

# **Planificarea spațială a activităților de management a speciilor alogene din România**

**PN-III-P1-1.1-PD-2021-0378**

**Realizarea modelelor de distribuție a speciilor de plante alogene și a scenariilor viitoare și analiza prioritizării spațiale**

**Raport științific și tehnic**

Etapa de execuție nr. 2 / 2023

**Echipa de lucru:**

Director proiect: ASC dr. Viorica Iuliana Miu

Mentor: Prof. Univ. dr. Laurențiu Rozyłowicz

**2023**

## Cuprins

|   |    |
|---|----|
| REZUMATUL ETAPEI .....  | 3  |
| DESCRIEREA ȘTIINȚIFICĂ ȘI TEHNICĂ.....  | 4  |
| Activitatea 2.1 Pregătirea modelelor IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) pentru scenariile viitoare ale distribuției speciilor de plante alogene ..... | 4  |
| Pregătirea și evaluarea bazei de date actualizată a distribuției speciilor de plante alogene.....   | 4  |
| Pregătirea variabilelor de mediu .....  | 7  |
| Rularea modelelor de scenarii viitoare privind distribuția speciilor de plante alogene .....  | 8  |
| Analiza scenariilor IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) și importanța variabilelor de mediu.....   | 11 |
| Activitatea 2.2 Analiza prioritizării spațiale a speciilor de plante alogene invazive .....   | 13 |
| Date utilizate pentru prioritizarea spațială a zonelor cu grad ridicat de invazivitate .....  | 14 |
| Rularea modelelor de prioritizare spațială a zonelor cu grad ridicat de invazivitate .....  | 14 |
| Activitatea 2.3 Evaluarea modelelor de prioritizare spațială a speciilor de plante alogene invazive .....   | 15 |
| Identificarea zonelor cu grad ridicat de invazivitate .....   | 15 |
| Hărți de prioritizarea spațială a zonelor cu grad ridicat de invazivitate.....  | 15 |
| Rezultatele etapei .....  | 17 |
| Diseminarea rezultatelor prin participarea la conferințe științifice.....   | 17 |
| Diseminarea rezultatelor prin articole științifice.....   | 18 |
| Diseminarea rezultatelor prin participarea la workshop-uri.....   | 18 |
| Observații în teren.....  | 18 |
| Rezultate și livrabile asociate fiecărei activități.....  | 19 |
| Referințe.....  | 19 |

## REZUMATUL ETAPEI

Speciile alogene reprezintă unul dintre cei mai importanți factori direcți ai pierderii biodiversității și schimbării în serviciile ecosistemelor, și sunt în creștere la nivel global într-un ritm rapid (Butchart, 2010). Mai mult, se așteaptă ca provocările legate de această amenințare să crească, datorită legăturilor strânse dintre invazii și alți factori, cum ar fi încălzirea globală, creșterea populațiilor umane și pierderea habitatelor (Pyšek et al., 2020). În special, efectele sinergice potențiale ale invaziilor și schimbărilor climatice sunt alarmante, deoarece încălzirea globală poate agrava rata invaziilor. În plus, eforturile de reducere a impactului schimbărilor climatice, dacă nu sunt planificate cu grijă, ar putea introduce și mai multe specii invazive de origine străină (Ricciardi et al., 2017).

În România, o abordare cuprinzătoare asupra speciilor de plante alogene lipsește. Prin acest proiect, ne propunem să contribuim la completarea acestui lacune și să oferim o vizualizare a modelelor naționale privind invaziile speciilor de plante, originile geografice și căile de introducere. Pentru a ajuta la implementarea politicilor de biodiversitate la scară națională, proiectul visează crearea unui cadru inovativ de stabilire a priorităților spațiale prin identificarea zonelor cu risc ridicat de invazivitate. Acesta se va realiza luând în considerare modelarea distribuției speciilor alogene în contextul schimbărilor climatice, sensibilitatea ecologică și socială a zonelor invadate și restricțiile impuse de costuri.

Pentru anul 2023, proiectul INVASI-PLANT a presupus o etapă ce s-a desfășurat pe parcursul a 12 luni (1 ianuarie - 31 Decembrie), acoperind trei activități ce fac parte din două obiective ale proiectului, respectiv:

**O2.** Evaluarea și anticiparea focarele de invazie prin includerea scenariilor Grupului Interguvernamental pentru Schimbări Climatice (The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)) în modelele de distribuție a speciilor alogene

**O3.** Dezvoltarea unui cadru model de priorizare spațială ușor de utilizat pentru detectarea zonelor cu un risc ridicat de invazie, luând în considerare sensibilitatea ecologică și socială a zonelor invadate și restricțiile impuse de costuri.

În cadrul acestei etape, diseminarea rezultatelor s-a realizat prin: redactarea a 2 articole științifice (unul under review, iar unul în curs de elaborare), participarea cu lucrări la 3 conferințe științifice, participarea la sesiunea de instruire Regiunea Nord-Vest cu privire la acțiunile specifice privind prevenirea și gestionarea introducerii și răspândirii speciilor alogene invazive din România, actualizarea paginii web a proiectului și a contului de Twitter.

Acest raport include o prezentare detaliată a principalelor rezultate obținute în cadrul fiecărei activități.

**Obiectivele etapei 2023 au fost îndeplinite în proporție de 100%.**

## DESCRIEREA ȘTIINȚIFICĂ ȘI TEHNICĂ

### Activitatea 2.1 Pregătirea modelelor IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) pentru scenariile viitoare ale distribuției speciilor de plante alogene

Introducerea speciilor alogene și invazive reprezintă o amenințare serioasă la adresa biodiversității native, integrității ecosistemului și productivității agricole, ceea ce duce la pierderi economice semnificative la nivel global (García-Díaz et al., 2022). Speciile invazive cauzează dezechilibru trofic și reduc reziliența speciilor. Mai mult, schimbările climatice globale agravează riscul speciilor de plante alogene și invazive și extinderea lor geografică. Studiile anterioare arată că multe specii alogene și invazive au trăsături care cresc succesul invaziei și le permit să se adapteze ușor la schimbările climatice. Aceste trăsături includ o mai mare toleranță la temperaturi crescute, creștere intensivă sub niveluri ridicate de dioxid de carbon și plasticitate fenotipică dependentă de latitudinea geografică (Seebens et al., 2021). În plus, evenimente climatice extreme, precum valuri prelungite de căldură, secetă excesivă și precipitații abundente, facilitează invazia plantelor și reduc rezistența speciilor native la stresurile biotice. De aproape două decenii, mai mulți cercetători au anticipat că schimbările climatice vor intensifica răspândirea speciilor alogene și invazive. Cu toate acestea, dovezi concrete privind favorizarea invazivității speciilor alogene de către schimbările climatice sunt limitate și slab sintetizate (Hulme et al., 2017), ceea ce împiedică prevenirea și gestionarea proactivă a speciilor alogene și invazive în ecosistemele afectate de acestea (Henry et al., 2023).

#### Pregătirea și evaluarea bazei de date actualizată a distribuției speciilor de plantelor alogene

În Etapa 2 din anul 2023, baza de date existentă, a fost actualizată incluzând date suplimentare de prezență a speciilor de plante alogene, cum ar fi rapoarte tehnice și interne de la agențiile naționale de mediu sau alte documente și date disponibile public.

La baza de date actuală, ce include 42776 înregistrări de apariție pentru 102 taxoni (date din literaturaă 1778-2018) au fost adăugate 107860 de noi înregistrări pentru 396 taxoni (perioada 2019-2022) (Tabel 3, Figura 2).

Speciile de plante alogene recent adăugate acoperă 77 de familii, cele mai multe specii aparținând familiilor Asteraceae (16.7%), urmate de familiile Poaceae (6.8%), Amaranthaceae (6.3%), Fabaceae (5.8%) și Rosaceae (5%). 28 de familii cuprind doar o specie fiecare, iar familiile Buxaceae, Cleomaceae, Linaceae, Menispermaceae, Musaceae, Nelumbonaceae, Pinaceae, Pteridaceae, Rhamnaceae, Rubiaceae au cuprind o singură specie și o singură înregistrare pentru fiecare (Figura 1). Specia cu cele mai multe înregistrări, peste 10000 de înregistrări de apariție este *Robinia pseudoacacia*, urmată de *Ambrosia artemisiifolia*, *Erigeron annuus*, *Erigeron canadensis*, *Xanthium orientale* subsp. *italicum* cu peste 5000 de înregistrări fiecare, în timp ce pentru 212 specii au fost mai puțin de 10 înregistrări pentru fiecare.

Înregistrările valide ale speciilor de plante alogene au fost agregate la o rezoluție spațială Universal Traverse Mercator (EPSG 9807) de 25 km<sup>2</sup> (UTM 5 × 5 km). Punctele de date

georeferențiate au fost transferate în ArcGIS 10.3 (ESRI, Redlands CA) și inspectate vizual pentru erori. Modelele spațiale ale înregistrărilor speciilor de plante alogene au fost analizate utilizând autocorelarea spațială a înregistrărilor speciilor per celulă de grilă de  $5 \times 5$  km la nivel național. Am folosit testul Global Moran I pentru a evalua modelul spațial general al înregistrărilor raportate din România (Fortin and Dale, 2005). Pentru a evalua modelele de eșantionare neuniformă, am folosit testul statistic Getis Ord  $G_i^*$  (Ord and Getis, 1995).

În plus, șapte dintre speciile din baza de date sunt enumerate ca specii exotice invazive de interes comunitar conform Regulamentului (UE) nr. 1143/2014 al Parlamentului European și al Consiliului: *Ailanthus altissima*, *Asclepias syriaca*, *Elodea nuttallii*, *Heracleum sosnowskyi*, *Humulus scandens*, *Impatiens glandulifera* și *Ludwigia peploides*.

