

Universitatea Alexandru Ioan Cuza din Iași
Facultatea de Geografie și Geologie
Școala Doctorală de Geoștiințe
Domeniul: Geografie



- *Rezumatul tezei de doctorat* -

EVALUAREA IMPACTULUI FACTORILOR CLIMATICI ȘI ANTROPICI ASUPRA DEGRADĂRII PĂȘUNILOR DIN PODIȘUL MOLDOVEI

Conducător de doctorat:

Prof. univ. dr. habil. Adrian GROZAVU

Student-doctorand:

Georgiana VĂCULIȘTEANU

IAȘI, 2024

Universitatea Alexandru Ioan Cuza din Iași
Facultatea de Geografie și Geologie
Școala Doctorală de Geoștiințe
Domeniul Geografie

**EVALUAREA IMPACTULUI FACTORILOR CLIMATICI ȘI
ANTROPICI ASUPRA DEGRADĂRII PĂȘUNILOR DIN
PODIȘUL MOLDOVEI**

Georgiana VĂCULIȘTEANU

Conducător de doctorat: **Prof. univ. dr. habil. Adrian GROZAVU**

IAȘI, 2024

CUPRINS

Listă de abrevieri.....	3
Listă de figuri.....	6
Listă de tabele	7
Introducere	8
Obiectivele tezei de doctorat	12
1. Stadiul actual al cercetării.....	14
1.1. Definiții și concepte.....	14
1.2. Clasificarea pășunilor.....	16
1.3. Degradarea pășunilor	29
1.4. Metode utilizate în monitorizarea pășunilor	31
1.4.1. Metode clasice de evaluare a degradării pășunilor	31
1.4.2. Metode care utilizează teledetecția satelitară	32
1.5. Indicii de vegetație.....	32
1.5.1. Evaluarea degradării pășunilor cu ajutorul Indicelui Normalizat de Diferențiere a Vegetației (NDVI)	32
2. Zona de studiu	35
2.1. Încadrarea fizico-geografică a zonei de studiu.....	35
2.2. Caracteristicile geomorfologice și impactul asupra pășunilor.....	37
2.2.1. Distribuția spațială a pășunilor din Podișul Moldovei și tipologia condiționată de relief	37
2.2.1.1. Pășunile localizate pe versant.....	38
2.2.1.2. Pășunile localizate în regiunile de luncă	39
2.3. Caracteristicile climatice și impactul asupra pășunilor	42
2.4. Vegetația caracteristică Podișului Moldovei. Clasificarea pășunilor din Podișul Moldovei	44
2.5. Solurile și modul de distribuție a pășunilor	50
2.6. Caracteristicile administrativ - teritoriale ale Podișului Moldovei și impactul asupra evoluției pășunilor	53
2.7. Dinamica utilizării terenurilor din Podișul Moldovei și impactul asupra pășunilor	55
3. Materiale	58
3.1. Surse de date	58
3.1.1. Datele satelitare.....	58
3.1.1.1.1. Colecția de date <i>Landsat 8 – LC08/C02/T1_L2</i>	59
3.1.1.1.2. Colecția de date MODIS – MOD13Q1.061	60
3.1.1.1.3. Colecția de date PKU GIMMS NDVI	60
3.1.1.1.4. Diferențe între colecțiile de date Landsat 8, MODIS și PKU GIMMS NDVI	61
3.1.2. Datele CLC (<i>CORINE Land Cover</i>)	62
3.1.2.1. Accesarea și descărcarea datelor CLC	63
3.1.3. Datele climatice ERA-5-Land	63

3.2.	Datele NDVI	65
3.2.1.	Principiul de funcționare al NDVI	65
3.2.2.	Accesarea și descărcarea datelor NDVI.....	67
4.	Metode.....	68
4.1.	Procesarea statistică a datelor NDVI	68
4.1.1.	Pachetul R greenbrown	74
4.1.1.1.	Metoda AAT (<i>Annual Aggregated Trend</i>)	74
4.1.1.2.	Metoda STM (<i>Season-Trend Model</i>)	74
4.1.1.2.1.	Algoritmul BFAST (<i>Breaks For Additive Seasonal and Trend</i>)	75
4.1.1.3.	Punctul de întrerupere (<i>breakpoint</i>)	76
4.1.1.4.	Rolul segmentelor în analiza tendinței NDVI și a punctelor de întrerupere	76
4.1.1.5.	Tendința NDVI	77
4.1.1.6.	Tipologia schimbărilor de trend	78
5.	Rezultate.....	80
5.1.	Trendul NDVI derivat din datele PKU GIMMS NDVI	80
5.2.	Trendul NDVI derivat din datele MODIS.....	83
5.3.	Trendul NDVI derivat din datele Landsat	92
5.3.1.	Studiu de caz – Pășunea de luncă de la Podu Iloaiei.....	92
5.3.2.	Studiu de caz – Pășunea de luncă de la Popricani.....	93
5.3.3.	Studiu de caz – Pășunea de versant de la Libertatea	96
5.3.4.	Studiu de caz – Pășunea de versant de la Lupăria	96
6.	Discuții.....	99
6.1.	Detectarea impactului factorului climatic asupra pășunilor din Podișul Moldovei	99
6.1.1.	Temperatura	100
6.1.2.	Precipitațiile	101
6.1.3.	Evaporația	103
6.1.5.	Stratul de zăpadă	106
6.2.	Detectarea impactului factorului hidrologic asupra pășunilor din Podișul Moldovei.....	109
6.3.	Detectarea impactului factorului antropic asupra pășunilor din Podișul Moldovei.....	112
6.3.1.	Schimbările de utilizare a terenurilor și impactul asupra pășunilor.....	113
6.3.2.	Impactul incendiilor asupra pășunilor	117
6.3.3.	Impactul pășunatului și a pășunatului intensiv asupra pășunilor	119
6.4.	Detectarea impactului factorului geomorfologic asupra pășunilor din Podișul Moldovei.....	122
6.5.	Detectarea impactului factorului geologic asupra pășunilor din Podișul Moldovei	125
	Concluzii	126
	Referințe bibliografice	129

Listă de abrevieri

AAT - A nnual A ggregated T rend	SR - S urface R eflectance
ASAR - A dvanced S ynthetic A perture R adar	STM – S easonal T rend M odel
AVHRR - A dvanced V ery H igh R esolution R adiometer	TIR – T hermal I nfrared
BFAST - B reaks F or A dditive S easonal and T rend	TIRS - T hermal I nfrared S ensor
CDS - C limate D ata S ore	TM - T hematic M apper
CLC – C ORINE L and C over	UAV – U nmanned A erial V ehicle
CORINE - C Oo R dination of I Nformation on the E nvironment	UAS - U nmanned A ircraft S ystems
DOI - D igital O bject I dentifier	UN – U nited N ations
DVI - D ifference V egetation I ndex	USGS - U nited S tates G eological S urvey
ECMWF - E uropean C entre for M edium- R ange W eather F orecast	VNIR – V isible to N ear I nfrared
ERS-1/ ERS-2 - E uropean R emote S ensing	
ETM - E nhanced T hematic M apper	
EVI - E nhanced V egetation I ndex	
FAO - F ood and A griculture O rganization of the U nited N ations	
GEE – G oogle E arth E ngine	
GLADA - G lobal A ssessment of L ands D egradation and I mprovement	
H-TESSSEL - H ydrology- T iled E CMWF S cheme for S urface E xchanges over L and	
LANDSAT – L and S atellite	
LiDAR - L ight D etection A nd R anging	
LISS III - L inear I maging S elf- S canning S ensor - 3	
MMU - M inimum M apping U nit	
MMW - M inimum M apping W idth	
MODIS - M oderate R esolution I maging S pectroradiometer	
NASA - N ational A eronautics and S pace A dministration	
NDVI – N ormalized D ifference V egetation I ndex	
NIR – N ear I nfra R ed	
NOAA - N ational O ceanographic and A tmospheric A dministration	
OLI - O perational L and I mager	
OP - O biectiv P rincipal	
OS - O biectiv S ecundar	
RGB – R ed G reen B lue	
RVI - R atio V egetation I ndex	
SAR - S ynthetic A perture R adar	
SAVI - S oil A adjusted V egetation I ndex	
SDG - S ustainable D evelopment G oals	
SPOT - S atellite P our l' O bservation de la T erre	

Listă de figuri

Figura 1. Raportul dintre pășuni și pajiști naturale raportat la arealul Podișului Moldovei, pentru perioada 1990 – 2018, conform datelor CLC disponibile	16
Figura 2. Localizarea geografică a Podișului Moldovei cu unitățile și subunitățile de relief aferente: A – Podișul Sucevei; a1 – Podișul Fălticeni, a2 – Podișul Dragomirnei, a3 – Dealurile Siretului; B – Dealurile Jijiei; C – Podișul Central Moldovenesc; D – Dealurile Tutovei; E – Dealurile Fălciului; F – Podișul Covurlui; G – Dealurile Huși – Sărata – Elan – Horincea	36
Figura 3. Raportul distribuției pășunilor și a terenurilor arabile la nivel de luncă și de versant – calculat pentru arealul Județului Iași (Văculișteanu et al., 2022)	38
Figura 4. Localizarea pășunilor în cadrul Podișului Moldovei (după CLC 2018)	41
Figura 5. Pășuni non-stepice naturale: A.a.1.a – Pășuni halofite de versant (NE Obrijeni, Județul Iași); A.a.1.b – Pășuni halofite de luncă (S Obrijeni, valea râului Sinești – Județul Iași); A.a.2 – Pășuni de nisipuri și loessuri; A.a.3 – Pășuni de rocă (Dealul Repedea – SE Mun. Iași).....	47
Figura 6. Pășuni non-stepice seminaturale (A.b) și antropice (A.c): A.b.1 – Pășuni de versant (NV Obrijeni – Județul Iași); A.b.2 – Pășuni de luncă (NV Obrijeni, valea râului Gâmboașă – Județul Iași); A.c.1.a – Pășune antropice – cultură de lucernă (V Popești – Județul Iași); A.c.1.b – Fertilizant natural utilizat pentru fertilizarea culturilor antropice (NV Obrijeni – Județul Iași); A.c.2 – Pășune antropice – cultură de orz (V Popești – Județul Iași).....	49
Figura 7. Principalele evenimente istorice cu impact semnificativ asupra dinamicii pășunilor.....	54
Figura 8. Evoluția claselor de utilizare a terenului pentru Podișul Moldovei pornind de la bazele de date CORINE Land Cover pentru anii de referință 1990, 2000, 2006, 2012 și 2018	57
Figura 9. Sursele de date utilizate	58
Figura 10. Schema temporală a misiunilor satelitare optice utilizate în cadrul acestui studiu.....	59
Figura 11. A. Reprezentarea schematică a pașilor necesari pregătirii datelor în raport cu topografia zonei; B. Reprezentarea schematică a răspunsului spectral primit în funcție de caracteristica orografică a zonei analizate(Sursă figuri: https://confluence.ecmwf.int/display/OIFS/3.7+OpenIFS%3A+Orography).....	65
Figura 12. Principiul de funcționare al Indicelui Normalizat de Diferențiere al Vegetației (NDVI). Sursă pictograme: https://illustoon.com/	66
Figura 13. Reprezentarea schematică a analizei de tip multiscalar aplicată la nivelul tezei de doctorat ..	70
Figura 14. Model de descompunere a seriilor multitemporale de date prin separarea trendului de factorul sezonabilitate	73
Figura 15. Segmentarea trendului NDVI datorită punctelor de întrerupere	77
Figura 16. Tipologia schimbărilor de trend - graduale și abrupte	79
Figura 17. Trendul NDVI calculat pentru seriile de datele PKU GIMMS NDVI (9,5 km), pentru perioada 1982 - 2022.....	81
Figura 18. Densitatea pășunilor calculată pe seriile de date PKU GIMMS NDVI (9,5 km), pentru perioada 1982 - 2022.....	82
Figura 19. Trendul NDVI calculat pe datele MODIS (250 m): A1 – lunca Bahluiului; B1 – lunca Jijiei (2000 - 2023); A2, B2 – Semnificativitatea statistică	84
Figura 20. Indicele Normalizat de Diferențiere a Vegetației Mediu calculat pe baza.....	86
Figura 21. Trendul multianual al Indicelui Normalizat de Diferențiere a Vegetației - calculat pe baza datelor MODIS (250m): 56 - teren arabil; 57 - pășune de luncă (localitatea Rădăuți Prut, județul Botoșani); 61 - pășune de versant; 62 - pășune de luncă (localitatea Șoldănești, Județul Botoșani)	87
Figura 22. Trendul multianual al Indicelui Normalizat de Diferențiere a Vegetației - calculat pe baza datelor MODIS (250m): 23 - pășune de luncă (lunca Siretului);	88
Figura 23. Trendul multianual al Indicelui Normalizat de Diferențiere a Vegetației - calculat pe baza datelor MODIS (250m): 63 - teren cu livadă (Bălțați, Jud. Iași); 64 - teren cu vie (Cotnari, Jud. Iași)	88

Figura 24. Trendul multianual al Indicelui Normalizat de Diferențiere a Vegetației - calculat pe baza datelor MODIS (250m): 2 - teren arabil (Holboca, Județul Iași); 3 - teren arabil (lunca Prutului);.....	89
Figura 25. Trendul multianual al Indicelui Normalizat de Diferențiere a Vegetației - calculat pe baza datelor MODIS (250m): 50 - pădure (Codrul Secular Slătioara, Județul Suceava)	90
Figura 26. Trendul multianual al Indicelui Normalizat de Diferențiere a Vegetației - calculat pe baza datelor MODIS (250m): 43 - pădure (vf. Budacu, județul Neamț); 53 - pășune (Parcul Vânători, județul Neamț); 58 - pășune de versant (Borca, județul Neamț); 59 - pădure (Borca, județul Neamț)	91
Figura 27. Analiza trendului NDVI utilizând date Landsat 8 - OLI (2013 - 2020) - 1, 2, 3, 4, 5, 6, și date MODIS (2000 - 2024) - M4, M5, pentru o regiune cu pășune de luncă (lunca Bahluiului), în apropiere de localitatea Podu Iloaiei (Județul Iași)	94
Figura 28. Analiza trendului NDVI utilizând date Landsat 8 - OLI (2013 - 2020) - 1, 2, 3, 4, 5, 6, și date MODIS (2000 - 2024) - 8, 9, pentru o regiune cu pășune de luncă (lunca Jijiei), în apropiere de localitatea Popricani (județul Iași)	95
Figura 29. Analiza trendului NDVI utilizând date Landsat 8 - OLI (2013 - 2020) - 1, 2, 3, 4, 5, 6, pentru o regiune de pășune din vecinătatea localităților Libertatea și Călărași (Județul Botoșani)	97
Figura 30. Analiza trendului NDVI utilizând date Landsat 8 - OLI (2013 - 2020) - 1, 2, 3, 4, 5, 6, pentru o regiune de pășune din vecinătatea localității Lupăria (Județul Botoșani)	98
Figura 31. Trendul multianual al temperaturii (a) și precipitațiilor atmosferice (b), calculat pe datele ERA5-Land (9,5 km) pentru perioada 1950 - 2024.....	102
Figura 32. Trendul multianual al evaporației totale, al evaporației potențiale, și al diferenței dintre precipitații și evaporație	104
Figura 33. Trendul multianual al variației grosimii stratului de zăpadă, calculat pe seriile de date ERA5-Land (1950 – 2024)	106
Figura 34. Trendul NDVI (a2 .) detectat la nivelul pășunilor inundabile din lunca Prutului (a1 .), la est de Drânceni (Județul Vaslui).....	110
Figura 35. Lucrări de drenaj la nivelul luncii Prutului (a1) și trendul NDVI identificat (a2), sud de Trifești (Județul Iași).....	111
Figura 36. Trend negativ al NDVI detectat la nivelul luncii Jijiei (a2), pe fondul întrebuințării agricole a pășunii (a1) (Județul Iași).....	115
Figura 37. Incendierea vegetației de pășune, detectabilă la nivelul imaginilor satelitare(la Sud de Obrijeni - județul Iași, anul 2017).....	118
Figura 38. Distribuția și migrarea stânelor la nord de Tg. Frumos (Județul Iași)	120
Figura 39. Trendul NDVI asociat figurii 38 corespunzător impactului densității stânelor în cadrul arealelor cu pășune	121
Figura 40. Pășune de versant afectată de procese de degradare (a1) cu trend pozitiv al NDVI (a2) – Est de Nistria (Județul Neamț)	123
Figura 41. Pășune de versant afectată de procese de degradare (a1) cu trend negativ al NDVI (a2) – Nord de Ichimeni (Județul Botoșani).....	124
Figura 42. Sărătură (Ceplenița, județul Iași)	125

Listă de tabele

Tabel 1. Asocierea tipului de pășune cu tipul de sol la nivelul Podișului Moldovei	52
Tabel 2. Semnificativitatea valorii-p	78

Introducere

Degradarea pășunilor reprezintă una dintre cele mai mari provocări ale lumii contemporane, atât raportat la mediul natural cât și la societate ([An et al., 2021](#)). La nivel mondial un procent de 25% dintre ecosistemele terestre sunt degradate, afectând 41% din populația globului ([United Nations 2020](#)). În lipsa unor măsuri clare, se preconizează că până în anul 2050, 95% din suprafața terestră ar putea fi complet degradată, reprezentând o amenințare pentru funcționalitatea ecosistemelor, furnizarea necesarului de hrană și securitatea calității apei ([Xoxo et al., 2022](#)).

Pășunile reprezintă unele dintre cele mai răspândite ecosisteme terestre ale planetei, ocupând 25% din suprafața uscatului ([Gang et al., 2014, 2016](#); [Liu et al., 2019](#); [Scurlock și Hall, 1998a](#)) și 59% din totalul suprafețelor agricole ([Gómez Giménez et al., 2017](#); [Jeangros, B., Thomet, P., 2004](#)). Un procentaj de 50% dintre acestea, se estimează a fi expuse diferitelor procese de degradare datorită schimbărilor climatice și impactului antropic ([Cai et al., 2015](#); [Gang et al., 2014](#)) 5% confruntându-se cu un stadiu de degradare extrem de ridicat ([Gang et al., 2014](#)). Ecosistemele de pășune reprezintă habitatul a peste 800 de milioane de oameni ([Pereira et al., 2017](#)) și principala sursă de hrană pentru animale erbivore ([Ali et al., 2016](#); [Fernández-Habas et al., 2021](#)), întreținând deopotrivă calitatea solului prin reglarea circuitului carbonului ([Ali et al., 2016](#); [Scurlock și Hall, 1998b](#); [Franzluebbers, 2010](#)), și controlul eroziunii. Acestea contribuie la conservarea biodiversității ([Ali et al., 2016](#); [Bergman et al., 2008](#); [Pokluda et al., 2012](#); [van Swaay, 2002](#)) menținerea stabilității climatice ([Chen et al., 2020](#); [Yan et al., 2019](#)), și conservarea resurselor de sol și apă ([Wu et al., 2021](#)), având un rol vital în furnizarea necesarului de hrană ([Ali et al., 2016](#); [Serrano et al., 2021](#)). Ecosistemele de pășune au un caracter variabil în ceea ce privește compoziția speciilor, biodiversitatea, productivitatea și managementul utilizării ([Wijesingha et al., 2020](#)).

În Europa, pășunile (permanente) ocupă 34% din totalul suprafețelor agricole ([Eurostat, 2020](#)), reprezentând ecosistemul cu cel mai mare grad de senzitivitate ([Janssens et al., 1998](#); [Silva](#)

et al., 2008; Goret et al., 2021), fiind expus de secole pășunatului intensiv, cositului periodic și incendiilor premeditate de vegetație (Goret et al., 2021).

Europa se confruntă cu o diminuare a ecosistemelor naturale și o reducere semnificativă a biodiversității. Din totalitatea ecosistemelor, pășunile sunt considerate cele mai amenințate datorită schimbărilor de utilizare a terenului, abandonării terenurilor, suprapășunatului și reîmpăduririlor (Goret et al., 2021; Habel et al., 2013; Peeters, 2009).

La nivelul Europei de Est, pășunile reprezintă un procent de 14,6% (282 000 km²) din totalul suprafețelor țărilor componente, reprezentând limita vestică a stepei și silvostepii Eurasiatice (Török et al., 2020).

La nivelul României, pășunile reprezintă al doilea cel mai mare ecosistem ca întindere. Conform studiului realizat de Avram și colab., (2021), dintr-un total de 32,357.14 km² de pășune, 7080.05 km² (21.88%) sunt reprezentați de pășunile naturale (nedegradate), 12,790.72 km² (39.53%) reprezintă pășuni semi-degradate și 12,486.37 km² (38.59%) corespund pășunilor degradate. Cauzele degradării sunt multiple, greu de identificat și cuantificat. Cel mai frecvent, acestea sunt puse pe seama prezenței speciilor invazive în cadrul ecosistemului, managementului deficitar al activităților agro-pastorale și în special a pășunatului intensiv (Avram et al., 2021). În lucrarea lor, Văculișteanu și colab. (2022) aduc în atenție impactul negativ pe care îl pot avea schimbările de utilizare a terenului asupra dinamicii pășunilor. În ceea ce privește Podișul Moldovei, pășunile reprezintă o resursă vitală a comunităților rurale încă de secole. Acestea prezintă un pattern regional fiind dispuse de-a lungul luncilor râurilor și pe versanții abrupti, urmare a practicării extensive a agriculturii în perioada interbelică (datorită necesarului de hrană), și intensive în perioada comunistă (datorită agriculturii planificate) (Văculișteanu et al., 2022; Doru, 2018).

Conform literaturii de specialitate, degradarea pășunilor este cauzată, în cea mai mare parte, de schimbările climatice globale și activitățile antropice (Cai et al., 2015; Chen et al., 2020; Gang et al., 2014; Yan et al., 2019). Acești doi factori sunt considerați responsabili de degradarea a peste 50% din totalul pășunilor la nivel global (Cai et al., 2015; Gang et al., 2014). Deși foarte dificil de cuantificat și de separat, cei doi factori (schimbările climatice globale și impactul antropic) continuă să acționeze simultan asupra calității ecosistemelor terestre.

Pe fondul schimbărilor climatice globale, dinamica vegetației este condiționată de: episoadele de secetă agricolă, valuri de căldură, incendii spontane de vegetație, inundații și alunecări de teren (Afuye et al., 2021; X. Wang et al., 2018).

Din perspectiva impactului antropic se consideră că degradarea pășunilor a luat amploare simultan cu rapida dezvoltare economică și creșterea populației (Gang et al., 2014). Pășunatul intensiv (suprapășunatul) este considerat principala cauză de factură antropică a degradării

pășunilor, fenomen prezent cu precădere în statele aflate în curs de dezvoltare (Aguilar et al., 1988; Gang et al., 2014; Liu & Diamond, 2005; Bai et al., 2008).

Studiile realizate în vederea evaluării calității pășunilor atât la scară globală cât și regională au demonstrat cu precădere faptul că ecosistemele de pășune au suferit o serie de schimbări în materie de biomasă, productivitate și stadiul fenologic (Cleland et al., 2007; Nemani et al., 2003; Piao et al., 2005; Xiong et al., 2019).

Monitorizarea pășunilor în vederea evaluării acestora, a reprezentat o temă de mare interes, inițial realizându-se studii la scara locală și regională, bazate de cele mai multe ori pe metoda observării în teren (vizuală). Această metodă este încă utilizată de către fermieri, aceștia deducând stadiul fenologic al plantelor prin observarea vitalității frunzelor și a culorilor specifice (Wijesingha et al., 2020). Pentru studiile de specialitate, metoda vizuală s-a dovedit relativ inefficientă, în certe cazuri cu caracter distructiv (Wijesingha et al., 2020) și costisitoare datorită distribuției spațiale a pășunilor (Asrar et al., 1986).

Ulterior, o dată cu rapida dezvoltare a teledetecției, a fost posibilă monitorizarea suprafețelor de pășune la o scară mai mare (Lyu et al., 2020), fiind considerat un tip de analiză non-distructivă și cu o rată de detaliere avansată (Wijesingha et al., 2020). În prezent, foarte multe studii ce au în vedere analiza vegetației pe suprafețe mari (la scară regională, națională sau chiar continentală) se bazează în cea mai mare parte pe tehnologia satelitară (Adão et al., 2017; Ali et al., 2016; Amani et al., 2019; Chen et al., 2017; Dabral et al., 2008; Dabrowska-Zielinska et al., 2017; El Baroudy, 2011; Franke et al., 2012). Pentru monitorizarea pășunilor sunt utilizate date satelitare furnizate de senzorii spațiali (ex: Landsat, Sentinel, MODIS, AVHRR) sau senzorii de proximitate (ex: utilizarea camerelor multispectrale atașate dispozitivelor UAV/UAS) (Ali et al., 2016; Hardy et al., 2021; Serrano et al., 2021). Potențialul metodelor bazate pe teledetecția satelitară în determinarea calității vegetației a fost demonstrat în multe studii de specialitate. Vegetația de culoare verde poate fi monitorizată constant utilizându-se proprietățile reflectanței spectrale măsurate cu ajutorul senzorilor optici (Reinermann et al., 2020). Unele dintre cele mai calitative și frecvent utilizate metode aplicate au la bază Indicele Normalizat de Diferențiere a Vegetației (NDVI), considerat cel mai bun predictor al stării vegetației (Chen et al., 2021; Clementini et al., 2020; Hardy et al., 2021; Reinermann et al., 2020; Serrano et al., 2021), cu predispoziție a celei de pășune (Reinermann et al., 2020; Serrano et al., 2021). Acesta reprezintă diferența normalizată dintre lungimile de undă spectrale de infraroșu apropiat (NIR: 0.7 – 1.1 μm) și roșu (RED: 0.6 – 0.7 μm), împărțită la suma celor două.

Ipoteza principală de la care se pornește constă în atribuirea principalelor perturbări regăsite la nivelul pășunilor, factorului climatic și celui antropic. Pe fondul caracteristicilor geomorfologice

ale Podișului Moldovei o atenție deosebită a fost acordată și factorului geomorfologic, considerat agent de degradare a pășunilor.

Astfel, cu scopul de a determina stadiul actual al degradării pășunilor din Podișul Moldovei, și urmărind validarea ipotezei stabilite, în cadrul acestei teze de doctorat este propusă o metodă de analiză a dinamicii vegetației, utilizând date satelitare NDVI Landsat 8 OLI (2013 - 2020) cu rezoluție spațială de 30m, descărcate de pe platforma *Google Earth Engine* (GEE); date MODIS – MOD13Q1 (2000 – 2023), cu rezoluție spațială la 250m, făcute disponibile de NASA în parteneriat cu USGS; și date AVHRR unite cu cele MODIS (9,5 km), materializate prin prisma setului de date PKU GIMMS NDVI (1982 - 2022), pus la dispoziție de [Li și colab., \(2023\)](#). Spectrul variat al colecțiilor de date satelitare utilizate, a constituit un pilon de baza a acestui studiu, în măsura în care se urmărește identificarea precisă a comportamentului pășunilor în fața factorilor externi, cu caracter distructiv, la diferite scări spațiale. Astfel, detectarea impactul factorului climatic este posibilă prin raportarea la seriile de date PKU GIMMS NDVI, asociate sub aspectul rezoluției spațiale de 9,5 kilometri cu seriile de date climatice ERA-5-Land. Datele MODIS cu rezoluție spațială de 250 metri au fost utilizate în vederea validării impactului factorului climatic și a celui hidrologic asupra pășunilor, iar cele Landsat au oferit o viziune mult mai precisă la nivel local, considerate potrivite în contextul identificării impactului factorului antropic, a celui geomorfologic și, din anumite perspective, și a celui geologic.

Procesarea seriilor de date NDVI a fost posibilă cu ajutorul *Rstat Core Collection* și a pachetului *R Greenbrown*. Prin intermediul *R Greenbrown*, au fost aplicate două metodele capabile să detecteze variabilitatea interanuală a NDVI (Metoda Trendului Anual Agregat - AAT) și pe cea sezonieră (Modelul Trendului Sezonier - STM) ([Forkel et al., 2013](#); [Verbesselt et al., 2010b, 2012](#)). Pachetul *R Greenbrown*, cât și metodele AAT și STM, sunt specializate în detectarea trendurilor variațiilor fenologice corespunzătoare vegetației de pășune, cât și a rupturilor de trend, considerate indicatori principali și veridici în contextul unor perturbări ireversibile manifestate la un anumit moment dat, pe durata seriilor multitemporale analizate. Aceste rupturi de trend împart seria temporală în mai multe segmente temporale, caracterizate prin tendințe abrupte sau graduale, cu semnificativitate statistică sau lipsite de semnificativitate. Analiza trendului în sine și a tipologiei schimbărilor de trend sunt capabile să indice factorul cauzal al degradării: i) climatic; ii) antropic; iii) hidrologic; iv) geomorfologic sau v) geologic.

Asocierea precisă a perturbării de trend cu un posibil factor determinat este nefundamentată în lipsa unui procedeu complex de validare. Astfel, devierile de trend asociate factorului climatic au fost validate prin analiza seriilor de date ERA5-Land, iar cele asociate celorlalte tipologii de factori au fost validate prin instituirea unor studii de caz, sau prin raportarea la materialele cartografice disponibile sau a analizelor de teren.

Astfel, această teză de doctorat vine în ajutorul comunităților locale prin identificarea principalelor regiuni de pășune afectate de degradare, prin stabilirea cauzelor aferente și propunerea unor soluții sustenabile bazate pe investigații științifice riguroase. Problematika degradării pășunilor, abordată cu foarte mare seriozitate în studiile internaționale, privită de cele mai multe ori ca un risc iminent la adresa comunităților umane, este ignorată sau aproape inexistentă la nivelul României. Deși nu prezintă un risc imediat, deteriorarea ecosistemelor de pășune poate avea consecințe ireversibile pe termen lung.

Obiectivele tezei de doctorat

Pe fondul schimbărilor climatice globale și a impactului antropic, pășunile au suferit perturbări la nivel global, reflectând consecințe majore asupra celorlalte ecosisteme terestre și implicit asupra populației. Determinați de amenințarea permanentă pe care o reprezintă degradarea pășunilor, oamenii de știință s-au focusat pe studierea cauzelor și consecințelor acestui fenomen, la diferite scări spațiale și temporale. Ca urmare a acestui efort științific comun, o serie de metode au fost stabilite în vederea evaluării sensibilității și dinamicii pășunilor. Dat fiind faptul că problematica degradării pășunilor reprezintă o dilemă cu rezonanță mondială, prezenta teză de doctorat se focusează pe necesitatea de a răspunde la întrebarea: *există degradare la nivelul arealelor de pășune din Podișul Moldovei?* Urmând îndeaproape scopul primordial al acestei întrebări, focusul central al studiului s-a îndreptat către identificarea unei metode potrivite, capabile să indice cu exactitate prezența sau absența degradării, cât mai ales a factorilor condiționali.

Astfel, pentru această teză de doctorat au fost stabilite două obiective principale:

OP.1. Identificarea principalelor regiuni de pășune din cadrul Podișului Moldovei afectate de procese de degradare, cu ajutorul NDVI;

OP.2. Identificarea cauzelor degradării (factorul climatic, factorul antropic, factorul geomorfologic, factorul hidrologic sau factorul geologic);

Pentru o evaluare cât mai precisă a degradării pășunilor din Podișul Moldovei, obiectivele principale au fost completate de o serie de obiective secundare. O primă etapă a acestui studiu a presupus consultarea bibliografiei de specialitate și construirea unui background științific calitativ, în măsură să surprindă trendul științific actual în materie de dinamică a pășunilor. De asemenea, identificarea principalelor metode utilizate în literatura internațională, în vederea monitorizării dinamicii pășunilor, a reprezentat un element de bază pentru întocmirea acestei teze de doctorat, rezultând astfel un prim obiectiv secundar:

OS.1. Cunoașterea bibliografiei și a metodologiei de specialitate din domeniul degradării pășunilor;

Contextul istorico – politic aferent regiunii Podișului Moldovei, s-a remarcat prin succesive schimbări de regim statal și implementarea de reforme agrare (1864, 1921, 1945, 1991), menite să sprijine dezvoltarea agriculturii și creșterea economică. Impactul asupra arealelor de pășune a fost remarcat datorită alternanței modului de utilizare a terenului:

OS.2. Detecția schimbărilor de utilizare a terenului, alături de principalele evenimente istorice cu un posibil impact asupra calității pășunilor;

Complexitatea tematicii degradării pășunilor a impus instituirea unei analize multiscalare, adaptate în contextul multiscalar al acțiunii factorilor de degradare. Astfel, pentru a identifica arealele de pășune predispuse procesului de degradare, au fost descărcate serii de date multitemporale NDVI, la diferite rezoluții spațiale:

OS.3. Obținerea unui set de date multitemporal și multispațial bazat pe seriile de date NDVI derivate ale PKU GIMMS (AVHRR+MODIS) la o rezoluție spațială de 9,5 km pentru o perioadă de 40 de ani (1982 - 2022), a celor derivate ale MODIS, cu o rezoluție spațială la 250m, pentru o perioadă de 24 de ani (2000 - 2023), și a derivatelor Landsat, la o rezoluție de 30m, și cu o acoperire temporală pentru 7 ani (2013 - 2020).

Ulterior, datele NDVI disponibile au fost procesate statistic cu ajutorul *R Core Collection* și a pachetului *R Greenbrown*, obținându-se trendul multitemporal al NDVI, aferent setului de date analizat:

OS.4. Aplicarea și demonstrarea utilității metodei aplicate prin crearea de hărți și grafice demonstrative ale trendului NDVI, pentru o perioadă de 40 de ani;

Ulterior identificării trendurilor pozitive și negative ale NDVI, a fost necesară corelarea rezultatelor cu posibili factori determinanți ai degradării, rezultând astfel cel de-al 5-lea obiectiv secundar:

OS.5. Corelarea trendului NDVI detectat cu factorul considerat răspunzător de perturbarea indusă: i) climatic; ii) antropic; iii) hidrologic; iv) geomorfologic sau v) geologic.

O dată cu identificarea principalelor areale afectate, și a precursorilor degradării, sunt stabilite/propuse soluții viabile în vederea protejării ecosistemelor de pășune:

OS.6. Identificarea unor măsuri de prevenire și management activ pentru arealele de pășune cu un grad ridicat de sensibilitate în contextul schimbărilor climatice globale și a influenței antropice.

1. Stadiul actual al cercetării

1.1. Definiții și concepte

Identificarea terminologiei de specialitate reprezintă un element cheie în monitorizarea corectă a pășunilor ([Dabrowska-Zielinska et al., 2017](#)).

Termenul de *pășune* este dificil de definit, fiind în mod generic utilizat pentru orice tip de teren utilizat cu scopul de a furniza necesarul de hrană (furaj) pentru animale ([Allen et al., 2011](#)).

Într-un sens mai larg, termenul include totalitatea ariilor caracterizate prin prezența vegetației erbacee, cum ar fi stepa Eurasiatică, preeria Nord-Americană, pampasul Sud American, veld-ul și savana din Africa, și totalitatea arealelor care au caracteristici similare cu ale acestora ([White et al., 2000](#)).

La nivelul Europei și al Europei de Est, pășunile sunt împărțite în trei categorii principale: *pășuni naturale*, *seminaturale* și *antropice* ([Bardgett et al., 2021](#); [Dixon et al., 2014](#); [Reinermann et al., 2020](#); [Dengler și Tischew, 2018](#); [Hejcman et al., 2013](#); [Török et al., 2020](#)). Cele *naturale* definesc arealele protejate de lege, unde speciile dominante pot fi din spectrul celor definitorii pentru o regiune clasică de stepă. Acestea pot fi numite într-o manieră mult mai corectă – *pajiști*.

Pășunile seminaturale sunt de regulă cele mai comune, fiind utilizate pentru pășunat sau cosit periodic. În funcție de tipul de utilizare, raportat la arealul Podișului Moldovei, se folosesc o serie de diferite denumiri:

- Termenul de *islaz* (eng: *rangeland*) este utilizat pentru a defini spațiul destinat exclusiv pășunatului animalelor;
- Termenul de *fânează* (eng: *grassland/ hayfield*), destinat cositului periodic;

- Termenul de *luncă* (eng: *meadow*), utilizat pentru a descrie albia majoră a râurilor, întrebuințată atât pentru cosit, cât și pentru pășunat (Allen et al., 2011; Reinermann et al., 2020);

Pășunile antropice sunt cel mai greu de definit și identificat, acestea sunt de regulă caracterizate prin parcele înșămânțate cu aceeași specie, având rolul de a acoperi necesarul de hrană pentru animale. Cu toate că din punct de vedere floristic acestea se încadrează în tipologia pășunilor, din perspectiva tipului de utilizare a terenului, ele sunt catalogate drept teren arabil, ca urmare a procesului de plantare, bazat în totalitate pe utilajele mecanizate.

Generalizarea termenului de *pășune* se realizează pe fondul traducerii din limba engleză a termenului *grassland*, care face referire la modul general, la orice tip de pășune, cu toate că terminologia străină înglobează termeni definiții pentru fiecare tip de pășune în parte, surprinzând încă din denumire utilitatea acestora (ex: *pastureland*).

Astfel, în cadrul acestei teze de doctorat, s-a încercat stabilirea unor limite clare în ceea ce privește definirea termenilor de specialitate. Prin termenul generic de *pășune* se va înțelege *totalitatea arealelor caracterizate prin vegetație ierboasă, având de regulă un caracter seminatural, cu o utilitate specifică stabilită (cosit, pășunat)*. Pentru celelalte două categorii, *naturale și antropice*, se va păstra de fiecare dată mențiunea acestui termen: *pășuni naturale; pășuni antropice*. Cele cu specific natural vor fi denumite în anumite cazuri – *pajiști* sau *pajiști naturale*. Deși pășunile naturale și cele antropice sunt menționate, definite și clasificate pe parcursul acestui studiu, vor fi excluse din cadrul procesului de analiză propriu zis datorită indisponibilității datelor și a incertitudinii referitoare la modalitățile de distingere ale acestora.

Singurele date disponibile, cu implicare directă privind pășunile sunt cele CLC¹, aferente perioadei 1990 – 2018. Datele corespunzătoare clasei de utilizarea a pășunilor au fost extrase și utilizate în cadrul acestui studiu cu scopul de a delimita arealul ocupat exclusiv cu pășune pentru întreaga perioadă de analiză. În aceeași măsură, în cadrul CLC sunt disponibile date spațio-temporale corespunzătoare pajiștilor naturale, dar care, din certe considerente, nu au fost utilizate pe parcursul acestui studiu, situația acestora fiind încă neclară. Raportul dintre cele două clase de utilizare a terenului poate fi regăsit în **Figura 1**, observabilă fiind conversia terenurilor cu pășune în areale cu pajiște protejată înregistrată în perioada 2000 - 2006, o dată cu implementarea proiectului Natura2000.

Astfel, pentru Podișului Moldovei, pășunea analizată se identifică prin tipologii clasice în materie de utilizare, urmând un patrn local bine stabilit: *islazul, fâneața și lunca*, exemplificând întru totul pășunea de tip seminatural. Apariția și persistența pășunilor de tip seminatural este pusă

¹ <https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover>

și pe seama caracteristicilor topografice locale, și, mai cu seamă, ale celor de accesibilitate. Predominanța acestora în raportul peisagistic constituie un aspect pozitiv, având în vedere ritmul accelerat de transformare ireversibilă a ecosistemelor naturale, înregistrat la nivel mondial. În ceea ce privește arealul Podișului Moldovei, limitările sociale și economice au impus un stil de gestionare rudimentar, care deși din varii puncte de vedere este considerat toxic în detrimentul dezvoltării corespunzătoare a unei societăți, a condiționat întreținerea arealelor de pășune la un nivel cât se poate de apropiat de cel primordial, prin menținerea speciilor naturale prin cosire și pășunare periodică. Cu toate acestea, varii areale de pășune se confruntă în prezent cu o carență managerială, pusă pe seama lipsei de interes a autorităților locale, dar mai cu seamă a localnicilor, care au renunțat la moștenirea practicilor tradiționale în detrimentul noilor tehnologii, gestionate, din păcate, necorespunzător.

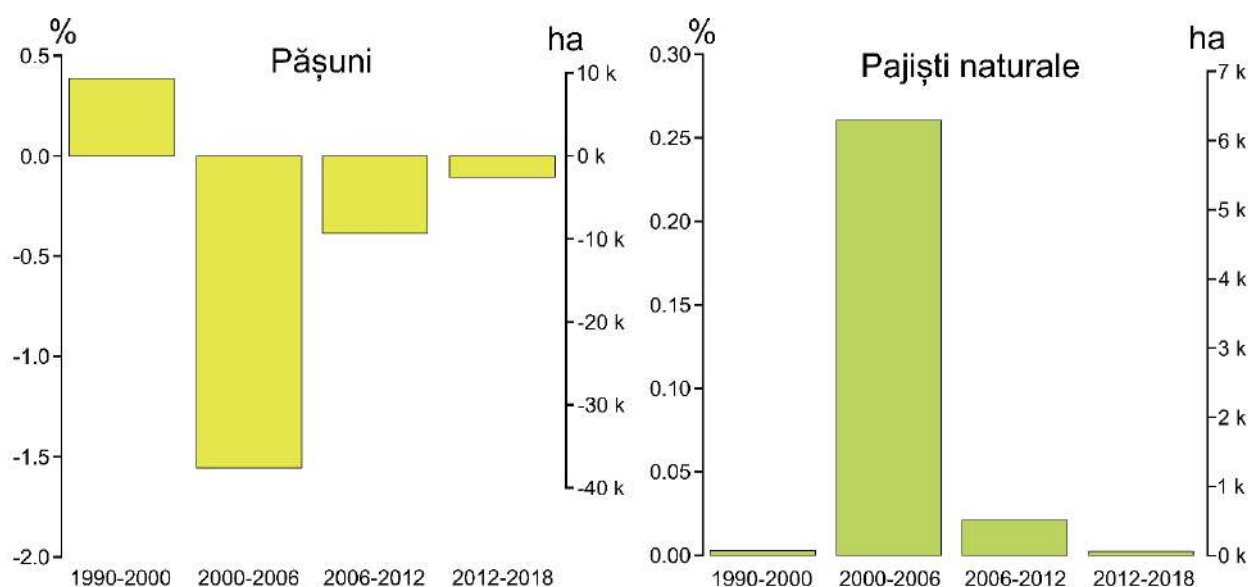


Figura 1. Raportul dintre pășuni și pajiști naturale raportat la arealul Podișului Moldovei, pentru perioada 1990 – 2018, conform datelor CLC disponibile

1.2. Clasificarea pășunilor

Pășunile sunt greu de identificat și definit. În contrast cu ecosistemul de pădure, pășunile nu se pot stabili în funcție de prezența sau absența anumitor specii. Pe lângă *poaceae* (specii predominant ierboase), pășunile sunt caracterizate și de specii arbustive și în anumite cazuri de cele arboricole (Dixon et al., 2014; Reinermann et al., 2020). Dixon și colab., (2014) stabilesc pentru o încadrare mai clară a pășunilor o limită de 25% arbuști și 10% arbori, clasificare valabilă pentru regiunile temperate și cele tropicale.

La nivel global, pășunile au căpătat denumiri generice, de cele mai multe ori cu conotații

locală, urmând a defini același tip de peisaj predominant de specii erbacee. Termenul de *preerie* provine din limba franceză: *la prairie (luncă)* și este utilizat pentru a denumi pășunea din America de Nord. Termenul de *pampa(s)* este utilizat în America de Sud pentru a defini o câmpie întinsă, fiind termen specific pășunilor situate în regiunea temperată. Pentru cele din regiunea tropicală este utilizată denumirea de *llanos (câmpii)*, în special în Venezuela și *cerrados* corespondentul *luncilor*. În Africa de Sud, pentru pășune este utilizat termenul de *veld*, fiind corespondentul cuvântului *câmp*, definind, în mare, pășunile din zona temperată. Pentru regiunea tropicală, pășunea din Africa este definită generic prin termenul de *savană*.

Stepa, termen ce provine din limba rusă, este utilizat pentru a defini pășunea din zona temperată la modul general, deși acest lucru este greșit, stepa fiind întâlnită în cea mai mare parte pe continentul Asiatic și cel European (Garratt et al., 2006).

Török și colab., (2016) și Wesche și colab., (2016) analizează în detaliu regiunea de stepă palearctică, identificând arealul de extindere al acestui biom, din Europa de Est până în China, Iran, Anatolia și nordul Africii. Cu toate că arealul de expansiune este considerat destul de mare, stepa este unul dintre cele mai amenințate ecosisteme terestre. Cea mai mare amenințare este reprezentată de convertirea terenurilor cu pășune în teren arabil datorită fertilității solului (cernoziom) (Török et al., 2016). În prezent, la nivelul Europei se consideră că stepa și silvostepa sunt prezente pe foarte mici porțiuni (Deák et al., 2016; Dembicz et al., 2016), un exemplu foarte bun fiind Ucraina, unde stepa originară ocupa 40% din teritoriu, pentru ca în secolul XXI să ajungă la 1% (Dembicz et al., 2016).

Astfel, deși pășunile din Europa corespund zonei de stepă (Garratt et al., 2006), studiile de specialitate realizate la scară locală ne indică contrariul. Pentru a evita orice fel de confuzie, a fost realizată o clasificare a pășunilor, pornind de la literatura de specialitate, încercându-se o încadrare cât mai precisă. Astfel, în lucrarea de față, *pășunile temperate din Europa* au fost împărțite în pășuni *stepice* și *non-stepice*, așa cum le clasifică și Török și colab., (2016).

La nivel global, raportat la factorii care determină în mare măsură starea pășunilor, în literatura de specialitate regăsim *pășunile native* considerate a fi influențate doar în manieră naturală prin intermediul climei, incendiilor naturale sau al speciilor erbivore, *pășunile intens modificate (antropice)* - unde totalitatea metodelor de manageriere sunt condiționate de intervenția umană, și *pășunile seminaturale (antropizate)*, unde atât influența antropică cât și cea naturală au un impact semnificativ (Bardgett et al., 2021; Dixon et al., 2014; Reinermann et al., 2020). La scară europeană, Dengler și Tischew (2018); Hejerman și colab., (2013) și Török și colab., (2020) merg pe aceeași clasificare, Dengler și Tischew (2018) stabilind două categorii principale: *pășunile naturale* și *pășunile seminaturale*, iar Hejerman și colab., (2013) propun în clasificarea

lor o a treia categorie - *pășunile intens modificate*, apărute ca urmare a intensificării agriculturii, specifică ultimului secol, în lucrarea de față fiind consemnate ca *pășuni antropice*. Pentru Europa de Est, conform clasificării lui [Török și colab., \(2020\)](#), pășunile se împart în două categorii: *pășunile naturale*, cu caracteristici impuse de climat, sol sau relief, și *pășunile seminaturale*, modelate de intervenția antropică prin pășunat și cosit periodic. Dat fiind faptul că la nivelul României nu a fost realizată încă o clasificare a pășunilor, în această teză de doctorat, clasificarea stabilită de [Török și colab., \(2020\)](#) pentru Estul Europei, este atribuită și României, dat fiind faptul că aceasta coincide în totalitate cu caracteristicile pășunilor din spațiul românesc.

1.3. Degradarea pășunilor

Degradarea pășunilor reprezintă un fenomen care a luat din ce în ce mai multă amploare în ultimele decenii, reprezentând o amenințare pentru buna funcționare a ecosistemelor la scară globală ([Harris, 2010](#); [Li et al., 2022](#); [Lu et al., 2015](#); [Wu et al., 2014](#)), limitând îndeplinirea unuia dintre cele mai importante obiective stabilite în cadrul SDGs 2021² (*United Nations - The Sustainable Development Goals*) cu finalitate în anul 2030 ([Li et al., 2022](#)): „Protejarea, restaurarea și promovarea utilizării sustenabile a ecosistemelor terestre, managerierea sustenabilă a pădurilor, combaterea deșertificării, stoparea degradării terenurilor și a pierderilor de vegetație” ([United Nations, 2021](#)).

Degradarea pășunilor reprezintă o problemă de actualitate care a stârnit o serie de controverse, neajungându-se la un consens în privința definirii acestui proces. Astfel, specialiștii au încercat să definească procesul de degradare a pășunilor în funcție de: i) factorii de producere, ii) indicatorii proceselor de degradare și iii) consecințele degradării ([Tiscornia et al., 2019](#)). Din perspectiva evaluării indicatorilor proceselor de degradare, [Cao și colab. \(2013\)](#) definesc degradarea pășunilor astfel: “degradarea pășunilor reprezintă procesul în urma căruia se remarcă reducerea biodiversității și a producției de biomasă”, exemplificând câteva dintre consecințe: „creșterea eroziunii solului și pierderea de nutrienți din sol”. Alte studii definesc degradarea pășunilor axându-se pe consecințele impuse de degradare: “Procesul de degradare a pășunilor reprezintă degradarea calității, productivității, diversității și potențialului economic și biologic ale unui ecosistem de pășune” ([Olivia et al., 2011](#); [Yin et al., 2014](#)). [Behmanesh și colab. \(2016\)](#) definesc degradarea pășunilor evidențiind atât factorii care determină producerea degradării cât și indicatorii proceselor de degradare: “suprapășunatul și prezența speciilor invazive conduc la

² <https://unstats.un.org/sdgs/files/report/2021/secretary-general-sdg-report-2021--EN.pdf>

reducerea cantității și a calității nutritive a speciilor predestinate pășunatului (Tiscornia et al., 2019).

În mileniul al 3-lea, totalitatea proceselor de degradare sunt asociate cu creșterea accelerată a numărului de locuitori ai planetei (Lal, 2001), dar și cu rapida dezvoltare economică și schimbările climatice globale (Prăvălie et al., 2021), concomitent cu necesitatea iminentă de alimente, furaje și combustibil, la scară globală (Gelfand et al., 2013; Gibbs și Salmon, 2015; Lambin et al., 2013; Lambin și Meyfroidt, 2011; Tilman et al., 2001).

Schimbările climatice globale și activitățile antropice sunt principalele cauze ale degradării pășunilor (Akiyama și Kawamura, 2007; Tiscornia et al., 2019). La nivel mondial, mai mult de 50% dintre pășuni sunt afectate de procese de degradare, sub incidența celor doi factori (activitățile antropice și schimbările climatice globale) (Craine et al., 2012; Gang et al., 2014; Wick et al., 2016; Roman et al., 2019).

Suprapășunatul este considerat cel mai comun proces antropic care determină degradarea pășunilor (Aguilar et al., 1988b; Akiyama și Kawamura, 2007; Allen et al., 2011; Dong et al., 2012; Fedrigo et al., 2017; Han et al., 2018, 2008; Harris, 2010; Liu și Diamond, 2005; Wessels et al., 2007; Yao et al., 2016). La nivel global există multe diferențe între tipurile de pășunat (ex: sezonier, organizat pe diverse parcele delimitate sau raportat la numărul de gospodării care necesită spațiu destinat pășunatului) având un impact diferit asupra pășunilor (Azevedo et al., 2020; Chen et al., 2018; Li et al., 2022; Otte et al., 2019), dar doar în momentul în care se ajunge la suprapășunat, se produce degradarea (Li et al., 2018).

Din perspectivă climatică, degradarea pășunilor este determinată de creșterea temperaturii medii anuale, prelungirea perioadelor secetoase (Cao et al., 2013; Chen et al., 2014; Gang et al., 2014; Tiscornia et al., 2019; Veldman et al., 2015; Wang et al., 2017; Zhou et al., 2005) și perturbarea variabilei pluviometrice (Gang et al., 2014). Studiile de specialitate au încercat cuantificarea factorului antropic și a celui climatic separat, demonstrând faptul că în funcție de contextul analizat, unul dintre cei doi factori devine primar (Gang et al., 2014; He et al., 2015; Liu et al., 2019; Yang et al., 2016; Zhou et al., 2014; Zhou et al., 2017), neluându-se în considerare și interacțiunea dintre cei doi factori (climatic și antropic) (Tiscornia et al., 2019).

Degradarea pășunilor are loc atunci când se înregistrează o descreștere a productivității acestora, o diminuare a calității solului și a diversității speciilor datorită proceselor naturale sau a impactului antropic (Tiscornia et al., 2019).

Pășunile degradate își pierd capacitatea de a furniza necesarul de hrană pentru animale (Cao et al., 2013; Hoppe et al., 2016; Liu et al., 2004, 2013; Paudel și Andersen, 2010; Tiscornia et al., 2019; Yao, 2016), determinând și reducerea capacității de a produce bunuri destinate vânzării (carne, lână etc), generând probleme de natură economică (Mansour et al., 2012).

Din punct de vedere ecologic, atunci când stratul vegetal (*plant communities*) este degradat, producția de biomasă este în scădere (Behmanesh et al., 2016; Han et al., 2008; Li et al., 2008; Liu et al., 2013; Tiscornia et al., 2019; Yan et al., 2013), având loc schimbări în ceea ce privește diversitatea speciilor (Cao et al., 2013). Procesul de eroziune a solului se intensifică (Cao et al., 2013; Li et al., 2008; Ludwig et al., 2005; Xie și Sha, 2012), pierzându-se un număr semnificativ de compuși organici din sol (Li et al., 2008; Liu et al., 2012), cum ar fi carbonul sau azotul, determinând creșterea semnificativă a gazelor cu efect de seră în atmosferă (Han et al., 2008; Wen et al., 2013; Zhang et al., 2011). Fiind supuse unui stres periodic condiționat de activitățile antropice și schimbările climatice globale, pășunile au atras atenția cercetătorilor, condiționând monitorizarea calității și dinamicii acestora pe durata ultimelor decenii (Xu și Guo, 2015).

Monitorizarea procesului de degradare a pășunilor se poate realiza cu ajutorul metodelor clasice de observare în teren (An et al., 2021; Xue et al., 2009), sau cu ajutorul teledetecției satelitare (Dusseux et al., 2014; Reinermann et al., 2020; Xu și Guo, 2015; Yang et al., 2012; Zhang et al., 2019). Evoluția rapidă a teledetecției și furnizarea datelor satelitare cu rezoluție spațială și temporală mare, au reușit practic să compenseze lipsurile conferite de metodele clasice de evaluare (Yang et al., 2012).

1.4. Metode utilizate în monitorizarea pășunilor

1.4.1. Metode clasice de evaluare a degradării pășunilor

Numeroase studii din trecut au demonstrat faptul că degradarea pășunilor este determinată de schimbările climatice globale și intervenția antropică (Li et al., 2022).

Metodele clasice de evaluare a degradării pășunilor se bazează pe măsurători și expertize de teren cum ar fi: metoda vizuală pentru detectarea creșterii și evaluării densității plantelor sau metoda tăierii plantelor în vederea estimării producției de furaj per hectar și a capacității de pășunare (Bareth, 2021). Pechanec și Pickford (1937) propun o modalitate de a evalua productivitatea pășunilor prin cântărirea fânului rezultat în urma procesului de cosire și uscare (raportat la hectar). Ulterior, Evans și Jones (1958) propun o metodă similară, optând pentru evaluarea (vizuală) înălțimii plantelor cu scopul de a detecta productivitatea parcelei. Castle (1976) dezvoltă o metodă în acest sens, și anume, utilizarea disc-metrului (*disc meters*). Aceasta presupune utilizarea unui disc din metal atașat unui dispozitiv mobil cu scopul de a detecta înălțimile variate ale vegetației într-un mod semi-automat.

Deși datele obținute furnizau informații de bună acuratețe pentru analiza și cartografierea pășunilor, unii autori au catalogat aceste metodele ca fiind distructive (Wijesingha et al., 2020),

costisitoare și consumatoare de timp, necesitând o muncă de teren intensă și continuă (Catchpole și Wheeler, 1992) fiind pretabile doar pentru studiile realizate la scară mică (Wang et al., 2022).

Din acest motiv, acest tip de analiză mai este utilizată în prezent doar de către fermieri pentru a evalua calitatea pășunilor destinate animalelor, fără a implica un anumit fundament științific. Aceștia evaluează culoarea, vitalitatea și, în anumite cazuri, numărul de specii de plante caracterizate printr-o densitate mare a frunzelor, stabilind astfel valoarea calitativă a pășunii.

1.4.2. Metode care utilizează teledetecția satelitară

Teledetecția reprezintă metoda prin care se pot obține informații despre un obiect, o arie, un fenomen, fără a fi în contact direct cu acestea, fiind utilizați senzori de specialitate în vederea obținerii imaginilor satelitare (Messina și Modica, 2020; Campbell, 2002).

Utilizarea teledetecției în vederea estimării cantității de biomasă a devenit una dintre cele mai la îndemână metode încă din 1970 (Rouse et al., 1974), oferindu-ne posibilitatea de a colecta date într-un context spațio-temporal continuu (Hall et al., 1995; Li et al., 2016; Moreau et al., 2003).

Teledetecția satelitară este utilizată cu succes în studiile de monitorizare și evaluare a vegetației (Hanna et al., 1999; Lu și He, 2017; Marshall et al., 2014; Moreau et al., 2003; Paruelo et al., 2000; Prince, 1991; Tucker et al., 1985; Wellens, 1995), monitorizarea pășunilor fiind posibilă încă din anii 1980 (Prince și Tucker, 1986; Tucker et al., 1985), o dată cu momentul în care datele satelitare au devenit disponibile pentru public (Zhu et al., 2013). Metodele clasice au fost repede înlocuite cu cele moderne, făcând posibilă monitorizarea degradării pășunilor la scară mult mai mare (Lyu et al., 2020).

În teledetecție sunt utilizați senzori pasivi și senzori activi, montați la bordul sateliților sau a dronelor, fiecare categorie aparte prezentând avantaje și dezavantaje (Mayr et al., 2020).

1.5. Indicii de vegetație

1.5.1. Evaluarea degradării pășunilor cu ajutorul Indicelui

Normalizat de Diferențiere a Vegetației (NDVI)

Indicii de vegetație care au la bază teledetecția satelitară, sunt renumiți pentru eficiența lor în analizarea variabilității vegetației la diverse scări spațiale (Xu et al., 2022). Indicele Normalizat de Diferențiere a Vegetației (NDVI) este cunoscut în literatura de specialitate ca cel mai utilizat

indice de vegetație (Benedetti și Rossini, 1993; Maselli et al., 1992; Mkhabela et al., 2011; Rasmussen, 1992; Xue și Su, 2017; Yan et al., 2022), fiind un *proxy* pentru evaluarea degradării terenurilor (Bai et al., 2008) și cu precădere a degradării pășunilor (Ji și Peters, 2003; Liu et al., 2015; Qu et al., 2020; Yan et al., 2022). În prezent, aproape toți sateliții sunt echipați cu senzori capabili să genereze produse NDVI la diferite rezoluții spațiale și temporale. Încă de la lansarea acestui indice în 1974 (Rouse et al., 1974), accesibilitatea și ușurința cu care poate fi folosit l-au transformat în cel mai frecvent utilizat indicator în materie de analiză a biomasei (Kong et al., 2017; Liu et al., 2015; Xu et al., 2022).

