

UNIVERSITATEA „BABEȘ – BOLYAI” CLUJ-NAPOCA

Facultatea de Biologie și Geologie

Școala doctorală Biologie integrativă

**Studii asupra unor plante montane întâlnite în
refugii de joasă altitudine din Transilvania**

- Rezumatul tezei de doctorat -

Student-doctorand:

Paul-Marian SZATMARI

Conducător științific:

Prof. Dr. Vasile CRISTEA

Cluj-Napoca,

2022

Abrevieri	(1)
Introducere	1(2)
Capitolul I. RELICTE ȘI REFUGII	2(5)
1.1. Relictele glaciare	2(5)
1.2. Refugiile postglaciare	3(11)
Capitolul II. CARACTERIZAREA FIZICO-GEOGRAFICĂ A TERITORIULUI CERCETAT (REGIUNEA CARPATICĂ ȘI DISTRICTUL NORDIC AL CÂMPIEI DE VEST)	4(15)
2.1. Localizarea geografică și limitele. Principalele caracteristici ale reliefului	4(15)
2.2. Evoluția climatului în Tardiglaciuar și Postglaciuar. Particularități ale climatului actual	(18)
2.3. Mlaștinile teritoriului	4(21)
2.3.1. Mlaștina eutrofă	4(21)
2.3.2. Mlaștina eutrofă alcalină (calcaroasă)	5(24)
2.3.3. Mlaștina oligotrofă sau turbăria	5(26)
2.3.4. Mlaștina de tranziție sau mezotrofă	5(28)
2.3.5. Pădurea aluvială și tufărișurile de mlaștină	6(29)
Capitolul III. CARACTERIZAREA GENERALĂ A VEGETAȚIEI	(32)
3.1. Istoricul cercetărilor floristice și al mlaștinilor din regiunea studiată	(32)
3.2. Evoluția postglaciuară a vegetației teritoriului	(42)
3.3. Vegetația actuală – scurtă caracterizare	(58)
Capitolul IV. CONTRIBUȚII PERSONALE. OBIECTIVELE STUDIULUI	6(59)
Capitolul V. MATERIALE ȘI METODE DE LUCRU	7(61)
5.1. Materiale	7(61)
5.2. Metode	8(65)
5.2.1. Metode și tehnici de analize moleculare	8(65)
5.2.2. Metoda alegerii speciilor candidat	8(70)
Capitolul VI. REZULTATE	9(76)
6.1. Relictele glaciare	9(76)
6.1.1. Conspectul și corologia speciilor	9(76)
6.1.1.1. Specii relictate și rare identificate în regiuni noi (corologie nepublicată)	11(83)
6.1.1.2. Corologia speciilor și discuții asupra unor probleme de taxonomie.....	(86)
6.1.2. Studiul fitocenozelor cu specii relictare	12(91)
6.2. Refugiile postglaciare	12(99)
6.2.1. Refugiile postglaciare din Regiunea Carpatică și districtul nordic al Câmpiei de Vest	12(99)
6.2.2. Caracterizarea ecologică a refugiiilor postglaciare	13(112)
Capitolul VII. ANALIZE MOLECULARE ASUPRA SPECIEI ȚINTĂ <i>TROLLIUS</i> <i>EUROPAEUS</i>	14(120)
7.1. Evaluarea diversității genetice cu markeri microsatețiți cloroplastici a populațiilor de <i>Trollius europaeus</i>	15(121)
7.2. Analiza AFLP.....	16(125)
7.3. Evidențe ale refugiiilor glaciare și postglaciare din perspectiva speciei <i>Trollius</i> <i>europaeus</i>	17(128)

Capitolul VIII. DISCUȚII	17(138)
8.1. Probleme asupra speciilor relictelor din studiu	17(138)
8.1.1. Specii arctice și arcto-alpine	17(144)
8.1.2. Specii continentale	18(147)
8.1.3. Specii boreale (circumboreale)	18(149)
8.1.4. Specii europene și endemice	18(153)
8.1.5. Specii problematice	19(157)
8.2. Refugiile postglaciare. Mlaștinile ca refugiu	19(160)
8.2.1. Problema perpetuării mlaștinilor alcaline	(160)
8.2.2. Problema tinoavelor	(164)
8.2.3. Depresiunile intracarpatică	(167)
8.2.4. Districtul nordic al Câmpiei de Vest	(171)
Capitolul IX. CONSERVAREA RELICTELOR GLACIARE ȘI A MLAȘTINILOR DIN REGIUNEA STUDIATĂ	20(179)
9.1. Actualizarea categoriilor zoologice	20(179)
9.2. Importanța conservării populațiilor relictare	(182)
9.3. Importanța mlaștinilor	(184)
9.4. Factorii ce duc la dispariția mlaștinilor și a speciilor relictelor din țara noastră	20(185)
9.5. Conservarea speciilor relictelor	20(191)
Concluzii	21(194)
Bibliografie	22(196)
Webografie	24(223)
Anexe	(224)
Anexă Rezumat	25()
Anexa 1. Evidențe palinologice și macrofosile	(224)
Anexa 2. Corologia speciilor	(226)
Anexa 3. Indexul asociațiilor vegetale și localitățile aferente din studiu	(273)
Anexa 4. Tabele bioforme, geoelemente și indici ecologici pe regiunile studiate	(276)

Cuvinte cheie: relictelor glaciare, refugii postglaciare, mlaștini, Regiunea Carpatică, Câmpia de Vest, microsateți cloroplastici, *Trollius europaeus*, corologie, conservare

Introducere

Prezența relictelor glaciare în România a avut o dezbateră îndelungată în rândul botaniștilor și biogeografilor. Emil Pop a fost unul dintre primii oameni de știință ce a dezbătut prezența acestor plante în Carpații de Sud-Est, în special în lucrarea sa cuprinzătoare despre turbăriile din România (Pop, 1960). În regiunea Carpaților, relicele glaciare reprezintă una dintre cele mai vechi componente ale florei regionale din Europa Centrală (Dítě și colab., 2018).

Termenul de „relict glaciare” se referă la specii ce erau comune în perioadele glaciare, dispărând ca urmare a încălzirii din Holocen. Acestea au supraviețuit în perioadele interglaciare în așa-numite refugii. Refugiul este o regiune geografică sau un microhabitat local în care aceste specii au găsit condiții ecologice similare și o stabilitate climatică ce le-a permis să supraviețuiască timp de milenii în aceeași locație (Csergő, 2002).

Se poate discuta despre două tipuri de refugii: glaciare și postglaciare (adică interglaciare). În ultimii ani, majoritatea lucrărilor se concentrează pe refugiile glaciare. Studiul nostru are însă ca temă principală a doua categorie de refugii, cele postglaciare sau interglaciare. Acestea au favorizat supraviețuirea speciilor de plante și animale ce erau comune în perioadele glaciare, care după încălzirea climei s-au retras în munții înalți și în regiunile arctice și boreale din emisfera nordică. O parte dintre ele au dispărut complet sau au supraviețuit prin câteva populații izolate.

În flora central-europeană, speciile boreale de turbării și speciile arcto-alpine sunt considerate relicte glaciare (Dítě și colab., 2018). Totodată, majoritatea dovezilor paleobotanice sunt disponibile mai mult pentru speciile de turbărie (Hájek și colab., 2011; Hájková și colab., 2015). Însă, din ce în ce mai multe dovezi sugerează faptul că multe dintre speciile actuale, comune în ultima epocă glaciară, nu sunt doar speciile arctice-alpine sau cele din turbăriile și mlaștinile alcaline, ci și specii caracteristice pentru regiunea de stepă (stepă aridă, fânețele mezofile, tundra stepică), de taiga cu păduri compacte, de rariști de păduri de conifere și foioase temperate reci și de comunități de ierburi înalte (Dítě și colab., 2018; Horsák și colab., 2015; Chytrý și colab., 2017b).

Având în vedere domeniul vast de cercetări asupra acestor habitate, **studiul de față va lua în considerare doar habitatele de mlaștină din zonele joase și cele montane, excluzând mlaștinile de altitudini înalte ale etajelor subalpin și alpin.** Totodată, sunt excluse speciile alpine și subalpine, cele de pădure, de stepe, sărături și comunități de ierburi înalte. Câteva dintre acestea intră totuși în studiu deoarece habitatul lor este preponderent legat de mlaștinile de joasă altitudine. Studiul se axează doar pe tipurile actuale de refugii postglaciare din zonele umede: turbării, mlaștini

alcaline, mlaștini de trecere, izvoare și păduri aluviale, ce se pot considera unele dintre cele mai stabile și bune indicatoare ale florei din trecut. Câteva dintre aceste mlaștini au supraviețuit din Ultimul Maxim Glaciar până în prezent, păstrând o mică parte a speciilor arhaice comune din acele perioade. O mare parte a speciilor relictate din studiul nostru, cât și din alte studii europene, indică o clară preferință și adaptare pentru mlaștinile alcaline străvechi și turbării. Ca urmare, aceste specii dispun de o propagare extrem de limitată, ce le împiedică să avanseze în teritorii noi.

Studiul de față se concentrează pe regiunea geografică a Carpaților de Sud-Est ai României, inclusiv Bazinul Transilvan și unitățile geografice învecinate care fac parte și din regiunea Carpaților (Kliment și colab., 2016; Breman și colab., 2020). Districtul nordic al Câmpiei de Vest, prin conexiunea directă față de Carpați și numărul mare de relictate glaciare conservate aici, nu poate fi exclusă și va fi tratată ca parte a regiunii studiate.

Capitolul I. Relicte și refugii

1.1. Relictele glaciare

Speciile actuale au avut expansiuni și contracții ale arealului de distribuție. Astfel, un taxon este considerat relict în funcție de cât de mult și-a redus arealul față de o anumită perioadă climatică (Hampe și Jump, 2011). Acești autori definesc relictele ca populații ale unei specii ce persistă în enclave izolate cu condiții microclimatice locale favorabile, înconjurată de vaste areale cu condiții climatice ce nu permit existența speciei respective. Aceste populații pot foarte puțin spre deloc să migreze, s-au adaptat la condiții climatice variabile pe o perioadă lungă de timp și continuă să supraviețuiască.

În prezentul studiu acceptăm conceptul lui Dítě și colab. (2018), care definește relictele glaciare ca specii heliofile comune la nivel regional în orice perioadă a Glaciarului înainte de răspândirea pădurilor compacte de foioase sau de molid din Holocen. Unele dintre aceste specii au fost mai abundente în Ultimul Maxim Glaciar (de ex. unele specii de turbărie și tufărișuri arcto-alpine), în timp ce altele au devenit predominante în interstadiile mai blânde, precum Bølling și Allerød din Tardiglaciar sau în Preboreal (de ex. ierburile înalte, speciile boreale de turbărie, speciile de rariști de pădure ale stepelor reci și taigaua deschisă), prin urmare, nu este posibilă o distincție clară între relictele din Ultimul Maxim Glaciar și aceste interstadii, cu toate că macrofosilele indică prezența lor în ambele perioade, doar proporțiile fiind variabile. Astfel, atât *Betula nana*, specie arctică, care este prezentă continuu până în Preboreal, cât și *Scheuchzeria palustris* sau *Menyanthes*

trifoliata, în general indicatoare ale unor perioade umede și mai calde, se găsesc în stadiile reci (Jakab și colab., 2010). Așadar, speciile respective sunt dominante pe toată durata Ultimului Maxim Glaciar, incluzând Tardiglaciarul și Preborealul.

1.2. Refugiile postglaciare

Odată ce clima a început să se schimbe, aceste specii s-au retras spre latitudinile nordice și munții mai înalți, dispărând complet în mare parte din Europa. Unele dintre ele și-au găsit adăpost în câteva microhabitate locale cu condiții ecologice similare în care s-au perpetuat până în prezent. Aceste stațiuni sunt cunoscute sub numele generic de „refugii”. Astfel, un „refugiu” este o regiune geografică sau un microhabitat local în care aceste specii au găsit un habitat similar și o stabilitate climatică ce le-a permis să supraviețuiască milenii întregi în aceeași locație, în ciuda schimbărilor majore în macroclimatul regiunii (Dítě și colab., 2018).

Conform Csergő (2002), refugiile sunt areale în care condițiile climatice locale datorate mediului înconjurător, tind să depună o rezistență față de schimbările survenite în climatul general. Această rezistență climatică împiedică instalarea și proliferarea vegetației influențată de climatul general, ceea ce ajută supraviețuirea și perpetuarea unor specii adaptate condițiilor climatice locale, multe dintre ele fiind reminiscențe ale unor perioade trecute.