Recent, o nouă specie de plantă invazivă de interes pentru UE a fost adăugată în baza noastră de date - *Ludwigia peploides*. Prezența sa a fost confirmată pentru prima dată de către Sîrbu et al. în 2021 în partea de sud a României.

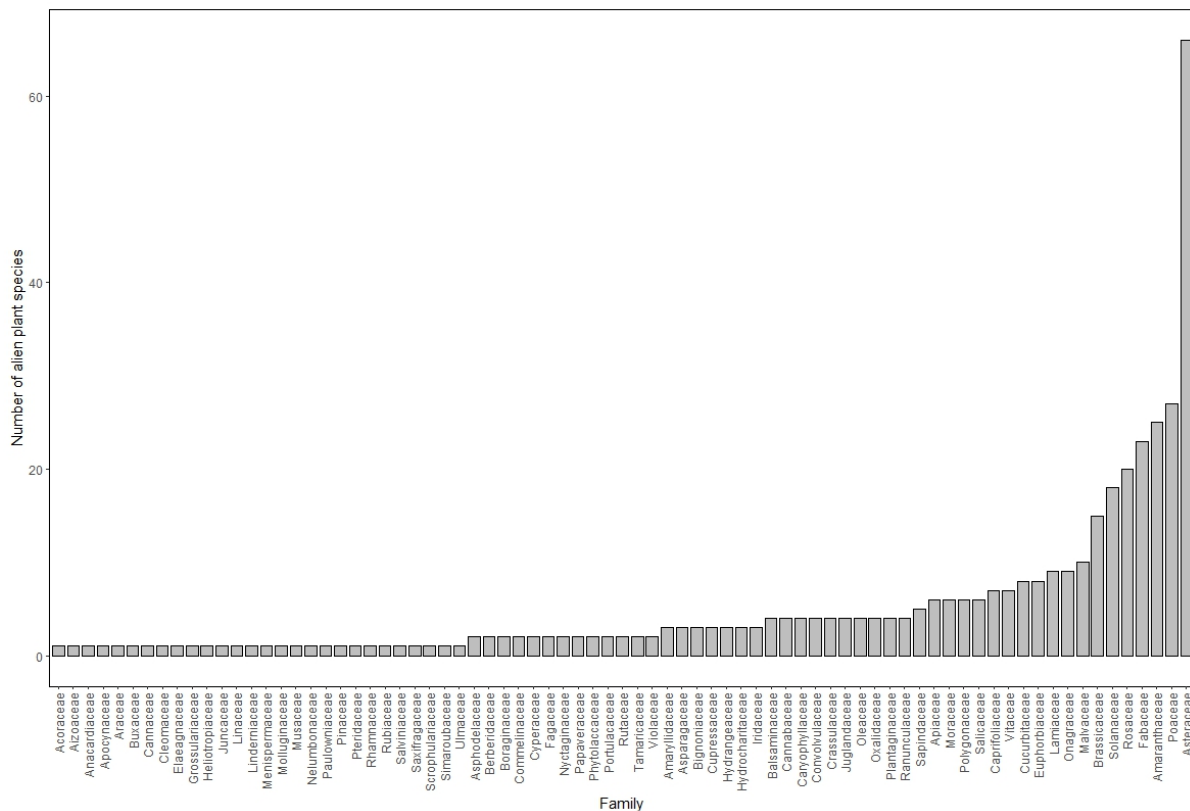


Figura 1 Familiile de plante cu cel mai mare număr de specii alogene

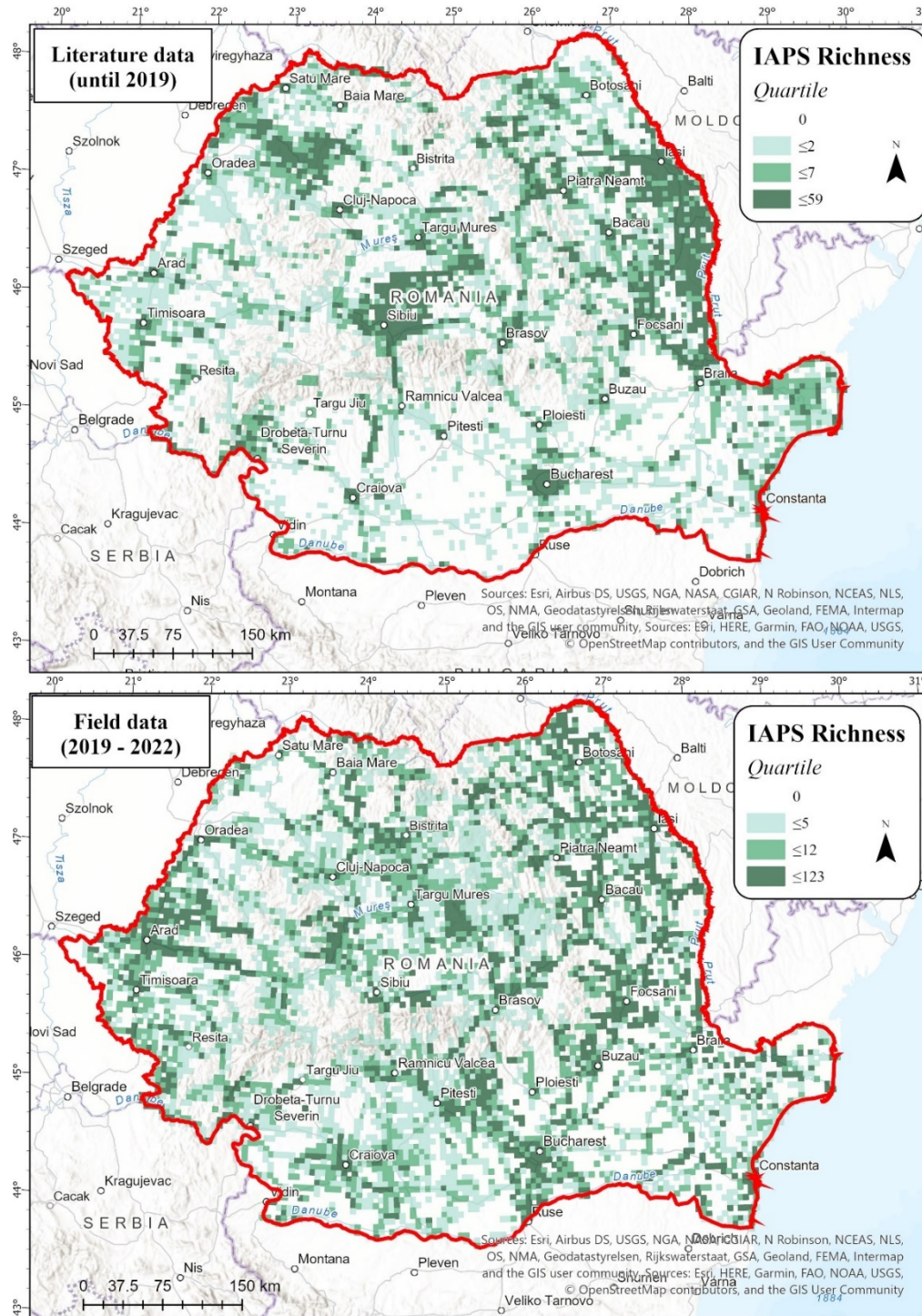


Figura 2 Înregistrările datelor din literatură (hartă sus) și înregistrările datelor din teren (hartă jos)

Bogăția speciilor de plante alogene a variat între 3 și 123 de specii. Cel mai mare număr de specii de plante alogene a fost înregistrat în partea de nord-vest a țării și în jurul orașelor, în special București, cu 59 de specii, urmat de Timișoara cu 55 de specii, Oradea și Brăila cu 54, respectiv 51 de specii, și Tulcea cu 50 de specii. Majoritatea celulelor cu o bogăție mare de specii de plante alogene înregistrate sunt concentrate în anumite regiuni ale României, cum ar fi partea de vest (de exemplu, județele Timișoara și Arad), estul (de exemplu, județele Iași și Neamț), partea de sud-est (de exemplu, județele Brăila, Tulcea și Constanța), și partea de sud a României (București), sugerând o eșantionare mai intensivă a speciilor de plante alogene în comparație cu alte regiuni. Bogăție mai mică de specii se găsește în partea de sud și nord a țării, reflectând o sub-eșantionare a speciilor de plante alogene, precum și în zona montană (Figura 3).

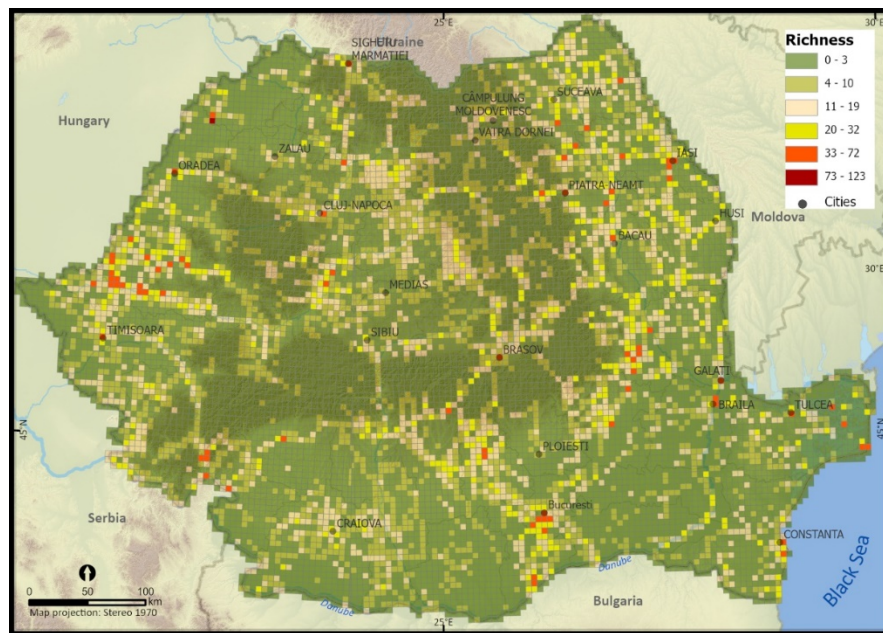


Figura 3 Bogăția speciilor de plante invazive și potențial invazive în România (rezoluție de 5 × 5 km)

### Pregătirea variabilelor de mediu

Datele de mediu au inclus variabile bioclimatice și topografice. Datele bioclimatice au fost obținute din baza de date WorldClim (<http://www.worldclim.org>) și a inclus cele 19 variabile bioclimatice. Datele privind variabilele bioclimatice au fost descărcat atât pentru clima actuală (1970–2000) cât și pentru cea viitoare (2021–2040; 2041–2060; 2061–2080) la o rezoluție de 30 de secunde de arc (~1 km<sup>2</sup>) (Fick and Hijmans, 2017) pe care le-am reeșantionat la o rezoluție de 10 x 10 kmp. Se consideră că variabilele bioclimatice au o influență ecologică asupra distribuției specii.

