invazive.

Căi de introducere a speciilor alogene sunt:

1. Introducerea deliberată sau eliberarea conștientă în ecosistem (Release)
2. Evadarea din culturi/ captivitate (Escape)
3. Ca agenți contaminanți, prin intermediul mărfurilor care sunt infestate cu aceste specii (Contaminant)

4. Transport clandestin - Introducerea neintenționată prin diferiți vectori naturali sau antropici fără o asociere directă cu mărfurile transportate (Stowaway)
5. Dispersia prin intermediul coridoarelor
6. Extinderea

Datele arată că originea geografică a majorității speciilor introduse în România este în America de Nord și Centrală (56,1% din specii), urmată de Asia și Pacific (17,3% din specii) (Figura 3). Majoritatea speciilor (24,9% din speciile înregistrate) au fost introduse intenționat în scopuri horticole sau ornamentale (ES_hort). Exemple sunt *Prunus cerasifera*, folosit în horticultură, și speciile *Ailanthus altissima*, *Amorpha fruticosa* și *Fraxinus americana* folosite în scopuri ornamentale.

Din cele 102 specii înregistrate de Sirbu et al. (2022), 32 de specii au intrat în România prin natural dispersal across borders (UN_natu), după ce au fost introduse în Europa prin diverse alte căi, în principal din America de Nord și Centrală. Exemple de plante care s-au dispersat în mod natural sunt *Symphotrichum ciliatum* și *Veronica persica*. Alte căi importante de introducere sunt transportation as stowaway (TR_mult) și seed contaminant (TR_seed), cu 12,1% și, respectiv, 10,4% din specii fiind introduse prin aceste căi (Figura 3).

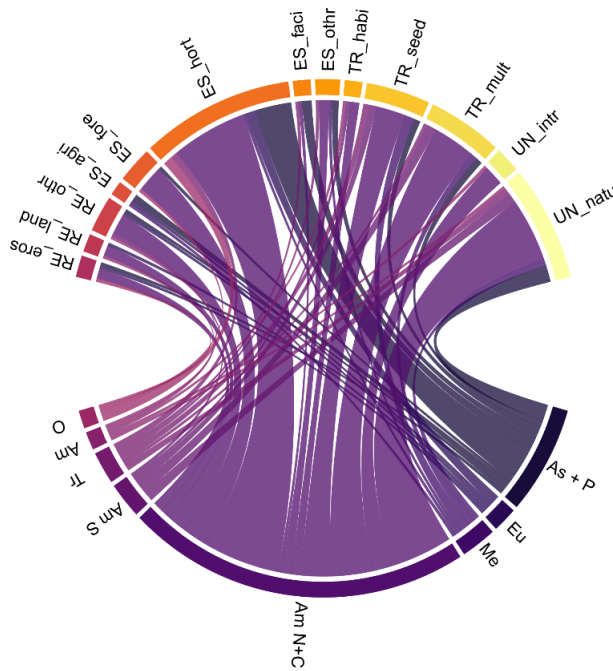


Figura 3 Căile de introducere și originea geografică a speciilor de plante alogene invazive din România



Cadru pentru prioritizarea spațială a managementului speciilor de plante invazive

Importanța prioritizării spațiale în gestionarea invaziilor biologice este recunoscută pe scară largă de către diverse organisme internaționale, cum ar fi Convenția privind Diversitatea Biologică (de exemplu, Ținta Aichi 9), care evidențiază rolul crucial al prioritizării în abordarea eficientă a acestei probleme. Tehnicile de prioritizare spațială ajută factorii de decizie și practicienii în conservare să identifice zonele cele mai susceptibile la invazie sau deja supuse presiunilor invaziei. Aceste tehnici adesea încorporează diferiți factori, cum ar fi probabilitatea de introducere, potențialul de stabilire și răspândire și vulnerabilitatea ecosistemelor sau speciilor la invazii (Robinson et al., 2020).

Prioritizarea spațială sau modelarea predictivă este recunoscută pe scară largă ca un flux de lucru inestimabil pentru implementarea eficientă a evaluării riscurilor (Ricciardi et al., 2017). Modelele de distribuție a speciilor (SDM-urile) sunt principala unealtă pentru prognozarea riscului de stabilire a unei specii străine într-un mod spațial explicit (Guisan and Thuiller, 2005).

În plus, modelarea nișelor ecologice și răspândirea potențială a speciilor străine invazive joacă un rol crucial în îmbunătățirea evaluării riscurilor, prioritizarea spațială în stadiile incipiente și clasificarea zonelor pentru gestionare. Această abordare ajută la prioritizarea zonelor pentru intervenție pe baza impactului și distribuției prevăzute a speciilor străine invazive.

Etaplele analizei includ prelucrarea datelor de distribuție, o listă a speciilor invazive emergente, dezvoltarea unui model de distribuție a speciilor invazive, stabilirea greutăților prioritare sau introducerea condițiilor, analiza prioritizării spațiale și interpretarea rezultatelor. Prin analizarea datelor spațiale privind factori precum climatul, tipul de habitat potrivit, calea de introducere și activitățile umane, prioritizarea spațială poate ajuta la identificarea zonelor în care riscul de invazie este ridicat sau unde impactul invaziei ar putea fi dezastruos.

Aceste informații pot ghida alocarea resurselor, cum ar fi eforturile de monitorizare, măsurile de prevenire, sistemele de detectare precoce și intervențiile privind managementul, pentru a se concentra pe zonele cu cea mai mare prioritate.

Agențiile guvernamentale și non-guvernamentale de conservare a naturii pot folosi SDM-urile și prioritizarea spațială pentru a ghida gestionarea și luarea deciziilor în ceea ce privește

speciile invazive, dar au nevoie de fluxuri de lucru transparente și reproductibile pentru a fi acceptate de părțile interesate și de factorii de decizie politici.

Pentru a aborda aceasta, am dezvoltat un *cadru pentru prioritizarea spațială a managementului speciilor de plante invazive din România*, pentru a putea genera hărți de risc reproductibile pentru speciile invazive în scenarii de schimbare a climei și pentru a prioritiza zonele cu grad ridicat de invazivitate.

Modelarea distribuției speciilor de plante invazive

Un model de distribuție a speciilor (SDM) este o metodă comună pentru estimarea distribuției geografice actuale sau potențiale a unei specii prin caracterizarea condițiilor de mediu care sunt potrivite pentru specie și identificarea locurilor în care mediile potrivite sunt distribuite în spațiu. De exemplu, dacă ne interesează modelarea distribuției unei plante invazive care se știe că prosperă în soluri argiloase umede, atunci identificarea simplă a locațiilor cu soluri argiloase și precipitații ridicate poate genera o estimare a distribuției speciei.

SDM-urile corelative delimitează nișa realizată a organismului pe baza relațiilor specie-mediu obținute din datele de localizare a speciilor georeferențiate (adică prezența speciilor localizată cu coordonate geografice specifice) și a predictorilor mediului spațial. În acest fel, SDM-urile prevăd probabilitatea prezenței speciilor în zonele unde nu a fost realizată cartarea. În plus, SDM-urile prevăd și zonele mediului înconjurător adecvate în care specia este în prezent absentă, dar poate fi potențial stabilită în viitor, în funcție de succesul dispersiei. SDM-urile pot fi folosite pentru a ghida luarea deciziilor din punct de vedere spațial.

Principalele etape necesare pentru construirea și validarea unui model de distribuție a speciilor de plante invazive sunt reprezentate în Figura 4. Sunt necesare două tipuri de date de intrare pentru model: 1) înregistrările cunoscute ale apariției speciilor; și 2) variabile de mediu.

Înregistrările de apariție a speciilor și variabilele de mediu sunt introduse într-un algoritm care își propune să identifice condițiile de mediu asociate cu apariția speciilor.

După ce algoritmul de modelare a fost rulat, poate fi realizată o hartă care prezintă distribuția speciilor prezise. Capacitatea modelului de a prezice distribuția speciilor cunoscute ar trebui testată în această etapă. Un set de înregistrări de apariții ale speciilor care nu au fost folosite anterior în modelare ar trebui să fie utilizat ca date de test independente.

Odată ce aceste etape au fost finalizate, și dacă validarea modelului este reușită, acesta poate fi folosit pentru a prezice apariția speciilor în zone în care distribuția este necunoscută. Astfel, un set de variabile de mediu pentru zona de interes este introdus în model, iar condițiile potrivite într-o anumită localitate sunt prezise. Modelul poate fi folosit pentru a prezice distribuțiile speciilor în regiuni noi (de exemplu, pentru a studia potențialul de invazie) sau pentru un alt interval de timp (de exemplu, pentru a estima impactul potențial al schimbărilor climatice viitoare); de exemplu, Thuiller et al., (2005) au testat predicțiile potențialului de invazie folosind înregistrări de apariții din distribuția invadată.

Etapele necesare pentru construirea și validarea unui model de distribuție a speciilor sunt:

- 1) zona de studiu este modelată ca o hartă raster compusă din celule de grid la o rezoluție specificată;
- 2) variabila dependentă este distribuția cunoscută a speciilor;
- 3) un set de variabile de mediu sunt colectate pentru a caracteriza fiecare celulă; și
- 4) este generată o funcție a variabilelor de mediu pentru a clasifica gradul în care fiecare celulă este potrivită pentru specie.

