

**UNIVERSITATEA „ALEXANDRU IOAN CUZA” DIN IAȘI
FACULTATEA DE GEOGRAFIE ȘI GEOLOGIE
ȘCOALA DOCTORALĂ DE GEOȘTIINȚE
DOMENIUL GEOGRAFIE**

**Cercetări privind distribuția și tipologia ravenelor din
Podișul Moldovei – sectorul aferent spațiului hidrografic
Prut - Bârlad**

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

Conducător de doctorat:

CONF. UNIV. DR. HAB. NIACȘU LILIAN

Doctorand:

CODRU IONUȚ-COSTEL

Iași, 2025

CUPRINS

INTRODUCERE.....	5
I. STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRII	7
1.1. Noțiuni și concepte privitoare la definirea ravenelor	7
1.2. Istoricul cercetărilor cu privire la eroziunea solurilor	8
1.3. Istoricul cercetărilor cu privire la inventarul și distribuția ravenelor.....	10
II. Caracterizarea fizico-geografică a arealului studiat	11
2.1. Așezarea și limitele regiunii	11
2.2. Regionarea fizico-geografică	12
2.3. Geologia regiunii	13
2.4. Aspecte geomorfologice generale ale sectorului studiat al Podișului Moldovei.....	15
2.4.1. Aspecte geomorfometrice generale	15
2.4.2. Procese geomorfologice actuale.....	21
2.5. Condițiile climatice	22
2.6. Hidrografia	23
2.7. Vegetația și utilizarea terenurilor	25
2.7.1. Utilizarea terenurilor.....	25
2.7.2. Densitatea acoperirii cu arbori a suprafețelor împădurite	26
2.8. Solurile regiunii	27
III. MATERIALE ȘI METODE.....	30
3.1. Surse de date folosite pentru inventarierea și analiza distribuției ravenelor	30
3.2. Metodologia.....	32
IV. REZULTATE ȘI DISCUȚII	37
4.1. Inventarul și distribuția spațială a ravenelor din arealul studiat al Podișului Moldovei.....	37
4.1.1. Inventarul ravenelor.....	37
4.1.2. Distribuția spațială a suprafețelor ravenate din arealul cercetat al Podișului Moldovei (Indexul ravenelor)	41
4.2. Parametrii geomorfometrici descriptivi ai ravenelor	43
4.3. Analiza distribuției spațiale a suprafețelor ravenate în raport cu factorii de mediu.....	47
4.3.1. Distribuția ravenelor pe depozite geologice	47
4.3.2. Distribuția pe clase hipsometrice.....	50
4.3.3. Distribuția pe clase de înclinare a terenurilor	51
4.3.4. Distribuția ravenelor pe suprafețe ale terenurilor clasificate după metoda lui Iwahashi și Pike (2007)	52
4.3.5. Distribuția pe clase de utilizare a terenurilor	52

4.3.6.	Distribuția suprafețelor ravenate împădurite și densitatea acoperirii cu arbori a acestora	53
4.3.7.	Distribuția pe tipuri de sol.....	55
4.3.8.	Tipologii de ravene și dinamica lor. Studii de caz	56
4.3.8.1.	Ravene discontinue. Studiu de caz: Ravena Valea Nucului, Ceplenița.....	56
4.3.8.2.	Ravene continue. Studiu de caz: Ravena Vâlcioaia.....	57
CONCLUZII		59

LISTĂ DE FIGURI

Figura 1. Poziționarea geografică a sectorului studiat al Podișului Moldovei	11
Figura 2. Regionarea fizico-geografică a sectorului studiat al Podișului Moldovei (realizată după Ungureanu, 1993).....	12
Figura 3. Harta geologică a sectorului studiat al Podișului Moldovei (după Harta Geologică a României 1:200000 realizată de Institutul Geologic Român, 1968)	14
Figura 4. Harta hipsometrică a sectorului studiat al Podișului Moldovei	16
Figura 5. Ponderea claselor hipsometrice raportată la suprafața totală a sectorului studiat al Podișului Moldovei	17
Figura 6. Harta înclinării versanților din sectorul studiat al Podișului Moldovei	18
Figura 7. Ponderea claselor de înclinare a terenurilor raportată la suprafața totală a sectorului studiat al Podișului Moldovei	19
Figura 8. Harta clasificării suprafeței terestre în funcție de concavitate și înclinare, după metoda lui Iwahashi și Pike (2007)	20
Figura 9. Ponderea claselor de înclinare și concavitate, raportată la suprafața totală a sectorului studiat al Podișului Moldovei	20
Figura 10. Harta densității ravenelor pe carioaje de 1km2 (Rădoane și Rădoane, 2017)	21
Figura 11. Temperaturile medii multianuale din perioadele 1964-1993, respectiv 1994-2023	22
Figura 12. Temperaturile maxime absolute (1), temperaturile minime absolute (2), amplitudinea termică absolută medie multianuală (3) și amplitudinea termică absolută maximă (4) din sectorul studiat al Podișului Moldovei în perioadele 1964-1993, respectiv 1994-2023	22
Figura 13. Cantitatea medie multianuală de precipitații din sectorul studiat al Podișului Moldovei în perioadele 1964-1993, respectiv 1994-2023	23
Figura 14. Harta râurilor și bazinelor hidrografice principale din sectorul studiat al Podișului Moldovei	24
Figura 15. Harta utilizării terenurilor conform Corine Land Cover 2018	25
Figura 16. Ponderea categoriilor de utilizare terenurilor CLC 2018, raportată la suprafața totală a sectorului studiat al Podișului Moldovei	26
Figura 17. Harta densității acoperirii cu arbori a suprafețelor împădurite conform Tree Cover Density 2018	27
Figura 18. Harta tipurilor de sol din sectorul studiat al Podișului Moldovei (după Harta solurilor 1:200000, realizată sub coordonarea lui Nicolae Florea între anii 1963-1993)	28
Figura 19. Rezultat al metodologiei, prin care putem observa cum au fost filtrate ravenele	30
Figura 20. Identificarea ravenelor împădurite, unul dintre avantajele MNT-urilor LiDAR	30
Figura 21. Diagrama de tip flowchart cu metodologia folosită pentru extragerea semi-automată a ravenelor din sectorul studiat al Podișului Moldovei	32
Figura 22. Funcția Topographic Openness de la secțiunea Terrain Analysis - Lighting, Visibility a plugin-ului SAGA din QGIS 3.16.....	33
Figura 23. Fereastra default în urma accesării funcției Topographic Openness	34
Figura 24. Rasterul reprezentând umbrirea versanților (stânga) și rasterul cu perspectiva Positive Openness, reclassificat după valoarea prag și suprapus peste rasterul cu umbrirea versanților (dreapta,) pentru vârful ravenei Vâlcioaia.....	35
Figura 25. Ravene digitizate manual (stânga) și ravene digitizate semi-automat prin aplicarea metodologiei (dreapta), în nordul Podișului Covurlui (Codru și colab., 2023).....	35
Figura 26. Ravene digitizate manual (stânga) și ravene digitizate semi-automat prin aplicarea metodologiei (dreapta), în sudul Dealurilor Fălciului	36

Figura 27. Secțiune LiDAR cu ravene din nordul Podișului Covurlui (a) și cu poligoanele digitizate semi-automat prin aplicarea metodologiei (b,c) (Codru și colab., 2023).....	36
Figura 28. Harta distribuției ravenelor inventariate în sectorul studiat al Podișului Moldovei	37
Figura 29. Suprafața ravenată pe subunități și subdiviziunile subunităților de relief ale sectorului studiat al Podișului Moldovei	39
Figura 30. Ponderea suprafețelor ravenate din suprafața totală a subunităților și a subdiviziunilor subunităților de relief ale sectorului studiat al Podișului Moldovei.....	40
Figura 31. Indexul ravenelor din sectorul studiat al Podișului Moldovei, calculat pe caroiaje de 1km ²	41
Figura 32. Indexul mediu al ravenelor în subunitățile și subdiviziunile subunităților sectorului studiat al Podișului Moldovei	42
Figura 33. Adâncimea medie a ravenelor în subunitățile și subdiviziunile subunităților sectorului studiat al Podișului Moldovei	44
Figura 34. Densitatea ravenelor pe kilometru pătrat în cadrul subunităților și subdiviziunilor subunităților de relief ale sectorului studiat al Podișului Moldovei	45
Figura 35. Adâncimea medie a ravenelor în cadrul subunităților și subdiviziunilor subunităților de relief ale sectorului studiat al Podișului Moldovei	46
Figura 36. Diagrama matrice pentru analiza gradului de corelație între suprafața suprafața, volumul, adâncimea medie, altitudinea medie și panta medie a ravenelor	47
Figura 37. Indexul ravenelor pe depozitele geologice ale sectorului studiat al Podișului Moldovei	48
Figura 38. Adâncimea medie a ravenelor pe depozitele geologice ale sectorului studiat al Podișului Moldovei	49
Figura 39. Ravena Valea Nucului (perspectivă aeriană din amonte)	56
Figura 40. Ortofotoplan al ravenei Valea Nucului (stânga) și rasterul care reprezintă umbrirea versanților pentru ravena Valea Nucului (ambele obținute cu drona DJI Matrice).....	57
Figura 41. Rezultate a măsurătorilor realizate în anii 2014, 2021 și 2024 (stânga) și rasterul cu valorile înclinării versanților, unde culoarea roșu reprezintă versanți cu înclinare de peste 30% (dreapta)	57
Figura 42. Ravena Vâlcioia (rasterul reprezentând umbrirea versanților, în stânga, și rasterul reprezentând altitudinile, în dreapta).....	58
Figura 43. Ravena Vâlcioia (ortofotoplan obținut cu ajutorul dronei în 2021, în stânga, și evoluția acesteia în ultimii 10 ani).....	58

LISTĂ DE TABELE

Tabelul 1. Suprafața subunităților de relief și ponderea lor din suprafața totală a sectorului studiat al Podișului Moldovei	13
Tabelul 2. Suprafața subdiviziunilor subunităților de relief și ponderea acestora din suprafața totală a sectorului studiat al Podișului Moldovei	13
Tabelul 3. Numărul de ravene extrase și denitatea lor pe km ² , pe subunități și subdiviziunile subunităților de relief	38
Tabelul 4. Distribuția suprafețelor ravenate pe clase hipsometrice.....	50
Tabelul 5. Distribuția suprafețelor ravenate pe clase de înclinare a terenurilor	51
Tabelul 6. Distribuția suprafețelor ravenate pe terenurile clasificate după metoda Iwahashi și Pike	52
Tabelul 7. Distribuția ravenelor pe clase de utilizare a terenurilor, conform CLC 2018.....	53
Tabelul 8. Suprafața împădurită a ravenelor și ponderea acestora din totalul suprafețelor ravenate, pe subunități de relief și subdiviziunile subunităților de relief, conform Tree Cover Density 2018	54
Tabelul 9. Distribuția suprafețelor ravenate împădurite pe clase de densitatea a acoperirii cu arbori, conform Tree Cover Density 2018.....	54
Tabelul 10. Distribuția suprafețelor ravenate pe tipuri de sol.....	55
Tabelul 11. Distribuția suprafețelor ravenate neîmpădurite pe tipuri de sol	55

INTRODUCERE

Această lucrare a fost concepută cu scopul de a analiza un fenomen care reprezintă o problemă majoră pentru sectorul agricol din Podișul Moldovei, și nu numai. Eroziunea prin ravenare sau, în termeni mai simpli, ravenarea, a generat probleme semnificative sectorului agricol din regiunea Moldovei, un important sector al economiei acestei zone. În ultimul secol, milioane de hectare de teren arabil au suferit o degradare a calităților fizice și chimice, ceea ce a condus la o producție mult sub valorile caracteristice ale solului respectiv. În plus, terenurile au fost fragmentate de formele de eroziune în adâncime, ceea ce a generat costuri suplimentare datorate consumului crescut de combustibil, cauzat de accesibilitatea dificilă a agregatelor agricole pe terenurile agricole. În cazuri extreme, multe terenuri au fost scoase din circuitul agricol fie din cauza scăderii drastice a capacității lor productive, prin înlăturarea într-un timp foarte scurt a orizonturilor superioare de sol, fie din cauza imposibilității de mai putea fi lucrute de agregatele agricole, imposibilitate datorată existenței ravenelor care nu pot fi tranzitate de agregate agricole sau astupate prin arare.

Ravenarea din Podișul Moldovei a fost studiată anterior de geomorfologi cunoscuți, precum Maria Rădoane sau Ion Ioniță, care au obținut rezultate remarcabile, utilizând datele și tehnicile disponibile în momentul realizării studiilor. Până în momentul de față, în România, doar un inventar al ravenelor a fost realizat la scară regională, și anume inventarul lui [Rădoane și colab. \(1999\)](#) pentru sectorul dintre Siret și Prut al Podișului Moldovei. Principalul scop al acestei lucrări este de a actualiza studiul amintit mai sus, folosindu-ne de datele și tehnicile mult mai avansate disponibile în momentul de față, care nu erau accesibile sau nu existau atunci când s-au realizat primele studii pe această temă.

În cadrul acestei lucrări, am realizat inventarul tuturor ravenelor și am studiat distribuția lor pe întreg arealul Podișul Moldovei, aferent spațiului hidrografic Prut-Bârlad, cel mai important areal geografic din România și unul dintre cele mai reprezentative din Europa din punctul de vedere al răspândirii ravenelor ([Vanmaercke și colab., 2016](#)). S-a optat pentru spațiul hidrografic Prut-Bârlad, limitat de bazinele hidrografice ale râurilor Bârlad și Prut, și a afluenților direcți ai Siretului din sudul podișului (cca 70% din Podișul Moldovei), din rațiuni tehnice, deoarece doar acesta dispune de datele necesare pentru realizarea unui inventar cât mai de precis al ravenelor, care să stea la baza unei analize de detaliu privind ravenarea în arealul studiat. Inventarul este realizat cu ajutorul modelelor numerice de înaltă rezoluție (LIDAR), create în anul 2012 la cererea Administrației Bazinale de Ape Prut-Bârlad (ABA Prut-Bârlad), oferind un grad de detaliu superior rezultatelor pe care le vom

prezenta în lucrarea de față, fapt care ne va ajuta să avem o perspectivă mult mai clară asupra realității din teren. Modelul numeric de mare rezoluție, derivat din nori de puncte LiDAR, a fost obținut în urma unui protocol realizat de ABA Prut-Bârlad cu Facultatea de Geografie și Geologie. Prin acest intermediu, mulțumesc Administrației Bazinale de Apă Prut-Bârlad pentru oferirea modelului numeric de mare rezoluție LiDAR și pentru deschiderea sa în diseminarea seturilor de date spațiale necesare pentru realizarea studiilor de detaliu din domeniul Geoștiințelor. În felul acesta, rezultate obținute ne vor oferi o perspectivă mult mai detaliată asupra realităților din teren și vor reprezenta un real ajutor celor interesați în a combate (controla) eroziunea solului și de a stopa fragmentarea terenurilor în urma retragerii vârfurilor de ravene, contribuind astfel atât la îmbunătățirea calității mediului natural, pe ansamblu, cât și a celui socio-economic din cadrul acestei vaste regiuni agricole din estul și nord-estul României.

De asemenea, apartenența la Centrul de cercetare cu tehnici integrate pentru investigarea aerosolilor atmosferici în România (RECENT AIR), prin funcția de asistent de cercetare științifică, a însemnat pentru mine un ajutor imens în realizarea și finalizarea studiilor doctorale, prin oferirea condițiilor necesare realizării cercetării și prin accesul la aparatura laboratorului de geo-chimia arealelor rurale. Prin utilizarea aparaturii de care am dispus, s-a facilitat procesarea datelor spațiale și obținerea informațiilor necesare pentru finalizarea acestei lucrări. Prin urmare, aș dori să le mulțumesc doamnei profesor universitar dr. Cecilia Arsene, care este coordonatorul RECENT AIR, și domnului conferențiar universitar dr. hab. Niacșu Lilian, care este atât coordonatorul meu de doctorat cât și responsabil de laboratorul în care activez ca asistent de cercetare științifică.

În încheierea părții introductive, aș dori să aduc mulțumiri pentru accesul la infrastructura din Centrul de cercetare cu tehnici integrate pentru investigarea aerosolilor atmosferici în România (RECENT AIR), My SMIS 127324, dezvoltată prin Programul Operațional Competitivitate 2014 – 2020, Axa 1, POC/448/1/1 Proiecte pentru infrastructuri de cercetare pentru instituții publice de cercetare – dezvoltare” și Departamentului de Geografie, din cadrul Facultății de Geografie și Geologie, pentru sprijinul acordat în perioada studiilor doctorale.

I. STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRII

1.1. Noțiuni și concepte privitoare la definirea ravenelor

În literatura de specialitate, majoritatea cercetătorilor care au abordat eroziunea prin ravenare au încercat să definească această formă de eroziune în adâncime. Din cauza faptului că eroziunea în adâncime se manifestă diferit în zonele afectate de pe glob, depinzând foarte mult de condițiile climatice, substratul litologic, morfometria versanților sau utilizarea terenurilor din zonele respective, au apărut foarte multe definiții prin care s-a încercat o explicare a modului de formare a ravenelor și o caracterizare a acestora. [Moțoc și Trășculescu \(1959\)](#) au încercat să definească ravena prin indicarea valorilor care țin de adâncimea acesteia, element destul de disputat în literatura internațională, forma acesteia când eroziunea este activă, efectele negative pe care le exercită asupra terenurilor agricole și modul în care evoluează. [Moțoc și colab. \(1975\)](#) elaborează o nouă definiție prin care se modifică adâncimea minimă necesară ca o formă de eroziune în adâncime să fie considerată ravenă, dar și specifică intervalul de lungime, respectiv forma de relief care rezultă în urma stabilizării totale a ravenei. [Băcăuanu și colab. \(1974\)](#) oferă o definiție care ia în calcul tipul de roci care este cel mai susceptibil la eroziune, valorile înclinării versanților necesare pentru declanșarea eroziunii în adâncime, condițiile climatice necesare, elementele specifice fundului ravenei sau a talvegului, și diferențierea dintre ravene și ogașe. [Harvey și colab. \(1985\)](#) oferă trei definiții scurte prin care se pot identifica ravenele. Aceste definiții se referă la aspectul și originea ravenelor, vârsta canalului de eroziune și la faptul că aceste forme pot fi catalogate ca ravene din momentul în care nu mai pot fi traversate de agregatele agricole. [Gregory și Walling \(1976\)](#) iau în calcul, în încercarea de a defini ravena, forma profilului transversal în funcție de substratul litologic al zonei afectate de acest tip de eroziune în adâncime. În încercarea de a diferenția organismele torențiale de văile râurilor, [Hurjui \(2008\)](#) explică, citând mai mulți autori, faptul că ravenele și organismele torențiale tipice se caracterizează prin lipsa unui izvor ([Munteanu și Clinciu, 1982](#)), con de dejecție/aluvial foarte dezvoltat, apariția lor în depresuni izolate sau pe porțiunile convexe ale versanților ([Poesen, 1993](#)), capacitate mult mai redusă de transport decât cea a râurilor și lipsa albiei majore ([Heede, 1980](#)). [Rădoane și colab.. \(1999\)](#) ne oferă o definiție mai complexă pentru ravene, care abordează volumul secțiunii transversale necesar pentru a putea fi inclusă în această categorie, tipul de scurgere, imposibilitatea de a fi îndepărtate prin lucrări agricole obișnuite și modul de a fi diferențiate față de rigole. [Ioniță \(1998; 2000a\)](#) consideră că ravenele se găsesc mai ales la latitudini medii, în zonele subtropicale și temperat continentale, cu precădere în zonele aride și

semi-aride sau temperate cu nuanțe de excesivitate. Acesta susține că foarte mulți geomorfologi au încercat să dea o definiție a ravenelor, însă în demersul lor, prin faptul că s-au axat doar pe anumită caracteristică, au complicat înțelegerea acestei forme de eroziune în adâncime. Totuși, în urma experienței acumulate în deceniile în care a monitorizat ravenele din Podișul Moldovei, a concluzionat în cele două lucrări că cea mai bună definiție a ravenelor a fost dată de [Gregory și Walling \(1976\)](#), și anume: *„Caracteristicile generale ale ravenelor, implicit în multe definiții alternative, includ faptul că ele deseori au o scurgere efemeră, adesea sunt incizate în materiale neconsolidate și pot să aibă secțiunea sub formă de V, când substratul este fin în textură și rezistent la tăiere rapidă, de U în materiale precum loessul, unde solul și subsolul sunt ambele egal susceptibile la eroziune. Ca mărime sunt mai mari decât rigolele, ele sunt mărginite de maluri înclinate și vârfurile care au înfățișare de abrupturi erozionale și ele sunt obișnuit atât de adânci încât refacerea este imposibilă cu unelte normale și ele nu pot fi traversate de un vehicul sau eliminate prin arătură”*.

1.2. Istoricul cercetărilor cu privire la eroziunea solurilor

Îndepărtarea vegetației naturale și înlocuirea acesteia cu culturi agricole a dus la apariția zonelor cu pământ gol sau slab vegetat care sunt foarte vulnerabile la eroziunea eoliană, în suprafață și în adâncime ([Ioniță și colab., 2015](#); [Niacșu și colab., 2019](#)). Folosirea tehnicilor și a uneltelor agricole rudimentare au menținut solul într-o stare bună, favorabilă pentru infiltrarea apei. Prin introducerea ulterioară a uneltelor de fier și prin mărirea suprafețelor convertite în terenuri agricole, acest echilibru a fost deranjat, solul fiind compactat. Astfel, a început să se producă scurgerea de suprafață și, concomitent, eroziunea solului pe versanți. Eroziunea s-a intensificat în multiple regiuni ale globului, manifestându-se prin îndepărtarea orizonturilor superioare ale solului sub acțiunea scurgerii difuze de suprafață („în pânză”) și prin declanșarea procesului de ravenare ca urmare a scurgerilor concentrate („liniare”) ([Poesen și colab., 2003](#); [Lang and Bork, 2006](#); [Dotterweich, 2008](#); [Garcia-Ruiz, 2010](#); [Dotterweich, 2013](#); [James, 2013](#)).

În general, s-a constatat că factorul antropic a devenit un element crucial în schimbările de ordin geomorfologic, rata de denudare crescând considerabil în urma schimbării modului de utilizare a terenurilor, surclasând ratele de dinainte de intervenția omului. ([Meserli și colab., 2000](#); [Wilkinson, 2005](#); [Dotterweich, 2013](#)).

Conform [Baver \(1939\)](#) și [Bohm \(1996\)](#), Edwald Wollny a fost printre primii cercetători care au realizat studii asupra eroziunii solurilor, utilizând parcele experimentale. În urmă rezultatelor obținute, [Wollny \(1895\)](#) a dedus că vegetația

ierboasa, specifică pajiștilor sau pășunilor, dar și pădurea constituie o barieră importantă în calea eroziunii.