NDVI poate fi obținut cu ajutorul produselor satelitare optice, variind în funcție de absorbția radiației de către clorofilă în zona spectrală roșu (RED) și reflectanța radiației în zona spectrală de infraroșu apropiat (NIR) (Liu et al., 2015; Tucker, 1979). Relația dintre indicii NDVI și calitatea vegetației este foarte bine stabilită (Pettorelli et al., 2005), NDVI detectând schimbărilor survenite la nivel de masă vegetală, evidențiind tonurile de verde (corespunzătoare valorilor pozitive NDVI – înverzire) și respectiv maro (corespunzătoare valorilor negative sau scăzute ale NDVI – uscarea/lipsa vegetației) (Alcaraz-Segura et al., 2010; Liu et al., 2015).

NDVI este exprimat sub forma următoarei formule:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED),$$

unde NIR este echivalentul benzii spectrale de infraroșu apropiat, iar RED este echivalentul benzii de roșu. Acesta poate avea valori de la -1 la +1, cu cât valorile sunt mai apropiate de maximul pozitiv, cu atât conținutul de clorofilă este mai ridicat și viceversa. Valorile negative de -1 sunt atribuite zonelor acoperite de apă, valorile negative de 0 corespund de cele mai multe ori terenurilor lipsite de vegetație sau degradate, valorile pozitive care ajung la 0,3/0,5 sunt specifice pășunilor iar valori care tind către +1 sunt caracteristice pădurilor.

NDVI are o utilitate multidisciplinară (Carlson și Ripley, 1997; Coops et al., 1998; Hansen et al., 2000; Jiménez-Muñoz et al., 2006; Xu et al., 2022), datele NDVI fiind disponibile gratuit prin intermediul platformelor de date (ex: Google Earth Engine).

NDVI este utilizat frecvent în studii de monitorizare și evaluare a dinamicii vegetației, la diferite scări spațiale și temporale. În prezent, o serie de articole se focusează pe utilitatea NDVI, evidențiind progresul realizat o dată cu identificarea acestui indice spectral (Huang et al., 2021; Xu et al., 2022). Utilitatea NDVI a fost demonstrată în studii de cartografiere a arealelor degradate, un exemplu reprezentându-l proiectul GLADA (*Global Assessment of Lands Degradation and Improvement*) implementat de FAO, cu acoperire pentru perioada 1981-2003. De asemenea, NDVI a fost utilizat cu succes și de către Li și colab., (2016) și Zhu și Liu (2015) pentru a identifica variabilitatea speciilor la nivel de biomasă. Ji și Peters (2003) cotează NDVI drept cel mai relevant indicator al vitalității vegetației aflat în strânsă legătură cu caracteristicile climatice. Aceștia

analizează serii de date NDVI lunare pentru perioada 1989 – 2000, în vederea identificării perioadelor secetoase. Evaluarea calității mediului cu ajutorul datelor NDVI este testată de [Fung și Siu \(2000\)](#), dovedind cu succes aplicabilitatea acestuia.

[Eastman și colab. \(2013\)](#) încearcă să identifice variabilitatea anuală a NDVI, urmărind trendul sezonier al indicatorului. Sezonul caracterizat de vegetație abundentă (prezența culorii verde) poate fi afectat de sezonul caracterizat de lipsa vegetației (prezența culorii maro), maximum anual al NDVI ducând la obținerea de valori neconcordante cu realitatea din teren. Pentru a diferenția pășunile de terenul arabil, [Dusseux și colab. \(2014\)](#) monitorizează pășunile utilizând imagini optice și imagini SAR, scoțând în evidență ușurința cu care NDVI ajută la separarea celor două tipuri de parcele. [Pastor – Gumaz și colab. \(2015\)](#) evaluează cantitatea de clorofilă dintr-un ecosistem de mangrove, evidențiind utilitatea NDVI în acest sens. [Vicente – Serrano și colab. \(2016\)](#) identifică cu ajutorul NDVI densitatea pădurilor și stabilește diferențe între speciile dominante. [Laidler și colab. \(2009\)](#) identifică sensibilitatea tundrei la schimbările climatice cu ajutorul alternanței umidității din sol și a procentului de sol lipsit de vegetație, bazându-se pe răspunsul spectral primit. [Tran și colab. \(2022\)](#) realizează un inventar al tuturor indicilor utilizați pentru monitorizarea mangrovelor, în intervalul 1996 – 2021, și prezintă importanța NDVI în cadrul acestor studii, fiind cotate ca cel mai utilizat indice de acest gen, cu un procent de 82% al eficienței de monitorizare comparativ cu ceilalți indici spectrali de vegetație.

2. Zona de studiu

2.1. Încadrarea fizico-geografică a zonei de studiu

Podișul Moldovei reprezintă o unitate geografică ce se întinde pe teritoriul a trei state: Ucraina, România și Republica Moldova. Aria de studiu vizată corespunde Podișului Moldovei care ocupă partea de nord-est a României, reprezentând cea mai extinsă zonă deluroasă și de podiș din România, întinzându-se pe 24 803 km² cu o altitudine ce variază între 3 – 794m d.MN ([Mărgărint și Niculiță, 2017](#)). În părțile de nord și est, Podișul Moldovei este delimitat de valea râului Prut, care stabilește granița cu Ucraina și respectiv, Republica Moldova. În partea de sud este delimitat de Câmpia Română, iar în vest de Culoarul Siretului și Subcarpații Moldovei. Avându-se în vedere structura geologică a acestei regiuni, partea de sud-vest, corespunzătoare Câmpiei Tecuciului, nu va fi inclusă în cadrul acestui studiu, considerându-se a face parte din Câmpia Română ([Posea, 2005](#); [Mărgărint și Niculiță, 2017](#)).

Subdiviziunile Podișului Moldovei (**Figura 2**) sunt: Dealurile Jijiei, Podișul Bârladului, Podișul Central Moldovenesc, Dealurile Tutovei, Dealurile Fălciului, Platoul Covurluiului, Aliniamentul de dealuri Huși-Sărata-Elan-Horincea, și Podișul Sucevei (Dealurile Siretului, Podișul Fălticeni, Podișul Dragomirnei).

Din punct de vedere administrativ, Podișul Moldovei înglobează județele Botoșani, Iași, Vaslui, și o parte din județele Galați, Vrancea, Bacău, Neamț, Suceava.

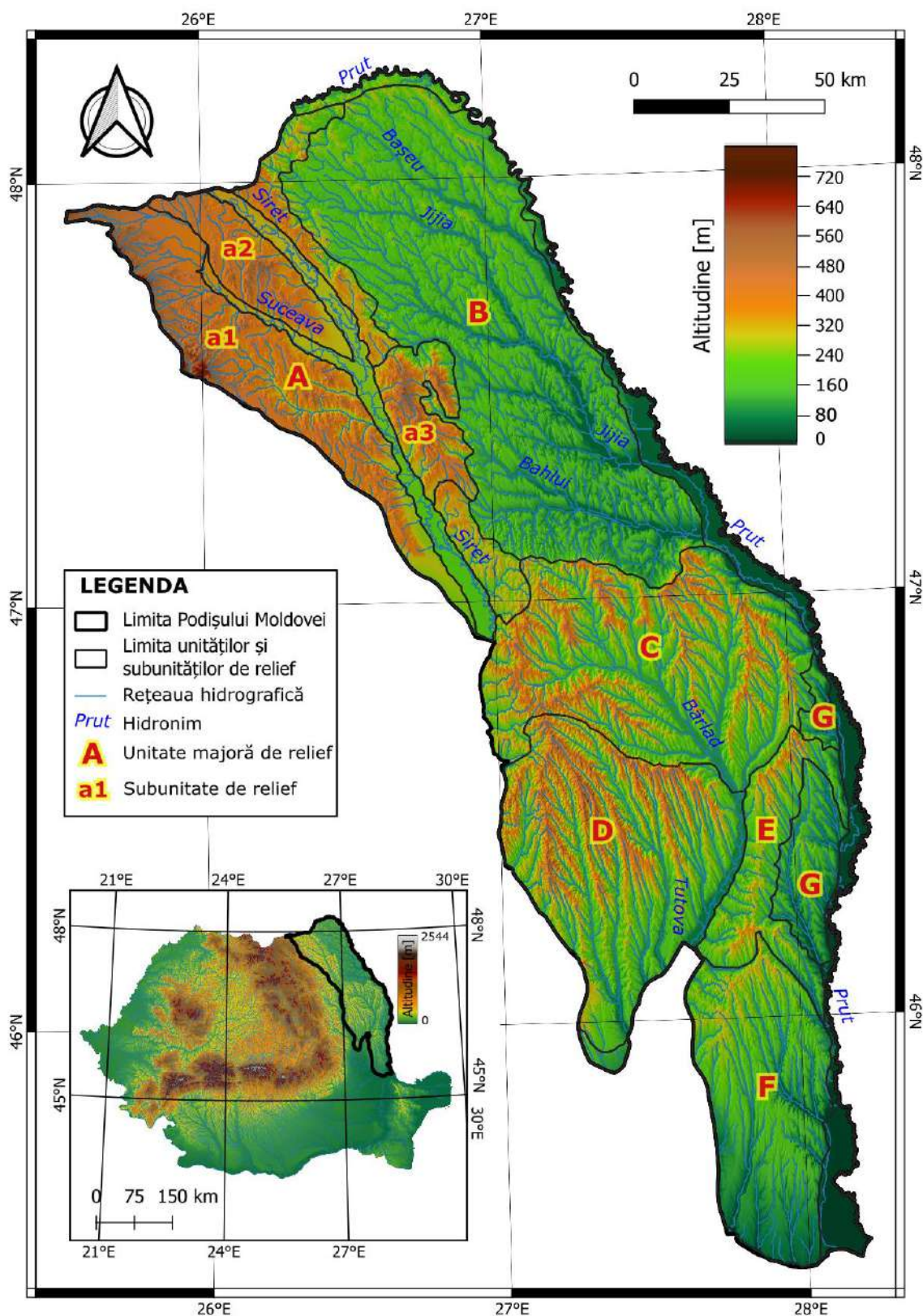


Figura 2. Localizarea geografică a Podișului Moldovei cu unitățile și subunitățile de relief aferente: **A** - Podișul Sucevei; **a1** – Podișul Fălticeni, **a2** – Podișul Dragomirnei, **a3** – Dealurile Siretului; **B** – Dealurile Jijiei; **C** – Podișul Central Moldovenesc; **D** – Dealurile Tutovei; **E** – Dealurile Fălciului; **F** - Podișul Covurlui; **G** – Dealurile Huși – Sărata – Elan – Horincea

2.2. Caracteristicile geomorfologice și impactul asupra pășunilor

Podișul Moldovei se caracterizează printr-o structură geologică monoclinală, cu succesiuni de dealuri asimetrice și văi largi condiționate de deplasarea homoclinală a rețelei hidrografice (Mărgărint și Niculiță, 2017; Niculita, 2020; Niculiță, 2011). Acest tip de structură a influențat în mare măsură clima, modul de utilizare a terenului, rețeaua de așezări și transporturi (Mărgărint și Niculiță, 2017) și implicit modul de distribuție a pășunilor. Pășunile sunt distribuite sub forma unor insulițe de-a lungul frunților de cuestă (Doru et al., 2023; Văculișteanu et al., 2022), afectate de alunecări de teren (complexe) (Bălțeanu et al., 2020; Mărgărint et al., 2013; Niculiță et al., 2019) și sub forma unor fâșii lungi de-a lungul luncilor râurilor (Văculișteanu et al., 2022). Acest tip de distribuție perpetuă a suferit transformări severe cu precădere în perioada interbelică, când majoritatea pășunilor au fost transformate în teren arabil ca urmare a necesității iminente de hrană. Ulterior, reconversia terenurilor agricole în terenuri cu pășuni a avut loc în timpul perioadei comuniste, când randamentul scăzut al terenurilor aflate în zone de pantă a condus la reintroducerea acestora în circuitul pastoral (Văculișteanu et al., 2022; Doru, 2018).

Urmând, pe de o parte, evoluția istorică și pe cea politică a regiunii, și pe de altă parte, pe cea geomorfologică, pentru pășunile din Podișul Moldovei a fost implementată o clasificare strict biogeomorfologică pornind de la distribuția spațială a acestora (Doru et al., 2023). Regăsite majoritar pe versanții abrupti și în luncile râurilor, tipologia localizării pășunilor se consideră a fi condiționată de (i) accesibilitatea dificilă a unor zone pentru utilizare agricolă, (ii) lipsa fertilității solului, (iii) predispoziția la producerea inundațiilor sau a alunecărilor de teren, (iv) percepția cu privire la utilitatea și importanța pășunilor.

2.2.1. Distribuția spațială a pășunilor din Podișul Moldovei și tipologia condiționată de relief

Influența reliefului/topografiei asupra distribuției și dezvoltării plantelor a fost bine fundamentată în literatură o dată cu instituirea conceptului de *biogeomorfologie* (Viles, 2022). De asemenea, în ceea ce privește aria de studiu, importanța reliefului în distribuția spațială a principalelor tipuri de utilizare a terenului a fost argumentată de Văculișteanu și colab. (2022), fiind cât se poate de clară dependența zonalității pășunilor de distribuția principalelor forme de relief caracteristice zonei (Figura 3).

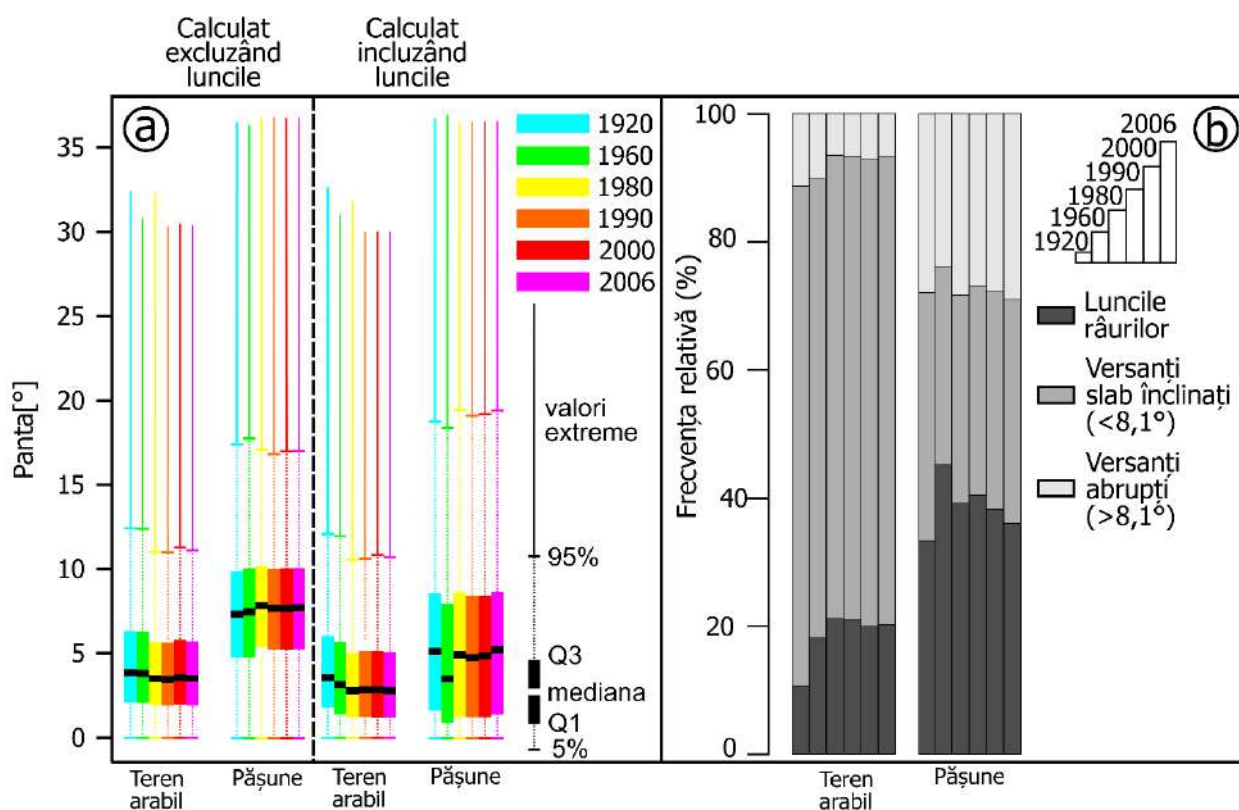


Figura 3. Raportul distribuției pășunilor și a terenurilor arabile la nivel de luncă și de versant – calculat pentru arealul Județului Iași (Văculișteanu et al., 2022)

Distribuția spațială a pășunilor din Podișul Moldovei concordă cu particularitățile zonei de studiu. Condiționate de relief, și în strânsă legătură cu variabilitatea tipurilor de utilizare ale terenurilor, pășunile Podișului Moldovei s-au remarcat printr-o disproportionalitate spațială constantă dar care, în linii mari, a urmat un patrn cunoscut de secole (Văculișteanu et al., 2022). Astfel, dintr-o perspectivă biogeomorfologică, pășunile din Podișul Moldovei sunt clasificate în două mari categorii: *pășunile de luncă* și *pășunile de versant*.

2.2.1.1. Pășunile localizate pe versant

La origine, stepa este considerată un tip de pășune condiționată climatic, caracteristică zonelor cu un climat prea uscat pentru a susține un ecosistem de pădure (Dengler et al., 2014), dar transformată radical prin intervenția omului, fiind convertită majoritar în teren arabil, datorită fertilității solului (Török et al., 2016). Ca urmare directă a transformărilor survenite de-a lungul secolelor, în prezent pășunile sunt caracteristice zonelor slab fertile, cu accesibilitate teritorială limitată, așa cum este cazul versanților abrupti (Gibon, 2005; Reinermann et al., 2020).

O largă varietate de procese regăsite la nivel de versant se consideră a avea o influență considerabilă asupra structurii plantelor (Badano et al., 2005), compoziției floristice (Gong et al., 2008) și, în mare măsură, asupra caracteristicilor edafice (Kölbl et al., 2011), impactând direct buna funcționare a acestui ecosistem.

Podișul Moldovei, la nivelul versanților, calitatea scăzută a solului a reprezentat o primă condiție a întrebuițării deficitare a acestor zone. Utilizați fie pentru locuit, cu toate că semnalau un anumit grad de risc de producere a alunecărilor de teren (Văculișteanu et al., 2019), fie pentru pășunat (Văculișteanu et al., 2022), versanții din această regiune se remarcă prin unicitatea locală dobândită. Acest patern se datorează schimbărilor succesive de utilizare a terenului, pe fundalul valorificării intensive a solului. Localizarea, microclimatul și tipul de sol sunt definatorii pentru arealele de pășune de versant.

După formă, pășunile de versant nu urmăresc tipare regulate, ci mai degrabă se remarcă prin multitudinea de forme aleatorii, izolate, care conturează întru totul zonele cel mai greu accesibile ale versanților. Deși la nivelul literaturii internaționale, pășunile de versant sunt tipologic destinate păstoritului (Stevens et al., 2022), la latitudinea Podișului Moldovei utilizarea pășunilor din regiunile aflate în pantă este una complexă, fiind întrebuițate în mod frecvent ca pășuni de cultură, prin intermediul cositului periodic, mai ales dacă sunt localizate în proximitatea terenurilor arabile.

Cu o componentă floristică variabilă, pășunile de versant sunt preferate de animale în detrimentul celor de luncă. Deși au un randament mic al producției, acestea s-au remarcat de-a lungul timpului prin bogăția biodiversității (Marini et al., 2008). Dintre speciile predominante le amintim pe cele din genul: *Festuca*, *Nardus*, *Melica*, *Bromus*, *Avenula*, dezvoltate pe soluri de tip regosol, preluvosol, eutricambosol, districambosol sau soloneț.

Cu toate că unii cercetători împărtășesc opinia persistenței stepei la nivelul versanților înalți (Dembicz et al., 2016), pentru Podișul Moldovei această teorie nu este încă validată. Convertite în teren arabil atunci când evenimente socio-istorice au impus, caracterul natural al pășunilor a fost înlocuit definitiv cu cel cu specific seminatural, sau chiar antropic. Cu toate acestea, pe fundalul inaccesibilității regiunilor aflate în pantă, și din perspectiva literaturii internaționale existente, pășunile de versant constituie areale unice, cu o biodiversitate de necontestat, datorită menținerii unui echilibru intern bazat majoritar pe menținerea practicilor rudimentare (Yuan et al., 2016).

Dintr-o altă perspectivă, relația dintre prezența vegetației și stabilitatea versantului a fost periodic remarcată la nivelul literaturii internaționale (Löbmann et al., 2020b), vegetația fiind considerată unul dintre cei mai importanți factori de control ai eroziunii (Gyssels et al., 2005). Aportul semnificativ al acestui proces este surprins detaliat în cadrul acestei teze, la nivelul capitolului 6 (6.4. *Degradarea pășunilor datorită factorului geomorfologic*- pg. 189).

2.2.1.2. Pășunile localizate în regiunile de luncă

Luncile se remarcă printr-o dinamică aparte și un mozaic vegetal distinctiv, unde habitatele naturale completează peisajul alături de terenurile cultivate agricol (Felipe-Lucia și Comín, 2015;

Posthumus et al., 2010; Tockner și Stanford, 2002), fiind regiuni caracterizate printr-o dinamică spațială și temporală continuă, dependentă de factorul accesibilitate.

Importanța luncilor este condiționată de prezența pășunilor cu o deosebită valoare ecologică și diversitate biologică (Toogood et al., 2008), fiind caracterizate de specii cu o adaptabilitate remarcabilă la particularitățile regimurilor hidrologice (Brotherton et al., 2019), cu rol de indicatori ai umidității, combatere a poluării, captare a carbonului și atenuare a inundațiilor (Toogood et al., 2008).

După formă, acestea sunt alungite, dispuse de o parte și de alta a râurilor, în perimetrul albiei majore, caracterizate de specii adaptate la regimul hidrologic caracteristic (Brotherton et al., 2019), și considerate indicatori specializați ai alternanțelor regimului hidric, cu rol considerabil în prevenirea producerii inundațiilor. Dintre speciile cel mai frecvent regăsite le amintim pe cele din genul: *Agrostis*, *Molinia*, *Deschampsia*, *Poa*, *Carex*, *Juncus*, dezvoltate frecvent pe aluviosol, kastanoziom, cernoziom, faeoziom sau soloncean.

Modificările aduse acestui ecosistem de luncă sunt datorate în mare parte necesității creșterii productivității agricole, prin implementarea rețelelor de drenaj, și conversia în teren arabil (Toogood et al., 2008). În prezent, se estimează că un procent de aproximativ 80 – 90 % dintre luncile Europei au fost intens cultivate, modificându-se radical tipologia acestora (Rajib et al., 2023; Xu et al., 2017). În lipsa utilizării stricte ca teren de cultură, pășunile de luncă sunt utilizate pentru a acoperi necesarul de hrană pentru animale, fiind cosite sau pășunate regulat. Tipologia distinctă a acestui tip de pășune, prin dependența față de variațiile nivelului freatic, face ca bogăția covorului vegetal să determine o valorificarea intensivă a acestora. Chiar dacă caracteristicile pășunilor de luncă întrunesc tipologia unor pășuni destinate exclusiv producerii de furaje (Stevens et al., 2022), la nivelul Podișului Moldovei întrebuintarea acestora se realizează în manieră mixtă, cu unele diferențieri zonale. Luncile râurilor mari sunt utilizate majoritar pentru pășunat, ca urmare a distanței față de localități, sau a riscului crescut de producere a inundațiilor, în timp ce luncile râurilor mici au căpătat funcția de fâneată, ca urmare a proximității sau a lipsei evenimentelor hidrologice cu risc major.

Majoritatea pășunilor din arealele de luncă sunt considerate seminaturale, cele naturale fiind regăsite sporadic, iar după unii autori, inexistente sau în curs de transformare ireversibilă (Stevens et al., 2022), ecosistemul în sine suferind mult prea multe conversii de-a lungul timpului pentru a se mai putea reveni la un stadiu natural de pășune.

La nivelul Podișului Moldovei luncile râurilor au tranzitat o serie de schimbări de utilizare, cu impact semnificativ asupra dinamicii pășunilor (Văculișteanu et al., 2022). Cunoscând o dată

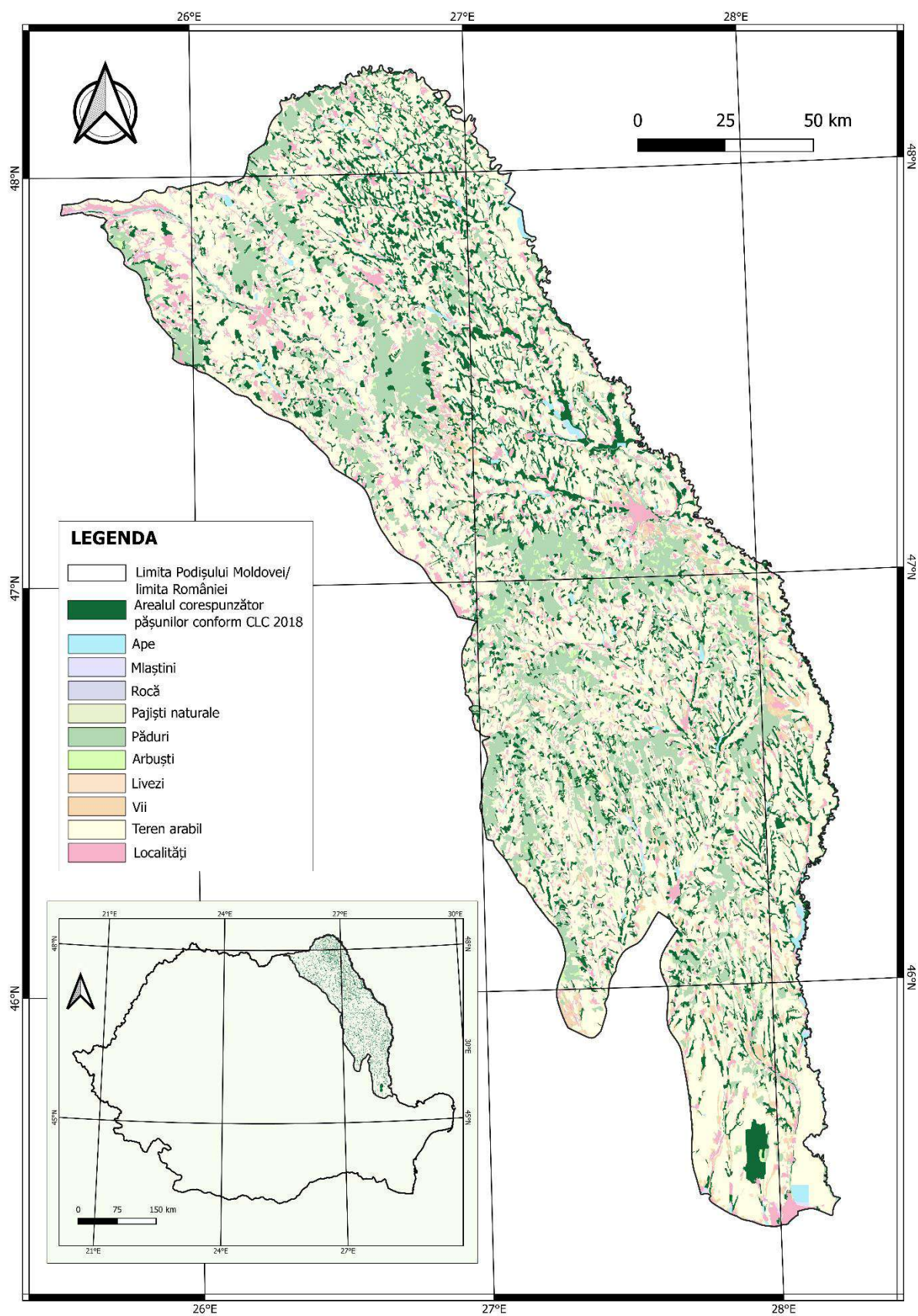


Figura 4. Localizarea pășunilor în cadrul Podișului Moldovei (după CLC 2018)

cu perioada interbelică, succesive conversii în teren arabil, pe fondul unei mari crize globale și a unei secete prelungite, pășunile permanente au fost păstrate doar în regiunile mai puțin accesibile, cu certe condiții climatice sau topografice, așa cum este și cazul zonelor umede (Gibon, 2005). Cu toate acestea, pe durata perioadelor secetoase, luncile aflate într-un punct cu deficit de umiditate sever, erau arate și întrebuințate agricol atât cât natura permitea acest aspect (Văculișteanu et al., 2022).

Ulterior, o dată cu ascensiunea comunismului și adoptarea unei agriculturi planificate, pășunile s-au confruntat cu o reconversie, revenind la statutul lor de drept, însă trecerea alternată de la un tip de utilizare la altul a făcut ca aceste areale de luncă să capete un caracter imprevizibil, de unde și catalogarea regiunilor de pășune drept element de rezervă sau cu utilitate minoră din punct de vedere agricol.

Astfel, pentru a spori acuratețea acestui studiu, s-a încercat realizarea unui material cartografic care să surprindă distribuția spațială a pășunilor din Podișul Moldovei. Cu toate că acuratețea datelor utilizate este discutabilă, singura modalitate la îndemână pentru a evidenția distribuția spațială a pășunilor o reprezintă seriile de date CORINE Land Cover. Datele CLC 2018 au fost utilizate cu scopul de a evidenția o realitate cât mai apropiată de prezent a distribuției teritoriale a pășunilor, cu toate că această clasă de utilizare a terenului s-a remarcat de-a lungul timpului printr-o variabilitate constantă, chiar și de la un an la altul. Așa cum a și fost deja menționat, zonele de luncă și cele aferente versanților afectați de degradare sunt corespunzătoare pășunilor (Figura 4).

2.3. Caracteristicile climatice și impactul asupra pășunilor

Clima Podișului Moldovei este temperat-continentală, cu veri calde și uscate caracterizate printr-un maxim al temperaturilor și precipitațiilor aferent lunilor iunie sau iulie, și ierni reci și uscate, cu un minim al temperaturilor corespunzător lunilor ianuarie sau februarie. Temperatura medie anuală crește de la nord, unde se înregistrează o medie de 7 - 8°C, spre sud, unde regăsim 9 – 10°C. Precipitațiile medii anuale scad de la 640mm, în partea de nord, la 480mm, în partea de sud. Precipitațiile înregistrate pe durata verii sunt de la două până la de trei ori mai mari comparativ cu cele înregistrate pe perioada de iarnă, când acestea cad majoritar sub formă de zăpadă (Croitoru și Minea, 2015; Minea, 2020; Sandu et al., 2008).

Temperatura și precipitațiile reprezintă factorii condiționali ai distribuției pășunilor (Cleland et al., 2013), productivitatea pășunilor fiind corelată, în majoritatea cazurilor, cu media anuală a precipitațiilor (Smit et al., 2008).

La nivelul României, [Bîrsan și colab. \(2019\)](#) indică un trend ascendent al temperaturii pe durata ultimelor decenii, fapt concretizat prin frecvențele episoade de secetă, cu impact major asupra agriculturii ([Dobri et al., 2021](#)).

La nivelul Podișului Moldovei, [Croitoru și Minea \(2015\)](#) demonstrează existența unui trend pozitiv al temperaturilor și precipitațiilor pentru perioada 1950 – 2006, lucru semnalat ulterior prin analiza episoadelor de secetă, frecvent întâlnite ([Minea et al., 2022](#)). Conform [IPCC \(2021\)](#), pentru regiunea Podișului Moldovei se preconizează o creștere simultană a temperaturilor și precipitațiilor, concomitent cu o descreștere a umidității solului, pe fondul unei rate mari a evapotranspirației. De asemenea, [Niculiță \(2020\)](#) semnalează o ciclicitate resimțită la nivelul fenomenelor de ordin geomorfologic (activarea alunecărilor de teren) pe durata ultimului secol, la nivelul Podișului Moldovei succedându-se o serie de perioade umede (ex: 1960 - 1990), urmate de un ciclu uscat (după 1990), marcate de perioade scurte de secetă. Fenomenul de secetă, atât din punct de vedere hidrologic cât și meteorologic, constituie un factor de risc major asupra calității și durabilității pășunilor.

[Rădoane și colab. \(2015, 2017\)](#) identifică cu ajutorul analizelor dendrocronologice, principalele cicluri umede aferente ultimilor 200 de ani: 1824 – 1925, 1870 – 1871, 1890 – 1991, 1926, 1970 și 1997.

Persistența anilor ploioși determină menținerea unui nivel freatic ridicat, remarcat prin vitalitatea plantelor pe durata sezonului vegetal (mai - septembrie) de multe ori depășind această perioadă.

Astfel, un element de referință în evaluarea calității pășunilor (cu predispoziție a celor de pe versant) este reprezentat de prezența și respectiv absența apei din freatic, considerat factor vital în menținerea continuității vegetale. Pentru Podișul Moldovei, deficitul de apă din sol și urmările acestuia au fost analizate de [Sfîcă și colab. \(2022\)](#) prin intermediul scenariilor construite pentru perioada 2020 – 2100. Deficitului de apă din sol va constitui o problemă de mare risc pentru ecosistemul de pășune, cu atât mai mult în cazul Podișului Moldovei, acolo unde modul de distribuție a acestora este de cele mai multe ori dependent de resursa de apă, așa cum este cazul pășunilor de luncă (cu predominanță de specii higrofite³, hidrofite⁴ și eurifite⁵). Pe fondul relației umiditate – productivitate vegetală, pășunile de luncă sunt considerate ca având randament maxim de producție. Cu toate că adaptabilitatea plantelor este vizibilă și îndelung demonstrată în lucrările de specialitate ([Basu et al., 2016](#); [De Micco și Aronne, 2012](#)), nu se poate omite impactul negativ al deficitului de apă asupra ecosistemelor ([Marchionni et al., 2020](#)).

³ Specii de plante adaptate solurilor cu exces de umiditate;

⁴ Specii de plante adaptate la mediul acvatic sau dezvoltate pe soluri permanent umede;

⁵ Specii de plante adaptate la oscilații mari ale regimului hidric;

Deși majoritatea studiilor tind spre o uniformizare a caracteristicilor climatice ale Podișului Moldovei, unele lucrări de specialitate au evidențiat importanța analizei microclimatelor și impactul pozitiv sau negativ pe care îl pot avea asupra vegetației. [Irimia și colab. \(2018\)](#) identifică microclimatul specific regiunii Cotnari, caracterizat printr-o încălzire accentuată pe fondul schimbărilor climatice, dar catalogată drept atipică raportat la relieful zonei. Lucrarea în sine se axează pe exemplificarea impactului pozitiv al unei astfel de anomalii climatice asupra culturilor viticole specifice zonei. Până în prezent, impactul microclimatelor zonale nu a fost raportat la calitatea pășunilor, dar corelarea unei specii de cultură (vița de vie) cu caracteristicile climatice locale ne poate duce cu gândul la necesitatea investigării amănunțite a impactului schimbărilor climatice asupra pășunilor și, implicit, la clasarea urmărilor acestui fenomen drept pozitive sau negative. În cazul viței de vie este evident unul pozitiv.

2.4. Vegetația caracteristică Podișului Moldovei.

Clasificarea pășunilor din Podișul Moldovei

Principalele tipuri de vegetație din Podișul Moldovei sunt dificil de stabilit, lipsa studiilor de specialitate și mai ales de actualitate, reprezentând un mare impediment.

Pe durata Holocenului, în Podișul Moldovei existau: i) *păduri de foioase și de amestec* (jumătatea vestică) ([Feurdean et al., 2021, 2018](#)); ii) *silvostepă* (Dealurile Jijiei și Sud-Estul Podișului Bârladului) și iii) *stepă* (Sud) ([Feurdean et al., 2021, 2018](#); [Kuneš et al., 2015](#)).

În timp, regiunea corespunzătoare stepei (Europa Central-Estică) a fost sever afectată de impactul antropic, prin prisma faptului că este localizată într-o regiune mai joasă comparativ cu regiunile montane ([Cleary et al., 2019](#); [Feurdean et al., 2021, 2015](#); [Gumnior et al., 2020](#); [Jamrichová et al., 2019](#); [Kuneš et al., 2015](#); [Magyari et al., 2010](#); [Novenko et al., 2016](#); [Shumilovskikh et al., 2019, 2018](#); [Tonkov et al., 2014](#); [Vincze et al., 2019](#)), reprezentând o zonă cu un grad mare al accesibilității și o fertilitate ridicată a solului. Acești doi factori au condiționat conturarea timpurie a așezărilor umane în regiune și mai ales a activităților agro-pastorale ([Feurdean et al., 2021](#)), așa cum este și cazul Podișului Moldovei.

Cu toate că în domeniul științific zonal se merge încă pe clasificarea de bază: stepă, silvostepă, păduri de foioase ([Băcăuanu et al., 1980](#)), în prezent, în Podișul Moldovei regăsim majoritar păduri de foioase și pășune, stepa și silvostepa dispărând aproape în totalitate o dată cu intensificarea agriculturii. În studiile recente ale lui [Deák și colab. \(2016\)](#) și [Dembicz și colab., \(2016\)](#) realizate pentru pășunile din Ucraina, se stabilește o relație între tumuli și persistența stepei

sub forma unor mici insulițe în regiuni corespunzătoare acestora. Deși încă nu a fost studiată această teorie și la nivelul Podișului Moldovei, ceea ce știm cu certitudine este că în acest perimetru abundența tumulilor a fost remarcată (Niculiță, 2020), iar specii din genul *Stipa* (*Stipa capillata*; *Stipa joannis*) sunt frecvent dominante la nivelul versanților abrupti. Prin urmare, probabilitatea ca această teorie să fie valabilă și pentru Podișului Moldovei este cât se poate de mare.

Astfel, Dengler și Tischew (2018) și Hejerman și colab. (2013) clasifică pășunile Europei în trei mari categorii: *pășunile naturale*, influențate de variabilitatea climatică, *pășunile seminaturale* asociate cu impactul antropic și necesitatea omului de a procura hrană pentru animale, și *pășunile intens utilizate*, antropice, de regulă cu specific legumicol sau furajer.

La nivelul Europei de Est, Török și colab. (2020) stabilesc existența a două categorii principale de pășune: *pășunile naturale* (primare) și *pășunile seminaturale* (secundare).

Din punct de vedere botanic, conform tipului de specie dominantă, pentru arealul României (Todor, 1968), regăsim: (i) *pajiști moderat umede până la mlăștinoase*, (ii) *pajiști uscate, stepice, coaste și stâncării însoțite*, (iii) *pajiști de sărătură*, și (iv) *pajiști de nisipuri*. La nivelul Podișului Moldovei Grîneanu și Constantin (1960) clasifică pășunile dintr-o perspectivă agronomică: (i) *pajiștile naturale* (Grîneanu, 1960) - utilizate pentru cosit și pășunat, dar fără a se modifica componenta floristică, și (ii) *pajiștile artificiale* (Constantin, 1960) – însumând totalitatea pășunilor de cultură (ex: lucerna, trifoi, orz). Băcăuanu și colab. 1980, clasifică pășunile în funcție de zona unde sunt localizate și în concordanță cu tipul de vegetație substituit clasifică pășunile în două categorii: (i) *pășuni primare* - marcate prin continuitate locală, fără să fi suferit o schimbare de utilizare a terenurilor recentă, și (ii) *pășuni secundare* (numite și post-forestiere), corespunzând regiunilor defrișate sau excesiv de degradate.

În concordanță cu clasificarea aferentă estului Europei și cele identificate pentru România și Podișul Moldovei, din punct de vedere al factorilor condiționali (schimbările climatice și impactul antropic) putem conchide că la nivelul Podișului Moldovei regăsim *pășuni temperate*, clasificate în: *pășuni non-stepice* (naturale, seminaturale și antropice) și *pășuni stepice* (naturale și seminaturale).

A) Pășunile non-stepice se împart în următoarele categorii:

A.a) Pășunile *naturale non-stepice* de pe teritoriul Podișului Moldovei sunt de tip *azonal* și *extrazonal*, și se dezvoltă acolo unde mediul climatic ar permite în mod normal dezvoltarea pădurilor, dar datorită condițiilor edafice (sol prea umed, prea uscat, scheletic sau salinizat) acestea nu se pot dezvolta, locul lor fiind luat de pășuni (Dengler și Tischew, 2018). Deși aceste trei categorii de pășuni naturale coincid în cea mai mare parte arealelor de pășune protejată, există și regiuni unde acestea sunt utilizate pastoral, cu mențiunea că arealul corespondent acestora este de regulă minoritar ca întindere.

A.a.1) Pășunile halofite sunt frecvent întâlnite în Podișul Moldovei, fiind specifice zonelor de sărătură (sol de tip solonceac sau soloneț) unde excesul de săruri din sol a împiedicat dezvoltarea arborilor, fiind la ora actuală cel mai bine conservate deoarece solul nu a reprezentat o resursă convenabilă pentru instalarea agriculturii (Török et al., 2020), iar speciile halofite nu sunt printre cele mai preferate de erbivore. Mediul lor de dezvoltare este condiționat de existența umidității și a sărurilor în sol. Prin capilaritate, apa încărcată cu săruri ajunge la suprafață, iar în urma procesului de evaporare, sărurile sunt depuse pe suprafața solului sub forma unor pete de culoare albă, cu constituție prăfoasă. Acestea sunt localizate în mare parte în luncile râurilor (solonceacurile – **A.a.1.b**), și în anumite cazuri și pe versant (solonețurile – **A.a.1.a**) (Mihalache și Ilie, 2009). Cele mai reprezentative specii caracteristice pășunilor halofite sunt: *Camphorosma annua*; *Salicornia herbacea*; *Suaeda maritima*; *Artemisia salina*; *Aster tripolium*; *Statice gemelini*; *Kochia prostrata*; *Petrosimonia triandra*, *Taraxacum bassarabicum*, dar și specii din genul: *Festuca* (*F. pseudovina* var. *salina*), *Puccinellia* (*P. distans*, *P. limosa*), *Juncus* (*J. gerardi*), *Plantago* (*P. schwarzenbergiana*), *Podospermum* (*P. canum*), *Salsola* (*S. ruthenica*) (Török et al., 2020; Băcăuanu et al., 1980).

La modul general, procesul de salinizare este considerat un proces de degradare a solului, ducând la pierderea calității acestuia, așa cum este și în cazul Podișului Moldovei (Băcăuanu, 1968).

A.a.2) Pășunile dezvoltate pe nisipuri/ loess-uri. Nisipurile și loess-urile sunt specifice majoritar, fundamentului sudic al Podișului Moldovei (Ionesi et al., 2005), apărând la zi pe largi porțiuni, mai ales acolo unde primează loess-ul, cu precădere la contactul cu Câmpia Bărăganului. Nisipurile și loessurile au un caracter instabil, nefavorabil instalării vegetației de tip arboricol, lăsând loc pășunilor (**Figura 5**).

Speciile de plante caracteristice acestui tip de pășune sunt: *Tragus racemosus*, *Apera spica venti*, *Secare silvestre*, *Carex legerica*, *Cenopodium botrys*, *Salsola ruthenica*, *Asperula humifusa* (Todor, 1968), dar și specii din genul *Festuca*, *Arenaria*, *Cerastium*, *Draba*, *Erophila*, și *Veronica* (Török et al., 2020).

A.a.3) Pășunile dezvoltate pe rocă. Tipologia versanților abrupti din Podișul Moldovei este condiționată de prezența în substrat a formațiunilor dure de tip gresie sau calcar. Acestea se remarcă în peisaj, mai ales la nivelul frunților de cuestă, în literatura de specialitate fiind denumite *caperock* (Niculiță et al., 2019). În aceste zone solul este slab format (scheletic), majoritar instabil, plantele dominante fiind de tip xeroterm. Cele mai tipice specii caracteristice fac parte din genul *Festuca* (*F. sulcata*,

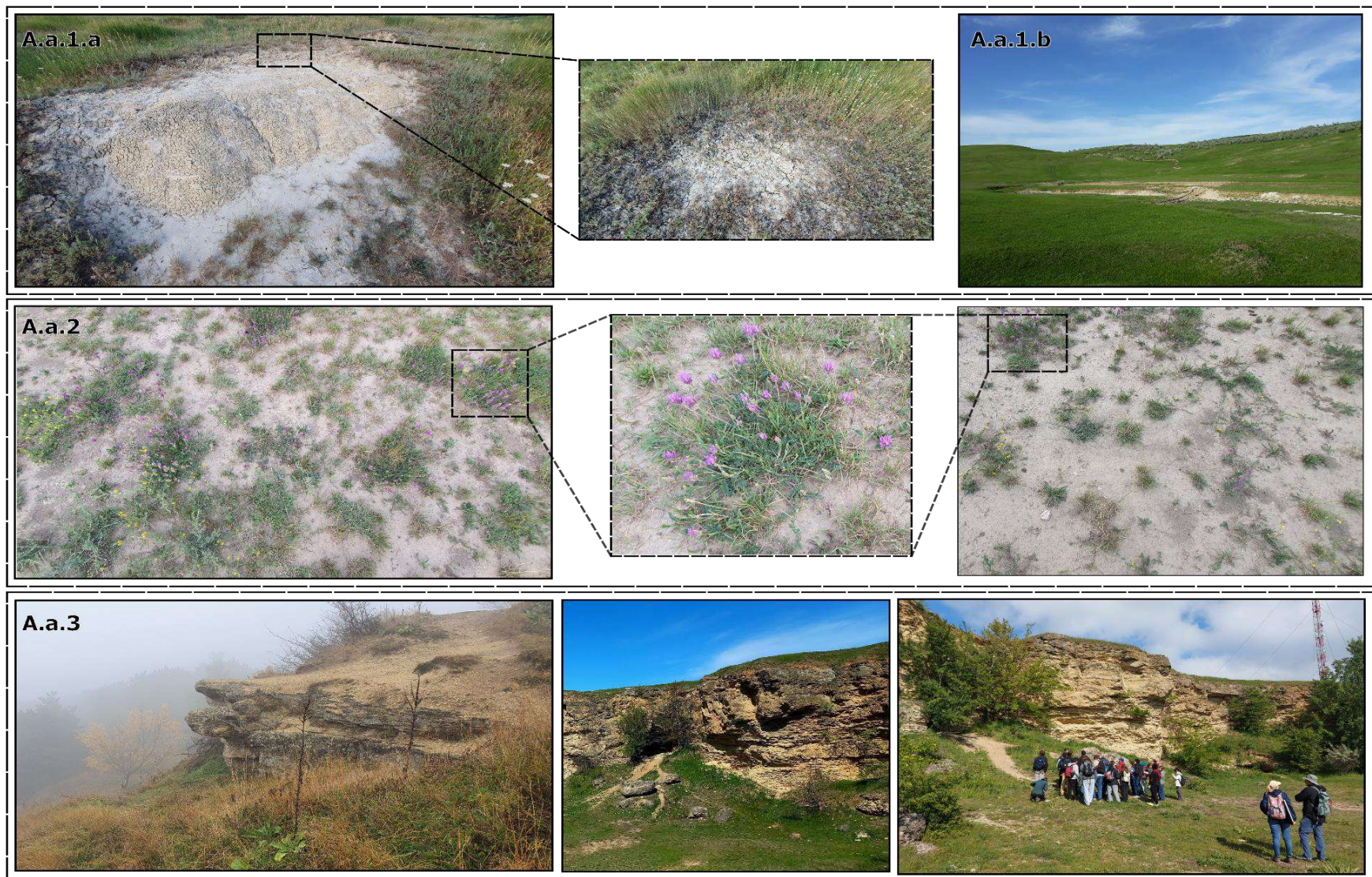


Figura 5. Pășuni non-stepice naturale: **A.a.1.a** – Pășuni halofite de versant (NE Obrijeni, Județul Iași); **A.a.1.b** – Pășuni halofite de luncă (S Obrijeni, valea râului Sinești – Județul Iași); **A.a.2** – Pășuni de nisipuri și loessuri; **A.a.3** – Pășuni de rocă (Dealul Repedea – SE Mun. Iași)

pseudovina, *F. valesiaga*), *Bromus* (*B. inermis*, *B. mollis*, *B. squarrosus*, *B. japonicus*), *Poa* (*P. pratensis*, *P. bulbosa*), *Stipa* (*S. Capillata*, *S. joannis*, *S. lessingiana*), *Agropyron* (*A. cristatum*, *A. intermedium*) și *Nardus* (Török et al., 2020; Todor, 1968).

A.b) Pășunile *seminaturale non-stepice* sunt condiționate de intervenția antropică, pe de o parte, prin pășunat și cosit periodic, dar și de factorul climatic, prin alternanța perioadelor umede cu cele uscate, pe de altă parte, în funcție de localizarea acestora, pășunile pot fi de versant și de luncă, tipologie foarte bine definită pentru Podișul Moldovei, acolo unde acest pattern este vizibil încă din perioada comunistă (Văculișteanu et al., 2022; Doru, 2018). În funcție de regimul hidrologic, acestea pot fi *uscate și semiuscate* (*xerofite*⁶ și *xeromezofite*⁷), localizate de regulă pe versant, sau *semiumede și umede* (*mezofite*⁸ și *mezohigrofite*⁹), localizate în regiunile de luncă.

A.b.1) În cazul pășunilor *de versant*, regăsim specii iubitoare de uscăciune precum: *Brachypodium pinnatum*, *Elymus hispidus*, *Bromus erectus*, *Danthonia alpina*, *Sieglingia decumbens*, *Avenula pubescens*, *Nardus stricta*, *Festuca ovina*, *Melica altissima*, *Melica transsylvanica*, *Carex caryophyllea*, și *Carex montana*.

A.b.2) Pășunile *de luncă* se remarcă prin specii iubitoare de umezeală: pășuni *umede* (*Agrostis stolonifera*, *Molinia arundinacea*, *Deschampsia caespitosa*, *Poa trivialis*, *Carex nigra*, *Carex flava*, *Carex flacca*, *Juncus conglomeratus*, *Juncus effusus*) și pășuni *semiumede* (*Arrhenatherum elatius*, *Alopecurus pratensis*, *Agrostis tenuis*, *Anthoxanthum odoratum*, *Briza media*, *Bromus inermis*, *Cynosurus cristatus*, *Festuca pratensis*, *Festuca rubra*, *Festuca arundinacea*, *Poa pratensis*, *Carex pallescens*, *Carex panicea*, *Carex tomentosa*) (Török et al., 2020) (Figura 6).

În funcție de modul în care acestea sunt utilizate, Allen și colab. (2011) și Reinermann și colab. (2020) clasifică pășunile în *fâneată* (utilizată pentru cosit), *islaz* (utilizat pentru pășunat) și *luncă* (întrebuințată în ambele scopuri – pășunat și cosit). Acest ultim tip de clasificare este cât se poate de definitiv pentru Podișul Moldovei. Cu toate că pășunile *seminaturale* sunt cele mai răspândite la nivel teritorial, în ultimii 60 de ani acestea s-au confruntat cu un declin în ceea ce privește răspândirea, în mare parte datorită abandonării terenurilor și intensificării agriculturii (Strijker, 2005; Sutcliffe et al., 2015).

A.c) Pășunile *antropice non-stepice* sunt strict condiționate de intervenția antropică, fiind pășuni cultivate cu scopul de a furniza hrană pentru animale. Acestea se regăsesc

⁶ Specii de plante adaptate condițiilor edafice cu specific uscat;

⁷ Specii de plante adaptate condițiilor edafice cu specific semi-uscate

⁸ Specii de plante adaptate condițiilor edafice cu specific semi-umede

⁹ Specii de plante adaptate condițiilor edafice cu specific umed

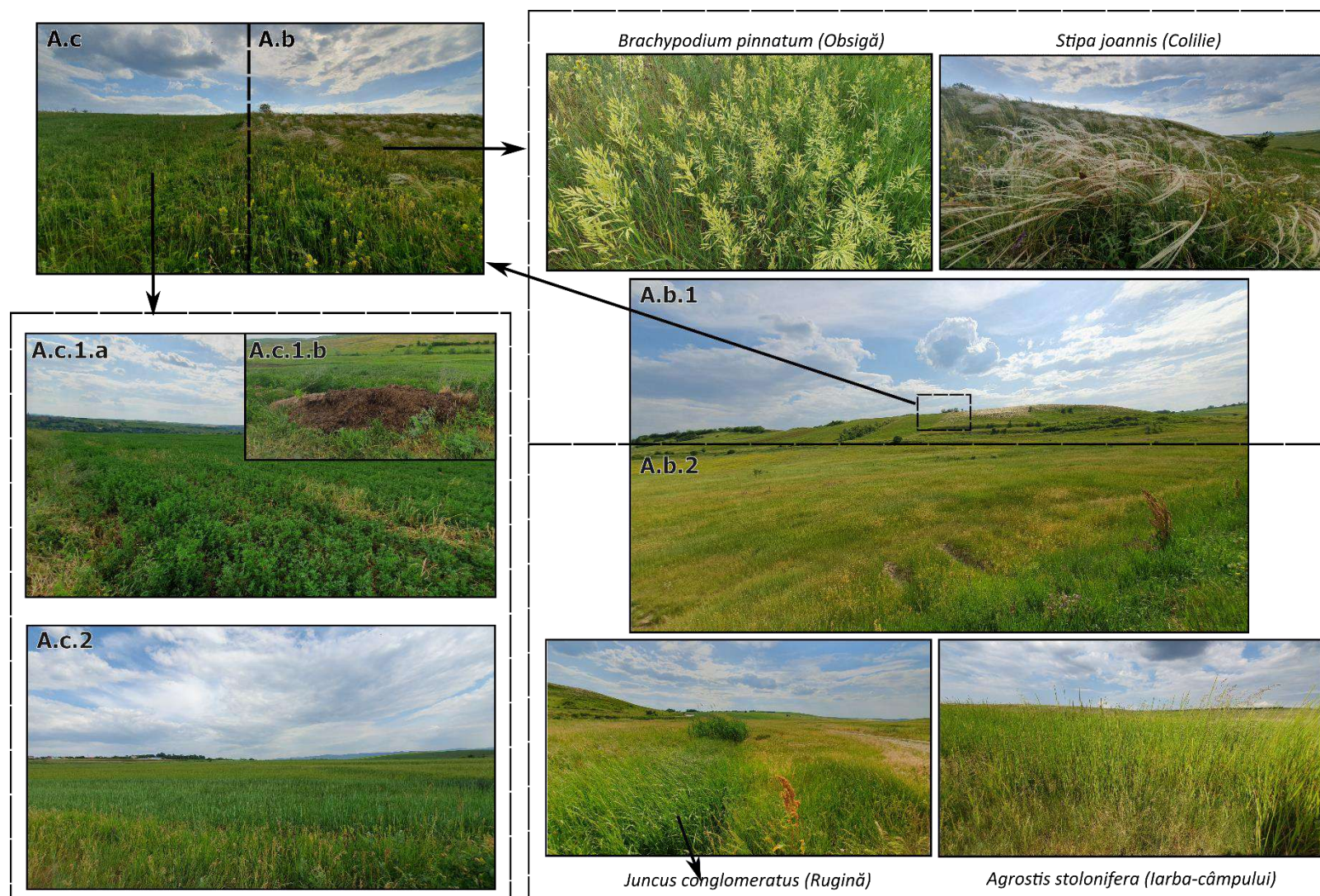


Figura 6. Pășuni non-stepice seminaturale (A.b) și antropice (A.c): A.b.1 – Pășuni de versant (NV Obrijeni – Județul Iași); A.b.2 – Pășuni de luncă (NV Obrijeni, valea râului Gâmboasa – Județul Iași); A.c.1.a – Pășune antropică – cultură de lucernă (V Popești – Județul Iași); A.c.1.b – Fertilizant natural utilizat pentru fertilizarea culturilor antropice (NV Obrijeni – Județul Iași); A.c.2 – Pășune antropică – cultură de orz (V Popești – Județul Iași)

atât pe versant cât și în lunci, au capacitate mare de producție datorită înșămânțării periodice, irigațiilor sau aplicării îngrășămintelor. Din această categorie, cele mai comune pentru Podișul Moldovei sunt: lucerna (*Medicago sativa*) și orzul (*Hordeum vulgare*).

B) *Pășunile stepice* se regăsesc foarte rar la nivelul Podișului Moldovei, au aspect insular și de regulă pot fi observate la nivelul versanților abrupti și însoriți. Acestea pot fi utilizate pentru cosit - **B.a)** *pășuni stepice seminaturale*, sau conservate în mediul lor natural datorită caracterului endemic – **B.b)** *pășunile stepice naturale*. Această categorie de pășuni a fost adăugată clasificării pe baza observațiilor din teren și a clasificării clasice, atribuite vegetației din podiș.

2.5. Solurile și modul de distribuție a pășunilor

La nivel global solurile se află sub o continuă amenințare datorită creșterii populației, dezvoltării economiei și schimbărilor climatice globale (Montanarella et al., 2016). Analiza relației sol – vegetație din literatura de specialitate, sugerează faptul că densitatea speciilor este direct proporțională cu cantitatea de nutrienți din sol (Critchley et al., 2002), deficitul de nutrienți fiind catalogat drept prim factor dăunător dezvoltării și structurii plantelor (Grime et al., 1997). Cu toate acestea, multe studii de specialitate fac trimitere la coexistența pășunilor cu valoare floristică semnificativă, cu solurile slab fertile (Fuller, 1987; Marrs, 1993; Vermeer și Berendse, 1983), lucru caracteristic și pentru pășunile din Podișul Moldovei, unde regiunile cu sol fertil au fost cultivate agricol, iar cele slab fertile au intrat în categoria de folosință a pășunilor.

Studiile secolului al XX-lea leagă prezența stepei și silvostepii la nivelul Podișului Moldovei de condițiile edafice ale zonei și vice versa (Băcăuanu et al., 1980; Grîneanu, 1960). Cernisolurile sunt considerate tipice pentru regiunea temperată stepică per ansamblu (SRTS, 2012), suferind ample și ireversibile transformări o dată cu creșterea necesarului de hrană al populației și implementarea agriculturii de tip mecanizat. În prezent steпа și silvostepa au fost complet transformate, menținându-se în schimb o serie de specii de plante caracteristice din genul *Stipa*, dar prezente sporadic.

Urmând clasificarea pășunilor realizată pentru Podișul Moldovei, au fost stabilite principalele tipuri de sol care au permis dezvoltarea speciilor de plante erbacee (Tabel 1). Dependente una de cealaltă, solul și vegetația reprezintă două sisteme greu de separat, studiile de specialitate evidențiind însă un raport diferit între vegetație și sol la nivel de luncă (Bowman et al., 1985; Cierjacks et al., 2010) și respectiv, la nivel de versant (Amundson et al., 2015).

Așa cum este și cazul Podișului Moldovei, principalele tipuri de pășuni stepice și non – stepice, au fost clasificate în funcție de localizarea acestora: pășuni de versant și pășuni de luncă.

Diferențele între cele două sunt clare și constau în: i) diferențe raportate la statutul regimului hidrologic regional; ii) diferențe în ceea ce privește modul de întrebuințare al parcelei; iii) diferențe între speciile componente; și iv) diferențe raportate la tipologia solului (**Tabel 1**).

Astfel, pentru categoria pășunilor de versant, cel mai frecvent regăsim *regosol* acolo unde apare roca la zi, sau acolo unde solul este erodat; *preluposol* și soluri din clasa *cambisolurilor* (*eutricambosol* și *districambosol*) caracteristice de regulă regiunilor acoperite actual sau în trecut de pădure, specifice zonelor submontane, dar regăsite sporadic și la nivelul versanților abrupti din podiș; și *soloneț* caracteristic regiunilor de sărătură ([SRTS, 2012](#)).