Pentru relictelor glaciare din zilele noastre, aceste situri sunt cunoscute ca refugii postglaciare (adică interglaciare) (Dítě și colab., 2018). Condițiile în aceste refugii sunt mai dure pentru majoritatea plantelor temperate actuale, fiind asemănătoare cu cele din perioadele reci. Refugiul postglaciar este oarecum limitat la o zonă mai mică (microhabitate locale împrăștiate sau unități orografice distincte, în mare parte câmpii mlăștinoase, văi și depresiuni montane). Birks și Willis (2008) le mai numesc și refugii criptice holocene.

Topografia, particularitățile solului sau structura vegetației ajută la menținerea unor condiții climatice optime ale refugiilor. Mlaștinile, lacurile și izvoarele sunt principalele elemente de termoregulatori ai unui refugiu. Temperatura din centrul mlaștinii de multe ori este mai scăzută față de marginile ei. De asemenea, înălțimea vegetației este un alt element ce poate reduce temperatura cu câteva grade la baza solului. Același lucru se poate constata privind umiditatea aerului, o vegetație înaltă și compactă împiedicând evapotranspirația (Hampe și Jump, 2011).

Depresiunile Carpaților Orientali prezentând o altitudine ridicată, climat răcoros, ceață persistentă și ape reci, au favorizat supraviețuirea relictelor (Pop, 1960; Rațiu, 1971a). Solurile turboase ale mlaștinilor eutrofe mențin o temperatură mai scăzută față de mediul ambiant.

Inversiunile de temperatură cu medii ale temperaturilor scăzute sunt printre factorii determinanți ai conservării relictelor glaciare în bazinele intracarpatică din Orientali (Sanda și colab., 2005a).

Capitolul II. Caracterizarea fizico-geografică a teritoriului cercetat (Regiunea Carpatică și districtul nordic al Câmpiei de Vest)

2.1. Localizarea geografică și limitele. Principalele caracteristici ale reliefului

Studiul de față se va concentra exclusiv asupra teritoriului României. Sub denumirea generală de Regiune Carpatică este inclusă și Depresiunea Transilvaniei, ce este o parte componentă majoră a Regiunii Carpatice (Kliment și colab., 2016), precum și dealurile și podișurile adiacente din exteriorul arcului carpatic. Așadar, pe lângă cele trei lanțuri montane ale Carpaților, se includ aici și Depresiunea (Podișul) Transilvaniei, Dealurile de Vest, Subcarpații din exteriorul arcului montan, Podișurile Mehedinți și cel al Sucevei, precum și parte a Podișului Getic. Această delimitare continuă accepțiunea celor mai noi date științifice (Hurdu și colab., 2016; Kliment și colab., 2016; Breman și colab., 2020), delimitările exacte găsindu-se pe harta interactivă a consorțiului „Rețelei de Cercetare Carpatică” („Carpathian Research Network” – CRN) (vezi *Webografie*).

Districtul nordic al Câmpiei de Vest este o regiune distinctă din punct de vedere floristic (fitogeografic). Zona este delimitată la sud de interfluviul râurilor Barcău – Crișul Repede conform vegetației forestiere (Doniță și colab., 1980). Astfel, arealul unor specii mediteraneene și pontice din sud și centru nu trece de acest culoar, iar speciile relictare din nord nu se mai regăsesc la sud de el (Karácsonyi, 1987). Districtul cuprinde trei regiuni distincte: 1) Câmpia Someșului, ce include și Bazinul Crasnei sau Câmpia Crasnei (Ecedea), locul fostei Mlaștini Ecedea, 2) Câmpia (Valea) Ierului și 3) Câmpia Nirului (Ardelean și Karácsonyi, 2002; 2005).

2.3. Mlaștinile teritoriului (Habitatele umede de apă dulce)

În literatura de specialitate există cinci tipuri de mlaștini de apă dulce distincte, ale căror diferențe sunt prea puțin cunoscute în România, fiind redate în continuare.

2.3.1. Mlaștina eutrofă („marsh”)

Se formează pe lângă lacuri (bazine), râuri (meandre și brațe moarte), pe suprafețe adâncite sau ondulate sau în urma unor alunecări de teren din zonele deluroase și montane. Acestea sunt alimentate de ape subterane, ape stagnante, scurgeri de pe versanți sau de ape curgătoare (Tardy, 2002). Mai pot fi grupate în funcție de specificul vegetației.

2.3.2. Mlaștina eutrofă alcalină (calcaroasă) („fen” sau „rich fen”)

Aceste mlaștini își primesc nutrienții și sursa de apă din izvoare bogate în minerale și prin mișcările apei freatice, mai puțin din precipitații. Au un pH mai mare de 6. Caracteristica lor este formarea sedimentelor de turbă. Diferă de turbării prin faptul că sunt mai puțin acide și au mai mulți nutrienți, ce suportă o diversitate ridicată de viețuitoare. Nivelul de apă poate oscila sau rămâne constant, nefiind dependent de cantitatea de precipitații. Nu prezintă vegetație arborescentă. Aceste mlaștini de obicei se află la distanță de apele de suprafață (lacuri, bălți). Ele se formează prin văile unor râuri sau deasupra unor falii geologice, unde prin rupturile din rocile și sedimentele din substrat, ies la suprafață izvoare de apă foarte reci din rezervele acvifere de adâncime (Grootjans și colab., 2005; Rydin și colab., 2013; EPA, 2022).

Sunt caracteristice unui climat mai rece și foarte umed, unde precipitațiile abundente realizează mari acumulări de apă. Formarea acestor mlaștini necesită chiar și până la 10.000 de ani (EPA, 2022). Regiunea carpatică se află la periferia acestor ecosisteme, ele fiind specifice latitudinilor nordice, fiind tot mai puține spre latitudinile sudice (Grootjans și colab., 2005).

2.3.3. Mlaștina oligotrofă sau turbăria („bog”, „peat bog”)

Mlaștinile oligotrofe sunt alimentate exclusiv de precipitațiile atmosferice, evoluția lor fiind în mod direct influențată de schimbările climatice. Ele sunt astfel lipsite de nutrienții necesari creșterii plantelor. Cantitatea de apă este controlată de precipitații și evapotranspirație, acoperirea cu vegetație fiind variabilă. Substratul și apa acidă, slabe în substanțe nutritive, au dus la adaptarea și specializarea a numeroase specii de plante și animale la condițiile aferente (Pop, 1960; Magyari și colab., 2008; EPA, 2022).

Mlaștinile oligotrofe tipice se opresc la granița de sud Alpino-Carpatică, de unde și numeroasele relice glaciare care ajung la granița lor de sud în Transilvania. În Carpații de SE se întâlnesc într-un etaj montan distinct la aproximativ 900-1200 m altitudine în partea inferioară a etajului de molid sau în partea superioară a etajului de fag, unde se găsesc și majoritatea mlaștinilor oligotrofe tipice pe care s-au dezvoltat pinete întinse (Pop, 1960).

2.3.4. Mlaștina de tranziție sau mezotrofă („transitional marsh” sau „poor fen”)

Aceste mlaștini sunt intermediare între mlaștinile eutrofe alcaline și cele oligotrofe acide. Din punct de vedere hidrologic sunt asemănătoare mlaștinilor eutrofe, însă în ceea ce privește vegetația și compoziția chimică, se apropie de cele oligotrofe. Acestea sunt mai acide, cu un pH de la 5,5 la 4. Turba depusă este mai groasă, ceea ce limitează accesul vegetației la izvoarele minerale

din subteran, ce totodată nu mai pot influența pH-ul mlaștinii. Ca urmare, și în acest caz mlaștina devine dependentă de precipitațiile atmosferice. Mușchiul de turbă domină aceste mlaștini, însă bogăția de specii este mult mai mare față de mlaștina oligotrofă tipică (Rydin și colab., 2013).

2.3.5. Pădurea aluvială și tufărișurile de mlaștină („swamp forests” și „shrub swamps”)

Pădurile aluviale sunt dominate de arbori și arbuști de mlaștină, ce formează un coronament compact ce împiedică pătrunderea luminii. Din această categorie fac parte și zăvoaiele și tufărișurile de mlaștină, ce suportă mai bine fluctuațiile apei prin formarea de rădăcini aeriene ce urmăresc nivelul apei. Pădurile aluviale pot fi inundate temporar, însă apa rămâne de obicei la un nivel constant. În alte lucrări sunt incluse aici și pinetele de turbărie, care însă vor fi tratate în această lucrare ca parte a mlaștinilor oligotrofe (Tardy, 2002; Rydin și colab., 2013).

Capitolul IV. Contribuții personale. Obiectivele studiului

Pe parcursul anilor 2015-2021, continuând munca unor cercetări începute din 2010, am realizat mai multe studii pe teren privind mlaștinile din regiunea Transilvaniei și nordul Câmpiei de Vest, în urma cărora am întocmit liste de specii și relevee fitocenologice. În urma acestor cercetări, am observat o serie de specii cu o distribuție joasă anormală în zonele de câmpie și de deal din nord-vestul țării, care în mod obișnuit se găsesc în regiunile montane înalte. Astfel au apărut primele întrebări în legătură cu apariția acestora în câmpie.

Studiul propus urmărește atingerea următoarelor **obiective**:

1. O *evaluare critică* a speciilor considerate în literatura botanică din România ca fiind posibile relice glaciare pe baza unor criterii precise;

2. *Identificarea afinităților* acestor specii față de comunitățile de plante și mlaștinile din regiune prin realizarea unor studii fitocenologice;

3. *Identificarea posibilelor zone de refugiu* din zonele joase ale Regiunii Carpatice unde aceste specii au supraviețuit încălzirii climei din Postglaciar, cunoscute sub denumirea de refugii postglaciare. Fiind de acord cu concepția mai multor autori (Birks și Willis, 2008), se poate considera faptul că zonele sau ecosistemele în care mai trăiesc și astăzi aceste specii, pot fi considerate refugii;

4. Investigarea din punct de vedere fitocenotic a zonelor ce au constituit *potențiale refugii* evaluând factorii ecologici și biogeografici ai speciilor locale;

5. Identificarea tipurilor de habitate în care aceste specii apar, această abordare fiind una dintre cele mai importante metode utilizate în identificarea refugiilor (Bhagwat și Willis, 2008);

6. Realizarea unui studiu de caz din perspectiva speciei boreale *Trollius europaeus*, ce poate oferi date privind refugiile în care acesta ar fi putut supraviețui;

7. Reevaluarea statutului sozologic al speciilor din studiu în acord cu criteriile IUCN;

8. Identificarea principalilor factori ce duc la dispariția mlaștinilor și speciilor relictare din regiune;

9. Evaluarea strategiilor de conservare și protecție a acestor specii în zona studiată;

Capitolul V. Materiale și metode de lucru

5.1. Materiale

Inventarul floristic. Pentru fiecare zonă vizitată s-au realizat inventare floristice. Ieșirile pe teren au avut loc pe parcursul mai multor ani (2015-2021), cărora li s-au adăugat date nepublicate realizate de către autor în perioada 2010-2015. În această ultimă perioadă au fost realizate și relevee de vegetație.

Corologie. Datele corologice au fost colectate analizând herbare și materiale publicate (articole științifice, cărți, monografii, fișe de specii, reviste despre natură etc.) disponibile on-line și în biblioteci. Acestea li se adaugă noi date identificate de autorul studiului în urma cercetărilor din teren.

Macrofosile și polen. Pentru a evidenția continuitatea acestor specii în arealul regiunii, s-au consultat toate articolele științifice accesibile ce conțin date de polen și macrofosile. De asemenea s-a utilizat și baza de date a macrofosilelor din Cehia și Slovacia privind Carpații de Vest (*vezi Webografie*) deoarece flora celor două lanțuri carpatice majore este comună în ceea ce privește răspândirea speciilor arctice și siberiene din trecut.

Fitocenologie. Pentru datele fitocenologice au fost alese acele relevee din literatură, precum și din baza de date „Romanian Grassland Database” cu acordul autorilor (Vassilev și colab., 2018), care conțin cel puțin o specie din categoria relictelor din acest studiu. Numărul total al releveelor este de 572. Acestea cuprind 790 de specii de plante vasculare și 143 specii de briofite însumând în total 941 de taxoni. Numărul total al asociațiilor/subasociațiilor identificate în mlaștinile luate în studiu este de 105. Acestea au fost realizate în jurul a 114 localități.