În cazul teritoriului României, un moment crucial în declanșarea eroziunii avansate a solului a fost Tratatul de la Adrianopol din 1829, semnat în urma încheierii Războiului ruso-turc (1828-1829). Monopolul pe care îl exercita Imperiul Otoman asupra comerțului principatelor române a fost anulat, acestea putând să stabilească relații economice cu orice țară (Stan, 1999; Isar, 2006). Din acest moment, în principatele române au început să se defrișeze suprafețe mari de păduri pentru exportul de materie lemnoasă. În anul 1829, terenurile ocupate de arabil reprezentau aproximativ 6% din suprafață totală. Până la Reforma Agrară din 1864, terenurile arabile au ajuns să reprezinte aproape 19% din suprafață principatelor române. După reforma Agrară, propusă de prim-ministrul Mihail Kogălniceanu sub domnia lui Alexandru Ioan Cuza, care împroprietărea peste 400.000 de țărani cu peste 1,5 milioane de hectare și trecea o bună parte din averile și pământurile mănăstirilor în proprietatea statului, suprafața terenurilor arabile a început să crească considerabil concomitent cu micșorarea suprafețelor ocupate de păduri. Astfel, în anul 1899, terenurile arabile ocupau aproximativ 36% din suprafața totală a țării, pădurile reprezentând puțin peste 20% conform Poghirc (1970), Ioniță (2000a) și Stânga (2016). În anul 1921, în urmă presiunilor exercitate de țăranii fără pământ, care erau într-un număr foarte mare chiar și după Reforma Agrară din 1864, s-a realizat o altă reformă agrară de împroprietărire a țăranilor. Astfel, în urma presiunilor puse, culminate de răscola declanșată la Flămânzi în 1907, și a promisiunilor făcute de Regele Ferdinand țăranilor implicați în mod direct în Primul Război Mondial, au fost împroprietăriți țăranii fără pământ (Șandru, 1975). Astfel, terenurile agricole au fost fragmentate, numărul de parcele pe direcția deal-vale crescând considerabil (Giurescu, 1975). Toată această situație a fost dublată și de implementarea pe scară largă a unor practici agricole nesustenabile cu parcele orientate preponderent pe direcția deal-vale și drumuri de exploatare proiectate și exploatate defectuos.

În a doua jumătate a secolului al XX-lea și începutul secolului al XXI-lea, cercetarea proceselor erozionale prin ravenare din Podișul Moldovei a luat un avânt important, fiind abordate teme diverse, din ce în ce mai detaliate, cum ar fi: modul de apariție (Rădoane și colab., 1990; Ioniță, 2000a; Hurjui, 2008), modul de dezvoltare și ratele de retragere (Ioniță, 2006; Ioniță și colab., 2015; Ioniță și colab., 2021; Vanmaercke și colab., 2016), distribuția ravenelor (Ichim și colab., 1990; Rădoane și Rădoane, 1992; Rădoane și colab., 1999; Stânga, 2011; Rădoane și Rădoane 2017), bugetul de sedimente (Motoc și colab., 1979; Mihaiu și colab., 1979; Gaspar și Cristescu, 1987; Motoc și Sevestel, 2002; Rădoane, 2002; Ionita, 2008), efectul ravenelor asupra terenurilor agricole (Ioniță și Ouatu, 1985; Ioniță, 2000a).

1.3. Istoricul cercetărilor cu privire la inventarul și distribuția ravenelor

Foarte multe studii cu privire la inventarul și distribuția ravenelor au fost realizate în China, acest aspect fiind de înțeles având în vedere problemele cu eroziunea în suprafață și în adâncime întâlnită în Podișul de Loess. Astfel, printre cele mai importante studii au fost realizate de Wang și Fan (2019) și Wang și colab. (2021) pentru areale din nord-estul Chinei, de Zhao și colab. (2022) pentru areale din sud-vestul Chinei, respectiv de Na și colab. (2020) pentru Podișul de Loess din China.

Pentru celelalte continente, cercetări semnificative privind eroziunea prin ravenare au fost realizate de Achten și colab. (2008), Raikwar și colab. (2021) și Louzada și colab. (2023). Achten și colab. (2008) s-a concentrat asupra ravenelor din Africa, în timp ce Raikwar și colab. (2021) au analizat acest fenomen în India, iar Louzada și colab. (2023) a investigat ravenele din America de Sud.

Studiile realizate la scară regională sau națională au fost realizate pentru areale din Europa și din Africa. Areele din Europa, pentru care au fost realizate inventare și studii asupra densității ravenelor, sunt: Slovacia (Bucko și Mazúrova, 1958), Polonia (Jozefaciuk și Jozefaciuk, 1983; Gawrysiak și Harasimiuk, 2012), estul României, mai exact Podișul Moldovei (Rădoane și colab., 1995, 1999; Rădoane și Rădoane, 2017), nord-vestul Franței (De Focault și colab., 1997), bazinul mijlociu al fluviului Volga (Golosov și colab., 2018) și Ungaria (Kertesz și Krecec, 2019). Pentru aceste lucrări de inventariere a ravenelor la scara regională au fost folosite, în principal, hărți topografice, aerofotograme și, în cazul lucrărilor din ultimul deceniu, imagini satelitare și drone.

La nivelul Podișului Moldovei, singurul inventar al ravenelor a fost realizat de Rădoane și colab. (1995, 1999) fiind și cel mai detaliat studiu de acest gen din România (Rădoane și Rădoane, 2017). Inventare ale ravenelor din România au mai fost realizate pentru areale din Subcarpații Buzăului (Mihaiu și colab., 1979), Subcarpații și Podișul Getic (Otlacan-Nedelcu, 2001; Jurchescu, 2012), Depresiunea Brașovului (Clinciu și colab., 2010).

În ce privește inventarul realizat de Rădoane și colab. (1995, 1999), cu referire la sectorul dintre Siret și Prut al Podișului Moldovei, pe caroiaje de 1 km², autorii au identificat peste 9000 de ravene. Studiul realizat a evidențiat că 36% dintre caroiaje aveau cel puțin o ravenă, media fiind de 2-4 ravene. Valorile maxime depășesc 20 de ravene/km².

II. Caracterizarea fizico-geografică a arealului studiat

2.1. Așezarea și limitele regiunii

Podișul Moldovei este unitatea cea mai reprezentativă pentru ținuturile deluroase ale României, respectiv cel mai întins și complex podiș al țării noastre (Băcăuanu și colab., 1980), remarcându-se prin varietatea formelor sale de relief, dintre care iese în evidență în mod deosebit relieful de cueste (Ioniță, 2000c). Această unitate de relief se întinde pe întreg nord-estul și estul României, având o suprafață de 27158 km² (Figura 1).

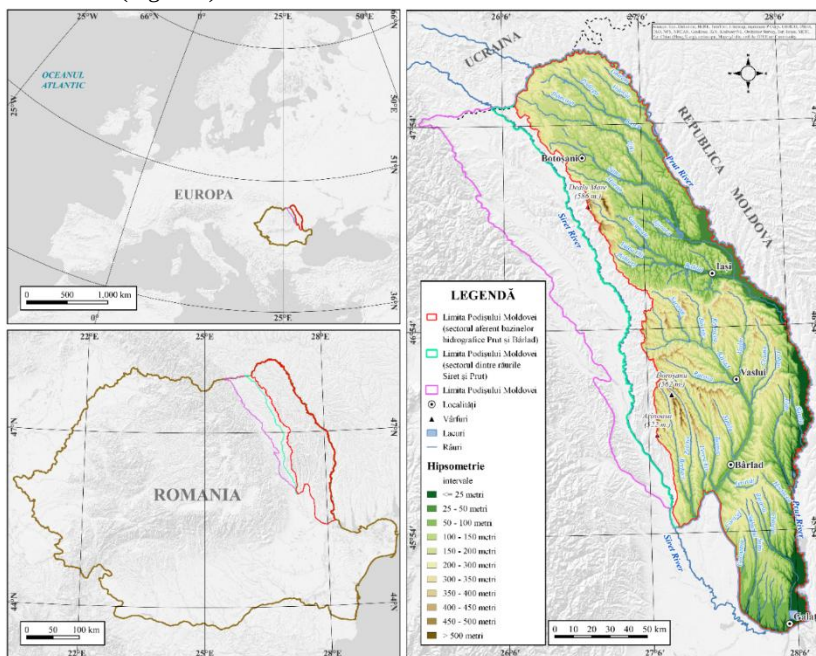


Figura 1. Poziționarea geografică a sectorului studiat al Podișului Moldovei

În cadrul acestei lucrări ne-am axat cercetările exclusiv pe sectorul aferent spațiului hidrografic Prut-Bârlad. A fost ales acest sector al Podișului Moldovei deoarece este unul dintre cele mai afectate areale din România și din Europa, atât de eroziunea în suprafață cât și de eroziunea în adâncime, din care se distinge în mod deosebit eroziunea prin ravenare. La baza acestei idei stau cercetările realizate în

ultimele decenii de Moțoc (1983), Rădoane și colab. (1995, 1999), Ioniță (2000a, 2000b, 2006), Niacșu (2012), Ioniță și colab. (2015), Rădoane și Rădoane (2017), Niacșu și colab. (2021, 2022a).

Suprafața sectorului aferent spațiului hidrografic Prut-Bârlad, parte componentă a Podișului Moldovei, este de 18738 km², reprezentând 89,3% din suprafața arealului Podișului Moldovei dintre râurile Siret și Prut, respectiv 69,3% din suprafața totală a podișului. La nivelul țării, acest sector reprezintă 7,6% din suprafața totală a României.

2.2. Regionarea fizico-geografică

În lucrarea de față, principalele coordonate privitoare la regionarea fizico-geografică a acestei unități de podiș au fost preluate din lucrarea lui Ungureanu (1993), intitulată „Geografia podișurilor și câmpiilor României” (Figura 2).

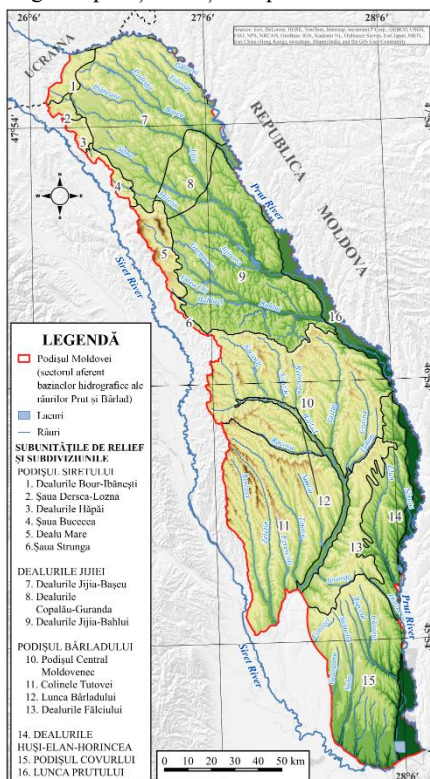


Figura 2. Regionarea fizico-geografică a sectorului studiat al Podișului Moldovei (realizată după Ungureanu, 1993)

Astfel, sectorul aferent spațiului hidrografic Prut-Bârlad al Podișului Moldovei a fost împărțit în mai multe subdiviziuni (Tabelul 1 și Tabelul 2) după cum urmează: Podișul Siretului, reprezentând partea de la est de Siret, Podișului Sucevei, Dealurile Jijiei, Podișul Bârladului, Dealurile Huși-Elan-Horincea, Podișul Covurlui și Lunca râului Prut (Ungureanu, 1993; Niculiță, 2020).

Tabelul 1. Suprafața subunităților de relief și ponderea lor din suprafața totală a sectorului studiat al Podișului Moldovei

Subunități	Suprafață (km ²)	Pondere din suprafața totală a sectorului (%)
Podișul Siretului (sectorul studiat)	943.30	5.03
Dealurile Jijiei	6241.30	33.31
Podișul Bârladului (sectorul studiat)	7193.09	38.38
Dealurile Husi-Elan-Horincea	1061.62	5.67
Podișul Covurlui	2278.70	12.16
Lunca râului Prut Prutului	1021.46	5.45
TOTAL Podișul Moldovei (sectorul studiat)	18739.47	100

Tabelul 2. Suprafața subdiviziunilor subunităților de relief și ponderea acestora din suprafața totală a sectorului studiat al Podișului Moldovei

Subunități	Subdiviziuni	Suprafață (km ²)	Pondere din suprafața totală a sectorului (%)
Podișul Siretului	Dealurile Bour-Ibănești	187.26	1.00
	Șaua Dersca-Lozna	87.21	0.47
	Dealurile Hăpăi	102.44	0.55
	Șaua Bucecea	137.73	0.73
	Dealul Mare - Hârlău	383.01	2.04
	Șaua Strunga	45.66	0.24
Dealurile Jijiei	Dealurile Jijia-Bașeu	2643.95	14.11
	Dealurile Copalău-Guranda	576.19	3.07
	Dealurile Jijia-Bahlui	3021.15	16.12
Podișul Bârladului	Podișul Central Moldovenesc	3225.62	17.21
	Colinele Tutovei	2769.21	14.78
	Lunca râului Bârlad	272.88	1.46
	Dealurile Fălciiului	925.38	4.94
Dealurile Husi-Elan-Horincea		1061.62	5.67
Podișul Covurlui		2278.70	12.16
Lunca râului Prut		1021.46	5.45
TOTAL Podișul Moldovei (sectorul studiat)		18739.47	100.00

2.3. Geologia regiunii

Podișul Moldovei este o unitate de relief care se caracterizează printr-o evoluție geologică îndelungată (Băcăuanu, 1980). Deși la scară locală s-au realizat după anul 1970 studii mai detaliate asupra litologiei (Niculiță, 2020), la scară regională datele sunt destul de puține și irelevante pentru a putea fi folosite în studii de detaliu, singurele hărți cu acoperire națională fiind realizate între anii 1965 și 1969 de Institutul Geologic Român.

În partea nordică și centrală a Podișului Moldovei au existat trei cicluri de sedimentare, și anume Proterozoic - Silurian, Cretacic și Badenian superior - Romanian, iar în partea sudică a Podișului Moldovei avem formațiuni cuaternare care se aștern peste formațiunile Pleistocen superioare. În acest context, rocile sedimentare care încep cu Silurianul și se termină cu depozitele ultimului ciclu de sedimentare, Badenian superior - Meoțian, sunt dispuse discordant peste soclul Platformei Moldovenești (Ionesi, 1994).

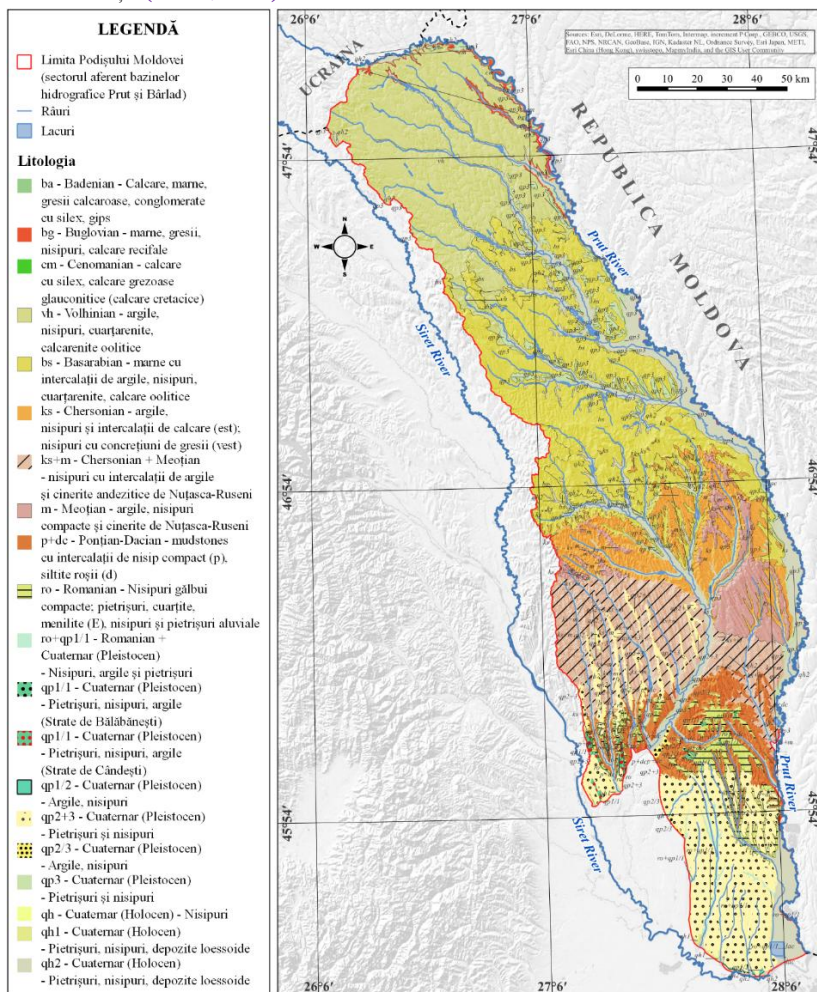


Figura 3. Harta geologică a sectorului studiat al Podișului Moldovei (după Harta Geologică a României 1:200000 realizată de Institutul Geologic Român., 1968)

În concluzie, din punct de vedere litologic, sectorul studiat al Podișului Moldovei este foarte diversificat, diferențele dintre partea nordică și partea sudică fiind evidente. Dacă în nordul podișului domină depozitele argiloase, doar pe culmile înalte din Podișul Siretului și Podișul Central Moldovesc întâlnindu-se depozite grezo-nisipoase, în partea central sudică depozitele nisipoase și loessoide domină substratul.

2.4. Aspecte geomorfologice generale ale sectorului studiat al Podișului Moldovei

Din punct de vedere geomorfologic, Podișul Moldovei se individualizează în mod deosebit prin relieful de cueste, format dintr-o câmpie litorală inițială care, în urma unor înălțări neuniforme și a ciclurilor de sedimentare succesive dintre nord-nord-vest spre sud-sud-est, a căpătat o structură monoclinală (Băcăuanu, 1968, 1989; Ioniță, 2000c).

Deși asimetria acceptată inițial pentru cuestele din Podișul Moldovei era cea care îngloba văile subsecvente și frunțile cu expoziție generală nordică, în Colinele Tutovei, Dealurile Fălciului, Dealurile Huși-Elan-Horincea și Podișul Covurluiului au fost observate frunți de cueste cu expoziție vestică și reversuri de cueste cu expoziție estică. Acest tip de asimetrie a fost denumit de Ioniță (2000c), asimetrie structurală de ordinul II, care își are originea în mișcările de „basculare” post-volhiniene (Băcăuanu, 1968; 1983). Astfel, văile consecvente care au direcția în funcție de înclinarea stratelor, și care ar trebui să prezinte un profil simetric, au un profil ușor asimetric, devenind în acest caz văi subsecvente (Ioniță, 2000c).

2.4.1. Aspecte geomorfometrice generale

Pentru obținerea derivatelor și a variabilelor geomorfometrice, am folosit modelul numeric al terenurilor EU-DEM, oferit de European Environment Agency prin programul Copernicus Land Monitoring Service. Acest model numeric al terenurilor a fost realizat pentru 39 de țări de pe continentul european în urma combinării modelelor numerice obținute de programele SRTM și ASTER GDEM și prin utilizarea altitudinilor de pe hărțile topografice sovietice pentru zonele foarte înalte (www.opentopodata.org)

În continuare, s-a luat în analiză suprafața terenurilor din sectorul studiat al Podișului Moldovei precum și distribuția ravenelor inventariate în raport cu hipsometria, înclinarea terenurilor, și concavitatea versanților în relație cu înclinarea

terenurilor prin derivata complexă rezultată din metoda elaborată de [Iwahashi și Pike \(2007\)](#).

Hipsometria poate contribui la înțelegerea impactului utilizării terenurilor și a activităților umane asupra formării ravenelor, dar și la înțelegerea interacțiunii dintre procesele naturale și activitățile umane. Clasele hipsometrice grupează intervale de 50 de metri, obținându-se astfel 11 intervale altitudinale mult mai utile în descrierea detaliată a cadrului fizico-geografic, dar și distribuției ravenelor inventariate din punct de vedere altitudinal (Figura 4).

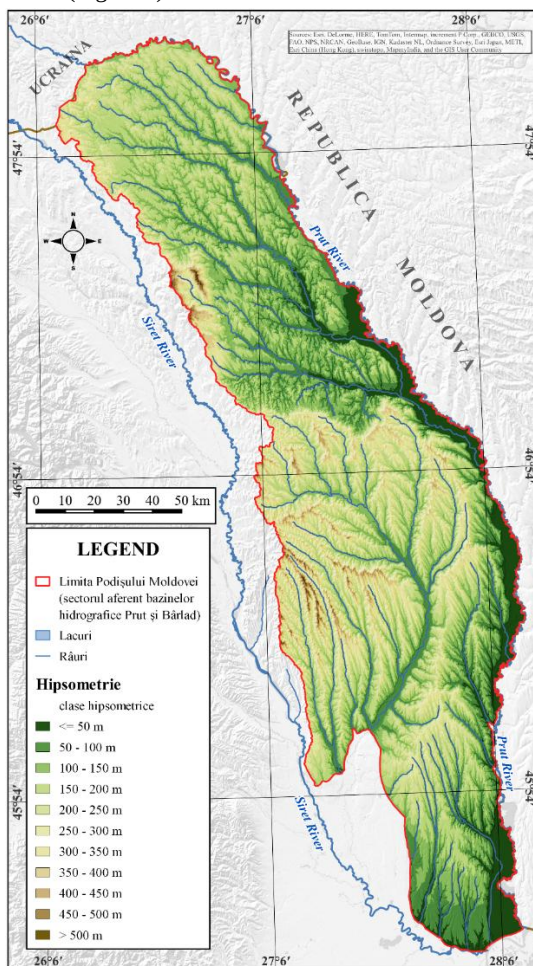


Figura 4. Harta hipsometrică a sectorului studiat al Podișului Moldovei

Astfel, în arealul studiat, clasele hipsometrice cu cele mari ponderi sunt cele care reprezintă zonele cu altitudini cuprinse între 150 și 200 de metri (24,32%), 100 și 150 de metri (22,99%), 200 și 250 de metri (15,36%), respectiv între 50 și 100 de metri (13,17%). Ponderi considerabile întâlnim și la clasele hipsometrice cu altitudini cuprinse între 250 și 300 de metri (8,43%), respectiv sub 50 de metri (7,75%) (Figura 5).

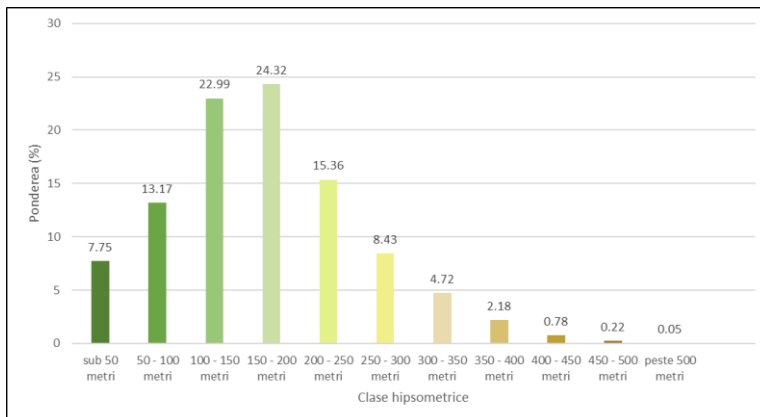


Figura 5. Ponderele claselor hipsometrice raportată la suprafața totală a sectorului studiat al Podișului Moldovei

Înclinarea versanților a fost aleasă pentru analiza sectorului studiat deoarece terenurile cu înclinări mari și foarte mari reprezintă un factor important care duce la creșterea vitezei de scurgere a apei pe versanți, viteză care accentuează capacitatea apei, provenită din ploile torențiale sau din topirea zăpezilor, de a eroda (Rădoane și colab., 1999; Wang și Fan, 2019). Harta înclinării versanților realizată pentru arealul luat în studiu este reprezentată în Figura 6.