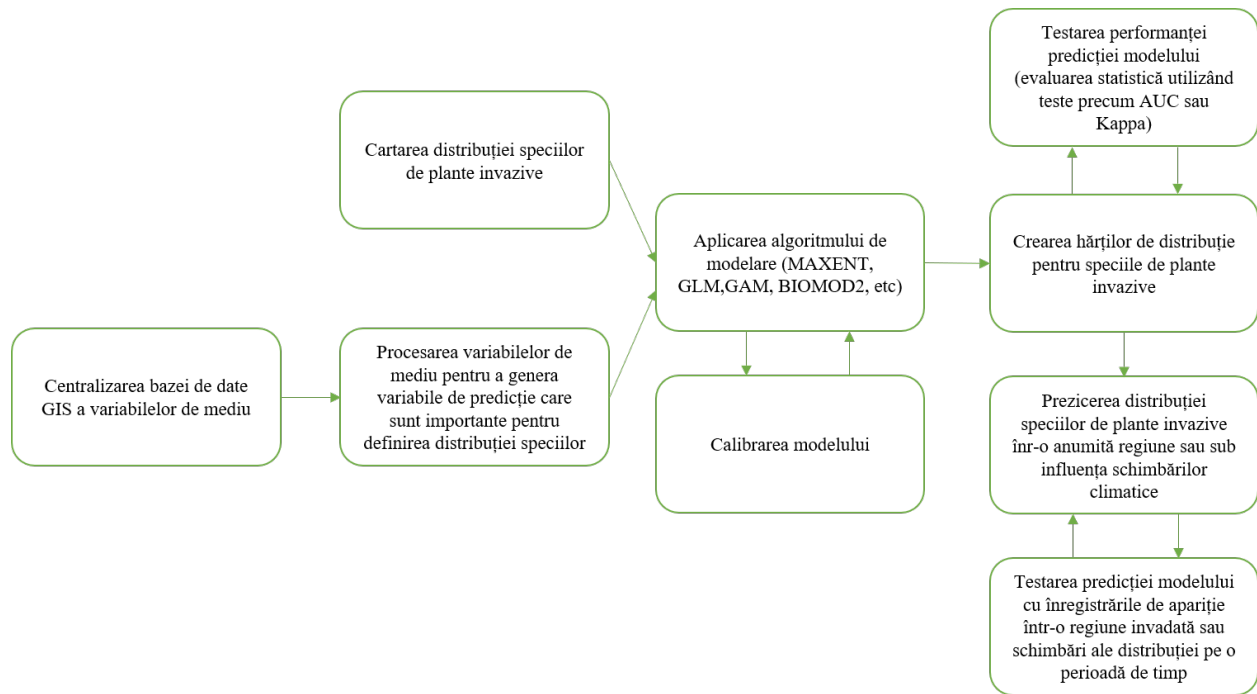


Figura 4 Principalele etape necesare pentru construirea și validarea unui model de distribuție a speciilor de plante invazive, adaptare după Pearson (2007).



Tipuri de date și surse

Modelele de distribuție a speciilor corelative necesită două tipuri de date de intrare: *date biologice*, care descriu distribuția speciilor cunoscute, și *date de mediu*, care descriu peisajul în care specia este găsită.

Datele folosite pentru modelarea distribuției sunt de obicei stocate într-un Sistem de Informații Geografice (GIS). Datele pot fi stocate fie ca localități punctuale (numite date „vector punct” - de exemplu, locuri unde a fost observată o specie sau locații ale stațiilor meteo), fie ca poligoane care definesc o zonă (numite date „vector poligon” - de exemplu, zone cu diferite tipuri de sol) sau ca un grid de celule (numită date „raster” - de exemplu, tipuri de acoperire a solului derivate din teledetecție). Pentru utilizare într-un model de distribuție, trebuie să se reformateze toate datele de mediu într-un grid raster.

Formatarea tuturor datelor în grid raster asigură faptul că datele de mediu sunt disponibile pentru fiecare celulă în care au fost înregistrate date biologice. Aceste celule, care conțin atât date biologice, cât și date de mediu, sunt folosite pentru a construi modelul de distribuție al speciilor. Atunci când se colectează date trebuie să se țină cont de scara spațială la care va funcționa modelul. Scara spațială are două componente: extinderea și rezoluția.

Extinderea se referă la dimensiunea regiunii în care este rulat modelul (de exemplu, regiunea Dobrogea sau întreaga Românie), în timp ce rezoluția se referă la dimensiunea celulelor grilei (de exemplu, 1 km² sau 10 km²).

Date de distribuție

Datele care descriu distribuția cunoscută a unei specii pot fi obținute în diverse moduri:

1. *Date de teren personale*: înregistrările de apariție pot fi obținute în timpul cercetărilor de teren efectuate de un individ sau un grup mic de cercetători (ex: (Sirbu et al., 2011; Sirbu et al., 2021)).
2. *Inventarii*: informațiile despre distribuție pot fi disponibile din studii efectuate de un număr mare de persoane (ex: (Anastasiu et al., 2023)).
3. *Colecții muzeale* - înregistrările de apariție pot fi obținute din colecțiile din muzeele de istorie naturală sau herbarii (ex: (Sirbu et al., 2022)).

4. *Resurse online*: datele de distribuție provenite din diverse surse sunt tot mai frecvent disponibile pe internet (ex: Global Biodiversity Information Facility (www.gbif.org)).

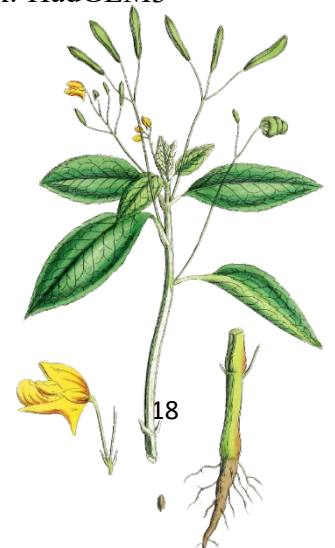
Datele de distribuție a speciilor pot fi, fie numai de prezență sau prezență/absență. În unele cazuri, includerea înregistrărilor de absențe pot îmbunătăți performanța modelului. Există câteva surse potențiale de bias și eroare, printre care identificarea incorectă a speciilor sau din localizare greșită. De asemenea, poate fi introdus bias-ul pentru că experții tind să preleveze date în locuri ușor accesibile, cum ar fi de-a lungul drumurilor și râurilor și în apropierea orașelor sau stațiilor de cercetare (Graham et al., 2004).

Variabile de mediu

Sunt utilizate în modelarea distribuției speciilor. Cele mai comune sunt variabilele legate de climă (ex: temperatură, precipitații), topografie (ex: altitudine), tip de sol și tipul de acoperire a terenului (Tabel 2). Variabilele descriu în principal mediul abiotic, cu toate că există potențialul de a include interacțiunile biotice în cadrul modelării.

Variabilele de mediu pot cuprinde date *continue* (date care pot lua orice valoare într-un anumit interval, cum ar fi temperatura sau precipitațiile) sau date *categorice* (date care sunt împărțite în categorii, cum ar fi tipul de acoperire a terenului sau tipul de sol).

În plus, modelele climatice globale sunt folosite pentru a genera scenarii climatice viitoare și pentru a simula condițiile climatice începând de la sfârșitul ultimei perioade glaciare (vezi Tabel 2). Scenariile climatice viitoare pot fi folosite pentru a estima impactul potențial al schimbărilor climatice asupra biodiversității, în timp ce simulările climatelor trecute pot fi folosite pentru a testa capacitatea de predicție a modelelor (ex. IPCC5 - Intergovernmental Panel on Climate Change) (IPCC, 2023). Scenariile climatice pot fi folosite pentru mai multe orizonturi temporale (ex: 2020-2040, 2041-2060 și 2061-2080) și pentru diferite Modele Globale de Circulație (ex: HadGEM3-GC31-LL sau MIROC6).



Tabel 2 Surse de date privind distribuția speciilor și a variabilelor de mediu pentru utilizare în modelarea distribuției speciilor

Tipuri de date	Surse
Distribuția speciilor	Global Biodiversity Information Facility (GBIF): www.gbif.org
Climatice	WorldClim: http://www.worldclim.org/
	Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): http://www.ipcc-data.org/
	NOAA: http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/paleo.html
Topografice	USGS: http://edc.usgs.gov/products/elevation/gtopo30/hydro/index.html
Seturi de date privind acoperirea terenului	Global Landcover Facility: http://glcf.umiacs.umd.edu/data/ CLC: https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover
Soluri	UNEP: http://www.grid.unep.ch/data/data.php?category=lithosphere
Marine	NOAA: www.nodc.noaa.gov

Algoritmi de modelare

Un număr de algoritmi alternativi de modelare au fost aplicați pentru a clasifica probabilitatea prezenței (și absenței) speciilor ca funcție a unui set de variabile de mediu.