Pășunile de luncă sunt caracterizate de regulă prin prezența *aluviosolurilor* - formate pe materiale fluviale, degradate de excesul de apă freatică (gleizare), sau cu conținut mare de săruri solubile și/sau sodiu în complex (salinizare și alcalizare) precum și, pe suprafețe mai restrânse, acolo unde materialul prundic este prezent la suprafață sau situat la o mică adâncime (prundic-litic); *gleiosolurile* - mai mult sau mai puțin săratate, sunt ocupate de fânețe și mai puțin de pășuni; *solonceacurile* și *solonețurile* - tipice pentru terenurile săratate din lunci și la nivelul văilor înguste; *psamosolurile* - remarcate prin abundența materialului parental nisipos; și solurile din clasa *cernisoluri* (*kastanoziom*, *cernoziom* și *faeoziom*) considerate soluri primare caracteristice regiunilor stepice, fiind catalogate drept foarte fertile, reprezentând unul dintre factorii condiționali ai conversiei pășunilor în teren arabil ([SRTS, 2012](#)). În prezent, la nivelul luncilor, aceste soluri se regăsesc pe suprafețe foarte reduse, pe popine, movile, grinduri și sunt ocupate, de cele mai multe ori, de terenuri arabile.

În ceea ce privește investigarea relației sol – vegetație, în cazul Podișului Moldovei, putem spune că perioada comunistă s-a remarcat prin lucrări de specialitate, ce aveau drept scop principal sporirea randamentului agricol prin orice mijloace. Astfel, [Grîneanu, \(1960\)](#) investighează statutul pajiștilor naturale din România, evidențiind stadiul avansat de degradare al unora și propunând măsuri de îmbunătățire a calității acestora prin lucrări succesive de fertilizare și înțelenire a solului. Din aceeași perspectivă, [Constantin \(1960\)](#) propune metode de îmbunătățire a culturilor de pe pajiștile artificiale, prin combaterea dăunătorilor naturali și a eroziunii solului. Astfel, eroziunea solului, catalogată drept prim factor perturbator asupra celor două sisteme (edafic și vegetal), devine un subiect de mare interes în cadrul comunităților academice locale. [Costache și colab. \(1968\)](#) evidențiază rolul important pe care îl are covorul vegetal în diminuarea procesului de degradare, atenuând impactul picăturilor de ploaie prin interceptare și contribuind la procesul de infiltrare și drenare a apei prin sistemul radicular al rădăcinilor, iar [Băloiu \(1955\)](#) adaugă acestora și: capacitatea de a reduce viteza de scurgere a apei pe pante și de a elimina surplusul de apă prin evapotranspirație.

Deși în mod cert, distribuția pășunilor a fost condiționată de tipologia solurilor, la nivelul Podișului Moldovei este surprins aportul majoritar al influenței antropice în cazul dinamicii pășunilor. Modul de dispunere a pășunilor din Podișul Moldovei, pe versanți (cu diferite grade de înclinare) și de-a lungul luncilor râurilor, este în mare parte rezultatul organizării spațiale încă din perioada comunistă. Păstrarea aceluiași pattern și după ultima reformă agrară (1991) se datorează unui trend general al abandonării terenurilor. Deși, la nivel național, pășunile nu au reprezentat niciodată un subiect de mare interes, conservarea pășunilor de versant s-a datorat în mare parte funcției pe care acestea o au și anume de atenuare a eroziunii, iar cele din luncă au fost vizate pentru capacitatea mare de producție, fapt datorat surplusului de apă din freatic care asigură o perioadă mai lungă de viață speciilor, mai ales pe durata sezoanelor de secetă.

Tabel 1. Asocierea tipului de pășune cu tipul de sol la nivelul Podișului Moldovei

	Denumire/ Localizare	În funcție de regimul hidrologic	Modul de utilizare	Specii caracteristice	Tipul de sol
Pășuni naturale non-stepice	Pășuni halofite (versant/luncă)	uscate și semiuscate/ umede și semiumede	pășuni naturale/ cosit/pășunat	<i>Camphorosma annua</i> ; <i>Salicornia herbacea</i> ; <i>Suaeda maritima</i> ; <i>Artemisia salina</i> ; <i>Aster tripolium</i> ; <i>Statice gemelini</i> ; <i>Kochia prostrata</i> ; <i>Petrosimonia triandra</i> , <i>Taraxacum bassarabicum</i>	solonceac soloneț
	Pășuni de nisipuri și loess-uri (versant/luncă)	uscate și semiuscate/ umede și semiumede	pășuni naturale/ cosit/pășunat	<i>Tragus racemosus</i> , <i>Apera spica venti</i> , <i>Secare silvestre</i> , <i>Carex legerica</i> , <i>Cenopodium botrys</i> , <i>Salsola ruthenica</i> , <i>Asperula humifusa</i>	psamosol
	Pășuni de rocă (versant)	uscate și semiuscate	pășuni naturale/ cosit/pășunat	<i>Festuca</i> (<i>F. sulcata</i> , <i>F. pseudovina</i> , <i>F. valesiaga</i>), <i>Bromus</i> (<i>B. inermis</i> , <i>B. mollis</i> , <i>B. squarrosus</i> , <i>B. japonicus</i>), <i>Poa</i> (<i>P. pratensis</i> , <i>P. bulbosa</i>), <i>Stipa</i> (<i>S. Capillata</i> , <i>S. joannis</i> , <i>S. lessingiana</i>), <i>Agropyron</i> (<i>A. cristatum</i> , <i>A. intermedium</i>), <i>Nardus stricta</i>	regosol
Pășuni seminaturale non- stepice	Pășuni de versant	uscate și semiuscate	fâneată/ islaz cosit/pășunat	<i>Brachypodium pinnatum</i> , <i>Elymus hispidus</i> , <i>Bromus erectus</i> , <i>Danthonia alpina</i> , <i>Sieglingia decumbens</i> , <i>Avenula pubescens</i> , <i>Nardus stricta</i> , <i>Festuca ovina</i> , <i>Melica altissima</i> , <i>Melica transsylvanica</i> , <i>Carex caryophylla</i> , <i>Carex montana</i>	regosol preluposol eutricambosol districambosol soloneț

	Pășuni de luncă	umede și semiumede	islaz/ luncă pășunat/cosit	<i>Agrostis stolonifera, Molinia arundinacea, Deschampsia caespitosa, Poa trivialis, Carex nigra, Carex flava, Carex flacca, Juncus conglomeratus, Juncus effusus, Arrhenatherum elatius, Alopecurus pratensis, Agrostis tenuis, Anthoxanthum odoratum, Briza media, Bromus inermis, Cynosurus cristatus, Festuca pratensis, Festuca rubra, Festuca arundinacea, Poa pratensis, Carex pallescens, Carex panicea, Carex tomentosa</i>	aluviosol kastanoziomul cernoziomul faeoziomul soloncean
Pășuni antropice non-stepice	Nu prezintă caracteristici diferențiale în funcție de localizare	irigate/ neirigate	cosit	<i>Medicago sativa, Hordeum vulgare, Avena sativa</i>	orice tip de sol
Pășuni naturale și seminaturale stepice	Pășuni de versant	uscate și semiuscate	pășuni naturale protejate/ cosit	<i>Stipa Capillata, Stipa joannis, Stipa lessingiana, Nardus stricta, Festuca sulcata, Festuca pseudovina, Festuca valesiaca, Bromus inermis, Poa pratensis, Poa bulbosa</i>	kastanoziomul cernoziomul faeoziomul regosol

2.6. Caracteristicile administrativ - teritoriale ale Podișului Moldovei și impactul asupra evoluției pășunilor

O dată cu alternanța regimurilor politice și variabilitatea granițelor de județ au avut loc o serie de modificări legislative printre care și implementarea unor reforme agrare. Aceste reforme (**Figura 7**) au avut un impact semnificativ asupra statutului economic al populației sărace. Prima reformă agrară a avut loc în 1864, în decursul domniei lui Alexandru Ioan Cuza, țăranii fiind împroprietăriți cu pământ, eveniment ce a marcat finalul erei feudale în Principatele Române. Deși în fază inițială a reprezentat un eveniment pozitiv, de la o generație la alta numărul de moștenitori, s-a dublat, stârnind nemulțumire în rândul țăranilor, fapt concretizat prin răscoala din 1907 (Flămânzi) ([van Meurs, 1999](#)).

Reforma agrară din 1921 a avut un caracter radical datorită urmărilor Primului Război Mondial. În 1917, Regele Ferdinand I face promisiunea de le oferi pământ tuturor soldaților de pe front ([van Meurs, 1999](#)). Drept urmare, marii proprietari au fost expropriați, moment în care începe

procesul de fragmentare a terenurilor și practicarea agriculturii de subzistență (Lup et al., 2018). Per total, 6 milioane de hectare de teren au fost împărțite unui număr de 1,4 milioane de țărani (van Meurs, 1999). Trecerea de la economia de subzistență la economia de tip capitalist s-a făcut în perioada interbelică, producția agricolă crescând, comparativ cu perioada anterioară dar neajungând la apogeu datorită lipsei utilajelor (România dispunea de un total de 4039 tractoare, ceea ce presupunea un raport de 2490 ha de teren agricol per tractor (Risavi et al., 1991), dar și datorită fragmentării intense a parcelelor, cauzate de dublarea sau triplarea numărului de moștenitori (o parcelă avea în medie 3.8 ha, multe dintre acestea fiind în realitate de sub 1ha, în timp ce pentru a se putea asigura necesarul de hrană al unei familii era necesar un număr de 5 ha de pământ) (Aldcroft, 2006; Sabates-Wheeler, 2005). Industria, pe de altă parte, cunoaște o creștere semnificativă deoarece numărul de investiții se triplează în perioada 1924 – 1939 (Aldcroft, 2006).

Ascensiunea regimului comunist în 1945 vine cu o nouă ideologie care pune în prim plan clasa muncitoare, urmărind îndeaproape “abolirea” vechiului regim. Astfel, în 1945 se pregătește o nouă restructurare a agriculturii, țăranii urmând să primească teren în funcție de statutul lor economic și social. Un prim rezultat vizibil al reformei l-a reprezentat fragmentarea excesivă a parcelelor (Șandru, 2000). În 1949 începe procesul de colectivizare a agriculturii, eveniment controversat în special datorită impactului sociologic generat (în jur de 80 000 de țărani sunt

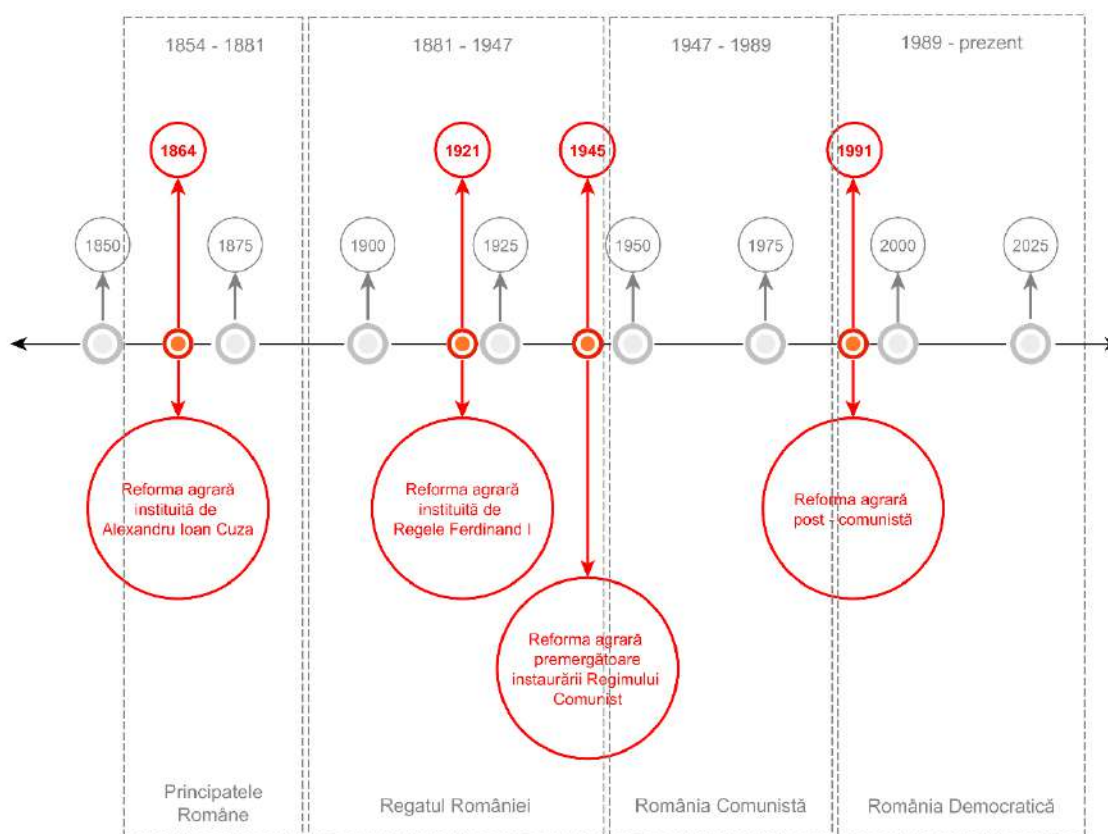


Figura 7. Principalele evenimente istorice cu impact semnificativ asupra dinamicii pășunilor

arestați, și 30 000 de țărani dați în judecată) (Sabates-Wheeler, 2005), țăranii (în special din regiunile de câmpie) au fost forțați să renunțe la terenurile proprii în favoarea înființării cooperativelor (Chiot, 1978), terenurile fragmentate fiind structurate sub forma unor ferme comune în timp ce procesul de cultivare agricolă devine complet mecanizat (van Meurs, 1999). Din perspectiva randamentului producției agricole, acest proces a fost catalogat drept pozitiv (Turnock, 2002), la finalul anului 1962, 60% dintr-un total de 1.5 milioane de hectare de teren agricol au fost organizate sub forma a 4500 de Cooperative Agricole de Producție (CAP), 30 % sub forma Întreprinderilor Agricole de Stat (IAS) și doar o proporție de 9% manageriată de proprietarii individuali (Deletant, 1999).

După anul 1980 standardul calității vieții scade, România confruntându-se cu o criză economică majoră (Văculișteanu et al., 2022). După căderea comunismului, este implementată o ultimă reformă agrară, cea din 1991, care mizează pe o împărțire echitabilă a terenurilor în rândul moștenitorilor de drept (Kuemmerle et al., 2009; Swinnen, 1999).

Astfel, agricultura secolului XX pentru Europa Centrală și de Est a evoluat foarte diferit comparativ cu cea din Vestul Europei (Blacksell, 2010), terenul revine la stadiul de fragmentare excesivă, cunoscând două extreme, fie este abandonat (Kuemmerle et al., 2009), fie este intens utilizat, reprezentând singura sursă de venit (hrană) pentru locuitorii comunităților rurale. Perioada este marcată de un exod urban de această dată (Meurs, 2001), (primul având loc în perioada comunistă, când pe fondul evoluției industriei, necesarul de forță de muncă crește iar populația tânără migrează către zonele urbane) populația din regiunile urbane migrând înapoi către sate, ca urmare a colapsului industrial și a lipsei locurilor de muncă.

Caracteristicile administrativ - teritoriale ale Podișului Moldovei au condiționat într-o mare măsură dinamica pășunilor prin prisma alternanței reformelor agrare care au determinat în anumite cazuri o utilizare extensivă (perioada interbelică) sau intensivă a agriculturii (perioada comunistă).

2.7. Dinamica utilizării terenurilor din Podișul Moldovei și impactul asupra pășunilor

Pășunile din Podișul Moldovei s-au remarcat printr-o dinamică aparte, condiționată atât de impactul antropic și schimbările climatice globale, cât și de factorul geomorfologic. Pe durata ultimului secol schimbările de utilizare a terenului au fost impuse majoritar de alternanța regimurilor politice, implementarea reformelor agrare și statutul economico-social al populației, alături de relief și condițiile pedologice ale zonei.

Din perspectiva utilizării, pășunile au fost percepute drept element de rezervă, fiind convertite în teren arabil pe durata perioadei interbelice, când necesarul de hrană al populației a impus acest lucru, revenind la statutul de pășune în perioada comunistă, o dată cu planificarea agriculturii, în vederea obținerii unui randament cât mai bun.

Astfel, analizând datele CLC existente, începând cu anul 1990 dinamica spațială a pășunilor crește, pe fondul abandonării terenurilor arabile, viilor și livezilor. Ca urmare a acestui fapt, câștigurile înregistrate la nivelul clasei de utilizare a pășunilor sunt în plan cantitativ, dar nu și calitativ. Majoritatea terenurilor abandonate, indiferent de tipul de utilizare precedent, capătă în timp atributele unui teren cu pășune (cu predispoziție atribuirea este făcută în cazul cartărilor CLC, acolo unde datorită procesului de automatizare este indus fenomenul de generalizare și cel de eroare în interpretare), deși consistența floristică neagă întru totul acest statut.

Perioada de declin agricol este resimțită la nivel spațial până în 2006, fiind considerată o urmare directă a insecurității cauzate de trecerea către un alt tip de regim politic (Kuemmerle et al., 2009; Müller et al., 2009), parcelele unificate pe durata comunismului revenind la stadiul de fragmentare inițial, o dată cu reforma agrară din 1991 (Văculișteanu et al., 2022). După anul 2006, o oarecare stabilizare a situației poate fi remarcată la nivel teritorial, prin creșterea suprafețelor arabile și ale celor cu pășuni. Declinul mlaștinilor și al suprafețelor ocupate de apă este pus pe seama secării voluntare a iazurilor (Niculiță et al., 2020) și a deficitului hidrologic condiționat de seceta ultimelor decenii. Trendul descendent al viilor și livezilor este corespondentul abandonului, iar cel al pădurilor corespunde unui management deficitar, materializat prin tăieri masive (de multe ori ilegale). În cazul arbuștilor, trendul ușor pozitiv este pus pe seama abandonului terenurilor arabile, managementului deficitar al pășunilor, sau expansiunii firești a regiunilor de pădure.

În cazul arealului construit, scăderea transpusă de datele CLC nu reflectă realitatea din teren. Greșeala este datorată frecventelor erori regăsite la nivelul bazelor de date CLC, ca urmare a automatizării sistemelor de cartare și a regulii de generalizare care presupune atribuirea unei clase de utilizare/acoperire a terenului doar poligoanelor care sunt mai mari sau egale cu 25 ha (*Minimum Mapping Unit*) și care corespund unei lățimi de 100 m (*Minimum Mapping Width*) (Figura 8).

Cu toate că descreșterea terenurilor ocupate de vii, livezi, păduri, teren arabil sau mlaștini constituie un avantaj prin aportul teritorial dobândit, perioada de tranziție către clasa de utilizare a pășunilor este de durată, iar din punct de vedere calitativ lasă de dorit. De asemenea, fluctuațiile repetate între clasa de utilizare a pășunilor și cea a terenurilor arabile nu a constituit un avantaj în ceea ce privește buna funcționare a ecosistemului de pășune, prin impunerea unui sistem de reziliență indus.

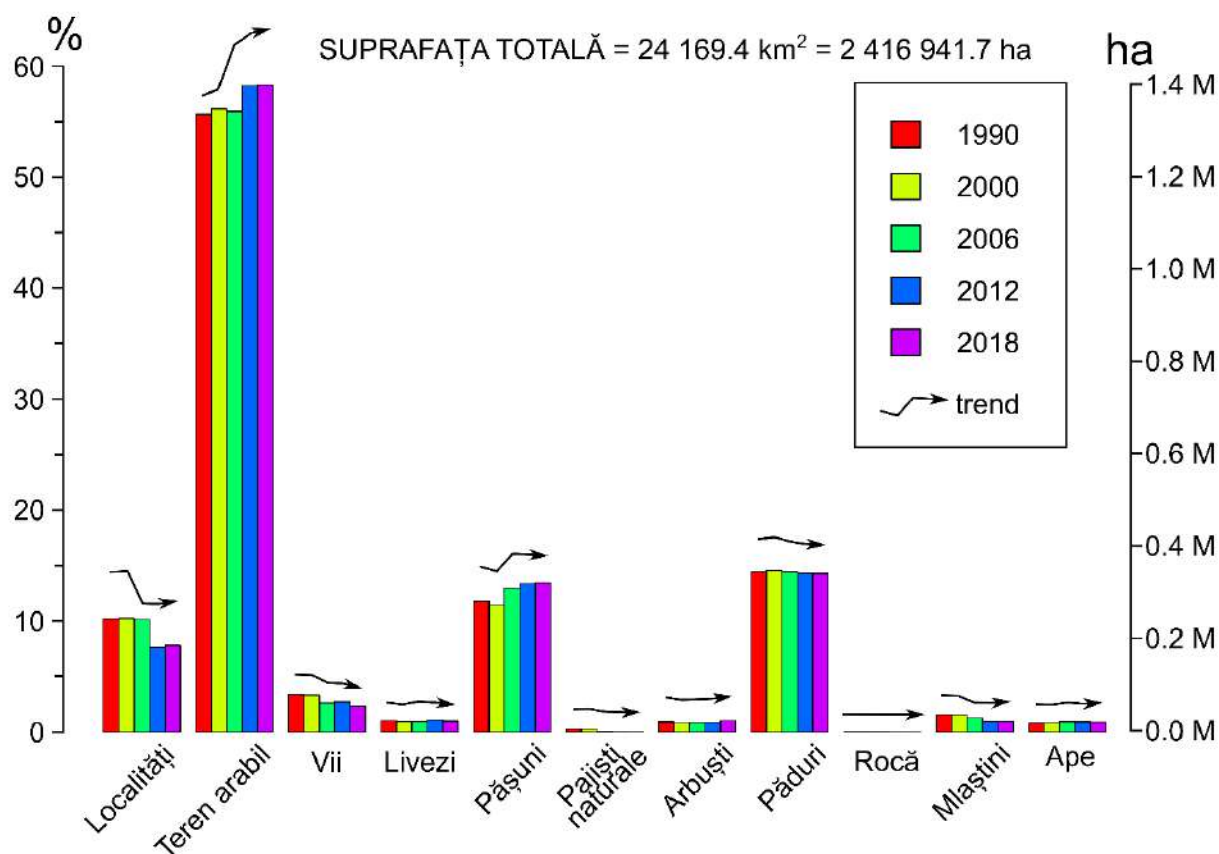


Figura 8. Evoluția claselor de utilizare a terenului pentru Podișul Moldovei pornind de la bazele de date CORINE Land Cover pentru anii de referință 1990, 2000, 2006, 2012 și 2018

3. Materiale

3.1. Surse de date

3.1.1. Datele satelitare

Datele satelitare sunt de o valoare considerabilă în contextul monitorizării proceselor de la suprafața terestră. Disponibilitatea acestor senzori de observare, de peste trei decenii, ne permite, la momentul actual o analiza retrospectivă a stării și dezvoltării ecosistemelor la diferite scări și cu acoperire spațială diferită (Hill et al., 2008).

Lansarea primului satelit Landsat la 23 Iulie 1972, de către NASA, a adus în atenție necesitatea monitorizării suprafeței terestre și efortul depus pentru a ajunge la astfel de standarde.

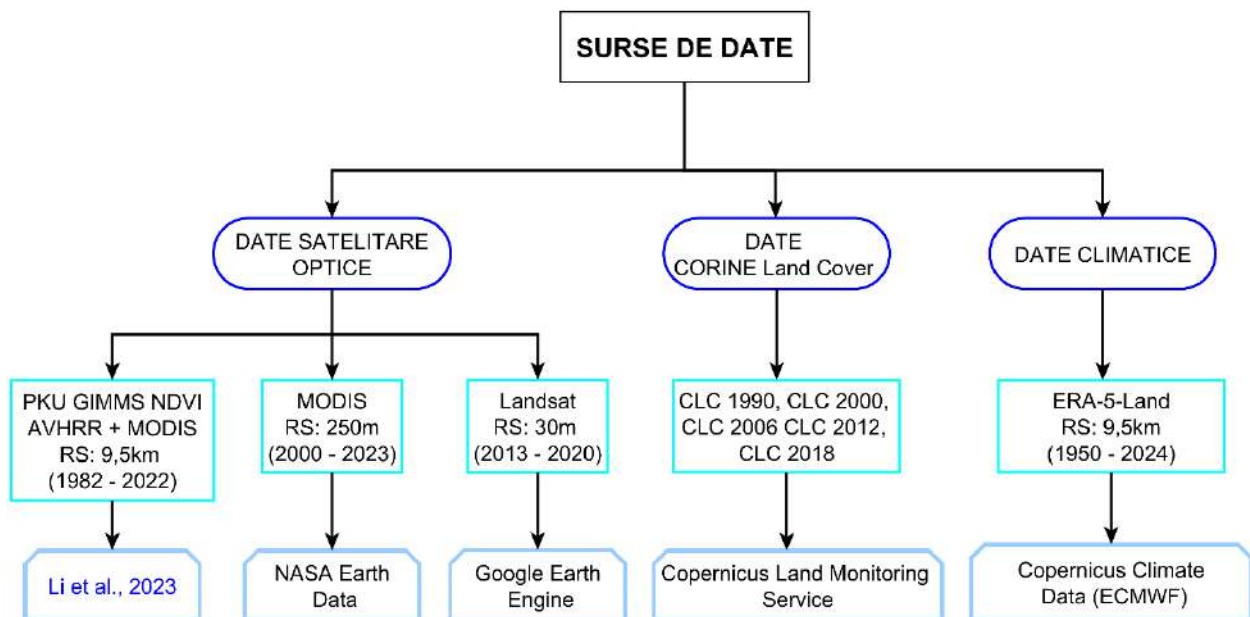


Figura 9. Sursele de date utilizate

Monitorizarea calității și sensibilității vegetației la diferite scări spațiale a fost posibilă în urma corelării răspunsului radiometric transmis de către satelit cu stadiul natural al vegetației (Bannari et al., 1995).

3.1.1.1. Datele satelitare optice utilizate

Necesitatea monitorizării trendului temporal și spațial al pășunilor, în vederea determinării dinamicii acestora, a impus utilizarea unor serii de date continue, disponibile *la liber*¹⁰ pentru utilizatori (Kindu et al., 2013; Rumiano et al., 2020; Vanderpost et al., 2011), furnizate de cele mai vaste și longevive misiuni satelitare, așa cum este cazul Misiunii Landsat (1972 - prezent), Misiunii MODIS (Terra: 1999 – prezent; Aqua: 2002 - prezent) și al Senzorului AVHRR (1978 - prezent) (Figura 10).

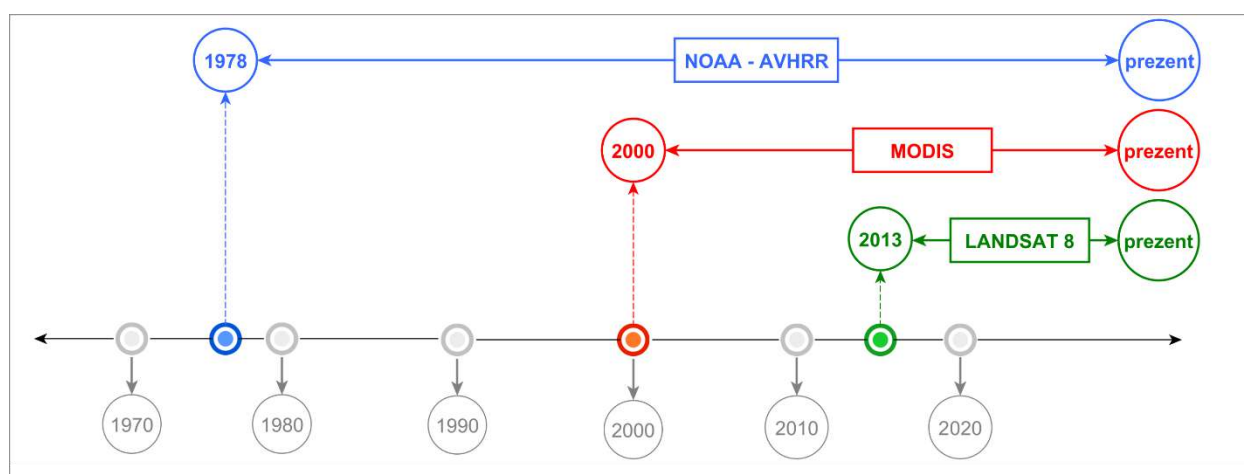


Figura 10. Schema temporală a misiunilor satelitare optice utilizate în cadrul acestui studiu

În urma analizării detaliate a bibliografiei de specialitate, pliate pe domeniul de lucru, am constatat că Indicele Normalizat de Diferențiere a Vegetației (NDVI) este cel mai frecvent utilizat indicator în materie de evaluare a calității biomasei, monitorizare a dinamicii vegetației și a ecosistemelor terestre (Chen et al., 2021; Zhang et al., 2015). Dat fiind faptul că indicele NDVI este calculat pe baza imaginilor satelitare optice, pentru a facilita fluxul de lucru s-a optat pentru utilizarea de imagini satelitare corectate atmosferic, calibrate și ortorectificate în prealabil, fără a se interveni din această perspectivă asupra niciunui set de date dintre cele selectate.

3.1.1.1.1. Colecția de date Landsat 8 – LC08/C02/T1_L2

Colecția de date Landsat 8 - Nivel 2, Colecția 2, Categoria 1 (*Level 2, Collection 2, Tier 1*) este disponibilă începând cu data de 18/03/2013, fiind în posesia și sub administrarea USGS.

Acest set de date conține serii de imagini corectate atmosferic cu reflectanța și radianța spectrală a suprafeței terestre, derivate ale senzorului Landsat 8 OLI/TIRS. Aceste imagini conțin

¹⁰ open source data

5 benzi aferente spectrului vizibil și celui infraroșu apropiat (VNIR), 2 benzi de infraroșu de undă scurtă (SWIR) utilizate pentru ortorectificarea suprafeței reflectate, și o bandă de infraroșu termic (TIR) utilizată pentru a ortorectifica radianța spectrală. Colecțiile sunt împărțite în scene satelitare de 170/183 km. În cazul Landsat 8, obținerea produselor NDVI se face utilizând Benzile 4 (RED: 0.636-0.673 μm) și 5 (NIR: 0.851-0.879 μm).

3.1.1.1.2. Colecția de date MODIS – MOD13Q1.061¹¹

Datele MODIS sunt disponibile de la data de 18/02/2000 până la data de 18/02/2024, având acoperire spațială globală la o rezoluție de 250 m în cazul colecției MOD13Q1. Această colecție de date este specializată în monitorizarea și identificarea variabilelor vegetale, având la bază doi parametri biofizici dependenți de reflectanța benzilor de roșu, infraroșu apropiat și albastru: NDVI și EVI. Datele NDVI prezintă o continuitate spațială considerabilă, colectate în continuarea seturilor de date NOAA-AVHRR (1978 - prezent). Al doilea indice, EVI, este focusat pe identificarea sensibilității vegetale și eliminarea zgomotului de fundal, condiționat de culturile adiacente cu o densitate vegetală deficitară. Produsele MODIS NDVI și EVI sunt calculate pe baza reflectanțelor suprafețelor bidirecționale, corectate din punct de vedere atmosferic.

Produsele NDVI derivate ale colecțiilor MOD13Q1 sunt calculate la un interval de 16 zile, algoritmul specializat selectând pixelul cu cea mai bună calitate a NDVI. Pentru calcularea celor doi indici spectrali de vegetație sunt utilizate benzile 1 (Roșu) și 2 (Infraroșu apropiat), în cazul NDVI, și benzile 1 (Roșu), 2 (Infraroșu apropiat) și 3 (Albastru) în cazul EVI.

3.1.1.1.3. Colecția de date PKU GIMMS NDVI

PKU GIMMS NDVI reprezintă un model de fuzionare a datelor AVHRR cu cele MODIS, având o acoperire spațială globală a datelor pentru perioada 1982 – 2022 (Li et al., 2023).

Implementarea acestui set de date are la bază colecția GIMMS-3g¹² (*Global Inventory Modeling and Mapping Studies-3rd Generation V1.2*), cu seriile de date AVHRR, derivate ale mai multor senzori componenți, corectate și recalibrate cu scopul de a reduce distorsiunile cauzate de calitatea senzorilor, unghiul zenital sau perturbările atmosferice de tipul erupțiilor vulcanice. Seriile de date sunt disponibile sub forma mediilor bilunare ale NDVI, calculate pornind de la măsurătorile zilnice ale acestui indicator (Pinzon și Tucker, 2014). Perioada de eșantionare cuprinde în general 14 sau 16 zile, prima medie a NDVI fiind calculată pentru perioada 1 – 15 (zile) a fiecărei luni, iar a doua perioadă corespunde intervalului 16 – 30/31 (zile). Datele disponibile au o acoperire spațială globală pentru perioada 1982 – 2022, și o rezoluție spațială de

¹¹ <https://lpdaac.usgs.gov/products/mod13q1v006/>

¹² https://daac.ornl.gov/VEGETATION/guides/Global_Veg_Greenness_GIMMS_3G.html

0.0833 grade. În cadrul PKU GIMMS NDVI, derivatele AVHRR sunt întrebuințate doar pentru perioada 1982 – 2015. În vederea asigurării continuității și corectitudinii fuziunii concepute între datele MODIS și cele AVHRR, a fost utilizată metoda *random forest*, aplicată pixel per pixel.

Pentru seriile MODIS sunt utilizate cele din categoria MODIS Vegetation Index (MOD13C1, V6.1)¹³ (Didan, 2021), derivate ale senzorului Terra MODIS, disponibile încă din anul 2000, cu rezoluție spațială de 0,05 grade (5.5 km), și cele din categoria Land Cover Type (MCD12Q1 și MCD12C2, V6.1), care furnizează date anuale pentru perioada 2001 - 2019 (Friedl et al., 2002). Datele corespunzătoare colecției MCD12Q1 au o rezoluție spațială de 500m, iar cele din colecția MCD12C2 au o rezoluție spațială de 0,05 grade.

Recalibrarea celor două seturi de date este realizată după modelul recalibrării datelor Landsat 8-OLI, în vederea echivalării diferențelor de lungimi spectrale de undă cu datele aferente colecțiilor Reflectanței Suprafeței Terestre, derivate ale Landsat 5 TM și Landsat 7 ETM+. În cazul recalibrărilor implementate în vederea obținerii setului de date PKU GIMMS NDVI a fost utilizat modelul propus de Vermote și colab. (2016). Procesul de recalibrare are drept finalitate eliminarea rupturilor de trend apărute la trecerea de la un set de date la altul. Aceste discrepanțe pot impacta corectitudinea rezultatelor sub aspectul condiționării punctelor de întrerupere acolo unde în realitate problema este strict raportată la caracteristicile tipologice ale datelor.

3.1.1.1.4. Diferențe între colecțiile de date Landsat 8, MODIS și PKU GIMMS NDVI

Diferențele dintre cele trei surse de date utilizate sunt notabile din perspectiva rezoluției spațiale (30m – Landsat; 250m – MODIS; 9,5 km – PKU GIMMS NDVI). Pentru calcularea NDVI, toate cele trei seturi de date utilizează banda de Roșu vizibil și cea de Infraroșu apropiat (NIR). Astfel, una dintre problemele ridicate la nivel de corelare a datelor NDVI rezultate este diferența de lungime de undă a benzilor spectrale, la trecerea de la o serie de date la alta. Pentru colecția Landsat, valorile generalizate (pentru toate colecțiile de date Landsat) ale benzii spectrale de Roșu vizibil sunt cuprinse între 0,620 – 0,690 μm , iar cele de Infraroșu apropiat între 0,770 – 900 μm . Pentru datele MODIS, valorile de Roșu vizibil corespund intervalului de 0,620 – 0,670 μm , iar NIR: 0,841 – 0,876 μm . În cazul datelor AVHRR, Roșul vizibil este cuprins între 0,585 – 0,680 μm , iar NIR între 0,730 – 0,980 μm (Gallo et al., 2005).

Cu toate acestea, utilizarea simultană a seriilor de date satelitare s-a dovedit a fi fezabilă și puțin costisitoare pentru cei care au considerat necesară o astfel de îmbinare a surselor de date, în vederea unei monitorizări cât mai complexe a dinamicii proceselor terestre (Marfai et al., 2008).

Având în vedere faptul că sateliții Landsat și MODIS au parametri orbitali similari și o diferență de mai puțin de 30 de minute în ceea ce privește timpul de parcurgere al orbitei, recent

¹³ <https://search.earthdata.nasa.gov/search>

au fost dezvoltate și validate metode de combinare a datelor Landsat TM/ETM+ cu cele ale MODIS (Feng Gao et al., 2006; Hilker et al., 2009). În aceeași măsură, datele MODIS și cele AVHRR sunt frecvent utilizate în analize comune, deoarece sunt disponibile la aceeași rezoluție spațială, asigurând continuitatea temporală a studiilor (Bédard et al., 2006, Li et al., 2023).

3.1.2. Datele CLC (*CORINE Land Cover*)

CORINE (*COoRdination of INformation on the Environment*), considerat cel mai important program de cartografiere la nivel pan-european (Feranec et al., 2016), a fost inițiat de Comisia Europeană în 1985 pentru a furniza date spațiale la nivel continental (Moss și Wyatt, 1994). Principala sursă a datelor CLC o reprezintă imaginile satelitare (Landsat TM/ETM și Landsat-8, SPOT, IRS P6, RapidEye, LISS III și Sentinel-2) (Falt'an et al., 2020), urmate de ortofotoplanuri și hărțile topografice (Feranec et al., 2016). În primă instanță programul CLC a fost inițiat pentru o serie de state ale Europei de Vest, extinzându-se ulterior către Centru și Est (Büttner et al., 2000), în prezent înglobând un număr de 39 de țări. Ca urmare a subiectivismului generat de cartarea realizată independent la nivel național, o serie de probleme au fost semnalate ulterior de către utilizatori, menționându-se inconsistența datelor și incertitudinea resimțită la nivelul rezultatelor (García Álvarez și Camacho Olmedo, 2023). Pentru primele seturi de date generate, cartarea tradițională bazată pe interpretarea vizuală a indicat numeroase probleme, printre care heterogenitatea (Varga et al., 2021), condiționată de problematica acurateții bazelor cartografice, a experienței personalului local autorizat în cartare sau a procesului de automatizare implementat.

Scara de lucru este de 1:100,000, cu o unitate minimă de cartare (MMU) stabilită la 25 ha, și o unitate minimă a lățimii (MMW) de 100m. Regulile de cartografiere au condiționat la rândul lor, o serie de erori, cu repercusiuni semnalate la nivelul procesului de analiză și interpretare a datelor, așa cum este cazul generalizării. Considerată o cauză directă a subiectivismului tehnicilor vizuale de interpretare, generalizarea s-a dovedit mult mai pregnantă o dată cu instituirea proceselor automate de cartare (Falt'an et al., 2020). Constând în atribuirea generică a clasei majoritare spațial tuturor celorlalte clase minoritare din proximitate, generalizarea poate determina pierderi substanțiale de informație, mai ales în cazul regiunilor heterogene spațial.

Nomenclatura CLC este organizată în trei nivele de ierarhizare, primul cuprinzând 5 itemi, al doilea 15, iar ultimul 44. Însușind un cumul de clase ce descriu atât caracteristicile de utilizare cât și pe cele de acoperire a terenului (Comber, 2008), nomenclatura CLC a reprezentat la rândul său o sursă de confuzie (Aune-Lundberg și Strand, 2021).

În cazul analizei pășunilor, sursa datelor CLC reprezintă un punct de pornire esențial, cu toate că veridicitatea datelor este discutabilă. În cadrul acestui studiu, acestea au asigurat:

- a) detectarea dinamicii temporale și spațiale a pășunilor la nivelul Podișului Moldovei;
- b) identificarea schimbărilor de utilizare și a impactului acestora asupra pășunilor;
- c) identificarea tipologiei repartiției teritoriale a pășunilor, condiționată de relief;
- d) cuantificarea pășunilor în raport cu arealul zonei de studiu;

3.1.2.1. Accesarea și descărcarea datelor CLC

Seturile de date CLC sunt disponibile pentru anii de referință 1990, 2000, 2006, 2012 și 2018. Acestea pot fi accesate și descărcate gratuit de pe platforma *Copernicus*¹⁴. Descărcarea datelor CLC pentru Podișul Moldovei a permis cu ușurință identificarea principalelor schimbărilor de utilizare și de acoperire a terenurilor, caracteristice zonei.

Cu toate că acuratețea datelor CLC a fost îndelung discutată în literatură ([García Álvarez și Camacho Olmedo, 2023](#)), disponibilitatea unor serii de date temporale și spațiale unice și gratuite face ca utilitatea acestora să fie valorificată în varii ipoteze. Astfel, în lipsa unor date superior calitative acestora, s-a recurs la extragerea clasei de utilizare a pășunilor pentru fiecare an de referință. Vectorii rezultați au fost suprapuși în vederea detectării regiunilor corespunzătoare pășunilor permanente din punct de vedere spațial. În această manieră a fost constituită baza acestui studiu, prin delimitarea spațială a pășunilor, urmând ca pe durata studiului să fie identificate cauzele care impactează direct buna funcționare a acestor ecosisteme.

3.1.3. Datele climatice ERA-5-Land

Dependența vegetației de factorul climatic face necesară analiza evoluției temperaturilor și precipitațiilor, în vederea corelării celor două variabile cu vitalitatea vegetației. Astfel, pentru a suplini această necesitate, au fost utilizate datele ERA5, furnizate de ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecast*), reprezentând a cincea generație de date climatice cu acoperire spațială globală, și temporală începând cu anii 1940. ERA5 a substituit seturile de date ERA-Interim ([Hersbach et al., 2020](#)) și sunt parte integrantă a Serviciului Copernicus pentru Schimbările Climatice Globale (C3S¹⁵). Reanaliza datelor ERA5 este produsă în mod operațional, fiind disponibilă publicului cu 5 zile în urma timpului real și se așteaptă o îmbunătățire considerabilă a timpului de furnizare a datelor în următorii 5-10 ani ([Bell et al., 2021](#)).

Reanaliza constituie o tipologie aparte de analiză care se bazează pe scenariile din prezent, pentru a oferi o imagine cât mai clară asupra trecutului sau viitorului. În domeniul climatic

¹⁴ <https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover>

¹⁵ Copernicus Climate Change Service

reanaliza este aplicată cu succes, având la bază un procedeu observațional, bazat pe măsurători concrete ale diversilor parametri climatici, urmat de aplicarea unor modele de prognoză, menite să simuleze scenarii climatice. Acuratețea acestor date a fost dovedită prin similitudinea prognozelor realizate pentru viitor cu realitatea care a precedat.

ERA-5 Land constituie o bază de date ce are în vedere evoluția variabilelor de la suprafața terestră în decursul a câtorva decenii, bazându-se pe reanaliză și furnizând date cu o acuratețe a rezoluției spațiale de 9,5 km, mult mai mare comparativ cu cele ale ERA5 (31km).

ERA-5 Land a luat naștere prin separarea componentei numite *teren (land)* din cadrul seriilor de date ECMWF ERA-5. ERA-5 Land furnizează date pentru perioada 1950 – prezent (cu 2 sau 3 luni înainte de momentul prezent), având o rezoluție temporală de o oră. Cu toate acestea, la nivelul platformei C3S datele sunt precalculate și procesate în așa manieră încât să fie disponibile publicului sub forma mediilor lunare sau anuale, cu scopul de a diminua timpul de prelucrare.

Datele ERA-5-Land pot fi descărcate sub forma gridurilor de 0.1°x0.1° latitudine/longitudine din cadrul catalogului Climate Data Store (CDS) și are la bază un model al terenului de tipul H-TESSEL (*Hydrology-Tiled ECMWF Scheme for Surface Exchanges over Land*). Modelul H-TESSEL este utilizat în prognozele meteorologice cu scopul de a simula modul în care suprafața terestră interacționează cu atmosfera. Utilizarea unui astfel de model devine necesară în contextul interacțiunii continue dintre sol și cantitatea de precipitații recepționată pe o anumită unitate de timp. Un sol identificat printr-o rată mare a umidității, complementar unui scenariu cu o rată mare a precipitațiilor înregistrate, poate avea un efect mult mai negativ peste cel scontat, comparativ cu un scenariu identic din perspectivă climatică dar pe fondul unui sol lipsit de umiditate (Koster et al., 2004). Modelul H-TESSEL a fost introdus în anul 2017, în cadrul ECMWF, substituindu-l pe precedentul model TESSEL¹⁶.

Remarcarea importanței topografiei zonei în analiza climatică a adus îmbunătățiri considerabile în contextul modelărilor climatice (**Figura 11 A**). Acest aspect vine pe de o parte din perspectiva înțelegerii legăturilor strânse dintre climă și relief (zonalitatea climatică) și, pe de altă parte, din perspectiva deformării răspunsului spectral sub incidența factorilor impuși de geomorfologia zonei (**Figura 11 B**).

Prin excelență, acest tip de comportament spectral poate fi atribuit și seriilor de date NDVI, unde calitatea răspunsului spectral detectat de senzorul optic se află în concordanță cu altitudinea (umbra de incidență a semnalului senzorului în cazul regiunilor montane), sau tipologia vegetală (umbra detectată la nivelul pădurilor).

¹⁶ <https://confluence.ecmwf.int/display/OIFS/3.3+OpenIFS%3A+Surface+Model+HTESSEL>

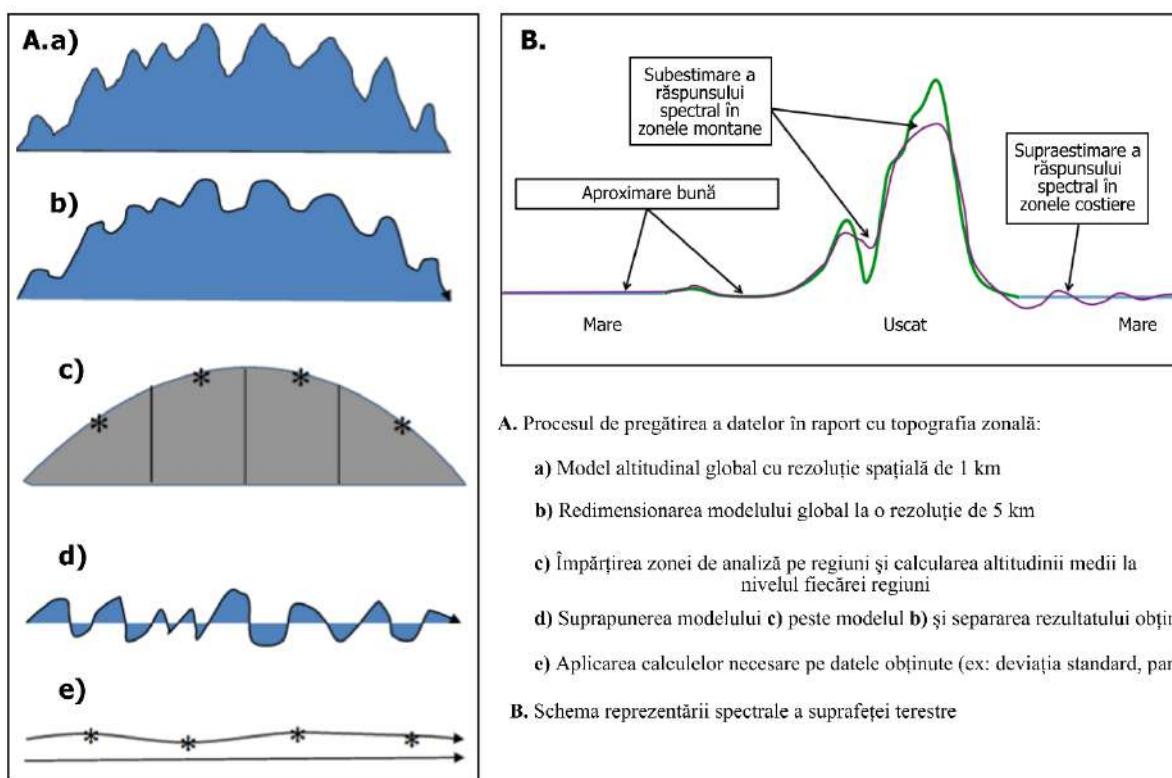


Figura 11. A. Reprezentarea schematică a pașilor necesari pregătirii datelor în raport cu topografia zonei; **B.** Reprezentarea schematică a răspunsului spectral primit în funcție de caracteristica orografică a zonei analizate (Sursă figuri: <https://confluence.ecmwf.int/display/OIFS/3.7+OpenIFS%3A+Orography>)

3.2. Datele NDVI

3.2.1. Principiul de funcționare al NDVI

NDVI reprezintă cel mai comun indicator utilizat pentru monitorizarea vegetației și a procesului de degradare a terenurilor (Ibrahim et al., 2015). Acesta măsoară cantitatea de masă vegetală de culoare verde, considerată drept prim indicator al productivității vegetale (Turvey și Mclaurin, 2012). NDVI este obținut cu ajutorul camerelor multispectrale și hiperspectrale optice (dispozitive UAV/UAS sau sateliți) capabile să capteze lumina reflectată de plante (Figura 12). Plantele utilizează lumina vizibilă (RED) în cadrul procesului de fotosinteză și reflectă o mare cantitate din infraroșu apropiat (NIR). Raportul dintre reflectanța RED și NIR, reprezintă NDVI, cu valori ce pot varia de la -1 la +1: $NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$. Cu cât este mai mare suma raportului, cu atât cantitatea de NIR reflectată este mai mare, iar planta mai sănătoasă.

Astfel, vegetația de culoare verde (considerată sănătoasă) absoarbe o mare cantitate din lumina (RED) ce cade direct pe frunzele acesteia și reflectă o cantitate foarte mică de RED și o cantitate foarte mare de infraroșu apropiat (NIR). Valorile NDVI din această categorie sunt cuprinse între 0.66 și 1, spre exemplu:

$$NDVI = \frac{0.60 - 0.09}{0.60 + 0.09} = 0.74$$

Vegetație de culoare gălbuie denotă o stare mai puțin sănătoasă a plantei (suferă de deficit de nutrienți sau apa, afectată de dăunători sau boli). Culoarea galbenă indică lipsa sau reducerea capacității de fotosinteză. În acest caz, planta reflectă o mare cantitate de NIR (dar mai scăzută raportat la culoarea verde) și o cantitate de RED mult mai ridicată comparativ cu vegetația sănătoasă. Valorile NDVI din această categorie sunt cuprinse între 0 și 0.66, spre exemplu:

$$NDVI = \frac{0.45 - 0.20}{0.45 + 0.20} = 0.38$$

Vegetația de culoare maro (mai puțin sănătoasă sau uscată) reflectă cantități aproximativ egale de RED și NIR. De cele mai multe ori valorile NDVI din această categorie sunt foarte scăzute, de la -1 la 0, indicând vegetație moartă sau lipsa totală a vegetației (Jackson și Huete, 1991) (<https://www.satmapper.hu/en/homepage/>). Spre exemplu:

$$NDVI = \frac{0.40 - 0.38}{0.40 + 0.38} = 0.02$$

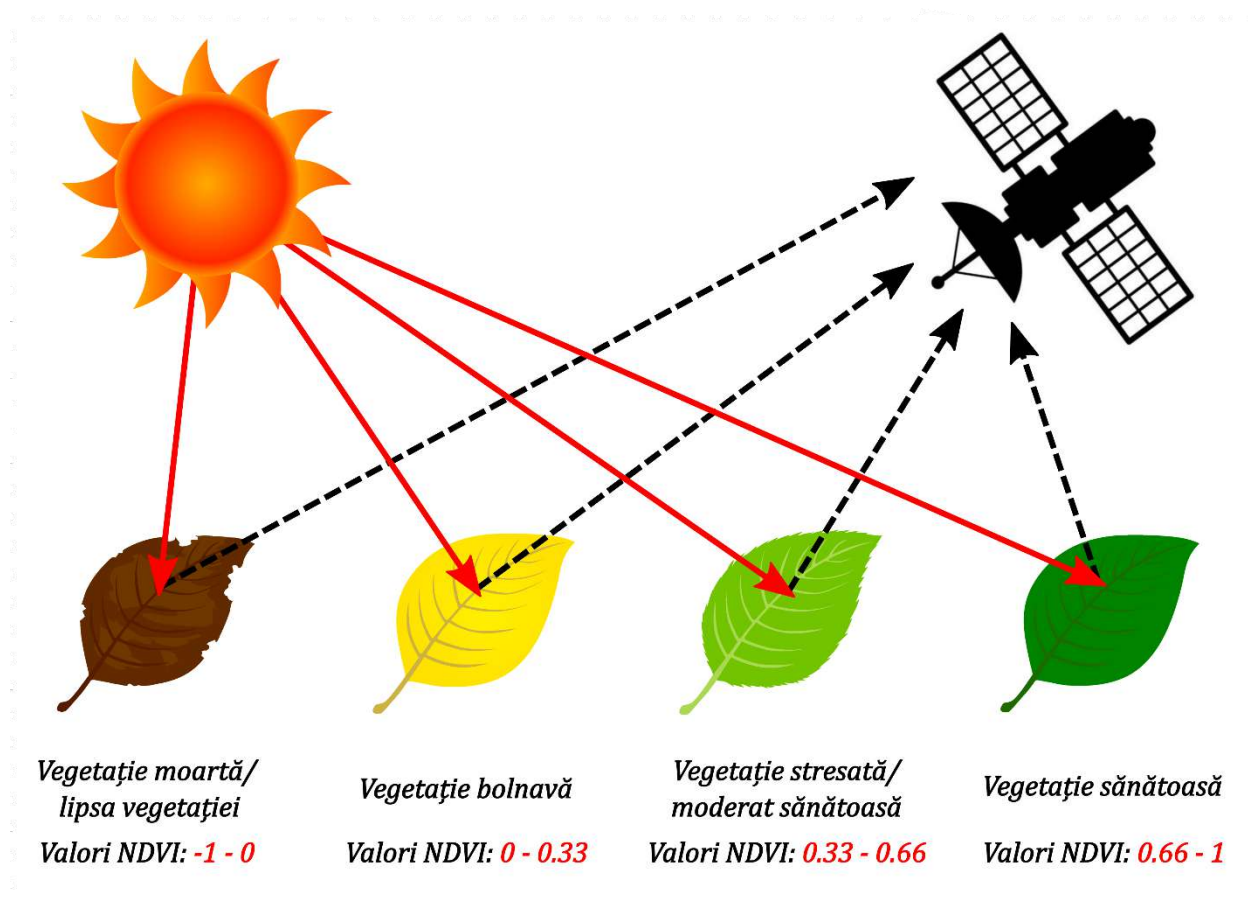


Figura 12. Principiul de funcționare al Indicelui Normalizat de Diferențiere al Vegetației (NDVI). Sursă pictograme: <https://illustoon.com/>

3.2.2. Accesarea și descărcarea datelor NDVI

Google Earth Engine (GEE)¹⁷ este o platformă *cloud* destinată analizei geospațiale la nivel global (Gorelick et al., 2017). Încă de la lansarea pe piață din anul 2010, această platformă a fost utilizată pe scară largă, datorită capacității sale de stocare și procesare. Platforma GEE dispune de o colecție de date de peste 40 de ani, cu acoperire globală, din diverse surse satelitare (Kumar și Mutanga, 2018). Datele disponibile nu necesită a fi pre-procesate (ortorectificate, corectate radiometric sau corectate atmosferic), și de asemenea, utilizatorii pot folosi și datele proprii în cadrul platformei (Gorelick et al., 2017). Aceasta a asigurat accesul la colecția de date Landsat 8 (LANDSAT/LC08/C02/T1_L2) cu rezoluția spațială de 30m, pentru perioada 2013 – 2020, cumulând un total de 1406 imagini satelitare. Imaginile disponibile pentru Podișul Moldovei au fost descărcate pentru fiecare lună a anului, optându-se doar pentru imaginile cu un grad de acoperire cu nori mai mic de 80%. Acest tip de corecție a fost singurul adus imaginilor descărcate.

Scriptul de procesare cuprinde 6 etape: 1) Selectarea zonei de studiu; 2) Aplicarea funcției de mascarea a norilor; 3) Încărcarea colecției de date dorite și filtrarea acestora în funcție de regiune, perioadă și grad de acoperire cu nori; 4) Aplicarea funcției NDVI; 5) Adăugarea paletelor de culori aferente spectrului NDVI; 6) Exportarea colecției de date afișate.

NASA Earth Data¹⁸ reprezintă o platformă specializată în stocarea și furnizarea de date cu acoperire globală pentru vaste procese și fenomene de la suprafața terestră. Accesul, vizualizarea și descărcarea datelor sunt gratuite. Datele NDVI disponibile pe această platformă sunt cele derivate ale MODIS, cu rezoluție spațială la 250m, 500m și 1km¹⁹. Datele utilizate în cadrul acestei teze sunt cele din colecția MOD13Q1 (250m), și fac parte din colecția Terra MODIS. Procesul de descărcare este mult mai facil comparativ cu cel al Landsat, acestea fiind disponibile în format preprocesat direct la nivelul platformei.

Colecția de date **PKU GIMMS NDVI** este pusă la dispoziție de Li și colab., (2023), fiind disponibile publicului prin intermediul platformei Zenodo. Acestea constau în date cu acoperire globală, la o rezoluție spațială de 9,5 km, și se pot descărca în format *.tiff*, clasificate pe arhive la nivel de deceniu. Datele NDVI constau în medii bilunare, ceea ce facilitează cu mult fluxul de lucru. Versiunea originală a datelor a fost făcută publică în anul 2022, dar revizuită considerabil în 2023 când o nouă variantă de fuziune a datelor MODIS și AVHRR, bazată pe modelul *Random Forest*, a substituit regresia liniară inițial aplicată în cadrul procesului de recalibrare.

¹⁷ <https://earthengine.google.com/>

¹⁸ <https://www.earthdata.nasa.gov/>

¹⁹ <https://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php>

4. Metode

4.1. Procesarea statistică a datelor NDVI

Identificarea principalelor stări și procese de la suprafața terestră, este posibilă prin intermediul datelor satelitare și a derivatelor acestora. Din această categorie fac parte și parametrii biofizici ([Coppin et al., 2004](#)), de tipul NDVI, specializați în detectarea variabilităților spectrale la nivel de imagine satelitară.

Formula de calcul a NDVI are în prim plan capacitatea fotosintetică a vegetației, considerată indicator principal al caracteristicilor și funcțiilor vegetale ([Robinson et al., 2017](#)). Din aceste considerente, dinamica indicatorului NDVI este asociată cu diversitatea și variabilitatea speciilor din cadrul unui ecosistem ([Madonsela et al., 2017](#)). De asemenea, repetatele investigații cu referire la corelarea dintre NDVI și vitalitatea vegetală au demonstrat codependența proceselor vegetale în raport cu factorul climatic și ușurința cu care se poate distinge între diferitele modalități de întrebuințare a terenului, bazându-ne pe raportul de persistență al culorii verde ([Neeti și Eastman, 2011](#)). Caracteristicile spectrale ale culorii verde, permit diferențierea regiunilor acoperite de vegetație ierboasă de cele caracterizate printr-un alt tip de acoperire a terenului. Verdele absoarbe cantități mari de lumină roșie vizibilă cu lungimi de undă de 0,620-0,670 μm și reflectă lumina în infraroșu apropiat cu lungimi de undă de 0,841-0,876 μm ([Huete et al., 2002](#)).