În urma realizării unor statistici pe baza rasterului cu valorile înclinării versanților, obținut în urma derivării modelului numeric al terenului, s-a determinat valoarea medie și mediană a înclinării versanților din întregul areal studiat și din subunitățile de relief din care este compus.

Astfel, valoarea medie a înclinării versanților din sectorul studiat al Podișului Moldovei este de 8,81%, iar valoarea mediană a înclinării versanților este de 7,71%.

Rasterul cu valorile înclinării versanților, care a fost folosit pentru analiza statistică prezentată mai sus, a fost reclasificat în 8 clase care reprezintă intervale de valori. Intervalele de valori au fost clasificate din 5 în 5 procente, singura excepție

fiind făcută de prima clasă care prezintă intervalul cuprins între 0% și 2%, creată pentru a deosebi zonele de luncă sau platourile cvasiorizontale (Figura 7)

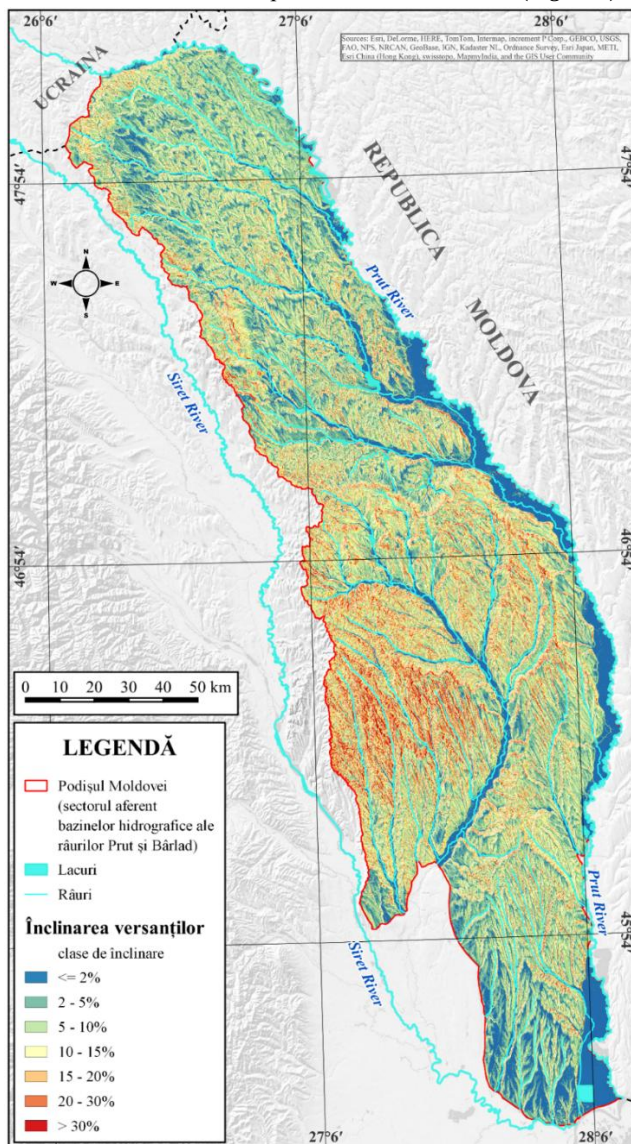


Figura 6. Harta înclinării versanților din sectorul studiat al Podișului Moldovei

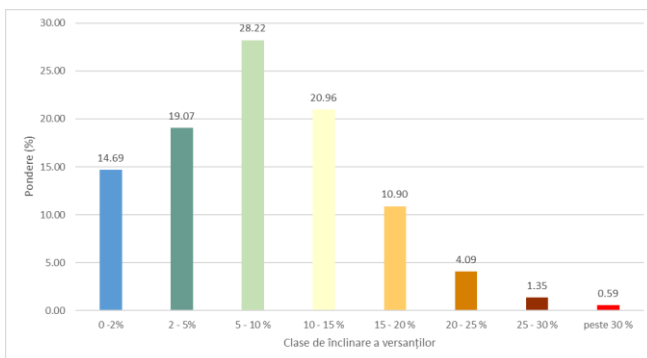


Figura 7. Ponderea claselor de înclinare a terenurilor raportată la suprafața totală a sectorului studiat al Podișului Moldovei

Derivata complexă folosită în analiza geomorfometrică a versanților sectorului studiat al Podișului Moldovei este clasificarea formelor de relief dezvoltată de Junko Iwahashi și Richard Pike în 2007 care, prin utilizarea unei derivate primare (înclinarea terenurilor) și a două derivate secundare (concavitatea versanților și textura suprafeței terestre) au dezvoltat o metodă de a analiza și a clasifica din punct de vedere geomorfometric un anumit teritoriu (Figura 8).

Convexitatea și concavitatea versanților joacă un rol semnificativ în formarea și dezvoltarea ravenelor. Versanții convecși elimină apa mult mai rapid, existând o probabilitate mică ca aceasta să se acumuleze, însă, din cauza formei lor, apa provenită din ploi torențiale, prin concentrare, poate ”prinde” vitează și poate iniția formarea rigolelor. În schimb, versanții concavi tind să acumuleze apa, ceea ce poate duce la o saturație crescută a solului și la o concentrare a apei provenite din ploile torențiale care poate duce la accentuarea eroziunii și adâncirea ravenelor (Conforti și colab., 2011; Real și colab., 2020; Laraib și colab., 2024). Conform Rădoane și colab. (1999), în cadrul versanților cu concavitate mare are loc concentrarea liniară a apelor și este favorizată scurgerea de subsuprafață care duce la apariția piping-ului.â

În urma analizei realizate, a rezultat că cea mai mare pondere din suprafața totală este ocupată de terenuri cu înclinare foarte mare și concavitate mare, în jur de 28% (Figura 9). Cu ponderi mai mici, dar cu acoperire semnificativă, sunt terenurile cu înclinare foarte mare și concavitate mică (16,07%), înclinare mare și concavitate mare (15,32%), respectiv terenurile cu înclinare mare și concavitate mică (13,64%).

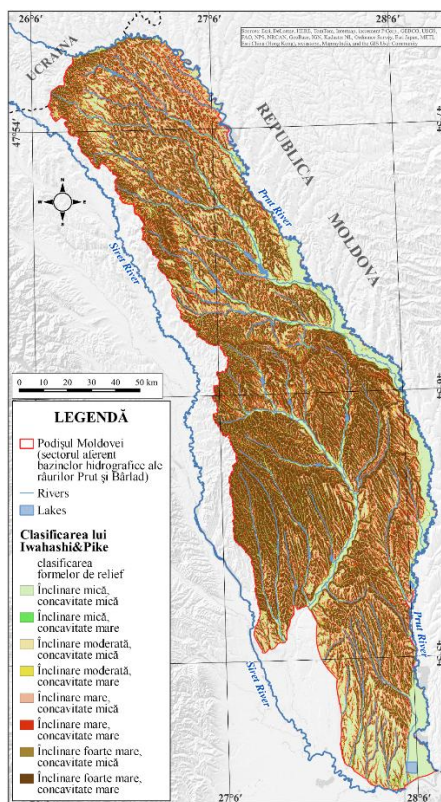


Figura 8. Harta clasificării suprafeței terestre în funcție de concavitate și înclinare, după metoda lui Iwahashi și Pike (2007)

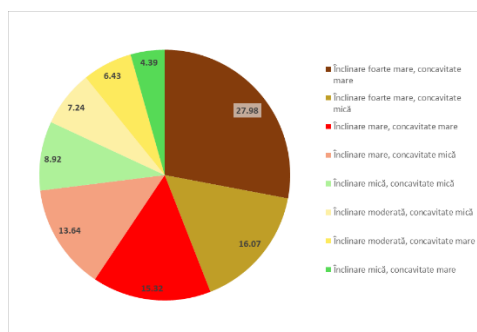


Figura 9. Ponderea claselor de înclinare și concavitate, raportată la suprafața totală a sectorului studiat al Podișului Moldovei

2.4.2. Procese geomorfologice actuale

Podișul Moldovei reprezintă una dintre cele mai afectate unități de relief din țară în ce privește degradarea terenurilor prin procese geomorfologice, în general, și eroziunea solurilor, în particular (Ioniță, 2011). În acest areal întâlnim atât eroziune în suprafață (Ioniță, 2011; Niacșu și colab., 2015, 2021, 2022b), eroziune în adâncime (Ioniță și colab., 2015, 2021, 2022; Vanmaercke și colab., 2016; Codru și Niacșu, 2023), alunecări de teren (Mărgărint și Niculiță, 2017) și mai puțin eroziune coliană (Niacșu, 2019).

Formele de eroziune în adâncime pe care le găsim în sectorul studiat sunt rigolele, dar mai ales ravenele. Podișul Moldovei este cel mai afectat areal de eroziunea prin ravenare din România și unul dintre cele mai afectate areale din Europa, Rădoane și colab.(1995, 1999) identificând aproximativ 9000 de ravene în sectorul dintre Siret și Prut al Podișului Moldovei (Figura 10).

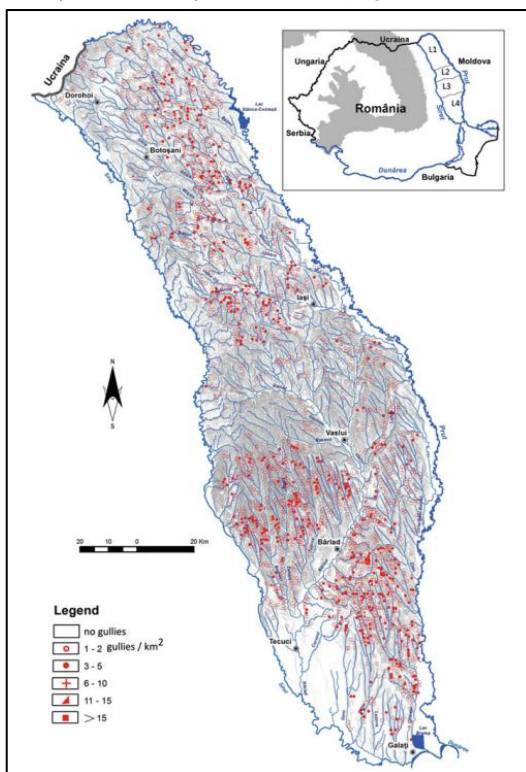


Figura 10. Harta densității ravenelor pe carioaje de 1km² (Rădoane și Rădoane, 2017)

2.5. Condițiile climatice

Cu ajutorul unor linii de cod pe care le-am creat și utilizat în platforma Google Earth Engine, am comparat două perioade din punct de vedere al cantităților de precipitații și al temperaturilor minime, medii și maxime, și anume perioada 1964-1993, respectiv perioada 1994-2023 (Figura 11, 12, 13).

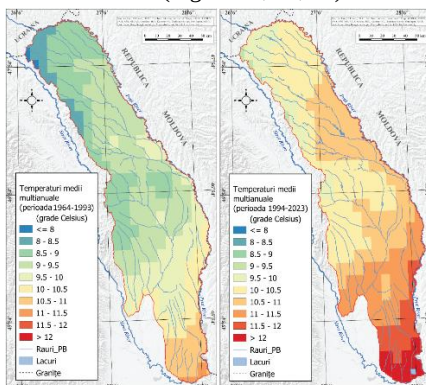


Figura 11. Temperaturile medii multianuale din perioadele 1964-1993, respectiv 1994-2023

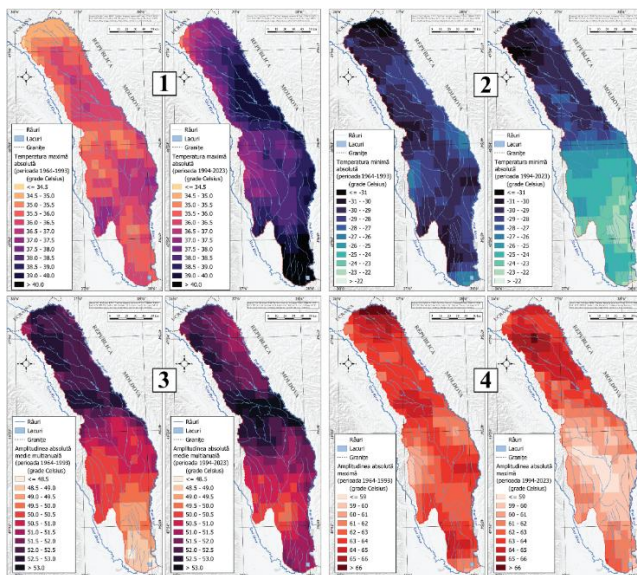


Figura 12. Temperaturile maxime absolute (1), temperaturile minime absolute (2), amplitudinea termică absolută medie multianuală (3) și amplitudinea termică absolută maximă (4) din sectorul studiat al Podișului Moldovei în perioadele 1964-1993, respectiv 1994-2023

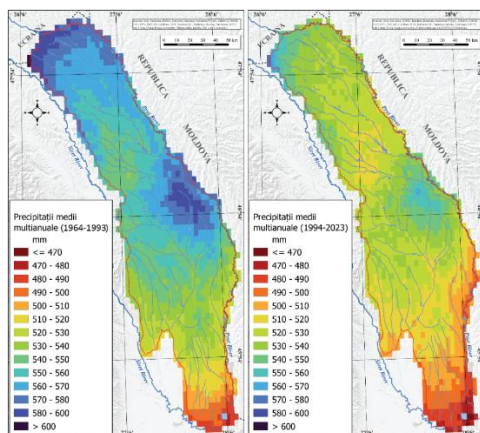


Figura 13. Cantitatea medie multianuală de precipitații din sectorul studiat al Podișului Moldovei în perioadele 1964-1993, respectiv 1994-2023

Din analiza comparativă a celor două perioade putem observa foarte clar că schimbările climatice și-au spus cuvântul și în sectorul studiat al Podișului Moldovei. Temperaturile medii multianuale au crescut, precum și temperaturile maxime absolute, respectiv temperaturile minime absolute. Temperaturile medii multianuale care erau specifice sudului extrem al sectorului în perioada anterioară (10,5-11° C), în ultimii 30 de ani au devenit specifice părții central-nordice, fiind înregistrate și în sudul județului Botoșani, iar temperaturile medii care erau specifice sudului județului Vaslui și nordului județului Galați (9,5-10°C), au ajuns să fie înregistrate în zona Dorohoiului.

Distribuția cantităților de precipitații multianuale în cadrul sectorului studiat ne evidențiază o zonă mai aridă în sud și două zone unde s-au înregistrat cantitățile cele mai ridicate, și anume în zona înaltă a Podișului Central Moldovenesc (în apropiere de Bârnova) și în Dealurile Hăpâi (în apropiere de Dorohoi). Analizând cele două perioade, observăm că precipitațiile s-au redus foarte mult în ultimii 30 de ani. Cantitățile de precipitații care erau specifice doar sudului Podișului Covurlui, s-au înregistrat în ultimii 30 de ani între Târgu Frumos și Flămânzi, în jumătatea nordică a podișului, iar valorile cele mai mari înregistrate să fie cele care era specifice sudului județului Vaslui în intervalul de timp anterior.

2.6. Hidrografia

În cadrul acestui sector, bazinul hidrografic Prut deține aproximativ 58% din suprafața totală, adică 10840 km², bazinul hidrografic Bârlad deține aproximativ

36%, adică 6675 km², iar bazinele hidrografice ale afluenților Siretului din sud-estul județului Galați dețin aproximativ 6% din suprafața totală, adică în jur de 1190 km². Întreaga suprafață de bazinului hidrografic Prut, care se găsește pe teritoriul României, se află în sectorul studiat. Bazinul hidrografic al râului Bârlad nu se află în totalitate în cadrul acestui sector deoarece bazinul inferior se află în Câmpia Tecuciului, parte constituantă a Câmpiei Române (Figura 14).

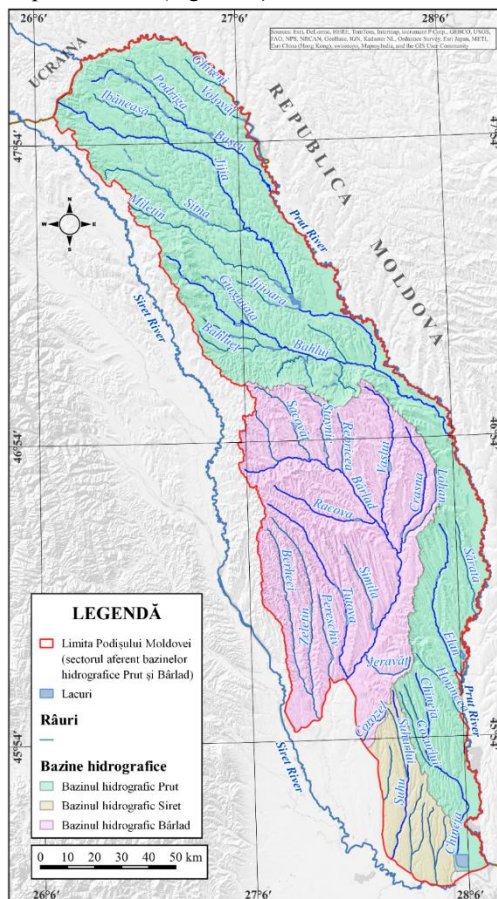


Figura 14. Harta râurilor și bazinelor hidrografice principale din sectorul studiat al Podișului Moldovei

Lungimea totală a întregii rețele hidrografice din acest sector al Podișului Moldovei este de peste 10000 de kilometri, gradul de fragmentare fiind considerabil, iar faptul că aproape 70% din această rețea hidrografică este constituită din râuri nepermanente, temporare, ne arată că susceptibilitatea la eroziunea în adâncime, în

urma concentrării apelor pe fundul văilor unde gradul de umezeală este foarte scăzut, poate fi mare.

2.7. Vegetația și utilizarea terenurilor

2.7.1. Utilizarea terenurilor

Cu ajutorul datelor Corine Land Cover 2018, oferite de European Environment Agency (<https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover/clc2018>), s-a analizat modul de acoperire și utilizarea terenurilor la nivelul întregului sector aferent spațiului hidrografic Prut-Bârlad, dar și pe subdiviziunile acestuia (Figura 15).

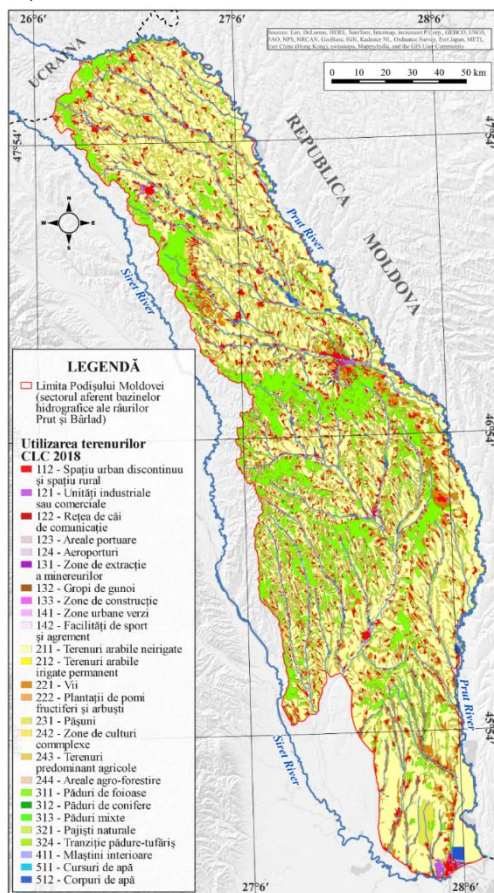


Figura 15. Harta utilizării terenurilor conform Corine Land Cover 2018

În urma analizei cantitative realizate asupra datelor Corine Land Cover 2018 pentru acest sector al Podișului Moldovei realizate cu ajutorul softurilor de tip SIG, a rezultat că terenurile agricole și pădurile ocupă 76,8%, respectiv 14,58% din suprafața totală. Ca pondere, urmează apoi zonele construite din cadrul localităților cu 6,5% din suprafața totală, corpurile de apă ocupă 0,86%, iar celelalte grupe de categorii de utilizare ocupă însumat 1,22% din total (Figura 16).

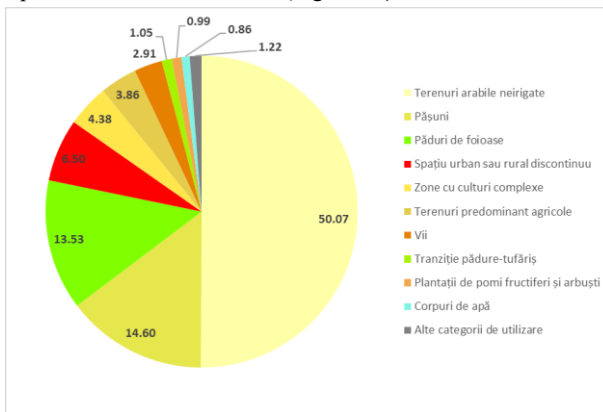


Figura 16. Ponderea categoriilor de utilizare terenurilor CLC 2018, raportată la suprafața totală a sectorului studiat al Podișului Moldovei

2.7.2. Densitatea acoperirii cu arbori a suprafețelor împădurite

Un alt set de date spațiale esențiale pentru cunoașterea caracteristicilor spațiale ale învelișului vegetal din sectorul aferent spațiului hidrografic Prut-Bârlad este Tree Cover Density. Acesta este oferit de European Environment Agency, prin intermediul Copernicus Land Monitoring Service (<https://land.copernicus.eu/en/products/high-resolution-layer-tree-cover-density>), și a fost folosit pentru analizarea densității acoperirii cu copaci a suprafețelor împădurite ale râvenelor. Tree Cover Density este un set de date spațiale care oferă informații despre toate zonele împădurite din Uniunea Europeană, Regatul Unit al Marii Britanii și Irlandei de Nord, țările din fosta Iugoslavie și Turcia, la rezoluții de 10 metri per pixel.

Caracteristica cea mai importantă a acestui set de date este că oferă informații și despre densitatea acoperii cu arbori în zonele împădurite de la 0% până la 100%.

Utilizând setul de date Tree Cover Density, am analizat situația zonelor împădurite la nivelul întregului sector studiat, precum și la nivelul subunităților acestuia (Figura 17).