În Tabel 3 sunt prezentate câteva metode frecvent utilizate pentru modelarea distribuției speciilor precum și tipul de date necesare. Unele metode aplicate sunt statistice (ex: modele liniare generalizate (GLM) și modele aditive generalizate (GAM), în timp ce alte abordări se bazează pe tehnici de învățare automată (ex: entropia maximă (Maxent) și rețelele neurale artificiale (ANN). Studiile publicate au aplicat adesea unul sau mai mulți dintre acești algoritmi și au dat modelului rezultat un nume sau un acronim (ex: „Maxent” se referă la o implementare a metodei de entropie maximă, în timp ce „BIOMOD” este acronimul dat unui model care implementează mai multe metode, inclusiv GLM și GAM) – ensemble model. De multe ori, aceste modele sunt implementate în software-ul R.

Tabel 3 Exemple de metode pentru modelarea distribuției speciilor

Metode	Model/software	Tip de date pentru specii	Referințe
Maximum Entropy	MAXENT	presence and background	Phillips et al., 2006 http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/

Artificial Neural Network (ANN)	SPECIES	presence and absence (or pseudo-absence)	Pearson et al., 2002
Regression: generalized linear model (GLM), generalized additive model (GAM), boosted regression trees (BRT), multivariate adaptive regression splines (MARS), etc	Implemented in R	presence and absence (or pseudo-absence)	Lehman et al., 2002 Elith et al., 2006 Leathwick et al., 2006 Elith et al., 2007
Multiple methods (ensemble modeling)	BIOMOD2	presence and absence (or pseudo-absence)	Thuiller et al., 2014

Algoritmul modelului este doar o parte a procesului de modelare; alți factori, inclusiv selecția variabilelor de mediu și aplicarea unui prag de decizie, sunt elemente cheie ale procesului de modelare care afectează rezultatele modelului și pot fi variate indiferent de algoritmul modelului utilizat. Evaluarea acurateții predicțiilor unui model este denumită în mod obișnuit „validare” sau „evaluare” și este un pas vital în dezvoltarea modelului. Validarea ne permite astfel să determinăm adecvarea unui model pentru o aplicație specifică și să comparăm diferite metode de modelare. Se va evalua exactitatea SDM-urilor rezultate folosind statistici avansate precum aria sub curba (AUC) a caracteristicii de operare a receptorului (ROC) și statisticile abilității reale (TSS). Astfel, AUC variază între 0.5 pentru modele care nu sunt mai bune decât aleatorii și 1.0 pentru modele cu abilitate predictivă perfectă.

Evaluarea distribuției speciilor de plantelor alogene invazive din România privind scenariilor climatice viitoare

Prin utilizarea informațiilor despre arealul nativ al unei specii, nișa climatică poate fi modelată și proiectată la nivel global pentru a identifica regiunile cu probabilități mai mari de stabilire. Seturile de date globale despre climă și utilizarea terenurilor, cuplate cu tehnici avansate de modelare, îmbunătățesc semnificativ capacitatea de a evalua riscurile invaziei.

Predicțiile permit delimitarea zonele cu concentrații ridicate de specii invazive în viitor pentru o planificare robustă a zonelor de intervenție prioritare. În plus, se va modela preabilitatea la mediu la scară globală pentru anumite specii folosind diferite pachete de modelare a nișei bioclimatice. Modelul va fi dezvoltat pe baza înregistrărilor de distribuție în arealul nativ al

speciilor, iar apoi modelul va fi proiectat pentru a evalua pretabilitatea mediului la scară globală. Pretabilitatea mediului prezisă va fi proiectată către localitățile de introducere cunoscute din România. Rezultatul va permite crearea unor modele care să prezică care zone sunt mai susceptibile la o invazie reușită a speciilor invazive la nivel național și regional.



Cadru de modelare a prioritizării spațiale pentru detectarea zonelor cu grad ridicat de invazivitate

Pentru a ajuta la implementarea politicilor de biodiversitate la nivel național, am propus un cadru inovator de prioritizare spațială pentru detectarea zonelor cu un grad ridicat de invazivitate, luând în considerare și tendințele în cartografierea diversității speciilor alogene invazive prin modelarea distribuției speciilor în scenariile schimbărilor climatice. Pentru a demonstra abordarea noastră de planificare spațială, am folosit datele despre distribuția speciilor de plante alogene invazive din cele două baze de date publicate în GBIF (Global Biodiversity Information Facility) (<https://doi.org/10.15468/gg846v>, <https://doi.org/10.15468/zk9adu>).

Zonele cu grad ridicat de invazivitate se pot identifica folosind instrumental spațial de suport decizional ZONATION (Moilanen et al., 2022). Datele de intrare vor consta în distribuțiile actuale modelate ale speciilor de plante alogene invazive, modelele proiectate ale distribuțiilor speciilor sub scenariile de schimbare climatică, straturile administrative și condițiile impuse. ZONATION (un instrument versatil de suport decizional) produce o clasificare prioritară prin eliminarea iterativă a unităților de planificare cu cea mai mică pierdere marginală totală a valorii invazivității, luând în considerare distribuțiile totale și rămase ale speciilor de plante alogene invazive. Clasificarea priorității începe de la întreaga zonă și unitățile de planificare sunt eliminate iterativ până când nu mai rămâne niciuna. Zonele cu un risc scăzut de invazivitate (de exemplu, o bogăție redusă a speciilor de plante alogene) sunt eliminate primele, în timp ce zonele cu un risc ridicat de invazivitate (de exemplu, o bogăție ridicată a speciilor de plante alogene) sunt păstrate până la sfârșit. În funcție de analiza cea mai potrivită, se alege una dintre regulile de eliminare a celulelor furnizate de software-ul ZONATION. Rezultatele analizelor vor furniza clasificarea zonelor cu un grad ridicat de invazivitate. Cu ajutorul acestei analize, se pot dezvolta instrumente noi, eficiente din punct de vedere al costurilor, pentru evaluarea spațială optimă a alocării fondurilor pentru managementul speciilor invazive.



Tipuri de date

Principalii factori și tipuri de date asociate utilizate în mod obișnuit în prioritizarea spațială sunt enumerate în Figura 5. Sunt enumerate cele cinci clase majore de date, nu toate sunt necesare în toate analizele, iar unele analize pot necesita și informații relevante suplimentare (Figura 5).

- 1. Caracteristici de biodiversitate** - Tipul de informație prezentă în aceste prioritizări va depinde de date și de modelare. Este important de știut că rezultatele SDM-urilor, adică distribuțiile modelate, sunt adesea folosite ca intrări în analizele de prioritizare spațială, inclusiv în Zonation. Tehnicile SDM pot fi astfel văzute ca o metodă externă pentru prelucrarea datelor de biodiversitate înainte ca prioritizarea spațială să fie efectuată. Specia este cel mai utilizat tip de caracteristică a biodiversității, dar în multe analize de prioritizare, datele despre specii sunt completate cu informații despre tipurile de habitate. Tipurile de habitate și vegetație sunt adesea prezentate ca hărți binare de prezență-absență.

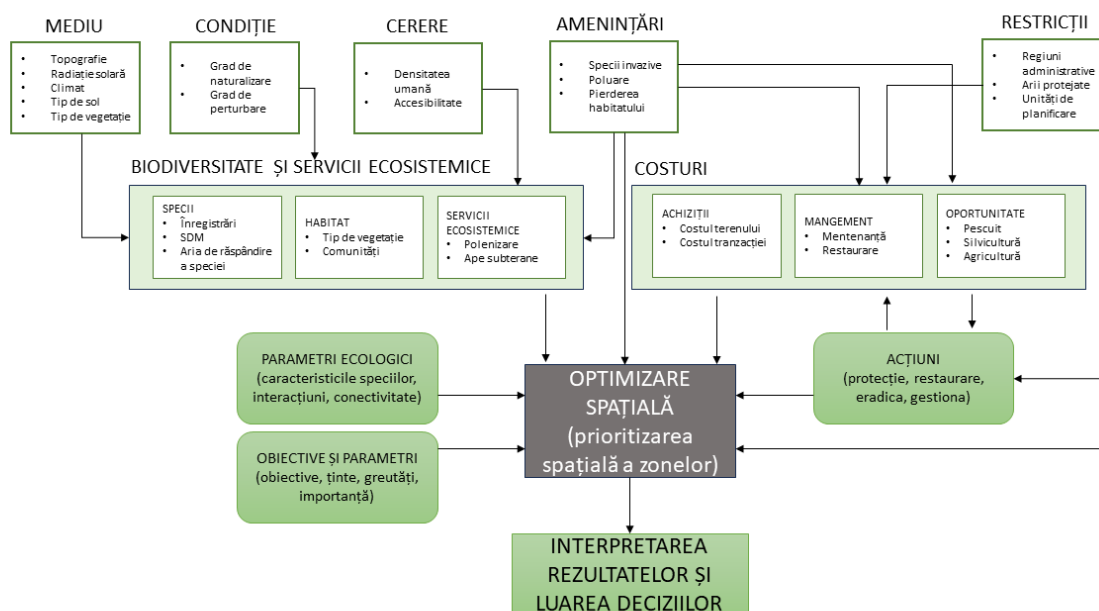


Figura 5 Fluxul de date în prioritizarea spațială. Unele tipuri de date (de exemplu, modelele de distribuție a speciilor) intră direct în prioritizarea spațială, în timp ce altele au impacturi indirecte prin alte straturi, adaptat după Kujala et al., (2018).