Habitate. Identificarea habitatelor s-a realizat pe baza structurii vegetației, utilizând Doniță și colab. (2005) și Gafta și Mountford (2008).

Analize moleculare. Pentru a evidenția ideea refugiilor, a fost aleasă o specie montană de referință: *Trollius europaeus*. Pentru extragerea ADN-ului s-au analizat 173 de indivizi de la 24 de populații din regiunea Carpaților de SE.

5.2. Metode

5.2.1. Metode și tehnici de analize moleculare

Metodele moleculare abordate în acest studiu au fost tehnica AFLP (Polimorfismul de lungime al fragmentelor amplificate) și tehnica microsateliților cloroplastici (cpSSR).

5.2.2. Metoda alegerii speciilor candidat

Studiul actual se axează exclusiv pe habitatele de mlaștină, astfel, au fost selectate toate plantele specifice zonelor umede și de turbării, excluzând speciile arcto-alpine din etajele superioare considerate tradițional ca vestigii glaciare (Dítě și colab., 2018). Aceste specii au fost eliminate și ca urmare a faptului că ocupă preponderent alte tipuri de habitate alpine față de cele de mlaștină și mai ales datorită lipsei mlaștinilor oligotrofe tipice ce nu se pot forma la altitudini înalte (Pop, 1960). Au fost incluse de asemenea toate speciile cu caracter continental al căror areal se întinde din Europa Centrală până în Siberia (majoritatea arealului găsindu-se în zona Siberiei) și care se găsesc exclusiv în mlaștini și pajiști umede. Au fost excluse speciile continentale din stepe și sărături, având în vedere că studiul urmărește doar zonele umede cu apă dulce. Au fost selectate toate așa-numitele relice glaciare din literatură. Totodată, au fost incluse și unele specii montane cu o distribuție neobișnuită în zonele joase care și-au găsit un refugiu în aceste mlaștini. Au fost adăugate toate speciile circumpolare (care apar de obicei în turbării, taiga și tundra arctică), precum și speciile din mlaștinile alcaline bogate în minerale. Au fost obținute astfel 190 de specii candidat. Fiecărei specii i s-a acordat un punctaj în funcție de trăsăturile sale biogeografice și ecologice.

Scorurile pentru toate caracterele individuale au fost însumate realizându-se scorul final. La fel ca Dítě și colab. (2018), am folosit această sumă ca reprezentativă pentru probabilitatea ca o anumită specie să fie un relict glaciare. Scorul maxim obținut a fost 27 (prin adăugarea altor două trăsături la cele ale lui Dítě și colab., 2018). Speciile care au atins valoarea scorului final stabilit în mod arbitrar la $\geq 13,5$ (jumătate din scorul maxim, incluzând aici majoritatea speciilor din literatură) au fost considerate relice cu o mare probabilitate și, prin urmare, incluse în analizele ulterioare și pe

lista celor mai probabile relictice glaciare din România. Dîtë și colab. (2018) aleg arbitrar scorul final la ≥ 10 pentru a include majoritatea relictelor glaciare din literatură, avînd un scor maxim de 22.

Ceea ce diferă în mică măsură de metoda autorilor (Dîtë și colab., 2018) este adăugarea a două noi trăsături și anume: limita sudică a arealului speciei și caracterul ecologic al afinității față de temperatura optimă în care aceste specii cresc în România. Acest ultim caracter a fost prelucrat din două surse diferite: Sanda și colab. (1983) și Sârbu și colab. (2013), căruia i s-a calculat temperatura medie. Astfel dacă într-o lucrare apărea T_2 , iar în cealaltă T_3 , media celor două va fi de $T_{2,5}$, de unde și apariția zecimalelor în scorul final, care totodată face o delimitare mult mai distinctă între specii.

Categoriile de trăsături (simptome) utilizate pentru scorurile finale ale fiecărei specii (adaptate după Dîtë și colab., 2018) sunt: 1. Continentalitatea; 2. Circumpolaritatea; 3. Discontinuitatea arealului de distribuție; 4. Conservatorismul în regiunea de distribuție; 5. Raritatea; 6. Afinitatea pentru habitate uscate și sărături; 7. Afinitatea pentru tundră; 8. Afinitatea pentru taiga; 9. Afinitatea pentru turbării; 10. Afinitatea pentru mlaștini și izvoare; 11. Afinitatea pentru rariștile de păduri de tip glaciare (păduri de conifere luminoase, pajiști mezofile și buruienișuri înalte) și 12. Contractia la nișa ecologică (habitat refugiu tipic arealului specific). Cele două noi trăsături adăugate sunt 13. Limita sudică a speciei în regiune și 14. Afinitatea față de temperatură (T). Fiecare specie a primit un număr de la 0 la 3 în funcție de gradul de afinitate pentru categorie (indice).

Capitolul VI. Rezultate

6.1. Relictele glaciare

6.1.1. Conspectul și corologia speciilor

Lista finală a speciilor, selectate pe baza scorurilor, cuprinde 87 de plante vasculare (*Tabel 1. Anexă Rezumat*). Rezultatele **scorurilor finale** (sumele totale) au fost între 3,5 și 27. Speciile ce au atins scorul final $\geq 13,5$ au fost luate în considerare ca avînd cele mai multe trăsături pentru a le încadra la categoria relictelor glaciare. Speciile cu cele mai mari scoruri sunt cele mai sigure ca fiind rămășițe din Ultimul Maxim Glaciare și Holocenul timpuriu. Astfel, 48 specii au acumulat peste 20 de puncte (scor final), 26 specii între 16 și 19,5 puncte, 5 specii au avut 15-15,5 puncte, respectiv alte 7 specii 14-14,5 puncte și o specie 13,5 puncte.

Dintre cei 87 de taxoni 51 aveau deja un consens în literatura botanică română (*Flora R.P.R. Vol. XIII*) ca fiind relictice glaciare (Pop, 1976) (*vezi R1 Tabel 1*). Pop (1960) menționează alte 9 specii ca relictice glaciare (*vezi R2 Tabel 1*) (*Vaccinium uliginosum* subsp. *uliginosum*, *Salix bicolor*,

Carex hartmanii, *Betula pubescens*, *Euonymus nanus*, *Eriophorum gracile*, *Pedicularis limnogenae*, *Adenophora liliifolia*, *Carex davalliana*), iar I. Pop și colab. (1962) includ ulterior *Crepis sibirica* și *Liparis loeselii* (vezi R2a Tabel 1). Ciocârlan (2009) introduce o specie nouă (R3 – *Saxifraga mutata* subsp. *mutata*) după Morariu și Negruș (1970) pe care aceștia o consideră relict glaciatic. Astfel, 63 specii au fost reconfirmate ca presupuse relicte glaciare pentru flora acestei regiuni. Un număr de 33 specii din acest studiu este menționat în lucrarea cuprinzătoare a lui Witkowski și colab. (2003) ca relicte pentru întreaga regiune carpatică (vezi R4 Tabel 1). Dintre acestea, 6 specii sunt confirmate ca posibile noi relicte glaciare pentru România: *Carex chordorrhiza*, *Hammarbya paludosa*, *Tephrosieris palustris*, *Comarum palustre*, *Ligularia glauca*, *Chimaphila umbellata*. Alte 16 specii au fost discutate ca relicte glaciare pentru România, Europa Centrală sau regiunile învecinate în articole recente (vezi R5 Tabel 1): *Carex vaginata* – România și Carpați (Dítě și colab., 2015), *Calamagrostis purpurea* – România și Carpați (Kobiv și colab., 2022); *Pedicularis palustris*, *Carex hostiana* – Carpați (Hájek și colab., 2011), *Carex capillaris*, *Cladium mariscus*, *Schoenus nigricans*, *S. ferrugineus* – Europa Centrală (Chytrý și colab., 2017a), *Cladium mariscus*, *Schoenus nigricans* – România (Muncaciu și colab., 2010; Cristea, 2014), *Cladium mariscus* – Europa Centrală (Pokorný și colab., 2010), *Menyanthes trifoliata* – România (Oprea și Sîrbu, 2010), *Salix pentandra* – Ungaria și Bulgaria (Farkas, 1999; Zahariev, 2016), *Ligularia glauca* – Carpați (Horsák et al., 2010). Altele sunt menționate ca fiind probabile ca existând deja în regiune în perioada glaciară, în urma unor analize genetice sau pe baza de macrofosile: *Dactylorhiza lapponica*, *D. traunsteineri* (Kenneth și colab., 1988; Nordström și Hedrén, 2008), *Malaxis monophyllos* (Jermakowicz și colab., 2017), *Carex lasiocarpa* (Magyari și colab., 2014a), *Valeriana simplicifolia* (Hájková și Šmerdová, 2022).

Cu toate că lista conține specii endemice regiunii, acestea nu au fost eliminate pe baza statutului lor considerat ca relict glaciatic în literatura botanicii românești (*Armeria maritima* subsp. *barcensis*, *Cochlearia borzaeana*) (vezi Discuții). Pe acest considerent au fost păstrate în studiu specii europene ce nu ajung în Fennoscandia sau zona arctică, cum ar fi *Salix bicolor* sau hibridul *Drosera* × *obovata*, ce este tratată ca specie în flora României.

Comparativ cu rezultatele lui Dítě și colab. (2018), 48 specii au fost confirmate prin această metodă atât în Carpații de Vest, cât și de Sud-Est ai României (vezi R6 – Tabel 1. Anexă Rezumat).

Raportarea speciilor noi se va face la lista oficială a lui Pop (1976) (R1 - Tabel 1. Anexă Rezumat), incluzând aici și speciile neincluse de către acesta (vezi R2, R2b și R3), dar reluate în diferite articole. Totodată, se consideră reconfirmate speciile propuse ulterior ca relicte în flora României sau Carpați (vezi R5). Așadar 19 specii sunt propuse ca relicte glaciare noi pentru flora

României (vezi Nou - Tabel 1, ultima coloană): *Carex chordorrhiza*, *Hammarbya paludosa*, *Trichophorum alpinum*, *Carex capillaris*, *Ligularia glauca*, *Dactylorhiza lapponica*, *Dactylorhiza traunsteineri*, *Tephroses palustris*, *Chimaphila umbellata*, *Comarum palustre*, *Carex lasiocarpa*, *Malaxis monophyllos*, *Salix pentandra*, *Carex hostiana*, *Juncus alpinoarticulatus* var. *fusco-ater*, *Schoenus ferrugineus*, *Pedicularis palustris*, *Allium ericetorum* subsp. *pseudosuaveolens*, *Valeriana simplicifolia*, dintre care 5 specii sunt complet noi în dezbateră statutului de relict glaciare în toată Regiunea Carpatică: *Allium ericetorum* subsp. *pseudosuaveolens*, *Dactylorhiza lapponica*, *Dactylorhiza traunsteineri*, *Malaxis monophyllos* și *Valeriana simplicifolia*.

Din literatura română, 7 specii/subspecii menționate ca relicte glaciare nu au îndeplinit punctajul final necesar și au fost eliminate. Acestea sunt: *Monotropa hypopitys* subsp. *hypopitys* (8,5 puncte) și subsp. *hypophegea* (doar 3,5 puncte), *Lycopodium tristachyum* (8) și *Lycopodium complanatum* (10), *Rubus nessensis* (10), *Ribes petraeum* (10) și *Galium boreale* (12), specii considerate relicte glaciare de Pop (1960; 1976) și Ciocârlan (2009). Alte 5 specii care sunt considerate de Dîtă și colab. (2018) ca posibile relicte glaciare nu au obținut scorurile necesare pentru a fi luate în considerare pe lista din studiul de față: *Triglochin maritima* (13), *Thalictrum simplex* (10), *Dianthus superbus* (11,5), *Angelica archangelica* (12) și *Scorzonera parviflora* (9). *Trollius europaeus*, dat ca exemplu de relict glaciare în numeroase lucrări din Ungaria (Farkas, 1999; Tardy, 2002) a obținut doar 11,5 puncte. Abordarea curentă a fost puțin diferită prin adăugarea a două trăsături noi, însă acestea nu au modificat rezultatele, fiind mai mult sau mai puțin aceleași, doar scorurile finale devenind mai mari, cu precădere pentru speciile cu limita arealului sudic în regiune și afinitatea pentru habitate criofile și microterme.

Primele 3 scoruri au fost obținute de *Betula nana*, *Carex chordorrhiza* și *Carex loliacea* (27), urmate de *Carex vaginata*, *Ledum palustre*, *Salix myrtilloides* și *Saxifraga hirculus* (26,5), respectiv de către *Andromeda polifolia*, *Betula humilis* și *Carex magellanica* subsp. *irrigua* (26).