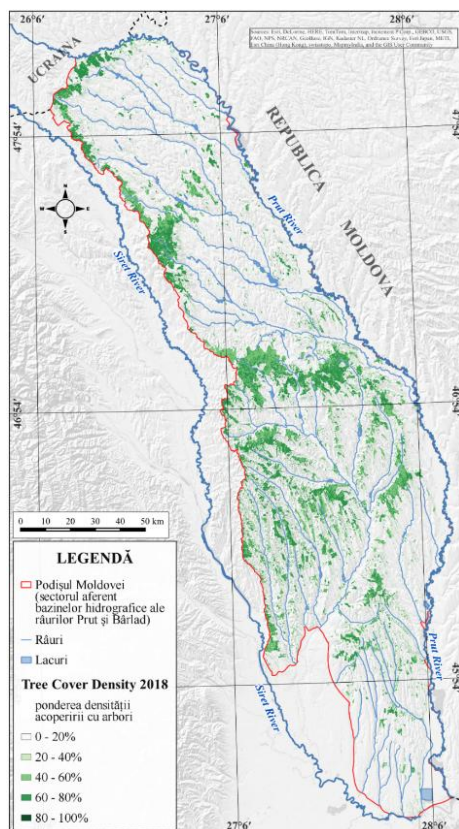


Figura 17. Harta densității acoperirii cu arbori a suprafețelor împădurite conform Tree Cover Density 2018

2.8. Solurile regiunii

Harta solurilor sectorului aferent spațiului hidrografic Prut-Bârlad a fost creată pe baza Hărții solurilor României, scara 1:200.000, formată din 50 de foi, care au fost realizate sub coordonarea lui Nicolae Florea între anii 1963 și 1993, și digitizată prin programul SIGSTAR-200 de Vintilă și colab. (2004) în cadrul Institutului de Cercetări pentru Pedologie și Agrochimie din București (<https://inspire-geoportal.ec.europa.eu/srv/api/records/%7BA96D59C4-0420-4104-9D68-DF318F77904C%7D>).

Pentru realizarea hărții solurilor din sectorul studiat al Podișului Moldovei, a fost realizată conversia denumirilor tipurilor de sol care erau conform Sistemului Român de Clasificare a Solurilor din 1980 în cele ale Sistemului Român de Taxonomie a Solurilor din 2012 (Florea și Munteanu, 2012).

Analizând distribuția tipurilor de sol (Figura 24), a rezultat că, la nivelul întregului areal studiat, cernoziomurile dețin cea mai mare pondere, și anume 52,54% (Figura 18).

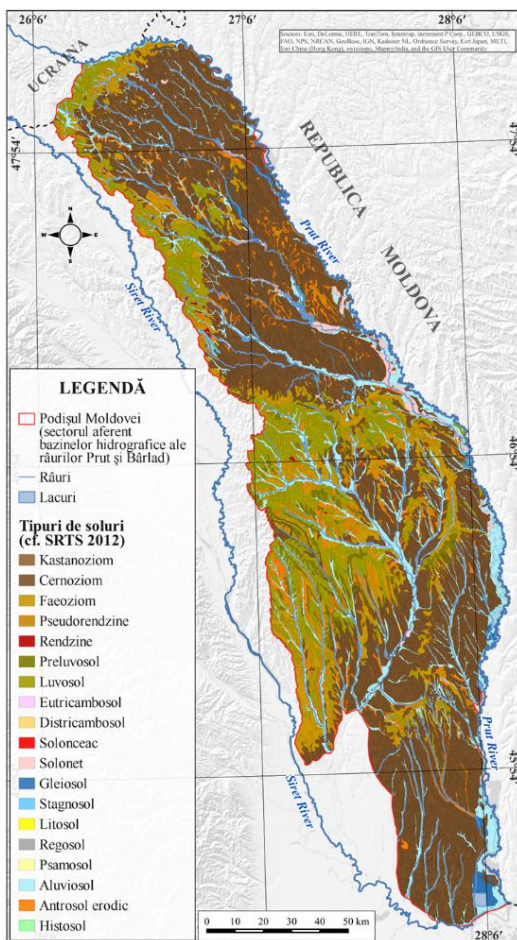


Figura 18 Harta tipurilor de sol din sectorul studiat al Podișului Moldovei (după Harta solurilor 1:200000, realizată sub coordonarea lui Nicolae Florea între anii 1963-1993)

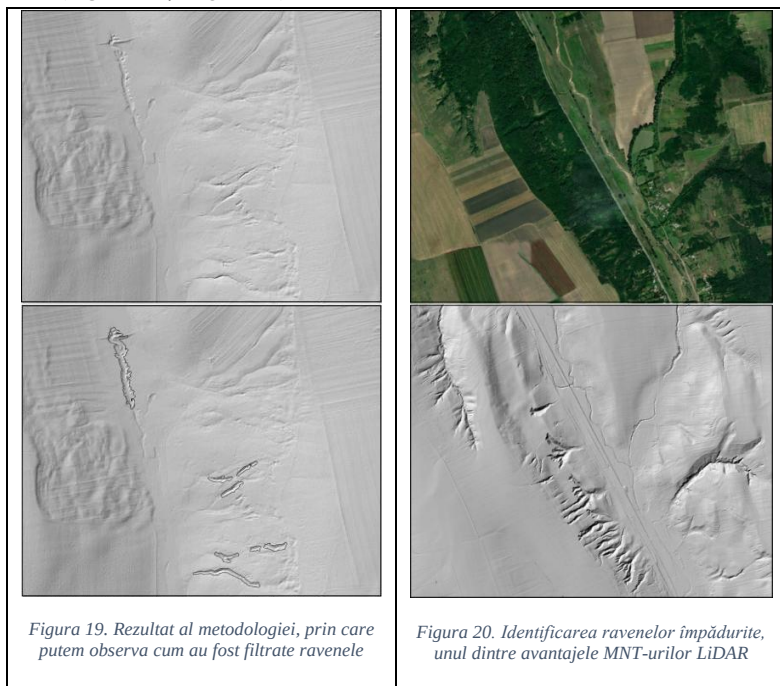
Pe subtipuri, cernoziomurile cambice dețin 43,25% din suprafața ocupată de cernoziomuri, urmate fiind de cele tipice cu o pondere de 42,87%. Secundar, apar cernoziomurile argice (9,22%), cele gleice (3,69%) și cu totul sporadic cele gleice-salinice (1%).

După cernoziomuri, principalele tipuri de sol existente în acest sector sunt: aluviosolurile (13,10% din suprafața totală a sectorului studiat), luvosolurile (12,65%), faeoziomurile (11,5%) și antrosolurile erodice (4,68%). Pe restul suprafețelor găsim preluvosoluri, solonețuri, gleiosoluri, pseudorendzine, stagnosoluri și rendzine.

III. MATERIALE ȘI METODE

3.1. Surse de date folosite pentru inventarierea și analiza distribuției ravenelor

Pentru inventarierea semi-automată a ravenelor din sectorul aferent spațiului hidrografic Prut-Bârlad a fost folosit un model numeric de mare rezoluție, derivat din nori de puncte LiDAR (Light Detection and Ranging). Modelul numeric al terenurilor folosit, cu rezoluție de 1 metru per pixel, a fost obținut din nori de puncte LiDAR din anul 2012, în urma unor zboruri comandate de Administrația Bazinală de Apă Prut-Bârlad (Figura 19 și Figura 20)



Pe lângă modelul numeric al terenurilor de mare rezoluție, au mai fost folosite două modele numerice ale terenurilor cu rezoluție de 5 metri per pixel, respectiv 25 de metri per pixel. Modelul numeric cu rezoluție de 5 metri per pixel este oferit de ANCPI (ANCPI-DEM) cu opțiunea de descărcare pe platforma www.geoportal.ancpi.ro. Modelul numeric al terenurilor oferit de ANCPI, deși nu are

o rezoluție constantă pe tot teritoriul României, prezentând variații regionale importante, în cadrul sectorului cercetat acesta are o rezoluție constantă de 5 metri per pixel. Acest lucru se datorează faptului că a fost creat din modelul numeric de mare rezoluție prezentat mai sus, făcând ușoară analiza fizico-geografică și geomorfometrică, fără să fie nevoie de modelul numeric de mare rezoluție LiDAR

Într-un studiu deja publicat, acest model numeric a fost folosit cu succes în inventarierea semi-automată a ravenelor din partea sudică a Podișul Moldovei, însă doar în zonele cu substrat preponderent nisipos unde se dezvoltă ravene cu dimensiuni foarte mari (Niacșu și colab., 2022b; Codru și colab., 2023). În zonele cu substrat preponderent argilos, unde ravenele au dimensiuni mult mai mici (lățime și adâncime), inventarierea lor prin utilizarea acestui model numeric al terenurilor devine problematică.

Baza de date Corine Land Cover, care a fost folosită pentru analizarea modului de utilizare al terenurilor, a fost creată de Comisia Europeană prin programul Corine (Coordination of Information on the Environment), în anul 1980, cu scopul de a crea un set de baze de date spațiale cu nomenclatură unică la nivel european pentru o monitorizare mult mai facilă a schimbărilor de mediu și a categoriilor de utilizare a terenurilor (<https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover>).

Setul de date spațiale High Resolution Tree Cover Density, care a fost folosit pentru analizarea densității acoperirii cu arbori a suprafețelor împădurite, este un produs realizat de Copernicus Land Monitoring Service (<https://land.copernicus.eu/en/products/high-resolution-layer-tree-cover-density>).

Prin Tree Cover Density s-a încercat crearea unui set de date spațiale prin care să fie extrase toate zonele împădurite cu ajutorul imaginilor satelitare cu rezoluție mare Sentinel, fără a se mai utiliza unitatea minimă de cartografiere de 25 de hectare care este folosită în producerea setului de date spațiale Corine Land Cover. Elementul de noutate al acestui set de date spațiale este că a reușit să determine densitatea acoperirii cu arbori a arealelor împădurite, aceste caracteristici fiind un indicator important pentru studierea capacității arborilor de a proteja solul împotriva eroziunii.

Setul de date spațiale cu depozitele geologice ale sectorului studiat, folosit pentru analizarea litologiei sectorului studiat al Podișului Moldovei, a fost creat de Institutul Geologic Român prin vectorizarea celor 50 de foi ale Hărții Geologice a României 1:200.000, pe baza hărților geologice tipărite între anii 1960 și 1969 (<https://inspire.igr.ro>).

Setul de date spațiale cu unitățile de sol, folosit pentru analizarea distribuției tipurilor de sol în cadrul sectorului studiat al Podișului Moldovei, a fost creat de Institutul de Cercetare-Dezvoltare pentru Pedologie, Agrochimie și Protecția Mediului prin intermediul Sistemului Informatic Geografic SIGSTAR 200 care este

constituit din cele 50 de hărți ale solurilor realizate între anii 1963 și 1994 sub coordonarea lui Nicolae Cernescu și Nicolae Florea

3.2. Metodologia

În urma pregătirii celor 222 de modele numerice ale terenurilor pentru suprafețe de câte 100 km², s-au aplicat pașii metodologici descriși în diagrama flux (flowchart) prezentată în Figura 21.

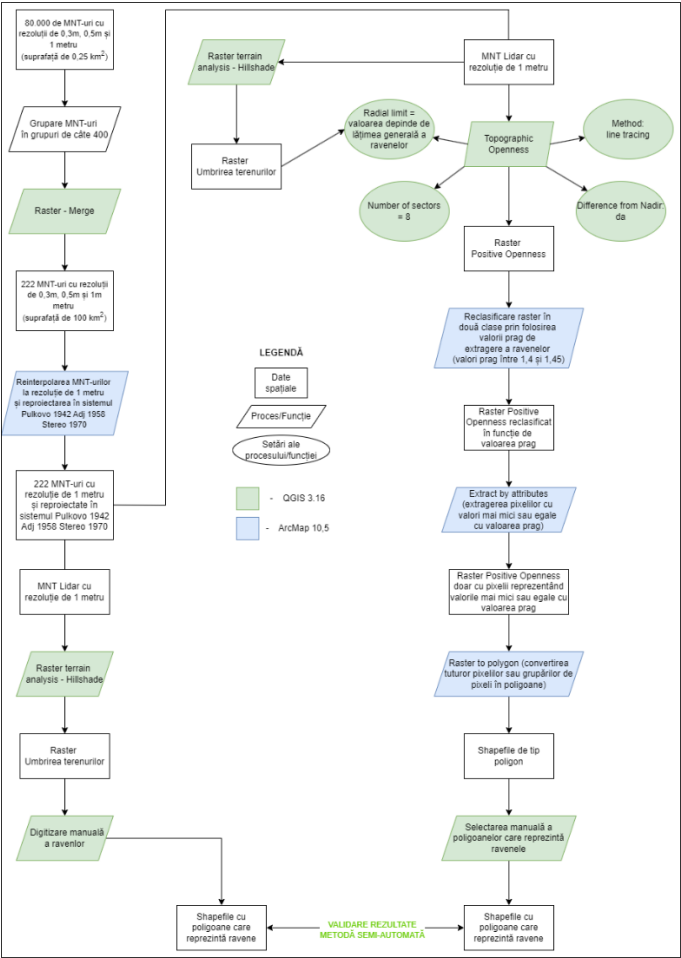


Figura 21. Diagrama de tip flowchart cu metodologia folosită pentru extragerea semi-automată a ravenelor din sectorul studiat al Podișului Moldovei

Topographic Openness este o funcție implementată în softul SAGA GIS, la secțiunea Terrain Analysis – Lighting, Visibility (Figura 22). Această funcție a fost folosită pentru a deriva paramentul topographic openness, conceput de Yokoyama și colab. (2002), ca o alternativă la rasterul clasic de umbrire în analiza suprafeței terenului.

Funcția determină gradul de ”închidere” sau ”deschidere” a suprafeței terenului (Yokoyama și colab., 2002). Mai exact, funcția Topographic Openness are două perspective: perspectiva positive openness și perspectiva negative openness. Perspectiva positive openness prezintă valori foarte mari ale unghiurilor pentru zonele cu cea mai mare deschidere topografică, punctul zenith având cea mai mare valoare, și valori foarte mici ale unghiurilor pentru zonele cele mai închise, punctul nadir având cea mai mică valoare.

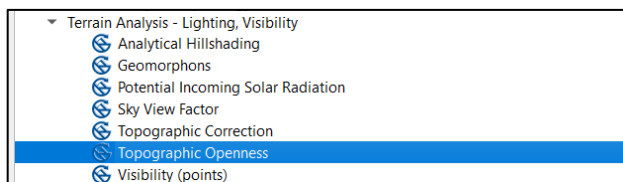


Figura 22. Funcția Topographic Openness de la secțiunea Terrain Analysis - Lighting, Visibility a plugin-ului SAGA dinl QGIS 3.16

Pentru a calcula valorile positive openness, din punctul zenith sunt trasate profile în cel puțin 8 puncte cardinale (nord, nord-est, est, sud-est, sud, sud-vest, vest și nord-vest), pe o distanță radială pe care o specificăm în funcție de dimensiunea formelor de relief pe care încercăm să le evidențiem. Valoarea medie a unghiurilor zenitale reprezintă valoarea positive openness (Doneus, 2013). Pentru a evidenția zonele depresionare, formele negative de relief, sau formele de eroziune cum ar fi ravenele, care sunt închise din punct de vedere topografic, am specificat ca distanța radială să fie trasată din punctul nadir, în cazul acestei lucrări, fundul/talvegul unei ravene. Astfel algoritmul este limitat în a plasa punctul zenith în cel mai deschis punct în funcție de distanța față de nadir pe care am specificat-o. Astfel, cea mai apropiată zonă închisă topografic de punctul zenith să fie interiorul ravenei de la maluri până la talveg. Valorile rasterelor rezultate au fost exprimate sub formă de radiani, de la 0 la π (Figura 23).

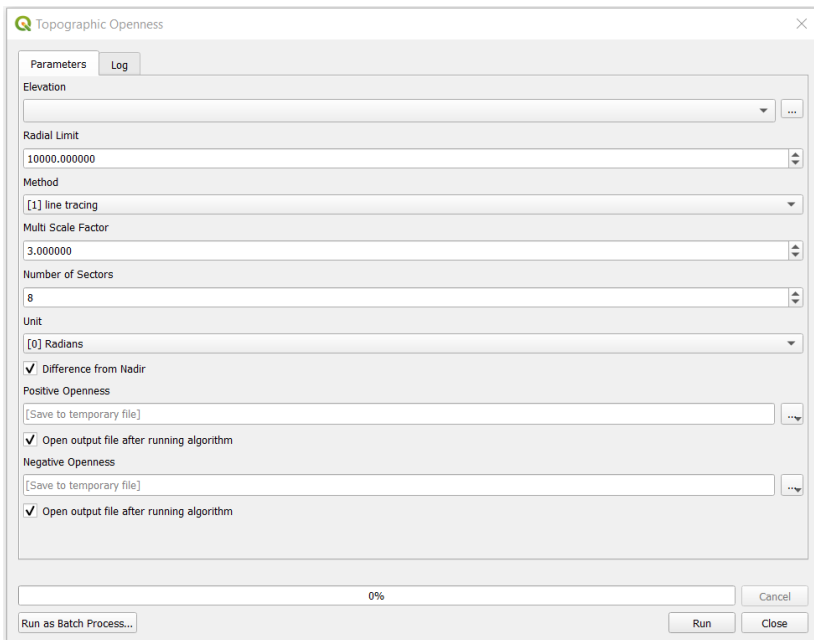


Figura 23. Fereastra default în urma accesării funcției Topographic Openness a plugin-ului SAGA din QGIS 3.16

Pentru a vedea dimensiunea ravenelor, s-a analizat rasterul cu umbrirea versanților, creat cu funcția Hillshade. Pentru arealele din zona Dealurilor Jijiei, limita radială a fost setată la distanțe de 20-30 de metri, în timp ce pentru arealele din Podișul Siretului, Coasta Iașilor, Podișul Central Moldovenesc, aceasta a fost setată la distanțe de 30-40 de metri. Spre sud, în Colinele Tutovei, Dealurile Fălciului și Podișul Covurlui, Radial Limit a fost setat la distanțe de 40-50 de metri.

La comanda Method s-a setat Line Tracing astfel încât să fie trasate profile în cele 8 direcții (puncte cardinale). Cele 8 direcții au fost specificate la Number of Sectors. La comanda Unit s-a setat Radians, ca unghiurile să fie calculate cu radiani, deoarece așa a putut fi stabilită mai ușor valoarea prag după care s-au extras zonele ravenate. La ultimele setări a fost bifată Difference from Nadir, astfel încât să calculeze limita radială de la punctul Nadir și nu de la punctul Zenith. Negative Openness a fost debifat, astfel încât să-mi rezulte doar rasterul cu perspectiva Positive Openness. După ce s-a obținut rasterul cu perspectiva Positive Openness, acesta a fost reclasificat în funcție de o valoare prag care a ajutat la diferențierea zonele ravenate de zonele neravenate (Figura 24).

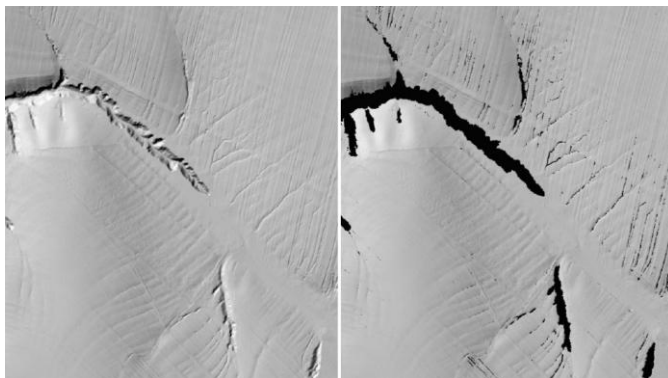


Figura 24. Rasterul reprezentând umbrirea versanților (stânga) și rasterul cu perspectiva Positive Openness, reclasificat după valoarea prag și suprapus peste rasterul cu umbrirea versanților (dreapta,) pentru vârful ravenei Vâlcioaia

În continuare, rasterul rezultat doar cu pixelii extrași a fost convertit într-un fișier vector de tip poligon, astfel încât să poată fi extrase manual doar ravenele din arealele analizate. După ce s-a obținut fișierul de tip vector cu toate poligoanele reprezentând ravene extrase, s-a realizat o operațiune de validare a rezultatelor. Pentru validare, au fost digitizate manual mai multe tipuri de ravene pentru a verifica acuratețea metodei folosite pentru extragerea semi-automată a ravenelor. Spre exemplificare, prezentăm modalitatea în care s-a realizat această validare pe ravenele identificate în Podișul Covurluiului (Figurile 25 și 26) (Codru și colab., 2023), și cele identificate în Dealurile Fălciului (Figura 27)

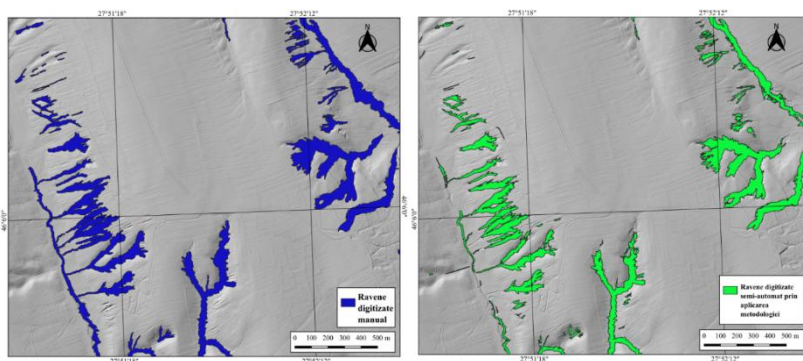


Figura 25. Ravene digitizate manual (stânga) și ravene digitizate semi-automat prin aplicarea metodologiei (dreapta), în nordul Podișului Covurlui (Codru și colab., 2023)

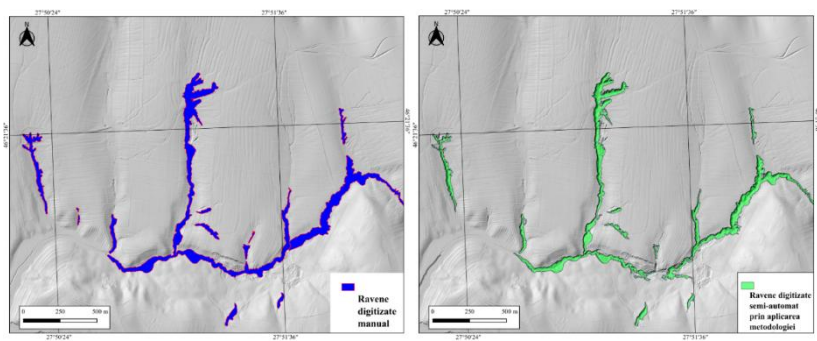


Figura 26. Ravene digitizate manual (stânga) și ravene digitizate semi-automat prin aplicarea metodologiei (dreapta), în sudul Dealurilor Fălciului

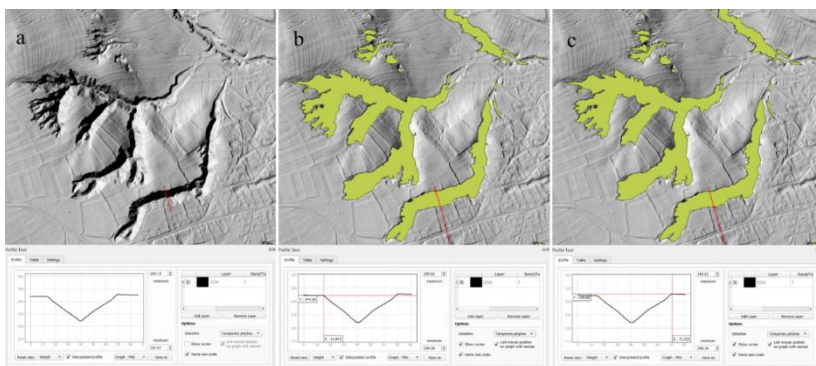


Figura 27. Secțiune LiDAR cu ravene din nordul Podișului Covurlui (a) și cu poligoanele digitizate semi-automat prin aplicarea metodologiei (b,c) (Codru și colab., 2023)

IV. REZULTATE ȘI DISCUȚII

4.1. Inventarul și distribuția spațială a ravenelor din arealul studiat al Podișului Moldovei

4.1.1. Inventarul ravenelor

În urma aplicării metodologiei pentru extragerea semi-automată a ravenelor cu ajutorul metodologiei în care a fost folosit modulul topographic openness și a perspectiva positive openness, au fost inventariate toate ravenele din sectorul aferent spațiului hidrografic Prut-Bârlad al Podișului Moldovei (Figura 28).