- 2. Condiție** - Hărțile de condiție sunt folosite pentru a descrie cât de aproape sau cât de departe este habitatul sau vegetația unei locații de starea sa dorită. Ele măsoară adesea

integritatea sau naturalitatea unui sit, care este strâns legată de distribuția și magnitudinea impacturilor negative ale omului.

3. **Amenințări** - Amenințările sunt de asemenea numite presiuni și includ procese precum pierderea habitatului, specii invazive, schimbările climatice, poluarea, supraexploatarea și alți factori care duc la pierderea și deteriorarea populațiilor și habitatelor.
4. **Costuri** - Informațiile despre costuri pot fi extrem de valoroase pentru conservare. Dacă lucrăm cu un buget limitat, are sens să profităm la maximum de resursele noastre. Acest lucru înseamnă să ținem cont de eficiența costurilor, ceea ce necesită date despre costuri.
5. **Restricții administrative** - Deciziile de conservare sau deciziile generale privind utilizarea terenurilor pot fi influențate de restricțiile administrative, incluzând rețeaua actuală de zone protejate, proprietatea terenurilor sau deciziile anterioare privind zonarea utilizării terenurilor. Rolul eficient al acestor restricții în planificarea conservării este de a limita locurile unde (acțiunea de conservare) poate fi întreprinsă.

Fluxul de lucru pentru prioritizarea spațială a zonelor cu grad ridicat de invazivitate

Prioritizarea spațială în ZONATION are două componente majore: (i) algoritmul principal de prioritarizare (numit meta-algoritm), și (2) regula pierderii marginale care operează în interiorul meta-algoritmului (regulile alternative de pierdere marginală agregă informații despre caracteristici într-o valoare specifică celulei în diferite moduri, conducând la soluții cu caracteristici diferite, exemplu de tipuri de reguli: CAZ1, CAZ2, CAZMAX, ABF, RAND, LOAD) (vezi manual ZONATION (Moilanen et al., 2022) (Figura 6).

a. Pre-procesarea sau pregătirea datelor de biodiversitate

Seturile de date cu caracteristici de biodiversitate sunt încărcate, în cazul nostru sunt modelele de distribuție a speciilor de plante alogene invazive. Seturile de date sunt date GIS de tip raster care reprezintă distribuțiile spațiale ale caracteristicilor biodiversității, cum ar fi speciile invazive. Datele spațiale despre amenințări, condiții, retenție sau costuri pot fi, de asemenea, incluse în analiză. Toate tipurile de date trebuie să aibă aceeași rezoluție.

b. Prioritizarea spațială

Se alege regula de pierdere marginală ce va fi folosită în funcție de analiza dorită. Se utilizează GUI (Graphical User Interface) din Zonation unde se încarcă rasterele necesare realizării prioritizării. Programul rulează iterații ale sortării condiționale până când clasificarea priorității converge. Interfața grafică afișează hărțile, histograma și curbele de performanță în timp ce optimizarea este în desfășurare. Acestea sunt actualizate odată ce fiecare iterație este finalizată.

c. Rezultatele prioritizării

- i) o **hartă a priorităților**, în care fiecare celulă de grilă a fost clasată de la cea mai mare la cea mai mică prioritate;
- ii) **curbele de performanță** a caracteristicilor de biodiversitate, care arată cât din distribuția fiecărei caracteristici este acoperită de orice fracțiune superioară a peisajului, și;
- iii) **histogramele** acoperirii caracteristicilor, care rezumă distribuția acoperirii distribuțiilor caracteristicilor la o fracțiune de prioritate superioară dată (sau orice alt interval de clasare ales) al peisajului.

d. Interpretarea și post-procesarea rezultatelor

Identificarea zonelor cu grad ridicat de invazivitate din soluția finală. Pe baza datelor de intrare, Zonation produce o clasificare a priorității peisajului analizat, în care celulele de grilă sunt ordonate de la cele mai importante (grad ridicat de invazivitate) la cele mai puțin importante (grad scăzut de invazivitate). Ordinea este făcută astfel încât, dacă este protejată orice fracțiune superioară a celulelor de grilă clasificate (de exemplu, primele 10% din celulele clasificate), acoperirea echilibrată a tuturor distribuțiilor caracteristicilor de biodiversitate să fie cât mai mare posibil pentru acea cantitate de suprafață. Zonele cu prioritate scăzută, prin urmare, au întotdeauna o valoare mai mică în total pentru biodiversitate decât zonele cu prioritate ridicată. Vizualizarea și raportarea rezultatelor într-un mod relevant și ușor de înțeles pentru părțile interesate. Dacă este necesar, executarea analizelor de post-procesare.



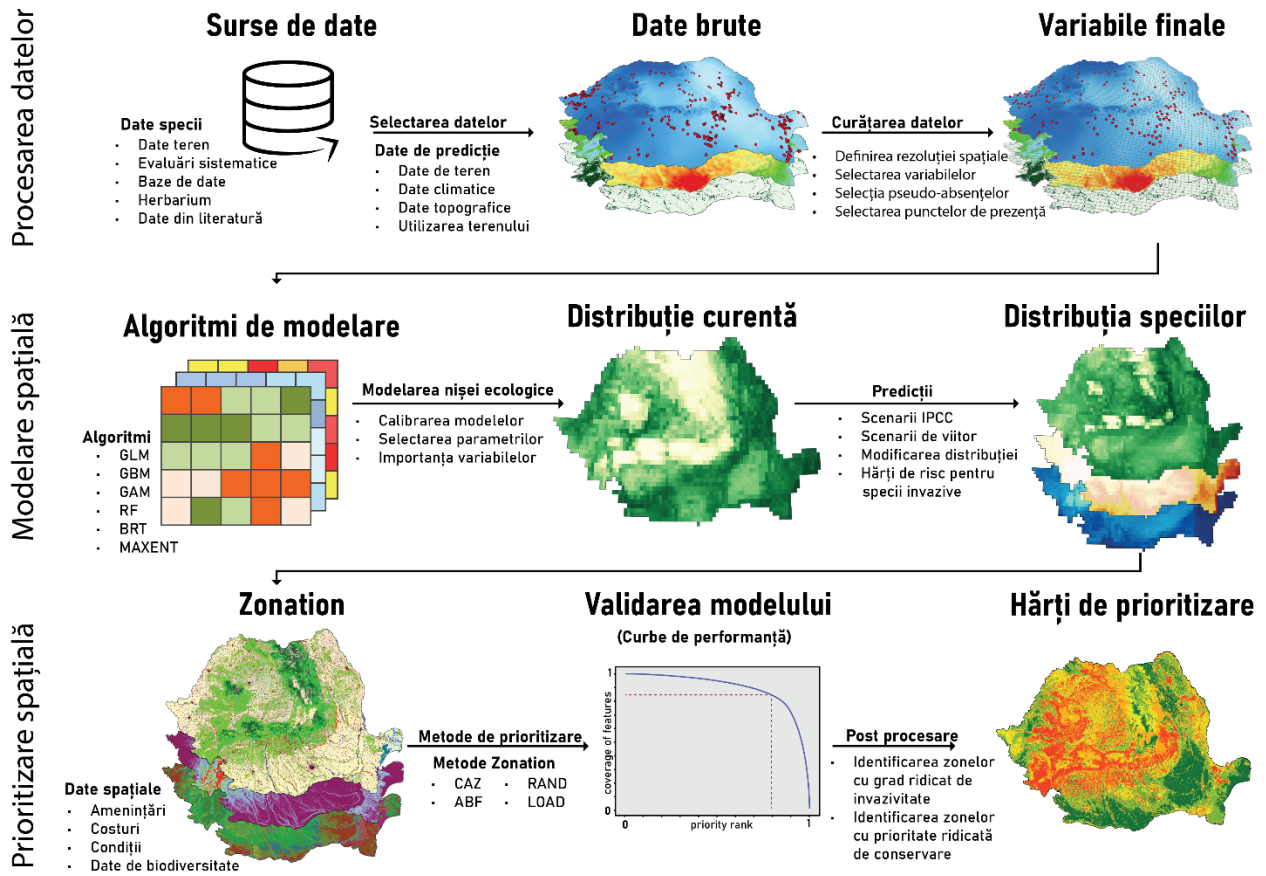


Figura 6 Principalele etape necesare pentru crearea unui cadru de priorizare spațială pentru detectarea zonelor cu grad ridicat de invazivitate



Principalele surse de informare europene

Nume	Link	Descriere
<i>Sharing information and policy on potentially invasive plants in Botanic Gardens</i>	www.botanicgardens.eu/aliens.htm	Scopul acestei inițiative este de a ajuta managerii grădinilor în obținerea unei liste simple de taxe problematice, cu o indicație a extinderii lor în Europa.
<i>DAISIE List of Species Alien in Europe and to Europe (2009)</i>	https://www.gbif.org/dataset/39f36f10-559b-427f-8c86-2d28afff68ca	Baza de date DAISIE și Manualul sunt surse cheie de informații. Scopul DAISIE este de a oferi un "punct unic" pentru informații despre invaziile biologice în Europa (Hulme et al., 2009). Înregistrează un total de 3.749 de specii de plante exotice naturalizate înregistrate în Europa, dintre care 1.780 sunt de origine extra comunitară (Pyšek et al., 2009), dar este actualizată în mod continuu.
<i>EPPO database and lists</i>	https://www.eppo.int/ACTIVITIES/invasive_plants/iap_lists	Un Panel ad hoc al EPPO privind Speciile Invazive Exotice a stabilit Lista EPPO a Plantelor Invazive Exotice, care poate fi considerată o listă de priorități. Numărul de plante care pot fi considerate specii de dăunători potențiali este foarte mare, iar Panelul elaborează un proces de prioritizare pentru toate plantele exotice invazive cunoscute sau potențiale din regiunea EPPO.
<i>NOBANIS (North European and Baltic Network on Invasive Alien Species)</i>	https://www.nobanis.org/	NOBANIS oferă informații despre speciile exotice și invazive în țările din Europa de Nord și Centrală.
<i>ESENIAS (East and South European Network for Invasive Alien Species)</i>	https://www.esenias.org/index.php?option=com_content&view=article&id=318:marine-species&catid=86:romania&Itemid=83	ESENIAS este un portal de date regional pentru speciile alogene invazive care oferă date despre: speciile alogene invazive din Europa de Est și Sud, date despre biologia, ecologia, căi de introducere, impact, distribuție și răspândire, evaluări de risc, reglementări, referințe științifice.