6.1.1.1. Specii relicte și rare identificate în regiuni noi (corologie nepublicată)

Toată corologia este disponibilă la secțiunea Anexe în cadrul tezei de doctorat (Anexa 2). Au fost identificate coronime noi pentru unele specii din studiu: *Allium ericetorum* subsp. *pseudosuaveolens*, *Angelica palustris*, *Betula pubescens*, *Calamagrostis canescens*, *Carex appropinquata*, *Carex diandra*, *Carex elongata*, *Cnidium dubium*, *Lycopodiella inundata*, *Menyanthes trifoliata*, *Polemonium caeruleum*, *Spiraea salicifolia*, *Swertia perennis*, *Valeriana simplicifolia*.

6.1.2. Studiul fitocenozelor cu specii relictare

Speciile boreale domină de departe cu 124 de taxoni, având un procent de 15,69%. Speciile continentale (55 specii – 6,96%) indică un climat mai aspru, iar cele arcto-alpine (36 specii – 4,55%) arată din nou puterea de conservare a mlaștinilor, în care aceste specii au reușit să se perpetueze până în prezent. Din comportamentul speciilor față de temperatură (T) reies în evidență speciile microterme (T2-2,5: 21,64%) aflate pe locul secund, cu un procent deosebit de mare ce indică din nou puterea de conservare a mlaștinilor.

6.2. Refugiile postglaciare

6.2.1. Refugiile postglaciare din Regiunea Carpatică și districtul nordic al Câmpiei de Vest

1. Munții Bodocului (60 sp.)
2. Regiunea de mlaștini ale Depresiunilor Borsec-Bilbor-Drăgoiasa-Broșteni (52 sp.)
3. Munții Harghitei (51 sp.)
4. Depresiunea Făgărașului și Sibiului (47 sp.)
5. Depresiunea Ciucului (45 sp.)
6. Depresiunea Giurgeului (43 sp.)
7. Munții Nemira-Cotu Buzăului (42 sp.)
8. Munții Apuseni (40 sp.)
9. Munții și Depresiunea Maramureșului (40 sp.)
10. Depresiunea Dornelor (37 sp.)
11. Depresiunea Bârsei (36 sp.)
12. Munții Gurghiu – Platoul vulcanic Praid-Dealul și Valea Gurghiuului amonte de Reghin (35 sp.)
13. Depresiunea Sf. Gheorghe și Târgu Secuiesc (28 sp.)
14. Dealurile Feleacului (Făget-Valea Morii) (28 sp.)
15. Districtul nordic al Câmpiei de Vest (Câmpia Someșului, C. Nirului, C. Ierului) (28 sp.)
16. Platoul vulcanic Oaș-Maramureș (26 sp.)
17. Lucina - Fundu Moldovei și Obcinele Bucovinei (25 sp.)
18. Glimeele de la Zagra și Dealurile Bistriței (19 sp.)
19. Podișul Hârtibaciului (17 sp.)
20. Podișul Sucevei (17 sp.)
21. Valea Frumoasei și Tărtăraș – Depresiunea Oașa (16 sp.)
22. Culoarul Alba-Iulia – Turda (15 sp.)
23. Turbăria Lăptici – Muntele Lăptici (Bucegi) (13 sp.)
24. Subcarpații Neamțului (11 sp.)

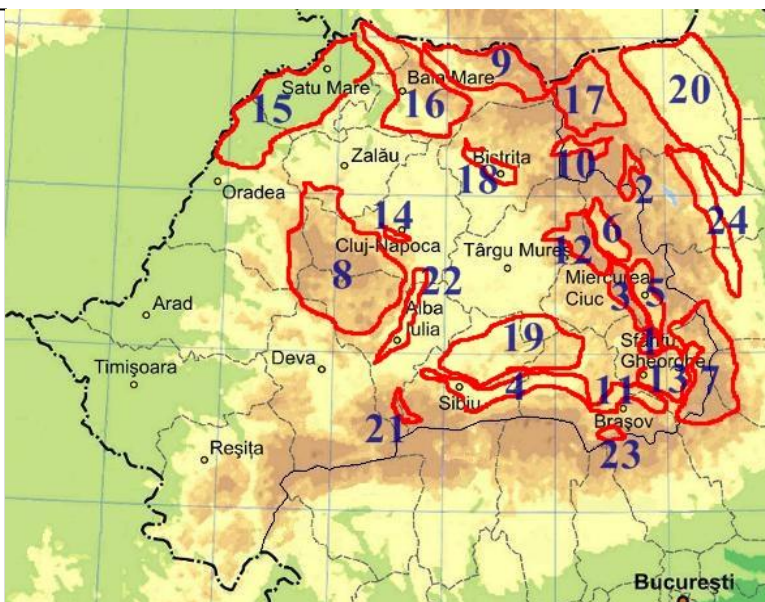


Fig. 1. Refugiile postglaciare identificate se suprapun pe numeroase unități orografice și regiuni de mlaștini distincte redată în tabelul alăturat.

Identificarea acestor refugii s-a făcut analizând numărul de posibile relicte obținute în acest studiu (87 taxoni), ce ating un număr mai mare sau egal cu 10. Acestea sunt redată în ordinea numărului de specii relictare conservate. Urmărind distribuția speciilor relicte, se observă uneori o suprapunere aproape exactă a unor refugii peste o unitate geografică distinctă. Ele sunt redată pe

harta din Fig. 1, numerele reprezentând ordinea în care aceste unități orografice/regiuni de mlaștini sunt discutate, iar în paranteză este redat numărul de specii relictare identificat.

S-a conturat astfel existența a 24 de areale de mlaștini, de multe ori suprapuse peste unități geografice distincte, în care numărul acestor specii este deosebit de mare.

6.2.2. Caracterizarea ecologică a refugiilor postglaciare

Investigarea din punct de vedere fitocenotic a zonelor ce au constituit potențiale refugii (Fig.1), evaluând factorii ecologici și biogeografici ai speciilor locale, au scos la iveală particularități importante. Numărul mare al helohidatofitelor (HH: 18,91%) în Districtul nordic al Câmpiei de Vest (Câmpia Someșului, C. Nirului și C. Ierului) arată faptul că aceste specii relictare s-au refugiat în zonele de câmpie în ecosisteme mult mai umede față de cele din zonele montane, ceea ce compensează lipsa precipitațiilor. Același pattern este urmat și de alte regiuni de mlaștini din zonele joase (Depresiunea Bârsei, Subcarpații Neamțului, Băgău). De asemenea, numărul ridicat de fanerofite tot din zonele joase (Depresiunea Făgărașului, Zagra, Districtul nordic al Câmpiei de Vest) arată clar faptul că aceste specii relictare se refugiază la altitudini mai joase în preajma tufărișurilor și pădurilor aluviale ce oferă protecție împotriva temperaturilor ridicate, împiedicând evapotranspirația și stresul hidric. Speciile circumboreale (Circ) domină în mlaștinile din zonele montane și depresiunile intramontane, unde depășesc peste tot 20%, incluzând aici și mlaștinile din depresiunile extramontane ce sunt influențate de climatul montan din apropiere (Bârsei – 20,23%, Făgăraș – 27,47%, Băgău – 29,62%). Este de remarcabil însă districtul nordic al Câmpiei de Vest, unde aceste specii ating un procent remarcabil de 15,76 % sau cel al Subcarpaților Neamțului unde ajung la 19,11 %. Se observă astfel o influență directă asupra acestora din regiunile montane învecinate. De remarcabil este Depresiunea Giurgeului, unde procentul speciilor arcto-alpine atinge 2,44%. Cu toate că sunt doar 8 specii, numărul acestora este relevant pentru a edifica microclimatul local foarte rece al depresiunii. Câmpiile din nord-vestul țării se remarcă din nou printr-un procent ridicat de specii boreale (13,96%), lucru excepțional întâlnit la această altitudine. Un alt procent ridicat este în Depresiunea Bârsei (20,8%), Valea Morii (18,37%), Băgău (24,39%), Depresiunea Făgăraș (28,57%), Zagra (13,49%) sau chiar Subcarpații Neamțului (19,11%) și Podișul Sucevei (6,15%). Toate acestea indică existența unor microclimate locale unde aceste specii și-au găsit un refugiu. Depresiunea Giurgeului (7,03%) se remarcă printr-un număr de 23 de specii continentale tipice mlaștinilor din regiunile continentale ale Siberiei.

Speciile microterme (T2-2,5) sunt dominante în Nemira-Cotul Buzăului (37,5%), regiunea fiind totodată considerată „polul frigului” în România. În aceeași situație este Maramureș (36,36%), platoul Oaș-Gutâi (35,18%), Lăptici (36,36%) și câteva refugii de mlaștini montane și depresiuni intracarpatică al căror procent de specii microterme se apropie de cele micro-mezoterme (Dorna, Valea Frumoasei, Bodoc, Gurghiu). Numărul de specii microterme este de asemenea ridicat și în zonele joase, în comparație cu alte regiuni de mlaștini ce nu păstrează relice glaciare: Depresiunea Făgăraș (21,97%), Depresiunea Bârsei (15,02%), Valea Morii (13,51%), Subcarpații Neamțului (13,23%), Zagra (12,69%), Podișul Sucevei (11,28%) sau districtul nordic al Câmpiei de Vest (Someș, Nir, Ier) (10,81%). Numărul speciilor criofile (T1-1,5) este remarcabil mai mare la Frumoasa (5,35%), Harghita (1,85%), Depresiunea Dornelor (1,29%) și Depresiunea Giurgeu (1,52%).

Principalul element al conservării acestor plante este facilitat de existența turbei (oligotrofe sau eutrofe). Astfel, majoritatea mlaștinilor ce nu prezintă turbă în substratul lor, nu conservă nici relice glaciare. Toate cele 24 de regiuni de refugii postglaciare identificate prezintă turbă în substratul mlaștinilor, deseori de o vârstă însemnată. Particularități ale climatului local sunt al doilea factor principal în menținerea acestor specii, cum ar fi climatul continental aspru și rece în depresiunile intramontane și masivele din Orientali, respectiv cel al unor influențe baltice în nordul Orientalilor și Podișul Sucevei, Subcarpații Neamțului. Totodată, precipitațiile abundente în unele masive vestice aflate sub influențe atlantice (Apuseni, Oaș-Gutâi, Maramureș sau chiar nordul Câmpiei de Vest) sunt un factor determinant.

Capitolul VII. Analize moleculare asupra speciei țintă *Trollius europaeus*

Specia boreală *Trollius europaeus* a fost aleasă din următoarele motive:

1) planta a fost identificată la altitudini deosebit de joase în mai multe regiuni din exteriorul Carpaților în Câmpia Nirului la Urziceni și Bátorliget; Câmpia Someșului la Iojib și Agriș, Valea Morii lângă Cluj, Depresiunea Bârsei la Dumbrăvița, Hărman și în alte zone (Karácsonyi, 1995; Muncaciu și colab., 2010; Ularu, 1971). A apărut astfel întrebarea dacă populațiile respective au supraviețuit aici din Glaciar, când speciile montane au coborât în altitudine ajungând la câmpie sau sunt de origine mai recentă (Holocenul Târziu), când datorită climatului mai umed și mai rece, o mare parte a speciilor din etajul fagului au coborât în câmpiile din nord-vestul țării.

2) specia este considerată relict glaciara în Ungaria, cel mai des fiind date ca exemplu populațiile din Câmpia Nirului de la Bátorliget (Tardy, 2002; Farkas, 1999). Analizele moleculare ar putea confirma sau infirma acest concept.

3) în Carpați, *Trollius europaeus* este o specie destul de răspândită și a mai fost cercetată în Europa, dar doar punctiform. Prin abordarea unor studii genetice și moleculare se pot da indicii asupra izolării locale pe termen lung a acestor populații (distanța în timp), precum și indicii asupra unor căi de migrație din și spre zonele montane învecinate (înrudirea între populațiile izolate rămase în mlaștinile joase și cele montane).