Au fost utilizate scenariile climatice viitoare recente bazate pe Căile Socioeconomice Comune (SSP) pentru în modelare. SSP-urile sunt clasificate în trei scenarii. SSP1–2.6 reprezintă schimbări climatice mai reduse, SSP2–4. 5 este scenariul cu schimbări climatice intermediare și

SSP5–8.5 ar fi scenariul cel mai haotic dacă presupunem că nu sunt luate măsuri pentru a evita efectele climatice. Pentru analiza noastră am ales SSP1–2.6 și SSP5–8.5.

Variabilele pe care le-am folosit pentru SDM au fost selectate prin calcularea unei matrice de corelație folosind coeficientul de corelație al lui Pearson și am selectat doar variabilele cu coeficient de corelație  $<|0,75|$  (Dormann et al., 2013), rezultând un set final de 5 variabile (Tabel 1).

*Tabel 1 Variabile de mediu selectate pentru modelarea distribuției speciilor de plante alogene invazive*

| Curent și viitor       | Variabile de mediu                    | Unitate |
|------------------------|---------------------------------------|---------|
| Variabile bioclimatice | Temperatură medie anuală (BIO1)       | °C      |
|                        | Izotermalitate (BIO3)                 | %       |
|                        | Precipitații anuale (BIO12)           | mm      |
|                        | Sezonalitatea precipitațiilor (BIO15) | mm      |
| Variabile topografice  | Pantă                                 | grade   |

Am descărcat datele climatice viitoare pentru un model general de circulație - HadGEM3-GC31-LL, din baza de date WorldClim. Valorile medii ponderate egale ale celor două GCM au fost calculate pentru a obține un set de date de ansamblu format din cele 19 variabile bioclimatice din două SSP reprezentative: SSP1–2.6 și SSP5–8.5. Această procedură a permis reducerea incertitudinii modelului din cauza neasemănărilor structurale dintre GCM (Tabel 2).

*Tabel 2 Scenarii și orizonturi de timp utilizate pentru modelarea distribuției speciilor de plante alogene*

| Perioadă de timp | Scenariu | GCM             | Acronim        |
|------------------|----------|-----------------|----------------|
| 2021-2040        | SSP1-2.6 | HadGEM3-GC31-LL | H126 2021-2040 |
| 2041-2060        | SSP1-2.6 | HadGEM3-GC31-LL | H126 2041-2060 |
| 2061-2080        | SSP1-2.6 | HadGEM3-GC31-LL | H126 2061-2080 |
| 2021-2040        | SSP5-8.5 | HadGEM3-GC31-LL | H585 2021-2040 |
| 2041-2060        | SSP5-8.5 | HadGEM3-GC31-LL | H585 2041-2060 |
| 2061-2080        | SSP5-8.5 | HadGEM3-GC31-LL | H585 2061-2080 |

### Rularea modelelor de scenarii viitoare privind distribuția speciilor de plante alogene

Modelele de distribuție a speciilor (SDM), sunt instrumente larg utilizate pentru a evalua riscul de invazie al plantelor alogene și pentru a ajuta la elaborarea politicilor de conservare pentru controlul și eradicarea acestora (Dullinger et al., 2017). SDM rezolvă nișa ecologică a speciilor de plante prin regresie statistică, învățare automată și interpolare spațială (Elith and Leathwick, 2009; Zurell et al., 2020). Cu toate acestea, numărul mare de algoritmi SDM face dificilă selectarea celui mai bun algoritm și metodologie. Mai mult, un singur SDM nu oferă întotdeauna predicții precise pentru evaluarea riscului, și nu există o tehnică de modelare care să performeze constant mai bine

în predicția invazivității în cadrul speciilor, regiunilor și aplicațiilor. Evaluarea multor modele și selectarea celui mai bun în funcție de performanța sa predictivă permite obținerea de predicții mai fiabile (Zurell et al., 2020).

Tabel 3 Exemplu baza de date finală specii de plante alogene din România, perioada 2019-2022

| event | basisOfRecord    | country | county | locality    | Kingdo  | Phylum       | Class         | Order          | Family        | Genus      | scientificName          | verbatim | decimalU | decimall | titDatu | year |
|-------|------------------|---------|--------|-------------|---------|--------------|---------------|----------------|---------------|------------|-------------------------|----------|----------|----------|---------|------|
| 41720 | HumanObservation | Romania | MS     | APOLD       | Plantae | Tracheophyta | Magnoliopsida | Sapindales     | Simaroubaceae | Ailanthus  | Ailanthus altissima     | LM21.3   | 24.76536 | 46.19608 | WGS84   | 2020 |
| 41711 | HumanObservation | Romania | MS     | SIGHIȘOARA  | Plantae | Tracheophyta | Magnoliopsida | Sapindales     | Simaroubaceae | Ailanthus  | Ailanthus altissima     | LM22.4   | 24.78241 | 46.21419 | WGS84   | 2020 |
| 41768 | HumanObservation | Romania | MS     | SIGHIȘOARA  | Plantae | Tracheophyta | Magnoliopsida | Sapindales     | Simaroubaceae | Ailanthus  | Ailanthus altissima     | LM22.4   | 24.78465 | 46.21692 | WGS84   | 2020 |
| 41700 | HumanObservation | Romania | MS     | SIGHIȘOARA  | Plantae | Tracheophyta | Magnoliopsida | Sapindales     | Simaroubaceae | Ailanthus  | Ailanthus altissima     | LM22.4   | 24.76192 | 46.24255 | WGS84   | 2020 |
| 41686 | HumanObservation | Romania | MS     | SIGHIȘOARA  | Plantae | Tracheophyta | Magnoliopsida | Caryophyllales | Amaranthaceae | Amaranthus | Amaranthus retroflexus  | LM22.3   | 24.76128 | 46.26659 | WGS84   | 2020 |
| 41695 | HumanObservation | Romania | MS     | SIGHIȘOARA  | Plantae | Tracheophyta | Magnoliopsida | Caryophyllales | Amaranthaceae | Amaranthus | Amaranthus retroflexus  | LM22.4   | 24.76192 | 46.24255 | WGS84   | 2020 |
| 41674 | HumanObservation | Romania | MS     | NADES       | Plantae | Tracheophyta | Magnoliopsida | Caryophyllales | Amaranthaceae | Amaranthus | Amaranthus retroflexus  | LM23.2   | 24.7214  | 46.31939 | WGS84   | 2020 |
| 41669 | HumanObservation | Romania | MS     | NADES       | Plantae | Tracheophyta | Magnoliopsida | Caryophyllales | Amaranthaceae | Amaranthus | Amaranthus retroflexus  | LM23.2   | 24.71448 | 46.32523 | WGS84   | 2020 |
| 41663 | HumanObservation | Romania | MS     | NADES       | Plantae | Tracheophyta | Magnoliopsida | Caryophyllales | Amaranthaceae | Amaranthus | Amaranthus retroflexus  | LM23.2   | 24.71443 | 46.32525 | WGS84   | 2020 |
| 41650 | HumanObservation | Romania | MS     | BĂLĂȘERI    | Plantae | Tracheophyta | Magnoliopsida | Caryophyllales | Amaranthaceae | Amaranthus | Amaranthus retroflexus  | LM24.2   | 24.70209 | 46.40668 | WGS84   | 2020 |
| 41786 | HumanObservation | Romania | MS     | SIGHIȘOARA  | Plantae | Tracheophyta | Magnoliopsida | Caryophyllales | Amaranthaceae | Amaranthus | Amaranthus retroflexus  | LM32.2   | 24.84824 | 46.23617 | WGS84   | 2020 |
| 41824 | HumanObservation | Romania | MS     | SASCHIZ     | Plantae | Tracheophyta | Magnoliopsida | Caryophyllales | Amaranthaceae | Amaranthus | Amaranthus retroflexus  | LM41.1   | 24.98302 | 46.17473 | WGS84   | 2020 |
| 41821 | HumanObservation | Romania | MS     | SASCHIZ     | Plantae | Tracheophyta | Magnoliopsida | Caryophyllales | Amaranthaceae | Amaranthus | Amaranthus retroflexus  | LM41.1   | 24.96695 | 46.18583 | WGS84   | 2020 |
| 41829 | HumanObservation | Romania | MS     | SASCHIZ     | Plantae | Tracheophyta | Magnoliopsida | Caryophyllales | Amaranthaceae | Amaranthus | Amaranthus retroflexus  | LM41.4   | 25.01033 | 46.15977 | WGS84   | 2020 |
| 41802 | HumanObservation | Romania | MS     | SECUIENI    | Plantae | Tracheophyta | Magnoliopsida | Caryophyllales | Amaranthaceae | Amaranthus | Amaranthus retroflexus  | LM42.2   | 24.92848 | 46.24118 | WGS84   | 2020 |
| 41807 | HumanObservation | Romania | MS     | SECUIENI    | Plantae | Tracheophyta | Magnoliopsida | Caryophyllales | Amaranthaceae | Amaranthus | Amaranthus retroflexus  | LM42.2   | 24.95192 | 46.24253 | WGS84   | 2020 |
| 41687 | HumanObservation | Romania | MS     | SIGHIȘOARA  | Plantae | Tracheophyta | Magnoliopsida | Asterales      | Asteraceae    | Ambrosia   | Ambrosia artemisiifolia | LM22.3   | 24.76128 | 46.26659 | WGS84   | 2020 |
| 41666 | HumanObservation | Romania | MS     | NADES       | Plantae | Tracheophyta | Magnoliopsida | Asterales      | Asteraceae    | Ambrosia   | Ambrosia artemisiifolia | LM23.2   | 24.71448 | 46.32523 | WGS84   | 2020 |
| 41647 | HumanObservation | Romania | MS     | BĂLĂȘERI    | Plantae | Tracheophyta | Magnoliopsida | Asterales      | Asteraceae    | Ambrosia   | Ambrosia artemisiifolia | LM24.2   | 24.70209 | 46.40668 | WGS84   | 2020 |
| 41636 | HumanObservation | Romania | MS     | CRĂCIUNESTI | Plantae | Tracheophyta | Magnoliopsida | Fabales        | Fabaceae      | Amorpha    | Amorpha fruticosa       | LM15.4   | 24.62203 | 46.49997 | WGS84   | 2020 |
| 41681 | HumanObservation | Romania | MS     | SIGHIȘOARA  | Plantae | Tracheophyta | Magnoliopsida | Fabales        | Fabaceae      | Amorpha    | Amorpha fruticosa       | LM22.3   | 24.73512 | 46.26931 | WGS84   | 2020 |
| 41826 | HumanObservation | Romania | MS     | SASCHIZ     | Plantae | Tracheophyta | Magnoliopsida | Fabales        | Fabaceae      | Amorpha    | Amorpha fruticosa       | LM41.1   | 24.98683 | 46.17255 | WGS84   | 2020 |
| 41816 | HumanObservation | Romania | MS     | SASCHIZ     | Plantae | Tracheophyta | Magnoliopsida | Fabales        | Fabaceae      | Amorpha    | Amorpha fruticosa       | LM41.1   | 24.97147 | 46.21058 | WGS84   | 2020 |
| 41832 | HumanObservation | Romania | MS     | SASCHIZ     | Plantae | Tracheophyta | Magnoliopsida | Fabales        | Fabaceae      | Amorpha    | Amorpha fruticosa       | LM41.4   | 25.0163  | 46.15769 | WGS84   | 2020 |
| 41814 | HumanObservation | Romania | MS     | SECUIENI    | Plantae | Tracheophyta | Magnoliopsida | Fabales        | Fabaceae      | Amorpha    | Amorpha fruticosa       | LM42.2   | 24.97478 | 46.22245 | WGS84   | 2020 |
| 41694 | HumanObservation | Romania | MS     | HOGHILAG    | Plantae | Tracheophyta | Magnoliopsida | Brassicales    | Brassicaceae  | Armoracia  | Armoracia rusticana     | LM12.4   | 24.6424  | 46.24222 | WGS84   | 2020 |