Surse de date

Componentele informaționale, inclusiv descrierea și importanța informațiilor pentru documentarea și gestionarea invaziilor biologice ale speciilor alogene invazive existente din bazele de date care pot oferi informații relevante.

Domeniu	Descriere	Scopul BD	Exemple BD
Taxonomie	Nume științific, descriere, sinonime	Nume și localizare	GBIF – https://www.gbif.org/ Plant List – http://www.theplantlist.org/ AlgaeBase – https://www.algaebase.org/ IUCN Red List of Threatened Species – https://www.iucnredlist.org/
Identificare	Ghiduri de identificare, instrumente de diagnosticare	Identificare corectă, Detectare rapidă	iNaturalist – https://www.inaturalist.org Lucidcentral – https://www.lucidcentral.org , Plant net – https://plantnet.rbgsyd.nsw.gov.au/
Ecologie	Include habitat, interacțiuni între specii	Management de evaluare a riscurilor	Global Invasive Species Database (GISD) – http://www.iucngisd.org/gisd Centre for Agriculture and Bioscience International Invasive Species Compendium – https://www.cabi.org/isc
Date spațiale	Areal de distribuție nativă și introdus, înregistrări	Origine, management și evaluarea riscurilor	Global Invasive Species Database Global Register of Introduced and Invasive Species (GRIIS) – http://www.griis.org/ Global Naturalized Alien Flora (GloNAF) – https://glonaf.org European Alien Species Information Network – https://easin.jrc.ec.europa.eu/easin/# National invasive alien species databases International Union for Conservation of Nature Red List of Threatened Species Regional plant protection organizations – https://www.ippc.int/en/external-cooperation/regional-plant-protection-organizations/
Statut și proveniență	Statutul invaziei biologice în zona unde a fost introdus, inclusiv abundență, apariție (grad de răspândire) și invazivitatea	Origine, prioritizare și managementul prioritizării	Global Invasive Species Database Global Register of Introduced and Invasive Species Centre for Agriculture and Bioscience International Invasive Species Compendium European Alien Species Information Network National invasive alien species databases

Căi de introducere prioritare și secundare	Căi de introducere și răspândire intenționate și neintenționate	Managementul biosecurității	Global Invasive Species Database Global Register of Introduced and Invasive Species Centre for Agriculture and Bioscience International Invasive Species Compendium European Alien Species Information Network National invasive alien species databases
Impact	Impact de mediu și socioeconomic, mecanismul impactului, rezultatele impactului și servicii ecosistemice afectate	Politica de management privind evaluare riscurilor	Global Invasive Species Database Global Register of Introduced and Invasive Species Centre for Agriculture and Bioscience International Invasive Species Compendium InvaCost database – https://figshare.com/articles/dataset/InvaCost_References_and_description_of_economic_cost_estimates_associated_with_biological_invasions_worldwide_/12668570/4 Millennium ecosystem assessment – https://www.millenniumassessment.org IUCN Red List of Threatened Species – https://www.iucnredlist.org/resources/threatclassification-scheme
Evaluarea riscurilor	Rezultatele evaluării riscurilor	Management	Global Invasive Species Database Environmental Impact Classification of Alien Taxa and the Socio-Economic Impact Classification for Alien Taxa Global Compendium of Weeds – http://www.hear.org/gcw/ East and South European Network for Invasive Alien Species – www.esenias.org National invasive alien species databases
Politici	Legislație, reglementări, coduri de conduită	Managementul politicilor	ECOLEX – https://www.ecolex.org InforMEA – United Nations Information Portal on Multilateral Agreements – https://www.informea.org EU Regulations – https://environment.ec.europa.eu/topics/nature-and-biodiversity/invasive-alien-species_en
Eradicare		Management	National invasive alien species databases

Control	Practici de management bune practici, biocontrol	Management	Biological Control of Weeds. A world catalogue of agents and their target weeds – https://www.ibiocontrol.org/ iMapInvasives – sharing information for strategic management – https://www.imapinvasives.org Centre for Agriculture and Bioscience International Invasive Species Compendium Global Eradication and Response Database Early Detection and Distribution Mapping System East and South European Network for Invasive Alien Species National invasive alien species databases
----------------	--	------------	--



Cadrul legislativ național, european și internațional cu privire la speciile de plante invazive

Legislația este un aspect important pentru managementul speciilor alogene. Fără un cadru legislativ coerent fenomenul nu poate fi controlat. Menționăm faptul că acest cadru legislativ este într-o permanentă adaptare, așadar este necesar ca ori de câte ori este nevoie de astfel de date să consultați documente și site-uri de specialitate. Cele mai importante prevederi legislative referitoare la gestionarea speciilor invazive sunt:

- Convențiile internaționale - **Convenția pentru conservarea biodiversității (CBD)** prin principiile de ghidare pentru prevenirea, introducerea și atenuarea impactului speciilor străine care amenință ecosistemele, habitatele sau speciile.
- Directivele și regulamentele europene relevante - **Regulamentul UE 1143/2014 referitor la prevenirea și gestionarea introducerii și răspândirii speciilor alogene invazive** ([Regulation \(EU\) 1143/2014](#)) - include un set de măsuri care trebuie luate în întreaga UE în legătură cu speciile străine invazive. Nucleul Regulamentului este lista Speciilor Străine Invazive de Interes pentru Uniune (Lista Uniunii). Speciile incluse în această listă sunt supuse restricțiilor și măsurilor stabilite în Regulament. Acestea includ restricții privind păstrarea, importul, vânzarea, reproducerea, cultivarea și eliberarea în mediu.; ultimul update al listei fiind în 2022 - [Commission Implementing Regulation \(EU\) 2022/1203](#).
- Strategiile realizate la nivel european și național - **Strategia Europeană pentru Conservarea Biodiversității** ([EU Biodiversity Strategy for 2030](#)) – strategia conține angajamentul de a gestiona speciile străine invazive stabilite și de a reduce numărul speciilor aflate pe Lista Roșie pe care le amenință cu până la 50% până în 2030; **Strategia Națională pentru Conservarea Biodiversității, Cadrului de Acțiuni Prioritare pentru Natura 2000**.

Legislația națională din domeniul protecției mediului, inclusiv procedurile derivate din aceasta (evaluarea strategică de mediu, evaluarea impactului asupra mediului, legislația pentru specii invazive, alte proceduri de autorizare):

- **Legea 49/2011 pentru aprobarea Ordonanței de Urgență a Guvernului nr. 57/2007** privind regimul ariilor naturale protejate, conservarea habitatelor naturale, a florei și faunei sălbatice, în art. 34(2), prevede că pentru speciile sălbatice alohtone introduse este obligatorie efectuarea unei evaluări a impactului acestei introduceri asupra speciilor de floră și faună indigene;
- **Ordinul Ministrului Mediului nr. 979/2009** privind introducerea de specii alohtone, intervențiile asupra speciilor invazive, precum și reintroducerea speciilor indigene prevăzute în anexele nr. 4A și 4B la OUG nr. 57/2007 privind regimul ariilor naturale protejate, conservarea habitatelor naturale, a florei și faunei sălbatice, cu modificările și completările ulterioare;
- **Legea nr. 62/2018 privind combaterea buruienii ambrozia și normele de aplicare ale acesteia.**
- Legislația națională sectorială (din domeniul agriculturii, silviculturii, pescuitului și pisciculturii, a gestionării fondului cinegetic, transporturilor, comerțului, turismului);
- Prevederile locale, stabilite prin hotărâri de Consiliu Județean sau Local.