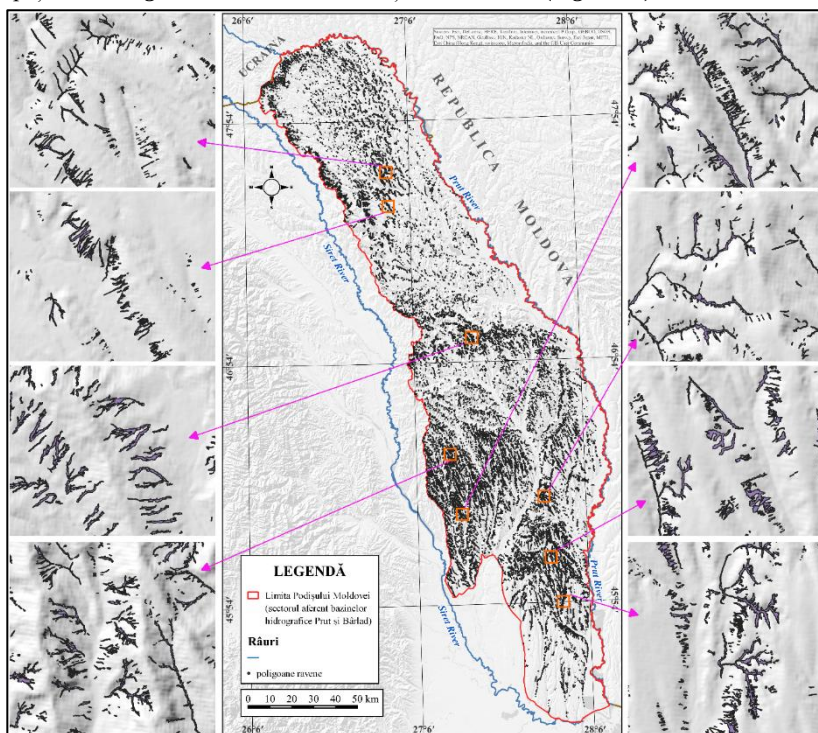


Figura 28. Harta distribuției ravenelor inventariate în sectorul studiat al Podișului Moldovei

Astfel, au fost identificate 64838 de poligoane, reprezentând ravene. Suprafața ocupată de acestea este de 238,6 km², reprezentând 1,27% din suprafața totală a sectorului studiat al Podișului Moldovei. În valoare absolută, cele mai multe ravene au fost inventariate în Podișul Bârladului (31263), urmate de cele din Podișul

Covurlui (15271) și Dealurile Jijiei (14156). În Podișul Siretului și Dealurile Huși-Elan-Horincea sunt evidențiate doar 2031 de ravene, respectiv 2078, iar în Lunca râului Prut doar 39.

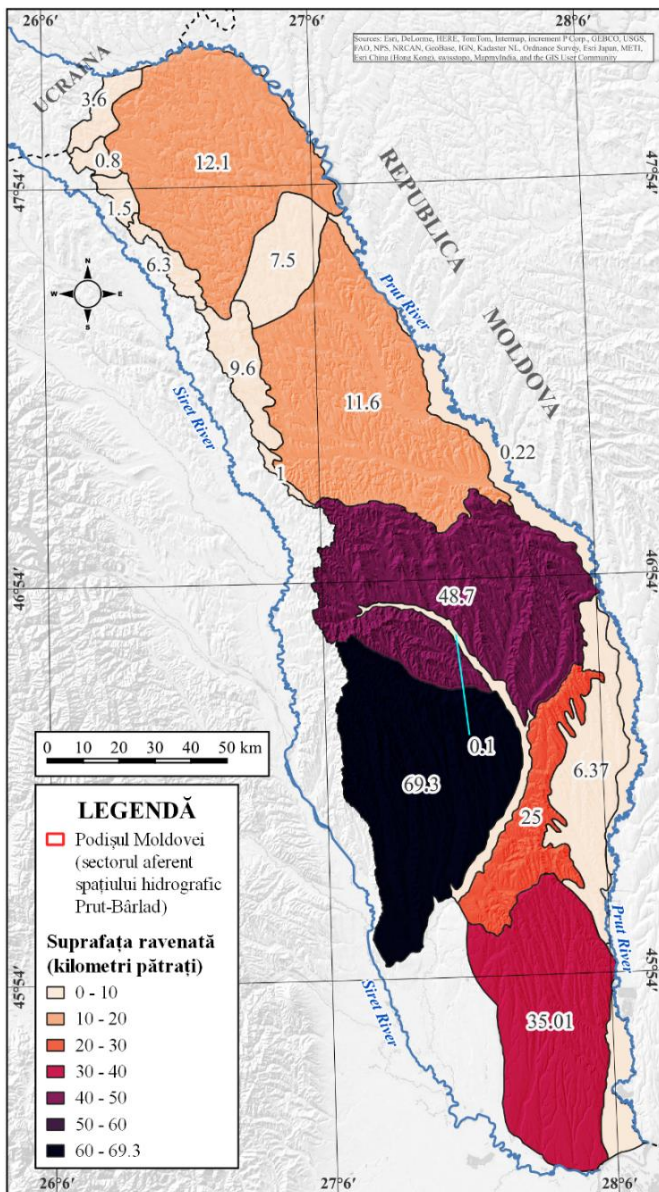
Tabelul 3. Numărul de ravene extrase și denistatea lor pe km2, pe subunități și subdiviziunile subunităților de relief

Subunitate	Subdiviziuni	Număr de ravene	Densitate (ravene/km ²)
Podișul Siretului	Dealurile Bour-Ibănești	767	4.10
	Șaua Dersca-Lozna	145	1.66
	Dealurile Hăpăi	226	2.21
	Șaua Bucecea	287	2.08
	Dealul Mare - Hârlău	437	1.14
Dealurile Jijiei	Șaua Strunga	169	3.70
	Dealurile Jijia-Bașeu	6910	2.61
	Dealurile Copalău-Guranda	2788	4.84
	Dealurile Jijia-Bahlui	4458	1.48
Podișul Bârladului	Podișul Central Moldovenesc	7808	2.42
	Colinele Tutovei	17628	6.37
	Lunca râului Bârlad	46	0.17
	Dealurile Fălciului	5781	6.25
Dealurile Husi-Elan-Horincea		2078	1.96
Podișul Covurlui		15271	6.70
Culoarul Prutului		39	0.04
Tot sectorul studiat		64838	1.27

Din punctul de vedere al suprafeței ocupate, în Podișul Bârladului ravenele însumează aproximativ 143 km², fiind cea mai afectată subunitate de relief. Celelalte subunități de relief care se evidențiază din acest punct de vedere sunt Podișul Covurlui, cu 35 km² ocupați de ravene, și Dealurile Jijiei, cu aproape 32 km², și Podișul Sucevei, cu 22,74 km² (Figura 29)

Din punct de vedere al ponderii suprafețelor ocupate de ravene din suprafața totală a subdiviziunilor, ordinea subunităților rămâne, în mare parte, la fel, însă diferențele nu mai sunt atât de mari ca în cazul suprafeței totale afectate de ravene (Figura 30).

Raportată la suprafața totală a sectorului aferent spațiului hidrografic Prut-Bârlad al Podișului Moldovei, densitatea calculată a ravenelor este de 3,46 ravene pe km². Pe subunități de relief și subdiviziunile acestora, se observă că densitatea maximă se întâlnește în Podișul Covurluiului cu 6,7 ravene/km², urmată de Podișul Bârladului cu 4,36 ravene/km² și abia apoi Dealurile Jijiei, Podișul Sucevei și Dealurile Huși-Elan-Horincea cu 2,27, 2,15, respectiv 1,96 ravene/km².



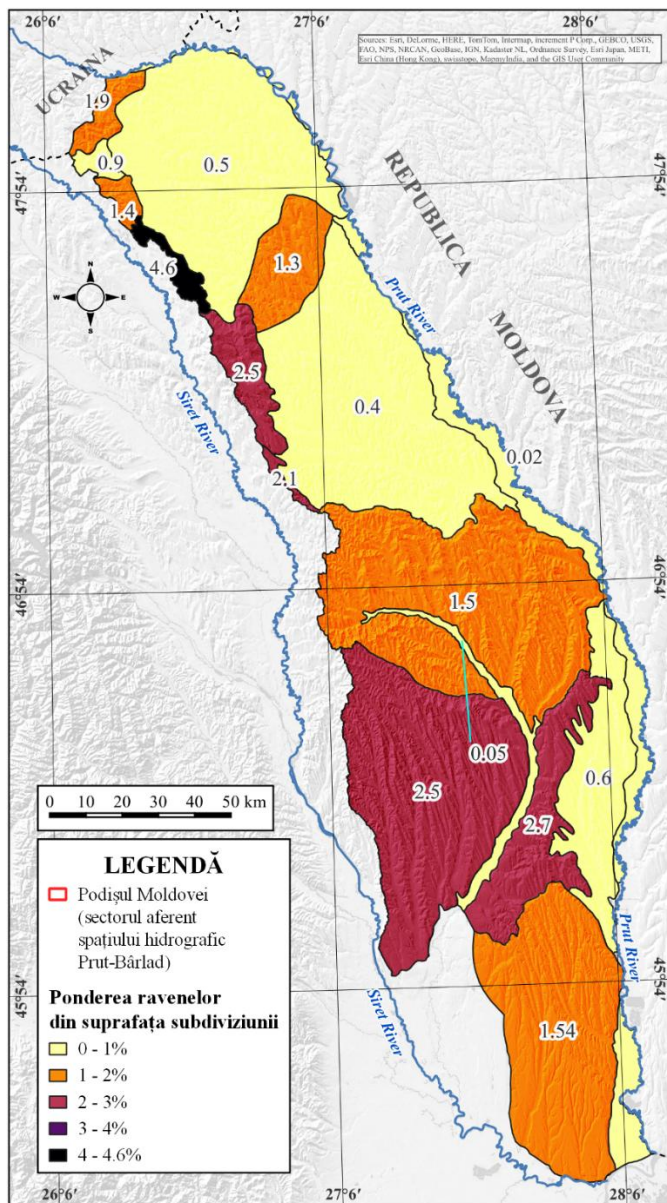


Figura 30. Ponderea suprafețelor ravenate din suprafața totală a subunităților și a subdiviziunilor subunităților de relief ale sectorului studiat al Podișului Moldovei

4.1.2. Distribuția spațială a suprafețelor ravenate din arealul cercetat al Podișului Moldovei (Indexul ravenelor)

După ce a fost determinat numărul total de ravene precum și suprafața ocupată de ravene din sectorul studiat, a fost creat un index al ravenelor prin care s-a determinat ponderea suprafeței de teren ocupată de ravene pe carioaje de un kilometru pătrat (Figura 31).

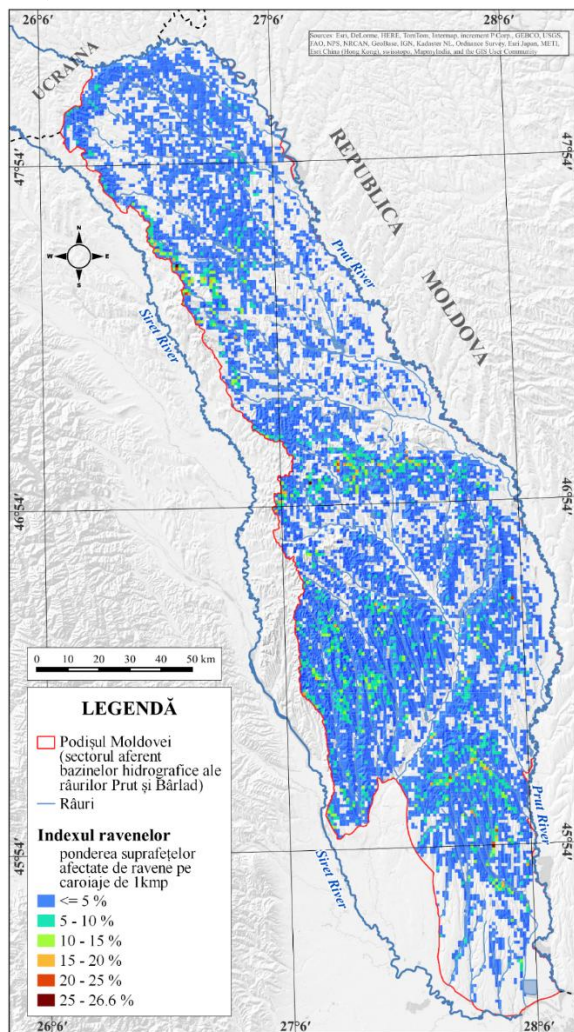


Figura 31. Indexul ravenelor din sectorul studiat al Podișului Moldovei, calculat pe carioaje de 1km²

După calcularea indexului pe tot sectorul, a fost calculat indexul mediu al ravenelor în cadrul subunităților și subdiviziunilor subunităților de relief ale sectorului studiat al Podișului Moldovei (Figura 32).

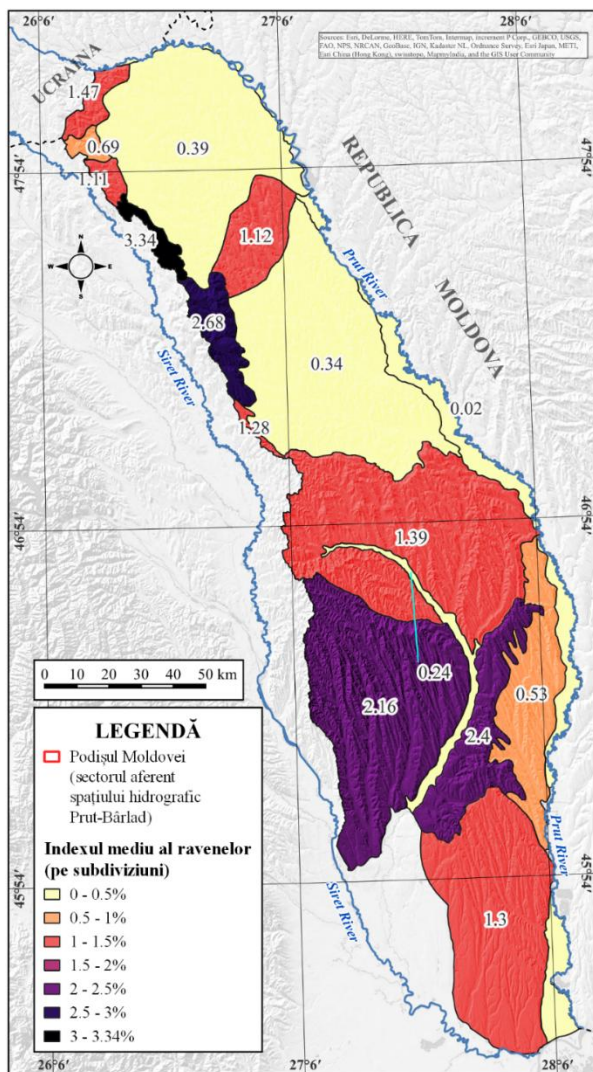


Figura 32. Indexul mediu al ravenelor în subunitățile și subdiviziunile subunităților sectorului studiat al Podișului Moldovei

4.2. Parametrii geomorfometrici descriptivi ai ravenelor

După ce a fost analizată distribuția suprafețelor ravenate, o analiză statistică detaliată la nivel general și pe subunități componente a fost realizată, referitor la principalii parametri geomorfometrici ai ravenelor, reprezentați prin: suprafață, amplitudinea altitudinală, înclinarea terenurilor afectate de ravene, volumul, respectiv adâncimea ravenelor.

Astfel, în cadrul sectorului studiat al Podișului Moldovei au fost identificate 64838 de poligoane cu ravene. Suprafața totală a ravenelor identificate în cadrul sectorului studiat al Podișului Moldovei este de 238,6 km², iar ponderea suprafețelor ravenate raportată la suprafața totală a sectorului este de 1,27%. Cea mai mare ravenă cartată din acest sector are o suprafață de 0,796 km², și a fost identificată în Dealu Mare – Hârlău din Podișul Siretului în timp ce, cea mai mică (52,99 mp), situație impusă de rezoluția modelului numeric avut la dispoziție, a fost identificată în Podișul Covurlui. Suprafața medie a ravenelor din sectorul studiat este de 3680 de mp, iar suprafața mediană este de 608,35 m².

Valoarea maximă a înclinării versanților, pe care au fost identificate ravenele din sectorul studiat, este de 57,9%, valoarea minimă este de 0%, valoarea medie este de 11,28%, iar valoarea mediană este de 11,28%.

Volumul total al ravenelor identificate în sectorul studiat al Podișului Moldovei este de 655.247.799 m³. Volumul mediu al ravenelor din sectorul studiat al Podișului Moldovei este de 10105,77 mc, iar volumul median este de 416,67 m³.

Adâncimea medie a ravenelor a fost determinată în urma raportului dintre volumul și suprafața ravenelor. Astfel, a rezultat că adâncimea medie a ravenelor din sectorul studiat al Podișului Moldovei este de 2,745 metri (Figura 33).

În urma realizării raportului a reieșit că cea mai mare adâncime medie a ravenelor o găsim în Podișul Covurlui (3,46 metri) și în Podișul Bârladului (2,93 metri). Dintre subdiviziunile Podișului Bârladului se evidențiază Colinele Tutovei, cu adâncimea medie a ravenelor de 3,09 metri, și Dealurile Fălciului, cu adâncimea medie a ravenelor de 3,4 metri. În Podișul Siretului adâncimea medie a ravenelor este de 2,47 metri, iar în Dealurile Jiiei avem cea mai mică adâncime medie, și anume 1,41 metri.

Dealurile Jijiei, Podișul Bârladului și Podișul Covurlui sunt subunitățile de relief unde au fost identificate cele mai multe ravene. Dacă din punct de vedere al numărului de ravene, cele trei subunități sunt cele mai afectate, din punct de vedere al densității (număr de ravene/km²), Podișul Bârladului și Podișul Covurlui ies în evidență cu densități de 4,35 ravene/km², respectiv 6,7 ravene/km², numărul de

ravene din Dealurile Jijiei nefiind la fel de mare ca în subunitățile amintite, dacă este să ne raportăm la suprafața subunității (Figura 34).

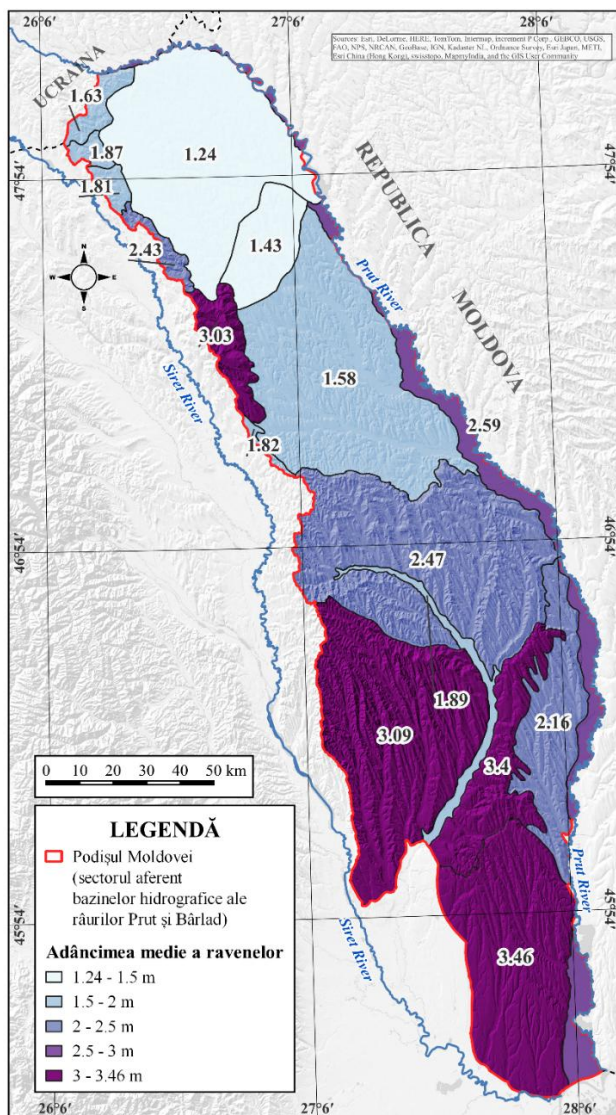


Figura 33. Adâncimea medie a ravenelor în subunitățile și subdiviziunile subunităților sectorului studiat al Podișului Moldovei

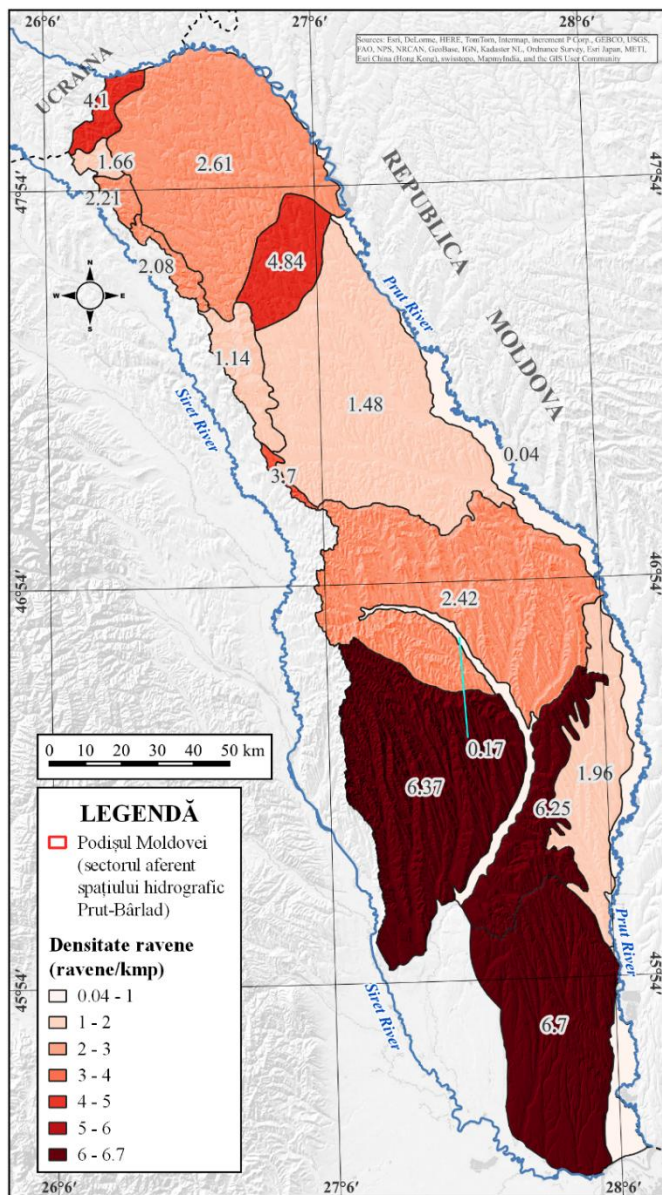


Figura 34. Densitatea ravenelor pe kilometru pătrat în cadrul subunităților și subdiviziunilor subunităților de relief ale sectorului studiat al Podișului Moldovei

Cele mai mari valori ale volumului total al ravenelor au fost identificate în Podișul Central Moldovenesc, Dealurile Fălciului, Colinele Tutovei, Dealu Mare – Hârlău și Șaua Bucecea (Figura 35).