Analiza seriilor de date NDVI este frecvent utilizată în detectarea duratelor perioadelor de înverzire ([Vrieling et al., 2013](#)), a trendului vitalității vegetale, marcat prin oscilații între culorile verde și maro ([De Jong et al., 2011](#)), și a modificărilor dinamicii vegetale sau la nivelul speciilor ([Jiang et al., 2013](#)).

Identificarea și cuantificarea alternanței vitalității vegetale la nivel de ecosistem poate fi posibilă prin urmărirea trendului seriilor de date NDVI. Identificarea corectă a trendului NDVI este dependentă de natura datelor (rezoluția spațială) și de tipul de metodă statistică utilizată. Precizia analizelor statistice ale NDVI este în egală măsură dependentă de perioada supusă analizei, [Forket et al. \(2013\)](#) reușind să evidențieze diferențele cauzate de o analiză de tip inter-anual în raport cu o analiză de tip sezonier privind variabilitatea și, implicit, corectitudinea seriilor de date.

Obținerea și utilizarea datelor NDVI nu este întotdeauna facilă ([Wijedasa et al., 2012](#)), cu toate că pachetul de date pus la dispoziție de o serie de platforme este gratuit și ușor de accesat. Cu cât regiunea analizată este mai mare, cu atât procesul de manipulare a datelor va fi mai dificil, implicând un necesar pretabil de spațiu de stocare și o aparatură care să facă față procesărilor. Din moment ce marea majoritate a datelor satelitare prezintă deficiențe calitative, la nivel global se mizează pe misiunile AVHRR, MODIS și Landsat, considerate cele mai în măsură surse de date satelitare de înaltă calitate să furnizeze date NDVI cu acoperire spațială pentru ultimii 40 de ani. Din perspectiva NDVI, cele mai potrivite date Landsat sunt cele din categoria *Surface Reflectance* (*Reflectanța Suprafeței*). Produsele *Surface Reflectance* sunt disponibile în formă corectată atmosferic și geometric, reprezentând imaginile de cea mai înaltă calitate disponibile la nivelul colecțiilor de date Landsat, și considerate cele mai potrivite pentru monitorizarea și cuantificarea vegetației ([Song et al., 2001](#)). Din categoria Landsat au fost utilizate cele aferente colecției L8-OLI, cu scopul de a evidenția patru studii de caz, relevante în contextul tipologiei pășunilor din Podișul Moldovei. Rezoluția spațială de 30 de metri a datelor Landsat este considerată ideală în contextul analizelor de tip local. Acestea au fost utilizate în vederea asocierii trendului NDVI cu factorul antropic, cu cel geomorfologic, cu cel geologic și cu cel hidrologic.

În aceeași măsură, datele MODIS sunt utilizate cu succes în cuantificarea variabilei NDVI ([Bai et al., 2008](#); [De O. Silveira et al., 2007](#)). Datorită rezoluției spațiale semi-grosiere (250m) aceste seturi de date sunt pretabile pentru analizele la nivel regional. În cadrul acestei teze de doctorat, datele NDVI derivate ale MODIS au fost utilizate cu intenția de a fi corelate cu evenimentele de factură climatică, în vederea validării la nivel de podiș, a răspunsului primit în urma analizei trendului NDVI la o scară mai mică. De asemenea, corelări au fost identificate și în raport cu factorul hidrologic și cu cel antropic.

Datele PKU GIMMS NDVI corespund, sub aspectul rezoluției spațiale, cu seriile de date climatice ERA-5-Land. Asocierea voită dintre cele două seturi de date este realizată din perspectiva tipologiei seriilor climatice, interconectivitatea variabilelor climatice fiind detectabilă la o astfel de scară de 9,5 km.

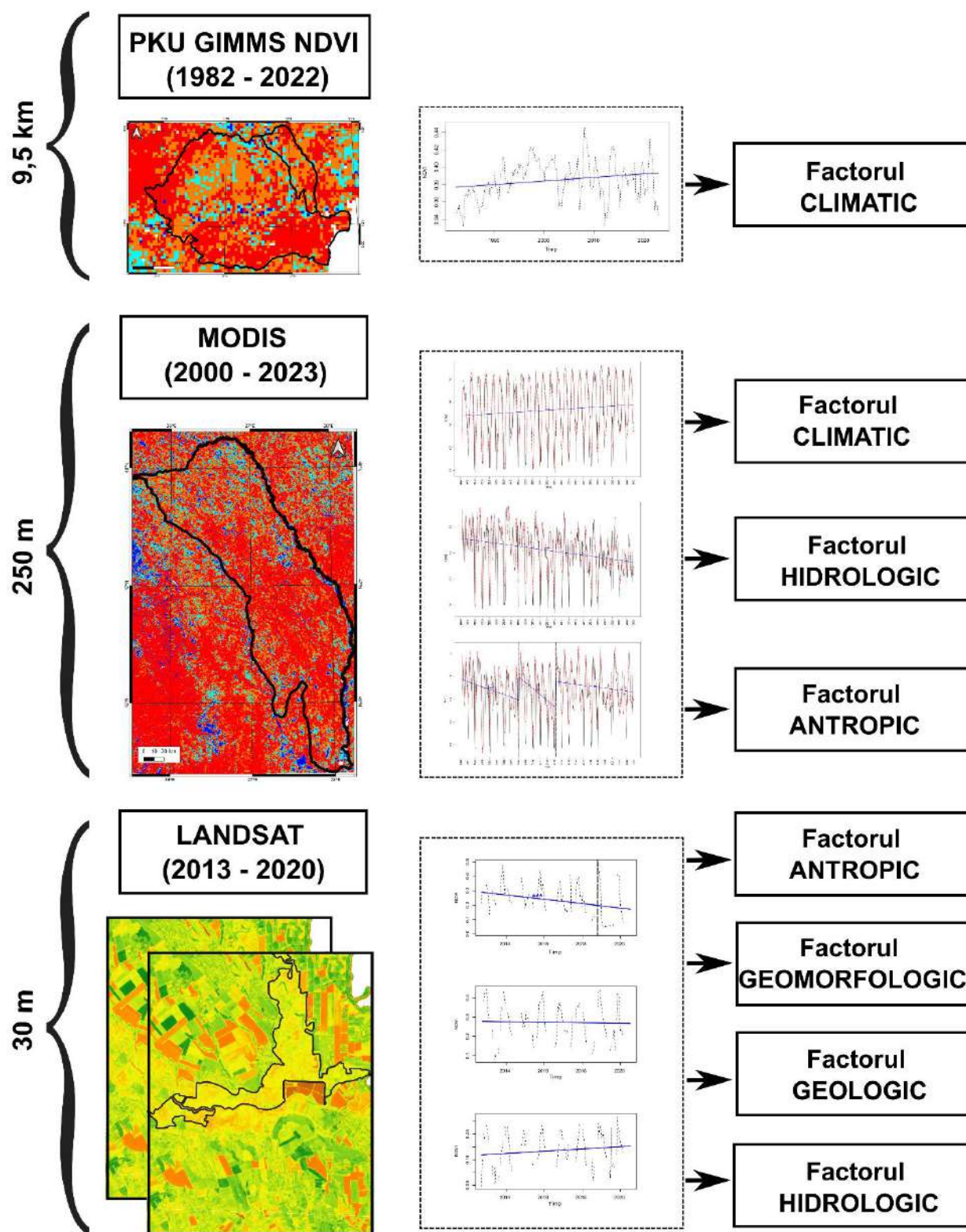


Figura 13. Reprezentarea schematică a analizei de tip multiscalar aplicată la nivelul tezei de doctorat

Astfel, necesitatea unei analize multiscolare (**Figura 13**) în raport cu tendința NDVI a ultimelor 4 decenii pornește, în primul rând, de la categoriile de date disponibile și, în al doilea rând, de la diferențele detectate la nivelul vegetației atunci când scara de lucru este schimbată. O

astfel de abordare permite atât evidențierea trendului regional al vegetației de pășune, cât și certe diferențieri locale, de detaliu. Abordarea multiscalară contribuie la îmbunătățirea procesului de monitorizare, prin acoperirea diferențelor impuse de scara de lucru, contribuind la construirea unor scenarii de predictibilitate cât mai corecte, prin analogie cu heterogenitatea spațială.

Din moment ce indicele NDVI este specializat în detectarea trendurilor vitalității vegetale, acesta urmează un curs logic, fiind observabile tendințele de înverzire atunci când temperaturile sunt ridicate iar nivelul de precipitații este optim, și cele de uscare atunci când excedentul termic este atins, iar o perioadă de secetă persistă. Cu toate acestea, episoadele caracterizate printr-un trend de uscare (reducere vizuală a culorii verde în raport cu cea maro) au fost intens discutate în literatură, din moment ce interpretabilitatea acestora este strâns legată de tipologia datelor satelitare utilizate (Beck și Goetz, 2012; Fensholt și Proud, 2012). Asocierea trendului NDVI cu starea de vitalitate a vegetației este dovedită de Forket et al., (2013) în lucrarea sa, unde analizează expansiunea vegetației de arbuști către nordul regiunii Alaska. Trendul NDVI aferent indică o relație de asociere a fenomenului de înverzire cu tendința de încălzire accentuată a ultimilor ani, iar a celui de degradare, cu succesivele incendii de vegetație înregistrate. Astfel, așteptarea ca variabilitatea indicelui NDVI să fie exclusiv în tandem cu ciclicitatea sezonieră este, în anumite cazuri, anulată de o serie de factori externi din categoria schimbărilor climatice sau a impactului antropic, cu unele excepții în care deficiența calitativă a datelor este de natură internă (prezența nebulozității la nivelul datelor satelitare primare) (Bradley et al., 2007).

Calcularea trendului NDVI poate reprezenta un raport multi-anual, anual sau sezonier ce are la bază o analiză de tip regresie (Eklundh și Olsson, 2003). În literatura de specialitate este bine cunoscut faptul că vegetația nu urmărește întotdeauna o dinamică liniară (Holtvoeth et al., 2017; Jamali et al., 2014; Xu et al., 2021), iar aplicarea regresiiilor de tip linear în detectarea și evaluarea trendului NDVI este considerată nepotrivită, încălcând o serie de ipoteze statistice cum ar fi independența observațiilor, pe seama autocorelării temporale sau a omogenității (de Beurs și Henebry, 2004). Pe lângă aceste argumente solide este bine cunoscut faptul că vegetația se confruntă cu numeroase perturbări externe, de tip non-linear, cum este cazul incendiilor de vegetație sau a schimbărilor de utilizare, care determină implicit un trend non-linear al valorilor NDVI, trend ce oferă informații valoroase despre câștigurile și pierderile de masă vegetală înregistrate la nivelul seriilor de date (Ghorbanian et al., 2022). Cu toate acestea, nivelul informațiilor obținute prin intermediul analizelor de tip non-liniar, la nivel de oscilație cantitativă a clorofilei din plante, nu permite asocierea clară a perturbărilor biologice cu factorul declanșator (Xu et al., 2021). În consecință, pentru a evita astfel de erori ce pot impacta corectitudinea datelor, a fost sugerată utilizarea analizei non parametrice de tip Mann-Kendall în investigarea seriilor de date NDVI (Beurs și Henebry, 2010; de Beurs și Henebry, 2004).

Utilitatea testului Mann-Kendall este dovedită la nivelul analizelor seriilor de date temporale cu posibile variații sezoniere, așa cum este cazul datelor climatice, unde analiza Mann-Kendall este frecvent aplicată (Hirsch și Slack, 1984) deoarece acestea descriu modele cvasi-periodice și nu reușesc să îndeplinească majoritatea ipotezelor necesare pentru o regresie liniară simplă. Similitudinea dintre seriile de date climatice și cele NDVI face ca această metodă să fie pretabilă pentru analiza trendului vigorii vegetale. Testul Mann-Kendall este capabil să detecteze trendul existent separat, la nivelul fiecărui sezon, având în spate totalitatea datelor corespunzătoare aceluși sezon, pentru perioada de timp supusă analizei (deBeurs și Henebry, 2004).

Cu toate acestea, utilizarea testului Mann-Kendall nu reprezintă cea mai potrivită metodă de analiză a trendului NDVI. Acest tip de analiză este destinată evaluării trendurilor exclusiv cu tendință ascendentă sau descendentă raportate la o anumită scară temporală și spațială, denumite trenduri monotone²⁰. Trendul NDVI nu este întotdeauna monoton, putând varia de la o tendință negativă la una pozitivă și vice versa (Angert et al., 2005; De Jong et al., 2013; Forkel et al., 2013; Potter et al., 2003; Slayback et al., 2003), într-o manieră graduală sau bruscă (De Jong et al., 2013; Verbesselt et al., 2010a, 2010b). Astfel de dovezi au demonstrat faptul că în cadrul aceluiași trend temporal pot exista mai multe segmente temporale diferite sau chiar opuse ca tendință sau comportament (Jong et al., 2012). Spre exemplu, o perioadă caracterizată prin temperaturi ridicate și umiditate adecvată influențează pozitiv creșterea vegetației, dar persistența temperaturilor ridicate poate declanșa un stres termic, materializat prin instalarea secetei și tendința de uscare a plantelor. În aceste condiții trendul NDVI suferă o schimbare non-monotonă graduală. Pe de altă parte, fenomene puțin predictibile cum sunt incendiile de vegetație determină într-un timp record o schimbare non-monotonă bruscă a trendului NDVI, culoarea verde fiind substituită de cea maro și, ulterior, de cea verde, prin explozia vegetală caracteristică perioadelor de post incendiu (Forkel et al., 2013). În statistică astfel de evenimente (praguri) de la care o anumită tendință este deviată sunt numite *puncte de întrerupere*²¹.

Frecvența punctelor de întrerupere a determinat instituirea unor metode statistice care să identifice astfel de evenimente, condiționate de un factor potențial negativ (ex: schimbări climatice, impact antropic). Astfel, o dată cu detectarea trendului NDVI, considerat necesar în vederea evaluării corecte a variațiilor vegetale, un element a ieșit la suprafață în urma identificării punctelor de întrerupere, și anume, necesitatea implementării unei modalități de separare a trendului NDVI de factorul sezonalitate, cel din urmă fiind responsabil de perturbarea veridității analizelor statistice prin indicarea de evenimente diferențiale ca și comportament, acolo unde în realitate factorul preferențial este sezonalitatea (Figura 14).

²⁰ Echivalentul în engleză: *monotonic trends*

²¹ Echivalentul în engleză: *breakpoints*

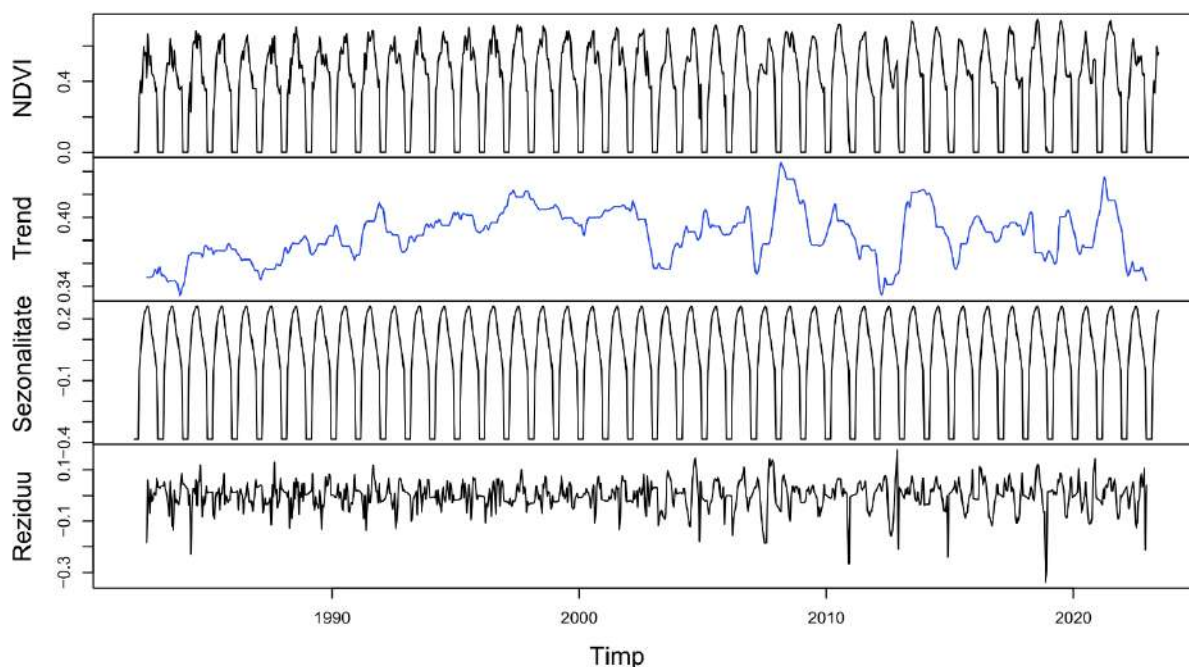


Figura 14. Model de descompunere a seriilor multitemporale de date prin separarea trendului de factorul sezonalitate

În acest sens, [Verbesselt și colab. \(2010a, 2010b\)](#) propun metoda BFAST (*Breaks For Additive Seasonal and Trend*), renumită în rândul studiilor de specialitate deoarece este capabilă să ofere informații cât mai apropiate de realitate, inclusiv în investigarea dinamicii vegetale ([Geng et al., 2019](#); [Hamunyela et al., 2020](#)). Sezonalitatea este detectată și separată de trendul general anual cu ajutorul unui model statistic utilizat de BFAST, intitulat Modelului Trendului Sezonier (STM). Comun în orice analiză statistică a trendurilor, STM reprezintă un mare plus în investigarea proceselor relaționate cu trendul vegetal.

Astfel, în încercarea de a identifica cea mai potrivită metodă de investigare a dinamicii pășunilor, și urmărind îndeaproape conceptul Modelului Trendului Sezonier, literatura de specialitate ne pune la dispoziție varianta unei metode specializate în investigarea fenologică a vegetației ce are la bază același model statistic de tip STM. Este vorba despre pachetul *R greenbrown*²², conceput și pus la dispoziției de [Forkel și colab. \(2013\)](#). În cadrul aceleiași lucrări, Forkel și colaboratorii investighează utilitatea celor mai performante metode statistice ale prezentului, în vederea detectării trendului dinamicii vegetale. Lucrarea în cauză constituie baza metodologică a acestei teze, deoarece ne pune la dispoziție una dintre cele mai valide și performante metodologii, cu aplicabilitate dovedită.

²² <https://greenbrown.r-forge.r-project.org/trends.php>

4.1.1. Pachetul R greenbrown²³

Pachetul *R greenbrown* reprezintă o colecție de funcții specializate în detectarea alternanțelor fenologie din orice mediu cu specific vegetal. Pachetul *greenbrown* a fost implementat pentru stricta utilizare în softul R, și are la bază o serie de metode specializate în detectarea trendului anual și sezonier, pretabile pentru o analiză multitemporală a fluctuațiilor vegetale. Principalul obiectiv al *greenbrown* este acela de a elimina sezonalitatea din cadrul seriilor de date multitemporale cu scopul de a identifica factorii perturbatori ai mediului vegetal. Identificarea impactului factorilor externi asupra dinamicii vegetale este realizabilă prin detectarea schimbărilor de trend. În vederea realizării acestei misiuni, pachetul *greenbrown* utilizează două metode specializate în identificarea și izolarea trendului vegetal sezonier:

4.1.1.1. Metoda AAT (*Annual Aggregated Trend* ²⁴)

Metoda AAT reprezintă un concept utilizat de pachetul *greenbrown*, specializată în detectarea trendurilor anuale, prin cumulara mediilor lunare. Este un tip de metodă potrivită pentru seriile de date cu frecvență ridicată (date zilnice/ lunare) dar de la care se dorește obținerea unui trend anual cât mai precis, prin eliminarea variațiilor cauzate de sezonalitate. Datele NDVI sunt vizibil influențate de variabila sezonieră, ceea ce poate reprezenta un dezavantaj acolo unde se dorește identificarea clară a cauzelor perturbatoare de trend. Astfel, metoda AAT reprezintă un prim pas în analiza seriilor NDVI, aplicată cu succes și în cadrul acestui studiu, unde eliminarea sezonality a reprezentat un element primordial în obținerea rezultatelor.

Funcția principală de calculare a trendului în cazul seriilor de date multitemporale este funcția [Trend](#), iar pentru calcularea trendului anual agregat (AAT) este aplicabilă funcția [TrendAAT](#). Aceasta poate fi aplicată doar pe date de tip raster (*gridded data*) prin utilizarea funcției [TrendRaster](#) (Forkel et al., 2013).

4.1.1.2. Metoda STM (*Season-Trend Model* ²⁵)

Modelul Trendului Sezonier face referire la un concept statistic frecvent utilizat în analiza seriilor de date multitemporale, ce reușește să separe componenta sezonieră de trendul general anual, cu scopul de a detecta potențialele schimbări de trend la nivel de sezon. Acest tip de metodă este potrivită pentru analiza seriilor de date cu tipologie recurentă, așa cum este cazul datelor

²³ Denumirea pachetului R greenbrown (ro: verde-marou) va fi păstrată pe parcursul acestei lucrări, în limba engleză, cu scopul de a nu se pierde informație valoroasă și de a nu induce cititorul în eroare, prin traducerea unui algoritm care se identifică în mediul virtual, doar prin denumirea sa originală;

²⁴ Trendul Anual Agregat (Compactat)

²⁵ Modelul Trendului Sezonier

climatice sau a celor NDVI. Din perspectiva utilizării metodei STM, *greenbrown* este similar modelului BFAST, iar dincolo de separarea factorului sezonality este capabil să detecteze și schimbările de trend, suprapuse sezoanelor. În cazul NDVI acest aspect este deosebit de valoros deoarece sezonalitya tinde să mascheze evenimentele imprevizibile, iar eliminarea definitivă a acesteia condiționează deformarea realității.

Funcția aplicată pentru a obține acest trend este [TrendSTM](#) și urmează întru totul metodologia BFAST. Funcția STM este de asemenea aplicabilă pe date de tip raster: [TrendRaster](#) (Forkel et al., 2013).

Scriptul implementat și utilizat în cadrul acestei lucrări urmează îndeaproape modelul propus de Forkel și colab. (2013), fiind aplicat atât pe datele Landsat cât și pe cele MODIS și pe cele PKU GIMMS NDVI.

4.1.1.2.1. Algoritmul BFAST (*Breaks For Additive Seasonal and Trend* ²⁶)

BFAST reprezintă un tip de metodă statistică specializată în detectarea trendului și a perturbărilor de trend la nivelul seriilor de date (Verbesselt et al., 2010a, 2010b). În cazul seriilor temporale NDVI metoda BFAST separă comportamentul natural și spontan al vegetației manifestat prin *sezonality*, de *trendul general anual* și de *componenta reziduală*, manifestată prin fluctuații imposibil de atribuit unei cauze certe (Geng et al., 2019). Această componentă este clasată drept anomalie (determinată prin surse externe, naturale sau antropice) sau eroare (cauzată de disfuncționalitatea primară a datelor). Eliminarea paternului sezonier face posibilă identificarea componentei real perturbatorii. Punctele de întrerupere nu coincid cu elementele reziduale, dar, în anumite circumstanțe, originea perturbărilor poate coincide cu originea reziduurilor. Conform Verbesselt et și colab. (2010a), punctele de întrerupere sunt urmate de producerea a trei tipuri de schimbări esențiale la nivelul seriilor de date NDVI: **a)** schimbări sezoniere (fenologice) condiționate de alternanța temperaturilor și a precipitațiilor; **b)** schimbări graduale din categoria variabilităților climatice inter-anuale și **c)** schimbări bruște din categoria celor determinate antropic, cum este cazul despăduririlor sau al incendiilor de vegetație.

Aplicate și validate de Forkel și colab. (2013), metodele AAT și STM au fost considerate potrivite pentru analiza dinamicii pășunilor la nivelul arealului Podișului Moldovei. Conștientizând faptul că niciun algoritm nu poate fi complet valid, admitem că cele două metode prezintă la rândul lor și o serie de disfuncționalități.

Din moment ce detectarea schimbărilor de trend este ferm dependentă de tipologia datelor, compactarea seriilor temporale, așa cum se procedează în cazul metodei AAT, implică o

²⁶ Schimbări de trend la nivel sezonier sau anual

subestimare a variațiilor de trend și o scădere a numărului de puncte de întrerupere înregistrate. Pe de altă parte, metoda STM investighează datele de intrare fără a le comprima, ceea ce presupune un număr mult mai mare de analize per set de date procesat. Datorită acestui tip de funcționare STM cuantifică trendul NDVI luând în calcul sezonabilitatea și elementele reziduale, reușind să prezinte mult mai precis alternanțele de ordin fenologic (Verbesselt et al., 2012, 2010a, 2010b).

Comparându-le pe cele două, Forkel și colab. (2013) consideră metoda AAT potrivită în cazul investigării trendurilor anuale, furnizând modelele de cea mai mare acuratețe, metoda STM pretabilă în detectarea punctelor de întrerupere fiind mult mai predictibilă în acest sens. Cu toate acestea, deși AAT nu excelează în această direcție, corectitudinea schimbărilor de trend detectate este mult mai mare comparativ cu cele ale STM.

Astfel, în încercarea de a furniza date de cea mai înaltă precizie cu privire al dinamica pășunilor aferente regiunii de analiză, în această teză de doctorat au fost utilizate ambele metode propuse de Forkel și colab. (2013), cu scopul de a nu omite nicio direcție posibil indicatoare de trend. În acest sens, veridicitatea punctelor de întrerupere și a schimbărilor de trend sunt considerate cât se poate de apropiate de realitatea din teren, având în spate două metode fiabile de analiză.

4.1.1.3. Punctul de întrerupere (*breakpoint*)

Echivalentul în limba engleză pentru acest termen este cel de *breakpoint*, și poate avea un înțeles mult mai clar. Tradus cât mai precis, termenul ar indica păstrarea sintagmei de: “punct de întrerupere” sau “ruptură de trend”. În literatură, termenul de *breakpoint* mai este înlocuit cu *trend change* (*schimbare de trend sau perturbare de trend*), dar care, din certe motive de confuzie, nu a fost utilizată pe parcursul acestui studiu.

Astfel, *punctul de întrerupere* face referire la un anumit punct specific, din cadrul unor serii temporale de date, când o anumită schimbare majoră și de durată are loc, sub incidența unui factor specific sau a unui cumul de factori. Orice punct de întrerupere determină segmentarea seriilor de date, modificând tendința fiecărui segment, în funcție de natura factorului perturbator (ex: climatic, antropic, geomorfologic). Identificarea factorului determinant al punctelor de întrerupere este strâns legată de interpretarea tendinței NDVI înainte și după producerea acestuia.

4.1.1.4. Rolul segmentelor în analiza tendinței NDVI și a punctelor de întrerupere

Apariția unui punct de întrerupere determină împărțirea seriilor de date analizate în segmente individuale, ușor de distins prin schimbarea survenită la nivelul tendinței NDVI. Cu cât perturbările de trend sunt mai frecvente, cu atât numărul de segmente va fi mai mare. Segmentele

definesc perioada de înainte și de după apariția rupturii de trend, iar analiza detaliată a fiecăruia (tendința NDVI, lungimea segmentului, media NDVI aferentă segmentului) poate furniza informații valoroase cu privire la factorii posibili declanșatori ai punctelor de întrerupere. Segmentul de trend, fie ante sau post rupere de trend, poate păstra aceleași caracteristici anterioare producerii punctului de întrerupere (păstrarea trendului negativ sau pozitiv corespunzător segmentului anterior), un exemplu în acest sens regăsindu-se în **figura 15**, cazul segmentelor 3 și 4, care păstrează aceeași tendință cu segmentul 2 chiar și după producerea unui punct de întrerupere. Elementul cheie la nivel de segment este reprezentat de modificarea cauzată de punctul de întrerupere la nivelul tendinței NDVI. Aceasta poate avea un caracter gradual sau brusc, oferind principalul indiciu indispensabil în vederea atribuirii corecte a factorului perturbator de trend.

În **Figura 15** ne este prezentat un exemplu de dinamica multi-temporală a NDVI, calculată pe baza datelor satelitare MODIS (250m). Seria multi-temporală este împărțită în patru segmente, condiționate de trei puncte de întrerupere (2004, 2008, 2018). Cele patru segmente sunt caracterizate de o schimbare abruptă a trendului, primul cu tendință de scădere, al doilea cu tendință de creștere, iar segmentele trei și patru sunt marcate de o scădere bruscă, urmate de o redresare pozitivă a trendului NDVI. Astfel de schimbări abrupte de trend sunt, cel mai probabil, induse antropic. Cu toate acestea, capacitatea de reziliență a vegetației este remarcabilă, din moment ce trendul general al NDVI este unul pozitiv.

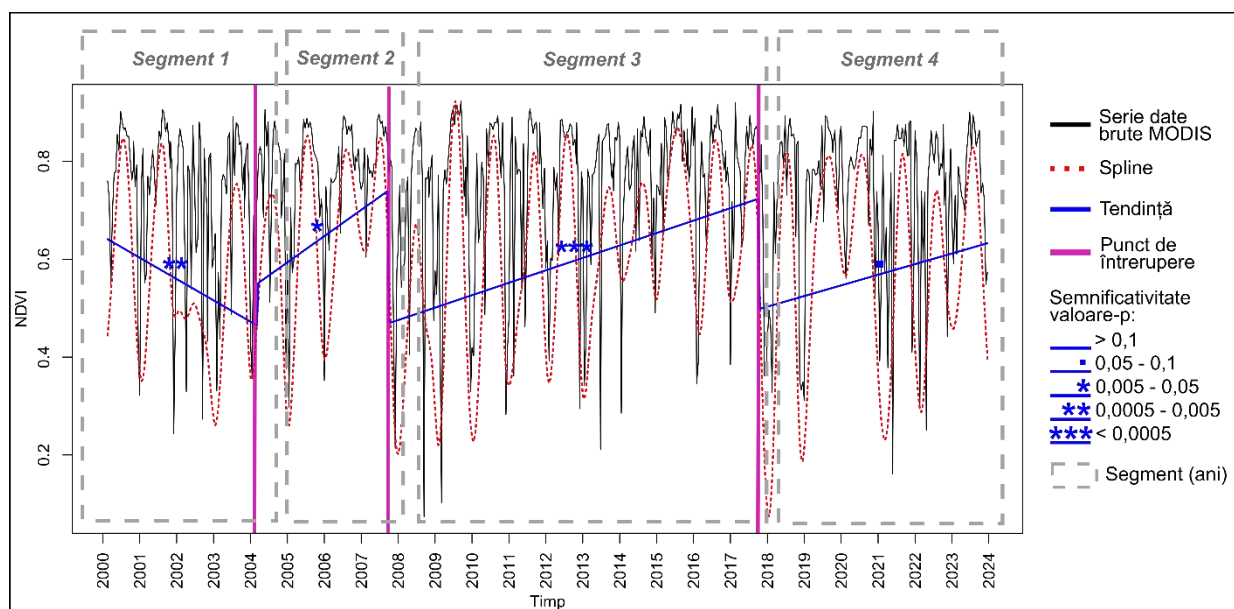


Figura 15. Segmentarea trendului NDVI datorită punctelor de întrerupere

4.1.1.5. Tendința NDVI

Tendința NDVI este calculată pe baza datelor brute interpolate (*spline*). Semnificativitatea tendinței este exprimată prin valoarea-p (*p-value*), al cărei rol este acela de a indica existența unui

trend (pozitiv sau negativ) sau lipsa acestuia. O valoare-p semnificativă din punct de vedere statistic este una cât mai scăzută. Prezența unei valori-p scăzute (ex: 0,0005) ne sugerează existența unei tendințe clare la nivelul seturilor de date analizate, și ne indică din start respingerea ipotezei nule. O valoare-p ridicată (ex: 0,1) este considerată ne semnificativă din punct de vedere statistic, de unde putem deduce faptul că tendința detectată este datorată unor erori sau unor cauze greu de identificat și corelat. Pragul general al semnificativității statistice a trendului este cotelat la $p < 0,05$, ceea ce ne denotă că probabilitatea ca trendul detectat să fie întâmplător este mai mică de 5%. Cu cât valoarea lui p scade, cu atât probabilitatea detectării unui trend eronat scade. Astfel, a fost stabilită o scară de valori atribuită valorii-p, detaliată în **Tabelul 2**.

Tabel 2. Semnificativitatea valorii-p

> 0,1	nesemnificativ	
0,05 – 0,1	slab semnificativ	
0,005 – 0,05	semnificativ	
0,0005 – 0,005	puternic semnificativ	
< 0,0005		

În cadrul acestei teze de doctorat, detectarea și analiza trendului NDVI a stat la baza obținerii rezultatelor scontate. Identificarea corectă și investigarea detaliată a fiecărui trend aferent segmentelor generate în urma rupturilor de trend au

permis atribuirea clară a fiecărui studiu de caz selectat unei anumite tipologii de factori declanșatori și, implicit, stabilirea prezenței sau lipsei degradării.

4.1.1.6. Tipologia schimbărilor de trend

Schimbările graduale de trend (**Figura 16**) fac referire la totalitatea perturbărilor resimțite la nivelul trendului seriilor de date NDVI, ce au ca sursă directă o perturbare de ordin climatic. Analiza schimbărilor graduale de trend implică un proces complex de corelare a datelor NDVI cu seriile de date climatice, evoluția graduală fiind deductibilă și ușor de citit, prin comparare cu schimbările abrupte de trend.

Pe fondul presiunii schimbărilor climatice globale, vegetația reprezintă unul dintre cei mai eficienți indicatori ai perturbărilor climatice. Cuantificarea impactului factorului climatic asupra vegetației reprezintă un subiect frecvent abordat în literatura internațională. Principalele obiective sunt îndreptate către identificarea unor metode cât mai precise de analiză, capabile să identifice factorul declanșator primordial. Impactul climatic asupra vegetației se manifestă, în general, prin apariția rupturilor de trend urmate de o schimbare graduală de trend, sau, în anumite cazuri, de prezența unui trend pozitiv sau negativ, fără puncte de întrerupere, dar cu certe oscilații ale semnificativității valorii-p (p -value). În cazul seriilor de date considerate lipsite de trend, tendința NDVI este aproximativ liniară, lipsită de semnificativitate statistică. Acest lucru ne poate indica o perioadă de echilibru vegetal, ceea ce poate reprezenta, pe de o parte, un aspect pozitiv, asupra

vegetației neacționând niciun factor perturbator, în aceeași măsură în care ne poate indica și un factor negativ, din moment ce situația climatică favorabilă (temperaturi din ce în ce mai ridicate) ar trebui să condiționeze un trend evident pozitiv al vegetației. Schimbările graduale de trend nu sunt determinate doar climatic, acestea pot fi asociate deopotrivă intervențiilor antropice, factorului hidrologic resimțit la nivelul luncilor, proceselor geomorfologice cu impact major la nivelul versanților abrupti sau factorului geologic.

Schimbările abrupte de trend (**Figura 16**) sunt ușor de identificat din punct de vedere vizual, fiind manifestate la nivelul seriilor de date temporale, obligatoriu, prin prezența punctelor de întrerupere, urmate de o schimbare bruscă a trendului. De cele mai multe ori acestea au o semnificativitate statistică mare, fiind precedate fie de o serie de alte puncte de întrerupere (de cele mai multe ori condiționate antropice), fie de o redresare a tendinței NDVI (majoritar condiționată climatic). Schimbările abrupte de trend nu sunt obligatoriu determinate antropice, acestea pot avea în spate orice alt factor sau cumul de factori. O schimbare abruptă de trend nu este neapărat și o schimbare negativă, chiar dacă aceasta a fost indusă de un factor considerat potențial negativ. O regiune cu pășune invadată de specii arbustive va condiționa un răspuns spectral pozitiv și un punct de întrerupere la nivelul seriilor de date multitemporale, urmat de o tendință pozitivă a trendului.

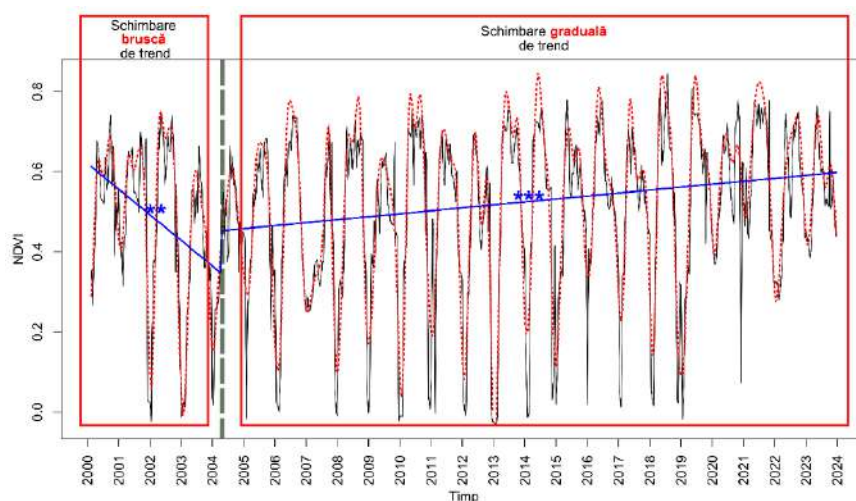


Figura 16. Tipologia schimbărilor de trend - graduale și abrupte

Dificultatea analizei apare în momentul validării punctelor de întrerupere, prin identificarea și corelarea clară a fiecărui punct de analiză cu un posibil factor, detectabil fie prin raportare la materialele cartografice existente, fie prin analiză de teren. Această etapă a selecției și

corelării punctelor de întrerupere cu un eventual factor determinant a constituit un pilon de bază în implementarea corectă a metodologiei. Potențialii factori antropici sunt numeroși, iar în certe cazuri sunt cumulați cu variabila climatică sau cu factorul geomorfologic, ceea ce face separarea completă și corectă a factorilor determinanți aproape imposibilă. Cu toate acestea, având la bază o metodă validată științific, metodologia aplicată în cadrul acestei teze de doctorat are drept scop evidențierea importanței aplicării unei analize de talie globală, la nivel regional, cu scopul de a o valida.

5. Rezultate

5.1. Trendul NDVI derivat din datele PKU GIMMS NDVI

Rezultatele obținute în urma procesării statistice a datelor NDVI constau în seturi de hărți realizate per ansamblu sau pe regiuni în raport cu arealul Podișului Moldovei, și grafice aferente punctelor de analiză selectate. Trendul NDVI este calculat la nivelul a trei scări spațiale diferite (9,5 km; 250m; și 30m), asociate principalilor factori determinanți ai degradării. În stadiul inițial, analiza este realizată pe mai multe tipuri de utilizare a terenului, cu scopul de a compara răspunsul spectral primit de la diverse tipologii vegetale, detectat în urma impactului unei certe perturbări, în vederea comparării comportamentului acestora cu cel al pășunilor.

La nivelul datelor PKU GIMMS NDVI, trendul NDVI este calculat pentru întregul areal al României la o rezoluție spațială de 9,5 km, pentru o perioadă de 40 de ani (1982 - 2022). Tendința NDVI calculată per pixel (9,5 x 9,5 km) este raportată la totalitatea claselor de utilizare corespunzătoare respectivului pixel. Lungimea segmentului de calcul este exprimată în ani și are o acoperire aproape perfectă atât la nivelul României cât și a Podișului Moldovei, setul de date utilizat fiind complet.

Rezultatele obținute ne indică o tendință general pozitivă a NDVI, semnificativă statistic (**Figura 17**), cu predilecție la nivelul arealelor unde densitatea pășunilor este mare (**Figura 18**). Areele pozitive, dar nesemnificative statistic ocupă, de asemenea, porțiuni considerabile la nivel de podiș. Trendul negativ semnificativ statistic este identificat la nivelul a 3 pixeli, dintre care unul nu corespunde în totalitate Podișului Moldovei, iar cel negativ dar nesemnificativ statistic este raportat pentru 23 de pixeli compleți și alții 8 incompleți. Din moment ce analiza trendului este realizată pentru toate clasele de acoperire a terenului, trendul pozitiv sau negativ nu este condiționat în totalitate de starea vegetală a pășunilor (**Figura 17 A**). Acest aspect este demonstrat

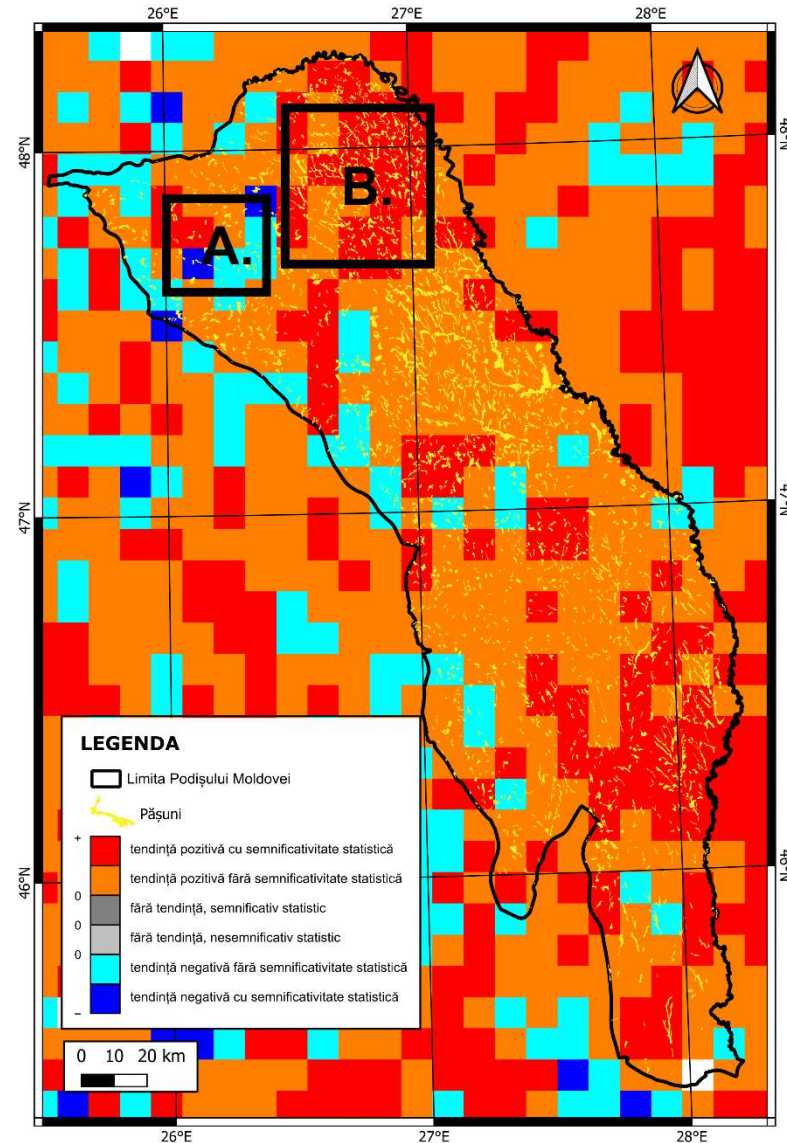
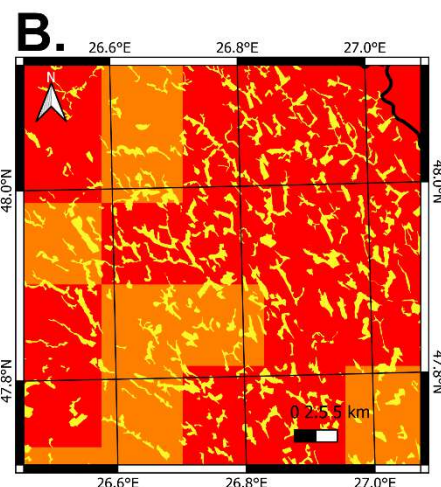
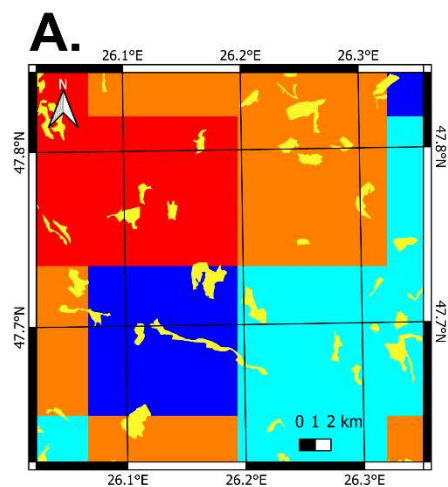
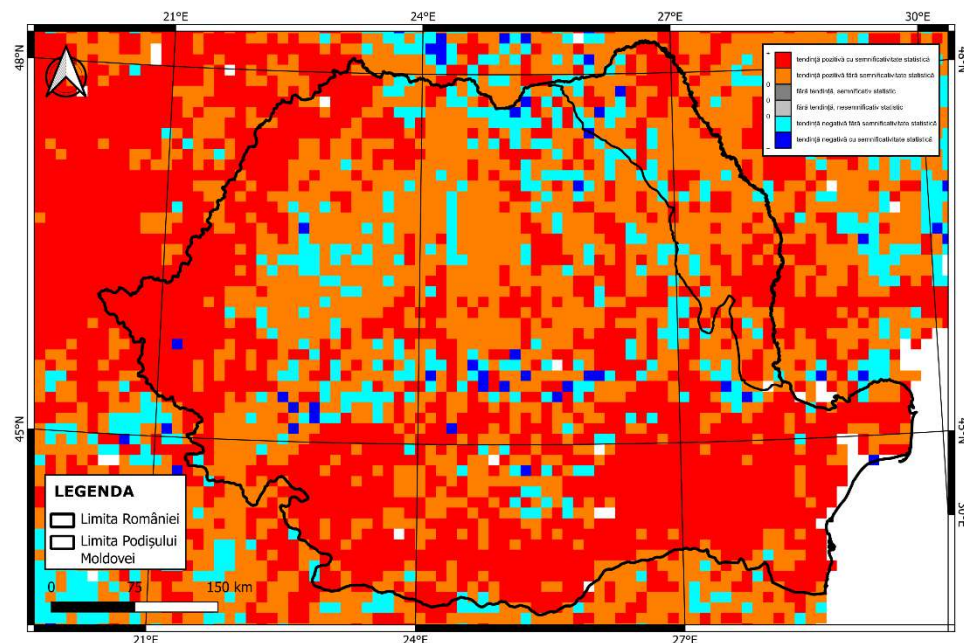


Figura 17. Trendul NDVI calculat pentru seriile de date PKU GIMMS NDVI (9,5 km), pentru perioada 1982 - 2022

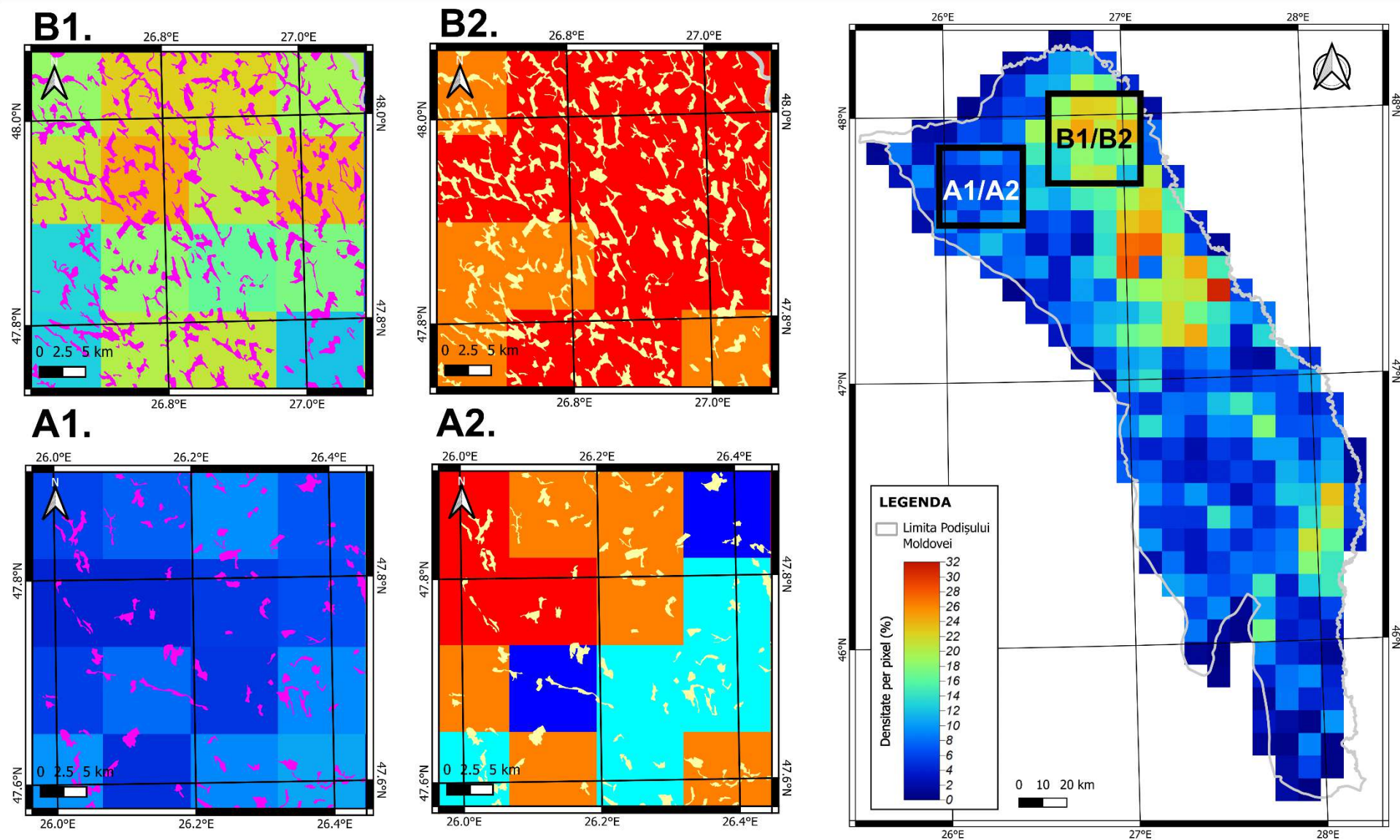


Figura 18. Densitatea pășunilor calculată pe seriile de date PKU GIMMS NDVI (9,5 km), pentru perioada 1982 - 2022

și prin analogie cu harta densității pășunilor, realizată pentru Podișul Moldovei (**Figura 18**), unde relația densitate – trend pozitiv este vizibilă (**B1 – B2**) dar nu neapărat intercon condiționată (**A1 – A2**).

În analiza trendului și a schimbărilor de trend, o importanță aparte este oferită analizei valorii-p a trendului NDVI. Valoarea-p constituie esența semnificativității statistice a trendului NDVI, oferind informații valoroase ce pot fi corelate cu factorii răspunzători de perturbările regăsite la nivelul ecosistemului de pășune. La nivelul Podișului Moldovei rezultatele obținute sunt majoritar semnificative statistic, corelarea trendului cu valorile semnificativității statistice constituind un proces esențial de validare a corectitudinii rezultatelor obținute.

Tendința general pozitivă a NDVI este dublu validată o dată cu calcularea pantei segmentului. Valorile ridicate ale pantei indică o tendință de înverzire a vegetației, în timp ce valorile scăzute denotă o tendință de uscare. Acestea coincid în totalitate cu tendința pozitivă și cea negativă a NDVI aferentă hărții trendului. În analiza datelor PKU GIMMS un aspect foarte important îl constituie identificarea corectă a tipologiei trendului (negativ, pozitiv sau neutru) și semnificativitatea statistică a acestuia.

5.2. Trendul NDVI derivat din datele MODIS

La nivelul datelor MODIS tendința NDVI este calculată pentru arealul corespunzător Podișului Moldovei la o rezoluție spațială de 250 m, pentru o perioadă de 24 de ani (2000 - 2023). Trendul calculat este raportat la totalitatea claselor de acoperire a terenului, arealele de pășune fiind evidențiate prin selectarea unor puncte de analiză corespunzătoare acestora. Punctele de analiză sunt într-un total de 64 și au rolul de a surprinde într-o manieră cât mai clară tendința NDVI în raport cu diferite clase de utilizare a terenurilor, scopul final fiind acela de a compara comportamentul acestora cu cel al pășunilor. În raport cu toată suprafața Podișului Moldovei, 30686 de pixeli corespund poligoanelor de pășune, 17746 din aceștia având o acoperire de peste 80% cu pășune, iar 13991 o acoperire de 90% cu pășune.

Trendul NDVI calculat pe datele MODIS (250m) (**Figura 19**) aduce în atenție un trend majoritar pozitiv la nivelul întregului areal al podișului. Cea mai mare parte a regiunilor pozitive sunt semnificative din punct de vedere statistic, fapt validat în totalitate prin calcularea ratei de semnificativitate statistică a valorilor. Tendința pozitivă corespunde în cea mai mare parte zonelor cu pădure și terenurilor arabile, în timp ce tendința negativă este evidențiată la nivelul localităților și a regiunilor de luncă. La această scară de analiză pășunile coincid deopotrivă regiunilor cu tendință pozitivă și negativă a NDVI, cu sau fără semnificativitate statistică (**Figura 19 A1, B1**).

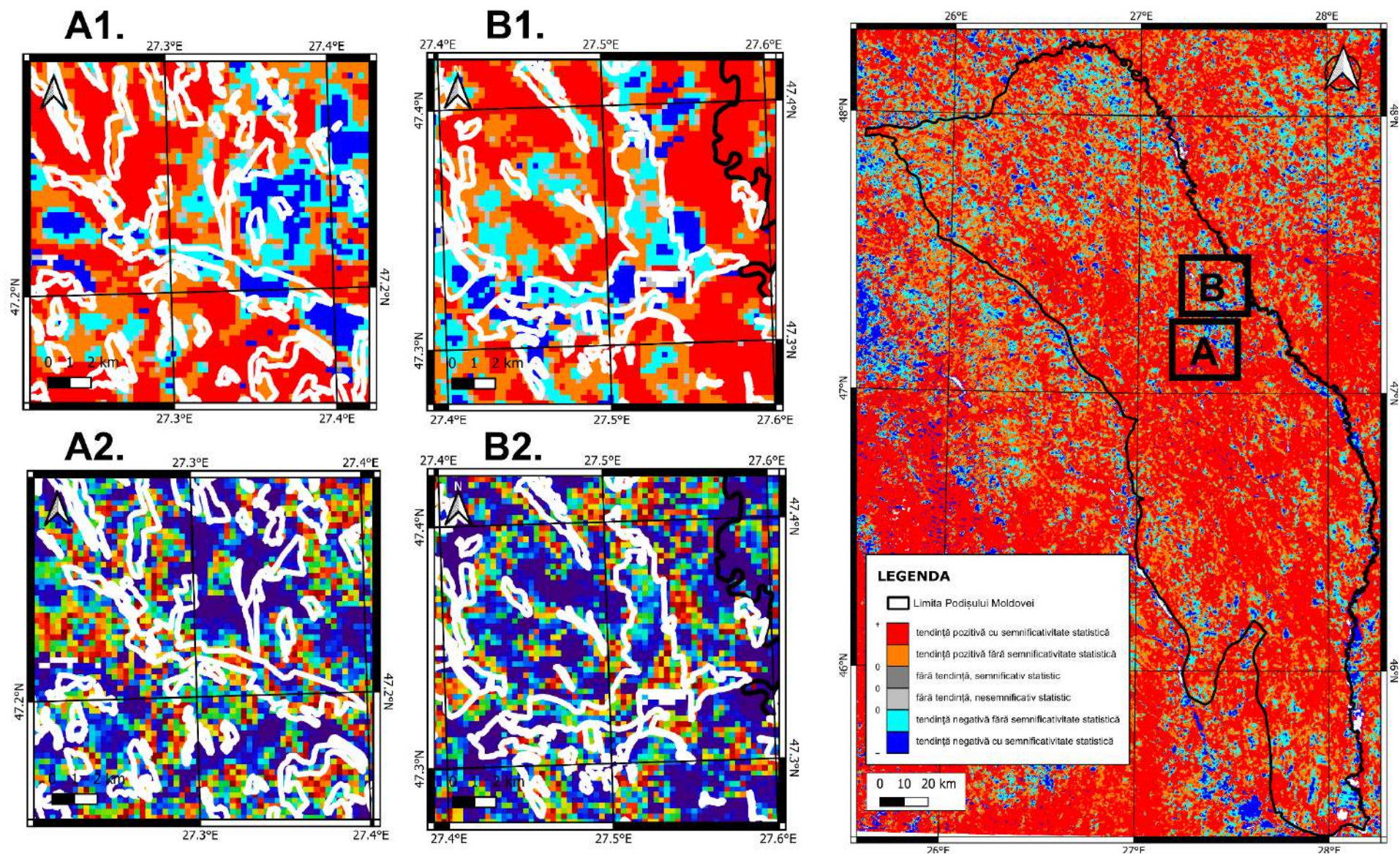


Figura 19. Trendul NDVI calculat pe datele MODIS (250 m): **A1** – lunca Bahluiului; **B1** – lunca Jijiei (2000 - 2023); **A2, B2** – Semnificativitatea statistică

Selectarea a 64 de puncte de analiză la nivelul Podișului Moldovei, dar și a regiunilor Carpatice și Subcarpatice adiacente, are drept scop urmărirea evoluției vegetației, pe diferite tipuri de parcele cu utilizare diferențiată (pădure, pășune, teren arabil, teren cu vie, teren cu livadă), pentru o perioadă de 24 de ani (2000 - 2023). Pentru fiecare punct de analiză selectat (1 punct = 1 pixel), datele NDVI brute au fost interpolate (*spline*) cu scopul de a determina tendința NDVI. Trendul NDVI a fost analizat pentru fiecare studiu de caz în parte, iar interpretabilitatea lui ține de numărul de puncte de întrerupere detectate și schimbarea direcției de trend după producerea acestora. Corelarea trendului cu factorul disturbator, a necesitat un proces amplu de validare.

Cele 64 de studii de caz selectate sunt prezentate în **Figura 20**. Regiunile evidențiate cu roșu intens sunt cele caracterizate prin vegetație sănătoasă de culoare verde, iar cele corespundente vegetației sărace, uscate sau lipsei acesteia, sunt evidențiate cu culori de la verde spre albastru. Deși scara clasică de culori a NDVI este de obicei reprezentată exact invers, în acest caz se dorește evidențierea regiunilor cu trend pozitiv NDVI, optându-se prin urmare pentru a fi identificate prin culoarea roșie. Scara de valori aferentă este strict raportată la răspunsul spectral al NDVI, indiferent de suprafața subiacentă în cauză. Spre exemplu, culoarea de albastru închis face referire la areale acoperite de apă, iar prin raportare strictă la scara reprezentativă a NDVI, acestea sunt definite sub forma arealelor lipsite de vegetație sau cu vegetație moartă. De asemenea, așezările umane, reprezentate cu culori de la albastru deschis spre verde deschis, vor fi clasate în categoria regiunilor caracterizate prin vegetație bolnavă. Acest tip de scară este păstrată cu scopul de a evidenția strict media valorilor NDVI, raportată la cei 24 de ani de analiză. În cazul culorilor de galben spre portocaliu, vegetația este transpusă drept stresată sau moderat sănătoasă, deși în foarte multe cazuri aceasta poate fi în creștere sau se poate face referire la diferite tipuri de culturi din cadrul terenurilor cultivate agricol, care pot trimite un răspuns spectral diferit în funcție de culoarea caracteristică (ex: rapița). Valorile de roșu intens corespund, în cea mai mare parte, pădurilor, ceea ce este și de așteptat.