Populațiile ce au supraviețuit în refugii glaciare au o diversitate genetică ridicată. Astfel, cu cât o populație este mai slabă din punct de vedere al diversității genetice, cu atât este mai îndepărtată de refugiul în care a supraviețuit, deoarece multe caractere genetice se pierd pe drumul migrațiilor. Totodată, separarea unei populații pe termen lung va duce inevitabil la o diferențiere genetică locală. Studiile comparative pot evidenția anumite regiuni din arealul unei specii cu o mare diversitate genetică, indicând clar o diferență între refugiile glaciare și regiunile colonizate postglaciara (Provan și Benett, 2008). Întinsele regiuni inospitaliere ocupate de tundra stepică au dus la izolarea pe termen lung a mai multor populații refugiate în mlaștinile persistente, alimentate de izvoare continue. Aceste populații au migrat apoi din refugiile glaciare în toate habitatele optime la începutul Holocenului, din și spre Carpați. Marea lor majoritate au fost la rândul lor distruse din nou de către încălzirea și aridizarea climei din Boreal. Cu toate că în următoarea perioadă (Atlantic), clima devine foarte umedă, favorabilă unor mlaștini întinse, are loc și o expansiune maximă a pădurilor, ce formează ecosisteme compacte, ducând la dispariția speciilor heliofile de mlaștină sau de pajiști și fânețe. Climatul cel mai favorabil acestei specii boreale se instalează în Subatlantic, când acesta devine mai rece și mai umed față de Subborealul anterior. Este de așteptat ca populațiile instalate recent să fie foarte apropiate genetic sau identice cu cele din majoritatea lanțului carpatic.

7.1. Evaluarea diversității genetice cu markeri microsateți cloroplastici a populațiilor de *Trollius europaeus*

În total au fost identificate 12 haplotipuri pe baza polimorfismului mărimii produșilor observați la markerii microsateți cloroplastici (ccmp2, ccmp3, ccmp4, ccmp6 și ccmp10).

Relațiile filogenetice dintre haplotipurile cloroplastice deduse cu ajutorul inserțiilor și delețiilor observate, indică relații de apropiere genetică dintre haplotipul majoritar H08 și haplotipul H03, de care diferă printr-o deleție la ccmp2; haplotipul H07 de care diferă printr-o deleție la

ccmp4; H09 de care diferă printr-o inserție la ccmp4; și H12 de care diferă printr-o inserție la ccmp2. Haplotipul H01 identificat în cadrul populației FA12 din Munții Făgăraș indică o îndepărtare din punct de vedere filogenetic foarte mare datorită a numeroase deleții sau inserții, fiind cel mai apropiat genetic de haplotipul H02 identificat în aceeași populație (Fig. 2).

Analiza distribuției geografice a haplotipurilor cloroplastice cpSSR identificate în populațiile de *Trollius europaeus* (Fig. 3), indică existența unor haplotipuri specifice unor regiuni din Carpați, care pot constitui repere în identificarea refugiilor glaciare. Astfel, fixarea unor haplotipuri (ex. H01, H02, H03, H06, H07, H09, H10, H11, H12) în populațiile de *Trollius europaeus* este cel mai probabil rezultatul evoluției postglaciare și adaptării populațiilor la condițiile locale.

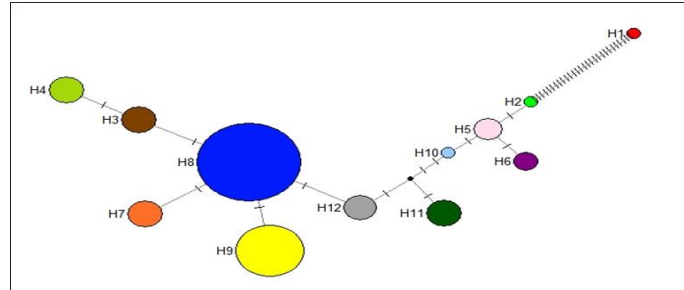


Fig. 2. Relațiile filogenetice dintre haplotipurile cloroplastice identificate (Mărimea cercurilor este proporțională numărului de indivizi dintr-un anumit haplotip)

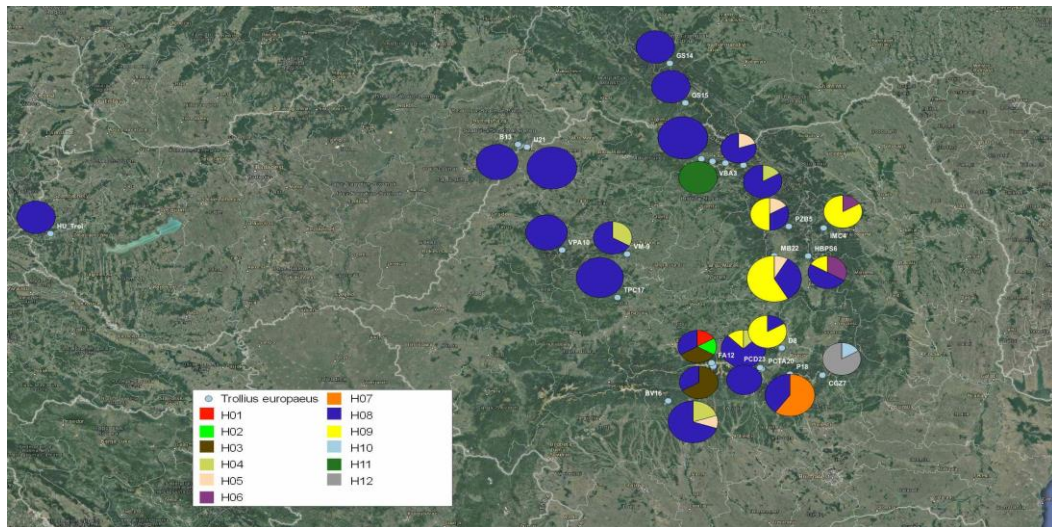


Fig. 3. Distribuția geografică a haplotipurilor cloroplastice (cpSSRs) identificate în cadrul populațiilor de *Trollius europaeus*

7.2. Analiza AFLP

În ceea ce privește proporția markerilor variabili, aceasta este cea mai mare la populația PCD23 (0,42) și cea mai mică se întâlnește la populația ROD1 (0,08), dar în general se poate vorbi despre valori uniforme ale markerilor. Corespunzătoare proporției markerilor variabili, este și distribuția diversității genetice, relativ uniforme la toate populațiile. Pe baza valorii DW, reiese că populațiile cu cea mai mică izolare genetică istorică sunt: VM-9, TPC17, MO19, VPA10, ROD1 și GS15, în timp ce la polul opus este populația din Ceahlău (IMC4) (343,38).

7.3. Evidențe ale refugiilor glaciare și postglaciare din perspectiva speciei *Trollius europaeus*

Trollius europaeus a avut unul sau mai multe refugii glaciare în Carpații de SE, refugii ce totodată au oferit suport majorității speciilor relictice boreale din studiu. S-au identificat astfel posibile refugii glaciare în: Munții Făgăraș, Mții Ciucaș, Mții Rodnei, partea central-estică a Carpaților Orientali, zona Văii Prahovei, depresiunile intramontane (Borsec, Giurgeu, Bârsei). Totodată, unele haplotipuri îndepărtate de cel comun și foarte disjuncte întăresc ipotezele unor refugii glaciare în Bazinul Transilvan și pantele sudice ale Meridionalilor (Schmitt și Varga, 2012).

Capitolul VIII. Discuții

8.1. Probleme asupra speciilor relictice din studiu

Dítě și colab. (2018) menționează trei aspecte care ar trebui luate în considerare. **1)** Rezultatele ar trebui văzute ca o imagine generală, mai degrabă decât o dovadă fermă, deoarece această abordare ar putea cu ușurință clasifica greșit o specie. **2)** Împărțirea între relictice și restul speciilor s-a făcut în mod arbitrar utilizând o valoare a punctajului final mai mare sau egală cu 13,5 în cazul nostru prin adăugarea unor trăsături suplimentare, 10 fiind pentru Carpații de Vest, deoarece această valoare a permis includerea tuturor speciilor pentru care există dovezi ferme paleoecologice și filogeografice și/sau un consens puternic în literatură. Astfel, cele mai mici scoruri nu pot fi interpretate ca o dovadă mai slabă a unui statut de relict. **3)** Acest studiu trebuie comparat prin faptul că unele specii au fost excluse pentru Carpații de Vest, în timp ce altele sunt incluse pentru Carpații de SE și invers. De asemenea, conservatorismul lor ecologic scăzut și absența unor discontinuități mari în ariile lor de distribuție ar putea defini greșit statutul speciei.

Cele mai multe specii din perioadele glaciare și Holocenul timpuriu au dispărut de pe continentul european și s-au retras la altitudini înalte în munți sau spre latitudinile nordice. Cu toate acestea, este documentat faptul că unele specii au suferit o schimbare în preferința de habitat. Speciile care au supraviețuit perioadei calde de la mijlocul Holocenului s-au alăturat noilor cenoze de plante ale maștinilor alcaline, dându-le o valoare științifică neprețuită (Hájková și colab., 2015).

8.1.1. Specii arctice și arcto-alpine

Majoritatea lor au mai supraviețuit doar în regiuni cu temperaturi scăzute și nutrienți insuficienți, ce au dus la reducerea drastică a competitivității, ele rămânând izolate în turbării sau pe culmile montane înalte cu slabă competiție între specii (Zimmermann și colab., 2010). Specii ce au

adoptat un astfel de comportament sunt *Betula nana*, refugiându-se în mlaștini oligotrofe la Tinovul Luci sau cel de la Lucina, *Salix myrtilloides* la Turbăria de la Lăptici, *Salix bicolor* în mlaștinile de pe Valea Sebeșului (Frumoasa și Tărtărau), *Trientalis europaea* la Comandău, *Vaccinium uliginosum* în turbăriile din Oaș-Gutâi, sau în mlaștini alcaline: *Carex vaginata* în Rarău, *Carex capillaris* la Drăgoiasa și în Rarău, *Primula farinosa* la Prejmer și Hărman, *Tofieldia calyculata* în Valea Morii, *Saxifraga hirculus* în Harghita etc.

8.1.2. Specii continentale

Speciile continentale distribuite în toată Eurasia continentală în prezent, au fost considerate ca lipsind în întregime din Europa în perioada glaciară, supraviețuind doar în Siberia și Manciuria. Se considera faptul că acestea au ajuns în Europa printr-o migrație rapidă în perioada postglaciară. Acest concept a început să fie pus la îndoială încă din 1960-1970, analizând distribuțiile corologice și analizele taxonomice intraspecifice. Ca urmare, pentru supraviețuirea acestor specii s-a formulat ipoteza unor refugii optime în climatele cele mai aspre ale Glaciarului. Diferențele genetice la nivelul continentului european, au reliefat prezența mai multor refugii la nord de Europa Sudică, ceea ce arată faptul că aceste specii existau deja în Europa în Glaciar și nu au ajuns aici în perioada postglaciară din Asia. Multiplele exemple arată faptul că speciile continentale au avut numeroase refugii, realizând doar migrații locale, excluzând posibilitatea marilor migrații postglaciare între continente (Schmitt și Varga, 2012).

8.1.3. Specii boreale (circumboreale)

Disjuncția boreo-montană este similară celei arcto-alpine, fiind un fenomen biogeografic întâlnit cu precădere în Europa, dar și în Asia (Stevanović și colab., 2009). Aici sunt incluse o serie de specii din regiunea Boreală (taigaua) ce se găsesc și în zonele montane din sudul continentului. Preborealul și Borealul sunt considerate perioadele de maximă expansiune ale acestor specii. Ca urmare a creșterii temperaturilor, marea lor majoritate s-au retras spre zonele montane sau spre latitudinile nordice, însă o parte dintre ele au supraviețuit în continuare în mlaștini sau păduri umede din zonele joase (Vukojičić și colab., 2014).

8.1.4. Specii europene și endemice

Dítě și colab. (2018) au eliminat de facto toate speciile europene și endemice din cercetările lor, însă au păstrat câteva specii ce au un consens în literatura de specialitate ale căror populații prezintă o distribuție de joasă altitudine în stațiuni evident relictare. Unele specii, chiar dacă au un areal limitat continentului european sau sunt strict localizate într-o anumită zonă montană, au fost luate în considerare în studiul actual urmând exemplul altor specii relicte din țările europene. Spre

exemplu, *Myosotis rehsteineri*, endemic Alpilor, este considerat relict glaciatic (Zimmermann și colab., 2010). Pe acest concept am inclus inclusiv speciile endemice ce se întâlnesc în mlaștinile regiunii carpatice, dar și pe cele europene. Cel mai bun exemplu în cazul speciilor europene este chiar *Pinus cembra*, ce este endemic continentului și totuși este considerat un relict glaciatic în Europa (Höhn și colab., 2009). Studiul actual urmează aceeași abordare pentru speciile europene cu distribuție relictă evidentă în stațiunile joase (ex. *Salix bicolor*, *Valeriana simplicifolia*, *Tofieldia calyculata*).