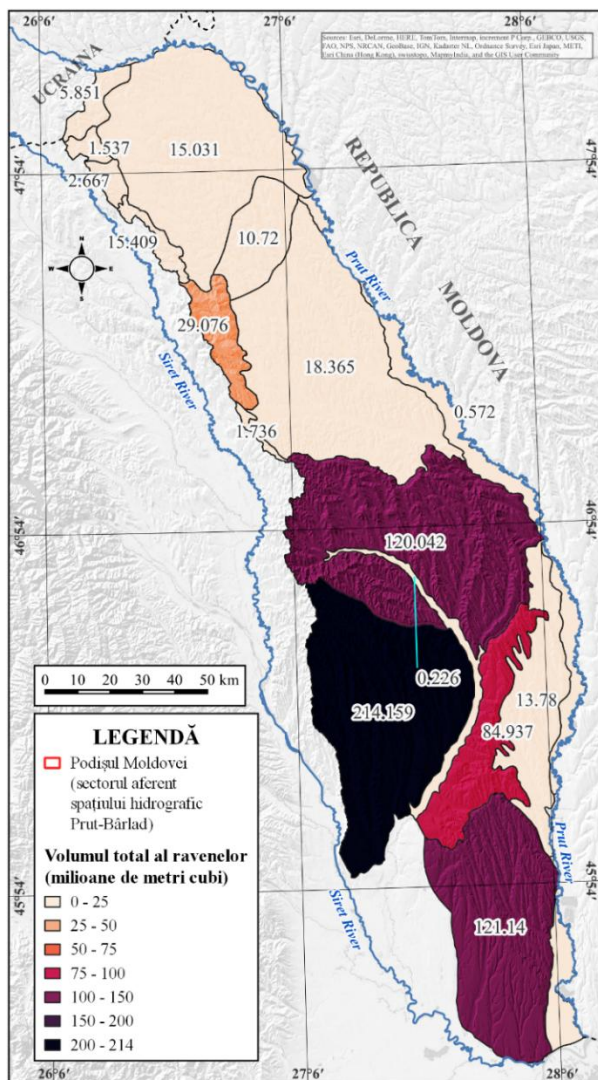


Figura 35. Adâncimea medie a ravenelor în cadrul subunităților și subdiviziunilor subunităților de relief ale sectorului studiat al Podișului Moldovei

Între parametrii geomorfometrici suprafață, volum, adâncime medie, altitudine medie și pantă medie, s-a analizat probabilitatea existenței unor corelații. Mai întâi, a fost realizată un diagramă matrice (matrix chart) (Figura 36), prin care s-a determinat dacă există sau nu corelație între parametrii enumerați, fără a mai fi nevoie să se realizeze cate o diagramă de dispersie (scatter plot) pentru fiecare combinație de parametri

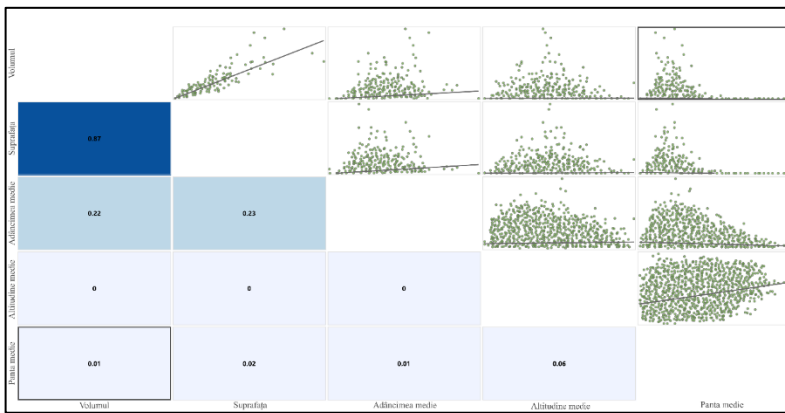


Figura 36. Diagrama matrice pentru analiza gradului de corelație între suprafața suprafața, volumul, adâncimea medie, altitudinea medie și panta medie a ravenelor

Din diagrama matrice a rezultat că există o singură corelație, și anume cea dintre suprafața ravenelor și volumul acestora. Această corelație este normală, având în vedere că o ravenă care se întinde pe o suprafață mare, are și volum mare. Între suprafață și adâncimea medie, respectiv între volum și adâncimea medie, avem valori foarte mici pentru R^2 , corelația neexistând la nivelul tuturor ravenelor.

4.3. Analiza distribuției spațiale a suprafețelor ravenate în raport cu factorii de mediu

4.3.1. Distribuția ravenelor pe depozite geologice

Din punct de vedere al numărului exact de ravene identificate pe terenurile clasificate în funcție de depozite geologice, cele mai multe au fost inventariate pe terenurile cu depozite chersonian-meoțiene (13556), volhiniene (10312), cuaternar-pleistocene (9599), basarabiene (9374), ponțian-daciene (7740) și romaniene (6952). De asemenea, și din punct de vedere al suprafețelor ocupate de ravene, cele mai multe, însumate, le găsim pe terenurile cu depozitele geologice chersonian-meoțiene (51,35

km²), basarabiene (51,08 km²), volhiniene (33,80 km²), , ponțian-daciene (24,11 km²) și cuternar-pleistocene (21,72 km²) (Tabelul 12).

În cazul densității ravenelor pe terenurile clasificate în funcție de depozitele geologice, cele mai mari valori au fost identificate pe terenurile cu depozite romaniene (14,44 ravene/km²), cuaternar-pleistocene cu strate de Bălăbănești (13,27 ravene/km²), ponțian-daciene (8,12 ravene/km²), cuaternar-pleistocene cu strate de Căndești (7,79 ravene/km²), respectiv chersonian-meoțiene (7,16 ravene/km²). În cazul terenurilor cu depozite volhiniene și basarabiene, unde au fost identificate populații mari de ravene și au fost calculate cele mai mari suprafețe afectate, densitățile sunt reduse (2,91 ravene/km², respectiv 2,23 ravene/km²) (Figura 37).

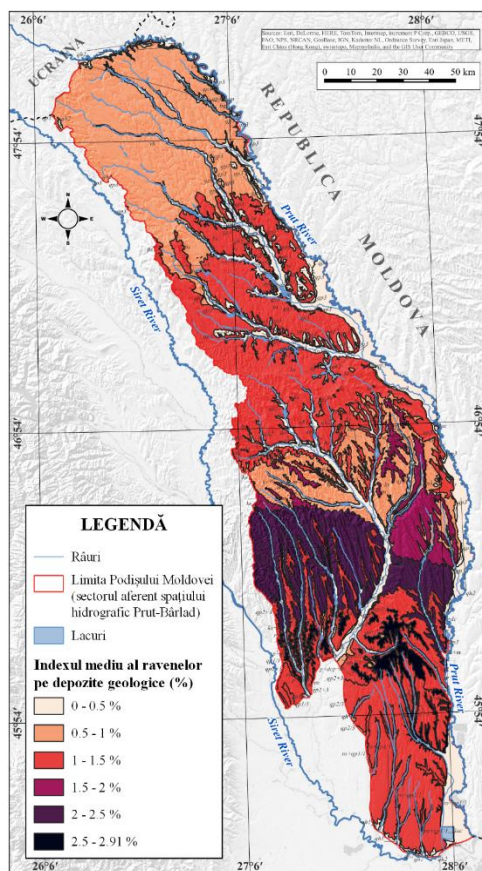


Figura 37. Indexul ravenelor pe depozitele geologice ale sectorului studiat al Podișului Moldovei

Pentru putea contura o concluzie mai solidă cu privire la volumul ravenelor în funcție de depozitele geologice ale terenurilor pe care au fost identificate, a fost calculată media adâncimilor medii a ravenelor (Figura 59), și apoi a fost calculat raportul dintre suprafața totală a terenurilor clasificate în funcție de depozitele geologice și volumul total al ravenelor identificate pe aceste terenuri.

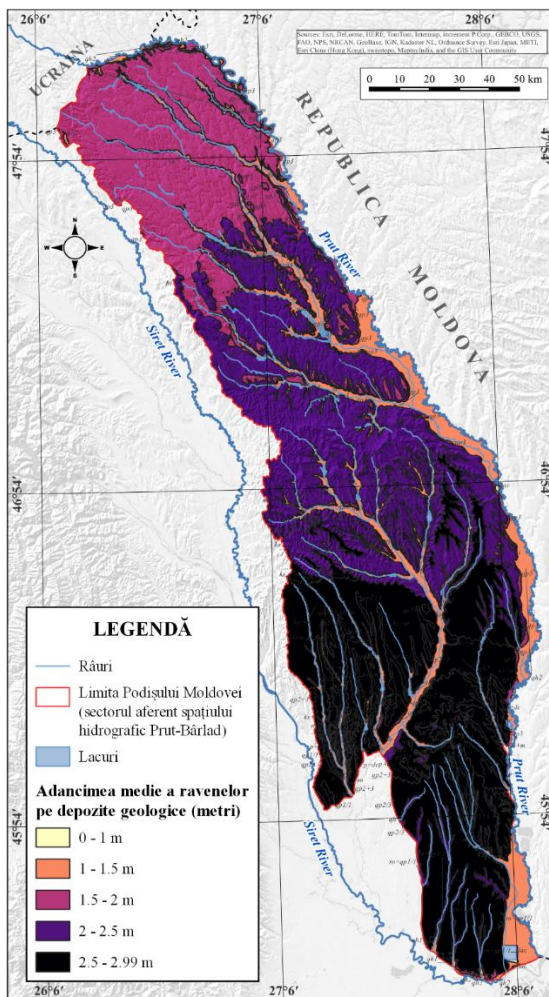


Figura 38. Adâncimea medie a ravenelor pe depozitele geologice ale sectorului studiat al Podișului Moldovei

Analizând media adâncimilor medii a ravenelor, care a fost calculată prin împărțirea volumului ravenelor la suprafața pe care acesta se extind, urmată de calcularea mediei rezultatelor obținute, a reieșit că ravenele cu cele mai mari adâncimi medii au fost identificate pe terenurile cu depozite chersonian-meoțiene, meoțiene, ponțian-daciene, romaniene, cuaternar-pleistocene (qp1/1) și cuaternar-pleistocene (qp2+3), adică depozite predominant nisipoase sau pietrișuri și nisipuri cuaternare foarte puțin consolidate.

4.3.2. Distribuția pe clase hipsometrice

După analiza realizată asupra numărului ravenelor și a suprafețelor ocupate de ravene în cadrul sectorului studiat, s-a analizat distribuția suprafețelor ocupate de ravene pe clase hipsometrice (Tabelul 4). Clasele hipsometrice sunt cele care au fost folosite la analiza geomorfometrică a versanților sectorului studiat.

Tabelul 4. Distribuția suprafețelor ravenate pe clase hipsometrice

Clase hipsometrice	Suprafața ravenată (km ²)	Ponderea din totalul suprafețelor ravenate (%)	Pondere din suprafața claselor hipsometrice (%)
sub 50 metri	3.26	1.37	0.22
50 - 100 metri	17.53	7.35	0.71
100 - 150 metri	45.41	19.03	1.05
150 - 200 metri	53.17	22.28	1.17
200 - 250 metri	55.46	23.24	1.93
250 - 300 metri	37.21	15.59	2.36
300 - 350 metri	18.43	7.72	2.08
350 - 400 metri	6.20	2.60	1.52
400 - 450 metri	1.49	0.62	1.02
450 - 500 metri	0.28	0.12	0.68
peste 500 metri	0.13	0.05	1.30

Dacă analizăm distribuția suprafețelor ravenate pe intervalele hipsometrice la nivelul sectorului studiat al Podișului Moldovei, vom observa că ponderile cele mai mari ale suprafețelor ravenate vor fi găsite pe terenurile cu altitudini cuprinse între 100 și 300 de metri. Însă, dacă analizăm raportul dintre suprafața claselor hipsometrice și suprafața ravenată, prin care am determinat ponderea afectată a claselor hipsometrice, vom observa că din terenurile clasificate în funcție de intervalele hipsometrice, cele cu altitudini cuprinse între 200 și 250 de metri, respectiv 250 și 300 de metri, prezintă o valoare ridicată a suprafeței totale ravenate și o valoare ridicată a ponderii suprafețelor ravenate din suprafața totală a clasei hipsometrice

4.3.3. Distribuția pe clase de înclinare a terenurilor

În cadrul sectorului studiat al Podișului Moldovei, după cum se poate observa și în Tabelul 5, cele mai multe suprafețe ravenate au fost identificate pe terenurile cu înclinări cuprinse între 5% și 10%, respectiv 10% și 15%. Suprafețe importante de ravene au fost identificate și pe terenurile cu înclinări de pământ în 20%. Deși din această perspectivă terenurile cu înclinări mai mari de 20% nu ar prezenta o susceptibilitate ridicată la ravenare, din punct de vedere al ponderii suprafețelor ravenate din suprafața claselor de înclinare, se schimbă rezultatele interpretării. Observăm că ponderile cele mai ridicate ale suprafețelor afectate de ravene le găsim la terenurile cu cele mai mari înclinări, iar cele mai mici ponderi la terenurile unde au fost identificate cele mai mari valori ale suprafețelor ravenate. O primă ipoteză pentru aceste tendințe ar fi că suprafețele mari afectate de ravene au fost identificate pe terenurile cu înclinări moderate datorită ponderii respectivelor suprafețe de teren din suprafața totală a sectorului studiat al Podișului Moldovei, și nu de o posibilă vulnerabilitate a acestor terenuri la eroziunea prin ravenare.

Tabelul 5. Distribuția suprafețelor ravenate pe clase de înclinare a terenurilor

Clase de înclinare	Suprafețele ravenate (km ²)	Ponderea din suprafața totală ravenată (%)	Pondere din suprafața clasei de înclinare (%)
0 -2%	5.62	2.36	0.20
2 - 5%	25.48	10.68	0.71
5 - 10 %	68.39	28.66	1.29
10 - 15 %	71.10	29.80	1.81
15 - 20 %	41.97	17.59	2.06
20 - 25 %	17.06	7.15	2.23
25 - 30 %	6.03	2.53	2.38
peste 30 %	2.93	1.23	2.66

La nivelul întregului sector studiat al Podișului Moldovei, observăm că suprafețele ravenate sunt distribuite majoritar pe terenurile cu înclinări medii, care se încadrează în intervalele de înclinare cuprinse între 5% și 10%, respectiv 10% și 15%. Dintre cele două clase unde sunt distribuite cele mai multe suprafețe ravenate, pe terenurile cu înclinări cuprinse între 10% și 15% ravenele au cea mai mare distribuție când vine vorba de raportul dintre suprafața ravenată și suprafața terenurilor clasificate în funcție de clasele de înclinare.

4.3.4. Distribuția ravenelor pe suprafețe ale terenurilor clasificate după metoda lui Iwahashi și Pike (2007)

În această secțiune a fost analizată distribuția suprafețelor ravenate pe terenurile clasificate în funcție de concavitate și înclinare după metoda lui Iwahashi și Pike (2007). Înclinarea în acest context este diferită de studiul inițial făcut doar pe înclinare, deoarece această variabilă clasifică valorile în funcție de grade, nu de procente.

Astfel, în cadrul sectorului studiat al Podișului Moldovei, cea mai mare pondere a suprafețelor ravenate, adică 54,2% (129,33 km²), au fost identificate pe terenurile cu înclinare foarte mare și concavitate mare, fiind urmate de suprafețe ravenate care au fost identificate pe terenurile cu înclinare mare și concavitate mare, respectiv terenurile cu înclinare moderată și concavitate mare. Ponderea suprafețelor ravenate din suprafața totală a terenurilor clasificate după această metodă ne arată că terenurile cu concavitate mare și înclinare ridicată sunt vizate și în acest caz de ravenare (Tabelul 6).

Tabelul 6. Distribuția suprafețelor ravenate pe terenurile clasificate după metoda Iwahashi și Pike

Clasificare versanți după concavitate si înclinare	Suprafața ravenată (km ²)	Pondere din totalul suprafețelor ravenate (%)	Pondere din suprafața clasei (%)
Înclinare foarte mare, concavitate mare	129.33	54.20	2.47
Înclinare mare, concavitate mare	58.70	24.60	2.04
Înclinare moderată, concavitate mare	18.67	7.82	1.55
Înclinare foarte mare, concavitate mică	18.48	7.74	0.61
Înclinare mică, concavitate mare	9.14	3.83	1.11
Înclinare mare, concavitate mică	3.73	1.56	0.15
Înclinare moderată, concavitate mică	0.43	0.18	0.03
Înclinare mică, concavitate mică	0.14	0.06	0.01

Majoritatea suprafețelor ravenate, în aproape toate cazurile, au fost identificate pe terenurile cu concavitate mare. Indiferent că înclinare terenurilor era mică, moderată, mare sau foarte mare, majoritatea suprafețelor ravenate au fost identificate pe terenurile cu concavitate mare, atât ponderile suprafețelor ravenate din suprafața totală ravenată, cât și ponderile suprafețelor ravenate din suprafața totală a terenurilor clasificate în funcție de clasele de concavitate și înclinare, fiind mari în cazul terenurilor cu concavitate mare.

4.3.5. Distribuția pe clase de utilizare a terenurilor

Cu ajutorul acestei analize putem determina care sunt clasele de utilizare a terenurilor cele mai afectate de ravenare și care este procentul de ravene împădurite cu densități foarte mari ale arborilor.

Analizând distribuția suprafețelor ravenate pe categoriile de utilizare a terenurilor din sectorul studiat al Podișului Moldovei, se poate observa că o bună parte dintre acestea sunt împădurite cu păduri de foioase (37%), se află în cadrul pășunilor (21,7%), iar restul se găsesc pe terenurile agricole sau în cadrul localităților (Tabelul 7).

Tabelul 7. Distribuția ravenelor pe clase de utilizare a terenurilor, conform CLC 2018

Clase de utilizare a terenurilor CLC 2018	Suprafețele ravenate (km ²)	Pondere din totalul suprafețelor ravenate (%)	Pondere din suprafața clasei de utilizare a terenurilor (%)
Păduri de foioase	88.52	37.10	3.49
Pășuni	51.83	21.72	1.89
Terenuri predominant agricole	28.20	11.82	3.90
Terenuri arabile neirigate	23.73	9.95	0.25
Spațiu urban sau rural discontinuu	14.64	6.14	1.20
Terenuri cu culturi complexe	13.45	5.64	1.64
Zone de tranziție pădure-tufăriș	10.53	4.41	5.35
Vii	4.51	1.89	0.83
Plantații de pomi fructiferi și arbuști	2.50	1.05	1.35
Alte utilizări	0.50	0.20	0.22

Prezența ravenelor pe terenurile arabile neirigate ne arată și ne confirmă că în cadrul sectorului studiat al Podișului Moldovei, modul în care sunt organizate și amenajate o bună parte din terenurile agricole este incorect, sistemul tradițional de arătură deal-vale fiind încă practicat pe majoritatea terenurilor arabile, acest lucru fiind unul dintre principalele motive ale inițierii și manifestării eroziunii în suprafață și apoi în adâncime din Podișul Moldovei.

Prezența suprafețelor ravenate pe terenurile ocupate de pășuni în foarte multe cazuri, după cum putem observa și din distribuția lor în subunitățile de relief, poate fi explicată din două puncte de vedere. Un prin motiv al distribuției suprafețelor ravenate pe terenurile ocupate de pășuni ar fi modul incorect prin care sunt exploatate pășunile, prin nerespectarea perioadelor în care trebuie lăsată vegetația să se dezvolte, iar al doilea motiv ar fi acela că, în urma dezvoltării ravenelor care fragmentează puternic versanții, terenurile devin foarte greu sau imposibil de lucrat, iar solurile sunt sărăcite de humus și diverși nutrienți, făcându-i pe proprietari să schimbe modul în care sunt utilizate terenurile, categoria cea mai la îndemână fiind pășunea.

4.3.6. Distribuția suprafețelor ravenate împădurite și densitatea acoperirii cu arbori a acestora

În cadrul sectorului aferent spațiului hidrologic Prut-Bârlad al Podișului Moldovei, conform setului de date spațiale Tree Cover Density, din suprafața totală a ravenelor de 238,4 km², 151,17 km² sunt împăduriți, adică aproximativ 63%.

Analizând situația la nivelul subunităților de relief, observăm că cele mai mari ponderi ale suprafețelor ravenate împădurite le găsim în Podișul Siretului și Podișul Bârladului (peste 75%), respectiv în Podișul Covurlui (aprox. 56%). Subunitățile de relief unde avem cele mai mici ponderi ale suprafețelor ravenate împădurite sunt Dealurile Jijiei (aprox 21%) și Lunca râului Prut (aprox. 24%) (Tabelul 8).

Tabelul 8. Suprafața împădurită a ravenelor și ponderea acestora din totalul suprafețelor ravenate, pe subunități de relief și subdiviziunile subunităților de relief, conform Tree Cover Density 2018

Subunitate	Suprafața împădurită a ravenelor (km ²)	Pondere din totalul suprafeței ravenate (%)	Subdiviziuni	Suprafața împădurită a ravenelor (km ²)	Pondere din totalul suprafeței ravenate (%)
Podișul Siretului	17.85	78.50	Dealurile Bour-Ibănești	3.33	93.21
			Șaua Dersca-Lozna	0.68	82.80
			Dealurile Hăpâi	1.29	87.69
			Șaua Bucecea	4.71	74.45
			Dealul Mare - Hârlău	7.19	74.96
			Șaua Strunga	0.65	68.05
Dealurile Jijiei	6.64	21.25	Dealurile Jijia-Bășeu	2.03	16.75
			Dealurile Copalău-Guranda	2.11	28.12
			Dealurile Jijia-Bahlui	2.51	21.50
Podișul Bârladului	104.80	73.27	Podișul Central Moldovenesc	36.66	75.34
			Colinele Tutovei	52.61	75.96
			Lunca râului Bârlad	0.07	57.21
			Dealurile Fălciului	15.46	61.86
Dealurile Husi-Elan-Horincea	2.08	32.66			
Podișul Covurlui	19.74	56.39			
Lunca râului Prut	0.05	24.30			
Podișul Moldovei (sectorul studiat)	151.17	63.35			

Tabelul 9. Distribuția suprafețelor ravenate împădurite pe clase de densitatea a acoperirii cu arbori, conform Tree Cover Density 2018

Clase TCD	Suprafața ravenată (km ²)	Pondere din totalul suprafețelor ravenate (%)	Pondere din totalul suprafețelor ravenate împădurite (%)	Pondere din suprafața claselor TCD (%)
0%-10%	0.04	0.02	0.03	2.45
10%-20%	0.29	0.12	0.19	2.74
20%-30%	1.59	0.67	1.05	3.35
30%-40%	5.56	2.33	3.68	4.33
40%-50%	12.82	5.37	8.48	5.56
50%-60%	21.99	9.21	14.54	6.21
60%-70%	34.39	14.41	22.75	5.10
70%-80%	41.16	17.25	27.23	3.92
80%-90%	25.43	10.66	16.82	3.89
90%-100%	7.89	3.31	5.22	4.77

4.3.7. Distribuția pe tipuri de sol

Distribuția suprafețelor ravenate pe tipurile de sol din sectorul studiat al Podișului Moldovei, ne evidențiază faptul că cernoziomurile, luvosolurile și faeoziomurile dețin cele mai mari ponderi ale suprafețelor ravenate, raportate la suprafața ravenată totală (Tabelul 10). Ponderi importante au fost identificate și pe aluviosoluri, respectiv antrosoluri erodice. Atunci când este analizată ponderea suprafețelor ravenate din suprafața totală a tipurilor de sol, situația se schimbă în sensul în care, deși cernoziomurile dețin cea mai mare pondere a ravenelor, această pondere este influențată în mare măsură de suprafața lor, care este cea mai mare, dominând peisajul sectorului studiat al Podișului Moldovei.