De menționat este și faptul că, pentru fiecare punct de analiză vizat, au fost aplicate metodele STM și AAT, dar din moment ce nu au fost identificate diferențe între datele brute interpolate și cele două metode statistice de analiză, s-a optat pentru păstrarea datelor NDVI brute. La nivelul regiunii de nord a Podișului Moldovei au fost selectate patru puncte de analiză din vecinătatea localității Rădăuți Prut, stabilite pentru patru areale cu pășune de versant (54), pășune de luncă (57), pădure de luncă (55) și teren arabil (56). Pe durata celor 24 de ani, pășunea de versant se menține stabilă, marcată prin lipsa trendului NDVI, în timp ce pășunea de luncă înregistrează un punct de întrerupere în anul 2008, urmat de o schimbare graduală a trendului, cu tendință semnificativă pozitivă. Pădurea de luncă se menține stabilă pe durata întregii perioade de analiză, în timp ce la nivelul terenului arabil sunt înregistrate trei rupturi de trend la intervale scurte

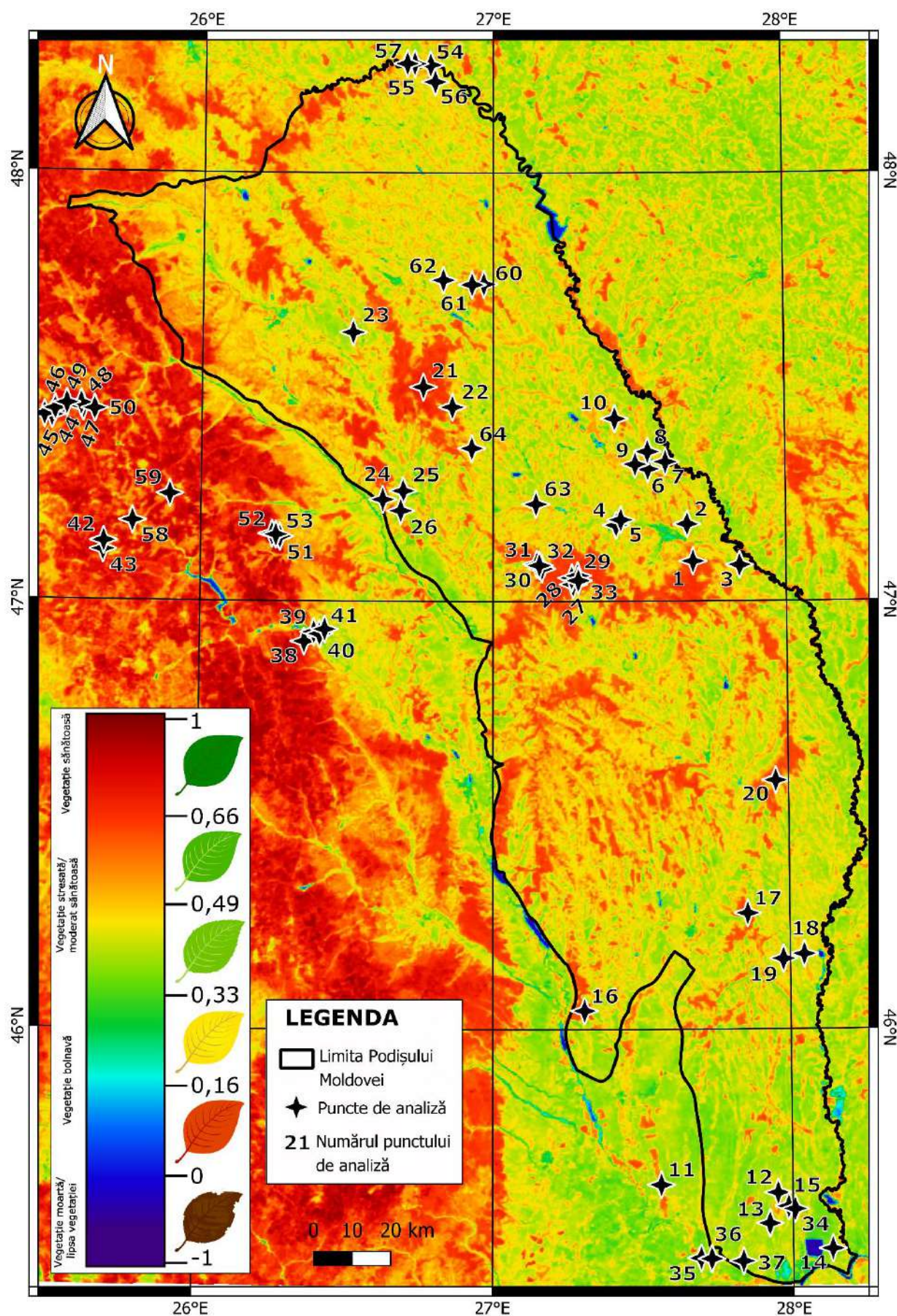


Figura 20. Indicele Normalizat de Diferențiere a Vegetației Mediu calculat pe baza datelor MODIS (250m) – 64 de puncte de analiză

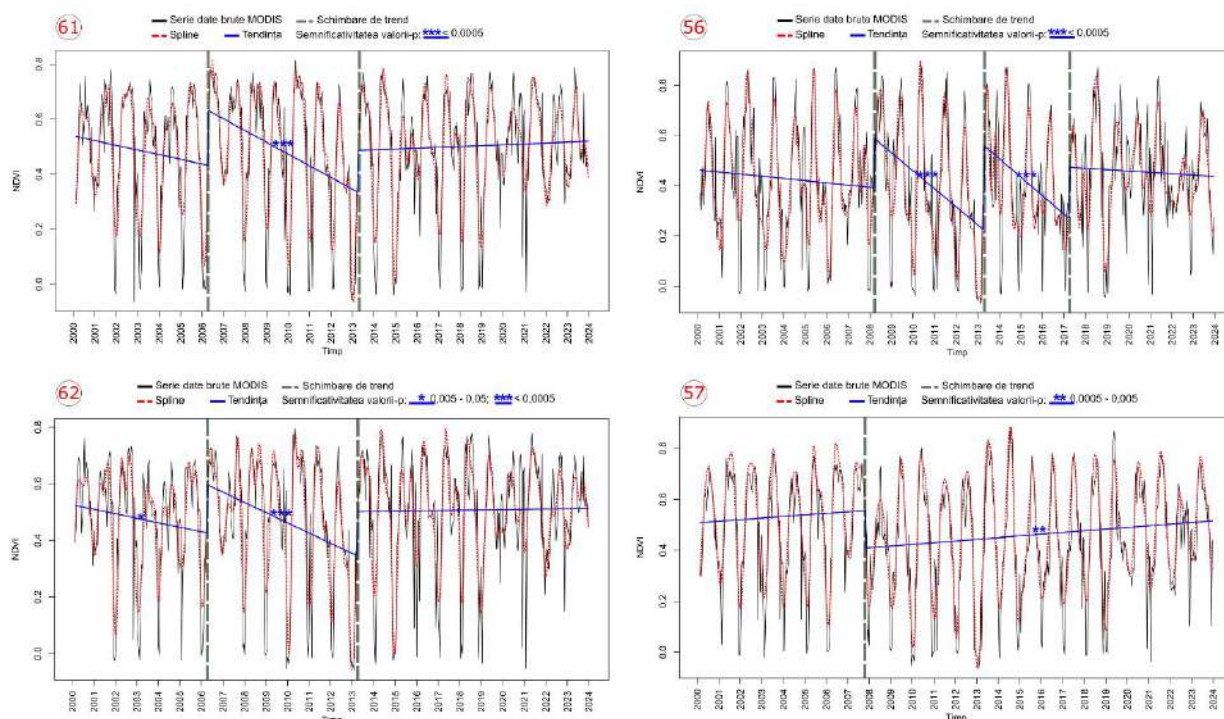


Figura 21. Trendul multianual al Indicelui Normalizat de Diferențiere a Vegetației - calculat pe baza datelor MODIS (250m): **56** - teren arabil; **57** - pășune de luncă (localitatea Rădăuți Prut, județul Botoșani); **61** - pășune de versant; **62** - pășune de luncă (localitatea Șoldănești, Județul Botoșani)

de timp (2008, 2013, 2017), două dintre acestea fiind urmate de o tendință abruptă și negativă a NDVI, cu semnificativitate statistică mare.

Alte trei puncte de analiză au fost selectate la Șoldănești, în sudul județului Botoșani. Regiunea de pădure aferentă se remarcă prin stabilitatea tendinței NDVI (**60**), în timp ce pășunea de versant (**61**) și cea de luncă (**62**) (Figura 21) înregistrează două puncte de întrerupere, urmate de schimbări abrupte ale trendului (2006, 2013). Perioada dintre cele două puncte de întrerupere cunoaște o tendință negativă, fiind semnificativă din punct de vedere statistic. Anterior acesteia, perioada analizată se remarcă tot printr-o tendință negativă a NDVI, dar cu o semnificativitate redusă. După ultimul punct de întrerupere trendul NDVI devine ușor pozitiv, remarcându-se o stabilitate continuă pe durata ultimului deceniu.

Alte două areale de pădure selectate pentru analiză, au evidențiat același echilibru caracteristic pădurilor din aria de podiș, remarcat și la nivelul punctelor de analiză anterioare. Este vorba despre pădurea de la Pârcovaci (**21**) și pădurea de la Moțca (**24**). Ulterior, două puncte de analiză au vizat pășunea de versant, fiind selectată o pășunea de versant la Pârcovaci (**22**) și una în apropierea orașului Pașcani (**26**), ambele lipsite de trend. Pe de altă parte, pășunea de luncă de la Pârcovaci se evidențiază printr-o schimbare bruscă de trend (**23**) (Figura 22), urmată de o perioadă cu trend negativ și ușor semnificativ statistic.

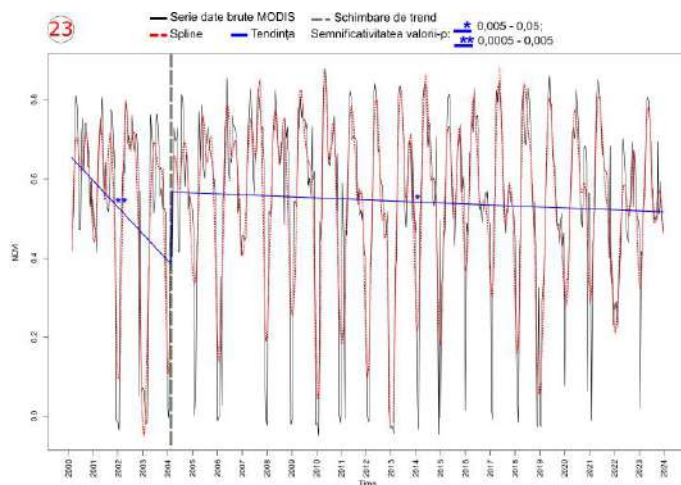


Figura 22. Trendul multianual al Indicelui Normalizat de Diferențiere a Vegetației - calculat pe baza datelor MODIS (250m): **23** - pășune de luncă (lunca Siretului);

se manifestă printr-un trend monoton până în 2011, când are loc o ruptură de trend, urmată de o tendință semnificativ pozitivă a NDVI pentru următorii ani.

A treia regiune vizată în cadrul acestui studiu face referire la arealul de contact dintre Dealurile Jijiei și Podișul Central Moldovenesc, punctele de analiză fiind selectate în vecinătatea localităților Mădârjac și Sinești. Pășunea de luncă (**27, 32**) și cea de versant (**29, 30**), precum și arealele de pădure (**28, 31**) rămân stabile din perspectiva variabilei NDVI, trendul lipsind cu desăvârșire. Singura fluctuație a tendinței NDVI este detectată la nivelul unui teren cu specific arabil, aceasta fiind una semnificativă statistic și pozitivă (**33**).

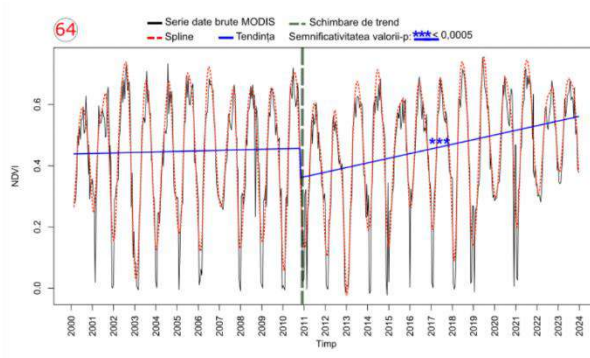
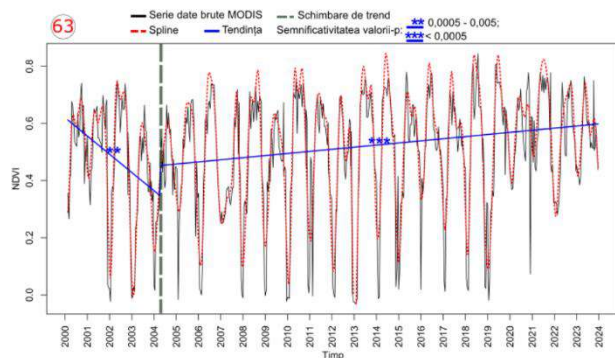


Figura 23. Trendul multianual al Indicelui Normalizat de Diferențiere a Vegetației - calculat pe baza datelor MODIS (250m): **63** - teren cu livadă (Bălțați, Jud. Iași); **64** - teren cu vie (Cotnari, Jud. Iași)

În vecinătatea Municipiului Iași au fost selectate 10 puncte de analiză pe diferite tipuri de utilizare a terenului. Pădurea de versant, așa cum am putut observa și în cadrul analizelor prezentate anterior, tinde să rămână stabilă, încă o dovadă în acest sens fiind adusă de exemplul pădurii de la Bârnova (**1**), celei de la Popricani (**6**) și celei de la Roșcani (**10**). Un caz aparte îl constituie pădurea de luncă, aferentă luncii Prutului (**7**), care cunoaște un trend vizibil pozitiv, cu certitudine indus climatic. Prezența umidității caracteristice luncilor face acest fenomen cât se

Cu scopul de a identifica certe diferențe raportate la diferite tipuri de acoperire a terenului au fost selectate și două puncte de analiză corespunzătoare culturilor viticole și pomicole. Acestea sunt prezentate în graficele **63** și **64** din **Figura 23**. Livada de la Bălțați (**63**) se confruntă cu un trend abrupt și negativ al NDVI, urmat de un punct de întrerupere în anul 2004, condiționat de un oarecare factor cu impact vizibil pozitiv asupra livezii. Arealul cu vie de la Cotnari (**64**)

poate de predictibil, pădurile de luncă constituind în sine un ecosistem aparte, cu o funcționalitate dependentă de optimul climatic. Pășunea de versant se menține stabilă (4), în timp ce pășunea de luncă se remarcă printr-un comportament distinctiv, marcat prin oscilații ale tendinței NDVI și schimbări bruște de trend. Pășunea aferentă luncii Bahluiului (5) se identifică printr-o tendință semnificativ negativă pe întreaga perioadă; pășunea din lunca Prutului (8) rămâne stabilă; iar pășunea corespunzătoare luncii Jijiei (9) prezintă o tendință generală negativă, cu două puncte de întrerupere înregistrate la intervale scurte de timp (2008 și 2013). Perioada dintre acestea se manifestă printr-o tendință bruscă a NDVI, iar cea pre și post rupere de trend este semnificativă statistic, negativă ca trend și graduală din perspectiva schimbărilor de trend. În acest caz, fiind vorba despre o pășune de luncă unde fluctuațiile regimului hidrologic sunt majore, vegetația se caracterizează prin adaptabilitate.

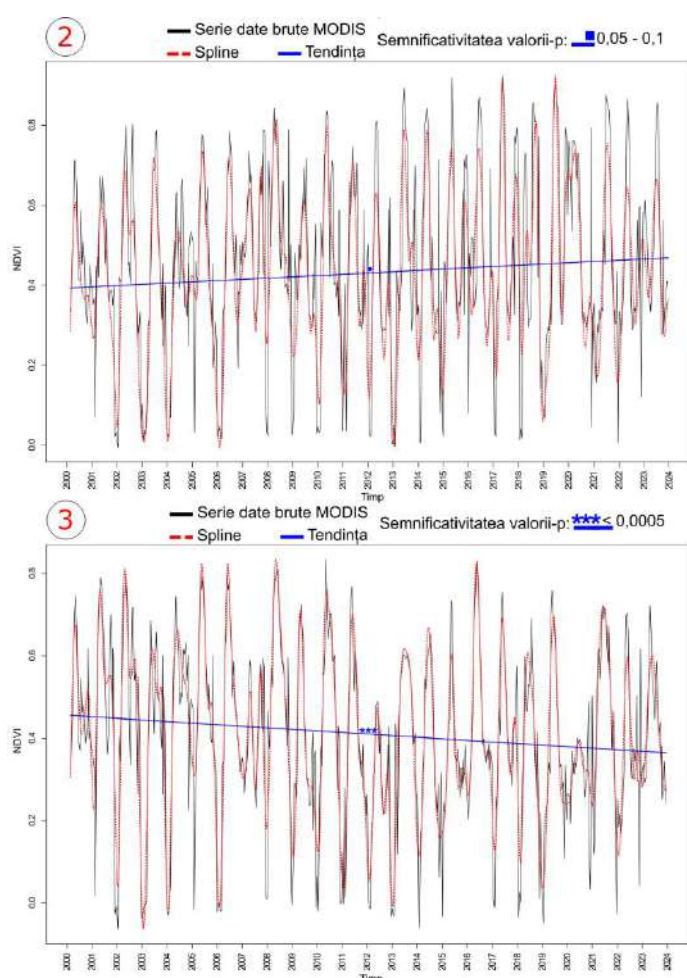


Figura 24. Trendul multianual al Indicelui Normalizat de Diferențiere a Vegetației - calculat pe baza datelor MODIS (250m): **2** - teren arabil (Holboca, Județul Iași); **3** - teren arabil (lunca Prutului);

În ceea ce privește terenul arabil, au fost selectate două regiuni distincte, una situată pe versant (2), la Holboca, și o alta în lunca Prutului (3) (Figura 24). În cazul arealului de la Holboca, tendința NDVI este ușor pozitivă, iar pentru cea din vecinătatea Prutului, trendul este semnificativ negativ.

Mergând către sudul Podișului Moldovei am analizat alte șase regiuni de pădure: pădurea de la Tecuci (16), pădurea de la Fălciu (17), pădurea de la Hanul Conachi (11) și pădurea Gârboavele (34) unde tendința NDVI este uniformă, urmate de o pădure din apropierea localității Huși (20) cu o tendință ușor pozitivă a NDVI și o alta de luncă situată în lunca Siretului, la Nămolosa (35), cu aceleași caracteristici. Alte două regiuni cu pășune de luncă au fost selectate, una aferentă județului Vaslui (18) și o alta

din județul Galați (13), dar de această dată niciun trend nu a fost detectat. La nivelul pășunilor de versant, două regiuni au fost cotate drept nesemnificative statistic, cu o tendință liniară (12

(Vaslui), **19** (Galați)) și o alta în apropierea localității Nămolosa (**37**) unde două puncte de întrerupere au fost identificate (2004, 2013). Acestea au condiționat schimbări graduale de trend, negative și cu semnificativitate statistică mare. La nivelul terenurilor arabile, regiunile selectate pentru partea de sud a Podișului Moldovei sunt stabile din perspectiva NDVI (**14, 15, 36**).

Cu scopul de a stabili o viziune cât mai clară asupra dinamicii trendului NDVI și a diferențelor identificate în raport cu diferitele tipuri de utilizare a terenului au fost selectate două regiuni de analiză aferente ariilor montane și celor submontane. Astfel, au fost investigate pășunile de versant din vecinătatea Masivului Giumalău (**44, 45**) și alte două corespondente Masivului Rarău (**47, 49**), acestea fiind lipsite de trend. O situație relativ similară este înregistrată și în rândul pădurilor (**46, 48**), caracterizate prin aceeași stabilitate. O oarecare excepție a fost regăsită în cazul Codrilor Seculari de la Slătioara (**50**) (**Figura 25**), unde în 2005 este înregistrat un punct de întrerupere a trendului, precedat de o perioadă cu tendință semnificativ negativă a NDVI, și urmată de o perioadă de stabilitate.

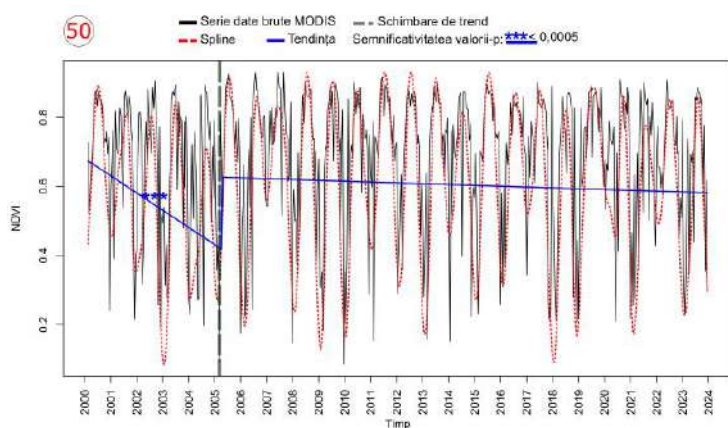


Figura 25. Trendul multianual al Indicelui Normalizat de Diferențiere a Vegetației - calculat pe baza datelor MODIS (250m): **50** - pădure (Codrul Secular Slătioara, Județul Suceava)

Cu același scop, un alt areal a fost vizat în acest sens, dar care a cuprins mare parte și din regiunile subcarpatice. Alte cinci regiuni de pădure au fost analizate, trei dintre ele având o tendință stabilă a NDVI. Este vorba despre pădurea Cernegura (**38**), Codrii de Aramă (**51**) și Parcul Vânători (**52**), urmate de alte două studii de caz selectate ce au evidențiat un puternic impact antropic resimțit la nivelul arealelor

de pădure din zona montană. Pădurea de la Budacu (**43**) (**Figura 26**) prezintă o dinamică severă negativă până în 2006, când o ruptură de trend este detectată, urmată de un trend pozitiv dar fără semnificativitate detectat ulterior. Un caz particular este identificat la pădurea de la Borca (**59**), unde trendul NDVI este secționat de trei puncte de întrerupere, urmate de schimbări abrupte ale trendului. Primul segment al trendului este considerat abrupt, negativ și cu semnificativitate mare, următoarele două sunt considerate abrupte dar pozitive și cu semnificativitate mare, urmate de un al patrulea lipsit de semnificativitate, dar pozitiv.

În cazul pășunilor de versant, trendul NDVI este menținut constant, așa cum este cazul pășunii de versant de la Pietricica (**39**), a celei din Dealul Vulpilor (**41**) și a celei din vârful Budacu (**42**), urmate de alte două excepții (**53, 58**) (**Figura 26**). Pășunea aferentă parcului Vânători –

Neamț (53) se remarcă printr-un trend ușor negativ, urmat de un punct de întrerupere în anul 2006 care determină o schimbare de trend abruptă, urmat de un alt punct de întrerupere în 2010, determinat de instalarea unui echilibru cu tendință inițial pozitivă, dar care a migrat către una ușor negativă de-a lungul timpului. O altă pășune de versant de la Borca (59) (Figura 26) se remarcă printr-o tendință semnificativă pozitivă a NDVI, pusă pe seama factorului climatic. În ceea ce privește terenurile arabile, singurul areal selecționat se remarcă printr-o creștere a trendului NDVI (40).

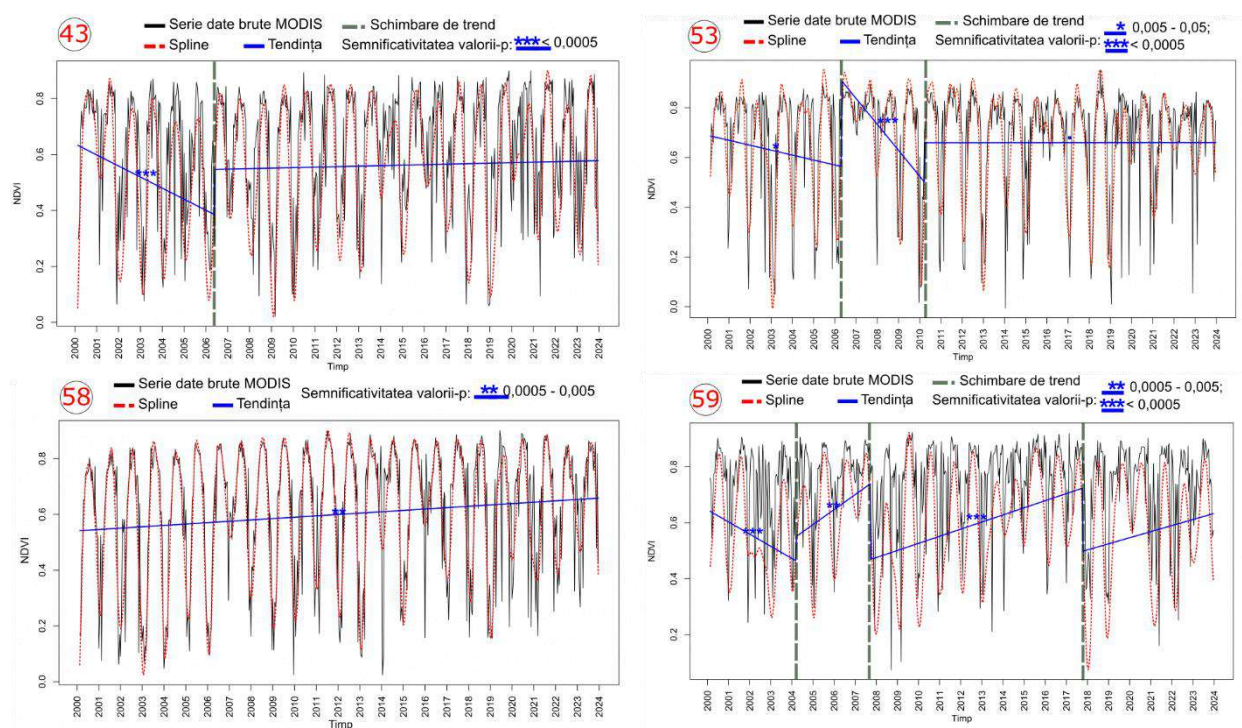


Figura 26. Trendul multianual al Indicelui Normalizat de Diferențiere a Vegetației - calculat pe baza datelor MODIS (250m): **43** - pădure (vf. Budacu, județul Neamț); **53** - pășune (Parcul Vânători, județul Neamț); **58** - pășune de versant (Borca, județul Neamț); **59** - pădure (Borca, județul Neamț)

Astfel, dintr-un total de 64 de puncte de analiză, 18 au fost selectate pentru aria montană și submontană, iar 46 pentru cea de podiș. Dintre acestea, 29 de puncte au fost selectate pentru regiunile cu pășune, 24 pentru cele cu pădure, 9 pentru terenurile arabile și câte un punct de analiză pentru terenurile cu vie, și respectiv, cu livadă. Puncte de întrerupere au fost detectate la 13 din 64 de areale selectate, dintre care 7 au fost identificate la nivelul pășunilor, 3 au corespuns arealelor de pădure, 1 pentru o regiune de teren arabil, 1 pentru vie, și 1 pentru livadă. Dintre cele 13 puncte de analiză unde au fost identificate rupturi de trend, 9 corespund regiunii de podiș, iar 4 corespund ariilor montane și submontane din vecinătate.

5.3. Trendul NDVI derivat din datele Landsat

Certe diferențe și similitudini au fost remarcate din perspectiva trendului NDVI, la trecerea de la o scară de analiză la alta. Cu scopul de a evidenția cât mai clar acest comportament au fost selectate patru studii de caz pe seriile de date Landsat 8, două dintre ele făcând parte din categoria pășunilor de luncă, și ale două din speța celor de versant.

5.3.1. Studiu de caz – Pășunea de luncă de la Podu Iloaiei

Cuantificarea perturbărilor survenite la nivelul unui ecosistem de pășune se rezumă la frecvența punctelor de întrerupere identificate. Separarea factorului climatic de ceilalți factori este posibilă prin identificarea și asocierea acestuia cu tipologia schimbărilor de trend survenite după producerea unui punct de întrerupere (**Figura 27, 4, 6**), susținute în acest caz și de echivalentul perioadelor la care punctele de întrerupere sunt înregistrate.

Pășunea din lunca Bahluiului a fost selectată cu scopul de a detecta comportamentul unei pășuni în fața schimbărilor climatice din ce în ce mai pregnant resimțite. Suprafața acesteia permite o analiză cât mai detaliată, în timp ce asocierea celor două seturi de date condiționează o validare a rezultatelor. Pășunea este localizat la nivelul luncii râului Bahlui, la nord de localitatea Podu Iloaiei, fiind în prezent utilizată pentru pășunat, cu mici areale destinate cositului.

Astfel, au fost selectate 6 puncte de analiză pentru seriile de date Landsat, cu acoperire temporală pentru 7 ani (2013 - 2020), comparate cu alte 2 puncte de analiză corespunzătoare seturilor de date MODIS cu acoperire temporală pentru 24 de ani (2000 - 2023) (**Figura 27**). În cazul seriilor de date Landsat 8 – OLI, trendul NDVI este unul predominant descendent, trei din șase puncte înregistrând rupturi de trend, urmate de tendințe ale NDVI semnificative din punct de vedere statistic. Pentru punctul **1** de analiză, tendința detectată este negativă, fiind înregistrat un punct de întrerupere spre finele anului 2018, dar care nu determină o schimbare a trendului. Punctele de analiză **2, 3** și **5** sunt lipsite de trend, având o ușoară tendință ascendentă în cazul punctelor **2** și **5**, dar nefiind semnificativă statistic. Regiunea aferentă punctului **4** înregistrează patru puncte de întrerupere, urmate de o tendință descendentă a NDVI, dintre care doar una prezintă semnificativitate statistică. Punctul **6**, aferent datelor Landsat înregistrează de asemenea trei rupturi de trend, segmentul al doilea prezentând semnificativitate statistică.

Deși pentru analiză au fost selectate doar 6 puncte, pentru întreaga arie de pășune au fost calculate lungimea segmentului (**LengthSEG1, LengthSEG2**), frecvența numărului de puncte de întrerupere detectate pentru fiecare an analizat (**BP1**), panta segmentului (**SlopeSEG1, SlopeSEG2**) și valoarea-p aferentă celor două segmente (**PvalSEG1, PvalSEG2**).

Majoritatea punctelor de întrerupere sunt detectate după anul 2018 (**BP1**), iar tendința de recuperare a vegetației după producerea unui eveniment de acest fel este redusă, așa cum ne indică panta segmentului 2 (**SlopeSEG2**). Valoarea-p calculată pentru cele două segmente ne indică faptul că datele obținute sunt semnificative din punct de vedere statistic pentru aproximativ 50% din arealul scontat.

Pentru a valida datele obținute s-a apelat și la seriile de date NDVI derivate ale MODIS cu rezoluție spațială de 250 m. Astfel, au fost selectate două regiuni de pășune, dintre care una de luncă, situată în lunca Bahluiului (**M5**) și una de versant, aflată în vecinătatea acesteia (**M4**). Pășunea de versant rămâne stabilă pe durata celor 24 de ani, în timp ce pășunea de luncă înregistrează un trend vizibil descendent, lipsit de puncte de întrerupere, dar cu o semnificativitate statistică mare. Acest aspect demonstrează per ansamblu corectitudinea rezultatelor obținute, subliniind totodată importanța corelării și validării datelor satelitare la diferite scări spațiale.

5.3.2. Studiu de caz – Pășunea de luncă de la Popricani

Separarea factorului climatic de cel antropic este aproximativ imposibilă, mai ales dacă se ține seama de proveniența principalului factor condițional al schimbărilor climatice – și anume intervenția umană.

Pășunea din lunca Jijiei este localizată la nord de localitatea Popricani, fiind utilizată pentru pășunat și cosit deopotrivă.

Fiind o regiune de luncă, influența climatică se face resimțită, trendul general NDVI fiind unul de scădere (**Figura 28, 1, 3, 4, 6**), marcat prin frecvente rupturi de trend ce au indus fie un caracter descendent al tendinței NDVI (**2, 3**), fie unul inițial ascendent, urmat de un altul descendent (**4**). Cu scopul de a valida rezultatele, alte două puncte din cadrul aceluiași areal au fost selectate la nivelul seriilor multitemporale MODIS. Cu toate că în raport cu rezoluția spațială a disponibilității datelor MODIS asocierea cea mai corectă ar fi cea cu seriile de date climatice, în cazul acestei regiuni de luncă impactul de factură antropică este identificat la nivelul punctului de analiză cu numărul **9**, segmentul al doilea de trend. Caracterizat printr-o schimbare de trend abruptă, cu semnificativitate statistică mare, și negativă din punct de vedere al tendinței, segmentul vizat este urmat de un alt punct de întrerupere, cu impact pozitiv, dar care a determinat o tendință generală negativă a NDVI.

Raportat la întregul areal, tendința vegetației este cea de stagnare la nivelul primului segment (**Figura 28, SlopSEG1**) și de înverzire sporadică după producerea primei rupturi de trend (**Figura 28, SlopSEG2**). În ceea ce privește strict arealul de pășune selectat, trendul calculat are o semnificativitate statistică mare în raport cu lungimea segmentului 1 (**Figura 28, PvalSEG1**). Punctele de întrerupere sunt detectate frecvent, remarcându-se o oarecare distribuție echitabilă la

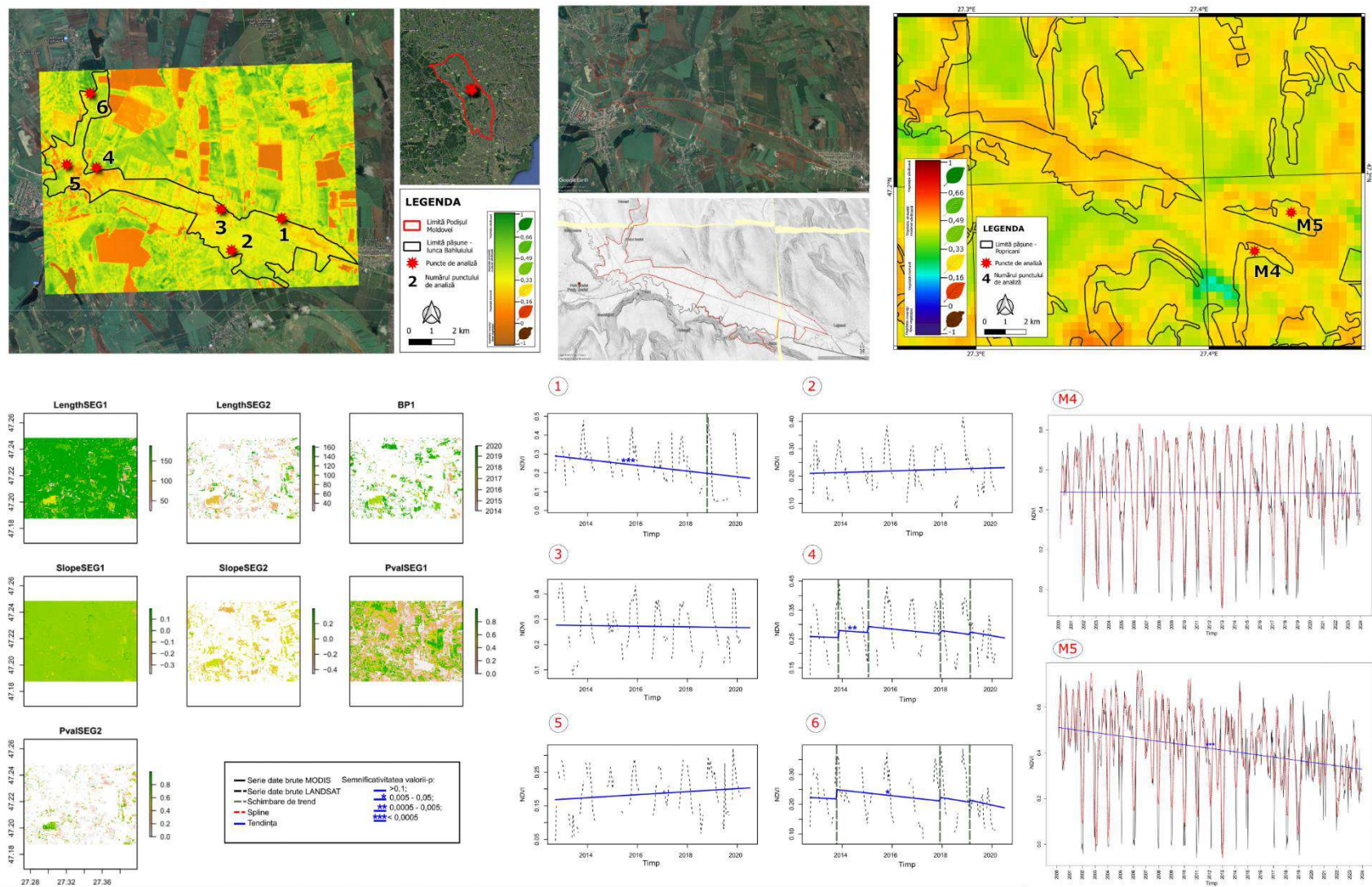


Figura 27. Analiza trendului NDVI utilizând date Landsat 8 - OLI (2013 - 2020) - 1, 2, 3, 4, 5, 6, și date MODIS (2000 - 2024) - M4, M5, pentru o regiune cu pășune de luncă (lunca Bahluiului), în apropiere de localitatea Podu Iloaiei (Județul Iași)

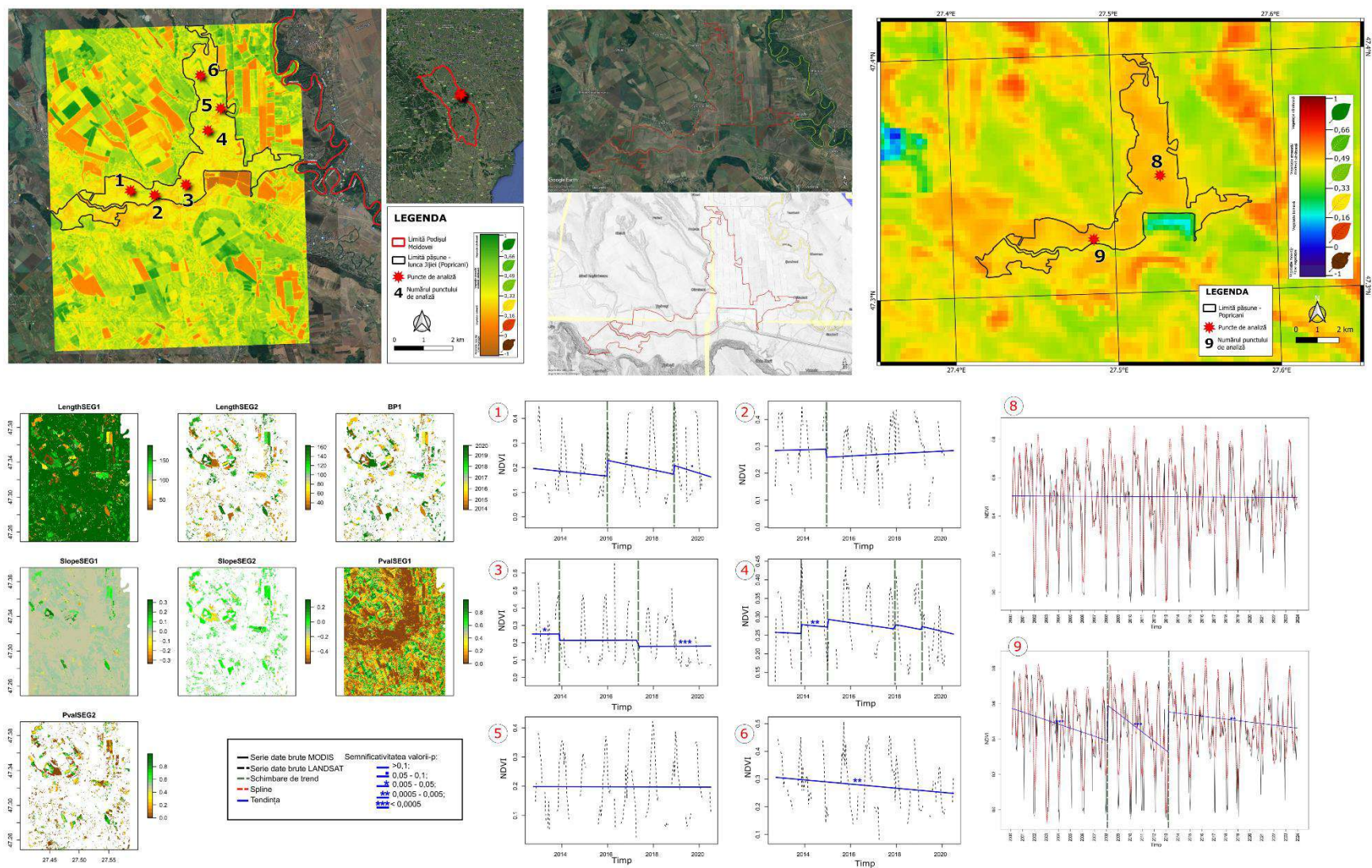


Figura 28. Analiza trendului NDVI utilizând date Landsat 8 - OLI (2013 - 2020) - 1, 2, 3, 4, 5, 6, și date MODIS (2000 - 2024) - 8, 9, pentru o regiune cu pășune de luncă (lunca Jijiei), în apropiere de localitatea Popricani (județul Iași)

nivelul anilor analizați (**Figura 28, BP1**), o mare parte dintre acestea fiind caracteristice regiunilor adiacente pășunii. Tot la nivelul seriilor de date MODIS, un alt punct de analiză selectat (**8**) se dovedește a avea un caracter stagnant.

5.3.3. Studiu de caz – Pășunea de versant de la Libertatea

Pășunea de versant de la Libertatea este localizată între localitățile Libertatea (la est) și Călărași (la vest), fiind suprapusă peste o ravenă de mari dimensiuni, utilizată în prezent ca pășune. Numărul de puncte de întrerupere (**Figura 29, BP1**) detectat este mic în raport cu întregul areal, iar lungimea segmentului 1 (**Figura 29, LengthSEG1**) denotă o stabilitate generală a regiunii. Raportându-ne la panta segmentului 1 (**Figura 29, SlopSEG1**), tendința generală este cea de stagnare, urmată de o tendință de înverzire sau de o continuare a trendului inițial după producerea primei rupturi de trend.

Astfel, au fost selectate 6 puncte de analiză doar la nivelul seriilor de date Landsat 8 cu scopul de a surprinde cât mai corect influența factorului geomorfologic. Pentru punctele de analiză **1, 2, 3, 4** și **5** este detectat un trend de scădere, semnificativ din punct de vedere statistic dar fără a fi marcat de rupturi de trend. Pentru punctul de analiză numărul **6**, două puncte de întrerupere sunt detectate, marcând o oarecare tendință negativă a trendului.

5.3.4. Studiu de caz – Pășunea de versant de la Lupăria

Pășunea de versant de la Lupăria este localizată în vecinătatea localităților Lupăria, Prăjeni și Câmpeni (județul Botoșani), având o dispunere fragmentată la nivel de peisaj, fiind intercalată cu parcele arate. Suprapusă peste regiunile afectate de procese de versant, pășunea de la Lupăria a fost selectată cu scopul de a surprinde impactul factorului geomorfologic asupra arealelor de pășune. Comparativ cu situația de la Libertatea, pășunea de la Lupăria se remarcă printr-o frecvență mare a punctelor de întrerupere (**Figura 30, BP1**) și o tendință de ușoară uscare sau degradare a vegetației (**Figura 30, SlopSEG1**), care după producerea primei rupturi de trend, se menține la un stadiu de stagnare. Trendul NDVI detectat este variabil, pentru punctul de analiză numărul **1** fiind unul pozitiv, dar afectat de două puncte de întrerupere cu impact negativ. Regiunea aferentă punctului cu numărul **2** se identifică printr-un trend negativ dar lipsit de puncte de întrerupere. Pentru punctele **3, 4** și **5** este detectată o rupere de trend la nivelul anului 2014, iar pentru punctul de analiză cu numărul **6** ruptura de trend este identificată în anul 2015. Pentru ultimele patru regiuni selectate tendința NDVI ante și post producere a rupturii de trend, este lipsită de semnificativitate statistică. Cu toate acestea, harta generală a valorii-p (**Figura 30, PvalSEG1**) ne indică validitatea statistică a datelor în raport cu întreaga regiune de pășune.

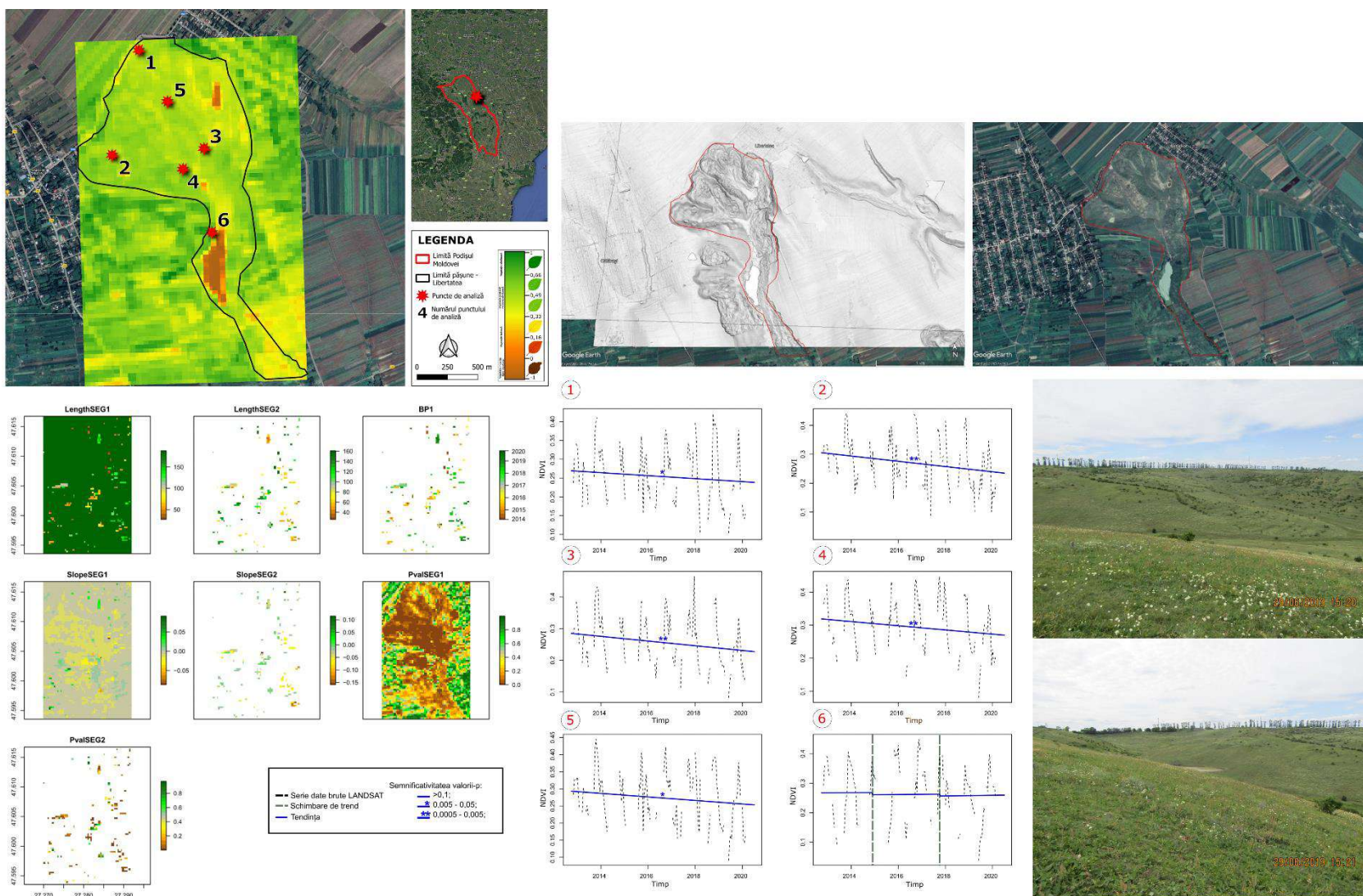


Figura 29. Analiza trendului NDVI utilizând date Landsat 8 - OLI (2013 - 2020) - 1, 2, 3, 4, 5, 6, pentru o regiune de pășune din vecinătatea localităților Libertatea și Călărași (Județul Botoșani)

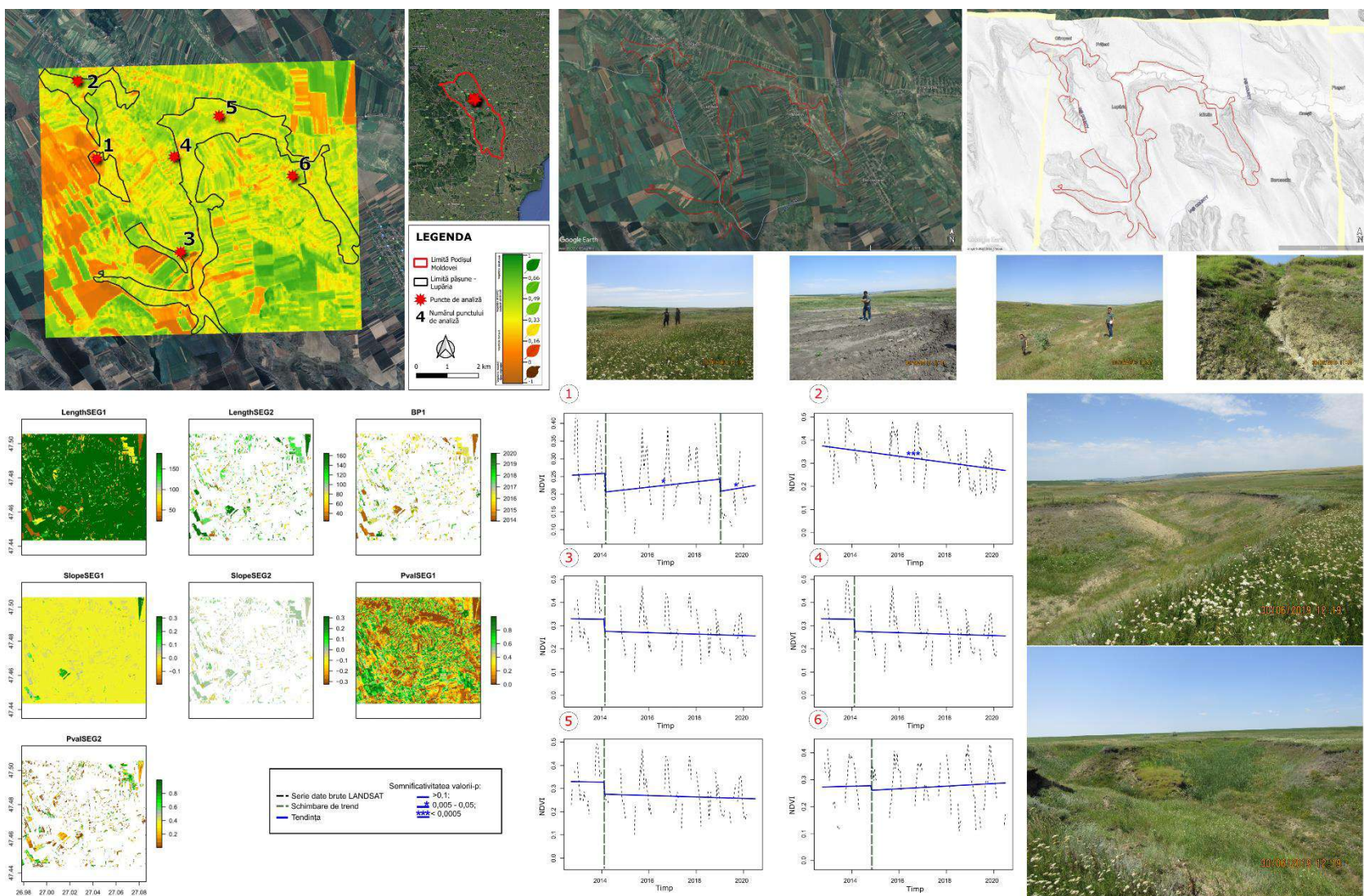


Figura 30. Analiza trendului NDVI utilizând date Landsat 8 - OLI (2013 - 2020) - 1, 2, 3, 4, 5, 6, pentru o regiune de pășune din vecinătatea localității Lupăria (Județul Botoșani)

6. Discuții

6.1. Detectarea impactului factorului climatic asupra pășunilor din Podișul Moldovei

Impactul climatic asupra regiunilor de pășune poate fi detectat la nivelul seriilor de date satelitare NDVI prin asocierea trendului, a schimbărilor de trend, sau a suprapunerii temporale a punctelor de întrerupere la nivelul a diferite regiuni. Asocierea clară între variabilitatea parametrilor climatici și tipologia trendului detectat nu este realizabilă în lipsa unor dovezi palpabile.

În vederea detectării impactului factorului climatic asupra pășunilor s-a luat în considerare realizarea unei analize la scară mică, cu scopul de a detecta paternul trendurilor climatice regionale, în raport cu arealul Podișului Moldovei. Scara spațială de lucru a fost setată la 9,5 km, fiind utilizate datele NDVI derivate ale PKU GIMMS. Selectarea scării de lucru a fost făcută dependent de disponibilitatea seriilor de date NDVI, luându-se în calcul calitatea datelor, dar mai ales compatibilitatea acestora cu seturile de date climatice existente. În acest sens, au fost descărcate serii de date climatice ERA5-Land, cu rezoluție spațială la 9,5 km pentru perioada 1950 – 2024.

Trendul NDVI detectat la nivelul derivatelor PKU GIMMS (**Figura 17**) este majoritar pozitiv (atât semnificativ cât și nesemnificativ statistic) și se corelează din punct de vedere climatic cu trendul variabilei termice și al celei pluviometrice. Indicatori precum grosimea stratului de zăpadă, umiditatea sau temperatura solului și evaporația au fost corelați cu trendul NDVI detectat, sub aspectul rolului important pe care îl joacă în menținerea vitalității pășunilor. În ceea ce privește rezoluția temporală, datele climatice sunt analizate la nivelul a 7 decenii, iar cele NDVI pentru 4 decenii. Acest aspect este în totalitate condiționat de disponibilitatea datelor.

6.1.1.Temperatura

La nivelul colecțiilor climatice ERA5-Land datele corespunzătoare temperaturii aerului sunt înregistrate la altitudinea de 2m deasupra suprafeței terestre. Aceasta este calculată prin interpolarea temperaturilor înregistrate la diferite scări altitudinale (pe un model estimat), ținându-se cont de o serie de posibile evenimente meteorologice cu impact direct asupra variabilei termice.

Temperatura aerului joacă un rol foarte important în menținerea echilibrului general al pășunilor. Factorul termic este dependent de cel pluviometric, iar lipsa unui echilibru stabil între cele două contribuie la apariția perturbărilor în cadrul ecosistemelor. Creșterea temperaturii condiționează rate mari ale evaporației, inversiuni ale speciilor (chiar instalarea de specii invazive) și dezechilibre la nivelul solului, de tipul secetei pedologice.

Trendul general detectat la nivelul datelor ERA5-Land pentru temperatura aerului este unul de creștere (**Figura 31a**). Pe durata celor 7 decenii variabila termică se remarcă printr-o scădere aferentă perioadei 1950 – 1980, urmată de o creștere ușoară și aproximativ constantă după 1980, cu o vizibilă accentuare a acestui trend la nivelul ultimelor două decenii. Relația dintre comportamentul vegetației de pășune și temperatura aerului este în general una direct proporțională, optimul termic fiind un factor primordial în menținerea echilibrului la nivelul ecosistemelor de pășune. Pornind de la ceea ce ne indică trendul NDVI detectat pe datele PKU GIMMS (**Figura 17**), tendința majoritar pozitivă a NDVI poate fi corelată cu trendul termic pozitiv detectat. Cu toate acestea, pe fondul unui astfel de scenariu climatic unde temperatura aerului îndeplinește optimul necesar creșterii și dezvoltării rapide a plantelor, analizele realizate la nivelul datelor MODIS ne indică un trend de stagnare sau de ușoară creștere a vegetației de pășune la nivelul versanților și de scădere în cazul pășunilor de luncă. În situația unui trend NDVI asociat factorului climatic, lipsit de puncte de întrerupere (evenimente climatice extreme de tipul secetei), dar cu tendință descendentă, cauza este pusă pe seama unui deficit pluviometric.

Astfel, relația dintre temperatură și precipitații este una primordială în contextul echilibrului vegetal al pășunilor, cu predilecție în cazul celor de luncă. Situația pășunilor de versant, remarcată printr-un trend ușor pozitiv, dar lipsit de semnificativitate statistică, ne pune în fața unei realități condiționate de tipologia geomorfologică a zonei, simultan cu diferențele interspecifice existente între pășunea de luncă și cea de versant, dar mai ales capacitatea de adaptabilitate a speciilor în fața schimbărilor climatice globale.

Persistența temperaturilor ridicate, pe fondul unui aport pluviometric deficitar, condiționează instalarea fenomenului de secetă. Suprapunerea fenomenului de secetă peste carențele manageriale în materie de pășunat constituie una dintre cele mai comune probleme raportate la nivelul Podișului Moldovei.

6.1.2.Precipitațiile

Datele pluviometrice disponibile în cadrul ERA5-Land fac referire la orice lichid acumulat la nivelul suprafeței terestre (zăpadă și apă), exceptând ceața și roua. Seturile de date sunt calculate în raport cu o suprafață mare de acțiune (ex: un front atmosferic), prin urmare, corelarea acestui indicator cu un factor de acțiune locală necesită o foarte mare atenție.

Precipitațiile sunt considerate un factor indispensabil creșterii și dezvoltării normale a pășunilor. Cu toate acestea, un aspect foarte important este reprezentat de cantitatea și durata evenimentelor. O cantitate mare de precipitații raportată la un timp relativ scurt poate determina eroziune la nivelul versanților și inundații la nivelul luncilor.

Tendința generală a variabilei pluviometrice, raportată la perioada ultimelor 7 decenii, este de ușoară scădere, remarcându-se de-a lungul timpului printr-o creștere vizibilă la nivelul anilor 1950, urmată de un episod stagnant, cu valori ridicate ale precipitațiilor, timp de două decenii și o tendință de acută descreștere raportată la începutul anilor 2000, cu continuitate până în prezent (**Figura 31b**). Corelarea trendului NDVI derivat al PKU GIMMS cu trendul precipitațiilor ne indică faptul că vegetația de pășune nu suferă foarte mult într-un context pluviometric deficitar, dar nici nu excelează. Din moment ce trendul general este pozitiv dar fără semnificativitate statistică (**Figura 17**) acesta se poate identifica în realitate printr-o stagnare a vegetației.