Alte inițiative:

- The Washington Convention (CITES)
- The International Plant Protection Convention (IPPC)
- Invasive Species Compendium (ISC) – CABI
- Global Invasive Species Database (GISD)
- Global Invasive Species Information Network (GISIN)
- IUCN Species Survival Commission Invasive Species Specialist Group (ISSG)
- Botanic Gardens Conservation International
- International Agenda for Botanic Gardens in Conservation
- An International Sentinel Plant Network (ISPN)
- European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO)
- European Environment Agency (EEA) European information and early warning system
- European Botanic Gardens Consortium
- European national codes of conduct for botanic gardens



Script SDM

```
##### Species distribution modeling for invasive alien plant species #####
#install the packages required for the script
#install.packages(c("biomod2","raster","dplyr","rgdal","beepR"))
#load the libraries
library(biomod2)
library(raster)
library(terra)
library(dplyr)
library(rgdal)
library(rasterVis)
library(beepR)
#check packages
(.packages())
#remove list of global environments
rm(list=ls())
DataSpecies <- read.csv("./OCC/Ailanthus.csv")
head(DataSpecies)
#name of the column with the presence data (1 - presence, 0 - true absence)
myRespName <- 'Ailanthus'
#presence/absence is loaded as binary where 1 is pres and 0 is abs (the absence needs to be generated)
myResp <- as.numeric(DataSpecies[,myRespName])
#the XY coordinates of species data
myRespXY <- DataSpecies[,c("longitude","latitude")]
myRespXY
##### CURRENT #####
ras_current <- list.files(path = "./ENV/ENV_C", pattern = ".tif", full.names = T);
env_current <- stack(ras_current)
proj4string(env_current)
#CALCULATE CORRELATIONS BETWEEN VARIABLES
#reject variables with > |0.75| If enough variables, reject variables > |0.70|
#split your data in training records and testing records - 2 predictors → 50:50
#2 predictors → 50:50 ... 5 predictors → 67:33 ... >10 predictors → 75:25
corr <- raster::layerStats(env_current, 'pearson', na.rm = T)
corr
#transform correlation results in a data frame
corr.df <- as.data.frame(corr)
head(corr.df)
#transform correlation matrix to distances
var.dist <- abs(as.dist(corr.df))
var.dist
var.dist.data <- as.data.frame(as.matrix(var.dist))
write.csv(var.dist.data, file = "Pearson_correlation.csv")
#calculate dendrogram based on distance (less distance = more correlation)
var.cluster <- hclust(1 - var.dist)
#plot dendrogram
png("correlation_dendrogram.png", width = 1200, height = 900)
```

```

plot_dendrogram <- plot(var.cluster) + abline(h = 0.25, lty = 2, lwd = 2)# variables that have a correlation <
0.75
dev.off()
#number of pseudo absences to be used
p_abs <- nrow(myRespXY)
p_abs <- p_abs * 1.5
p_abs <- round(p_abs, digits = 0)
p_abs
myBiomodData <- BIOMOD_FormatingData(resp.var = myResp,
expl.var = env_current,
resp.xy = myRespXY,
resp.name = myRespName,
PA.strategy = "random",
PA.nb.rep = 10, #How many sets of pseudo absences (10) * Selecting pseudo-
absences - Morgane Barbet
PA.nb.absences = p_abs) #How many pseudo-absence records
#print formatting data
myBiomodData
#plot(myBiomodData)
plot(myBiomodData)
#defining Models Options using default options.
myBiomodOption <- BIOMOD_ModelingOptions()
#computing the models
myBiomodModelOut <- BIOMOD_Modeling(bm.format = myBiomodData,
models = c("GLM", "GBM", "RF", "MAXNET"),
bm.options = myBiomodOption,
CV.nb.rep = 100, #Number of replicates (100)
CV.perc = 0.80,
prevalence= 0.5,
metric.eval = c('TSS', 'ROC', 'ACCURACY'),
var.import = 10,
do.full.models = FALSE,
nb.cpu = 1,
seed.val = 13, #Seed value
modeling.id = paste(myRespName,"FirstModeling",sep=""))
##myBiomodModelOut
#get all models evaluation (GLM, RF and MAXENT)
myBiomodModelEval <- get_evaluations(myBiomodModelOut)
myBiomodModelEval
table_evaluation <- myBiomodModelEval
write.csv(table_evaluation, file = "evaluation_1_Ailanthus.csv")
#data frame containing variable importance
get_variables_importance(myBiomodModelOut)
table_importance <- get_variables_importance(myBiomodModelOut)
write.csv(table_importance, file = "table_importance_Ailanthus.csv")
#####
myBiomodEM <- BIOMOD_EnsembleModeling(
bm.mod = myBiomodModelOut,
models.chosen = 'all',
em.by='all',

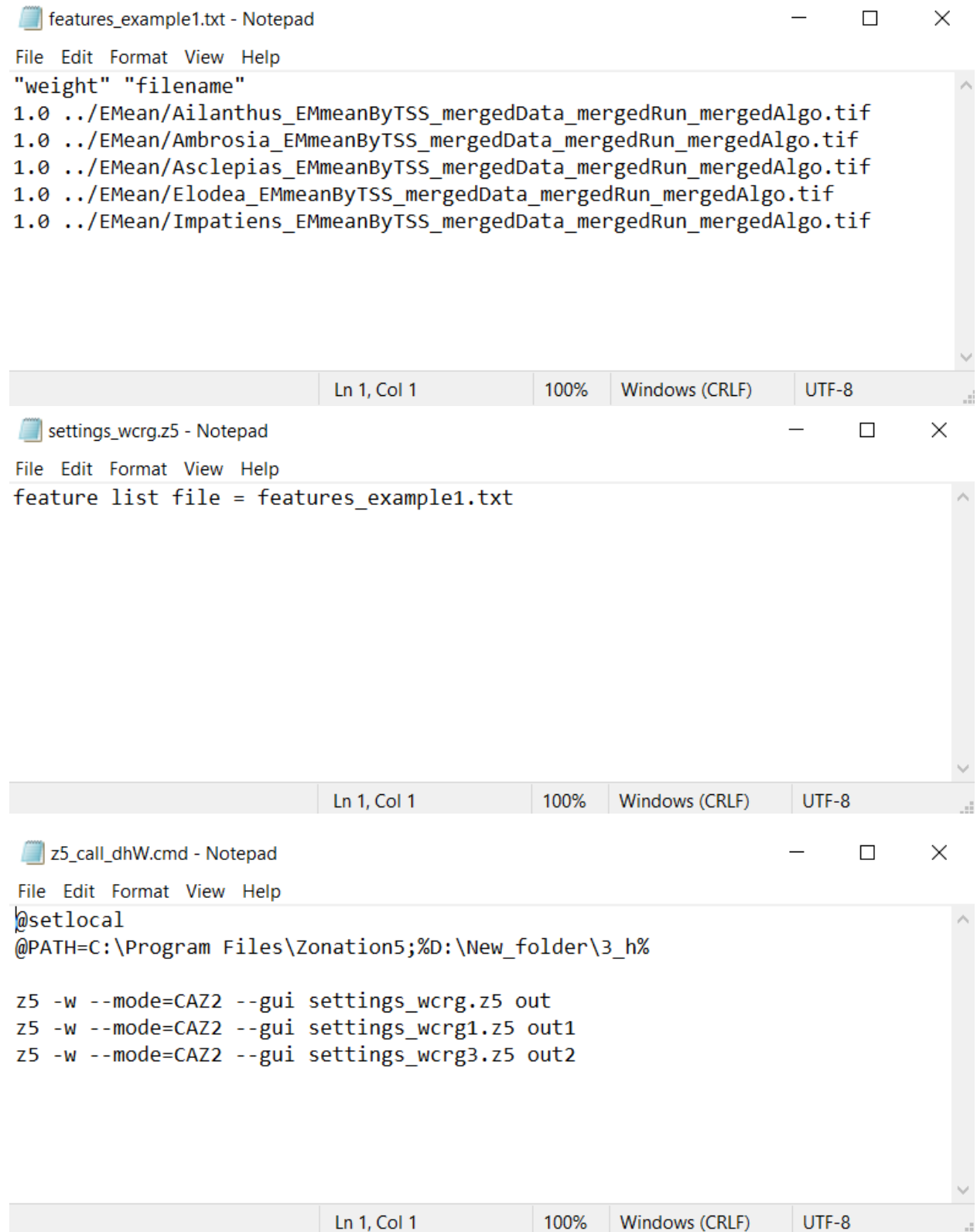
```

```

metric.select = c('TSS'),
metric.select.thresh = c(0.4), #TSS> 0.7 (Ruete, A., & Leynaud, G. C. (2015)) / TSS >0.3 Popescu, V. D., et.al
(2013)
metric.eval = c('TSS', 'ROC'),
var.import = 10,
em.algo = c('EMmean', 'EMmedian', 'EMwmean'),
nb.cpu = 1,
seed.val = 13,
do.progress = TRUE)
#print summary of modeling ensemble
###myBiomodEM
#data frame containing ensemble models evaluation scores
get_evaluations(myBiomodEM)
evaluation_table <- get_evaluations(myBiomodEM)
write.csv(evaluation_table, file = "evaluation_2_Ailanthus.csv")
get_variables_importance(myBiomodEM)
variable_importance_ensamble <- get_variables_importance(myBiomodEM)
write.csv(variable_importance_ensamble, file = "table_importance_2_Ailanthus.csv")
#####
#projection on environmental conditions
myBiomodProj <- BIOMOD_Projection(
  bm.mod = myBiomodModelOut,
  new.env = env_current,
  proj.name = 'current',
  models.chosen = 'all',
  metric.binary = 'TSS',
  compress = TRUE,
  build.clampling.mask = TRUE,
  output.format = '.tif',
  do.stack = FALSE,
  seed.val = 13)
myCurrentProj <- get_predictions(myBiomodProj)
###plot(myCurrentProj)
#ensemble forecasting
myBiomodEF <- BIOMOD_EnsembleForecasting(
  bm.em = myBiomodEM,
  bm.proj = myBiomodProj,
  models.chosen = 'all',
  metric.binary = 'all',
  metric.filter = 'all',
  binary.meth = 'TSS',
  projection.output = myBiomodProj)
#ensemble forecasting plotting results
###plot(myBiomodEF)
beep("ready")