Din lista de 10 specii de interes pentru UE și pentru România, au fost alese doar 5 specii, pe baza disponibilității punctelor minime de prezență a speciilor pentru modelarea distribuției speciilor (Tabel 4).

Pentru a obține SDM-urile pentru speciile de plante alogene, am utilizat pachetul BIOMOD2 R pentru modelare, care constă în rularea simultană a unui grup de algoritmi (Thuiller et al., 2009). Pentru fiecare specie de plantă alogenă, am utilizat un SDM bazat pe patru tehnici de modelare. Aceasta include un model de regresie: GLM - model liniar generalizat (McCullagh și Nelder, 1989) și două metode de învățare automată RF - Random forests (Tin Kam Ho, 1995) și GBM - gradient boosting machine (Friedman, 2002); și MAXENT - Entropia maximă (Phillips et al., 2004).

Utilizarea a 4 algoritmi permite o abordare cuprinzătoare care poate surprinde diferite aspecte și o abordare robustă pentru precizarea distribuțiilor speciilor, fiecare model oferind puncte forte și ipoteze unice (Thuiller et al., 2009). Înregistrările de apariție aglomerate au fost eliminate folosind o celulă de grilă de 10 × 10 km pentru a elimina eşantionarea părtinitoare inclusă în setul de date. Celulă a fost creată la aceeași rezoluție ca și variabilele de mediu, locațiile speciilor au fost redimensionate la rezoluția 10 x 10 kmp. Am folosit în continuare pachetul spThin R pentru a elimina toate locațiile pe o rază de 20 km (Aiello-Lammens et al., 2015), rezultând o reducere suplimentară a locațiilor de apariție. Baza de date finală a inclus 1892 de înregistrări de apariție a celor cinci specii de plante alogene.

Pseudo-absența a trebuit să fie creată pentru că lipseau înregistrările adevărate ale absențelor. Am generat 10 seturi de înregistrări de pseudo-absență folosind o strategie aleatorie, deoarece a generat cele mai fiabile modele. Această abordare ne-a permis să le generăm la o distanță minimă de 20 km de punctele de prezență. Am folosit un raport de 3 pseudoabsențe mai mult decât prezențe și cu pondere egală pentru prezențe și absențe. Acest raport a fost ales pentru a asigura un model mai robust, deoarece un set de date echilibrat sau ușor părtinitor față de absențe

poate îmbunătăți performanța modelului prin reducerea supra potrivirii și creșterea capacității modelului de a discrimina între locațiile de prezență și de absență (Barbet-Massin et al., 2012).

Tabel 4 Lista speciilor de plante alogene de îngrijorare pentru UE și de îngrijorare pentru RO\* utilizate în studiu

| Nume științific                            | Nume                           | Aria geografică nativă             | Calea de introducere                                      | Număr înregistrări | Utilizat în analiză |
|--|--------------------------------|------------------------------------|---|--------------------|---------------------|
| <i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle | Fals oțetar                    | Asia + Pacific                     | RE_othr + ES_faci + ES_fore + ES-hort + TR_mult + UN_natu | 3414               | da                  |
| <i>Asclepias syriaca</i>                   | Ceara albinei                  | America North + Central            | ES_hort + ES_othr   | 346                | da                  |
| <i>Cabomba caroliniana</i>                 | Cabomba verde                  | Americas (North + Central + South) | RE_land + RE_othe   | 1                  | nu                  |
| <i>Elodea nuttallii</i>                    | Ciuma apelor cu frunza îngustă | America North + Central            | UN_intr   | 194                | da                  |
| <i>Heracleum mantegazzianum</i>            | -                              | Asia + Pacific                     | ES_faci   | 1                  | nu                  |
| <i>Heracleum sosnowskyi</i>                | Brânca ursului                 | Asia + Pacific                     | ES_faci   | 11                 | nu                  |
| <i>Humulus scandens</i>                    | Hamei japonez                  | Asia + Pacific                     | ES_hort   | 163                | nu                  |
| <i>Impatiens glandulifera</i>              | Slăbănog Himalaian             | Asia + Pacific                     | ES_hort   | 955                | da                  |
| <i>Ludwigia peploides</i>                  | -                              | Americas (Central + South)         | -   | 1                  | nu                  |
| <i>Myriophyllum aquaticum</i>              | Penița apei                    | America South                      | RE_othr   | 1                  | nu                  |
| <i>Ambrosia artemisiifolia</i> *           | Ambrozie                       | America North + Central            | TR_mult + Un_natu   | 7820               | da                  |

Modelele au fost calibrate folosind 80% eşantioane aleatorii din datele de apariție, în timp ce performanța modelului a fost evaluată folosind restul de 20% (Gholamy et al., 2018). Am evaluat rezultatele SDM-urilor folosind (AUC), (ROC) și (TSS) (Allouche și colab., 2006). De asemenea, am evaluat contribuția variabilelor dependente în prezicerea gamei speciilor, pentru modele individuale și, de asemenea, pentru modele de ansamblu. Apoi am transformat probabilitatea de apariție pentru modele într-un binar prezent/absent utilizând valoarea limită TSS calculată de BIOMOD2, iar dacă rezultatul avea valori mai mari decât pragul, specia era considerată prezentă, în caz contrar, era absentă.

Am creat 7 modele de distribuție în total pentru fiecare dintre speciile evaluate. Primul nostru model folosește datele climatice actuale și servește drept bază pentru comparație (1970-2000). Distribuțiile viitoare ale speciilor au fost proiectate folosind 6 modele fiecare, dezvoltate cu modelul de circulație generală HadGEM3-GC31-LL, utilizând două căi socio-economice

partajate (SSP1-2.6 și SSP5-8.5) pe trei orizonturi de timp: 2021- 2040, 2041-2060 și 2061-2080, pentru a înțelege în detaliu distribuția speciilor în condiții climatice în schimbare. În modelele de ansamblu au fost utilizate doar modele cu un TSS > 0,4 și au fost proiectate pentru fiecare scenariu folosind trei metode: medie, medie ponderată și mediană.