8.1.5. Specii problematice

Schoenus nigricans are un conservatorism ridicat pentru mlaștinile alcaline vechi din Europa Centrală, prin urmare în unele lucrări este considerată relict glaciatic (Bernhardt și Kropf, 2006; Muncaciu și colab., 2010; Cristea, 2014). Specia are o gamă largă de distribuție în Europa și emisfera sudică cu diferențe ecologice interesante ce ar putea indica cazul unui complex de microspecii (Bernhardt și Kropf, 2006). Acest lucru este valabil și pentru *Cladium mariscus*, specia fiind considerată a fi un relict din perioada de început a Holocenului (Pokorný și colab. 2010). În Cehia, pe baza descoperirilor paleobotanice (semințe fosile), Pokorný și colab. (2010) descoperă faptul că specia *Cladium mariscus* a supraviețuit în mlaștini alcaline pe tot parcursul Holocenului. Ca și în Cehia, și în România distribuția sa actuală este mai restrânsă față de siturile fosile, ceea ce confirmă statutul asumat anterior al speciei *Cladium mariscus* ca relict cel puțin din Holocenul timpuriu (Sádlo, 2000).

Pedicularis limnogenae este întâlnită doar în mlaștinile Munților Apuseni, având o distribuție disjunctă și în Balcani ce ar putea sugera o migrație mai veche sau mai recentă spre nord din Balcani, prin Porțile de Fier. Preferința pentru habitate mai reci (turbării) și asocierea cu alte relicte precum *Drosera intermedia*, de asemenea limitată la Munții Apuseni, indică faptul că sosirea ei aici ar putea fi legată de perioade mai reci și mai umede din timpul Cuaternarului, vechimea tinoavelor de aici fiind de asemenea foarte mare (Ruskál și colab., 2020).

8.2. Refugiile postglaciare. Mlaștinile ca refugiu

Conform Hájek și colab. (2009) aceste specii puteau supraviețui în 5 tipuri de mlaștini: **1)** mlaștini oligotrofe în zonele montane înalte cu substrat acid [cum ar fi întregul șir de munți vulcanici cu substrat acid din vestul Orientalilor (Oaș-Bodoc) sau Bucovina montană]; **2)** mlaștini ușor acide sau moderat alcaline în depresiunile montane de la altitudini medii (mlaștini mezotrofe – ex. Depresiunea Ciuc); **3)** mlaștini alcaline din bazinele intramontane (ex. Ciuc, Giurgeu, Drăgoiasa,

Bilbor, Borsec); **4**) infiltrații de ape minerale bogate în calcar la baza munților calcaroși (ex. Sâlhoi-Zâmbroslăviile cu *Cochlearia borzaeana* în Munții Maramureș; izvoarele de sub Plaiul Todirescu cu *Carex vaginata* în Munții Rarău) și **5**) mlaștini alcaline de la altitudini joase din jurul izvoarelor bogate în săruri [ex. Depresiunile Făgărașului, Sibiului și Bârsei, Valea Morii, poalele vestice ale Munților Harghita (Vlăhița) și estice ale Munților Vlădeasa (Călățele)].

Capitolul IX. Conservarea relictelor glaciare și a mlaștinilor din regiunea studiată

9.1. Actualizarea categoriilor sozologice

Ca urmare a analizelor complexe ale acestor specii, lucrarea propune și o evaluare critică actuală a stării de conservare a acestora în regiunea studiată, prin crearea unei liste ce poate fi baza unor viitoare studii de conservare a speciilor periclitate din România. Evaluarea statutului sozologic este bazat atât pe observațiile din teren, cât mai ales pe datele recente din literatură.

Rezultatele pe categorii sunt următoarele: EX: 5 sp., CR: 36 sp., EN: 23 sp., VU 14 sp., NT: 5 sp., LC: 4 sp. Dintre acestea 5 sp. se pot considera dispărute din flora României (EX), nefiind regăsite de mai bine de șase decenii (*Salix myrtilloides*, *Saxifraga mutata* subsp. *mutata*) sau un secol (*Ledum palustre*, *Tephrosieris palustris*, *Trichophorum alpinum*).

9.4. Factorii ce duc la dispariția mlaștinilor și a speciilor relictate din țara noastră

S-au identificat 19 factori ce duc la dispariția mlaștinilor și a speciilor relictate din regiunea studiată, principalii factori fiind asanarea mlaștinilor, aratul terenurilor mlăștinoase și includerea lor în circuitul agricol, pășunatul, cositul neregulat, incendierea vegetației, defrișarea pădurilor aluviare, exploatarea necontrolată a turbei, introducerea de specii invazive, urbanizarea și poluarea prin substanțe chimice.

9.5. Conservarea speciilor relictate

Evaluarea strategiilor de conservare și protecție a acestor specii în zona studiată se poate rezuma cel mai concret prin salvarea semințelor în bănci de semințe și creșterea plantelor în grădini botanice, fiind necesar de experimentat rata de succes a aclimatizării în cazul conservării *ex-situ*.

Concluzii

1. S-a realizat o evaluare critică a speciilor considerate în literatura botanică din România ca fiind relice glaciare prin analiza unor indici biogeografici bine definiți. Astfel, s-au identificat 87 de taxoni de plante vasculare ca fiind posibile relice glaciare în regiune. Încă de acum șase decenii 63 dintre acestea erau deja considerate ca relice glaciare în flora țării de către unul sau mai mulți autori, ele fiind reconfirmate conform studiului de față. Alte 5 specii au fost menționate ca relice glaciare pentru România în ultimul deceniu (*Carex vaginata*, *Calamagrostis purpurea*, *Cladium mariscus*, *Schoenus nigricans*, *Menyanthes trifoliata*). Un număr de 19 specii sunt propuse ca relice glaciare noi pentru flora României (vezi Tabel 1. Anexă Rezumat): *Carex chordorrhiza*, *Hammarbya paludosa*, *Trichophorum alpinum*, *Carex capillaris*, *Ligularia glauca*, *Dactylorhiza lapponica*, *Dactylorhiza traunsteineri*, *Tephrosieris palustris*, *Chimaphila umbellata*, *Comarum palustre*, *Carex lasiocarpa*, *Malaxis monophyllos*, *Salix pentandra*, *Carex hostiana*, *Juncus alpinoarticulatus* var. *fusco-ater*, *Schoenus ferrugineus*, *Pedicularis palustris*, *Allium ericetorum* subsp. *pseudosuaveolens*, *Valeriana simplicifolia*.

2. S-a conturat existența unor areale de mlaștini cu un specific aparte, de multe ori suprapuse peste unități geografice distincte, în care numărul acestor specii este deosebit de ridicat. Acestea se pot considera refugii postglaciare pentru speciile în cauză. Cele mai multe relice se găsesc în Mții Bodocului, în regiunea de mlaștini ale depresiunilor Borsec-Bilbor-Drăgoiasa și Mții Harghitei.

3. Analizele fitocenologice realizate în aceste refugii postglaciare scot în evidență câteva particularități pentru fiecare regiune în parte. Astfel, relicele glaciare beneficiază în zonele de câmpie și deal de o umiditate mult mai ridicată față de zonele montane adiacente, ceea ce compensează precipitațiile mai scăzute. De asemenea, climatul continental, rece al depresiunilor intramontane este indicat de prezența a o serie de specii microterme și criofile.

4. Prin analiza microsateiților cloroplastici a 24 de populații de *Trollius europaeus* din regiunea studiată, s-au putut identifica 12 haplotipuri diferite, un număr foarte mare pentru o singură regiune. Analiza distribuției geografice a haplotipurilor cloroplastice cpSSR identificate arată existența unor haplotipuri specifice unor regiuni din Carpați, care pot constitui repere în identificarea refugiilor glaciare. S-au identificat astfel posibile refugii glaciare în: Munții Făgăraș, Mții Ciucaș, Mții Rodnei, partea central-estică a Carpaților Orientali, zona Văii Prahovei, depresiunile intramontane (Borsec, Giurgeu, Bârsei). Totodată, unele haplotipuri îndepărtate de cel comun și foarte disjuncte întăresc ipotezele unor refugii glaciare în Bazinul Transilvan și pantele sudice ale Meridionalilor.

Bibliografie selectivă

1. Ardelean G, Karácsonyi K. 2002, *Flora și fauna Văii Jerului (înainte și după asanare)*. Ed. Bion, Satu Mare.
2. Ardelean G, Karácsonyi K. 2005, *Flora, vegetația, fauna și ecologia nisipurilor din nord-vestul României*. Ed. Daya, Satu Mare.
3. Bernhardt KG, Kropf M. 2006, *Schoenus nigricans* (Cyperaceae) xerophytic grasslands on the NE Adriatic islands Cres and Krk (Croatia). *Acta Bot. Croat.* **65**(2):127–136.
4. Birks HJB, Willis KJ. 2008, Alpines, trees, and refugia in Europe. *Plant Ecol. Divers.* **1**:147-160.
5. Breman E, Hurdu B-I, Kliment J, Kobiv Y, Kučera J, Mráz P, Pușcaș M, Renaud J, Ronikier M, Šibík J, Schmotzer A, Štubňová E, Sztatmari P-M, Tasenkevich L, Turis P, Slovák M. 2020, Conserving the endemic flora of the Carpathian Region: an international project to increase and share knowledge of the distribution, evolution and taxonomy of Carpathian endemics and to conserve endangered species. *Plant Systematics and Evolution* **306**(3): 59.
6. Chytrý M, Danihelka J, Kaplan Z, Pysek P. 2017a, *Flora and vegetation of the Czech Republic*. Springer International Publishing.
7. Chytrý M, Horsák M, Syrovátka V, Danihelka J, Ermakov N, German DA, Hájek M, Hájek O, Hájková P, Horsáková V, Kočí M, Kubešová S, Lustyk P, Nekola JC, Preislerová Z, Resl P, Valachovič M. 2017b, Refugial ecosystems in central Asia as indicators of biodiversity change during the Pleistocene–Holocene transition. *Ecol. Indicators* **77**:357–367.
8. Ciocârlan V. 2009, *Flora ilustrată a României – Pteridophyta et Spermatophyta*. Ed. Ceres, București.
9. Cristea V. 2014, Phytodiversity hotspots for the city of Cluj-Napoca. *Contrib. Bot.* **49**:191-200.
10. Csergő AM. 2002, The problem of the refugia of certain preglacial and glacial relict populations from the calciphilous flora of the Apuseni Mountains (Romania). *Contrib. Bot.* **37**:251-262.
11. Dítě D, Hájek M, Svitková I, Košuthová A, Šoltés R, Kliment J. 2018, Glacial-relict symptoms in the Western Carpathian flora. *Folia Geobot* **53**:277–300.
12. Dítě D, Hájková P, Goia I, Hájek M. 2015, *Carex vaginata* - new relict species in the Romanian flora. *Contrib. Bot.* **50**:7-13.
13. Doniță N, Chiriță CV, Stănescu V. et al. 1980, *Zonarea și regionarea ecologică a pădurilor din R.S.România*. ICAS, seria a II-a, București.
14. Doniță N, Popescu A, Păucă-Comănescu M, Mihăilescu S, Biriș I-A. 2005, *Habitatele din România*. Ed. Tehnică – Silvică, București.
15. EPA. 2022, *Classification and Types of Wetlands*. United States Environmental Protection Agency. Accesat Online: Februarie 2022 (vezi Webografie)
16. Farkas S. 1999, *Magyarország védett növényei*. Ed. Mezőgazda. Budapest.
17. Freeland JR. 2005, *Molecular Ecology*. John Wiley & Sons, Chichester.
18. Gafta D, Mountford JO. 2008, *Manual de interpretare a habitatelor Natura 2000 din România*. Ministerul Mediului și Dezvoltării Durabile, Cluj-Napoca.
19. Grootjans A, Alserda A, Bekker R, Janáková M, Kemmers R, Madaras M, Stanova V, Ripka J, van Delft B, Wolejko L. 2005, Calcareous spring mires in Slovakia; Jewels in the Crown of the Mire Kingdom. *Stapfia* **85**:97-115.
20. Hájek M, Hájková P, Apostolova I, Horsák M, Plášek V, Shaw B, Lazarova M. 2009, Disjunct Occurrences of Plant Species in the Refugial Mires of Bulgaria. *Folia Geobot.* **44**:365–386.
21. Hájek M, Horsák M, Tichý L, Hájková P, Dítě D, Jamrichová E, 2011, Testing a relict distributional pattern of fen plant and terrestrial snail species at the Holocene scale: a null model approach. *J. Biogeogr.* **38**:742–755.
22. Hájková P, Horsák M, Hájek M, Jankovská V, Jamrichová E, Moutelíková J. 2015, Using multi-proxy palaeoecology to test a relict status of refugial populations of calcareous-fen species in the Western Carpathians. *Holocene* **25**:702–715.
23. Hájková P, Šmerdová E. 2022, *Plant macrofossil database of the Czech and Slovak republic*. Accesat Online: Februarie 2022. (vezi Webografie)
24. Hampe A, Jump AS. 2011, Climate Relicts: Past, Present, Future. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* **42**:313–333.
25. Höhn M, Gugerli F, Abran P, Bisztray Gy, Buonamici A, Cseke K, Hufnagel L, Quintela-Sabarís C, Sebastiani F, Vendramin GG. 2009, Variation in the chloroplast DNA of Swiss stone pine (*Pinus cembra* L.) reflects contrasting postglacial history of populations from the Carpathians and the Alps. *J. Biogeogr.* **36**:1798-1806.
26. Horsák M, Chytrý M, Hájková P, Hájek M, Danihelka J, Horsáková V, Ermakov N, German DA, Kočí M, Lustyk P, Nekola JC, Preislerová Z, Valachovič M. 2015, European glacial relict snails and plants: environmental context of their modern refugial occurrence in southern Siberia. *Boreas* **44**:638–657.