```

Zonation



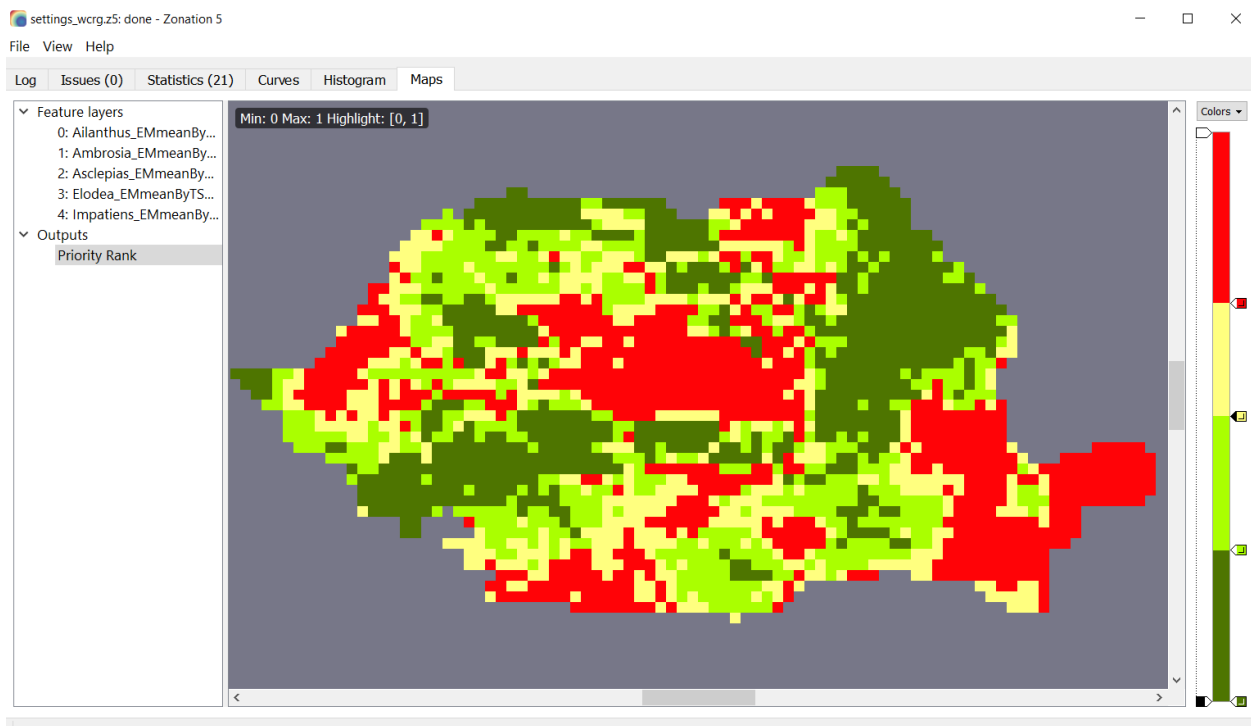
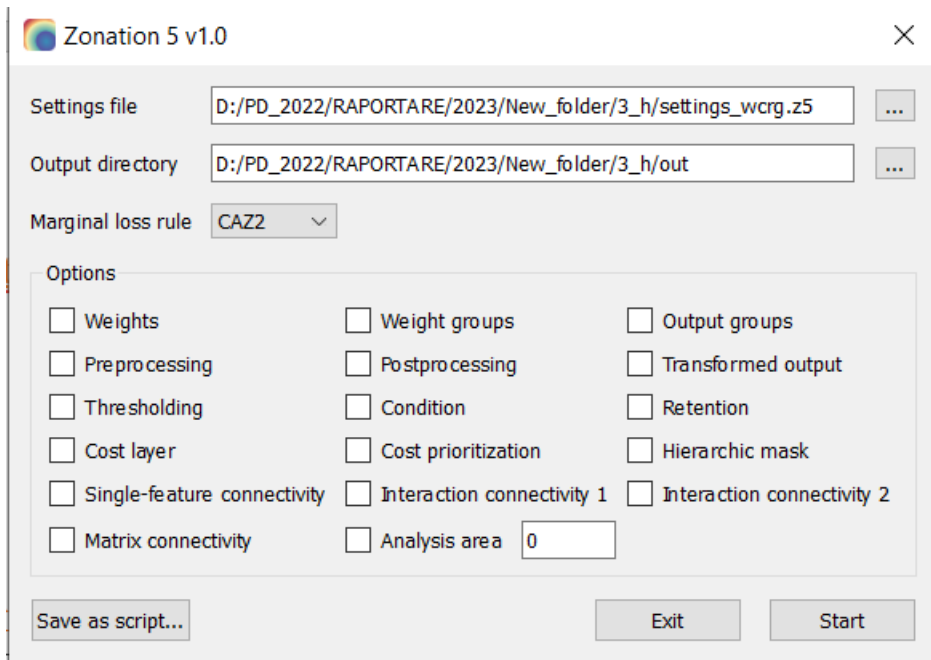
The image shows three Notepad windows stacked vertically, each displaying a different configuration file for a Zonation workflow.

features_example1.txt - Notepad
File Edit Format View Help
"weight" "filename"
1.0 ../EMean/Ailanthus_EMmeanByTSS_mergedData_mergedRun_mergedAlgo.tif
1.0 ../EMean/Ambrosia_EMmeanByTSS_mergedData_mergedRun_mergedAlgo.tif
1.0 ../EMean/Asclepias_EMmeanByTSS_mergedData_mergedRun_mergedAlgo.tif
1.0 ../EMean/Elodea_EMmeanByTSS_mergedData_mergedRun_mergedAlgo.tif
1.0 ../EMean/Impatiens_EMmeanByTSS_mergedData_mergedRun_mergedAlgo.tif
Ln 1, Col 1 | 100% | Windows (CRLF) | UTF-8

settings_wcrg.z5 - Notepad
File Edit Format View Help
feature list file = features_example1.txt
Ln 1, Col 1 | 100% | Windows (CRLF) | UTF-8

z5_call_dhW.cmd - Notepad
File Edit Format View Help
@setlocal
@PATH=C:\Program Files\Zonation5;%D:\New_folder\3_h%

z5 -w --mode=CAZ2 --gui settings_wcrg.z5 out
z5 -w --mode=CAZ2 --gui settings_wcrg1.z5 out1
z5 -w --mode=CAZ2 --gui settings_wcrg3.z5 out2
Ln 1, Col 1 | 100% | Windows (CRLF) | UTF-8