#### Analiza scenariilor IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) și importanța variabilelor de mediu

Pentru analiză, am folosit modele de distribuției a speciilor rezultate din media modelelor. Această decizie a fost influențată de observația că aceste modele au prezentat o îmbunătățire a indicatorului TSS pentru anumite specii. După rularea modelelor au fost identificate valorilor AUC și TSS, cu cele mai bune valori AUC de 0,82 și o valoare TSS de 0,96 pentru specia *Elodea nuttallii*, urmată de *Impatiens glandulifera* cu un AUC de 0,90 și TSS de 0,65. Cel mai puțin performant model este pentru *Ambrosia artemisiifolia*, cu valori de 0,80 AUC și 0,47 TSS. Cea mai performantă metodă statistică individuală este RF, cu o valoare mediană AUC de 0,89 și TSS de 0,99 pentru specia *Elodea nuttallii*, în timp ce cel mai puțin performant model statistic este reprezentat de GLM pentru *Ambrosia artemisiifolia*, cu o valoare mediană AUC de 0,66 și un TSS de 0,45.

Când AUC, TSS și Kappa au fost considerate împreună, RF a arătat în mod constant cea mai mare performanță predictivă. Luate împreună, datele indică faptul că RF este cel mai bun model pentru studierea distribuției potențiale a celor 5 specii de plante alogene.

Contribuția variabilelor de mediu la prezicerea distribuțiilor speciilor de plante alogene variază în funcție de specii și tehnici de modelare. Pentru unele speciile, cele mai importante variabile au fost cele legate de temperatură, cum ar fi influența temperaturii medii anuale asupra speciei *Ailanthus altissima*, *Ambrosia artemisiifolia* și *Elodea nuttallii*.

Pentru speciile cele mai importante au fost variabilele bioclimatice legate de media precipitațiilor anuale, cum ar fi *Asclepias syriaca* și *Ailanthus altissima*, iar pentru *Impatiens glandulifera* ce mai importantă variabilă a fost sezonabilitatea precipitațiilor. În ceea ce privește izotermalitatea, specia cu influențată cel mai mult de această variabilă a fost *Impatiens glandulifera*. Cea mai puțin importantă variabilă pentru a influența speciile este reprezentată de pantă, având o mică influență asupra speciei *Asclepias syriaca* (Figura 4).

Pentru unele dintre speciile de plante alogene schimbările climatice, în toate scenariile de emisii și dispersie, duc la o creștere a suprafeței ocupată de acestea. În timp ce majoritatea proiecțiilor indică o creștere a distribuției acestora, există și câteva proiecții care evidențiază o scădere bruscă a distribuției. Modelarea distribuției speciilor de plante alogene arată că aceste specii au zone de habitat potențial mari, cu cea mai mare suprafață potrivită pentru *Elodea nuttallii*, urmată de *Ambrosia artemisiifolia*.

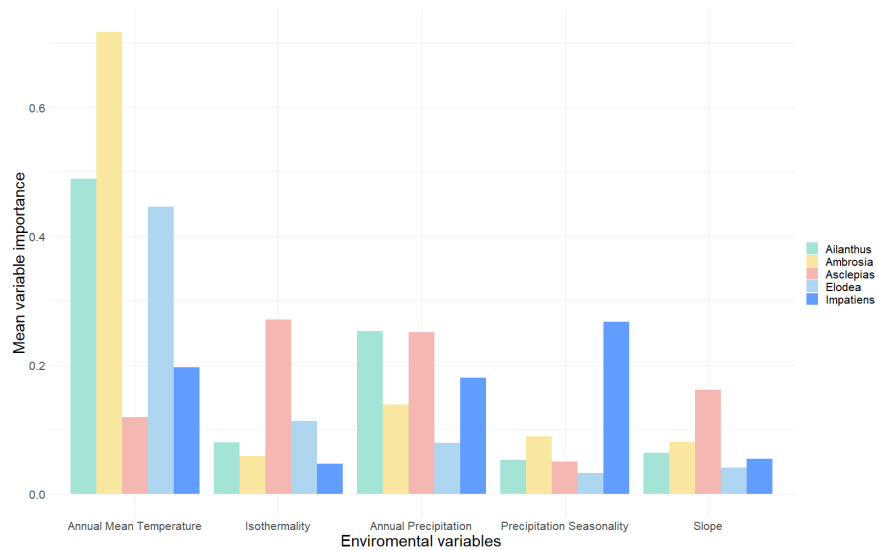


Figura 4 Importanța variabilelor de mediu utilizate în studiu

Proiecția care arată cea mai mică reducere a distribuției este reprezentată de HadGEM3-GC31-LL în cadrul scenariului SSP585 pentru intervalul de timp 2061-2080, pentru specia *Elodea nuttallii*. Proiecția care arată cea mai mare reducere a distribuției este reprezentată de HadGEM3-GC31-LL în cadrul scenariului SSP585 pentru intervalul de timp 2061-2080, pentru speciile *Asclepias syriaca* și *Impatiens glandulifera*. Specia a cărei distribuție are o creștere continuă pentru toate cele 3 orizonturi de timp și ambele scenarii SSP126 și SSP585, este *Elodea nuttallii*. În toate proiecțiile HadGEM3-GC31-LL, în ambele scenarii de emisii, se prevede că două speciile, *Elodea nuttallii* și *Ambrosia artemisiifolia* vor câștiga 50% din distribuție, iar speciile *Ailanthus altissima* și *Asclepias syriaca* vor pierde peste 70 din distribuție, iar unele pot suferi pierderi între 90% și 100%, așa cum este cazul speciei *Impatiens glandulifera* (Figura 5, Figura 6).

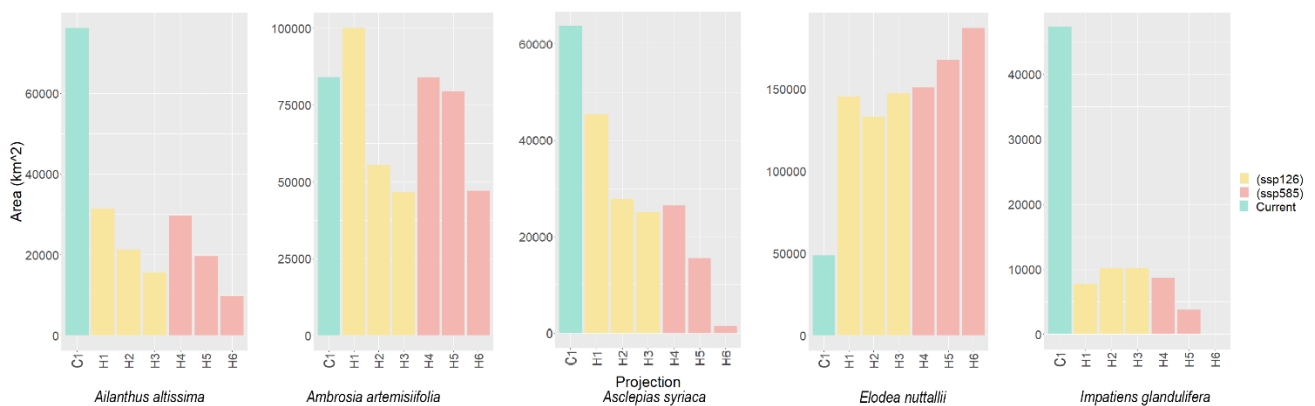


Figura 5 Extinderea actuală a ariei (în km<sup>2</sup>) și schimbarea procentuală a ariei în condițiile climatice viitoare pe trei orizonturi de timp: 2021-2040, 2041-2060 și 2061-2080, pentru scenariile de emisii SSP1-2.6 și SSP5-8.5 și modelul generale de circulație HadGEM3-GC31-LL

## Activitatea 2.2 Analiza prioritizării spațiale a speciilor de plante alogene invazive

Prioritizarea spațială se referă la procesul de identificare și clasificare sistematică a zonelor în funcție de importanța sau valoarea lor relativă pentru un scop sau obiectiv specific. În ceea ce privește speciile alogene invazive, prioritizarea spațială joacă un rol crucial în gestionarea și atenuarea impactului lor.

Tehnicile de prioritizare spațială ajută factorii de decizie și practicienii în conservare să identifice zonele cele mai susceptibile la invazie sau care se confruntă deja cu presiuni ale speciilor invazive. Aceste tehnici integrează adesea diferiți factori, cum ar fi probabilitatea introducerii, potențialul de stabilire și răspândire, și vulnerabilitatea ecosistemelor sau speciilor la invazii (Robinson et al., 2020).

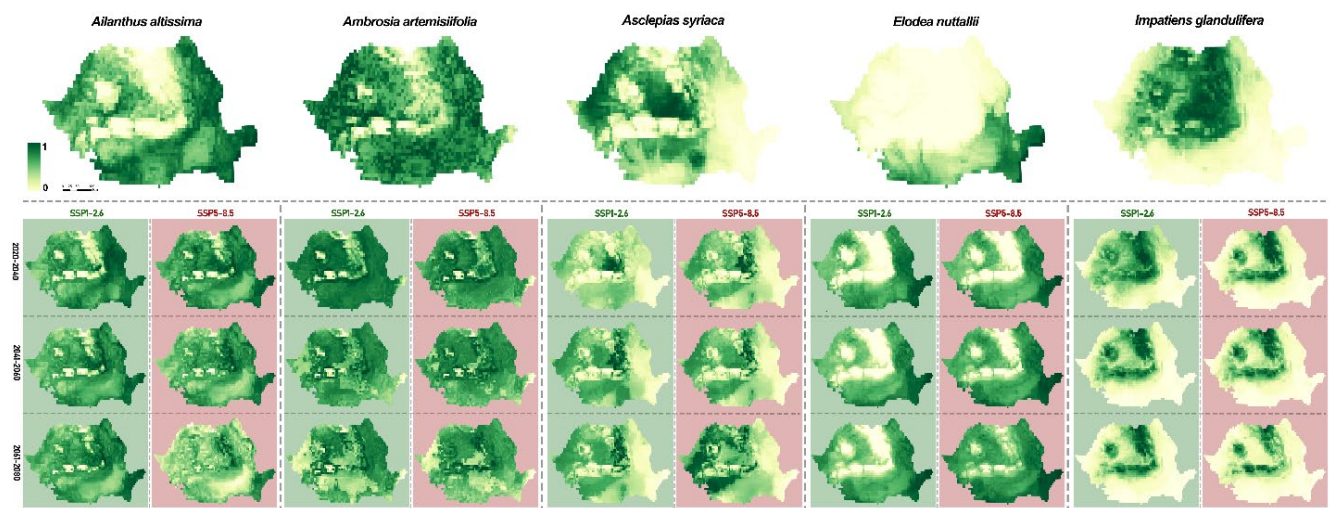


Figura 6 Modele de distribuție spațială pentru speciile de plante alogene invazive, pentru curent (sus) și pentru orizonturile de timp 2021-2040, 2041-2060, 2061-2080, pentru două Căi Socio-Economice Comune - SSP1-2.6 și SSP5-8.5 (denumite în continuare scenariul cel mai favorabil SSP1-2.6 și scenariul cel mai nefavorabil SSP5-8.5)