Comparând același trend pluviometric cu trendul NDVI obținut pe serii de date la o scară spațială mai mare (MODIS – 250m), se observă că impactul deficitului pluvial este detectat cu predilecție la nivelul luncilor, acolo unde tipologia ecosistemului în sine este dependentă de factorul umiditate (**Figura 19, A1, B1**). Astfel, în cazul acestui tip de pășune intră în discuție și factorul hidrologic, primordial în susținerea vitalității speciilor. Pornind de la acest aspect, factorul hidrologic este considerat agent de sine stătător, cu impact direct asupra pășunilor, tratat separat în cadrul acestei teze de doctorat.

Un astfel de trend pluviometric stagnant cu o oarecare derivă spre deficit se preconizează a avea urmări iremediabile pe viitor. Pe lângă deficit, pășunile de luncă se confruntă și cu inundații. Acestea constituie un factor negativ prin prisma faptului că vegetația în sine este acoperită de apă și aluviuni, anulând pentru o perioadă de timp buna funcționare a acesteia. Pe de altă parte, aportul de aluviuni transportat de pe versanți și depus la nivelul luncilor poate reprezenta un aspect pozitiv pe termen lung, prin aportul de nutrienți constituenți ai solului, corespunzători orizontului superior. Pe termen lung, excesul de apă și fluctuațiile specifice luncilor pot condiționa salinizarea solului, pe fondul unor constituții geologice și pedologice care întrețin acest fenomen.

6.1.3. Evaporația

Evaporația, ca indicator derivat din datele satelitare climatice ERA5-Land, face referire la cantitatea totală de apă evaporată de la nivelul suprafeței terestre, inclusiv a evapotranspirației.

Considerată un indicator de bază al sănătății și funcționalității vegetale, evaporația joacă un rol primordial în analiza trendului NDVI în asociere cu perturbările climatice. Cu cât vegetația este mai densă și mai sănătoasă, aceasta tinde să transpire mai mult, cu toate că speciile caracteristice pășunilor nu sunt comparabile cu cele ale pădurilor din perspectiva densității.

Senzitivitatea acestui indicator ne relevă un scenariu validat de contextul termic și de cel pluviometric. Pe fundalul unor temperaturi din ce în ce mai ridicate și a unui deficit pluvial, trendul evaporației este unul general negativ (**Figura 32**), raportat la întreaga perioadă de analiză (1950 - 2024). Acesta este determinat de creșterea temperaturii concomitent cu deficitul pluvial, constrângând pășunile la o adaptare rapidă, conformă condițiilor unui mediu cu deficit de umiditate.

Trendul corespunzător ultimelor două decenii este pozitiv, fiind direct proporțional cu variabila termică și invers proporțional cu cea pluviometrică (**Figura 32**). Diferența negativă dintre precipitații și evaporație (**Figura 32**) impactează direct funcționalitatea speciilor, fiind evaporată o cantitate mai mare de apă comparativ cu cea înmagazinată. Sub această perspectivă, a fost calculat trendul evaporației potențiale (**Figura 32**). Scenariul evaporației potențiale ne indică valorile maxime posibile care pot fi înregistrate într-un context climatic valid doar din perspectivă teoretică și contribuie la identificarea aportului pluviometric necesar plantelor, în condițiile unei secete severe. Monitorizarea acestui indicator în complementaritate cu indicele NDVI pune în valoare importanța monitorizării vegetației în contextul schimbărilor climatice actuale.

Pe lângă impactul direct pe care îl are asupra speciilor constitutive, nivelul ridicat al evaporației poate avea urmări negative și la latitudinea solului, influențând deopotrivă atât valorile umidității cât și pe cele ale temperaturii solului. Din această perspectivă, cele mai impactate sunt pășunile de luncă, unde fluctuațiile regimului hidrologic, sau a alternanțelor pluviometrice cu regim sever pe fondul unor temperaturi ridicate, condiționează persistența procesului de evaporare, determinând formarea sărăturilor.

Monitorizarea acestui parametru în raport cu variabila NDVI poate furniza informații cu valoare considerabilă, în certe cazuri substituind analiza temperaturilor și pe cea a precipitațiilor, evaporația în sine rezumând diferența parametrică dintre cele două.

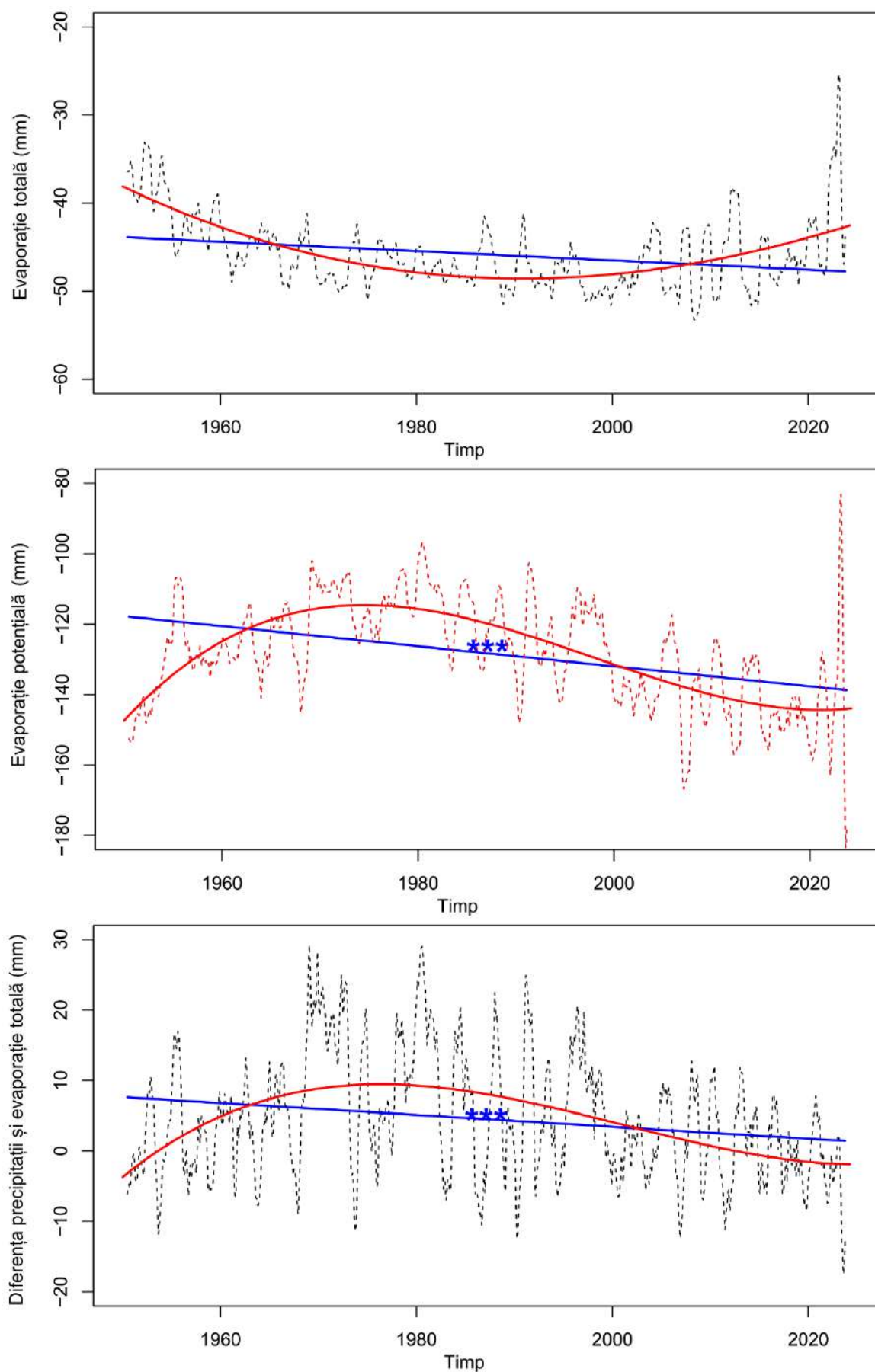


Figura 32. Trendul multianual al evaporației totale, al evaporației potențiale, și al diferenței dintre precipitații și evaporație

6.1.4. Temperatura și umiditatea solului

Cei doi parametri aferenți solului, derivați ai seriilor de date ERA5-Land, fac referire la temperatura și umiditatea aferentă primului strat de sol (0 - 7cm). Valoarea derivată este considerată drept media termică sau de umiditate înregistrată la mijlocul stratului de sol analizat (3,5cm).

Temperatura și umiditatea solului reprezintă doi indicatori esențiali ai vitalității vegetației. Dependent de factorul termic și de cel pluviometric, solul constituie suportul fizic al pășunilor, funcționând într-un raport de simbioză cu stratul vegetal.

Temperatura solului influențează în mod direct creșterea, calitatea și persistența speciilor. O temperatură ridicată a solului pe durata primăverii condiționează instalarea precoce a vegetației, în timp ce o temperatură mare a solului pe durata verii poate condiționa uscarea sau chiar dispariția anumitor specii. Umiditatea solului constituie un factor complementar temperaturii, influențând în mare măsură creșterea și dezvoltarea plantelor. O rată adecvată a umidității solului ajută la menținerea vitalității vegetale, în timp ce un sol prea umed sau prea uscat va impacta buna funcționare a ecosistemului.

Per ansamblu, trendul temperaturii solului calculat pentru perioada 1950 – 2024 este unul pozitiv, complementar umidității solului, care înregistrează valori negative, cei doi indicatori fiind dependenți de variabila termică și de cea pluviometrică (**Figura 31**).

Privind mult mai în amănunt, dispunerea pășunilor la nivelul luncilor și pe versanți condiționează un raport de dependență între funcționalitatea și tipologia acestora, în raport cu factorul edafic, alături de cel hidrologic și, în anumite cazuri, cel geologic.

La nivelul versanților, temperatura solului variază în funcție de expoziția versantului, tipul de sol (albedo), dar și de gradul de acoperire cu vegetație. Umiditatea variază în raport cu hidrogeologia zonei, simultan cu tipologia solului și proprietățile acestuia de a înmagazina apa.

Analizele realizate la nivelul seriilor de date MODIS ne indică o situație stabilă la nivelul versanților, ceea ce denotă o stabilitate în raport cu factorii externi, simultan cu o adaptabilitate remarcabilă a speciilor.

La nivelul luncilor temperatura solului este de multe ori reglată prin alternanța nivelului freatic, umiditatea devenind astfel un factor primordial. Adaptabilitatea speciilor la condițiile de uscăciune severă sau de umiditate este realizabilă fie prin inversiunea speciilor, fie prin dezvoltarea unor caracteristici de adaptabilitate (ex: rădăcini mai lungi, frunze mai subțiri). Tot din perspectiva analizelor realizate la scară mare situația luncilor este una dificilă, la nivelul acestora alternând un cumul de factori, preponderent cu impact negativ. Trendul NDVI la nivelul pășunilor de luncă este unul majoritar descendent, pus ,pe de o parte, pe seama factorului hidrologic, dar și a

celui geologic, acolo unde și solul joacă un rol esențial. Prezența argilelor în substrat condiționează retenția de apă la un nivel inferior solului, impactând sistemul natural de drenare. Acest aspect poate fi caracteristic și versanților, cu toate că la nivelul luncilor, apa fiind frecvent prezentă, impactul devine majoritar.

6.1.5. Stratul de zăpadă

Relația dintre grosimea stratului de zăpadă și vitalitatea vegetației de pășune este condiționată în primul rând de tiparul speciilor componente, și ulterior de perioada corespunzătoare depunerii primului strat de zăpadă, dar și cea aferentă topirii zăpezii. La modul general, stratul de zăpadă are o influență pozitivă asupra dezvoltării și menținerii sănătății ecosistemelor de pășune, prin izolarea termică a covorului vegetal și asigurarea unui aport de umezeală la începutul sezonului de vegetație. Din perspectivă negativă, persistența îndelungată a stratului de zăpadă limitează aportul de lumină necesar fotosintezei sau afectează sănătatea și funcționalitatea plantelor.

Trendul general al grosimii stratului de zăpadă, raportat la întregul areal al României, este unul negativ, manifestând o tendință descendentă și în prezent (**Figura 33**). Corelând evoluția trendului grosimii stratului de zăpadă cu trendul NDVI corespondent ultimelor două decenii, calculat la nivelul seriilor de date MODIS (**Figura 19**), se face observabilă absența iernilor cu zăpadă. Acest aspect determină valori medii mari ale NDVI, care în mod cert induc o tendință generală de creștere a indicelui, pe fondul persistenței culorii verde la nivel de peisaj, sau a lipsei

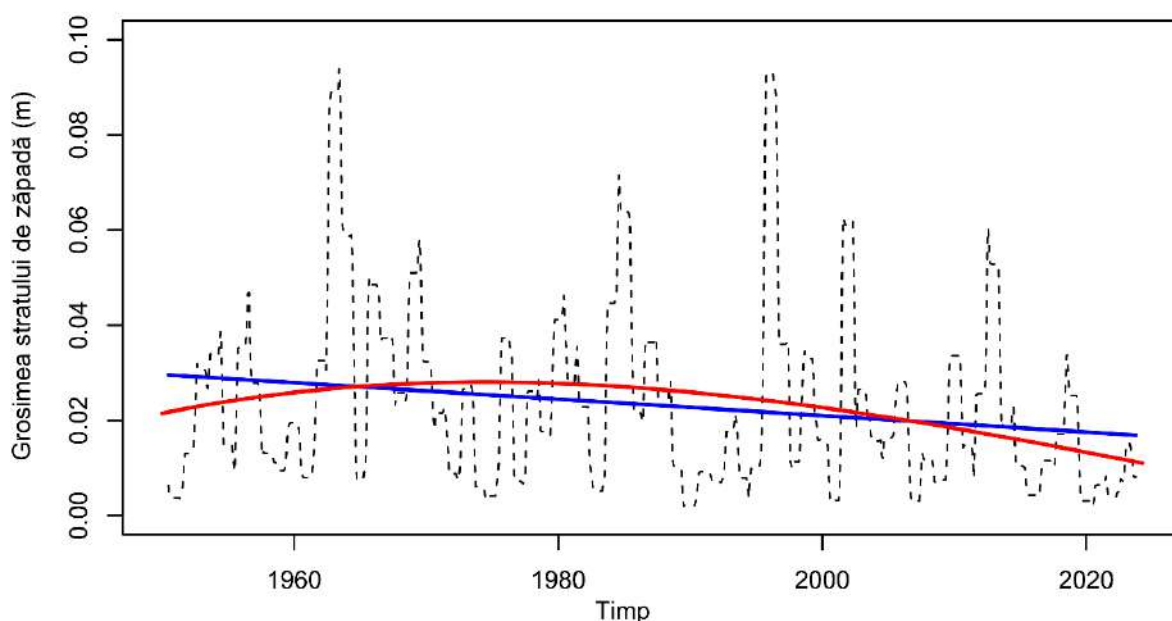


Figura 33. Trendul multianual al variației grosimii stratului de zăpadă, calculat pe seriile de date ERA5-Land (1950 – 2024)

valorilor negative mari, strict condiționate de prezența zăpezii (culoarea alb). Astfel, trendul negativ al ultimilor ani prezintă un semnal de alarmă în ceea ce privește calitatea și vitalitatea vegetației, aceasta fiind cu certitudine impactată de schimbările climatice, resimțite din ce în ce mai sever pe durate ultimului deceniu.

Lipsa sau diminuarea grosimii stratului de zăpadă are un impact negativ asupra pășunilor, prin prelungirea sezonului de pășunat, în contextul unui management deficitar, sau prin lipsa aportului de apă necesar începerii sezonului vegetal. Cu toate acestea, scenariile sunt discutabile prin prisma particularităților climatice locale. În contextul unei ierni lipsite de zăpadă pășunile pot suferi sever atunci când se ia în calcul un sezon de toamnă secetos, urmat de un altul de primăvară cu caracteristici identice. Un context opus, unde aportul pluviometric pe durata toamnei și primăverii este considerabil, nu va avea impact negativ asupra pășunilor.

Astfel, ținând cont de varietatea scenariilor posibile, condiționate sub aspect climatic, multiscalaritatea analizei devine o necesitate în acest context.

La nivelul seriilor de date MODIS (250m) au fost selectate 64 de puncte de analiză, cu certe diferențe identificate între regiunea de podiș și cea montană. Raportate la varii tipuri de acoperire/ utilizare a terenului, punctele de analiză au rolul de a contura diferențele existente sub aspect spectral, detectabile la trecerea de la o tipologie vegetală la alta, dar și diferențele identificate la trecerea de la o scară spațială de lucru la alta.

Desigur că fiecare serie de date temporală per pixel este interpretabilă, prin raportare directă la tipul de vegetație scontat. Spre exemplu, un trend pozitiv detectat după un punct de întrerupere precedat de o tendință abruptă a NDVI, pentru o regiune de pădure, poate reprezenta un caz pozitiv doar din punct de vedere teoretic. Din moment ce intervenția antropică negativă la nivelul pădurilor este reprezentată preponderent de incendii sau defrișări, un astfel de eveniment, deși este precedat de o creștere a NDVI, manifestată prin reînnoirea vegetală caracteristică, va fi catalogat drept aspect pozitiv în conformitate cu principiul de funcționare al senzorului spectral (culoarea verde este prezentă), dar, în realitate, paguba produsă va fi recuperată pe decursul deceniilor. În cazul pășunilor situația devine relativ mai simplă, tipologia vegetației în sine dispune de o capacitate mare de reziliență, iar în cazul în care o pășune este afectată de un incendiu aceasta se poate reface în decursul a câtorva luni de zile. Din perspectiva investigării terenurilor arabile acestea reprezintă zone cu o perpetuă intervenție antropică (semănat, cosit, arat, schimbarea tipului de cultură), fiind mult mai predispuse în detectarea punctelor de întrerupere.

Astfel, un număr de 42 de areale din 64 selectate pentru seriile de date MODIS, sunt lipsite de trend, tendința generală fiind cea de stagnare, vegetația nefiind afectată dar, în aceeași măsură, nici nu suferă o îmbunătățire. Acest lucru poate fi considerat pozitiv din perspectiva schimbărilor climatice raportate la nivel global dar, în aceeași măsură poate fi cotel drept negativ atunci când

se iau în calcul scenariile climatice care în perspectivă ar trebui să influențeze pozitiv anumite tipologii vegetale, așa cum este cazul pășunilor.

Punctele de întrerupere condiționate climatic sunt de multe ori complementare sau cumulate cu ceilalți factori, contribuind fie la redresarea calitativă a zonelor afectate, fie la accentuarea procesului de degradare. Factorul climatic este, de cele mai multe ori, complementar celui hidrologic, un fenomen de tipul secetei acționând din ambele direcții asupra pășunilor.

Evenimentele de ordin climatic sunt ușor detectabile la nivelul seturilor de date, fiind exprimate prin tendințe pozitive sau negative ale NDVI, cu sau fără semnificativitate statistică (**Figura 24 - 2, 3**), sau prin schimbări progresive ale tendinței NDVI, precedate de un punct de întrerupere, a cărui origine este atribuită unui eveniment climatic (**Figura 21 - 61, 62**). Aceste tipologii de manifestare nu sunt întotdeauna condiționate climatic, un factor cum este cel hidrologic având un tipar similar de funcționare.

La nivelul terenurilor arabile trendul NDVI detectat este majoritar pozitiv (**Figura 24 – 2**), lipsit de puncte de întrerupere, ceea ce ne face să încadrăm această categorie în clasa celor stabile climatic. Comparând situația terenurilor arabile cu cea a pășunilor, primele tind să manifeste o poziție pozitivă având în vedere localizarea acestora preponderent în regiuni lipsite de procese de degradare, cu scopul de a obține un randament agricol bun. De asemenea, acțiuni precum cele de însămânțare sau irigare sunt menite a susține buna funcționare a acestor areale, cu toate că, din punct de vedere al managementului, este bine cunoscută la nivelul Podișului Moldovei prioritizarea producției în detrimentul conservării speciilor.

Din perspectivă climatică regiunile de pădure nu par a fi afectate, manifestând fie un trend pozitiv al NDVI, fie o stabilitate aparte, raportată pentru zece areale selectate la nivelul zonei de podiș și la alte șapte pentru regiunea montană și submontană vizată. Acest comportament detectat la nivelul arealelor de pădure ne indică faptul, că din punct de vedere climatic, acestea nu sunt afectate dar nici nu suferă îmbunătățiri vizibile, iar dintre cele care manifestă un trend pozitiv majoritatea sunt localizate în lunci. Comparând trendul pășunilor cu cel al pădurilor, pășunile se dovedesc a fi mult mai sensitive în fața schimbărilor climatice.

În cazul livezii de la Bălțați (**Figura 23 - 63**) și al podgoriei de la Cotnari (**Figura 23 - 64**), impactul climatic detectat este unul pozitiv. În cazul livezii, factorul climatic contribuie la refacerea vegetației după intervenția unui factor antropic, iar în cazul podgoriei, este evidențiat microclimatul specific zonei, identificat cu succes de [Irimia și colab. \(2018\)](#), manifestat prin temperaturi ridicate înregistrate într-un context topografic care ar influența un scenariu opus din punct de vedere climatic.

Pășunile, fie ele de luncă sau de versant, rămân stabile din perspectivă climatică. Trendul pozitiv al acestora, detectat în cea mai mare parte la nivelul versanților, și ce negativ de la nivelul luncilor, ne face să asociem acest tip de comportament cu o serie de alți factori premergători.

Pășunile de versant sunt considerate areale stabile, fiind selectate zece puncte de analiză de acest tip pentru regiunea de podiș și nouă pentru aria montană și submontană. Dintre acestea, la nivelul podișului, opt pășuni analizate rămân stabile pe durata celor 24 de ani (**Figura 20 4, 12, 19, 22, 26, 29, 30, 54**), iar pentru arealul montan, șapte (**Figura 20 39, 41, 42, 44, 45, 47, 49**).

Trendul negativ la nivel de versant este identificat doar pentru trei regiuni cu pășune, două corespunzătoare Podișului Moldovei (**Figura 20 37, 61**) și una ariei montane (**Figura 20 53**). În cazul pășunii de la Șoldănești (**Figura 21 - 61**), deși localizată pe versant, într-o regiune caracterizată prin prezența ravenelor, punctele de întrerupere detectate coincid ca perioadă cu o regiune de pășune de luncă, situată în apropiere (**Figura 21 - 62**). Astfel, pentru cele două areale de versant (**Figura 20 37, 61**) trendul negativ și punctele de întrerupere sunt puse deopotrivă pe seama factorului climatic și a celui hidrologic. Situația pășunilor de luncă este una mai specială, fiind ecosisteme dependente de factorul umiditate, dar care prin prisma complexității spațiale a regiunilor pe care acestea le ocupă, au suferit varii și succesive transformări.

La nivelul seriilor de date Landsat, la rezoluția spațială de 30 metri, procesele de ordin climatic sunt greu de validat și analizat în lipsa unor date climatice complementare sub incidența scării de lucru. Asocierea în acest caz dintre trendul detectat și variabila climatică este făcută pe considerente pur teoretice care țin seama de tipologia trendului și forma de manifestare a punctelor de întrerupere și a schimbărilor de trend. Astfel, evenimentele marcate printr-un trend descendent al variabilei NDVI (**Figura 27 - 1, 2, 3, 4, și 5**), sau prin suprapunerea punctelor de întrerupere (**Figura 28 - 1, 3, 4, 5, 6**), sunt atribuite deopotrivă acțiunii complementare a factorului climatic și a celui hidrologic.

6.2. Detectarea impactului factorului hidrologic asupra pășunilor din Podișul Moldovei

Factorul hidrologic deține un rol primordial în menținerea sănătății pășunilor, cu predilecție a celor de luncă unde oscilațiile regimului hidric constituie esența vitalității și persistenței acestor ecosisteme. Coborârea nivelului freatic, indus prin persistența perioadelor de secetă, afectează funcționalitatea pășunilor. La nivelul Podișului Moldovei pășunile de luncă ocupă o proporție semnificativă, fiind localizate la nivelul albiilor majore, sub forma unor fâșii de lungi dimensiuni. Localizarea pășunilor la nivelul acestor areale cu exces de umiditate vine pe considerente socio -

economice. Trendul NDVI derivat al datelor MODIS (**Figura 19**) calculat pentru regiunile de luncă ne indică un trend majoritar negativ, semnificativ statistic.

Punctele de analiză selectate la nivelul luncilor au confirmat în cea mai mare parte același scenariu negativ, în rândul acestora fiind detectate cele mai multe puncte de întrerupere și trenduri ale NDVI semnificative statistic, fie ele pozitive sau negative (**Figura 24 - 3**, **Figura 22 - 23**, **Figura 21 - 62**). Trendul negativ sau rupturile de trend nu pot fi puse doar pe seama deficitului de apă, ci pot fi condiționate deopotrivă de excesul de apă (manifestat prin inundații și viituri) (**Figura 34**).

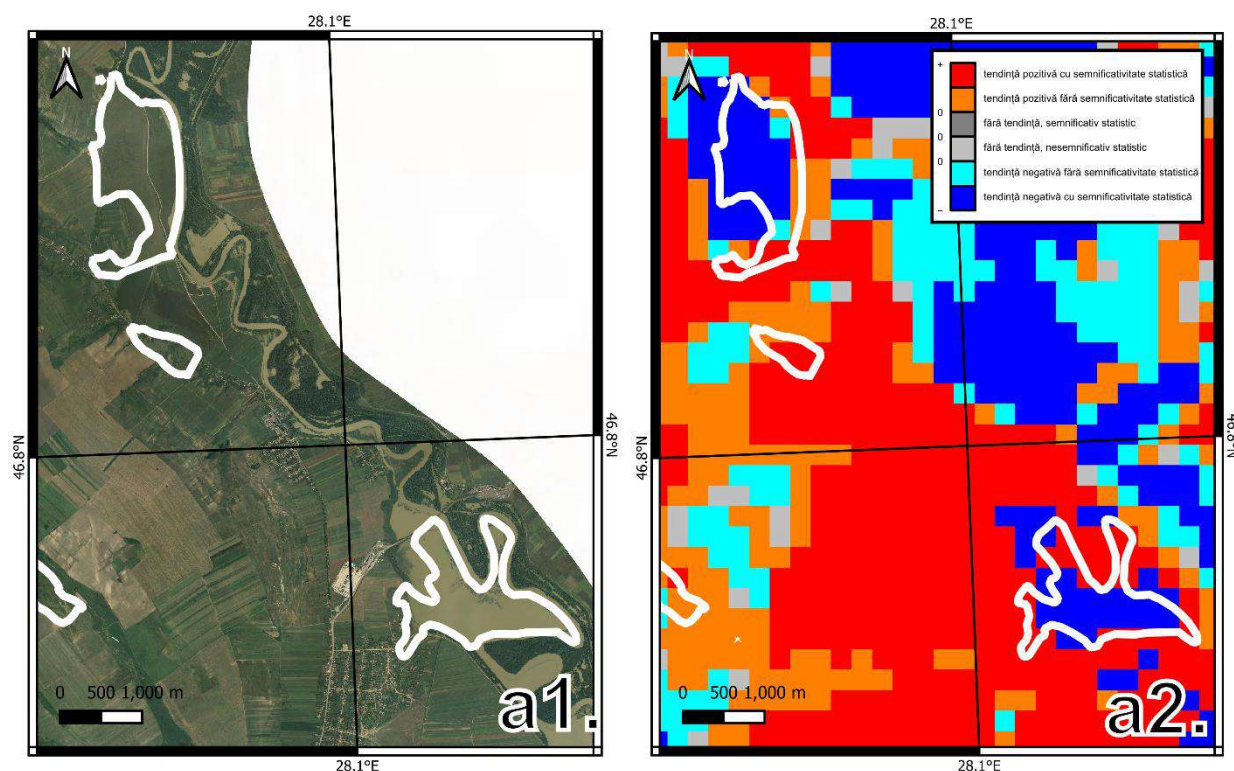


Figura 34. Trendul NDVI (a2.) detectat la nivelul pășunilor inundabile din lunca Prutului (a1.), la est de Drânceni (Județul Vaslui)

O regiune cu pășune inundată (pentru o perioadă determinată de timp) va manifesta un punct de întrerupere la un anumit moment, dar poate manifesta un trend pozitiv ante și post rupere de trend. Tot la nivelul luncilor trenduri pozitive au fost raportate și în rândul pădurilor de luncă, lucru cât se poate de deductibil, morfologia speciilor arboricole fiind pliabilă fluctuațiilor nivelului freatic.

Lucrările hidroenergetice sau cele de drenaj (**Figura 35**) pot contribui în manieră pozitivă la menținerea funcționalității luncilor prin asigurarea drenajului necesar pe durata perioadelor ploioase. În aceeași măsură, pe durata perioadelor cu deficit pluviometric drenurile pot condiționa pierderea rapidă a aportului de apă. O situație similară poate fi raportată și la nivelul versanților, unde drenurile cu rol de atenuare a eroziunii și de stabilizare a versanților afectați de alunecări de

teren pot induce pierderea rapidă a rezervei de apă din sol pe durata episoadelor cu aport redus sau mediu de precipitații.

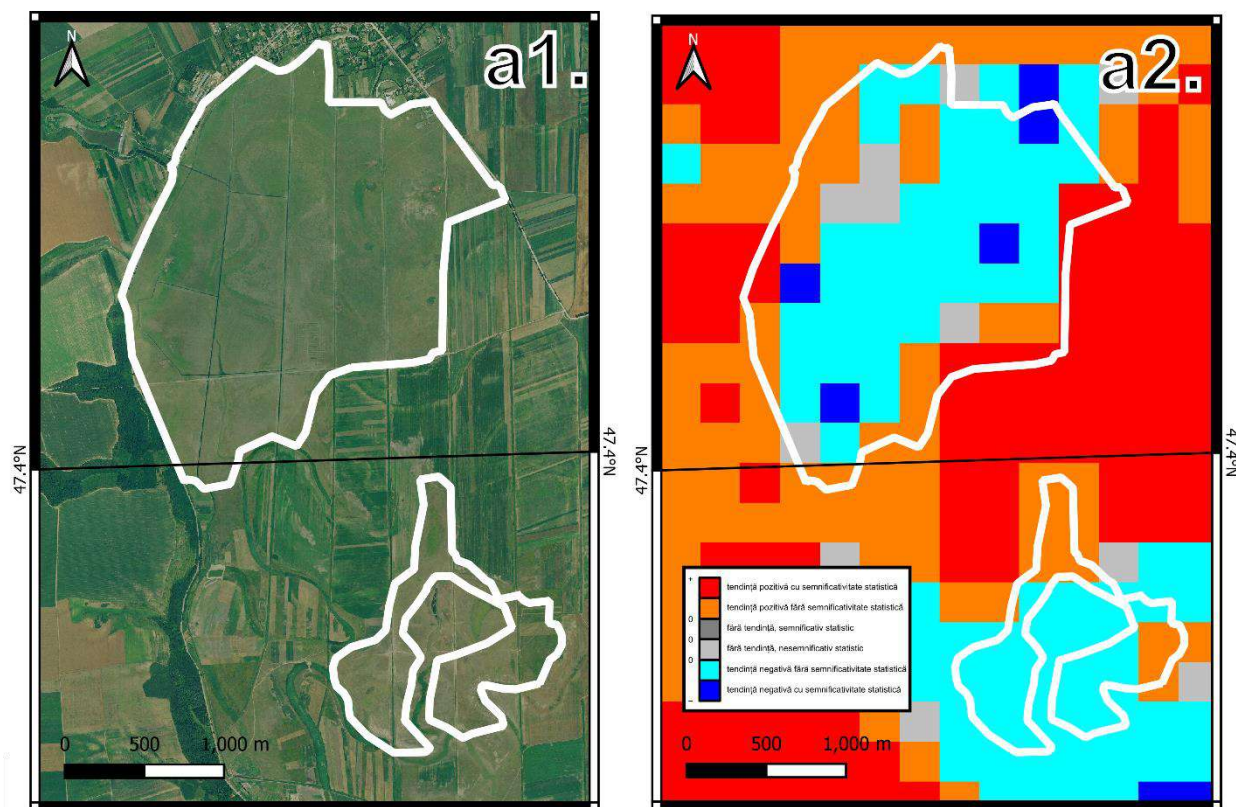


Figura 35. Lucrări de drenaj la nivelul luncii Prutului (**a1**) și trendul NDVI identificat (**a2**), sud de Trifești (Județul Iași)

Regiunile stabile de luncă, prin prisma trendului NDVI detectat, evidențiază încă o dată deficitul hidrologic al acestora (**Figura 35**), în condiții optime ale necesarului de apă vegetația de luncă manifestând în general trenduri pozitive.

În vederea identificării cât mai precis a impactul factorului hidrologic s-a optat pentru schimbarea scării de lucru. În acest sens, seriile de date Landsat (30 m) au fost utilizate cu succes.

Pășunea din lunca Bahluiului caracterizată prin fluctuațiile tipice ale regimului hidrologic, resimțite la nivelul productivității și dominanței speciilor, face ca persistența unei perioade secetoase să influențeze calitatea pășunii. Această caracteristică a pășunilor de luncă este ușor de dedus și pe deplin demonstrată o dată cu acest studiu, din moment ce, comparativ cu pășunile de versant, cele de luncă par a fi mult mai afectate (**Figurile 27, 28**).

În cazul celor trei puncte considerate semnificative pentru seriile de date Landsat (**Figura 27 - 1, 4, 6**) avem o suprapunere generală în cazul punctului de întrerupere de la finele anului 2018 și începutul anului 2019. De asemenea, pentru punctele **4** și **6**, rupturile de trend aferente anilor 2014, 2018 și 2019 coincid. În astfel de condiții impactul de factură hidrologică este dublu validat, neexistând niciun dubiu în cazul asocierii perturbărilor detectate cu variabila umiditate. Faptul că

datele obținute au o semnificativitate statistică dovedită (**PvalSEG1**, **PvalSEG2**), iar trendul general este cel de înverzire (**SlopSEG1**), urmat de un altul cu deficiențe clare de reziliență (**SlopSEG2**), ne indică prezența unui factor perturbator cu efect de lungă durată și omogen din punct de vedere spațial.

Utilizarea a două seturi complementare de date în vederea validării impactului factorului hidrologic a fost considerată necesară din moment ce datele Landsat disponibile prezintă foarte multe goluri de date, condiționate de calitatea imaginilor satelitare. Acest aspect nu a impactat corectitudinea rezultatelor obținute, dar lipsurile frecvent regăsite pot condiționa concluzii ce nu se ridică la nivelul impactului real al procesului analizat. Seriile multitemporale MODIS (**Figura 27 - M4, M5**) permit, de asemenea, o vedere de ansamblu mult mai clară atât în raport cu calitatea datelor disponibile, cât și în raport cu perioada de timp analizată.

Și la nivelul studiului de caz aferent luncii Jijiei trendul NDVI detectat atât la nivelul seriilor de date MODIS (**Figura 19 – B1**), cât și a celor Landsat (**Figura 28**) este impactat de factorul hidrologic.

Pe lângă factorul de factură hidrologică, luncile sunt expuse și factorului climatic, celui geomorfologic, geologic, și celui antropic deopotrivă. Factorul climatic, cu acțiune complementară celui hidrologic, constituie esența funcționalității acestor ecosisteme. Factorul geomorfologic devine evident în raport cu modul de dispunere a pășunilor, iar cel geologic prin conturarea unor caracteristici distincte, de tipul sărăturării solurilor. Factorul antropic este considerat a avea cel mai mare impact asupra calității și funcționalității pășunilor de luncă. Prin prisma accesibilității, arealele de luncă constituie regiuni de expansiune a zonelor urbane și rurale și cadrul perfect pentru practicarea agriculturii, în condițiile unui sol fertil și cu condiții favorabile de umiditate. Pe durata ultimului secol schimbările de utilizare în raport cu arealele de luncă sunt pregnante, afectând buna funcționare a acestor ecosisteme (**Figura 36**).

6.3. Detectarea impactului factorului antropic asupra pășunilor din Podișul Moldovei

Corelarea trendului NDVI detectat cu factorii de factură antropică constituie un procedeu greu de îndeplinit, în măsura în care acțiunea acestora este de cele mai multe ori locală, iar tipologia acestora diversă.

La nivelul Podișului Moldovei impactul factorului antropic asupra pășunilor este manifestat prin incendieri premeditate de vegetație, schimbări de utilizare a terenului, pășunat intensiv sau deficitar, fragmentarea și abandonarea terenurilor cu pășuni, sau intensificarea

agriculturii. Cuantificarea acestor factori devine foarte dificilă, în măsura în care, de cele mai multe ori, aceștia acționează simultan sau au acționat complementar la diferite intervale de timp. De asemenea, o analiză cât mai corectă a acestui factor ar impune o rezoluție spațială de foarte bună calitate și una temporală care să detecteze, în manieră corectă, fenomene de tipul incendiilor.

6.3.1. Schimbările de utilizare a terenurilor și impactul asupra pășunilor

Cu scopul de a evidenția schimbările de utilizare a terenului și impactul asupra clasei de utilizare a pășunilor [Văculișteanu și colab. \(2022\)](#) au realizat o analiză detaliată pentru arealul corespunzător județului Iași, pentru perioada 1920 – 2006. Pornind de la o bază de date proprie ([Doru, 2018](#)), realizată după modelul CLC, datele obținute au scos la iveală o serie de caracteristici definitorii pentru regiunea analizată.

Analiza detecției schimbărilor survenite la nivelul clasei de utilizare – pășuni, aferente perioadei 1920 – 1960 a evidențiat unele dintre cele mai reprezentative schimbări. Suprafețele acoperite de pășune cresc pe fondul abandonului, desecărilor realizate, a secetei prelungite și a regiunilor de pădure care nu s-au mai regenerat. Totodată, pe fondul necesarului de hrană impus de situația politică a vremii, pășunile sunt transformate în teren arabil, preponderent cele din luncile principalelor râuri (**Figura 36**).

Perioada 1960 – 1980 corespunde, în mare parte, perioadei comuniste și se remarcă prin descreșterea terenurilor cu pășuni în detrimentul ariilor construite, viilor și livezilor. Corespondența dintre pășune și teren arabil este vizibilă la nivel teritorial, terenurile arabile fiind transformate sporadic în pășuni, raportat la întregul areal al județului Iași, în timp ce pășunile au suferit transformări severe la nivelul luncilor, fiind convertite în terenuri arabile sau în spațiu locuit.

În intervalul 1980 – 1990 se resimte o oarecare continuitate a perioadei anterior analizate, pe fundalul persistenței regimului politic. Principala caracteristică a acestei perioade este reprezentată de descreșterea arealelor cu pășune, cele din lunci fiind transformate în teren arabil, iar cele de pe versanții afectați de procese de degradare, în pădure.

Planificarea agriculturii se remarcă la nivel de peisaj și randament agricol, pășunile fiind distribuite în concordanță cu tipologia reliefului zonei. În cazul Podișului Moldovei, acestea corespund versanților abrupti sau regiunilor de luncă, acolo unde solul nu întrunește atributele corespunzătoare practicării agriculturii ([Văculișteanu et al., 2022](#)).

În perioada 1990 – 2006 se observă o creștere a numărului de terenuri acoperite cu pășune și a arealelor construite, pe fondul unei descreșteri majore înregistrate la nivelul clasei de utilizare

a viilor și livezilor. Trecherile din teren arabil în teren cu pășune și invers rămân prezente la nivel de peisaj. Situația caracteristică acestei perioade este pusă pe seama schimbării regimului politic, urmată de o incertitudine generală, resimțită și la nivelul dinamicii terenurilor. O rată mare a abandonului este consemnată la nivelul viilor, livezilor, dar și a terenurilor arabile.

Astfel, în conformitate cu datele obținute, pășunile au cunoscut o creștere semnificativă în perioada 1920 – 1960, o scădere aferentă perioadei 1960 – 1990, urmate de o nouă creștere manifestată în perioada 1990 – 2006. Considerate areale de rezervă și în așteptare spre a fi substituite, pășunile au fost din totdeauna subestimate, deși de cele mai multe ori au constituit salvarea pusă la dispoziție în reale situații de criză. Ciclicitatea transformărilor vizibile din pășune în teren arabil și invers, nu face decât să confirme o tipologie rudimentară de practică agricolă, dar care dincolo de aspectele negative, a constituit o adaptare solidă a societății sărace din mediile rurale, în fața provocărilor impuse de mediul natural, alături de situația politică și economică a vremii. Deși nu au fost valorificate pe măsură, cu toate acestea s-a reușit pe deplin conservarea biodiversității acestor areale, prin managementul rudimentar aplicat prin cosit și pășunat periodic. Analizând etapele evolutive ale schimbărilor de utilizare, scopul fiind acela de a detecta impactul antropic asupra bunei funcționări a ecosistemelor de pășune, putem afirma că, din certe perspective, intervențiile antropice pot fi cotate drept practici de mentenanță. Îngrijorarea însă este pusă pe seama pierderii valorilor tradiționale, manifestate prin lipsa grijii și a respectului față de natură.

Analiza realizată în vederea asocierii trendului NDVI cu variabila antropică a impus o scară de lucru detaliată, ținându-se cont de perspectiva acțiunii locale a factorului antropic.

La nivelul seriilor de date MODIS trendul NDVI negativ și semnificativ statistic coincide în cea mai mare parte cu regiunile de luncă (**Figura 19**). În încercarea de a atribui tendința identificată unei cauze certe, pixelii corespunzători pășunilor cu trend negativ și semnificativ statistic au fost investigați manual, la nivelul Ortofotoplanului din 2012. Validarea a fost făcută cu scop orientativ, tipologia factorului antropic fiind atribuită doar pe baza celor deduse pentru anul de referință 2012, cu toate că trendul NDVI este calculat pentru perioada 1982 – 2022.

Marea majoritate a pășunilor cu trend negativ, investigate la nivelul luncilor, se consideră a fi afectate prin prisma lucrărilor agricole întreprinse, alternanța pășune – teren arabil fiind des regăsită și în prezent la nivelul Podișului Moldovei (**Figura 36**). În acest sens, un caz particular analizat la nivelul acestei teze de doctorat îl constituie pășunea din lunca Jijiei (**Figura 36**), analizată atât la nivelul seriilor de date MODIS cât și a celor Landsat (**Figura 28**). Fiind o pășune de mari dimensiuni, localizată în proximitatea unor areale rurale unde principala ocupație o constituie creșterea animalelor, alternanța schimbărilor de utilizare este explicabilă. Rata intervențiilor antropice la nivelul luncilor este pusă pe seama accesibilității conferite de topografia

zonală caracteristică, simultan cu dependența acestora față de fluctuațiile hidrice. Surplusul de umiditate, considerat necesar în contextul unui an secetos, contribuie în mod pozitiv la calitatea culturilor agricole.

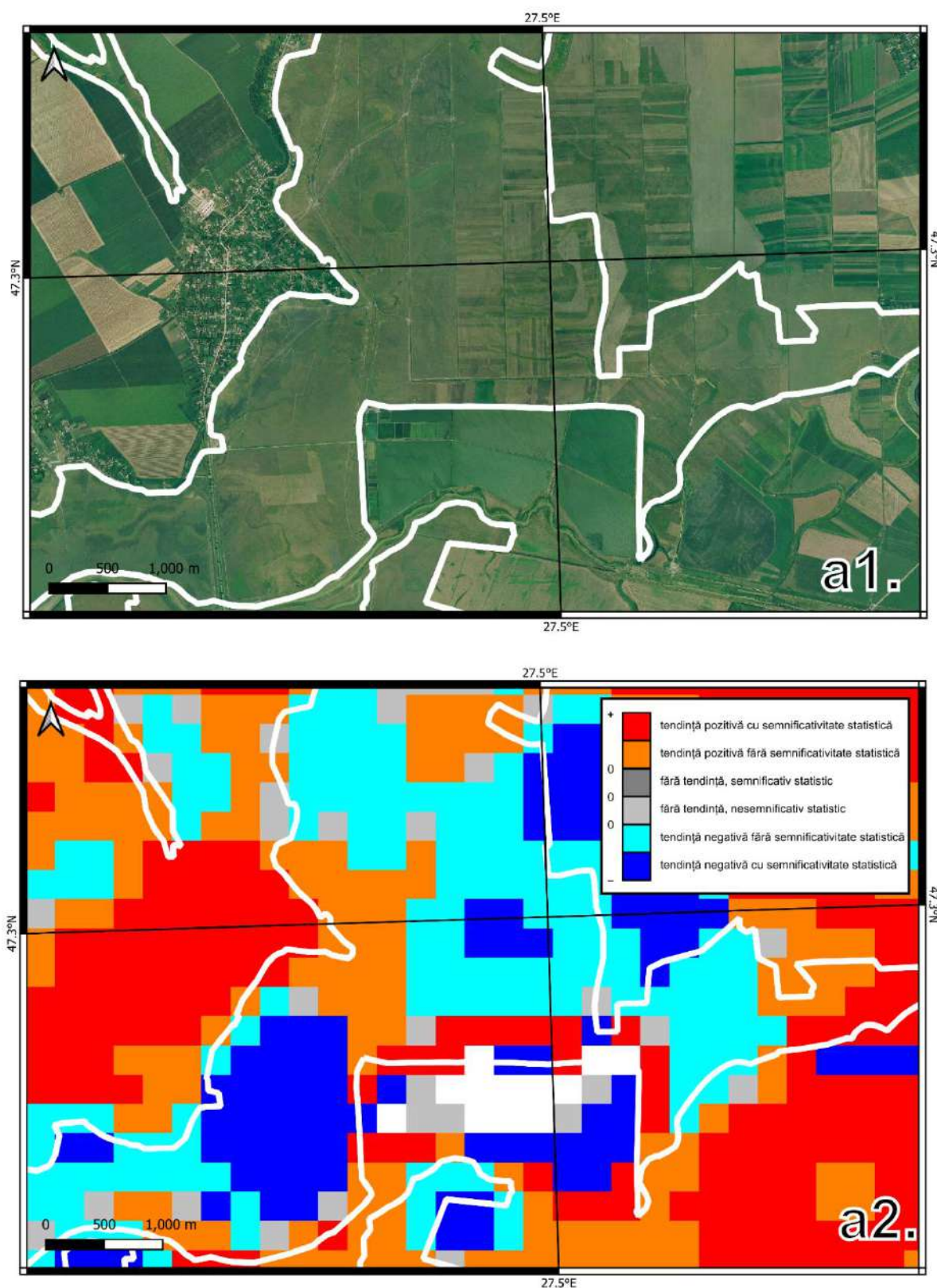


Figura 36. Trend negativ al NDVI detectat la nivelul luncii Jijiei (a2), pe fondul întrebuințării agricole a pășunii (a1) (Județul Iași)

Punctele de analiză selectate la nivelul luncilor s-au remarcat deopotrivă printr-un trend descendent al NDVI, două dintre acestea fiind puse pe seama intervențiilor antropice (**Figura 28 - 9, Figura 22 - 23**), mai cu seamă a schimbărilor de utilizare. Punctul de analiză cu numărul **9**, corespunde luncii Jijiei și se remarcă prin cele două rupturi de trend, despărțite de un segment cu tendință abruptă. Analizele întreprinse la nivelul seriilor Landsat au evidențiat în cea mai mare măsură dependența vitalității vegetale de factorul umiditate (**Figurile 27, 28**), validând în totalitate răspunsul primit de la seriile de date MODIS.

Per ansamblu, ținând cont de întinderea Podișului Moldovei pe de o parte, și de trendul negativ raportat la nivelul luncilor, pe de altă parte, schimbările de utilizare au fost cotate drept cel mai răspândit și cel mai distructiv fenomen în materie de degradare a pășunilor. Cu toate că în varii cazuri se revine la stadiul inițial de pășune, calitatea și sănătatea acesteia este discutabilă, iar esența ecosistemului în sine este perturbată.

Literatura de specialitate a momentului, atrage atenția asupra acestui fenomen, considerând managementul tradițional al unui teren, exemplificat prin pășunat și cosit periodic, drept principala modalitate prin care se poate menține buna funcționalitate a ecosistemului ([Stevens et al., 2022](#)). Pierderea ciclicității acestor practici duce la abandon. Cu toate că, în primă instanță, abandonul este succedat de apariția speciilor ierboase caracteristice pășunilor, ulterior acestea sunt înlocuite de specii arbustive ceea ce duce la pierderea caracteristicilor esențiale ale unui ecosistem de pășune ([Török et al., 2020](#); [Valkó et al., 2012, 2011](#)).

Terenurile abandonate, identificabile prin prezența speciilor arbustive în amestec cu cele ierboase, nu pot fi considerate pășuni, deși, din perspectiva CLC, acestea sunt de multe ori încadrate ca atare. Excluderea acestora din cadrul analizei este dificilă deoarece de cele mai multe ori aceste areale nu acoperă în totalitate pășunea. Pe lângă impactul negativ direct pe care îl au asupra pășunilor, anulând funcția propriu zisă de pășune, prezența arbuștilor determină un răspuns spectral pozitiv la nivelul seriilor NDVI, ceea ce induce o percepție greșită asupra stării de drept a sănătății pășunilor. Cu toate că arbuștii sunt considerați indicatori ai prezenței eroziunii și alunecărilor de teren, în cadrul acestei teze de doctorat prezența acestora va fi catalogată drept antropică, fiind pusă pe seama unor problematice de management agricol.

Trecând de la fragmentare intensivă la abandon în decursul a mai puțin de un secol pășunile au avut de suferit atât din perspectiva performanței producției agricole, cât și din perspectivă ecologică. În prezent, fragmentarea terenurilor este regăsită din ce în ce mai rar, pe fondul implementării asociațiilor agricole, rămânând încă o caracteristică de bază a populației îmbătrânite din mediul rural, având în spate un atașament ancestral în raport cu proprietățile moștenite.

În lipsa scenariului conferit de abandon, la polul opus, tendințele actuale din agricultură ne indică un patern de intensificare, manifestat prin implementarea de tehnici mecanizate sau chimice menite să contribuie la majorarea capitalului prin intermediul ratei de producție. În defavoarea pășunilor, intensificarea agriculturii poate induce pierderi semnificative din punct de vedere teritorial prin extinderea suprafețelor arate în defavoarea celor cu pășune. Cu toate că intensificarea agriculturii este catalogată drept o practică benefică societății, prin creșterea randamentului producției agricole, aceasta poate duce și la pierderea ecosistemelor naturale și seminaturale de pășune. Deși practicile rudimentare de factură antropică contribuiau inevitabil la deteriorarea calității ecosistemului și perturbau mediul speciilor habitante, impactul lor negativ era mult sub nivelul practicării agriculturii mecanizate și mai ales a însămânțării artificiale a pășunilor. Astfel, deși cositul și pășunatul sunt considerate practici în genere cu impact negativ asupra pășunilor, o serie de autori consideră că aceste practici contribuie în fond la conservarea propice a acestui ecosistem (Yuan et al., 2016). Grime (1973) și Connell (1978) propun o teorie numită: Ipoteza perturbării intermediare (*Intermediate Disturbance Hypothesis*) conform căreia atunci când perturbările fie ele negative, fie pozitive (impactul antropic și mediul natural) întrunesc un anume echilibru (nu sunt nici prea rare, nici prea frecvente), contribuie la conservarea biodiversității unui ecosistem.

Comparativ cu alte regiuni ale Europei în Podișului Moldovei încă regăsim pășuni naturale (majoritar ocrotite prin lege) și pășuni seminaturale, acestea fiind cel mai frecvent regăsite în peisaj. Trendul actual al agriculturii mondiale, axat majoritar pe producție, poate impacta ireversibil compoziția pășunilor făcându-se trecerea de la un ecosistem de pășune intact (fără implicare antropică) – la un ecosistem de pășune antropizat (seminatural) – iar în cele din urmă se va ajunge la un ecosistem de pășune antropic (complet transformat) (Stevens et al., 2022) .

6.3.2.Impactul incendiilor asupra pășunilor

Incendiile de vegetație au un vizibil impact negativ asupra biodiversității și a peisajului fiind frecvent practicate la nivelul micilor comunități de păstori din Podișul Moldovei. Vegetația este incendiată fie pe durata secetelor prelungite, cu scopul de a reînnoi stratul vegetal, fie iarna târziu/primăvara devreme, exact înainte de înverzire. Aceste practici, deși menite a avea un scop pozitiv, de cele mai multe ori conduc spre același rezultat – deteriorarea stării naturale a pășunilor.

Din perspectiva NDVI, incendiile de vegetație sunt greu de detectat, fiind dependente de rezoluția spațială la care se lucrează, dar și de tipologia seturilor de date utilizate (medii zilnice/medii lunare). Din perspectiva corelării metodologice, atribuirea unui punct de întrerupere detectat la nivelul seriilor de date incendiilor de vegetație necesită o corelare bazată pe dovezi care, de cele

mai multe ori, sunt greu de identificat cu ajutorul materialelor cartografice existente. La nivelul imaginilor satelitare de rezoluție înaltă incendiile de vegetație sunt ușor de distins (**Figura 37**), existând în prezent și o serie de indici specializați în această privință, așa cum este indicele NBR (*Normalized Burn Ratio*). Recuperarea vegetației de pășune după un incendiu este rapidă, incendierea fiind considerată din anumite perspective chiar benefică, grăbind procesul de înverzire a plantelor. Cel mai frecvent, incendiile sunt caracteristice islazurilor comunale, invadate de specii din genul *Festuca* sau *Poa*, ce conferă un randament scăzut al pășunatului. După incendiere, vegetația nou apărută, deși din aceeași categorie vegetală, este intens pășunată în stadiul său incipient de creștere, fiind fragedă și iubită de animale.

Astfel, impactul incendiilor de vegetație este greu de identificat și mai cu seamă de cotate drept factor negativ, acestea afectând în mod clar fauna ecosistemelor de pășune, dar din perspectivă vegetală, părerile sunt împărțite. Incendierile produse primăvara determină o înverzire timpurie a pășunilor și o recuperare rapidă, comparativ cu cele produse vara, când suprapuse peste o secetă prelungită vor condiționa o recuperare lentă a vegetației.



Figura 37. Incendierea vegetației de pășune, detectabilă la nivelul imaginilor satelitare (la Sud de Obrieni - județul Iași, anul 2017)

6.3.3. Impactul pășunatului și a pășunatului intensiv asupra pășunilor

Păstoritul practicat în Podișul Moldovei este diferit de cel montan, transhumanța lipsește, turmele fiind duse la pășunat pe durata sezonului vegetal (primăvara - toamna) și ținute în adăposturi pe durata iernii, fiind hrănite cu iarba cosită și uscată în prealabil (fân). Deși în trecut reprezenta o ocupație de bază, caracteristică comunităților rurale, în prezent fie lipsește, fie este practică de locuitorii cu venituri mici și foarte mici, de regulă cei fără școlarizare. Desigur că pe lângă aceștia există o categorie aparte de mari investitori străini sau locali care mizează pe atragerea de fonduri europene pentru implementarea unor ferme standardizate. Pe lângă păstorit (activitate care implică un număr mai mare de animale, preponderent ovine și caprine), după dispariția fermelor colective de animale (din perioada comunistă), în Podișul Moldovei era comună și creșterea bovinelor și cabalinelor, fiecare familie deținea în medie un animal. Scopul principal al acestora era fie asigurarea necesarului de hrană (lapte/carne), fie asigurarea transportului (căruța cu cal, carul cu boi). În prezent, numărul acestora a scăzut drastic.

În contextul schimbărilor climatice globale iernile din Podișul Moldovei sunt preponderent lipsite de zăpadă, situație percepută de micii fermieri/păstori locali drept prielnică pentru a extinde sezonul de pășunat. Această practică este în mod evident dăunătoare pășunilor, dar reprezintă o modalitate simplă de a economisi nutreț pe durata iernii. Pe fondul paternului local al pășunilor, suprapuse majoritar cu versanții afectați de alunecări de teren, presiunea pășunatului contribuie în mod direct la accentuarea proceselor de degradare.

La nivel european, suprapășunatul este asociat în general cu zonele sărace, marginale, izolate, unde principala ocupație este păstoritul ([Papanastasis, 1993](#); [Kairis et al., 2015](#)). Prin excelență, Podișul Moldovei se încadrează în această categorie, principala ocupație a locuitorilor fiind agricultura, urmată de creșterea animalelor. Într-un mod generic, suprapășunatul face referire fie la un număr prea mare de animale raportate la suprafața pășunată, fie la pășunarea excesivă a unui areal fără a le permite plantelor să se regenereze. La nivelul Podișului Moldovei principala problemă este pășunarea iresponsabilă, practică și pe durate sezonului non-vegetal.

Prin urmare, pășunatul de factură intensivă nu este determinat de lipsa pășunilor sau de deficitul vegetal, ci este o consecință a managementului deficitar, a lipsei de informare a păstorilor/localnicilor și a lipsei de interes a autorităților locale. În aceeași măsură, interesul față de valorile locale s-a pierdut o dată cu creșterea necesarului financiar familial care nu mai putea fi acoperit prin agricultură, turnura socială post-comunistă devalorizând mare parte din tradițiile strâns legate de practicile agricole.