27. Horsák M, Chytrý M, Pokryszko BM, Danihelka J, Ermakov N, Hájek M, Hájková P, Kintrová K, Kočí M, Kubešová S, Lustyk P, Otýpková Z, Pelánková B, Valachovič M. 2010, Habitats of relict terrestrial snails in southern Siberia: lessons for the reconstruction of palaeoenvironments of full-glacial Europe. *J. Biogeogr.* **37**:1450-1462.
28. Hurdu B-I, Escalante T, Puşcaş M, Novikof A, Bartha L, Zimmermann NE. 2016, Exploring the diferent facets of plant endemism in the South-Eastern Carpathians: a manifold approach for the determination of biotic elements, centres and areas of endemism. *Biol J Linn Soc* **119**:649–672.
29. Jakab G, Magyari E, Rudner E, Sümegei P. 1998, A keleméri Nagy-Mohos tó fosszilis mohafiórája. *Kitaibelia*
30. Jakab G, Sümegei P, Szurdoki E. 2010, Paleoecology of peatlands – Quaternary climate reconstructions from Hungary. *Horizons in Earth Science Research, Nova Science Publishers, Inc.* **2**:1-33.
31. Jermakowicz E, Brzosko E, Kotowicz J, Wróblewska A. 2017, Genetic diversity of orchid *Malaxis monophyllos* over European range as an effect of population properties and postglacial colonization. *Pol. J. Ecol.* **65**:69–86.
32. Karácsonyi C. 1987, Elementele florei montane în staţiuni de joasă altitudine din Nord-Vestul României, *St. Cerc. Biol., Ser. Biol. Veget.* **39**(2):101-107.
33. Karácsonyi C. 1995, *Flora și vegetația județului Satu Mare*. Ed. Muz. Sătmărean.
34. Kenneth AG, Lowe MR, Tennant DJ. 1988, *Dactylorhiza lapponica* (Laest. ex Hartman) Soó in Scotland. *Watsonia* **17**:37-41.
35. Kliment J, Turis P, Janišová M. 2016, Taxa of vascular plants endemic to the Carpathian Mts. *Preslia* **88**:19–76.
36. Kobiv Y, Koutecky P, Stech M, Pachschröll C. 2022. First records of *Calamagrostis purpurea* (Poaceae) in the Carpathians, a relict species new to the flora of Slovakia, Ukraine, and Romania. *Biologia*. <https://doi.org/10.1007/s11756-022-01083-x>
37. Magyari EK, Jakab G, Sümegei P, Szöör G. 2008, Holocene vegetation dynamics in the Bereg Plain, NE Hungary – the Báb-tava pollen and plant macrofossil record. *Acta Ggm Debrecina, Geology, Geomorphology, Physical Geography Series, Debrecen* **3**:33–50.
38. Magyari EK, Kunes P, Jakab G, Sümegei P, Pelánková B, Schabitz F, Braun M, Chytrý M. 2014a, Late Pleniglacial vegetation in eastern-central Europe: are there modern analogues in Siberia? *Quaternary Science Reviews* **95**:60-79.
39. Morariu I, Negruş H. 1970, *Saxifraga mutata* L. și *Virga strigosa* (Willd.) Holub noi în flora României. *Studii și Cercetări de Biologie, Seria Botanică* **22**(4):291-296.
40. Muncaci S, Gafta D, Cristea V, Roşca-Casian O, Goia I. 2010. Eco-coenotic conditions and structure of *Trollius europaeus* L. populations in an extrazonal habitat complex (Transylvanian Carpathian foothills). *Flora* **205**:711-720.
41. Nordström S, Hedrén M. 2008, Genetic differentiation and postglacial migration of the *Dactylorhiza majalis* ssp. *traunsteineri/lapponica* complex into Fennoscandia. *Plant Syst. Evol.* **276**:73–87.
42. Oprea A, Sîrbu C. 2010, Phytocoenotic surveys on some mesotrophic – eutrophic marshes in Eastern Romania. *J. Plant Develop.* **17**:75-108.
43. Pokorný P, Sádlo J, Bernardová A. 2010, Holocene history of *Cladium mariscus* (L.) Pohl in the Czech Republic. Implications for species population dynamics and palaeoecology. *Acta Palaeobot.* **50**:65–76.
44. Pop E. 1960, *Mlaştinile de turbă din Republica Populară Română*. Ed. Academiei Republicii Populare Române, Bucureşti.
45. Pop E. 1976, Cap. 8. *Specii relictive în flora României*. In: T. Săvulescu. *Flora Republicii Socialiste România. Vol. 13*. Ed. Academiei Române, Bucureşti.
46. Pop I, Csűrös-Káptalan M, Raţiu O, Hodişan I. 1962, Vegetația din valea Morii - Cluj, conservatoare de relictive glaciare. *Contrib. Bot.* 183-204.
47. Provan J, Bennett KG. 2008, Phylogeographic insights into cryptic glacial refugia. *Trends in Ecology and Evolution* **23**:564-571.
48. Raţiu F. 1971a, *Mlaştinile eutrofe din Depresiunea Giurgeului. Floră, vegetație, istoricul vegetației*. Teză de doctorat. Universitatea Babeş-Bolyai, Cluj-Napoca.
49. Ruskál A, Diaconu A-C, Grindean R, Tanţău I. 2020, Early to mid-Holocene hydroclimate trends in the western Carpathians of Romania. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **543**:109-608.
50. Rydin H, Jeglum K, Bennett KD. 2013, *The Biology of Peatlands, second edition*. Oxford University Press.
51. Sádlo J. 2000, Původ travinné vegetace slatin v Čechách: sukcese kontra cenogeneze (The origin of grassland vegetation of fen peats in the Czech republic: succession versus coenogenesis). *Preslia* **72**:495–506.
52. Sanda V, Barabaş N, Ştefănuţ S. 2005a, Date corologice și cenotice privind relictul glaciare *Spiraea salicifolia* L. din flora României. *Studii și comunicări* **20**:40–44.

53. Sanda V, Popescu A, Doltu MI, Doniță N. 1983, Caracterizarea ecologică și fitocenologică a speciilor spontane din flora României. *Stud. Comunic., Șt. Nat.*, Muz. Brukenthal Sibiu, Suplim. **25**:1-126.
54. Sârbu I, Ștefan N, Oprea A. 2013, *Plante vasculare din România: determinant ilustrat de teren*. Ed. victorBvictor, București.
55. Schmitt T, Varga Z. 2012, Extra-Mediterranean refugia: The rule and not the exception? *Frontiers in Zoology* **9**:22.
56. Stevanović V, Vukojičić S, Sinzar-Sekulić J, Lazarević M, Tomović G, Tan K. 2009, Distribution and diversity of Arctic-Alpine species in the Balkans. *Plant Syst. Evol.* **283**:219-235.
57. Tardy J. 2002, *Lápok*. Környezetvédelmi Minisztérium, Természetvédelmi Hivatal.
58. Ularu P. 1971, Specii relictice din mlaștina eutrofă de la Dumbrăvița (jud. Brașov). *Ocrot. Nat.* Ed. Acad. R.S.R. **15**(2):165-169.
59. Vassilev K, Ruprecht E. et al. 2018, The Romanian Grassland Database (RGD): historical background, current status and future perspectives. *Phytocoenologia* **48**(1):91–100.
60. Vukojičić S, Ksenija J, Matevski V, Randjelović V, Niketić M, Lakušić D. 2014, Distribution, Diversity and Conservation of BoreoMontane Plant Species in the Central Part of the Balkan Peninsula and the Southern Part of the Pannonian Plain. *Folia Geobot.* **49**:487-505.
61. Witkowski ZJ, (coord.) Król W, Solarz W, Kukuła K, Okarma H, Pawłowski J, Perzanowski K, Ruzicka T, Sandor J, Stanova V, Tasenkevich L, Vlasin M. 2003, *Carpathian List of Endangered Species*. Ed. Carpathian Ecoregion Initiative, Vienna, Austria and Krakow, Poland.
62. Zahariev D. 2016, Biodiversity of Relict Vascular Plants in Bulgaria. *International Journal of Research Studies in Biosciences (IJRSB)* **4**(1):38-51.
63. Zimmermann M, Vischer-Leopold M, Ellwanger G, Ssymank A, Schröder E. 2010, The EU Habitats Directive and the German Natura 2000 network of protected areas as tool for implementing the conservation of relict species. In: Habel JK, Assmann T. (eds.) *Relict species, phylogeography and conservation biology*. Springer International Publishing, Berlin 323–340.

Webografie

- Hájková P, Šmerdová E. 2022, Plant macrofossil database of the Czech and Slovak republic: <https://www.sci.muni.cz/botany/mirecol/paleo/en/>. Accesat online: Februarie 2022.
- Carpathian Research Network – CRN: <https://www.carpathian-research-network.eu/ogulist>. Accesat online: Februarie 2022.
- EPA. 2022, Classification and Types of Wetlands. United States Environmental Protection Agency: <https://www.epa.gov/wetlands/classification-and-types-wetlands#undefined>. Accesat online: Februarie 2022.