Tabelul 10. Distribuția suprafețelor ravenate pe tipuri de sol

Tipuri de sol	Suprafața ravenată (km ²)	Ponderea din totalul suprafețelor ravenate (%)	Ponderea din suprafața tipului de sol (%)
Cernoziom	84.30	35.33	0.86
Aluviosol	15.53	6.51	0.63
Luvosol	64.44	27.01	2.72
Faeoziom	46.12	19.33	2.14
Antrosol erodic	19.25	8.07	2.20
Preluvosol	5.32	2.23	1.66
Solonet	0.23	0.10	0.10
Gleiosol	0.64	0.27	0.45
Pseudorendzine	1.44	0.60	1.51
Stagnosol	0.69	0.29	3.28
Rendzine	0.25	0.11	1.83
Alte tipuri de sol	0.12	0.05	0.38

În cazul ponderilor suprafețelor ravenate împădurite, raportate la suprafața totală a tipurilor de sol, avem aceeași situație ca în cazul tuturor suprafețelor ravenate. Ponderile cele mai mari le avem în cazul luvosolurilor, faeoziomurilor și antrosolurilor erodice, iar cernoziomurile, chiar dacă dețin o pondere și mai mare în acest caz de ravene neîmpădurite, tot au o suprafață prea mare ca suprafețele ravenate neîmpădurite să conteze în această situație (Tabelul 11).

Tabelul 11. Distribuția suprafețelor ravenate neîmpădurite pe tipuri de sol

Tipuri de soluri neîmpădurite	Suprafața ravenată neîmpădurită (km ²)	Ponderea din suprafața ravenată neîmpădurită (%)	Ponderea din suprafața tipului de sol (%)
Cernoziom	65.69	43.94	0.70
Faeoziom	27.94	18.69	1.67
Luvosol	25.32	16.93	1.94
Antrosol erodic	13.51	9.03	1.78
Aluviosol	11.55	7.72	0.51
Preluvosol	2.83	1.89	1.43
Pseudorendzine	1.07	0.71	1.43
Stagnosol	0.57	0.38	2.91
Gleiosol	0.46	0.31	0.33
Solonet	0.19	0.13	0.09
Rendzine	0.17	0.11	1.94

4.3.8. Tipologii de ravene și dinamica lor. Studii de caz

În literatura națională și internațională avem clasificări realizate pe baza profilului longitudinal al ravenelor (Leopold și Miller, 1956; Heede, 1980), în funcție de configurația în plan a ravenelor (Ireland, 1939; Schumm și colab., 1984), în funcție de forma secțiunii transversale a ravenelor (Nordstrom, 1988), în funcție de ciclul de evoluție al ravenelor (Poesen și Govers, 1990), în funcție de adâncimea, lățimea și suprafața de drenaj (Băloiu, 1965; Moțoc, 1963, 1975) și în funcție de intensitatea procesului de ravenare (Moțoc, 1975).

Totuși, una dintre cele mai detaliate clasificări realizate pentru ravenele din Podișul Moldovei este cea realizată de Ioniță (1998), unde ravenele au fost împărțite în două mari categorii: ravene continue și ravene discontinue, care la rândul lor au fost împărțite în mai multe subcategorii. Această clasificare va deveni reperul pentru cele două studii de caz care vor fi prezentate ulterior, deoarece în Podișul Moldovei avem două zone cu densități mari de ravene, poziționate în nordul și în sudul Podișului, una preponderent cu ravene discontinue și una preponderent cu ravene continue.

4.3.8.1. Ravene discontinue. Studiu de caz: Ravena Valea Nucului, Ceplenița

Ravana Valea Nucului (Figura 39) se află în bazinul hidrografic al râului Bahlui, fiind poziționată între unitățile administrativ-teritoriale Ceplenița și Coarnele Caprei. Această ravenă, care reprezintă cel mai bine tiparul ravenelor dezvoltate pe solurile sărăturate, a fost măsurată în ultimii 10 ani cu ajutorul GPS-ului, stației totale, cu ajutorul modelului numeric Structure from Motion obținut cu ajutorul unei drone DJI Air 2, și cu ajutorul unei drone cu senzor LiDAR DJI Matrice 300 RTK (Figura 40)



Figura 39. Ravena Valea Nucului (perspectivă aeriană din amonte)

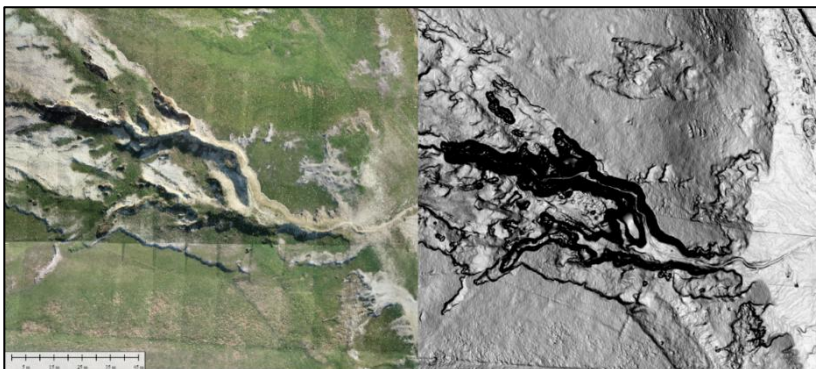


Figura 40. Ortofotoplan al ravenei Valea Nucului (stânga) și rasterul care reprezintă umbrirea versanților pentru ravena Valea Nucului (ambele obținute cu drona DJI Matrice)

În urma măsurătorilor succesive, s-a putut determina cât de mult s-a mărit ravena în ultimii 10 ani, atât din punct de vedere a suprafeței cât și a lungimii, volumul erodat și s-a putut observa modul în care aceasta s-a dezvoltat, și anume prin prăbușirea părții superioare a canalelor formate în urma dizolvării sărurilor. Rata de retragere a vârfului principal al ravenei Valea Nucului este de 1 metru/an, în perioada 2014-2024 retrăgându-se 10 metri (Figura 41)

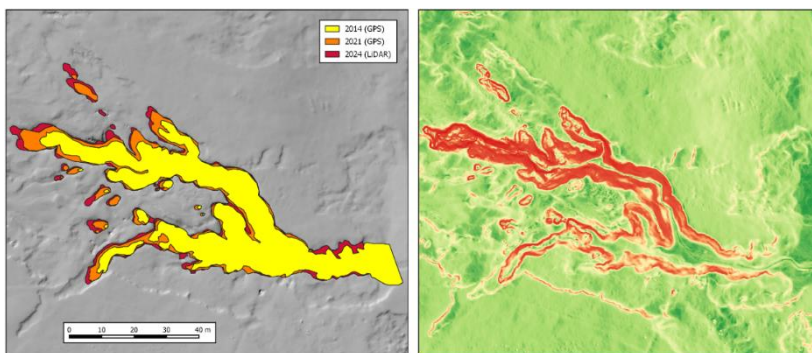


Figura 41. Rezultate a măsurătorilor realizate în anii 2014, 2021 și 2024 (stânga) și rasterul cu valorile înclinării versanților, unde culoarea roșu reprezintă versanți cu înclinare de peste 30% (dreapta)

4.3.8.2. Ravene continui. Studiu de caz: Ravena Vâlcioaia

Pentru acest studiu de caz a fost analizată doar partea superioară a ravenei Vâlcioaia (Figura 42), unde este și vârful principal, deoarece ravena se întinde pe

aproximativ 2,7 kilometri și pentru că retragerea vârfurilor reprezintă unul dintre cele mai importante aspecte ale ravenelor de fund de vale. În ultimi 10 ani, vârful ravenei Vâlcioaia s-a retras 43 metri, media anuală fiind 4,3 metri. Deja se poate observa o diferență foarte mare față de ravena din Dealurile Jijiei care a avut o retragere anuală de 1 metru. Doar pentru acest segment au fost calculate suprafețele pentru cei patru ani, și a rezultat că în anul 2014 această porțiune a vârfului ravenei avea o suprafață de 3381 m², în anul 2018 avea suprafață de 4020 m², în anul 2021 avea o suprafață de 4844 de metri pătrați, iar în anul 2024 avea o suprafață de 5975 m². Din aceste rezultate putem deduce că suprafața erodată a acestei porțiuni a vârfului ravenei aproape s-a dublat, creșterea anuală fiind de 259 m² (Figura 43)

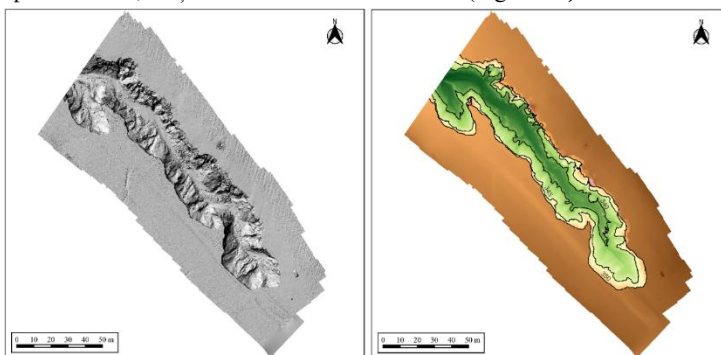


Figura 42. Ravena Vâlcioaia (rasterul reprezentând umbrirea versanților, în stânga, și rasterul reprezentând altitudinile, în dreapta)

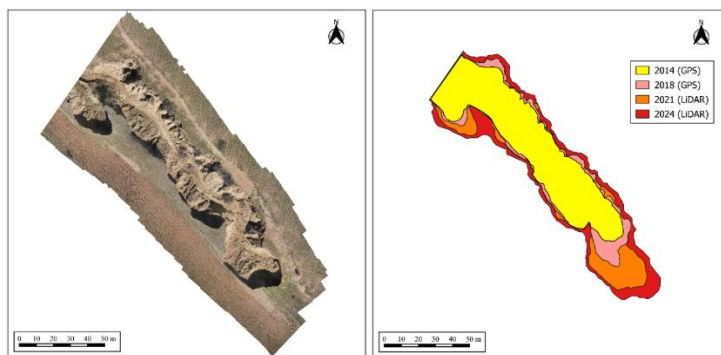


Figura 43. Ravena Vâlcioaia (ortofotoplan obținut cu ajutorul dronei în 2021, în stânga, și evoluția acesteia în ultimii 10 ani)

CONCLUZII

Inventarierea formelor de eroziune în adâncime, ravenele în acest caz, reprezintă un pas foarte important în cunoașterea aprofundată a acestui tip de eroziune, precum și în analiza stării terenurilor din sectorul studiat al Podișului Moldovei. Rezultatele acestui studiu și analizarea distribuției ravenelor, volumului ravenelor și suprafețelor afectate de ravene pe întregul sector, pe subunitățile de relief și pe subdiviziunile subunităților de relief, și apoi de diferiți factori de mediu, ne poate evidenția zonele problematice ale sectorului studiat al Podișului Moldovei și diferitele tipologii de ravene. Inventarul tuturor ravenelor din acest sector, realizat prin folosirea modelelor numerice ale terenurilor de mare rezoluție, derivate din nori de puncte LiDAR, prezintă o importanță deosebită deoarece reprezintă un element de noutate în studierea acestor forme de eroziune în adâncime, dar și pentru că avem poziția, suprafața și forma exactă a acestora. Inventarul ne ajută în a înțelege mult mai bine caracteristicile fizice ale ravenelor și modul în care factorii de mediu au influențat distribuția, dezvoltarea, densitatea și volumul lor. Prin inventarul prezentat s-a reușit crearea unei baze de date solide care va fi folosită atât pentru analiza situației la nivelul anului 2012, atunci când au fost creați norii de puncte pentru spațiul hidrografic Prut-Bârlad, cât și pentru cercetări ulterioare care vor viza modul în care vor evolua aceste forme de eroziune în adâncime și cât de susceptibile sunt terenurile la acest tip de eroziune. Această bază de date va putea fi folosită de orice instituție abilitată pentru managementul și conservarea solurilor în efortul lor de a organiza și amenaja terenurile din zonele vizate.

În urma analizării distribuției ravenelor din sectorul studiat al Podișului Moldovei, a reieșit că în sectorul studiat al Podișului Moldovei avem 64838 de ravene, iar în subunitățile de relief ale Podișul Bârladului, Podișul Covurlui și Dealurilor Jijiei avem cele mai mari populații de ravene. În Podișul Siretului avem 2031 de ravene, în Dealurile Jijiei avem 14156 de ravene, în Podișul Bârladului avem 31263 de ravene, în Dealurile Huși-Elan-Horincea avem 2078 de ravene, iar în Podișul Covurlui avem 15271 de ravene.

Din punct de vedere a suprafeței ocupate de ravene, Podișul Bârladului deține mai mult de jumătate din cei 238,6 km² ocupați de ravene, aproape 60%, fiind urmat de la mare distanță de Podișul Covurlui, Dealurile Jijiei și Podișul Siretului, care însumate nu dețin jumătate din suprafețele ravenate ale sectorului studiat al Podișului Moldovei. Cei 238,6 km² ocupați de ravene reprezintă 1,27% din suprafața totală a sectorului studiat.

Calcularea volumului tuturor ravenelor din sectorul studiat al Podișului Moldovei a scos la iveală faptul că diferențele dintre partea central-nordică și partea central-sudică nu se reflectă doar din punct de vedere al suprafețelor afectate, ci și din punct de vedere a cantităților de material care a fost erodat de ravene de-a lungul timpului. Din volumul total de peste 655 de milioane de metri cubi ai ravenelor din întregul sector studiat, aproximativ 419 milioane de metri cubi sunt deținuți doar de ravenele din Podișul Bârladului, iar 121 de milioane de metri cubi sunt deținuți de ravenele din Podișul Covurlui. Restul de aproape 115 milioane de metri cubi sunt deținuți de ravenele din Dealurile Jijiei, Podișul Siretului și Dealurile Huși-Elan-Horincea.

Concluziile finale pe care le putem trage în urma realizării acestei lucrări sunt următoarele:

- inventarul detaliat al ravenelor din sectorul aferent spațiului hidrografic Prut-Bârlad este important prin prisma faptului că putem identifica poziția exactă a fiecărei ravene, pentru a analiza distribuția ravenelor în funcție de diverși parametri, pentru a analiza modul în care acestea au evoluat și pentru a le putea monitoriza evoluția în viitor;

- În sectorul studiat al Podișului Moldovei au fost identificate 64383, cele mai mari densități fiind identificate în partea nordică și în partea central sudică a sectorului

- Tipologia ravenelor din nordul sectorului studiat al Podișului Moldovei este total diferită de tipologia ravenelor din sudul sectorului. Prin intermediul acestui studiu am adus în discuție acest aspect, însă pentru a se putea contura o concluzie solidă asupra tipologiilor existente, se vor realiza studii mult mai detaliate în viitor.

- Inventarul tuturor ravenelor poate fi de mare ajutor pentru instituțiile abilitate în combaterea eroziunii solurilor, în sensul în care pot fi identificate zonele cu probleme, unde ar trebui luate măsuri necesare pentru conservarea solurilor sau stoparea retragerii vârfurilor de ravene

BIBLIOGRAFIE

1. Abatzoglou, J.T., Dobrowski, S.Z., Parks, S.A., Hegewisch, K.C., 2018. TerraClimate, a high-resolution global dataset of monthly climate and climatic water balance from 1958–2015. *Scientific Data*, 5(1), 170191. <https://doi.org/10.1038/sdata.2017.191>;
2. Achten, W.M.J.D., Mugogo, S., Kafiriti, E., Poesen, J., Deckers, J., Muys, B., 2008. Gully erosion in South Eastern Tanzania: Spatial distribution and topographic thresholds. *Zeitschrift Für Geomorphologie*, 225–235. <https://doi.org/10.1127/0372-8854/2008/0052-0225>;
3. Apostol, S., 1999. Protectoratul Rusiei asupra Principatelor Române, 1774-1856: Între dominație absolută și anexiune. Editura Saeculum I.O., București;
4. Băcăuanu, V., 1968. Cîmpia Moldovei. Studiu geomorfologic. Editura Universității Alexandru Ioan Cuza din Iași, Iași, 221 p;
5. Băcăuanu, V., 1983. Podișul Moldovei. În Badea L., Gâstescu P., Velcea V (coord.), *Geografia României – I – Geografia Fizică*, Editura Academiei Republicii Socialiste România, București, vol. I;
6. Băcăuanu, V., 1989. *Geomorfologie*. Editura Universității Alexandru Ioan Cuza din Iași, Iași;
7. Băcăuanu, V., Donisă, I., Hârjoabă, I., 1974. *Dicționar geomorfologic*. Editura științifică și Enciclopedică, București;
8. Băcăuanu, V., Barbu N., Pantazică M., Ungureanu A., Chiriac D., 1980. Podișul Moldovei – Natură, Om, Economie, Editura științifică și enciclopedică, București;
9. Badea L., Bugă D. (coord.), 1992. *Geografia României - IV – Regiunile Pericarpatice: Dealurile și Câmpia Banatului și Crișanei, Podișul Mehedinți, Subcarpații, Piemontul Getic, Podișul Moldovei*. Editura Academiei Române, București;
10. Băloiu, V., 1965. Amenajarea torenților pe terenul agricol. Editura Agrosilvică, București;
11. Bayer, L.D., 1939. Ewald Wolny—a pioneer in soil and water conservation research. *Soil Science Society of America Journal* 3 (C), 330–333. <http://dx.doi.org/10.2136/sssaj1939.036159950003000C0064x>;
12. Böhm, W., 1996. Ewald Wolny, *Bahnbrecher für eine neue Sicht des Pflanzenbaus*. Auretium Verlag, Göttingen (80 pp.);
13. Bork, H.-R., Bork, H., Dalchow, C., Faust, B., Piorr, H.-P., Schatz, T. (Eds.), 1998. *Landschaftsentwicklung in Mitteleuropa - Wirkungen des Menschen auf Landschaften*. Klett-Perthes, Gotha (328 pp.);
14. Bucko, S., Mazúrova, V., 1958. Gully erosion in Slovakia. In: Zachar, D. (Ed.), *Water Erosion in Slovakia*. SAS Publishing, Bratislava, pp. 68–101;
15. Chițimuș, V., 2013. *Structura geologică a părții de nord a Platformei Moldovenești*. Editura Agir, București;
16. Clinciu, I., Petrișan, C., Niță, MD., 2010. Monitoring of the hydrotechnical torrent control structures: a statistical approach. *Environ Eng Manage J* 9:1699–1707;
17. Codru, I.-C., Niacsu, L., Enea, A., și Bou-imajane, L., 2023. Gully Head-Cuts Inventory and Semi-Automatic Gully Extraction Using LiDAR and Topographic Openness—Case Study: Covurlui Plateau, Eastern Romania. *Land*, 12(6), Article 6. <https://doi.org/10.3390/land12061199>;
18. Daxer, C., 2020. Topographic Openness Maps and Red Relief Image Maps in QGIS. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18958.31047>;
19. De Foucault, B., Colbeaux, J.P., Bonnet, T., Bracq, P., Courtecuisse, R., Debuyser, M., Louche, B., 1997. Les creuses de la region Nord/Pas-de-Calais: premiers resultats d'etudes multi-criteres. *Ann. Soc. Geol. Nord* 5, 385–394;
20. Dill H.G., Iancu G.O., Ionesi V., Sârbu S., Balintoni I., Botz R., 2012. Petrography and mineral chemistry of Bessarabian siliciclastic rocks in the Eastern Carpathians Foreland Basin (Romania and Republic of Moldova). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie – Abhandlungen*, 263(3), 199–226. <https://doi.org/10.1127/0077-7749/2012/0224>;

21. Doneus, M., 2013. Openness as Visualization Technique for Interpretative Mapping of Airborne Lidar Derived Digital Terrain Models. *Remote Sensing*, 5(12), Article 12. <https://doi.org/10.3390/rs5126427>;
22. Dotterweich, M., 2008. The history of soil erosion and fluvial deposits in small catchments of central Europe: deciphering the long-term interaction between humans and the environment — a review. *Geomorphology* 101 (1–2), 192–208, <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2008.05.023>;
23. Dotterweich, M., 2013. The history of human-induced soil erosion: Geomorphic legacies, early descriptions and research, and the development of soil conservation—A global synopsis. *Geomorphology*, 201, 1–34. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.07.021>;
24. Evans, I.S., 1979. An integrated system of terrain analysis and slope mapping. Technical report, University of Durham, Durham;
25. Florea, N., Bălăceanu, V., Munteanu, I., Conea, A., Oancea, C., Cernescu, N., Popovăt, M. (coordonatori), (1963–1994). *Harta Solurilor Romaniei la scara 1:200.000 (50 foi de harta) și Legenda Generala*, Editura Institutul Geologic și IGFCOT București;
26. Florea, N., Munteanu, N. (coord.), 2012. *Sistemul Român de Taxonomie a Solurilor*. Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Pedologie, Agrochimie, și Protecția Mediului - ICPA, București;
27. García-Ruiz, J.M., 2010. The effects of land uses on soil erosion in Spain: a review. *Catena* 81 (1), 1–11. <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2010.01.001>;
28. Gașpar, R., Cristescu, C., 1987. Cercetări hidrologice în bazine hidrografice torențiale mici. ICAS, București;
29. Gawrysiak, L., Harasimiuk, M., 2012. Spatial diversity of gully density of the Lublin Upland and Roztocze Hills (SE Poland). In: *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska*, 67, p. 27 no. 1. De Gruyter Open Sp.;
30. Giurescu, C., 1975. *Istoria românilor din cele mai vechi timpuri până astăzi*. Editura Albatros, București;
31. Glaser, R., 2008. *Klimageschichte Mitteleuropas: 1200 Jahre Wetter, Klima, Katastrophen*. Primus-Verlag, Darmstadt (264 pp.);
32. Golosov, V., Yermolaev, O., Rysin, I., Vanmaercke, M., Medvedeva, R., Zaytseva, M., 2018. Mapping and spatial-temporal assessment of gully density in the Middle Volga region, Russia. *Earth Surf. Process. Landf.* 43 (13), 2818–2834;
33. Goudie, A.A., Malcolm, T., Burt, J., Lewin, K., Richards, B., Whalley, P., Worsley, P., 2005. *Geomorphological techniques* (ed. a 2-a). Routledge;
34. Gregory, K.J., Walling, D.E., 1976. *Drainage basin form and process, A geomorphological approach*, Edward Arnold, London;
35. Harvey, M.D., Watson, C.C., Schumm S.A., 1985. *Gully erosion*, Technical Note. 366, Fort Collins, Colorado;
36. Heede, B.H., 1980. Gully erosion—soil failure: possibilities and limits of control. In: Aulitzky H, Grubinger H, Nemecek E (eds) *International symposium, Interpraevent 1980, watershed analyses to prevent catastrophes through engineering structures and land use planning*, vol 1. Forschungsgesellschaft für vorbeugende Hochwasserbekämpfung (Research Association for the Prevention of Floods), Klagenfurt, pp 317–330;
37. Hempel, L., 1957. Das morphologische Landschaftsbild des Unter-Eichsfeldes unter besonderer Berücksichtigung der Bodenerosion und ihrer Kleinformen. *Forschungen zur deutschen Landeskunde* 98, 1–55;
38. Hurjui, C., 2008. Rolul rocilor sedimentare în morfologia și dinamica ravenelor, Studii de caz din Podișul Moldovenesc. Editura Alfa, Iași;
39. Ichim, I., Mihaiu, G., Surdeanu, V., Rădoane, M., Rădoane, N., 1990. Gully erosion in agricultural lands in Romania. In: Boardman J, Foster IL, Dearing J (eds) *Soil erosion on agricultural land*. Wiley, London, pp 55–69;