Bibliografie selectivă

- Anastasiu, P., Gavrilidis, A., Miu, V.I., Niculae, I.M., 2023. RAPORT PRIVIND CONȚINUTUL BAZEI DE DATE GIS CU DISTRIBUȚIA SPECILOR DE PLANTE ALOGENE DIN ROMÂNIA ȘI METODE DE ACTUALIZARE. <https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.10394036>
- Bellard, C., Cassey, P., Blackburn, T.M., 2016. Alien species as a driver of recent extinctions. *Biol. Lett.* 12. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2015.0623>
- Bellard, C., Jeschke, J.M., Leroy, B., Mace, G.M., 2018. Insights from modeling studies on how climate change affects invasive alien species geography. *Ecol. Evol.* 8, 5688–5700. <https://doi.org/10.1002/ece3.4098>
- Blackburn, T.M., Pyšek, P., Bacher, S., Carlton, J.T., Duncan, R.P., Jarošík, V., Wilson, J.R.U., Richardson, D.M., 2011. A proposed unified framework for biological invasions. *Trends Ecol. Evol.* 26, 333–339. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2011.03.023>
- Brundu, G., Costello, K.E., Maggs, G., Montagnani, C., Nunes, A.L., Pergl, J., Peyton, J., Robertson, P., Roy, H., Scalera, R., Smith, K., Solarz, W., Tricarico, E., Valkenburg, J. van, 2022. An introduction to the invasive alien species of Union concern, Publications Office of the European Union.
- Diagne, C., Leroy, B., Vaissière, A.C., Gozlan, R.E., Roiz, D., Jarić, I., Salles, J.M., Bradshaw, C.J.A., Courchamp, F., 2021. High and rising economic costs of biological invasions worldwide. *Nature* 592, 571–576. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03405-6>
- European Parliament, Council of the European Union, 2014. REGULATION (EU) No 1143/2014 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 22 October 2014 on the prevention and management of the introduction and spread of invasive alien species. *Off. J. Eur. Union L* 317/35, 35–55.
- Gallien, L., Mazel, F., Lavergne, S., Renaud, J., Douzet, R., Thuiller, W., 2015. Contrasting the effects of environment, dispersal and biotic interactions to explain the distribution of invasive plants in alpine communities. *Biol. Invasions* 17, 1407–1423. <https://doi.org/10.1007/s10530-014-0803-1>
- Graham, C.H., Ferrier, S., Huettman, F., Moritz, C., Peterson, A.T., 2004. New developments in museum-based informatics and applications in biodiversity analysis. *Trends Ecol. Evol.* 19, 497–503. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2004.07.006>
- Grice, A.C., 2006. The impacts of invasive plant species on the biodiversity of Australian rangelands. *Rangel. J.* 28, 27–35. <https://doi.org/10.1071/RJ06014>
- Haubrock, P.J., Cuthbert, R.N., Sundermann, A., Diagne, C., Golivets, M., Courchamp, F., 2021. Economic costs of invasive species in Germany. *NeoBiota* 67, 225–246. <https://doi.org/10.3897/neobiota.67.59502>
- Hulme, P.E., Bacher, S., Kenis, M., Klotz, S., Kühn, I., Minchin, D., Nentwig, W., Olenin, S., Panov, V., Pergl, J., Pyšek, P., Roques, A., Sol, D., Solarz, W., Vilà, M., 2008. Grasping at the routes of biological invasions: A framework for integrating pathways into policy. *J. Appl. Ecol.* 45, 403–414. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2007.01442.x>
- IPCC, 2023. Climate Change 2023: Synthesis Report., Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
- Kettunen, M., Genovesi, P., Gollasch, S., Pagad, S., Starfinger, U., ten Brink, P., Shine, C., 2009. Technical support to EU strategy on invasive species (IAS) - Assessment of the impacts of IAS in Europe and the EU (final module report for the European Commission). *Inst. Eur. Environ. Policy* 44.
- Kujala, H., Lahoz-monfort, J.J., Moilanen, A., 2018. Not all data are equal : Influence of data type and amount in spatial conservation prioritisation. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13084>
- Kumar Rai, P., Singh, J.S., 2020. Invasive alien plant species: Their impact on environment, ecosystem services and human health. *Ecol. Indic.* 111, 106020. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.106020>
- Lommen, S.T.E., Hallmann, C.A., Jongejans, E., Chauvel, B., Leitsch-Vitalos, M., Aleksanyan, A., Tóth, P., Preda, C., Šćepanović, M., Onen, H., Tokarska-Guzik, B., Anastasiu, P., Dorner, Z., Fenesi, A., Karrer, G., Nagy, K., Pinke, G., Tiborcz, V., Zagyvai, G., Zalai, M., Kazinczi, G., Leskovšek, R., Stešević, D., Fried, G., Kalatozishvili, L., Lemke, A., Müller-Schärer, H., 2018. Explaining variability in the production of seed and allergenic pollen by invasive *Ambrosia artemisiifolia* across Europe. *Biol. Invasions* 20, 1475–1491. <https://doi.org/10.1007/s10530-017-1640-9>
- Mazor, T., Doropoulos, C., Schwarzmueller, F., Gladish, D.W., Kumaran, N., Merkel, K., Di Marco, M., Gagic, V., 2018. Global mismatch of policy and research on drivers of biodiversity loss. *Nat. Ecol. Evol.* 2, 1071–1074. <https://doi.org/10.1038/s41559-018-0563-x>
- Moerman, D.E., Estabrook, G.F., 2006. The botanist effect: Counties with maximal species richness tend to be home

- to universities and botanists. *J. Biogeogr.* 33, 1969–1974. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2006.01549.x>
- Moilanen, A., Kohonen, I., Lehtinen, P., Jalkanen, J., Virtanen, E., Kujala, H., 2022. Zonation 5 User manual.
- Pearson, R.G., 2007. *Species' Distribution Modeling for Conservation Educators and Practitioners*. Synthesis. *Am. Museum Nat. Hist.* 1–50.
- Pyšek, P., Hulme, P.E., Simberloff, D., Bacher, S., Blackburn, T.M., Carlton, J.T., Dawson, W., Essl, F., Foxcroft, L.C., Genovesi, P., Jeschke, J.M., Kühn, I., Liebhold, A.M., Mandrak, N.E., Meyerson, L.A., Pauchard, A., Pergl, J., Roy, H.E., Seebens, H., Kleunen, M., Vilà, M., Wingfield, M.J., Richardson, D.M., 2020. Scientists' warning on invasive alien species. *Biol. Rev.* 95, 1511–1534. <https://doi.org/10.1111/brv.12627>
- Pyšek, P., Richardson, D.M., Rejmánek, M., Webster, G.L., Williamson, M., Kirschner, J., 2004. Alien plants in checklists and floras: towards better communication between taxonomists and ecologists. *Taxon* 53, 131–143. <https://doi.org/10.2307/4135498>
- Ricciardi, A., Blackburn, T.M., Carlton, J.T., Dick, J.T.A., Hulme, P.E., Iacarella, J.C., Jeschke, J.M., Liebhold, A.M., Lockwood, J.L., MacIsaac, H.J., Pyšek, P., Richardson, D.M., Ruiz, G.M., Simberloff, D., Sutherland, W.J., Wardle, D.A., Aldridge, D.C., 2017. Invasion Science: A Horizon Scan of Emerging Challenges and Opportunities. *Trends Ecol. Evol.* 32, 464–474. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2017.03.007>
- Richardson, D.M., Pyšek, P., Carlton, J.T., 2011. A compendium of essential concepts and terminology in biological invasions, in: Richardson, D.M. (Ed.), *Fifty Years of Invasion Ecology: The Legacy of Charles Elton*. Blackwell Publishing Ltd, pp. 409–420.
- Richardson, D.M., Pyšek, P., Rejmanek, M., Barbour, M.G., Panetta, F.D., West, C.J., 2000. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Divers. Distrib.* 6, 93–107. <https://doi.org/10.1046/j.1472-4642.2000.00083.x>
- Richter, R., Berger, U.E., Dullinger, S., Essl, F., Leitner, M., Smith, M., Vogl, G., 2013. Spread of invasive ragweed: Climate change, management and how to reduce allergy costs. *J. Appl. Ecol.* 50, 1422–1430. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12156>
- Robinson, T.B., Martin, N., Loureiro, T.G., Matikina, P., Robertson, M.P., 2020. Double trouble: the implications of climate change for biological invasions. *NeoBiota* 62, 463–487. <https://doi.org/10.3897/neobiota.62.55729>
- Roy, H.E., Pauchard, A., Stoett, P., Renard Truong, T., Bacher, S., Galil, B.S., Hulme, P.E., Ikeda, T., Sankaran, K., McGeoch, M.A., Meyerson, L.A., Nuñez, M.A., Ordonez, A., Rahlao, S.J., Schwindt, E., Seebens, H., Sheppard, A.W., Vandvik, V., 2023. IPBES Invasive Alien Species Assessment: Summary for Policymakers (Version 3). Zenodo., Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9499-2_10
- Seebens, H., Bacher, S., Blackburn, T.M., Capinha, C., Dawson, W., Dullinger, S., Genovesi, P., Hulme, P.E., van Kleunen, M., Kühn, I., Jeschke, J.M., Lenzner, B., Liebhold, A.M., Pattison, Z., Pergl, J., Pyšek, P., Winter, M., Essl, F., 2021. Projecting the continental accumulation of alien species through to 2050. *Glob. Chang. Biol.* 27, 970–982. <https://doi.org/10.1111/gcb.15333>
- Simberloff, D., Martin, J.-L., Genovesi, P., Maris, V., Wardle, D.A., Aronson, J., Courchamp, F., Galil, B., García-Berthou, E., Pascal, M., Pyšek, P., Sousa, R., Tabacchi, E., Vilà, M., 2013. Impacts of biological invasions: what's what and the way forward. *Trends Ecol. Evol.* 28, 58–66. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2012.07.013>
- Sirbu, C., Miu, I. V., Gavrilidis, A.A., Gradinaru, S.R., Niculae, I.M., Preda, C., Oprea, A., Urziceanu, M., Camen-Comanescu, P., Nagoda, E., Sirbu, I.M., Memedemin, D., Anastasiu, P., 2022. Distribution and pathways of introduction of invasive alien plant species in Romania. *NeoBiota* 75, 1–21. <https://doi.org/10.3897/neobiota.75.84684>
- Sirbu, C., Oprea, A., Elias, P., Fergus, P., 2011. New contribution to the study of alien flora in Romania. *J. Plant Dev.* 18, 121–134.
- Sirbu, I.M., Anastasiu, P., Urziceanu, M., Şesan, T.E., 2021. First ascertainable record of *Ludwigia peploides* from Romania. *Contrib. Bot.* 56, 13–27. <https://doi.org/10.24193/Contrib.Bot.56.2>
- Srivastava, V., Lafond, V., Griess, V.C., 2019. Species distribution models (SDM): Applications, benefits and challenges in invasive species management. *CAB Rev. Perspect. Agric. Vet. Sci. Nutr. Nat. Resour.* 14. <https://doi.org/10.1079/PAVSNNR201914020>
- Thuiller, W., Richardson, D.M., Pyšek, P., Midgley, G.F., Hughes, G.O., Rouget, M., 2005. Niche-based modelling as a tool for predicting the risk of alien plant invasions at a global scale. *Glob. Chang. Biol.* 11, 2234–2250. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.001018.x>
- Zenni, R.D., Essl, F., García-Berthou, E., McDermott, S.M., 2021. The economic costs of biological invasions around the world. *NeoBiota* 67, 1–9. <https://doi.org/10.3897/neobiota.67.69971>