Prin analiza datelor spațiale referitoare la factori precum climatul, tipul de habitat, conectivitatea, rutele comerciale și activitățile umane, prioritizarea spațială poate ajuta la identificarea zonelor în care riscul de invazie este mare sau în care impactul invaziei ar fi iminent. Aceste informații pot ghida alocarea resurselor, cum ar fi eforturile de monitorizare, măsurile de prevenire, sistemele de detecție timpurie și intervențiile de gestionare, pentru a se concentra pe zonele cu prioritate ridicată (Essl et al., 2020).

Abordările de prioritizare spațială pot varia de la evaluări calitative simple la modele cantitative sofisticate, cum ar fi modelele de distribuție a speciilor și tehnici de cartografiere a riscurilor. Aceste metode ajută la prioritizarea zonelor pentru prevenirea, eradicarea și acțiunile de gestionare a speciilor invazive, permițând o abordare mai strategică și eficientă în controlul speciilor invazive și eforturile de conservare (Ricciardi et al., 2017).

În ansamblu, prioritizarea spațială servește ca instrument valoros în lupta împotriva speciilor invazive, permițând acțiuni de gestionare țintite și eficiente pentru a proteja ecosistemele native și biodiversitatea.

#### Date utilizate pentru prioritizarea spațială a zonelor cu grad ridicat de invazivitate

Pentru analiza prioritizării spațiale a zonelor cu grad ridicat de invazivitate, au fost utilizate modelele de distribuție spațială pentru fiecare dintre cele 5 specii plante alogene invazive alese (*Ailanthus altissima*, *Asclepias syriaca*, *Elodea nuttallii*, *Impatiens glandulifera*, *Ambrosia artemisiifolia*). S-a utilizat aceeași rezoluție de 10x10 kmp și proiecție WGS84. Din cele 3 orizonturi de timp a fost ales orizontul de timp 2041-2060, pentru Modelul General de Circulație - HadGEM3-GC31-LL, utilizând două Căi Socio-Economice Comune - SSP1-2.6 și SSP5-8.5 (denumite în continuare scenariul cel mai favorabil SSP1-2.6 și scenariul cel mai nefavorabil SSP5-8.5).

Am luat în considerare doar un orizont de timp (de exemplu, 2041-2060) deoarece orizontul de timp 2021-2040 cuprinde situația de referință, iar orizontul de timp 2061-2080 este prea îndepărtat și poate fi asociat cu niveluri mai mari de incertitudine și imprevizibilitate. Luarea deciziilor prea departe în viitor poate duce la predicții și rezultate inexacte din cauza multor variabile care pot suferi schimbări pe perioade extinse.

#### Rularea modelelor de prioritizare spațială a zonelor cu grad ridicat de invazivitate

Pentru rularea modelelor de prioritizare spațială a zonelor cu grad ridicat de invazivitate, am utilizat programul ZONATION, care este un sistem de suport decizional special construit pentru rezolvarea diverselor probleme în jurul conservării spațiale a alocării resurselor, și este capabil să analizeze date la scară largă și la o rezoluție mare. Poate acționa asupra speciilor, ecosistemelor (Lehtomäki et al., 2009), serviciile ecosistemice (Moilanen et al., 2011), sau asupra oricărei caracteristică a biodiversității, și poate fi aplicat peisajelor de până la zeci de milioane de elemente de date caracteristice biodiversității (celule grid).

Pentru identificarea acestor zone am utilizat acest program, care produce o clasificare de prioritate prin eliminarea iterativă a celulelor grilei cu cea mai mică pierdere marginală totală a valorii de conservare, luând în considerare distribuțiile totale și rămase ale speciilor de plante alogene. Acesta generează o clasificare ierarhică cu distribuție uniformă a peisajului, de la cea mai mare (1) la cea mai mică (0) valoare de conservare (Moilanen et al., 2022a).

Am utilizat hărțile probabilității de apariție derivate din modelele de distribuție spațială pentru fiecare dintre cele cinci specii de plante alogene invazive (*Ailanthus altissima*, *Asclepias syriaca*, *Elodea nuttallii*, *Impatiens glandulifera*, *Ambrosia artemisiifolia*) pentru curent și un orizont de timp (2041-2060) pentru Modelul General de Circulație - HadGEM3-GC31-LL, utilizând două Căi Socio-Economice Comune - SSP1-2.6 și SSP5-8.5.

Pentru analiza noastră, am folosit regula pierderii marginale de tip Core Area Zonation - CAZ2 din Zonation 5, deoarece menține o acoperire medie relativ ridicată fără a compromite semnificativ performanța caracteristicilor cu performanțe mai slabe, făcându-l o abordare mai potrivită pentru atingerea obiectivelor (Moilanen et al., 2022b).

## Activitatea 2.3 Evaluarea modelelor de prioritizare spațială a speciilor de plante alogene invazive

### Identificarea zonelor cu grad ridicat de invazivitate

Factorii induși de activitatea umană, cum ar fi schimbările antropogenice în utilizarea terenului, urbanizarea și construcția de coridoare de transport, cresc riscul de invazie al plantelor alogene prin promovarea perturbărilor și dispersiei de semințe, creând în același timp noi habitate care permit speciilor invazive să prospere, în timp ce inhibă speciile native. Prin urmare, împreună cu schimbările climatice, alte variabile de mediu, cum ar fi schimbările în utilizarea terenurilor, ar trebui luate în considerare în modelarea distribuției speciilor pentru a identifica mai eficient zonele cu un grad ridicat de invazivitate de către specii de plante alogene.

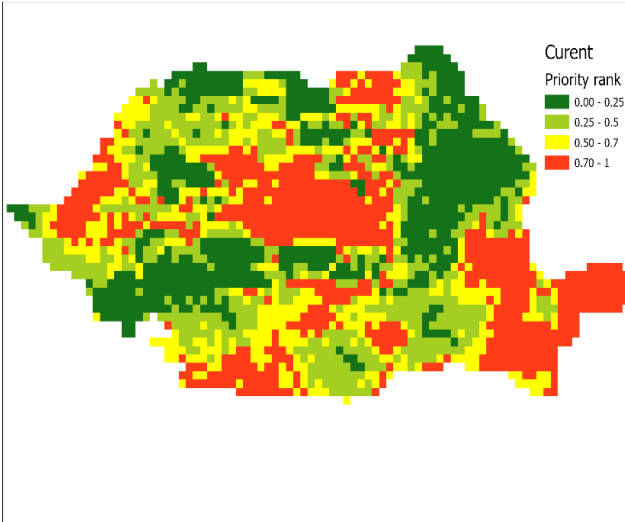
Datorită efectelor negative ale speciilor invazive de plante, este necesar să se identifice zonele cu grad ridicat de invazivitate. Acest lucru va permite adoptarea unor strategii eficiente din punct de vedere al costurilor pentru control și gestionare, în scopul minimizării amenințărilor cauzate de invazia speciilor de plante în România. Mai mult, este necesară implementarea unor instrumente care pot prognoza schimbări potențiale în distribuția speciilor invazive și să evalueze cu precizie riscurile viitoare de invazie.

Analiza a permis Zonation să prioritizeze toate zonele din România cu grad ridicat de invazivitate. Am considerat ca zone cu grad ridicat de invazivitate toate celulele grilei care se încadrează în primele 30% din clasificarea priorităților prezise, o proporție care va maximiza reprezentarea speciilor de plante invazive la nivel național.

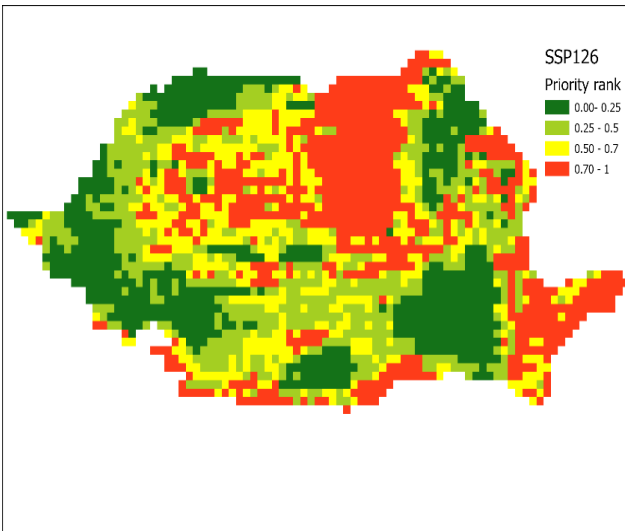
Rezultatele analizelor constau într-o clasificare a priorităților de conservare a peisajului, derivată din ordinea clasificării celulare iterative, unde fiecare celulă de grilă are o valoare cuprinsă între 0 și 1. Celulele de grilă cu valori apropiate de 0 sunt eliminate primele din cauza valorii lor scăzute în ceea ce privește gradul de invazivitate, iar cele cu valori apropiate de 1 sunt reținute până la sfârșitul iterației. Rezultatele arată cele mai importante zone privind gradul de invazivitate, ținând cont de distribuția actuală și viitoare a speciilor de plante invazive în funcție de scenarii.