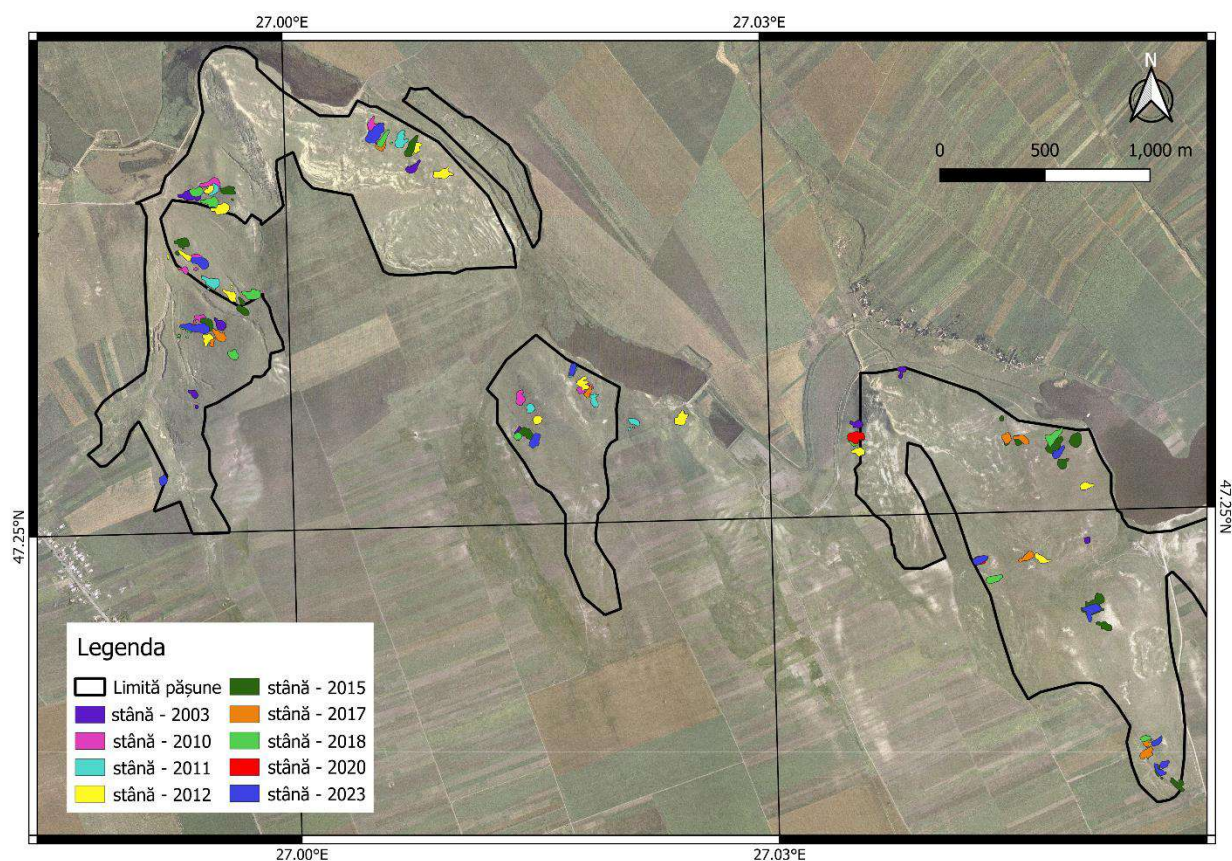


Figura 38. Distribuția și migrarea stânelor la nord de Tg. Frumos (Județul Iași)

O altă manieră prin care pășunile sunt impactate datorită practicării păstoritului face referire la prezența stânelor. Localizarea acestora este condiționată de prezența pășunilor și prezența unei surse de apă în proximitate. Distribuția lor urmărește îndeaproape paternul pășunilor, fiind regăsite majoritar la nivelul islazurilor comunale, suprapuse în cea mai mare parte cu zonele de versant cu caracter abrupt. Dispunerea stânelor este aleatorie, inclusiv din perspectiva densității spațiale, managementul amplasării fiind lăsat strict la latitudinea ciobanilor. În acest sens, au fost analizate două regiuni din Podișul Moldovei unde densitatea stânelor este mare iar migrarea teritorială a acestora de la un an la altul este vizibilă (**Figura 38**). În funcție de numărul de ciobani/fermieri, islazurile comunale sunt împărțite în mod egal, în raport cu numărul de animale deținute. Acest aspect poate condiționa o distribuire inechitabilă a presiunii exercitate de animale raportat la suprafața pășunată. La nivelul Podișului Moldovei, în mod contrastant, fie sunt regăsite două sau trei stâne pe un versant, fie lipsesc cu desăvârșire din peisaj. Acest aspect este strict condiționat de situația economică a satelor, dependentă de proximitatea orașelor sau de infrastructura rutieră, prin accesibilitatea conferită. O privire de ansamblu asupra Podișului Moldovei ne va indica faptul că ponderea stânelor în proximitatea satelor izolate tinde să fie mult mai mare.

Impactul negativ asupra pășunilor este manifestat prin concentrarea unui număr mare de animale raportat la o suprafață mică, dar mai ales prin mutarea anuală a locației de bază a stânei. Arealul părăsit prezintă, în primă instanță, severe semne de degradare (vegetația este complet îndepărtată iar prezența constantă a unui cantități mari de bălegar determină o concentrare mare de nutriți în sol, dăunători pășunilor și condiționali dezvoltării unor anumite specii), urmate de instalarea speciilor invazive sau arbustive, evitate de erbivore, dar care din perspectiva semnalului spectral, constituie vegetație sănătoasă (prezența culorii verde). Astfel, degradarea condiționată de prezența stânelor este certă dar foarte greu de identificat și clasificat, în condițiile în care din punct de vedere teoretic degradarea este detectată doar în perioada de pre instalare a vegetației, cu toate că din punct de vedere al randamentului agricol, respectivul teren nu mai este considerat util, cu precădere din perspectiva speciilor predominante. Excrementele de animale sunt considerate sursă directă a gazelor cu efect de seră (Chen et al., 2011), dar cu toate acestea, impactul lor este considerat minoritar (Liu et al., 2009).

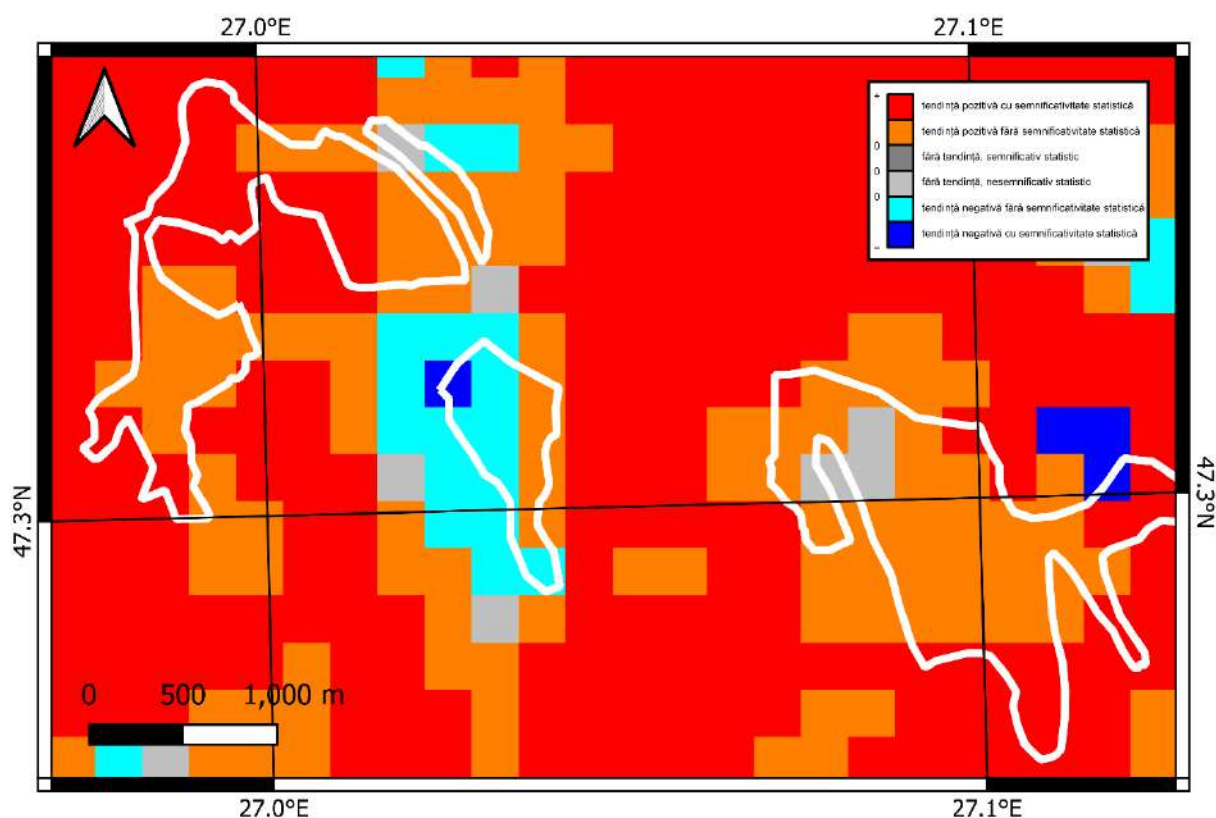


Figura 39. Trendul NDVI asociat **figurii 38** corespunzător impactului densității stânelor în cadrul arealelor cu pășune

Asociind seriile de date MODIS cu arealele unde densitatea stânelor este mare am dedus faptul că trendul NDVI nu este afectat (**Figura 38, 39**). Acest aspect poate fi pus atât pe seama magnitudinii impactului asupra ecosistemului, sau, în cazul de față, pe deficiența datelor satelitare sub incidența rezoluției spațiale. Prin urmare, în vederea asocierii clare și valide a factorului antropic cu trendul NDVI, sunt necesare serii de date de înaltă calitate, cu predilecție în vederea

analizării incendiilor și a suprapășunatului. Cu toate acestea, ținând cont de strânsa corelare stabilită între trendul negativ identificat la nivelul luncilor și amprenta antropică manifestată prin schimbările de utilizare, conchidem asupra faptului că la nivelul pășunilor de luncă din Podișul Moldovei factorul antropic este principalul agent de modelare.

Per ansamblu, trendul negativ al NDVI nu este raportat doar la nivelul arealelor de pășune. În cadrul analizelor realizate la nivel de pixel, trendul NDVI condiționat antropic este raportat la nivelul a opt puncte de analiză. Patru dintre acestea corespund ariei montane și patru celei de podiș. La nivelul regiunilor de pădure din aria montană sunt detectate trei rupturi de trend, lucru suficient de veridic, luând în considerare problematica defrișărilor intens discutată în ultimii ani. O altă regiune afectată este identificată cu un areal de pășune de versant. La nivelul Podișului Moldovei, dincolo de cele două regiuni cu pășune de luncă (**Figura 22 – 23; Figura 28 - 9**), trendul abrupt înregistrat după un punct de întrerupere este regăsit la nivelul livezii de la Bălțați (**Figura 23 - 63**), și al terenului arabil de la Rădăuți Prut. Situația livezii și a terenului arabil este cât se poate de deductibilă, fiind areale caracterizate prin intervenții antropice regulate și, de cele mai multe ori, cu impact semnificativ.

6.4. Detectarea impactului factorului geomorfologic asupra pășunilor din Podișul Moldovei

Din punct de vedere teoretic, relaționarea schimbărilor de trend cu factorul geomorfologic este posibilă prin asocierea clară dintre factorul geomorfologic manifestat prin eroziune (prezența alunecărilor de teren și a ravenelor) cu tipul de trend detectat la nivelul seriilor de date analizate. Ținându-se cont de tipologia pășunilor caracteristice Podișului Moldovei ([Doru et al., 2023](#)), dispuse la nivelul versanților abrupti, suprapuse aproape la perfecție cu regiunile intens afectate de procesele de degradare, factorul geomorfologic este considerat un precursor principal al degradării stării naturale a pășunilor.

O investigație amănunțită a pășunilor de versant la nivelul seriilor de date MODIS (**Figura 19**) a evidențiat faptul că la nivelul versanților, chiar și a celor afectați de procese de degradare, trendul nu este neapărat negativ. Ținând cont de faptul că marea majoritate a alunecărilor de teren sunt stabilizate, vegetația este înțelenită și fie că este vorba despre vegetație ierboasă sau de tip arbustiv, senzorul spectral va trimite un semnal pozitiv din moment ce culoarea verde este detectată (**Figura 40**). Regiunile unde trendul negativ este detectat tind să manifeste o rată mai mare a eroziunii, vizibilă la nivelul imaginilor satelitare (**Figura 41**). Prin urmare, regiunile afectate de

eroziune tind să manifeste un trend preponderent negativ, comparativ cu cele afectate de alunecări de teren.

La nivelul seriilor de date Landsat studiile de caz aferente pășunilor de versant de la Libertatea și de la Lupăria au fost considerate areale afectate de procese de degradare, datorită suprapunerii acestora peste o serie de ravene. Trendul NDVI detectat a prezentat un cu totul alt scenariu. Cele două regiuni sunt considerate stabile din punct de vedere geomorfologic, o singură excepție fiind atribuită punctului **6** din cadrul pășunii de versant de la Libertatea (**Figura 30**), situat în vecinătatea acumulării de apă de la baza ravenei. Pentru punctele **1, 2, 3, 4** și **5** factorul determinant de trend este cel hidrologic, complementar cu cel climatic, observabilă fiind o ușoară tendință negativă a NDVI, semnificativă din punct de vedere statistic. Trendul stagnant al pășunii (**Figura 30 - SlopSEG1**) validează încă o dată faptul că pășunile sunt afectate de schimbările climatice și de fluctuațiile regimului hidrologic, cu toate că impactul cuantificat nu este unul de

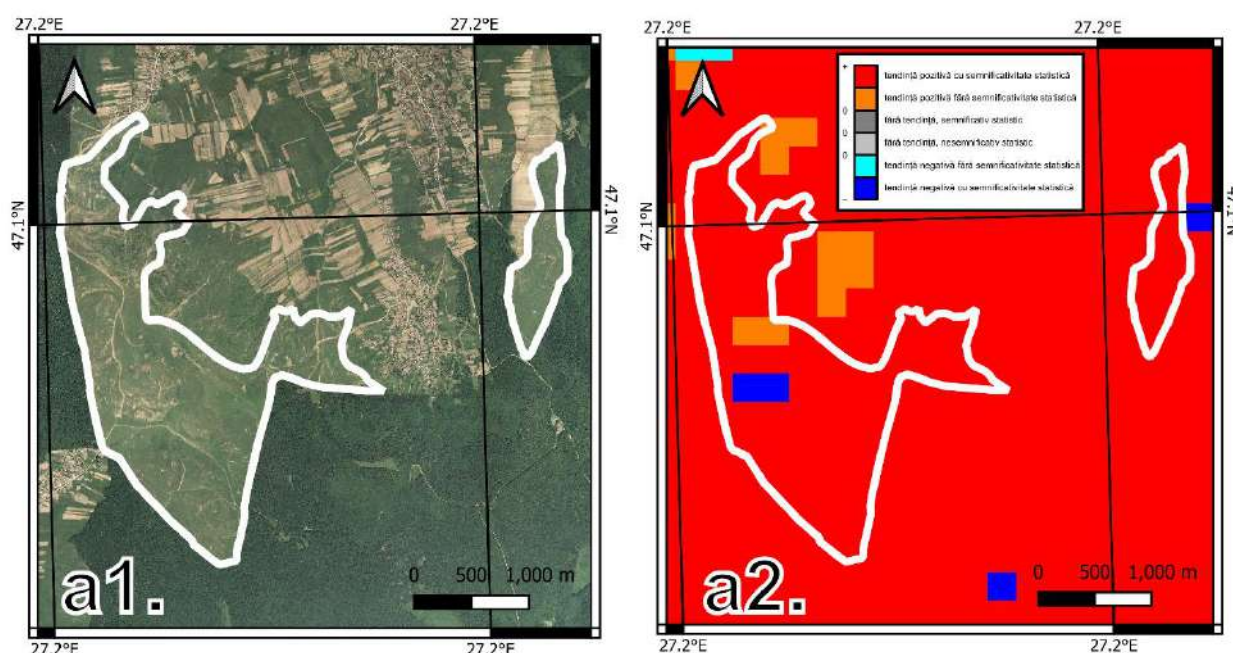


Figura 40. Pășune de versant afectată de procese de degradare (**a1**) cu trend pozitiv al NDVI (**a2**) – Est de Nistria (Județul Neamț)

mari proporții. Numărul punctelor de întrerupere este redus (**Figura 30 - BP1**), iar procesul de recuperare al vegetației după producere unui astfel de eveniment este identificat în cazul majorității punctelor (**Figura 30 - SlopSEG2**).

Pășunea de versant de la Lupăria (**Figura 30**), fragmentată de terenuri arabile și suprapusă peste o serie de ravene active, a fost selectată cu același scop, urmărindu-se detectarea impactului geomorfologic asupra pășunilor. Și de această dată, pentru punctele de analiză selectate, predominant pare a fi factorul climatic în tandem cu cel hidrologic, în cazul punctelor **1, 3, 4, 5, 6** situate la o distanță considerabilă, pare a exista un factor condițional comun la nivelul anului 2014,

ceea ce nu poate fi pus decât pe seama acestor variabile interdependente. În cazul pășunii analizate în punctul 2 tendința este vizibil negativă și semnificativă statistic, pusă și de această dată pe seama aceluiași factor. În cazul celui de-al doilea punct de întrerupere detectat la nivelul punctului de analiză cu numărul 1, aferent anului 2019, cauza producerii a fost identificată în teren. Situată în vecinătatea terenurilor arabile, într-o regiune cu o pantă ușoară și pe fondul unor precipitații abundente, o marte parte din cuvertura superioară a solului proaspăt arat a fost transportată și depusă la nivelul regiunii de pășune. Acest lucru poate fi vizibil în fotografia cu numărul 2 din **Figura 30**. Acest tip de eveniment este considerat de factură antropică, din moment ce pornește de la un management agricol deficitar. Per ansamblu, pășunea manifestă tendințe de uscare (**Figura 30 - SlopSEG1**) și de stagnare acolo unde un factor perturbator a determinat o schimbare de trend (**Figura 30 - SlopSEG2**).

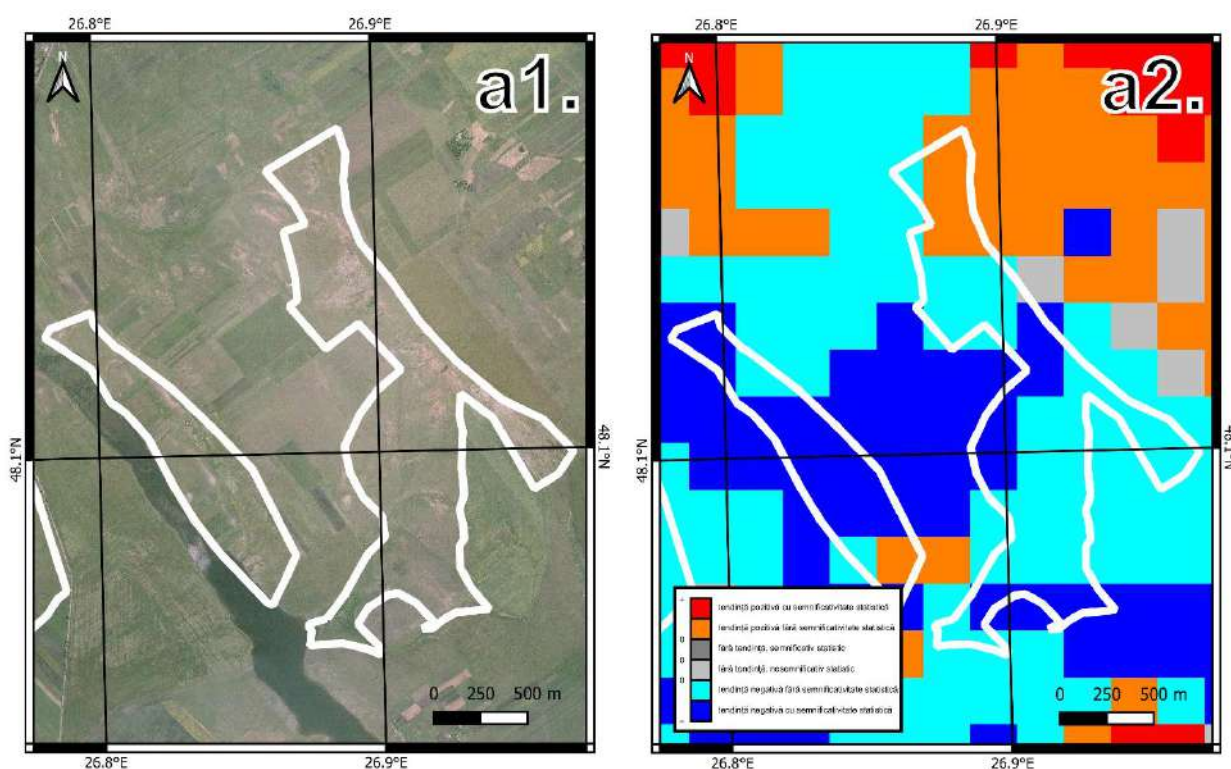


Figura 41. Pășune de versant afectată de procese de degradare (a1) cu trend negativ al NDVI (a2) – Nord de Ichimeni (Județul Botoșani)

Cu toate că impactul factorului geomorfologic detectat este cotelat drept minor, acesta există și contribuie constant la sculptarea unor caracteristici diferențiale la nivelul pășunilor de versant. Așa cum ne menționează și literatura de specialitate, speciile cu valoare floristică considerabilă tind să fie localizate la nivelul versanților abrupti, pe un sol cu funcții și proprietăți deficitare. Acest fapt ne pune în fața unei capacități formidabile de adaptare și de conservare a speciilor din cadrul unui ecosistem de pășune.

6.5. Detectarea impactului factorului geologic asupra pășunilor din Podișul Moldovei

La nivelul Podișului Moldovei factorul geologic este considerat agent de sine stătător, cu acțiune complexă asupra calității și în certe cazuri a tipologiilor vegetale. Bazându-ne pe o serie de observații de teren am conchis asupra faptului că factorul geologic poate condiționa degradarea pășunilor printr-o serie de acțiuni indirecte. Complementar celui geomorfologic, factorul geologic influențează statutul pășunilor prin caracteristicile induse topografiei zonale. Tipologia versanților abrupti de pildă, este în foarte mare măsură condiționată de substratul geologic. Aceste areale devin astfel mult mai vulnerabile în fața agenților modelatori externi, inducând procese de degradare la nivel de versant.

O serie de proprietăți ale solului sunt, de asemenea, condiționate de geologia zonei. Formațiunile geologice salifere prezente în substrat, de tipul sării sau a gipsului, pot condiționa salinizarea solului. Impactând într-o oarecare măsură funcționalitatea vegetală a pășunilor, sărăturile sunt considerate areale infertile, evitate de crescătorii de animale și de animale deopotrivă, pe fondul deficitului vegetal. Plantele caracteristice sărăturilor sunt în speță, de dimensiuni mici și dispuse sporadic.



Figura 42. Sărătură (Ceplenița, județul Iași)

Din punct de vedere pur teoretic, și raportat la modul în care senzorul spectral detectează zonelor degradate, orice areal lipsit de masă vegetală (dar corespunzător din punct de vedere spațial unei pășuni) este cotel drept degradat în cadrul acestei analize. Cu

toate acestea, din considerente botanice, pășunile de sărătură sunt considerate areale cu caracteristici unice, în anumite zone ocrotite prin lege. La nivelul Podișului Moldovei, sărăturile sunt frecvent regăsite pe versanți și în lunci (**Figura 42**), ceea ce ne-a determinat să luăm în considerare și acest tip de degradare în cadrul studiului nostru.

Concluzii

În contextul global actual ecosistemele de pășune sunt supuse unui stres constant indus prin degradare continuă, condiționată de schimbările climatice globale și intervențiile antropice. Evaluarea unui proces cu magnitudine globală într-un context local devine o necesitate prin prisma expunerii unor comunități individualizate în fața unor factori de degradare cu acțiune complexă.

Pornind de la ipoteza generală conform căreia schimbările climatice globale și intervențiile antropice au afectat în manieră iremediabilă pășunile la nivel global, această teză de doctorat își propune investigarea stadiului actual al degradării pășunilor într-un context local, urmărind îndeaproape modul în care procesele de degradare sunt percepute la diverse scări spațiale și temporale.

O primă perspectivă a fost aceea de a identifica o metodă validă și în măsură a cuantifica impactul factorilor externi asupra pășunilor. În această privință, tehnologiile satelitare de înaltă calitate ale momentului propun metode sustenabile de monitorizare și evaluare. În materie de evaluare a calității pășunilor, Indicele Normalizat de Diferențiere a Vegetației (NDVI) este considerat un indicator de mare precizie al vitalității vegetale.

Utilizarea indicelui NDVI a condus la îndeplinirea obiectivului central al acestei teze de doctorat și anume, identificarea principalilor agenți de degradare, cu acțiune directă asupra pășunilor. Practic, prin utilizarea pachetului R greenbrown și aplicarea metodelor AAT și STM a fost posibilă separarea trendului NDVI multianual de factorul sezonabilitate. Analiza trendului NDVI este considerată esențială, aceasta furnizând informațiile necesare în vederea investigării și stabilirii principalului agent de degradare. Tipologia trendului (pozitivă, negativă sau neutră) alături de semnificativitatea statistică a acesteia, au furnizat informații de mare relevanță. Punctele de întrerupere înregistrate la nivelul seriilor de date, sunt considerate evenimente perturbatoare cu impact major asupra sănătății pășunilor.

La scara Podișului Moldovei detectarea trendului NDVI în raport cu principalii factori premergători degradării a constituit un proces amplu de corelare, presupunând asocieri valide la nivel spațial și temporal. Din perspectivă climatică pășunile sunt considerate areale stabile, cu trend pozitiv al NDVI. Determinat la o scară spațială de 9, 5 km, factorul climatic a fost analizat pentru o perioadă de 7 decenii (1950 - 2024) și corelat cu succes cu serii de date NDVI compatibile, din categoria celor PKU GIMMS (1982 - 2022). Răspunsul pozitiv al pășunilor în fața schimbărilor climatice a impus o analiză de detaliu a acestui comportament.

Mergând către o scară de analiză medie, prin intermediul seriilor de date MODIS (250 m) a fost detectat un trend negativ al NDVI la nivelul regiunilor de luncă. Dependența bine-cunoscută

a acestor areale de factorul umiditate ne-a condus către consolidarea unui nou agent de degradare și anume, cel hidrologic. Oscilațiile vegetale în tandem cu fluctuațiile regimului hidric au fost demonstrate prin studii de caz și analize la nivel de pixel în raport cu seriile de date MODIS și cele Landsat. Operațiunea de validare însă a adus în atenție o rată mare a intervenției antropice. Prin prisma accesibilității conferite, luncile constituie areale de expansiune teritorială și permissive sub aspectul schimbărilor de utilizare a terenului. O privire de detaliu asupra indicatorului antropic a fost posibilă prin intermediul seriilor de date Landsat. Rezoluția spațială la 30 de metri a facilitat deopotrivă și identificarea factorului geomorfologic, și a celui geologic.

Diferențe considerabile au fost raportate în privința comportamentului pășunilor de luncă în raport cu cele de versant. În pofida suprapunerii peste versanții afectați de alunecări de teren sau ravene, pășunile de versant s-au dovedit a fi mult mai stabile. Comparativ cu celelalte formațiuni vegetale analizate, pășunile se dovedesc a fi mult mai sensibile, indicând o proporție a trendului negativ al NDVI mult mai mare comparativ cu celelalte clase de utilizare a terenului.

În procesul de evaluare a degradării pășunilor, beneficiile unei analize de tip multiscalar sunt evidente. Consolidate sub aspectul diferitelor scări spațiale, tipologiile de factori cu acțiune directă asupra pășunilor au fost reperate cu succes și analizate individual. Analizele la scară spațială mare au surprins caracteristici de detaliu, iar cele la rezoluție medie și mică au asigurat o percepție corectă asupra proceselor și fenomenelor cu rezonanță majoră. Asocierea corectă a factorilor locali (de tipul suprapășunatului) cu cei regionali (de tipul secetei) contribuie la o mai bună înțelegere a fenomenului de degradare și susțin targetarea unor măsuri sustenabile pe măsură.

Din perspectivă multitemporală, detectarea evoluției trendului NDVI în raport cu cele 4 decenii analizate a constituit o necesitate, mai ales din perspectiva asocierii trendului climatic.

Limitările studiului au fost impuse de lipsa continuității datelor cu rezoluție spațială ridicată. Datele din spectrul Landsat prezintă goluri de date și incompatibilitate la trecerea de la o serie satelitară la alta, iar disponibilitatea celor din categoria Sentinel limitează cu mult dimensiunea temporală vizată.

Rezultatele obținute și prezentate în cadrul acestei teze de doctorat constituie un element de originalitate, fiind primul studiu la nivel național care abordează problematica degradării pășunilor din aceasta perspectivă, și printre puținele la nivel internațional. Cu toate că analiza în sine are un caracter mai mult calitativ decât cantitativ, prin intermediul acesteia este marcată importanța unei analize de tip local în evaluarea globală a unui proces. Trecând de la un nivel de analiză spațială la altul am constatat diferențe considerabile care pot impacta percepția asupra impactului indus de un cert fenomen, în cazul de față, de schimbările climatice globale. La scara Podișului Moldovei pășunile rămân stabile din perspectivă climatică, problematica majoră fiind asociată în schimb factorului antropic.

La nivel științific, o astfel de abordare conceptuală și metodologică constituie un pas mare făcut în direcția corectă. Necesitatea monitorizării pășunilor venind la pachet cu necesitatea conștientizării importanței diferențelor impuse de scara spațială de lucru în cadrul procesului de analiză. Neîncercând a contrazice scenariul global din perspectivă climatică dorim doar a puncta un element major care trebuie avut în vedere atunci când un fenomen atât de complex precum degradarea pășunilor este analizat. Cu toate că factorul climatic tinde să fie considerat principalul agent de degradare al ecosistemelor de pășune, o analiză de detaliu a reușit să surprindă un scenariu diferit. Rezonanțe din spectrul climatic sunt resimțite în tandem cu factorul hidrologic, iar asocierea dintre variabila termică și trendul NDVI este cât se poate de veridică dar, cu toate acestea, nu primează. De asemenea, prezumăm faptul că pe fondul amprenteii pregnant resimțite la nivel global a factorului climatic, și ținând cont de scenariul detectat în raport cu arealul Podișului Moldovei, suprapunerea a două sau mai multe evenimente cu impact direct asupra pășunilor ar produce efecte iremediabile.

Perspectivile viitoare care vizează spectrul degradării pășunilor vor consta în continuitatea monitorizării acestor areale senzitive, dar pornind de la serii de date satelitare de înaltă calitate. Considerăm cât se poate de necesară construirea unei baze metodologice validate, așa cum este cea de față, cu scopul de a nu omite esențialul în detrimentul simplor prognoze statistice. De asemenea, extinderea analizei pășunilor la întregul areal al României va reprezenta un obiectiv obligatoriu.

Constatând faptul că situația pășunilor nu reprezintă o prioritate, fie că ne raportăm la autoritățile competente și în măsură a lua decizii sustenabile, sau că ne referim la comunitățile rurale izolate din Podișul Moldovei, o perspectivă de urmat va fi aceea de a întreprinde cât mai multe acțiuni de informare și conștientizare.

Pornind de la această perspectivă, prin prezenta teză de doctorat se reușește identificarea stadiului actual al degradării pășunilor în contextul unui management rudimentar, practicat de secole, substituit cu un altul marcat prin curențe manageriale, caracteristic comunităților rurale. Ipoteza primară de la care s-a pornit devine validă doar în anumite contexte spațiale și temporale, fiind dependentă de rezoluția spațială a datelor. Cu toate că impactul climatic este resimțit și validat, acesta nu are un impact negativ asupra pășunilor, principalul agent de degradare fiind cel antropic. Factorul geomorfologic are la bază un fundament solid care a condiționat dispunerea teritorială a pășunilor, dar, din perspectiva degradării, asocierile au revelat un caracter majoritar de stabilitate. Dincolo de acești trei factori primari, analiza realizată a adus în atenție un factor de factură hidrologică, a cărui impact este pe deplin validat, și un altul de ordin geologic, cu acțiune locală. Cele cinci categorii de factori au impus asocieri diferite sub aspect spațial și temporal.

Referințe bibliografice

- Adão, T., Hruška, J., Pádua, L., Bessa, J., Peres, E., Morais, R., Sousa, J. (2017). Hyperspectral Imaging: A Review on UAV-Based Sensors, Data Processing and Applications for Agriculture and Forestry. *Remote Sens.* 9, 1110. <https://doi.org/10.3390/rs9111110>
- Afuye, G.A., Kalumba, A.M., Busayo, E.T., Orimoloye, I.R. (2022). A bibliometric review of vegetation response to climate change. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 29, 18578–18590. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16319-7>
- Afuye, G.A., Kalumba, A.M., Orimoloye, I.R. (2021). Characterisation of Vegetation Response to Climate Change: A Review. *Sustainability* 13, 7265. <https://doi.org/10.3390/su13137265>
- Aguilar, R., Kelly, E.F., Heil, R.D. (1988). Effects of Cultivation on Soils in Northern Great Plains Rangeland. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52, 1081–1085. <https://doi.org/10.2136/sssaj1988.03615995005200040034x>
- Akiyama, T., Kawamura, K. (2007). Grassland degradation in China: Methods of monitoring, management and restoration. *Grassl. Sci.* 53, 1–17. <https://doi.org/10.1111/j.1744-697X.2007.00073.x>
- Alcaraz-Segura, D., Chuvieco, E., Epstein, H.E., Kasischke, E.S., Trishchenko, A. (2010). Debating the greening vs. browning of the North American boreal forest: differences between satellite datasets. *Glob. Change Biol.* 16, 760–770. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.01956.x>
- Aldcroft, D.H. (2006). *Europe's Third World: The European Periphery in the Interwar Years*; Ashgate: Farnham, UK.
- Allen, V.G., Batello, C., Berretta, E.J., Hodgson, J., Kothmann, M., Li, X., McIvor, J., Milne, J., Morris, C., Peeters, A. and Sanderson, M. (2011). An international terminology for grazing lands and grazing animals. *Grass and Forage Science*, 66(1), pp.2–28. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2010.00780.x>
- Amani, M., Mahdavi, S., Afshar, M., Brisco, B., Huang, W., Mohammad Javad Mirzadeh, S., White, L., Banks, S., Montgomery, J., Hopkinson, C. (2019). Canadian Wetland Inventory using Google Earth Engine: The First Map and Preliminary Results. *Remote Sens.* 11, 842. <https://doi.org/10.3390/rs11070842>
- Amundson, R., Heimsath, A., Owen, J., Yoo, K., Dietrich, W.E. (2015). Hillslope soils and vegetation. *Geomorphology* 234, 122–132. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2014.12.031>
- Angert, A., Biraud, S., Bonfils, C., Henning, C.C., Buermann, W., Pinzon, J., Tucker, C.J., Fung, I. (2005). Drier summers cancel out the CO₂ uptake enhancement induced by warmer springs. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 102, 10823–10827. <https://doi.org/10.1073/pnas.0501647102>
- Asrar, G., Weiser, R.L., Johnson, D.E., Kanemasu, E.T., Killeen, J.M. (1986). Distinguishing among tallgrass prairie cover types from measurements of multispectral reflectance. *Remote Sens. Environ.* 19, 159–169. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(86\)90069-6](https://doi.org/10.1016/0034-4257(86)90069-6)
- Aune-Lundberg, L., Strand, G.-H. (2021). The content and accuracy of the CORINE Land Cover dataset for Norway. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinformation* 96, 102266. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2020.102266>
- Avram, S., Ontel, I., Gheorghe, C., Rodino, S., Roșca, S. (2021). Applying a Complex Integrated Method for Mapping and Assessment of the Degraded Ecosystem Hotspots from Romania. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 18, 11416. <https://doi.org/10.3390/ijerph182111416>
- Azevedo, S.G., Sequeira, T., Santos, M., Nikuma, D. (2020). Climate change and sustainable development: the case of Amazonia and policy implications. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 27, 7745–7756. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-07725-4>
- Badano, E.I., Cavieres, L.A., Molina-Montenegro, M.A., Quiroz, C.L. (2005). Slope aspect influences plant association patterns in the Mediterranean matorral of central Chile. *J. Arid Environ.* 62, 93–108. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2004.10.012>
- Bai, Z.G., Dent, D.L., Olsson, L., Schaepman, M.E. (2008). Proxy global assessment of land degradation. *Soil Use Manag.* 24, 223–234. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2008.00169.x>
- Băcăunau, V., Barbu, N., Pantazică, M., Ungureanu, A., Chiriac, D. (1980) *Podișul Moldovei – Natura, om, economie*, Editura științifică și enciclopedică, București.
- Băloiu, V. (1955). *Ameliorarea tereurilor erodate*, Editura Agro-Silvică de Stat, București.
- Bannari, A., Morin, D., Bonn, F., Huete, A.R. (1995). A review of vegetation indices. *Remote Sens. Rev.* 13, 95–120. <https://doi.org/10.1080/02757259509532298>
- Bardgett, R.D., Bullock, J.M., Lavorel, S., Manning, P., Schaffner, U., Ostle, N., Chomel, M., Durigan, G., L. Fry, E., Johnson, D., Lavallee, J.M., Le Provost, G., Luo, S., Png, K., Sankaran, M., Hou, X., Zhou, H., Ma, L., Ren, W., Li, X., Ding, Y., Li, Y., Shi, H. (2021). Combating global grassland degradation. *Nat. Rev. Earth Environ.* 2, 720–735. <https://doi.org/10.1038/s43017-021-00207-2>

- Bareth, G. (2021) Towards an informed grassland farming – Sensors, platforms and algorithms in Sensing – New Insights into Grassland Science and Practice, *Proceedings of the 21st Symposium of the European Grassland Federation*, Online, Hosted by Universität Kassel, Germany (17-19 May 2021)
- Basu, S., Ramegowda, V., Kumar, A., Pereira, A. (2016). Plant adaptation to drought stress. *F1000Research* 5, 1554. <https://doi.org/10.12688/f1000research.7678.1>
- Beck, P.S.A., Atzberger, C., Høgda, K.A., Johansen, B., Skidmore, A.K. (2006). Improved monitoring of vegetation dynamics at very high latitudes: A new method using MODIS NDVI. *Remote Sens. Environ.* 100, 321–334. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.10.021>
- Beck, P.S.A., Goetz, S.J. (2012). Corrigendum: Satellite observations of high northern latitude vegetation productivity changes between 1982 and 2008: ecological variability and regional differences. *Environ. Res. Lett.* 7, 029501. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/7/2/029501>
- Bédard, F., Crump, S., Gaudreau, J. (2006). A comparison between Terra MODIS and NOAA AVHRR NDVI satellite image composites for the monitoring of natural grassland conditions in Alberta, Canada. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 32(1), 44–50. <https://doi.org/10.5589/m06-00>
- Behmanesh, B., Barani, H., Sarvestani, A. A., Shahraki, M. R., and Sharafatmandrad, M. (2016). Rangeland degradation assessment: a new strategy based on the ecological knowledge of indigenous pastoralists, *Solid Earth*, 7, 611–619, <https://doi.org/10.5194/se-7-611-2016>
- Bell, B., Hersbach, H., Simmons, A., Berrisford, P., Dahlgren, P., Horányi, A., Muñoz-Sabater, J., Nicolas, J., Radu, R., Schepers, D., Soci, C., Villaume, S., Bidlot, J., Haimberger, L., Woollen, J., Buontempo, C. and Thépaut, J. (2021). The ERA5 global reanalysis: Preliminary extension to 1950. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 147(741), pp.4186–4227. <https://doi.org/10.1002/qj.4174>
- Benedetti, R., Rossini, P. (1993). On the use of NDVI profiles as a tool for agricultural statistics: The case study of wheat yield estimate and forecast in Emilia Romagna. *Remote Sens. Environ.* 45, 311–326. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(93\)90113-C](https://doi.org/10.1016/0034-4257(93)90113-C)
- Berendse, F. (1979). Competition between plant populations with different rooting depths. *Oecologia*, 43(1), pp.19–26. <https://doi.org/10.1007/bf00346669>
- Bergman, K.-O., Ask, L., Askling, J., Ignell, H., Wahlman, H., Milberg, P. (2008). Importance of boreal grasslands in Sweden for butterfly diversity and effects of local and landscape habitat factors. *Biodivers. Conserv.* 17, 139–153. <https://doi.org/10.1007/s10531-007-9235-x>
- Beurs, K.M.D., Henebry, G.M. (2010). A land surface phenology assessment of the northern polar regions using MODIS reflectance time series. *Can. J. Remote Sens.* 36, S87–S110. <https://doi.org/10.5589/m10-021>
- Bédard, F., Crump, S. and Gaudreau, J. (2006). A comparison between Terra MODIS and NOAA AVHRR NDVI satellite image composites for the monitoring of natural grassland conditions in Alberta, Canada. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 32(1), pp.44–50. <https://doi.org/10.5589/m06-001>
- Blacksell, M. (2010). Agriculture and landscape in the 21st century Europe: the post-communist transition. *Eur. Countrys.* 2. <https://doi.org/10.2478/v10091-010-0002-8>
- Bowman, R.A., Mueller, D.M., McGinnies, W.J. (1985). Soil and Vegetation Relationships in a Central Plains Saltgrass Meadow. *J. Range Manag.* 38, 325. <https://doi.org/10.2307/3899413>
- Bowman, D. (2003). Australian landscape burning: a continental and evolutionary perspective. In *Fire in Ecosystems of South-West Western Australia: Impacts and Management*, ed. I Abbott, N Burrows, pp. 107–18. Leiden, Neth.: Backhuys Publ.
- Bradley, B.A., Jacob, R.W., Hermance, J.F., Mustard, J.F. (2007). A curve fitting procedure to derive inter-annual phenologies from time series of noisy satellite NDVI data. *Remote Sens. Environ.* 106, 137–145. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2006.08.002>
- Brotherton, S.J., Joyce, C.B., Berg, M.J., Awcock, G.J. (2019). Immediate and lag effects of hydrological change on floodplain grassland plants. *Plant Ecol.* 220, 345–359. <https://doi.org/10.1007/s11258-019-00918-z>
- Büttner, G., Steenmans, C., Bossard, M., Feranec, J., Kolár, J. (2000). Land Cover — Land Use Mapping within the European Corine Programme, in: Buchroithner, M.F. (Ed.), *Remote Sensing for Environmental Data in Albania: A Strategy for Integrated Management*. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 89–100. https://doi.org/10.1007/978-94-011-4357-8_9
- Cai, H., Yang, X., Xu, X. (2015). Human-induced grassland degradation/restoration in the central Tibetan Plateau: The effects of ecological protection and restoration projects. *Ecol. Eng.* 83, 112–119. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.06.031>
- Cao, J., Yeh, E.T., Holden, N.M., Qin, Y., Ren, Z. (2013). The Roles of Overgrazing, Climate Change and Policy as Drivers of Degradation of China's Grasslands. *Nomadic Peoples* 17, 82–101. <https://doi.org/10.3167/np.2013.170207>
- Carlson, T.N., Ripley, D.A. (1997). On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index. *Remote Sens. Environ.* 62, 241–252. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(97\)00104-1](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(97)00104-1)

- Castle M.E. (1976). A simple disc instrument for estimating herbage yield. *Journal of the British Grassland Society* 31 (1), 37–40. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1976.tb01113.x>
- Catchpole, W.R., Wheeler, C.J. (1992). Estimating plant biomass: A review of techniques. *Austral Ecol.* 17, 121–131. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1992.tb00790.x>
- Campbell, J.B. (2002). Introduction to remote sensing. 3rd ed. New York: The Guilford Press.
- Chen, B., Xiao, X., Li, X., Pan, L., Doughty, R., Ma, J., Dong, J., Qin, Y., Zhao, B., Wu, Z., Sun, R., Lan, G., Xie, G., Clinton, N., Giri, C. (2017). A mangrove forest map of China in 2015: Analysis of time series Landsat 7/8 and Sentinel-1A imagery in Google Earth Engine cloud computing platform. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* 131, 104–120. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2017.07.011>
- Chen, J., John, R., Sun, G., Fan, P., Henebry, G.M., Fernández-Giménez, M.E., Zhang, Y., Park, H., Tian, L., Groisman, P., Ouyang, Z., Allington, G., Wu, J., Shao, C., Amarjargal, A., Dong, G., Gutman, G., Huettmann, F., Laforteza, R., Crank, C., Qi, J. (2018). Prospects for the sustainability of social-ecological systems (SES) on the Mongolian plateau: five critical issues. *Environ. Res. Lett.* 13, 123004. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaf27b>
- Chen, T., Tang, G., Yuan, Y., Guo, H., Xu, Z., Jiang, G., Chen, X. (2020). Unraveling the relative impacts of climate change and human activities on grassland productivity in Central Asia over last three decades. *Sci. Total Environ.* 743, 140649. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140649>
- Chen, Y., Cao, R., Chen, J., Liu, L., Matsushita, B. (2021). A practical approach to reconstruct high-quality Landsat NDVI time-series data by gap filling and the Savitzky–Golay filter. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* 180, 174–190. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2021.08.015>
- Chen, Y., Guerschman, J., Shendryk, Y., Henry, D., Harrison, M.T. (2021). Estimating Pasture Biomass Using Sentinel-2 Imagery and Machine Learning. *Remote Sens.* 13, 603. <https://doi.org/10.3390/rs13040603>
- Chen, W., Wolf, B., Brüggemann, N., Butterbach-Bahl, K., Zheng, X. (2011). Annual emissions of greenhouse gases from sheepfolds in Inner Mongolia. *Plant and Soil*, 340(1–2), 291–301. <https://doi.org/10.1007/s11104-010-0367-5>
- Chirot, D. (1978). Social Change in Communist Romania. *Soc. Forces* 57, 457. <https://doi.org/10.2307/2577678>
- Cierjacks, A., Kleinschmit, B., Babinsky, M., Kleinschroth, F., Markert, A., Menzel, M., Ziechmann, U., Schiller, T., Graf, M., Lang, F. (2010). Carbon stocks of soil and vegetation on Danubian floodplains. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 173, 644–653. <https://doi.org/10.1002/jpln.200900209>
- Cleary, D.M., Feurdean, A., Tanțău, I., Forray, F.L. (2019). Pollen, $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ guano-derived record of late Holocene vegetation and climate in the southern Carpathians, Romania. *Rev. Palaeobot. Palynol.* 265, 62–75. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2019.03.002>
- Cleland, E.E., Chuine, I., Menzel, A., Mooney, H.A., Schwartz, M.D. (2007). Shifting plant phenology in response to global change. *Trends in Ecology & Evolution*, 22(7), pp.357–365. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2007.04.003>
- Cleland, E.E., Collins, S.L., Dickson, T.L., Farrer, E.C., Gross, K.L., Gherardi, L.A., Hallett, L.M., Hobbs, R.J., Hsu, J.S., Turnbull, L., Suding, K.N. (2013). Sensitivity of grassland plant community composition to spatial vs. temporal variation in precipitation. *Ecology* 94, 1687–1696. <https://doi.org/10.1890/12-1006.1>
- Clementini, C., Pomente, A., Latini, D., Kanamaru, H., Vuolo, M.R., Heureux, A., Fujisawa, M., Schiavon, G., Del Frate, F. (2020). Long-Term Grass Biomass Estimation of Pastures from Satellite Data. *Remote Sens.* 12, 2160. <https://doi.org/10.3390/rs12132160>
- Comber, A.J. (2008). The separation of land cover from land use using data primitives. *J. Land Use Sci.* 3, 215–229. <https://doi.org/10.1080/17474230802465173>
- Connell, J.H. (1978). Diversity in Tropical Rain Forests and Coral Reefs: high diversity of trees and corals is maintained only in a nonequilibrium state. *Science*, 199(4335), pp.1302–1310. <https://doi.org/10.1126/science.199.4335.1302>
- Constantin, P. (1960) Cercetări, rezultate și recomandări privind sporirea producției pășunilor, fânețelor și culturilor furajere – Pajiștile artificiale. In: Gologan I., Popovici I., Cosciug V., Costache A., Grîneanu A., Nicolau A., (eds) Metode agrotehnice pentru sporirea producției agricole în Moldova (Cercetări, rezultate și recomandări), Editura Academiei Republicii Populare Române, pp 348 – 367.
- Coops, N.C., Waring, R.H., Landsberg, J.J. (1998). Assessing forest productivity in Australia and New Zealand using a physiologically-based model driven with averaged monthly weather data and satellite-derived estimates of canopy photosynthetic capacity. *For. Ecol. Manag.* 104, 113–127. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(97\)00248-X](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(97)00248-X)
- Coppin, P., Jonckheere, I., Nackaerts, K., Muys, B., Lambin, E. (2004). Review Article Digital change detection methods in ecosystem monitoring: a review. *Int. J. Remote Sens.* 25, 1565–1596. <https://doi.org/10.1080/0143116031000101675>
- Costache I., Dumitrescu N., Bălan I., Popa A., Bălan V. (1968) Agrotehnica terenurilor în pantă, Editura Agrosilvică, București.
- Craine, J.M., Nippert, J.B., Elmore, A.J., Skibbe, A.M., Hutchinson, S.L., Brunsell, N.A. (2012). Timing of climate variability and grassland productivity. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 109, 3401–3405. <https://doi.org/10.1073/pnas.1118438109>

- Critchley, C.N.R., Chambers, B.J., Fowbert, J.A., Sanderson, R.A., Bhogal, A., Rose, S.C. (2002). Association between lowland grassland plant communities and soil properties. *Biol. Conserv.* 105, 199–215. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(01\)00183-5](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(01)00183-5)
- Croitoru, A.-E., Minea, I. (2015). The impact of climate changes on rivers discharge in Eastern Romania. *Theor. Appl. Climatol.* 120, 563–573. <https://doi.org/10.1007/s00704-014-1194-z>
- Dabral, P.P., Baithuri, N., Pandey, A. (2008). Soil Erosion Assessment in a Hilly Catchment of North Eastern India Using USLE, GIS and Remote Sensing. *Water Resour. Manag.* 22, 1783–1798. <https://doi.org/10.1007/s11269-008-9253-9>
- Dabrowska-Zielinska, K., Budzynska, M., Gatkowska, M., Kowalik, W., Bartold, M., Kiryla, M. (2017). Importance of grasslands monitoring applying optical and radar satellite data in perspective of changing climate, in: 2017 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS). Presented at the 2017 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), IEEE, Fort Worth, TX, pp. 5782–5785. <https://doi.org/10.1109/IGARSS.2017.8128322>
- de Beurs, K.M., Henebry, G.M. (2004). Land surface phenology, climatic variation, and institutional change: Analyzing agricultural land cover change in Kazakhstan. *Remote Sens. Environ.* 89, 497–509. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2003.11.006>
- De Jong, R., De Bruin, S., De Wit, A., Schaepman, M.E., Dent, D.L. (2011). Analysis of monotonic greening and browning trends from global NDVI time-series. *Remote Sens. Environ.* 115, 692–702. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2010.10.011>
- De Jong, R., Verbesselt, J., Zeileis, A., Schaepman, M. (2013). Shifts in Global Vegetation Activity Trends. *Remote Sens.* 5, 1117–1133. <https://doi.org/10.3390/rs5031117>
- De Micco, V., Aronne, G. (2012). Morpho-Anatomical Traits for Plant Adaptation to Drought, in: Aroca, R. (Ed.), Plant Responses to Drought Stress. *Springer Berlin Heidelberg*, Berlin, Heidelberg, pp. 37–61. https://doi.org/10.1007/978-3-642-32653-0_2
- De O. Silveira, E. M., De Carvalho, L. M. T., Junior, F. W. A., & De Mello, J. M. (2007). The Assessment of Vegetation Seasonal Dynamics using Multitemporal NDVI and EVI images derived from MODIS. 2007 International Workshop on the Analysis of Multi-Temporal Remote Sensing Images, 1–5. <https://doi.org/10.1109/MULTITEMP.2007.4293049>
- Deák, B., Tóthmérész, B., Valkó, O., Sudnik-Wójcikowska, B., Moysiyenko, I.I., Bragina, T.M., Apostolova, I., Dembicz, I., Bykov, N.I., Török, P. (2016). Cultural monuments and nature conservation: a review of the role of kurgans in the conservation and restoration of steppe vegetation. *Biodivers. Conserv.* 25, 2473–2490. <https://doi.org/10.1007/s10531-016-1081-2>
- deBeurs, K.M., Henebry, G.M. (2004). Trend Analysis of the Pathfinder AVHRR Land (PAL) NDVI Data for the Deserts of Central Asia. *IEEE Geosci. Remote Sens. Lett.* 1, 282–286. <https://doi.org/10.1109/LGRS.2004.834805>
- Deletant, D. (1999). Romania under Communism Paradox and Degeneration. Disponibil la: <https://doi.org/10.4324/9781315201405>
- Dembicz, I., Moysiyenko, I.I., Shaposhnikova, A., Vynokurov, D., Kozub, Ł., Sudnik-Wójcikowska, B. (2016). Isolation and patch size drive specialist plant species density within steppe islands: a case study of kurgans in southern Ukraine. *Biodivers. Conserv.* 25, 2289–2307. <https://doi.org/10.1007/s10531-016-1077-y>
- Dengler, J., Janišová, M., Török, P., Wellstein, C. (2014). Biodiversity of Palaearctic grasslands: a synthesis. *Agric. Ecosyst. Environ.* 182, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.12.015>
- Dengler, J., Tischew, S. (2018). Grasslands of Western and Northern Europe - Between Intensification and Abandonment, in: Grasslands of the World. CRC Press, pp. 41–77. <https://doi.org/10.1201/9781315156125-10>
- Didan, K.: MODIS/Terra Vegetation Indices Monthly L3 Global 0.05Deg CMG V061 (V061), NASA EOSDIS Land Processes DAAC [data set], <https://doi.org/10.5067/MODIS/MOD13C2.061>, 2021
- Dixon, A.P., Faber-Langendoen, D., Josse, C., Morrison, J., Loucks, C.J. (2014). Distribution mapping of world grassland types. *J. Biogeogr.* 41, 2003–2019. <https://doi.org/10.1111/jbi.12381>
- Dobri, R.-V., Sfică, L., Amihăse, V.-A., Apostol, L., Țîmpu, S. (2021). Drought Extent and Severity on Arable Lands in Romania Derived from Normalized Difference Drought Index (2001–2020). *Remote Sens.* 13, 1478. <https://doi.org/10.3390/rs13081478>
- Doru S.C. (2018) Analiza spațială a schimbărilor de utilizare a terenului din Județul Iași în secolele XX-XXI. Teză de doctorat, Universitatea Alexandru Ioan Cuza din Iași.
- Doru, S.-C., Văculeanu, G., Niculiță, M., Grozavu, A. (2023). Pasture spatial variability in floodplain areas of Northeastern Romania. <http://dx.doi.org/10.15551/lsgdc.v5i1i2.02>
- Dusseux, P., Corpetti, T., Hubert-Moy, L., Corgne, S. (2014). Combined Use of Multi-Temporal Optical and Radar Satellite Images for Grassland Monitoring. *Remote Sens.* 6, 6163–6182. <https://doi.org/10.3390/rs6076163>

- Eastman, J., Sangermano, F., Machado, E., Rogan, J., Anyamba, A. (2013). Global Trends in Seasonality of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), 1982–2011. *Remote Sens.* 5, 4799–4818. <https://doi.org/10.3390/rs5104799>
- Eklundh, L., Olsson, L. (2003). Vegetation index trends for the African Sahel 1982–1999. *Geophys. Res. Lett.* 30, 2002GL016772. <https://doi.org/10.1029/2002GL016772>
- El Baroudy, A.A. (2011). Monitoring land degradation using remote sensing and GIS techniques in an area of the middle Nile Delta, Egypt. *CATENA* 87, 201–208. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2011.05.023>
- Eurostat, (2020). Share of main land types in utilised agricultural area (UAA) by NUTS 2 regions. Disponibil la: https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/fr/tai05_esmsip2.htm
- Evans, R.A., Jones, M.B. (1958). Plant Height Times Ground Cover versus Clipped Samples for Estimating Forage Production 1. *Agron. J.* 50, 504–506. <https://doi.org/10.2134/agronj1958.00021962005000090003x>
- Falt'an, V., Petrovič, F., O'ahel', J., Feranec, J., Druga, M., Hruška, M., Nováček, J., Solár, V., Mechurová, V. (2020). Comparison of CORINE Land Cover Data with National Statistics and the Possibility to Record This Data on a Local Scale—Case Studies from Slovakia. *Remote Sens.* 12, 2484. <https://doi.org/10.3390/rs12152484>
- Fedrigo, J.K., Ataide, P.F., Filho, J.A., Oliveira, L.V., Jaurena, M., Laca, E.A., Overbeck, G.E. and Nabinger, C. (2017). Temporary grazing exclusion promotes rapid recovery of species richness and productivity in a long-term overgrazed Campos grassland. *Restoration Ecology*, 26(4), pp.677–685. <https://doi.org/10.1111/rec.12635>
- Felipe-Lucia, M.R., Comín, F.A. (2015). Ecosystem services–biodiversity relationships depend on land use type in floodplain agroecosystems. *Land Use Policy* 46, 201–210. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.02.003>
- Fensholt, R., Proud, S.R. (2012). Evaluation of Earth Observation based global long term vegetation trends — Comparing GIMMS and MODIS global NDVI time series. *Remote Sens. Environ.* 119, 131–147. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.12.015>
- Feranec, J.; Soukup, T.; Hazeu, G.; Jaffrain, G., (Ed.), (2016) European landscape dynamics: Corine land cover data, 1st ed.; Publisher: Boca Raton, FL, USA; pp. 31 – 32.
- Fernández-Habas, J., García Moreno, A.M., Hidalgo-Fernández, M.T., Leal-Murillo, J.R., Abellanas Oar, B., Gómez-Giráldez, P.J., González-Dugo, M.P., Fernández-Rebollo, P. (2021). Investigating the potential of Sentinel-2 configuration to predict the quality of Mediterranean permanent grasslands in open woodlands. *Sci. Total Environ.* 791, 148101. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148101>
- Feurdean, A., Grindean, R., Florescu, G., Tanțău, I., Niedermeyer, E.M., Diaconu, A.-C., Hutchinson, S.M., Nielsen, A.B., Sava, T., Panait, A., Braun, M., Hickler, T. (2021). The transformation of the forest steppe in the lower Danube Plain of southeastern Europe: 6000 years of vegetation and land use dynamics. *Biogeosciences* 18, 1081–1103. <https://doi.org/10.5194/bg-18-1081-2021>
- Feurdean, A., Ruprecht, E., Molnár, Z., Hutchinson, S.M., Hickler, T. (2018). Biodiversity-rich European grasslands: Ancient, forgotten ecosystems. *Biol. Conserv.* 228, 224–232. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.09.022>
- Forkel, M., Carvalhais, N., Verbesselt, J., Mahecha, M., Neigh, C., Reichstein, M. (2013). Trend Change Detection in NDVI Time Series: Effects of Inter-Annual Variability and Methodology. *Remote Sens.* 5, 2113–2144. <https://doi.org/10.3390/rs5052113>
- Franke, J., Keuck, V., Siegert, F., 2012. Assessment of grassland use intensity by remote sensing to support conservation schemes. *J. Nat. Conserv.* 20, 125–134. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2012.02.001>
- Franzleubbers, A.J. (2010). Soil organic carbon in managed pastures of the southeastern United States of America. In FAO (ed). *Grassland Carbon Sequestration: Management, Policy and Economics*. Proceedings of the Workshop on the Role of Grassland Carbon Sequestration in the Mitigation of Climate Change. Rome, Italy, 163–75.
- Friedl, M. A., McIver, D. K., Hodges, J. C. F., Zhang, X. Y., Muchoney, D., Strahler, A. H., Woodcock, C. E., Gopal, S., Schneider, A., Cooper, A., Baccini, A., Gao, F., and Schaaf, C. (2002) Global land cover mapping from MODIS: algorithms and early results, *Remote Sens. Environ.*, 83, 287–302, [https://doi.org/10.1016/s0034-4257\(02\)00078-0](https://doi.org/10.1016/s0034-4257(02)00078-0)
- Fuller, R.M. (1987). The changing extent and conservation interest of lowland grasslands in England and Wales: A review of grassland surveys 1930–1984. *Biol. Conserv.* 40, 281–300. [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(87\)90121-2](https://doi.org/10.1016/0006-3207(87)90121-2)
- Fung, T., Siu, W. (2000). Environmental quality and its changes, an analysis using NDVI. *Int. J. Remote Sens.* 21, 1011–1024. <https://doi.org/10.1080/014311600210407>
- Funk, C., Budde, M.E. (2009). Phenologically-tuned MODIS NDVI-based production anomaly estimates for Zimbabwe. *Remote Sens. Environ.* 113, 115–125. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2008.08.015>
- Gallo, K., Ji, L., Reed, B., Eidenshink, J., Dwyer, J. (2005). Multi-platform comparisons of MODIS and AVHRR normalized difference vegetation index data. *Remote Sensing of Environment*, 99(3), 221–231. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.08.014>