40. Ielenicz, M., 1999. Dealurile și podișurile României. Editura Fundației „România de mâine”, București;
41. Ionesi, L., 1989. Geologia României. Unități de platformă și orogenul Nord-Dobrogean. Curs (vol. 1). Universitatea „Alexandru Ioan Cuza”, Iași;
42. Ionesi, L., 1994. Geologia unităților de platformă și a orogenului nord-dobrogean. Editura Tehnică, București;
43. Ionesi, L., Ionesi, B., Roșca, V., Lungu, A., Ionesi, V., 2005. Sarmațianul mediu și superior de pe Platforma Moldovenescă. Editura Academiei Române, București, 559 p;
44. Ionita, I., 1998. Studiul geomorfologic al degradărilor de teren din bazinul mijlociu al Barladului. Teza de doctorat. Universitatea “Al. I. Cuza,” Iași;
45. Ionita, I., 1998. Studiul geomorfologic al degradărilor de teren din bazinul mijlociu al Barladului. Teza de doctorat. Universitatea “Alexandru Ioan Cuza”, Iași;
46. Ioniță, I., 2000a. Formarea și evoluția ravenelor din Podișul Bârladului. Corson Press, Iași;
47. Ioniță, I., 2000b. Geomorfologie aplicată, Procese de degradare a regiunilor deluroase. Editura Universității „Alexandru Ioan Cuza” Iași, Iași;
48. Ioniță, I., 2000c. Relieful de cueste din Podișul Moldovei. Editura Corson, Iași;
49. Ionita, I., 2006. Gully development in the Moldavian Plateau of Romania. *Catena*, 68(2–3), 133–140. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2006.04.008>;
50. Ionita, I., 2006. Gully development in the Moldavian Plateau of Romania. *Catena*, 68(2–3), 133–140. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2006.04.008>;
51. Ioniță, I., 2008. Sediment movement from small catchments within the Moldavian Plateau of Eastern Romania. In: Schmidt J, Cochrane T, Phillips C, Elliot S, Davies T, Basher L (eds) *Sediment dynamics in changing environments*, International Association of Hydrological Sciences Publication 325, IAHS Press, Wallingford, Oxfordshire, pp 316–320;
52. Ionita, I., 2011. The human impact on soil erosion and gullyng in the Moldavian Plateau, Romania. *Landform Analysis*, 17, 71–73;
53. Ioniță, I, Ouatu, O., 1985. Contribuții la studiul eroziunii solurilor din Colinele Tutovei. *Rev. Cercet. Agron, Iași*, 3(71):58–62;
54. Ioniță, I., Niacșu, L., Petrovici, G. și Blebea-Apostu, A.M., 2015. Gully development in eastern Romania: A case study from Falciu Hills. *Natural Hazards*, 79(Suppl. 1), 113–138. <https://doi.org/10.1007/s11069-015-1732-8>;
55. Ioniță, I., Niacșu, L., Poesen, J. și Fullen, M.A., 2021. Controls on the development of continuous gullies: A 60 year monitoring study in the Moldavian Plateau of Romania. *Earth Surface Processes and Landforms*, 46(13), 2746– 2763. Available from: <https://doi.org/10.1002/esp.5204>;
56. Ioniță, I., Niacșu, L., Poesen, J., Fullen, M.A., 2022. Medium-term development of discontinuous gullies. *Geomorphology*, 398, 108024. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2021.108024>;
57. Ireland, H.A., Sharpe, C.F.S., Eargle, D.H., 1939. Principles of Gully Erosion in the Piedmont of South Carolina, US Department of Agriculture, Tech. Bulletin;
58. Isar, N., 2006. Istoria modernă a românilor 1774/1784-1918, București, Editura Universitară, p. 80;
59. Iwahashi, J., Pike, R.J., 2007. Automated classifications of topography from DEMs by an unsupervised nested-means algorithm and a three-part geometric signature. *Geomorphology*, 86(3), 409–440. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.09.012>;
60. James, L.A., 2013. Impacts of early agriculture and deforestation on geomorphic systems. In: Shroder, F.J. (Ed.), *Treatise on Geomorphology. Geomorphology of Human Disturbances and Climate Change. Geomorphology of Human Disturbances, Climate Change, and Natural Hazards*, vol. 13. Academic Press, San Diego, CA, pp. 48–67;
61. Jeanrenaud, P., 1965. Cercetări geologice între Valea Crasna și Prut. *Analele Științifice ale Universității Alexandru Ioan Cuza din Iași (serie nouă), secțiunea 2, Geologie*, 11, 31–44;

62. Jeanrenaud, P., 1969. Precizări asupra meoșianului din Moldova. *Analele Științifice ale Universității Alexandru Ioan Cuza din Iași* (serie nouă), secțiunea 2, Geologie, 15, 45–55;
63. Jeanrenaud, P., 1971. Harta geologică a Moldovei Centrale dintre Siret și Prut. *Analele Științifice ale Universității Alexandru Ioan Cuza din Iași* (serie nouă), secțiunea 2, Geologie, 17, 65–78;
64. Jeanrenaud, P., Șaraiman, A., 1995. *Geologia Moldovei Centrale dintre Siret și Prut*. Editura Universității “Al. I. Cuza” Iași, 186 p;
65. Jozefaciuk, C., Jozefaciuk, A., 1983. Struktura przestrzenna erozji wawozowej w Polsce. *Pam. Puł* 79;
66. Jurchescu, M., 2012. *Bazinul morfohidrografic al Oltețului. Studiu de geomorfologie aplicată*. PhD thesis, University of Bucharest;
67. Kertesz, A., Krecek, J., 2019. Landscape degradation in the world and in Hungary. *Hungar. Geogr. Bull.* 68 (3), 201–221;
68. Kohl, J.G., 1841. *Reisen in Südrußland, Zweiter Theil*. Arnoldsche Buchhandlung, Dresden und Leipzig (270 pp.);
69. Lang, A., Bork, H.-R., 2006. Past soil erosion in Europe. In: Boardman, J., Poesen, J. (Eds.), *Soil Erosion in Europe*. John Wiley și Sons, Chichester, UK, pp. 465–476;
70. Leopold, L.B., Miller, J.P., 1956. Ephemeral streams, Hydraulic factors and their Relation to the drainage network. US Geology Survey;
71. Lohani, B., Ghosh, S., 2017. Airborne LiDAR Technology: A Review of Data Collection and Processing Systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section A: Physical Sciences*, 87(4), 567–579. <https://doi.org/10.1007/s40010-017-0435-9>;
72. Louzada, R. O., Bergier, I., Roque, F., 2023. The first inventory of gullies in the Upper Taquari River Basin (Brazil) and its agreement with land use classes. *Ecological Informatics*, 78, 102365. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2023.102365>;
73. Macarovici, N., 1974. Le development des depots sarmatien en Moldavie (Roumanie). În Chica, I., Senes, J., Brestenska, E., *Chronostratigraphie und Neostatotypen: Miozan der Zentralen Paratethys, Band IV, M5 Sarmatien*;
74. Mărgărint, M.C., Niculiță, M., 2017. Landslide Type and Pattern in Moldavian Plateau, NE Romania. In M. Radoane și A. Vespreamanu-Stroe (Eds.), *Landform Dynamics and Evolution in Romania* (pp. 271–304). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-32589-7_12;
75. Messerli, B., Grosjean, M., Hofer, T., Nunez, L., Pfister, C., 2000. From nature-dominated to human-dominated environmental changes. *Quaternary Science Reviews* 19 (1–5), 459–479;
76. Mihaiu, G., Taloiescu, I., Negut, N. (1979). Influența lucrărilor transversale asupra evoluției ravenelor formate pe alternanțe de orizonturi permeabile și impermeabile. *Bul Inf ASAS* 8:103–105;
77. Moțoc, M., 1963. *Eroziunea solului pe terenurile agricole și combaterea ei*. Editura Agrosilvică, București;
78. Motoc, M., 1983. Ritmul mediu de degradare erozionala a solului. *Bul. Inf.* 2: 67–73. ASAS, București;
79. Moțoc, M., Munteanu, S., Băloiu, V., Stănescu, P., Mihai, G., 1975. *Eroziunea solului și metodele de combatere*. Editura Ceres, București;
80. Moțoc, M., Taloiescu, I., Neguț, N., 1979. Estimarea ritmului de dezvoltare a ravenelor. *Bul. Inf. ASAS*, 8, București;
81. Moțoc, M., Sevastel, M., 2002. *Evaluarea factorilor care determină riscul eroziunii hidrice în suprafață*, Bren Press, București;
82. Moțoc, M., Trășculescu, F., 1959. *Eroziunea solului pe terenurile agricole și combaterea ei*. Editura Agro-Silvică de Stat, București;
83. Muñoz Sabater, J., 2019. ERA5-Land monthly averaged data from 1950 to present. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS). DOI: 10.24381/cds.68d2bb30 (Accesat la data de 15-Ian-2025);

84. Munteanu, M.T., 2006. Geologia părții de sud a Platformei Covurlui. Teză de doctorat, Universitatea Alexandru Ioan Cuza din Iași;
85. Munteanu, S., Clinciu, I., 1982. Amenajarea bazinelor hidrografice torențiale. Partea I: Studiul torenților și al amenajării lor, Editura. Universității "Transilvania", Brașov;
86. Na, J., Yang, X., Tang, G., Dang, W., Strobl, J., 2020. Population Characteristics of Loess Gully System in the Loess Plateau of China. *Remote Sensing*, 12(16), Article 16. <https://doi.org/10.3390/rs12162639>;
87. Niacșu, L., 2012. Bazinul Pereschivului (Colinele Tutovei). Studiu de geomorfologie și pedologie (cu privire specială asupra utilizării terenurilor). Editura Universității Alexandru Ioan Cuza din Iași, Iași;
88. Niacsu, L., Sfica, L., Ursu, A., Ichim, P., Bobric, D. E., Breaban, I. G., 2019. Wind erosion on arable lands, associated with extreme blizzard conditions within the hilly area of Eastern Romania. *Environmental Research*, 169, 86–101. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.11.008>;
89. Niacsu, L., Ionita, I., Samoila, C., Grigoras, G., Blebea-Apostu, A.M., 2021. Land Degradation and Soil Conservation Measures in the Moldavian Plateau, Eastern Romania: A Case Study from the Racova Catchment. *Water*, 13(20), Article 20. <https://doi.org/10.3390/w13202877>;
90. Niacsu, L., Ionita, I., Poesen, J., Fullen, M., 2022a. Development of continuous and discontinuous gullies in the Moldavian Plateau of Romania. EGU22-10460. EGU General Assembly Conference Abstracts. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-10460>;
91. Niacsu, L., Bucur, D., Ionita, I., Codru, I.-C., 2022b. Soil Conservation Measures on Degraded Land in the Hilly Region of Eastern Romania: A Case Study from Puriceni-Bahnari Catchment. *Water*, 14(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/w14040525>;
92. Niculiță, M., 2020. Evaluarea activității alunecărilor de teren din Podișul Moldovei în holocen și antropocen: Element fundamental pentru evaluarea hazardului la alunecări de teren în contextul schimbărilor climatice (LAHAM). Raport de cercetare. Editura Tehnopress, Iași;
93. Nordström, K., 1988. Gully erosion in the Lesotho lowlands: A geomorphological study of the interactions between intrinsic and extrinsic variables. Univ., Naturgeografiska inst.;
94. Otlacan-Nedelcu, L., 2001. The usefulness of a new model for the gully control structures effect prediction. In: Stott DE, Mohtar RH, Steinhart GC (eds) *Sustaining the global farm*, proceedings of Purdue University, pp 1000–1007;
95. Paraschiv, D., 1986. Asupra Paleozoicului și Triasicului de pe Teritoriul românesc al Depresiunii Predobrogene. *Revista Mine, Petrol, Gaze*, 37, 2;
96. Patriche, C.-V., 2005. Podișul Central Moldovenesc dintre râurile Vaslui și Stavnice—Studiu de Geografie Fizică. Editura „Terra Nostra”, Iași.
97. Pfister, C., Brăzdil, R., Barriendos, M., 2002. Reconstructing past climate and natural disasters in Europe using documentary evidence. *PAGES News* 10 (3), 6–8;
98. Poesen, J., 1993. Gully typology and gully control measures in the European loess belt, *Farm Land Erosion: In Temperate Plains Environment and Hills*, Elsevier Science Publishers B. V.;
99. Poesen, J., Nachtergaele, J., Verstraeten, G., Valentin, C., 2003. Gully erosion and environmental change: importance and research needs. *Catena* 50, 91–133;
100. Poesen, J., Govers, G., 1990. Gully Erosion in the Loam Belt of Belgium—Typology and Control Measures. *Soil Erosion on Agricultural Land*, 513-530 687;
101. Poghirc, P., 1972. Satul din Colinele Tutovei—Studiu geografic. Editura Științifică, București;
102. Posea, G., 2005. Geomorfologia României: Relief—Tipuri, geneză, evoluție, regionale. Editura Fundației „România de mâine”, București;
103. Rădoane, N., 2002. Geomorfologia bazinelor hidrografice mici. ”Ștefan cel Mare” University Press, Suceava;
104. Rădoane, M., Ichim, I., Rădoane, N., Surdeanu, V., 1990. Asupra profilului longitudinal și a factorului de formă a ravenelor din Podișul Moldovei. *Academia Română, Studii și Cercetări de Geografie*, Tom. XXXVII, 67-74;

105. Rădoane, M., Ichim I., Rădoane N., 1995. Gully distribution and development in Moldavia, Romania. *Catena* 24:127;
106. Rădoane, M., Rădoane N., Ichim I., Surdeanu V., 1999. Ravene. Forme, procese și evoluție. Presa Universitară Clujeană, Cluj-Napoca;
107. Rădoane, M., Rădoane N., 1992. Areal distribution of gullies by the grid square method. Case study: Siret and Prut interfluv. *Rev Roum Geogr* 36:95–98;
108. Rădoane, M., Rădoane, N., 2017. Gully Erosion. In M. Radoane și A. Vespremeanu-Stroe (Eds.), *Landform Dynamics and Evolution in Romania* (pp. 371–396). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-32589-7_16;
109. Rădoane, M., Vespremeanu-Stroe, A., 2017. *Landform Dynamics and Evolution in Romania*. 10.1007/978-3-319-32589-7;
110. Raikwar, V., Pagare, P., Abdulwahab, A., Agone, V., Patel, P.P., 2021. A comparison of different Artificial Intelligence and Machine Learning methods for Gully Erosion Susceptibility Mapping in the Upper Narmada Basin. *Research Square*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-303397/v1>;
111. Șandru, D., 1975. *Reforma agrară din 1921 în România*. Editura Academiei Republicii Socialiste România. București;
112. Săndulescu, M., 1984. *Geotectonica României*. Editura Tehnică, București;
113. Schonwiese, C.D., Rapp, J., 1997. *Climate trend atlas of Europe based on observations, 1891–1990*. Netherlands Kluwer Academic Publishers: Dordrecht; 1–228;
114. Schumm, S.A., Harvey M.D., Watson C.C., 1984. *Incised channels: morphology, dynamics and control*. Water Resources Publications, Littleton, Colorado;
115. Secu, C.V., Rusu, C., 2007. *Geografia solurilor cu elemente de pedologie*. Editura Universității" Alexandru Ioan Cuza, Iași;
116. Stângă, Cl., 2011. Gully erosion and associated risks in the Tutova basin–Moldavian Plateau. *Land Anal* 17:193–197;
117. Stângă, I.C., Niacșu, L., Iacob, A.M., 2016. Environmental approach of land cover at local level: Studineț catchment (Eastern Romania). *Environ. Eng. Manag. J.*, 15, 1–12;
118. Stângă, I., Niacșu, L., 2016. Using old maps and soil properties to reconstruct the forest spatial pattern in the late 18th century. *Environmental Engineering and Management Journal*, 15. <https://doi.org/10.30638/eemj.2016.147>;
119. Teodorowicz-Czerepińska, J., 1981. Kazimierz Dolny. *Monografia historycznourbanistyczna*. TPK, Kazimierz Dolny, Poland (207 pp.);
120. Trăistaru, E., 1989. *Cooperativizarea agriculturii: cucerire istorică a revoluției și construcției socialiste în România*, Editura Ceres, București;
121. Ujvari, I., 1972. *Geografia apelor României*. Editura Științifică, București;
122. Ungureanu, A., 1993. *Geografia podișurilor și câmpiilor României*. Editura Universității Alexandru Ioan Cuza din Iasi, Iasi;
123. van Andel, T., Zanger, E., Demitrack, A., 1990. Land use and soil erosion in prehistoric and historical Greece. *Journal of Field Archaeology* 17, 379–396;
124. Vanmaercke, M., Poesen, J., Van Mele, B., Demuzere, M., Bruynseels, A., Golosov, V., și colab., 2016. How fast do the gully heads retreat? *Earth-Science Reviews*, 154, 336– 355. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2016.01.009>;
125. Vanmaercke, M., Chen, Y., Haregeweyn, N., De Geeter, S., Campforts, B., Heyndrickx, W., Poesen, J., 2020. Predicting gully densities at sub-continental scales: a case study for the Horn of Africa. *Earth Surf. Process. Landf.* 45 (15), 3763–3779;
126. Vanmaercke, M. și colab., 2021. Measuring, modelling and managing gully erosion at large scales: A state of the art. *Earth-Science Reviews*. 218.103637.10.1016/j.earscirev.2021.103637;

127. Vintilă, R., Munteanu, I., Cojocaru, G., Radnea, C., Turnea, D. și colab., 2004. The geographic information system of the soil resources of Romania SIGSTAR-200: development and maintypes of applications. Proc. XVII-th Romanian National Conf Soil Sci, 34A, 439–449;
128. Vogt, J., 1960. Hardt et Nord des Vosges au XVIIIe siècle - Le déclin d'une moyenne montagne. In: Com, M. (Ed.), Actes du 84e Congrès national des Sociétés savantes, Dijon 1959. Bulletin de la Section de géographie. Imprimerie Nationale, Paris, pp. 201–2;
129. Wang, X., Pan, H., Guo, K., Yang, X., Luo, S., 2020. The evolution of LiDAR and its application in high precision measurement. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 502(1), 012008. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/502/1/012008>;
130. Wang, J., Zhang, Y., Deng, J., Yu, S., Zhao, Y., 2021. Long-Term Gully Erosion and Its Response to Human Intervention in the Tableland Region of the Chinese Loess Plateau. Remote Sensing, 13(24), Article 24. <https://doi.org/10.3390/rs13245053>;
131. Wang, D., Fan, H., 2019. Distribution characteristics of gullies with slope gradient in Northeast China. Environmental Monitoring and Assessment, 191(6), 379. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7501-5>;
132. Wilkinson, B.H., 2005. Humans as geologic agents: a deep-time perspective. Geology 33 (3), 161–164;
133. Wollny, E., 1895. Agrar-Meteorologie: Untersuchungen über das Verhalten der atmosphärischen Niederschläge zur Pflanze und Boden. Forschungen auf dem Gebiete der Agrikultur-Physik 18, 180–204;
134. Woolard, J. W., Colby, J. D., 2002. Spatial characterization, resolution, and volumetric change of coastal dunes using airborne LIDAR: Cape Hatteras, North Carolina. Geomorphology, 48(1), 269–287. [https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(02\)00185-X](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(02)00185-X);
135. Yokoyama, R. Shirasawa, N., Pike, R. J., 2002. Visualizing topography by openness: A new application of image processing to digital elevation models. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 68(3), 257–265;
136. Zhao, Y., Zhang, B., He, Y., Luo, J., Wang, L., Deng, Q., Liu, H., Yang, D., 2022. Influence of geological conditions on gully distribution in the Dry-hot Valley, SW China. CATENA, 214, 106274. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106274>;

*CORINE Land Cover — Copernicus Land Monitoring Service [WWW Document], URL <https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover> (accesat la data de 4.10.25).

*CORINE Land Cover 2018 (vector/raster 100 m), Europe, 6-yearly [WWW Document], URL <https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover/clc2018> (accesat la data de 4.10.25).

*Geoportal ANCP I [WWW Document], URL <https://geoportal.ancpi.ro/portal/home/> (accesat la data de 4.10.25).

*Hărți de sol - ICPA, 2022. URL <https://icpa.ro/harti-sol/>, <https://icpa.ro/harti-sol/> (accesat la data de 4.10.25).

*High Resolution Layer Tree Cover Density — Copernicus Land Monitoring Service [WWW Document], URL <https://land.copernicus.eu/en/products/high-resolution-layer-tree-cover-density> (accesat la data de 4.10.25a).

*High Resolution Layer Tree Cover Density — Copernicus Land Monitoring Service [WWW Document], URL <https://land.copernicus.eu/en/products/high-resolution-layer-tree-cover-density> (accesat la data de 4.10.25b).

*Open Topo Data [WWW Document], URL <https://www.opentopodata.org/> (accessed 4.10.25).

*Resursele de Sol ale României la scara 1:200.000 [SIGSTAR-200] [WWW Document], INSPIRE Geoportal. URL <https://inspire-geoportal.ec.europa.eu/srv/api/records/{A96D59C4-0420-4104-9D68-DF318F77904C}> (accesat la data de 4.10.25).

*Spațiul Hidrografic Prut-Bârlad, Inundatii. URL <https://inundatii.ro/bazine-hidrografice/spatiul-hidrografic-prut-barlada/> (accesat la data de 4.10.25).

*URL <https://geoportal.igr.ro/> (accesat la data de 4.10.25).