### Hărți de prioritizarea spațială a zonelor cu grad ridicat de invazivitate

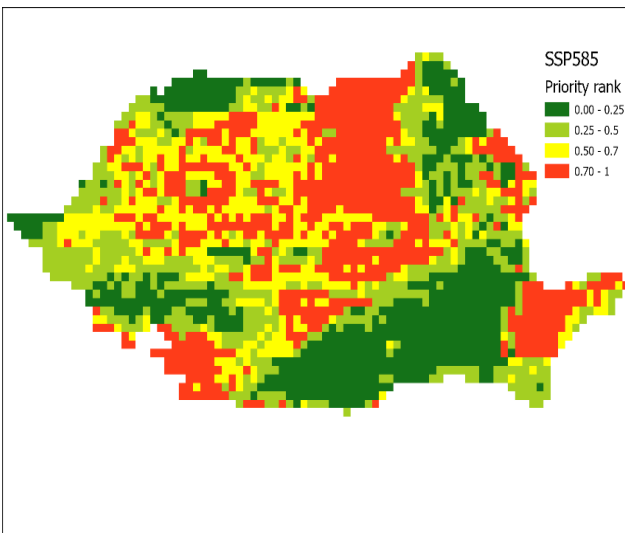
Pe baza rezultatelor analizei de prioritizare, la integrarea modelelor de distribuție a speciilor pentru orizontul de timp curent și pentru viitor, am luat în considerare numai orizontul de timp 2041-2060 (SSP126 și SSP585), am constatat că prioritățile de conservare spațială de top pentru speciile de plante alogene (top 30% din peisaj) s-au schimbat de la scenariile actuale la cele viitoare. Hărțile rezultate din analiza de prioritizare, evidențiază zonele cu grad ridicat de invazivitate de către speciile *Ailanthus altissima*, *Asclepias syriaca*, *Elodea nuttallii*, *Impatiens glandulifera*, *Ambrosia artemisiifolia*.



Pentru scenariul curent, s-a constatat că zonele cu grad ridicat de invazivitate (top 30% - roșu) se află în partea centrală a țării, având o extindere ridicată în depresiunea Transilvaniei, partea de vest (Timișoara, Arad), în partea de est, Dobrogea cu Delta Dunării, județele Galați și Brăila. În zona de sud a țării a fost identificat un hotspot în București și împrejurimi, precum și în partea de sud a Olteniei.



Pentru zonele cu grad ridicate de invazivitate (top 30% - roșu) pentru orizontul de timp 2041-2060, scenariul SSP126, analiza a indicat o mutare a acestor zone către Carpații Orientali, precum și o stagnare în zona Dobrogei, probabil datorită climatului uscat și cald, precum și în Delta Dunării datorită climatului cald și umed, propice pentru specia *Elodea nuttallii* (specie acvatică).



În ceea ce privește zonele cu grad ridicat de invazivitate (top 30% - roșu) pentru orizontul de timp 2041-2060, scenariul SSP585, analiza a indicat o stagnare în zona Carpaților Orientali, precum și în zona Dobrogei. Se pot observa foarte multe hotspoturi în zona Transilvaniei, precum și extinderea zonei din sudul Olteniei către sud-vest, către județul Mehedinți, probabil datorită climatului cald și umed cu influențe submediteraneene ce favorizează distribuția plantelor alogene. Zonele cu grad scăzut de invazivitate sunt reprezentate de Câmpia Bărăganului cu un climat uscat și arid, ceea ce nu a favorizat răspândirea speciilor de plante alogene, precum și Podișul Moldovei și partea de nord-vest a țării.

În prezent, cea mai periculoasă specie de plante alogene invazive din România este probabil *Ambrosia artemisiifolia*. Afectează toate habitatele din România, cu excepția pădurilor naturale și a zonelor montane. Cu toate acestea, habitatele preferate de ambrosia comună zonele cu climat mai arid și sol nisipos. Individizii sunt atât de mulți încât sufocă restul plantelor erbacee, chiar și pe cele adventive. *Ambrosia artemisiifolia* este una dintre cele mai invazive plante în regiunile de câmpie. Factorii climatici corespund cerințelor speciei, care preferă regiunile cu precipitații medii anuale de peste 592 mm și temperaturi medii mai mici de 15,5°C în luna mai. Faptul că specia găsește condiții adecvate în zonele de câmpie, și de fapt în întregul bazin carpatic explică abundența sa deosebită și dă un semnal de alarmă în ceea ce privește evoluția sa. Datorită solicitărilor sale, ambrosia este prezentă doar la marginea mlaștinilor și nu pătrunde în zonele cu umiditate permanentă. Alături de habitatele naturale, ambrosia comună se găsește în apropierea câmpurilor agricole, la fel ca în alte zone.

## Rezultatele etapei

**Toate activitățile planificate pentru etapa 2- 2023 au fost îndeplinite în proporție de 100%.** Gradul de realizare al rezultatelor este detaliat în tabelele de mai jos.

| Indicatori de rezultat                  | Planificat | Realizat   | Grad de realizare al obiectivelor |
|---|------------|--|-----------------------------------|
| Raport științific                       | 1          | 1  | 100 %                             |
| Articole științifice                    | 1          | 1  | 100 %                             |
| Participare la conferințe               | 3          | 3  | 100 %                             |
| Participarea la cursuri de specializare | 3          | 3  | 100%                              |
| Bază de date                            | 1          | 1  | 100 %                             |
| Pagină web                              | 1          | 1<br>( <a href="https://ccmesi.ro/?page_id=2185">https://ccmesi.ro/?page_id=2185</a> ) | 100%                              |
| Pagina Twitter                          | 1          | <a href="https://twitter.com/RoInvasive">https://twitter.com/RoInvasive</a>            | 100%                              |

## Diseminarea rezultatelor prin participarea la conferințe științifice

Directorul de proiect a participat la trei conferințe științifice:

1. **Iulia V. Miu**, Athanasios A. Gavriliadis, Simona R. Grădinaru, Laurentiu Rozyłowicz. 2023. Assessing invasive alien plant species in Romania: distribution and pathways of introduction. EUROGEO “FUTURE-READY GEOGRAPHY” 2023, 27 – 29 Aprilie 2023, Cracovia, Polonia (Prezentare orală)
2. **Iulia V. Miu**, Marian D. Mirea, Laurentiu Rozyłowicz. 2023. Mapping invasive alien plant species distribution under climate change scenarios in Romania. XXIIIrd International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying, Geology and Mining, Ecology and Management – SGEM 2023, 1 - 10 Iulie 2023, Bulgaria (poster).

- 3. Iulia V. Miu, Marian D. Mirea, Laurentiu Rozylowicz. 2023. Potential Impact of Climate Change on the Distribution of Invasive Alien Plant Species in Romania. SCB's 31st International Congress for Conservation Biology (ICCB 2023) 23 – 27 Iulie 2023, Kigali, poster).**

## Diseminarea rezultatelor prin articole științifice

- *Alien plant species distribution in Romania: a nationwide survey following the implementation of EU IAS Regulation* (Distribuția speciilor de plante invazive în România: un studiu la nivel național în urma implementării Regulamentului UE privind speciile de plante invazive) - include rezultatele primului studiu la nivel național al speciilor de plante invazive prezente în România. Studiul vizează toate speciile de plante invazive prezente în România, precum și speciile incluse în lista consolidată a speciilor de origine străină de interes pentru Uniune (European Commission, 2022). Acest studiu va ajuta părțile interesate să implementeze acțiuni de gestionare informare. Articolul este under review la revista *Biodiversity Data Journal*
- *Potential Impact of Climate Change on the Distribution of Invasive Alien Plant Species in Romania* – prin acest studiu ne propunem să identificăm zonele cu un grad ridicat de invazivitate, prin intermediul modelării distribuției speciilor în context schimbărilor climatice. Concluziile acestui studiu își propun să acopere o lacună, folosind modele de distribuție a speciilor pentru a identifica configurații spațiale-explicite ale zonelor, în vederea implementării acțiunilor de gestionare a speciilor de plante invazive. Manuscrisul este în curs de elaborare.

## Diseminarea rezultatelor prin participarea la workshop-uri

- Participare la Sesiune de instruire Regiunea Nord-Vest cu privire la acțiunile specifice privind prevenirea și gestionarea introducerii și răspândirii speciilor alogene invazive din România, în conformitate cu Regulamentul UE 1143/2014, 22-25 Mai 2023, Oradea, Bihor

## Observații în teren

În cadrul proiectului au fost prevăzute campanii de observații și colectare de date în teren în vederea colectării de noi date de prezență a speciilor de plante alogene pentru a fi adăugate bazei de date existente și verificarea datelor existente. De asemenea, s-a avut în vedere identificarea zonelor cu risc ridicat de invazivitate din două arii naturale protejate, Parcul Natural Munții Apuseni și Parcul Natural Grădiștea Muncelului-Cioclovina și evaluarea impactului speciilor de plante invazive asupra speciilor și habitatelor din cele două arii naturale protejate. Deplasarea a presupus și documentare cu privire la impactul potențial al schimbărilor climatice asupra distribuției speciilor de plante invazive din România.