Anexă Rezumat

Tabel 1. Lista speciilor cu caracter de relict glaciatic în Regiunea Carpatică și districtul nordic al Câmpiei de Vest din România

Nr. crt.	Specie	Scor final	Afinitate ecologică maximă	Statutul speciei în România	Primele evidențe palinologice și macrofosile în regiunea carpatică (detalii la Anexa 1)	Citată ca relict glaciatic în:	Statut zoologic reevaluat (Capitol IX)
1.	<i>Betula nana</i>	27	Tundră	3, 5a, 13a	Würm-Maximul Glaciatic	R1, R4, R6	CR
2.	<i>Carex chordorrhiza</i>	27	Tundră, Mlaștini	5a, 13a	Preboreal	R4, R6, Nou	CR
3.	<i>Carex loliacea</i>	27	Tundră, Mlaștini	3, 5a, 13a	-	R1	CR
4.	<i>Carex vaginata</i>	26,5	Tundră	3, 5a, 13a	-	R5, R6	CR
5.	<i>Ledum palustre</i>	26,5	Tundră, Turbărie	5a, 13a	Subboreal	R1, R4, R6	EX
6.	<i>Salix myrtilloides</i>	26,5	Tundră	3, 5a, 13a	Dryas III	R1, R4, R6	EX
7.	<i>Saxifraga hirculus</i>	26,5	Tundră, Mlaștini	3, 5a, 13b	Maximul Glaciatic	R1, R4, R6	CR
8.	<i>Andromeda polifolia</i>	26	Tundră, Turbărie	5b, 13a	Preboreal	R1, R4, R6	EN
9.	<i>Betula humilis</i>	26	Taiga	3, 5a, 13a	Würm-Dryas III	R1, R4	CR
10.	<i>Carex magellanica</i> subsp. <i>irrigua</i>	26	Tundră, Mlaștini	5b, 13b	-	R1, R6	VU
11.	<i>Stellaria longifolia</i>	25	Taiga, Mlaștini	5a, 13a	-	R1, R4, R6	CR
12.	<i>Vaccinium uliginosum</i> subsp. <i>uliginosum</i>	25	Tundră, Turbărie	5a, 13a	Preboreal	R2, R6	CR
13.	<i>Achillea impatiens</i>	24,5	Mlaștini	3, 5a, 13a	-	R1, R4	CR
14.	<i>Hammarbya paludosa</i>	24,5	Turbărie, Mlaștini (oligotrofe)	5a, 13b	-	R4, Nou	CR
15.	<i>Vaccinium microcarpum</i>	24,5	Tundră, Turbărie	5b, 13a	-	R1, R4, R6	EN
16.	<i>Vaccinium oxycoccus</i>	24,5	Tundră, Turbărie	5b, 13a	Preboreal	R1, R4, R6	EN
17.	<i>Calamagrostis purpurea</i>	24	Mlaștini (oligotrofe)	5a, 13a	-	R5	EN
18.	<i>Carex pauciflora</i>	24	Tundră, Mlaștini (oligotrofe)	13a	Subatlantic	R1, R6	VU
19.	<i>Drosera anglica</i>	24	Tundră, Turbărie (Mlaștini mezotrofe)	5a	-	R1, R4, R6	CR
20.	<i>Calamagrostis stricta</i>	23,5	Tundră, Mlaștini	5b, 13b	-	R1, R4	EN
21.	<i>Carex dioica</i>	23,5	Tundră, Mlaștini alcaline	5b, 13b	Allerød	R1, R4, R6	EN
22.	<i>Trichophorum alpinum</i>	23,5	Tundră*, Turbărie*, Mlaștini*	5a, 13a	Subatlantic	R6, Nou	EX
23.	<i>Drosera</i> × <i>obovata</i>	23	Turbărie (Mlaștini mezotrofe)	5a	-	R1	CR
24.	<i>Potamogeton alpinus</i>	23	Tundră, Mlaștini și cursuri de apă	5a	Dryas I	R1, R6	CR
25.	<i>Primula farinosa</i>	23	Tundră, Mlaștini alcaline	5a	Preboreal	R1, R6	CR
26.	<i>Empetrum nigrum</i> subsp. <i>nigrum</i>	22,5	Tundră, Turbărie	5a	Dryas III	R1, R6	EN
27.	<i>Pedicularis sceptrum-carolinum</i>	22,5	Mlaștini	5a, 13a	-	R1, R4, R6	CR
28.	<i>Trientalis europaea</i>	22,5	Tundră, Taiga	5b, 13a	Dryas III	R1	CR
29.	<i>Angelica palustris</i>	21,5	Mlaștini	5a, 13b	-	R1, R4, R5	CR
30.	<i>Carex limosa</i>	21,5	Tundră, Mlaștini		Maximul Glaciatic	R1, R4, R6	VU
31.	<i>Drosera intermedia</i>	21,5	Turbărie	5a	-	R1	CR
32.	<i>Salix bicolor</i>	21,5	Tundră alpină, Mlaștini	5a, 13a	-	R2, R3, R4, R6	CR
33.	<i>Salix starkeana</i>	21,5	Mlaștini*, Buruienșuri/Tufărișuri continentale*	3, 5a, 13a	-	R1, R4, R6	CR
34.	<i>Scheuchzeria palustris</i>	21,5	Turbărie	5b, 13b	Dryas I	R1, R4, R6	EN
35.	<i>Spiraea salicifolia</i>	21,5	Mlaștini, Buruienșuri/Tufărișuri continentale	3, 5b, 13b	-	R1	VU

36.	<i>Calla palustris</i>	21	Mlaștini	5b, 13b	Atlantic	R1, R6	EN
37.	<i>Carex capillaris</i>	21	Tundră	5b	Subatlantic	R5, R6, Nou	EN
38.	<i>Crepis sibirica</i>	21	Buruienışuri/Tufărișuri continentale	5a, 13a	-	R2a, R4, R6	CR
39.	<i>Ligularia sibirica</i>	21	Mlaștini	5b, 13b	Tardiglaciari	R1, R4, R6	VU
40.	<i>Lycopodiella inundata</i>	21	Turbărie, Mlaștini (oligotrofe)	5a	Dryas III	R1, R4	EN
41.	<i>Viola epipsila</i>	21	Mlaștini	5b, 13a	-	R1, R4, R6	CR
42.	<i>Ligularia glauca</i>	20,5	Buruienışuri/Tufărișuri continentale	3, 5a, 13a	-	R4, R5, R6, Nou	EN
43.	<i>Dactylorhiza lapponica</i>	20	Mlaștini alcaline	5a, 13b	-	R5, Nou	CR
44.	<i>Dactylorhiza traunsteineri</i>	20	Mlaștini alcaline	5a, 13b	-	R5, Nou	CR
45.	<i>Drosera rotundifolia</i>	20	Tundră, Turbărie		Preboreal	R1, R6	VU
46.	<i>Liparis loeselii</i>	20	Mlaștini alcaline	5a	-	R2a	CR
47.	<i>Swertia perennis</i>	20	Mlaștini alcaline	5b	-	R1, R6	EN
48.	<i>Tephroses palustris</i>	20	Mlaștini	5a, 13b	-	R4, Nou	EX
49.	<i>Chimaphila umbellata</i>	19,5	Taiga	5a, 13a	-	R4, Nou	CR
50.	<i>Dryopteris cristata</i>	19,5	Mlaștini	5b, 13b	-	R1	EN
51.	<i>Lysimachia thyrsoflora</i>	19,5	Mlaștini	5b, 13b	Atlantic	R1, R4, R6	VU
52.	<i>Rhynchospora alba</i>	19,5	Turbărie	5b	Maximul Glaciari	R1, R6	EN
53.	<i>Carex hartmanii</i>	19	Mlaștini	5b	Subboreal	R2, R3, R4, R6	VU
54.	<i>Cnidium dubium</i>	19	Mlaștini	5b, 13a	-	R1	EN
55.	<i>Comarum palustre</i>	19	Tundră, Mlaștini		Würm-Dryas II	R4, R6, Nou	VU
56.	<i>Betula pubescens</i>	18,5	Tundră, Turbărie		Würm-Maximul Glaciari	R2, R6	LC
57.	<i>Eriophorum vaginatum</i>	18,5	Tundră, Turbărie		Allerød-Dryas III	R1, R6	LC
58.	<i>Tofieldia calyculata</i>	18,5	Tundră alpină*, Mlaștini alcaline*	5a	Postglaciari	R1	CR
59.	<i>Euonymus nanus</i>	18	Buruienışuri/Tufărișuri continentale*	3, 5a, 13a	-	R2, R4	CR
60.	<i>Polemonium caeruleum</i>	18	Mlaștini, Buruienışuri/Tufărișuri continentale	5b	Maximul Glaciari	R1, R6	EN
61.	<i>Sparganium minimum</i>	18	Mlaștini	5b	Maximul Glaciari	R1	EN
62.	<i>Viola palustris</i>	18	Mlaștini	5a	Dryas III	R1	CR
63.	<i>Carex lasiocarpa</i>	17,5	Mlaștini	5b	Würm-Maximul Glaciari	R5, R6, Nou	NT
64.	<i>Malaxis monophyllos</i>	17,5	Taiga*, Turbărie*	5b	-	R5, Nou	CR
65.	<i>Salix pentandra</i>	17,5	Mlaștini		Subatlantic	R5, Nou	NT
66.	<i>Carex diandra</i>	17	Mlaștini		Allerød-Dryas III	R1, R4, R6	VU
67.	<i>Carex hostiana</i>	17	Mlaștini alcaline	5b, 13b	Subboreal	R5, Nou	CR
68.	<i>Eriophorum gracile</i>	17	Mlaștini	5b	-	R2, R6	EN
69.	<i>Juncus alpinoarticulatus</i> var. <i>fusco-ater</i>	17	Mlaștini alcaline		-	R6, Nou	NT
70.	<i>Schoenus ferrugineus</i>	17	Mlaștini alcaline	5a, 13b	Subatlantic	R5, R6, Nou	CR
71.	<i>Cochlearia borzseaana</i>	16,5	Mlaștini și izvoare	5a	-	R1, R6	CR
72.	<i>Calamagrostis canescens</i>	16	Mlaștini		Subatlantic	R1, R6	VU
73.	<i>Pedicularis palustris</i>	16	Mlaștini	5b	Preboreal	R5, Nou	EN
74.	<i>Sesleria uliginosa</i>	16	Mlaștini alcaline	5a	-	R1	CR
75.	<i>Allium ericetorum</i> subsp. <i>pseudosuaveolens</i>	15,5	Mlaștini (alcaline)	5a	-	Nou	VU
76.	<i>Pedicularis limnigena</i>	15,5	Mlaștini	5b	-	R2	EN
77.	<i>Adenophora liliifolia</i>	15	Buruienışuri/Tufărișuri continentale	5a, 13b	-	R2, R6	CR

78.	<i>Carex elongata</i>	15	Mlaștini		Atlantic	R1	NT
79.	<i>Cladium mariscus</i> subsp. <i>mariscus</i>	15	Mlaștini alcaline	5a	Dryas I-Dryas III	R5	VU
80.	<i>Saxifraga mutata</i> subsp. <i>mutata</i>	14,5	Tundra alpină*, Mlaștini alcaline*	5a	-	R3	EX
81.	<i>Armeria maritima</i> subsp. <i>barcensis</i>	14	Mlaștini alcaline	5a	-	R1	CR
82.	<i>Carex appropinquata</i>	14	Mlaștini		Bølling- Dryas II	R1, R6	NT
83.	<i>Carex davalliana</i>	14	Mlaștini alcaline	5b	Subboreal	R2	EN
84.	<i>Menyanthes trifoliata</i>	14	Mlaștini		Würm- Bølling-Dryas II	R5	LC
85.	<i>Ribes nigrum</i>	14	Mlaștini*, Buruienșișuri/Tufărișuri continentale*	5b	-	R1	VU
86.	<i>Schoenus nigricans</i>	14	Mlaștini alcaline	5b	Subatlantic	R5	EN
87.	<i>Valeriana simplicifolia</i>	13,5	Turbărie, Mlaștini		Bølling	R5, Nou	LC

Explicații la tabelul 1: Speciile sunt sortate în ordinea punctajelor finale de la 27 la 13,5 (în ordine alfabetică pentru fiecare punctaj). *Afinitatea ecologică maximă* este reprezentată de cel mai mare număr de scară 3; dacă 3 nu este disponibil, atunci speciile sunt evaluate la a doua cea mai înaltă categorie 2* (notate cu un asterisc). În coloana următoare (*Statutul speciei în România*) sunt reprezentate discontinuitatea arealului (3), raritatea speciei (5) și limita sudică a arealului (13). În categoria 5 sunt reprezentate categoriile de pe scara 3 (5a) și 2 (5b); 5a – cu maximum 5 situri optime = foarte rară; 5b – cu maximum 10 - 20 situri optime = rară. Categoria 13a reprezintă limita sudică europeană a speciei în Transilvania (scara 3), iar 13b limita sudică generală în România, cu câteva populații izolate în Balcani sau Turcia (scara 2). În următoarea coloană sunt inserate cele mai vechi dovezi de polen și macrofosile ale speciilor în regiune, dacă acestea există. În coloana de literatură se regăsesc speciile discutate ca relice glaciare în următoarele surse, studiul actual reconfirmând acele presupuneri: R1 – specie considerată ca relict glaciare de către Pop (1976) în *Flora R.P.R., Vol. XIII* (R2 și R3 reiau majoritatea acestor specii); R2 - Pop (1960); R3 – Ciocârlan (2009); R4 – Witkowski și colab. (2003) pentru Carpați; R5 – specie considerată ca relict în diverse articole științifice din Europa Centrală și România; R6 - relice glaciare confirmate pentru Carpații de Vest de către Dítě și colab. (2018); „Nou” – alte specii care îndeplinesc criteriile de relice glaciare pentru Carpații de Sud-Est semnalate în acest studiu și care lipsesc ori din listele literaturii românești, ori din listele din Europa Centrală. Ultima coloană reprezintă statutul zoologic reevaluat la capitolul IX conform observațiilor din teren și a datelor recente din literatură (CR: Critically Endangered, EN: Endangered, VU: Vulnerable, NT: Near Threatened, LC: Least Concern, EX: Extinct).