Perioada deplasării 06-12 septembrie 2023 –Parcul Natural Parcul Natural Grădiștea Muncelului-Cioclovina - Parcul Natural Munții Apuseni

## Rezultate și livrabile asociate fiecărei activități

| Activitate prevăzută în plan  | Modul de diseminare a rezultatelor asociate fiecărei activități și livrabile   |
|---|--|
| <p><b>Activitatea 2.1 Pregătirea modelelor IPCC pentru scenariile viitoare ale distribuției speciilor de plante alogene</b></p> | <p><b>Articol 2. Iulia V. Miu</b>, Athanasios A. Gavrilidis, Paulina Anastasiu, Laurentiu Rozylowicz. <i>Alien plant species distribution in Romania: a nationwide survey following the implementation of EU IAS Regulation</i> – (under review)</p> <p>Livrabil:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Baza de date actualizată cu înregistrările speciilor de plante alogene din România</li> <li>- Analiza datelor de distribuție și de mediu</li> <li>- Modele de scenarii viitoare privind distribuția speciilor de plante alogene</li> </ul> <p><b>Conferință 1. Iulia V. Miu</b>, Athanasios A. Gavrilidis, Simona R. Grădinaru, Laurentiu Rozylowicz. 2023. <i>Assessing invasive alien plant species in Romania: distribution and pathways of introduction</i>. EUROGEO “FUTURE-READY GEOGRAPHY” 2023, 27 – 29 Aprilie 2023, Cracovia, Polonia</p> <p><b>Observații în teren</b></p> |
| <p><b>Activitatea 2.2 - Analiza prioritizării spațiale a speciilor de plante alogene invazive</b></p>                           | <p><b>Articol 3. Iulia V. Miu</b>, Mirea D. Marian, Paulina Anastasiu, Laurentiu Rozylowicz. <i>Potential Impact of Climate Change on the Distribution of Invasive Alien Plant Species in Romania</i> (în pregătire).</p> <p><b>Conferință 2. Iulia V. Miu</b>, Marian D. Mirea, Laurentiu Rozylowicz. 2023. <i>Mapping invasive alien plant species distribution under climate change scenarios in Romania</i>. XXIIIrd International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying, Geology and Mining, Ecology and Management – SGEM 2023, 1 - 10 Iulie 2023, Bulgaria.</p>  |
| <p><b>Activitatea 2.3 - Evaluarea modelelor de prioritizare spațială a speciilor de plante alogene invazive</b></p>             | <p><b>Conferință 3. Iulia V. Miu</b>, Marian D. Mirea, Laurentiu Rozylowicz. 2023. <i>Potential Impact of Climate Change on the Distribution of Invasive Alien Plant Species in Romania</i>. SCB's 31st International Congress for Conservation Biology (ICCB 2023) 23 – 27 Iulie 2023, Kigali, Rwanda</p> <p>Livrabil:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hărți de prioritizare spațială a zonelor cu grad ridicat de invazivitate</li> </ul> <p><b>Observații în teren</b></p>   |

## Referințe

- Aiello-Lammens, M.E., Boria, R.A., Radosavljevic, A., Vilela, B., Anderson, R.P., 2015. spThin: An R package for spatial thinning of species occurrence records for use in ecological niche models. *Ecography (Cop.)*. 38, 541–545. <https://doi.org/10.1111/ecog.01132>
- Barbet-Massin, M., Jiguet, F., Albert, C.H., Thuiller, W., 2012. Selecting pseudo-absences for species distribution models: How, where and how many? *Methods Ecol. Evol.* 3, 327–338. <https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2011.00172.x>

- Butchart, S.H.M., 2010. Global Biodiversity : Indicators of Recent Declines Global Biodiversity : Indicators of Recent Declines. <https://doi.org/10.1126/science.1187512>
- Dormann, C.F., Elith, J., Bacher, S., Buchmann, C., Carl, G., Carré, G., Marquéz, J.R.G., Gruber, B., Lafourcade, B., Leitão, P.J., Münkemüller, T., McClean, C., Osborne, P.E., Reineking, B., Schröder, B., Skidmore, A.K., Zurell, D., Lautenbach, S., 2013. Collinearity: A review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance. *Ecography (Cop.)* 36, 27–46. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2012.07348.x>
- Dullinger, I., Wessely, J., Bossdorf, O., Dawson, W., Essl, F., Gatringer, A., Klöner, G., Kreft, H., Kuttner, M., Moser, D., Pergl, J., Pyšek, P., Thuiller, W., van Kleunen, M., Weigelt, P., Winter, M., Dullinger, S., 2017. Climate change will increase the naturalization risk from garden plants in Europe. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 26, 43–53. <https://doi.org/10.1111/geb.12512>
- Elith, J., Leathwick, J., 2009. The contribution of species distribution modelling to conservation prioritization, in: Moilanen, A., Wilson, A.K., Possingham, H.P. (Eds.), *Spatial Conservation Prioritization. Quantitative Methods and Computational Tools*. Oxford University Press Inc., New York, pp. 70–93.
- Essl, F., Latombe, G., Lenzner, B., Wilson, J.R.U., Genovesi, P., Pagad, S., Seebens, H., Smith, K., 2020. The Convention on Biological Diversity (CBD)'s Post-2020 target on invasive alien species – what should it include and how should it be monitored? *NeoBiota* 62, 99–121. <https://doi.org/10.3897/neobiota.62.53972>
- European Commission, 2022. COMMISSION IMPLEMENTING REGULATION (EU) 2022/1203 of 12 July 2022 amending Implementing Regulation (EU) 2016/1141 to update the list of invasive alien species of Union concern.
- Fick, S.E., Hijmans, R.J., 2017. WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *Int. J. Climatol.* 37, 4302–4315. <https://doi.org/10.1002/joc.5086>
- Fortin, M., Dale, M., 2005. *Spatial Analysis. A Guide for Ecologists*. Cambridge University Press, Cambridge.
- García-Díaz, P., Montti, L., Powell, P.A., Phimister, E., Pizarro, J.C., Fasola, L., Langdon, B., Pauchard, A., Raffo, E., Bastías, J., Damasceno, G., Fidelis, A., Huerta, M.F., Linardaki, E., Moyano, J., Núñez, M.A., Ortiz, M.I., Rodríguez-Jorquera, I., Roesler, I., Tomasevic, J.A., Burslem, D.F.R.P., Cava, M., Lambin, X., 2022. Identifying Priorities, Targets, and Actions for the Long-term Social and Ecological Management of Invasive Non-Native Species. *Environ. Manage.* 69, 140–153. <https://doi.org/10.1007/s00267-021-01541-3>
- Henry, M., Leung, B., Cuthbert, R.N., Bodey, T.W., Ahmed, D.A., Angulo, E., Balzani, P., Briski, E., Courchamp, F., Hulme, P.E., Kouba, A., 2023. Unveiling the hidden economic toll of biological invasions in the European Union. *Environ. Sci. Eur.* <https://doi.org/10.1186/s12302-023-00750-3>
- Hulme, P.E., Bacher, S., Kenis, M., Kühn, I., Pergl, J., Pyšek, P., Roques, A., Vilà, M., 2017. Blurring Alien Introduction Pathways Risks Losing the Focus on Invasive Species Policy. *Conserv. Lett.* 10, 265–266. <https://doi.org/10.1111/conl.12262>
- Lehtomäki, J., Tomppo, E., Kuokkanen, P., Hanski, I., Moilanen, A., 2009. Applying spatial conservation prioritization software and high-resolution GIS data to a national-scale study in forest conservation. *For. Ecol. Manage.* 258, 2439–2449. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.08.026>
- Moilanen, A., Anderson, B.J., Eigenbrod, F., Heinemeyer, A., Roy, D.B., Gillings, S., Armsworth, P.R., Gaston, K.J., Thomas, C.D., 2011. Balancing alternative land uses in conservation prioritization. *Ecol. Appl.* 21, 1419–1426. <https://doi.org/10.1890/10-1865.1>
- Moilanen, A., Kohonen, I., Lehtinen, P., Jalkanen, J., Virtanen, E., Kujala, H., 2022a. Zonation 5 User manual.
- Moilanen, A., Lehtinen, P., Kohonen, I., Jalkanen, J., Virtanen, E.A., Kujala, H., 2022b. Novel methods for spatial prioritization with applications in conservation, land use planning and ecological impact avoidance. *Methods Ecol. Evol.* 13, 1062–1072. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13819>
- Ord, J.K., Getis, A., 1995. Local Spatial Autocorrelation Statistics: Distributional Issues and an Application. *Geogr. Anal.* 27, 286–306. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00912.x>
- Phillips, S.J., Dudík, M., Schapire, R.E., 2004. A maximum entropy approach to species distribution modeling. *Proceedings, Twenty-First Int. Conf. Mach. Learn. ICML 2004* 655–662. <https://doi.org/10.1145/1015330.1015412>
- 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>
- 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>

- Robinson, T.B., Martin, N., Loureiro, T.G., Matikinca, 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>
- 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., Lenzen, 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>
- Sîrbu, 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>
- Thuiller, W., Lafourcade, B., Engler, R., Araújo, M.B., 2009. BIOMOD - A platform for ensemble forecasting of species distributions. *Ecography (Cop.)*. 32, 369–373. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2008.05742.x>
- Zurell, D., Franklin, J., König, C., Bouchet, P.J., Dormann, C.F., Elith, J., Fandos, G., Feng, X., Guillera-Arroita, G., Guisan, A., Lahoz-Monfort, J.J., Leitão, P.J., Park, D.S., Peterson, A.T., Rapacciuolo, G., Schmatz, D.R., Schröder, B., Serra-Diaz, J.M., Thuiller, W., Yates, K.L., Zimmermann, N.E., Merow, C., 2020. A standard protocol for reporting species distribution models. *Ecography (Cop.)*. 43, 1261–1277. <https://doi.org/10.1111/ecog.04960>