- Gang, C., Zhou, W., Chen, Y., Wang, Z., Sun, Z., Li, J., Qi, J., Odeh, I. (2014). Quantitative assessment of the contributions of climate change and human activities on global grassland degradation. *Environ. Earth Sci.* 72, 4273–4282. <https://doi.org/10.1007/s12665-014-3322-6>
- Gao, F., Masek, J., Schwaller, M., Hall, F. (2006). On the blending of the Landsat and MODIS surface reflectance: Predicting daily Landsat surface reflectance. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 44(8), 2207–2218. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2006.872081>
- García Álvarez, D., Camacho Olmedo, M.T. (2023). Analysing the inconsistencies of CORINE status layers (CLC) and layers of changes (CHA) (1990–2018) for a Spanish case study. *Ann. GIS* 29, 369–386. <https://doi.org/10.1080/19475683.2023.2166583>
- Garratt, R., Allaby, M., Day, T., Moore, P.D. (2006). *Biomes of the Earth*. New York: Chelsea House.
- Gelfand, I., Sahajpal, R., Zhang, X., Izaurrealde, R.C., Gross, K.L., Robertson, G.P. (2013). Sustainable bioenergy production from marginal lands in the US Midwest. *Nature* 493, 514–517. <https://doi.org/10.1038/nature11811>
- Geng, L., Che, T., Wang, X., Wang, H. (2019). Detecting Spatiotemporal Changes in Vegetation with the BFAST Model in the Qilian Mountain Region during 2000–2017. *Remote Sens.* 11, 103. <https://doi.org/10.3390/rs11020103>
- Ghorbanian, A., Mohammadzadeh, A., Jamali, S. (2022). Linear and Non-Linear Vegetation Trend Analysis throughout Iran Using Two Decades of MODIS NDVI Imagery. *Remote Sens.* 14, 3683. <https://doi.org/10.3390/rs14153683>
- Gibbs, H.K., Salmon, J.M. (2015). Mapping the world's degraded lands. *Appl. Geogr.* 57, 12–21. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.11.024>
- Gómez Giménez, M., de Jong, R., Della Peruta, R., Keller, A., Schaepman, M.E. (2017). Determination of grassland use intensity based on multi-temporal remote sensing data and ecological indicators. *Remote Sens. Environ.* 198, 126–139. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.003>
- Gong, X., Brueck, H., Giese, K.M., Zhang, L., Sattelmacher, B., Lin, S. (2008). Slope aspect has effects on productivity and species composition of hilly grassland in the Xilin River Basin, Inner Mongolia, China. *J. Arid Environ.* 72, 483–493. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2007.07.001>
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sens. Environ.* 202, 18–27. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>
- Goret, T., Janssens, X., Godefroid, S. (2021). A decision-making tool for restoring lowland grasslands in Europe. *J. Nat. Conserv.* 63, 126046. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2021.126046>
- Grime, J.P., Thompson, K., Hunt, R., Hodgson, J.G., Cornelissen, J.H.C., Rorison, I.H., Hendry, G.A.F., Ashenden, T.W., Askew, A.P., Band, S.R., Booth, R.E., Bossard, C.C., Campbell, B.D., Cooper, J.E.L., Davison, A.W., Gupta, P.L., Hall, W., Hand, D.W., Hannah, M.A., Hillier, S.H., Hodgkinson, D.J., Jalili, A., Liu, Z., Mackey, J.M.L., Matthews, N., Mowforth, M.A., Neal, A.M., Reader, R.J., Reiling, K., Ross-Fraser, W., Spencer, R.E., Sutton, F., Tasker, D.E., Thorpe, P.C., Whitehouse, J. (1997). Integrated Screening Validates Primary Axes of Specialisation in Plants. *Oikos* 79, 259. <https://doi.org/10.2307/3546011>
- Grime, J. P. (1973). Competitive Exclusion in Herbaceous Vegetation. *Nature*, 242(5396), pp.344–347. <https://doi.org/10.1038/242344a0>
- Grîneanu, A. (1960) Cercetări, rezultate și recomandări privind sporirea producției pășunilor, fânețelor și culturilor furajere – Pajiștile naturale. In: Gologan I., Popovici I., Cosciug V., Costache A., Grîneanu A., Nicolau A., (eds) Metode agrotehnice pentru sporirea producției agricole în Moldova (Cercetări, rezultate și recomandări), Editura Academiei Republicii Populare Române, pp 327 – 347.
- Gumnior, M., Herbig, C., Krause, R., Urdea, P., Ardelean, A.C., Bălărie, A., Stobbe, A. (2020). Palaeoecological evidence from buried topsoils and colluvial layers at the Bronze Age fortification Cornești-Iarcuri, SW Romania: results from palynological, sedimentological, chronostratigraphical and plant macrofossil analyses. *Veg. Hist. Archaeobotany* 29, 173–188. <https://doi.org/10.1007/s00334-019-00762-1>
- Gyssels, G., Poesen, J., Bochet, E., Li, Y. (2005). Impact of plant roots on the resistance of soils to erosion by water: a review. *Prog. Phys. Geogr. Earth Environ.* 29, 189–217. <https://doi.org/10.1191/0309133305pp443ra>
- Habel, J.C., Dengler, J., Janišová, M., Török, P., Wellstein, C., Wiezik, M. (2013). European grassland ecosystems: threatened hotspots of biodiversity. *Biodivers. Conserv.* 22, 2131–2138. <https://doi.org/10.1007/s10531-013-0537-x>
- Hall, F.G., Townshend, J.R., Engman, E.T. (1995). Status of remote sensing algorithms for estimation of land surface state parameters. *Remote Sens. Environ.* 51, 138–156. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(94\)00071-T](https://doi.org/10.1016/0034-4257(94)00071-T)
- Hamunyela, E., Rosca, S., Mirt, A., Engle, E., Herold, M., Gieseke, F., Verbesselt, J. (2020). Implementation of BFASTmonitor Algorithm on Google Earth Engine to Support Large-Area and Sub-Annual Change Monitoring Using Earth Observation Data. *Remote Sens.* 12, 2953. <https://doi.org/10.3390/rs12182953>

- Han, D., Wang, G., Xue, B., Liu, T., A, Y., Xu, X. (2018). Evaluation of semiarid grassland degradation in North China from multiple perspectives. *Ecol. Eng.* 112, 41–50. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.12.011>
- Han, J.G., Zhang, Y.J., Wang, C.J., Bai, W.M., Wang, Y.R., Han, G.D., Li, L.H. (2008). Rangeland degradation and restoration management in China. *Rangel. J.* 30, 233. <https://doi.org/10.1071/RJ08009>
- Hanna, M.M., Steyn-Ross, D.A., Steyn-Ross, M. (1999). Estimating Biomass for New Zealand Pasture Using Optical Remote Sensing Techniques. *Geocarto Int.* 14, 89–94. <https://doi.org/10.1080/10106049908542121>
- Hansen, M.C., Defries, R.S., Townshend, J.R.G., Sohlberg, R. (2000). Global land cover classification at 1 km spatial resolution using a classification tree approach. *Int. J. Remote Sens.* 21, 1331–1364. <https://doi.org/10.1080/014311600210209>
- Hersbach H, Bell B, Berrisford P, et al. The ERA5 global reanalysis. *Q J R Meteorol Soc.* 2020;146:1999–2049. <https://doi.org/10.1002/qj.3803help>
- Hardy, T., Kooistra, L., Domingues Franceschini, M., Richter, S., Vonk, E., van den Eertwegh, G., van Deijl, D. (2021). Sen2Grass: A Cloud-Based Solution to Generate Field-Specific Grassland Information Derived from Sentinel-2 Imagery. *AgriEngineering* 3, 118–137. <https://doi.org/10.3390/agriengineering3010008>
- Harris, R.B. (2010). Rangeland degradation on the Qinghai-Tibetan plateau: A review of the evidence of its magnitude and causes. *J. Arid Environ.* 74, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2009.06.014>
- He, C., Tian, J., Gao, B., Zhao, Y. (2015). Differentiating climate- and human-induced drivers of grassland degradation in the Liao River Basin, China. *Environ. Monit. Assess.* 187, 4199. <https://doi.org/10.1007/s10661-014-4199-2>
- Hejman, M., Hejmanová, P., Pavlů, V., Beneš, J. (2013). Origin and history of grasslands in Central Europe - a review. *Grass Forage Sci.* 68, 345–363. <https://doi.org/10.1111/gfs.12066>
- Hill, J., Stellmes, M., Udelhoven, Th., Röder, A., Sommer, S. (2008). Mediterranean desertification and land degradation. *Glob. Planet. Change* 64, 146–157. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2008.10.005>
- Hirsch, R.M., Slack, J.R. (1984). A Nonparametric Trend Test for Seasonal Data with Serial Dependence. *Water Resour. Res.* 20, 727–732. <https://doi.org/10.1029/WR020i006p00727>
- Holtvoeth, J., Vogel, H., Valsecchi, V., Lindhorst, K., Schouten, S., Wagner, B., Wolff, G.A. (2017). Linear and non-linear responses of vegetation and soils to glacial-interglacial climate change in a Mediterranean refuge. *Sci. Rep.* 7, 8121. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-08101-y>
- Hoppe, F., Zhusui Kyzy, T., Usupbaev, A., Schickhoff, U. (2016). Rangeland degradation assessment in Kyrgyzstan: vegetation and soils as indicators of grazing pressure in Naryn Oblast. *J. Mt. Sci.* 13, 1567–1583. <https://doi.org/10.1007/s11629-016-3915-5>
- Huang, S., Tang, L., Hupy, J.P., Wang, Y., Shao, G. (2021). A commentary review on the use of normalized difference vegetation index (NDVI) in the era of popular remote sensing. *J. For. Res.* 32, 1–6. <https://doi.org/10.1007/s11676-020-01155-1>
- Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E.P., Gao, X., Ferreira, L.G. (2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sens. Environ.* 83, 195–213. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00096-2](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00096-2)
- Ibrahim, Y., Balzter, H., Kaduk, J., Tucker, C. (2015). Land Degradation Assessment Using Residual Trend Analysis of GIMMS NDVI3g, Soil Moisture and Rainfall in Sub-Saharan West Africa from 1982 to 2012. *Remote Sens.* 7, 5471–5494. <https://doi.org/10.3390/rs70505471>
- Ionesi, L., Ionesi, B., Lungu, A., Roșca, V., Ionesi, V. (2005) *Sarmațianul mediu și superior de pe Platforma Moldovenească*, Editura Academiei Române.
- Irimia, L.M., Patriche, C.V., Quenol, H., Sfică, L., Foss, C. (2018). Shifts in climate suitability for wine production as a result of climate change in a temperate climate wine region of Romania. *Theor. Appl. Climatol.* 131, 1069–1081. <https://doi.org/10.1007/s00704-017-2033-9>
- IPCC, (2021). Summary for policymakers. In: Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S.L., P'ean, C., Berger, S., Caud, N., Chen, Y., Goldfarb, L., Gomis, M.I., Huang, M., Leitzell, K., Lonnoy, E., Matthews, J.B.R., Maycock, T.K., Waterfield, T., Yelekçi, O., Yu, R., Zhou, B. (Eds.), *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- Jackson, R.D., Huete, A.R. (1991). Interpreting vegetation indices. *Prev. Vet. Med.* 11, 185–200. [https://doi.org/10.1016/S0167-5877\(05\)80004-2](https://doi.org/10.1016/S0167-5877(05)80004-2)
- Jamali, S., Seaquist, J., Eklundh, L., Ardö, J. (2014). Automated mapping of vegetation trends with polynomials using NDVI imagery over the Sahel. *Remote Sens. Environ.* 141, 79–89. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.10.019>

- Jamrichová, E., Bobek, P., Šolcová, A., Tkáč, P., Hédli, R., Valachovič, M. (2019). Lowland pine forests in the northwestern Pannonian Basin: between natural vegetation and modern plantations. *Reg. Environ. Change* 19, 2395–2409. <https://doi.org/10.1007/s10113-019-01555-y>
- Janssens, F., Peeters, A., Tallowin, J.R.B., Bakker, J.P., Bekker, R.M., Fillat, F. (1998). Relationship between soil chemical factors and grassland diversity. *Plant and Soil* 202, 69–78. <https://doi.org/10.1023/A:1004389614865>
- Jeangros, B., Thomet, P. (2004). Multi-functionality of grassland systems in Switzerland. In: Lüscher, A., Jeangros, B., Kessler, W., Huguenin, O., Lobsiger, M. Millar, Suter, D.N. (Eds.), *Land Use Systems in Grassland Dominated Regions: Proceedings of the 20th General Meeting of the European Grassland Federation*, Luzern, Switzerland, 21-24 June 2004. Grassland Science in Europe. Vdf Hochschulverlag pp. 9, 11-23.
- Jiang, N., Zhu, W., Zheng, Z., Chen, G., Fan, D. (2013). A Comparative Analysis between GIMSS NDVIg and NDVI3g for Monitoring Vegetation Activity Change in the Northern Hemisphere during 1982–2008. *Remote Sens.* 5, 4031–4044. <https://doi.org/10.3390/rs5084031>
- Jiménez-Muñoz, J.C., Sobrino, J.A., Gillespie, A., Sabol, D., Gustafson, W.T. (2006). Improved land surface emissivities over agricultural areas using ASTER NDVI. *Remote Sens. Environ.* 103, 474–487. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2006.04.012>
- Jong, R., Verbesselt, J., Schaepman, M.E., Bruin, S. (2012). Trend changes in global greening and browning: contribution of short-term trends to longer-term change. *Glob. Change Biol.* 18, 642–655. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02578.x>
- Kairis, O., Karavitis, C., Salvati, L., Kounalaki, A., Kosmas, K. (2015). Exploring the Impact of Overgrazing on Soil Erosion and Land Degradation in a Dry Mediterranean Agro-Forest Landscape (Crete, Greece). *Arid Land Res. Manag.* 29, 360–374. <https://doi.org/10.1080/15324982.2014.968691>
- Kindu, M., Schneider, T., Teketay, D., Knoke, T. (2013). Land Use/Land Cover Change Analysis Using Object-Based Classification Approach in Munessa-Shashemene Landscape of the Ethiopian Highlands. *Remote Sens.* 5, 2411–2435. <https://doi.org/10.3390/rs5052411>
- Kogan, F.N. (1995). Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection. *Adv. Space Res.* 15, 91–100. [https://doi.org/10.1016/0273-1177\(95\)00079-T](https://doi.org/10.1016/0273-1177(95)00079-T)
- Koster, R.D. (2004). Regions of Strong Coupling Between Soil Moisture and Precipitation. *Science*, 305(5687), pp.1138–1140. <https://doi.org/10.1126/science.1100217>
- Kölbl, A., Steffens, M., Wiesmeier, M., Hoffmann, C., Funk, R., Krümmelbein, J., Reszkowska, A., Zhao, Y., Peth, S., Horn, R., Giese, M., Kögel-Knabner, I. (2011). Grazing changes topography-controlled topsoil properties and their interaction on different spatial scales in a semi-arid grassland of Inner Mongolia, P.R. China. *Plant Soil* 340, 35–58. <https://doi.org/10.1007/s11104-010-0473-4>
- Kong, D., Zhang, Q., Singh, V.P., Shi, P. (2017). Seasonal vegetation response to climate change in the Northern Hemisphere (1982–2013). *Glob. Planet. Change* 148, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2016.10.020>
- Kuemmerle, T., Müller, D., Griffiths, P., Rusu, M. (2009). Land use change in Southern Romania after the collapse of socialism. *Reg. Environ. Change* 9, 1–12. <https://doi.org/10.1007/s10113-008-0050-z>
- Kumar, L., Mutanga, O. (2018). Google Earth Engine Applications Since Inception: Usage, Trends, and Potential. *Remote Sens.* 10, 1509. <https://doi.org/10.3390/rs10101509>
- Kuneš, P., Svobodová-Svitavská, H., Kolář, J., Hajnalová, M., Abraham, V., Macek, M., Tkáč, P., Szabó, P. (2015). The origin of grasslands in the temperate forest zone of east-central Europe: long-term legacy of climate and human impact. *Quat. Sci. Rev.* 116, 15–27. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2015.03.014>
- Laidler, G.J., Treitz, P.M., Atkinson, D.M. (2009). Remote Sensing of Arctic Vegetation: Relations between the NDVI, Spatial Resolution and Vegetation Cover on Boothia Peninsula, Nunavut. *ARCTIC* 61, 1. <https://doi.org/10.14430/arctic2>
- Lambin, E.F., Gibbs, H.K., Ferreira, L., Grau, R., Mayaux, P., Meyfroidt, P., Morton, D.C., Rudel, T.K., Gasparri, I., Munger, J. (2013). Estimating the world's potentially available cropland using a bottom-up approach. *Glob. Environ. Change* 23, 892–901. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.05.005>
- Lambin, E.F., Meyfroidt, P. (2011). Global land use change, economic globalization, and the looming land scarcity. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 108, 3465–3472. <https://doi.org/10.1073/pnas.1100480108>
- Liu, H.W., Feng, S., Ng, C.W.W. (2016). Analytical analysis of hydraulic effect of vegetation on shallow slope stability with different root architectures. *Comput. Geotech.* 80, 115–120. <https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2016.06.006>
- Liu, J., Diamond, J. (2005). China's environment in a globalizing world. *Nature* 435, 1179–1186. <https://doi.org/10.1038/4351179a>
- Liu, S., Cheng, F., Dong, S., Zhao, H., Hou, X. and Wu, X. (2017). Spatiotemporal dynamics of grassland aboveground biomass on the Qinghai-Tibet Plateau based on validated MODIS NDVI. *Scientific Reports*, 7(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-04038-4>

- Liu, J., Ma, X., Duan, Z., Jiang, J., Reichstein, M., Jung, M. (2020). Impact of temporal precipitation variability on ecosystem productivity. *WIREs Water* 7. <https://doi.org/10.1002/wat2.1481>
- Liu, N., Zhang, Y., Chang, S., Kan, H., Lin, L. (2012). Impact of Grazing on Soil Carbon and Microbial Biomass in Typical Steppe and Desert Steppe of Inner Mongolia. *PLoS ONE* 7, e36434. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0036434>
- Liu, Y., Li, Y., Li, S., Motesharrei, S. (2015). Spatial and Temporal Patterns of Global NDVI Trends: Correlations with Climate and Human Factors. *Remote Sens.* 7, 13233–13250. <https://doi.org/10.3390/rs71013233>
- Liu, Y., Wang, Q., Zhang, Z., Tong, L., Wang, Z., Li, J. (2019). Grassland dynamics in responses to climate variation and human activities in China from 2000 to 2013. *Sci. Total Environ.* 690, 27–39. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.503>
- Liu, Y., Zha, Y., Gao, J., Ni, S. (2004). Assessment of grassland degradation near Lake Qinghai, West China, using Landsat TM and in situ reflectance spectra data. *Int. J. Remote Sens.* 25, 4177–4189. <https://doi.org/10.1080/01431160410001680419>
- Liu, Y.Y., Evans, J.P., McCabe, M.F., de Jeu, R.A.M., van Dijk, A.I.J.M., Dolman, A.J. and Saizen, I. (2013). Changing Climate and Overgrazing Are Decimating Mongolian Steppes. *PLoS ONE*, 8(2), p.e57599. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0057599>
- Löbmann, M.T., Tonin, R., Wellstein, C., Zerbe, S. (2020b). Determination of the surface-mat effect of grassland slopes as a measure for shallow slope stability. *CATENA* 187, 104397. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104397>
- Ludwig, J.A., Wilcox, B.P., Breshears, D.D., Tongway, D.J., Imeson, A.C. (2005). Vegetation Patches and Runoff-Erosion as Interacting Ecohydrological Processes in Semiarid Landscapes. *Ecology*, 86(2), pp.288–297. <https://doi.org/10.1890/03-0569>
- Lup, A., Miron, L., Alim, I.D. (2018). Reforms and agricultural policies in Romania 1918-18, 12.
- Lyu, X., Li, X., Dang, D., Dou, H., Xuan, X., Liu, S., Li, M., Gong, J. (2020). A new method for grassland degradation monitoring by vegetation species composition using hyperspectral remote sensing. *Ecol. Indic.* 114, 106310. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106310>
- Madonsela, S., Cho, M.A., Ramoelo, A., Mutanga, O. (2017). Remote sensing of species diversity using Landsat 8 spectral variables. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* 133, 116–127. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2017.10.008>
- Magyari, E.K., Chapman, J.C., Passmore, D.G., Allen, J.R.M., Huntley, J.P., Huntley, B. (2010). Holocene persistence of wooded steppe in the Great Hungarian Plain. *J. Biogeogr.* 37, 915–935. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2009.02261.x>
- Mansour, K., Mutanga, O., Everson, T. and Adam, E. (2012). Discriminating indicator grass species for rangeland degradation assessment using hyperspectral data resampled to AISA Eagle resolution. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 70, pp.56–65. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2012.03.006>
- Marchionni, V., Daly, E., Manoli, G., Tapper, N.J., Walker, J.P., Fatichi, S. (2020). Groundwater Buffers Drought Effects and Climate Variability in Urban Reserves. *Water Resour. Res.* 56. <https://doi.org/10.1029/2019WR026192>
- Marfai, M. A., Almohammad, H., Dey, S., Susanto, B., King, L. (2008). Coastal dynamic and shoreline mapping: Multi-sources spatial data analysis in Semarang Indonesia. *Environmental Monitoring and Assessment*, 142(1–3), 297–308. <https://doi.org/10.1007/s10661-007-9929-2>
- Mărgărint, M.C., Grozavu, A., Patriche, C.V. (2013). Assessing the spatial variability of coefficients of landslide predictors in different regions of Romania using logistic regression. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 13, 3339–3355. <https://doi.org/10.5194/nhess-13-3339-2013>
- Mărgărint, M.C., Niculiță, M. (2017). Landslide Type and Pattern in Moldavian Plateau, NE Romania, in: Radoane, M., Vespremeanu-Stroe, A. (Eds.), *Landform Dynamics and Evolution in Romania*, Springer Geography. Springer International Publishing, Cham, pp. 271–304. https://doi.org/10.1007/978-3-319-32589-7_12
- Marini, L., Fontana, P., Scotton, M., Klimek, S. (2008). Vascular plant and Orthoptera diversity in relation to grassland management and landscape composition in the European Alps. *J. Appl. Ecol.* 45, 361–370. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2007.01402.x>
- Marrs, R.H. (1993). Soil Fertility and Nature Conservation in Europe: Theoretical Considerations and Practical Management Solutions, in: *Advances in Ecological Research*. Elsevier, pp. 241–300. [https://doi.org/10.1016/S0065-2504\(08\)60044-6](https://doi.org/10.1016/S0065-2504(08)60044-6)
- Marshall, V.M., Lewis, M.M., Ostendorf, B. (2014). Detecting new Buffel grass infestations in Australian arid lands: evaluation of methods using high-resolution multispectral imagery and aerial photography. *Environ. Monit. Assess.* 186, 1689–1703. <https://doi.org/10.1007/s10661-013-3486-7>
- Maselli, F., Conese, C., Petkov, L., Gilabert, M.-A. (1992). Use of NOAA-AVHRR NDVI data for environmental monitoring and crop forecasting in the Sahel. Preliminary results. *Int. J. Remote Sens.* 13, 2743–2749. <https://doi.org/10.1080/01431169208904076>

- Mayr, A., Bremer, M., Rutzinger, M. (2020). 3D point errors and change detection accuracy of unmanned aerial vehicle laser scanning data. *ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.* V-2–2020, 765–772. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-V-2-2020-765-2020>
- Messina, G., Modica, G. (2020). Applications of UAV Thermal Imagery in Precision Agriculture: State of the Art and Future Research Outlook. *Remote Sens.* 12, 1491. <https://doi.org/10.3390/rs12091491>
- Meurs, M. (2001). The Return of the Peasant: Land Reform in Post-Communist Romania. DOI: 10.2307/3090324.
- Mihalache, M., Ilie, L. (2009) – *Pedologie-Solurile României*, Editura Dominor, București.
- Minea, I. (2020). The Vulnerability of Water Resources from Eastern Romania to Anthropic Impact and Climate Change, in: Negm, A.M., Romanescu, G., Zelenáková, M. (Eds.), *Water Resources Management in Romania*, Springer Water. *Springer International Publishing*, Cham, pp. 229–250. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22320-5_7
- Minea, I., Iosub, M., Boicu, D. (2022). Multi-scale approach for different type of drought in temperate climatic conditions. *Nat. Hazards* 110, 1153–1177. <https://doi.org/10.1007/s11069-021-04985-2>
- Mkhabela, M.S., Bullock, P., Raj, S., Wang, S., Yang, Y. (2011). Crop yield forecasting on the Canadian Prairies using MODIS NDVI data. *Agric. For. Meteorol.* 151, 385–393. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2010.11.012>
- Montanarella, L., Pennock, D.J., McKenzie, N., Badraoui, M., Chude, V., Baptista, I., Mamo, T., Yemefack, M., Singh Aulakh, M., Yagi, K., Young Hong, S., Vijarnsorn, P., Zhang, G.-L., Arrouays, D., Black, H., Krasilnikov, P., Sobocká, J., Alegre, J., Henriquez, C.R., de Lourdes Mendonça-Santos, M., Taboada, M., Espinosa-Victoria, D., AlShankiti, A., AlaviPanah, S.K., Elsheikh, E.A.E.M., Hempel, J., Camps Arbestain, M., Nachtergaele, F., Vargas, R. (2016). World's soils are under threat. *SOIL* 2, 79–82. <https://doi.org/10.5194/soil-2-79-2016>
- Moreau, S., Bosseno, R., Gu, X.F., Baret, F. (2003). Assessing the biomass dynamics of Andean bofedal and totora high-protein wetland grasses from NOAA/AVHRR. *Remote Sens. Environ.* 85, 516–529. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(03\)00053-1](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00053-1)
- Moss, D., Wyatt, B.K. (1994). The CORINE biotopes project: a database for conservation of nature and wildlife in the European community. *Appl. Geogr.* 14, 327–349. [https://doi.org/10.1016/0143-6228\(94\)90026-4](https://doi.org/10.1016/0143-6228(94)90026-4)
- Müller, D., Kuemmerle, T., Rusu, M., Griffiths, P. (2009). Lost in transition: determinants of post-socialist cropland abandonment in Romania. *J. Land Use Sci.* 4, 109–129. <https://doi.org/10.1080/17474230802645881>
- Neeti, N., Eastman, J.R. (2011). A Contextual Mann-Kendall Approach for the Assessment of Trend Significance in Image Time Series. *Trans. GIS* 15, 599–611. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9671.2011.01280.x>
- Nemani, R.R., Keeling, C.D., Hashimoto, H., Jolly, W.M., Piper, S.C., Tucker, C.J., Myneni, R.B., Running, S.W. (2003). Climate-Driven Increases in Global Terrestrial Net Primary Production from 1982 to 1999. *Science* 300, 1560–1563. <https://doi.org/10.1126/science.1082750>
- Niculiță, M. (2020). Geomorphometric Methods for Burial Mound Recognition and Extraction from High-Resolution LiDAR DEMs. *Sensors* 20, 1192. <https://doi.org/10.3390/s20041192>
- Niculiță, M. (2020). Landslide Hazard Induced by Climate Changes in North-Eastern Romania. In: Leal Filho, W., Nagy, G., Borga, M., Chávez Muñoz, P., Magnuszewski, A. (eds) *Climate Change, Hazards and Adaptation Options. Climate Change Management*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-37425-9_13
- Niculiță, M. (2011). A classification schema for structural landforms of the Moldavian platform (Romania), in: Hegl T., Evans I.S., Wilson J.P., Gould M. (Ed.), *Geomorphometry 2011*. Redlands, CA, pp. 129 – 132.
- Niculiță, M., Mărgărint, M.C., Cristea, A.I. (2019). Using archaeological and geomorphological evidence for the establishment of a relative chronology and evolution pattern for Holocene landslides. *PLOS ONE* 14, e0227335. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227335>
- Niculiță, M., Mărgărint, M.C., Tarolli, P. (2020). Using UAV and LiDAR data for gully geomorphic changes monitoring, in: *Developments in Earth Surface Processes*. Elsevier, pp. 271–315. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64177-9.00010-2>
- Novenko, E.Y., Tsyganov, A.N., Rudenko, O.V., Volkova, E.V., Zuyganova, I.S., Babeshko, K.V., Olchev, A.V., Losbenev, N.I., Payne, R.J., Mazei, Y.A. (2016). Mid- and late-Holocene vegetation history, climate and human impact in the forest-steppe ecotone of European Russia: new data and a regional synthesis. *Biodivers. Conserv.* 25, 2453–2472. <https://doi.org/10.1007/s10531-016-1051-8>
- Olivia, S., Gibson, J., Rozelle, S., Huang, J., Deng, X. (2011). Mapping poverty in rural China: how much does the environment matter? *Environ. Dev. Econ.* 16, 129–153. <https://doi.org/10.1017/S1355770X10000513>
- Otte, J., Pica-Ciamarra, U., Morzaria, S. (2019). A Comparative Overview of the Livestock-Environment Interactions in Asia and Sub-saharan Africa. *Front. Vet. Sci.* 6, 37. <https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00037>

- Paruelo, J.M., Oesterheld, M., Di Bella, C.M., Arzadum, M., Lafontaine, J., Cahuepé, M., Rebella, C.M. (2000). Estimation of primary production of subhumid rangelands from remote sensing data. *Appl. Veg. Sci.* 3, 189–195. <https://doi.org/10.2307/1478997>
- Papanastasis, V. (1993). Legal status of land tenure and use and its implication for open landscapes of western Crete. *Landscape and Urban Planning*, 24(1-4), pp.273–277. doi: [https://doi.org/10.1016/0169-2046\(93\)90106-n](https://doi.org/10.1016/0169-2046(93)90106-n)
- Paudel, K.P., Andersen, P. (2010). Assessing rangeland degradation using multi temporal satellite images and grazing pressure surface model in Upper Mustang, Trans Himalaya, Nepal. *Remote Sens. Environ.* 114, 1845–1855. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2010.03.011>
- Pechanec, J.F., Pickford, G.D. (1937). A Weight Estimate Method for the Determination of Range or Pasture Production 1. *Agron. J.* 29, 894–904. <https://doi.org/10.2134/agronj1937.00021962002900110003x>
- Peeters, A. (2009). Importance, evolution, environmental impact and future challenges of grasslands and grassland-based systems in Europe. *Grassl. Sci.* 55, 113–125. <https://doi.org/10.1111/j.1744-697X.2009.00154.x>
- Pereira P., Francos M., Ubeda X., Brevik E.C. (2017) Fire impacts in European grasslands ecosystems. In: Bento-Gonçalves A. J., Batista Vieira A.A., Melo Costa M.R., Marques Aranha J.T., (eds) Wildfires - perspectives, issues and challenges of the 21st century, © 2017 Nova Science Publishers, Inc. ISBN: 978-1-53612-890-1
- Pettorelli, N., Vik, J.O., Mysterud, A., Gaillard, J.-M., Tucker, C.J., Stenseth, N.Chr. (2005). Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. *Trends Ecol. Evol.* 20, 503–510. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.05.011>
- Piao, S., Fang, J., Zhou, L., Zhu, B., Tan, K., Tao, S. (2005). Changes in vegetation net primary productivity from 1982 to 1999 in China: Changes in vegetation NPP in China. *Glob. Biogeochem. Cycles* 19. <https://doi.org/10.1029/2004GB002274>
- Pokluda, P., Hauck, D., Cizek, L. (2012). Importance of marginal habitats for grassland diversity: fallows and overgrown tall-grass steppe as key habitats of endangered ground-beetle *Carabus hungaricus*: Importance of marginal grasslands. *Insect Conserv. Divers.* 5, 27–36. <https://doi.org/10.1111/j.1752-4598.2011.00146.x>
- Posea, G. (2005). Geomorfologia României: relieful, tipuri, geneză, evoluție, regiunare. Editura Fundației “România de Măine”
- Posthumus, H., Rouquette, J.R., Morris, J., Gowing, D.J.G., Hess, T.M. (2010). A framework for the assessment of ecosystem goods and services; a case study on lowland floodplains in England. *Ecol. Econ.* 69, 1510–1523. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.02.011>
- Potter, C., Tan, P., Steinbach, M., Klooster, S., Kumar, V., Myneni, R., Genovese, V. (2003). Major disturbance events in terrestrial ecosystems detected using global satellite data sets. *Glob. Change Biol.* 9, 1005–1021. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2003.00648.x>
- Prăvălie, R., Patriche, C., Borrelli, P., Panagos, P., Roșca, B., Dumitrașcu, M., Nita, I.-A., Săvulescu, I., Birsan, M.-V., Bandoc, G. (2021). Arable lands under the pressure of multiple land degradation processes. A global perspective. *Environ. Res.* 194, 110697. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110697>
- Prince, S.D. (1991). Satellite remote sensing of primary production: comparison of results for Sahelian grasslands 1981-1988. *Int. J. Remote Sens.* 12, 1301–1311. <https://doi.org/10.1080/01431169108929727>
- Prince, S.D., Tucker, C.J. (1986). Satellite remote sensing of rangelands in Botswana II. NOAA AVHRR and herbaceous vegetation. *Int. J. Remote Sens.* 7, 1555–1570. <https://doi.org/10.1080/01431168608948953>
- Qu, S., Wang, L., Lin, A., Yu, D., Yuan, M., Li, C. (2020). Distinguishing the impacts of climate change and anthropogenic factors on vegetation dynamics in the Yangtze River Basin, China. *Ecol. Indic.* 108, 105724. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105724>
- Rădoane, M., Nechita, C., Chiriloaei, F., Rădoane, N., Popa, I., Roibu, C., Robu, D. (2015). Late Holocene fluvial activity and correlations with dendrochronology of subfossil trunks: Case studies of northeastern Romania. *Geomorphology* 239, 142–159. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.02.036>
- Rădoane, M., Perșoiu, I., Chiriloaei, F., Nechita, C., Robu, D., Rădoane, N. (2017). History of Holocene fluvial activity in Romania: evidences based on absolute dating, in: Proceedings of the 33rd Romanian Geomorphology Symposium. Presented at the Proceedings of the Romanian Geomorphology Symposium, 33rd edition, Iași, 11-14 May 2017, Alexandru Ioan Cuza University of Iași Press, Iași, Romania, pp. 92–96. <https://doi.org/10.15551/prgs.2017.92>
- Radoane, M., Radoane, N. (2017). Gully erosion. in: Radoane, M., Vespremeanu-Stroe, A. (Eds.), Landform Dynamics and Evolution in Romania, Springer Geography. Springer International Publishing, Cham, pp. 271–304.
- Rajib, A., Zheng, Q., Lane, C.R., Golden, H.E., Christensen, J.R., Isibor, I.I., Johnson, K. (2023). Human alterations of the global floodplains 1992–2019. *Sci. Data* 10, 499. <https://doi.org/10.1038/s41597-023-02382-x>
- Rasmussen, M.S. (1992). Assessment of millet yields and production in northern Burkina Faso using integrated NDVI from the AVHRR. *Int. J. Remote Sens.* 13, 3431–3442. <https://doi.org/10.1080/01431169208904132>

- Reinermann, S., Asam, S., Kuenzer, C. (2020). Remote Sensing of Grassland Production and Management—A Review. *Remote Sens.* 12, 1949. <https://doi.org/10.3390/rs12121949>
- Risavi, C. (1991). "Romania: Overview of Agricultural Restructuring and Transition to a Market Economy," Economic Research Service. USDA manuscript.
- Robinson, N., Allred, B., Jones, M., Moreno, A., Kimball, J., Naugle, D., Erickson, T., Richardson, A. (2017). A Dynamic Landsat Derived Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) Product for the Conterminous United States. *Remote Sens.* 9, 863. <https://doi.org/10.3390/rs9080863>
- Roman, A., Ursu, T.-M., Onțel, I., Marușca, T., Grigore Pop, O., Milanovici, S., Sin-Schneider, A., Adriana Gheorghe, C., Avram, S., Fărcaș, S., Pál Frink, J. (2019). Deviation from Grazing Optimum in the Grassland Habitats of Romania Within and Outside the Natura 2000 Network, in: Habitats of the World. *IntechOpen*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.85734>
- Rouse, J., Haas, R., Schell, J., Deering, D. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *NASA Spec. Publ.* 351, 309.
- Rumiano, F., Wielgus, E., Miguel, E., Chamaillé-Jammes, S., Valls-Fox, H., Cornélis, D., Garine-Wichatitsky, M.D., Fritz, H., Caron, A., Tran, A. (2020). Remote Sensing of Environmental Drivers Influencing the Movement Ecology of Sympatric Wild and Domestic Ungulates in Semi-Arid Savannas, a Review. *Remote Sens.* 12, 3218. <https://doi.org/10.3390/rs12193218>
- Sabates-Wheeler, R. (2005). Cooperation in the Romanian Countryside: An Insight into Post-Soviet Agriculture; Lexington Books: Farnham, UK.
- Sandu, I., Pescaru, V.I., Poiana, I. (2008). Clima României. Editura Academiei Române, București.
- Scurlock, J.M.O., Hall, D.O. (1998a). The global carbon sink: a grassland perspective. *Glob. Change Biol.* 4, 229–233. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.1998.00151.x>
- Scurlock, J.M.O., Hall, D.O. (1998b). The global carbon sink: a grassland perspective. *Glob. Change Biol.* 4, 229–233. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.1998.00151.x>
- Serrano, J., Shahidian, S., Paixão, L., Marques da Silva, J., Morais, T., Teixeira, R., Domingos, T. (2021). Spatiotemporal Patterns of Pasture Quality Based on NDVI Time-Series in Mediterranean Montado Ecosystem. *Remote Sens.* 13, 3820. <https://doi.org/10.3390/rs13193820>
- Sfîcă, L., Minea, I., Hrițac, R., Amihăseși, V.-A., Boicu, D. (2022). Projected changes of groundwater levels in northeastern Romania according to climate scenarios for 2020–2100. *J. Hydrol. Reg. Stud.* 41, 101108. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2022.101108>
- Shumilovskikh, L.S., Novenko, E., Giesecke, T. (2018). Long-term dynamics of the East European forest-steppe ecotone. *J. Veg. Sci.* 29, 416–426. <https://doi.org/10.1111/jvs.12585>
- Shumilovskikh, L.S., Rodinkova, V.Ye., Rodionova, A., Troshina, A., Ershova, E., Novenko, E., Zazovskaya, E., Sycheva, S.A., Kiselev, D.I., Schlütz, F., Schneeweiß, J. (2019). Insights into the late Holocene vegetation history of the East European forest-steppe: case study Sudzha (Kursk region, Russia). *Veg. Hist. Archaeobotany* 28, 513–528. <https://doi.org/10.1007/s00334-018-00711-4>
- Silva, J. P., Toland, J., Jones, W., Eldridge, J., Thorpe, E., & O'Hara, E. (2008). LIFE and Europés grasslands - Restoring a forgotten habitat. Brussels: European Commission, Environment Directorate-General
- Slayback, D.A., Pinzon, J.E., Los, S.O., Tucker, C.J. (2003). Northern hemisphere photosynthetic trends 1982–99. *Glob. Change Biol.* 9, 1–15. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2003.00507.x>
- Smit, H.J., Metzger, M.J., Ewert, F. (2008). Spatial distribution of grassland productivity and land use in Europe. *Agric. Syst.* 98, 208–219. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2008.07.004>
- Song, C., Woodcock, C.E., Seto, K.C., Lenney, M.P. and Macomber, S.A. (2001). Classification and Change Detection Using Landsat TM Data. *Remote Sensing of Environment*, 75(2), pp.230–244. doi: [https://doi.org/10.1016/s0034-4257\(00\)00169-3](https://doi.org/10.1016/s0034-4257(00)00169-3)
- SRTS - Sistemul roman de taxonomie a solurilor, Florea N., Munteanu I., Editura Sitech, (2012), ISBN 978-606-11-2090-1
- Stevens, N., Bond, W., Feurdean, A., Lehmann, C.E.R. (2022). Grassy Ecosystems in the Anthropocene. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 47, 261–289. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-112420-015211>
- Strijker, D. (2005). Marginal lands in Europe—causes of decline. *Basic Appl. Ecol.* 6, 99–106. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2005.01.001>

- Sutcliffe, L.M.E., Batáry, P., Becker, T., Orci, K.M., Leuschner, C. (2015). Both local and landscape factors determine plant and Orthoptera diversity in the semi-natural grasslands of Transylvania, Romania. *Biodivers. Conserv.* 24, 229–245. <https://doi.org/10.1007/s10531-014-0804-5>
- Swinnen, J.F.M. (1999). The political economy of land reform choices in Central and Eastern Europe. *Econ. Transit.* 7, 637–664. <https://doi.org/10.1111/1468-0351.00029>
- Șandru, D. (2000). Reforma agrară din 1945 în România. Institutul Național pentru studiul totalitarismului.
- Tilman, D., Reich, P.B., Knops, J., Wedin, D., Mielke, T., Lehman, C. (2001). Diversity and Productivity in a Long-Term Grassland Experiment. *Science* 294, 843–845. <https://doi.org/10.1126/science.1060391>
- Tiscornia, G., Jaurena, M., Baethgen, W. (2019). Drivers, Process, and Consequences of Native Grassland Degradation: Insights from a Literature Review and a Survey in Río de la Plata Grasslands. *Agronomy* 9, 239. <https://doi.org/10.3390/agronomy9050239>
- Tockner, K., Stanford, J.A. (2002). Riverine flood plains: present state and future trends. *Environ. Conserv.* 29, 308–330. <https://doi.org/10.1017/S037689290200022X>
- Todor, I. (1968) Mic atlas de plante din flora Republicii Socialiste România, Editura Didactică și Pedagogică, București.
- Tonkov, S., Marinova, E., Filipova-Marinova, M., Bozilova, E. (2014). Holocene palaeoecology and human–environmental interactions at the coastal Black Sea Lake Durankulak, northeastern Bulgaria. *Quat. Int.* 328–329, 277–286. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2013.12.004>
- Toogood, S.E., Joyce, C.B., Waite, S. (2008). Response of floodplain grassland plant communities to altered water regimes. *Plant Ecol.* 197, 285–298. <https://doi.org/10.1007/s11258-007-9378-6>
- Török, P., Ambarlı, D., Kamp, J., Wesche, K., Dengler, J. (2016). Step(pe) up! Raising the profile of the Palaearctic natural grasslands. *Biodivers. Conserv.* 25, 2187–2195. <https://doi.org/10.1007/s10531-016-1187-6>
- Török, P., Dembiczy, I., Dajić-Stevanović, Z., Kuzemko, A. (2020). Grasslands of Eastern Europe, in: Encyclopedia of the World's Biomes. Elsevier, pp. 703–713. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.12042-1>
- Török, P., Dengler, J. (2018). Palaearctic Grasslands in Transition: Overarching Patterns and Future Prospects, in: Grasslands of the World. CRC Press, pp. 29–40. <https://doi.org/10.1201/9781315156125-9>
- Tucker, C.J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8(2), pp.127–150. doi: [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(79\)90013-0](https://doi.org/10.1016/0034-4257(79)90013-0)
- Tucker, C.J., Slayback, D.A., Pinzon, J.E., Los, S.O., Myneni, R.B., Taylor, M.G. (2001). Higher northern latitude normalized difference vegetation index and growing season trends from 1982 to 1999. *Int. J. Biometeorol.* 45, 184–190. <https://doi.org/10.1007/s00484-001-0109-8>
- Tucker, C.J., Vanpraet, C.L., Sharman, M.J., Van Ittersum, G. (1985). Satellite remote sensing of total herbaceous biomass production in the senegalese sahel: 1980–1984. *Remote Sens. Environ.* 17, 233–249. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(85\)90097-5](https://doi.org/10.1016/0034-4257(85)90097-5)
- Turnock, D. (2002). Ecoregion-based conservation in the Carpathians and the land-use implications. *Land Use Policy* 19, 47–63. [https://doi.org/10.1016/S0264-8377\(01\)00039-4](https://doi.org/10.1016/S0264-8377(01)00039-4)
- Turvey, C.G., McLaurin, M.K. (2012). Applicability of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) in Index-Based Crop Insurance Design. *Weather Clim. Soc.* 4, 271–284. <https://doi.org/10.1175/WCAS-D-11-00059.1>
- United Nations (2020). The Sustainable Development Goals Report 2020. [online] [unstats.un.org](https://unstats.un.org/sdgs/report/2020/). Disponibil la: <https://unstats.un.org/sdgs/report/2020/>.
- United Nations (2020). The Sustainable Development Goals Report 2020. [online] [unstats.un.org](https://unstats.un.org/sdgs/report/2020/). Disponibil la: <https://unstats.un.org/sdgs/files/report/2021/secretary-general-sdg-report-2021--EN.pdf>
- Văcușteanu, G., Doru, S.C., Necula, N., Niculiță, M., Mărgărint, M.C. (2022). One Century of Pasture Dynamics in a Hilly Area of Eastern Europe, as Revealed by the Land-Use Change Approach. *Sustainability* 15, 406. <https://doi.org/10.3390/su15010406>
- Vacușteanu, G., Niculiță, M., Mărgărint, M.C. (2019). Natural hazards and their impact on rural settlements in NE Romania – A cartographical approach. *Open Geosci.* 11, 765–782. <https://doi.org/10.1515/geo-2019-0060>
- Valkó, O., Török, P., Matus, G., Tóthmérész, B. (2012). Is regular mowing the most appropriate and cost-effective management maintaining diversity and biomass of target forbs in mountain hay meadows? *Flora - Morphol. Distrib. Funct. Ecol. Plants* 207, 303–309. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2012.02.003>
- Valkó, O., Török, P., Tóthmérész, B., Matus, G. (2011). Restoration Potential in Seed Banks of Acidic Fen and Dry-Mesophilous Meadows: Can Restoration Be Based on Local Seed Banks? *Restor. Ecol.* 19, 9–15. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2010.00679.x>

- Van Meurs, W. (1999) Land Reform in Romania – a never-ending story. *South-East Eur. Rev.* 2, 109–122
- van Swaay, C.A.M. (2002). The importance of calcareous grasslands for butterflies in Europe. *Biol. Conserv.* 104, 315–318. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(01\)00196-3](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(01)00196-3)
- Vanderpost, C., Ringrose, S., Matheson, W., Arntzen, J. (2011). Satellite based long-term assessment of rangeland condition in semi-arid areas: An example from Botswana. *J. Arid Environ.* 75, 383–389. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2010.11.002>
- Varga, O.G., Kovács, Z., Bekő, L., Burai, P., Csatáriné Szabó, Z., Holb, I., Ninsawat, S., Szabó, S. (2021). Validation of Visually Interpreted Corine Land Cover Classes with Spectral Values of Satellite Images and Machine Learning. *Remote Sens.* 13, 857. <https://doi.org/10.3390/rs13050857>
- Vermote, E., Justice, C., Claverie, M., and Franch, B. (2016) Preliminary analysis of the performance of the Landsat 8/OLI land surface reflectance product, *Remote Sens. Environ.*, 185, 46–56, <https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.04.008>
- Veldman, J.W., Buisson, E., Durigan, G., Fernandes, G.W., Le Stradic, S., Mahy, G., Negreiros, D., Overbeck, G.E., Veldman, R.G., Zaloumis, N.P., Putz, F.E., Bond, W.J. (2015). Toward an old-growth concept for grasslands, savannas, and woodlands. *Front. Ecol. Environ.* 13, 154–162. <https://doi.org/10.1890/140270>
- Verbesselt, J., Hyndman, R., Newnham, G., Culvenor, D. (2010a). Detecting trend and seasonal changes in satellite image time series. *Remote Sens. Environ.* 114, 106–115. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.08.014>
- Verbesselt, J., Hyndman, R., Zeileis, A., Culvenor, D. (2010b). Phenological change detection while accounting for abrupt and gradual trends in satellite image time series. *Remote Sens. Environ.* 114, 2970–2980. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2010.08.003>
- Verbesselt, J., Zeileis, A., Herold, M. (2012). Near real-time disturbance detection using satellite image time series. *Remote Sens. Environ.* 123, 98–108. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.02.022>
- Vermeer, J.G., Berendse, F. (1983). The relationship between nutrient availability, shoot biomass and species richness in grassland and wetland communities. *Vegetatio* 53, 121–126. <https://doi.org/10.1007/BF00043032>
- Vicente-Serrano, S.M., Camarero, J.J., Olano, J.M., Martín-Hernández, N., Peña-Gallardo, M., Tomás-Burguera, M., Gazol, A., Azorin-Molina, C., Bhuyan, U., El Kenawy, A. (2016). Diverse relationships between forest growth and the Normalized Difference Vegetation Index at a global scale. *Remote Sens. Environ.* 187, 14–29. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.10.001>
- Viles, H.A., 2022. Biogeomorphology. *Geol. Soc. Lond. Mem.* 58, 205–212. <https://doi.org/10.1144/M58-2022-6>
- Villoslada Peciña, M., Bergamo, T.F., Ward, R.D., Joyce, C.B., Sepp, K. (2021). A novel UAV-based approach for biomass prediction and grassland structure assessment in coastal meadows. *Ecol. Indic.* 122, 107227. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107227>
- Vincze, I., Finsinger, W., Jakab, G., Braun, M., Hubay, K., Veres, D., Deli, T., Szalai, Z., Szabó, Z., Magyari, E. (2019). Paleoclimate reconstruction and mire development in the Eastern Great Hungarian Plain for the last 20,000 years. *Rev. Palaeobot. Palynol.* 271, 104112. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2019.104112>
- Vogelmann, J.E., Rock, B.N., Moss, D.M. (1993). Red edge spectral measurements from sugar maple leaves. *Int. J. Remote Sens.* 14, 1563–1575. <https://doi.org/10.1080/01431169308953986>
- Vrieling, A., De Leeuw, J., Said, M. (2013). Length of Growing Period over Africa: Variability and Trends from 30 Years of NDVI Time Series. *Remote Sens.* 5, 982–1000. <https://doi.org/10.3390/rs5020982>
- Wallace, L., Hillman, S., Reinke, K., Hally, B. (2017). Non-destructive estimation of above-ground surface and near-surface biomass using 3D terrestrial remote sensing techniques. *Methods Ecol. Evol.* 8, 1607–1616. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12759>
- Walther, G.-R. (2010). Community and ecosystem responses to recent climate change. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 365, 2019–2024. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0021>
- Wang, L., Qu, J.J. (2007). NMDI: A normalized multi-band drought index for monitoring soil and vegetation moisture with satellite remote sensing. *Geophys. Res. Lett.* 34, L20405. <https://doi.org/10.1029/2007GL.031021>
- Wang, X., Wu, C., Peng, D., Gonsamo, A., Liu, Z. (2018). Snow cover phenology affects alpine vegetation growth dynamics on the Tibetan Plateau: Satellite observed evidence, impacts of different biomes, and climate drivers. *Agric. For. Meteorol.* 256–257, 61–74. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.03.004>
- Wang, Z., Deng, X., Song, W., Li, Z., Chen, J. (2017). What is the main cause of grassland degradation? A case study of grassland ecosystem service in the middle-south Inner Mongolia. *CATENA* 150, 100–107. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.11.014>
- Wang, Z., Ma, Y., Zhang, Y., Shang, J. (2022). Review of Remote Sensing Applications in Grassland Monitoring. *Remote Sens.* 14, 2903. <https://doi.org/10.3390/rs14122903>

- Wang, J., Meng, J. J., & Cai, Y. L. (2008). Assessing vegetation dynamics impacted by climate change in the southwestern karst region of China with AVHRR NDVI and AVHRR NPP time-series. *Environmental Geology*, 54(6), 1185–1195. <https://doi.org/10.1007/s00254-007-0901-9>
- Wang, Z., Zhao, Y., Wang, B. (2018). A bibliometric analysis of climate change adaptation based on massive research literature data. *J. Clean. Prod.* 199, 1072–1082. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.183>
- Wardlow, B.D., Egbert, S.L. (2008). Large-area crop mapping using time-series MODIS 250 m NDVI data: An assessment for the U.S. Central Great Plains. *Remote Sens. Environ.* 112, 1096–1116. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2007.07.019>
- Waske, B., Braun, M. (2009). Classifier ensembles for land cover mapping using multitemporal SAR imagery. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* 64, 450–457. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2009.01.003>
- Weber, D., Schaepman-Strub, G., Ecker, K. (2018). Predicting habitat quality of protected dry grasslands using Landsat NDVI phenology. *Ecol. Indic.* 91, 447–460. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.03.081>
- Weigl, P.D., Knowles, T.W. (2013). Temperate mountain grasslands: a climate-herbivore hypothesis for origins and persistence. *Biological Reviews*, 89(2), pp.466–476. doi: <https://doi.org/10.1111/brv.12063>
- Wellens, J. (1995). Calibration of a rangeland biomass model using NOAA-AVHRR 1.1-km data, in: Mougin, E., Ranson, K.J., Smith, J.A. (Eds.), Presented at the Satellite Remote Sensing, Rome, Italy, pp. 140–150. <https://doi.org/10.1117/12.200752>
- Wen, L., Dong, S., Li, Y., Li, X., Shi, J., Wang, Y., Liu, D., Ma, Y. (2013). Effect of Degradation Intensity on Grassland Ecosystem Services in the Alpine Region of Qinghai-Tibetan Plateau, China. *PLoS ONE* 8, e58432. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0058432>
- Wesche, K., Ambarlı, D., Kamp, J., Török, P., Treiber, J., Dengler, J. (2016). The Palaearctic steppe biome: a new synthesis. *Biodivers. Conserv.* 25, 2197–2231. <https://doi.org/10.1007/s10531-016-1214-7>
- Wessels, K.J., Prince, S.D., Malherbe, J., Small, J., Frost, P.E., VanZyl, D. (2007). Can human-induced land degradation be distinguished from the effects of rainfall variability? A case study in South Africa. *J. Arid Environ.* 68, 271–297. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.05.015>
- White, R., Murray, S. & Rohweder, M. (2001). Grassland ecosystems: pilot analysis of global ecosystems. World Resources Institute, Washington, DC.
- Wick, A.F., Geaumont, B.A., Sedivec, K.K., Hendrickson, J.R. (2016). Grassland Degradation, in: Biological and Environmental Hazards, Risks, and Disasters. *Elsevier*, pp. 257–276. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394847-2.00016-4>
- Wiesmair, M., Feilhauer, H., Magiera, A., Otte, A., Waldhardt, R. (2016). Estimating Vegetation Cover from High-Resolution Satellite Data to Assess Grassland Degradation in the Georgian Caucasus. *Mt. Res. Dev.* 36, 56–65. <https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-15-00064.1>
- Wijedasa, L.S., Sloan, S., Michelakis, D.G., Clements, G.R. (2012). Overcoming Limitations with Landsat Imagery for Mapping of Peat Swamp Forests in Sundaland. *Remote Sens.* 4, 2595–2618. https://doi.org/10.3390/rs_4092595
- Wijesingha, J., Astor, T., Schulze-Brüninghoff, D., Wengert, M., Wachendorf, M. (2020). Predicting Forage Quality of Grasslands Using UAV-Borne Imaging Spectroscopy. *Remote Sens.* 12, 126. <https://doi.org/10.3390/rs12010126>
- Wu, G.-L., Ren, G.-H., Dong, Q.-M., Shi, J.-J., Wang, Y.-L. (2014). Above- and Belowground Response along Degradation Gradient in an Alpine Grassland of the Qinghai-Tibetan Plateau: Above- and Belowground Response along Degradation Gradient. *CLEAN - Soil Air Water* 42, 319–323. <https://doi.org/10.1002/clen.201200084>
- Wu, N., Liu, A., Ye, R., Yu, D., Du, W., Chaolumeng, Q., Liu, G., Yu, S. (2021). Quantitative analysis of relative impacts of climate change and human activities on Xilingol grassland in recent 40 years. *Glob. Ecol. Conserv.* 32, e01884. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01884>
- Wu, Q., Lane, C.R., Li, X., Zhao, K., Zhou, Y., Clinton, N., DeVries, B., Golden, H.E., Lang, M.W. (2019). Integrating LiDAR data and multi-temporal aerial imagery to map wetland inundation dynamics using Google Earth Engine. *Remote Sens. Environ.* 228, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.04.015>
- Wu, T.H., McKinnell Iii, W.P., Swanston, D.N. (1979). Strength of tree roots and landslides on Prince of Wales Island, Alaska. *Can. Geotech. J.* 16, 19–33. <https://doi.org/10.1139/t79-003>
- Xia, N., Li, M., Cheng, L. (2021). Mapping Impacts of Human Activities from Nighttime Light on Vegetation Cover Changes in Southeast Asia. *Land* 10, 185. <https://doi.org/10.3390/land10020185>
- Xie, Y., Sha, Z. (2012). Quantitative Analysis of Driving Factors of Grassland Degradation: A Case Study in Xilin River Basin, Inner Mongolia. *Sci. World J.* 2012, 1–14. <https://doi.org/10.1100/2012/169724>
- Xiong, Q., Xiao, Y., Halmy, M.W.A., Dakhil, M.A., Pinghan, L., Chenggang, L., Lin, Z., Pandey, B., Kaiwen, P., Kafraway, S.B.E., Jun, C. (2019). Monitoring the impact of climate change and human activities on grassland vegetation dynamics

- in the northeastern Qinghai-Tibet Plateau of China during 2000–2015. *J. Arid Land* 11, 637–651. <https://doi.org/10.1007/s40333-019-0061-2>
- Xoxo, S., Mantel, S., De Vos, A., Mahlaba, B., Le Maître, D., Tanner, J. (2022). Towards SDG 15.3: The biome context as the appropriate degradation monitoring dimension. *Environ. Sci. Policy* 136, 400–412. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2022.07.008>
- Xu, D., Guo, X. (2015). Some Insights on Grassland Health Assessment Based on Remote Sensing. *Sensors* 15, 3070–3089. <https://doi.org/10.3390/s150203070>
- Xu, F., Otte, A., Ludewig, K., Donath, T., Harvolk-Schöning, S. (2017). Land Cover Changes (1963–2010) and Their Environmental Factors in the Upper Danube Floodplain. *Sustainability* 9, 943. <https://doi.org/10.3390/su9060943>
- Xu, K., Su, Y., Liu, J., Hu, T., Jin, S., Ma, Q., Zhai, Q., Wang, R., Zhang, J., Li, Y., Liu, H., Guo, Q. (2020). Estimation of degraded grassland aboveground biomass using machine learning methods from terrestrial laser scanning data. *Ecol. Indic.* 108, 105747. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105747>
- Xu, X., Liu, H., Jiao, F., Gong, H., Lin, Z. (2021). Nonlinear relationship of greening and shifts from greening to browning in vegetation with nature and human factors along the Silk Road Economic Belt. *Sci. Total Environ.* 766, 142553. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142553>
- Xu, Y., Yang, Y., Chen, X., Liu, Y. (2022). Bibliometric Analysis of Global NDVI Research Trends from 1985 to 2021. *Remote Sens.* 14, 3967. <https://doi.org/10.3390/rs14163967>
- Xue, J., Su, B. (2017). Significant Remote Sensing Vegetation Indices: A Review of Developments and Applications. *J. Sens.* 2017, 1–17. <https://doi.org/10.1155/2017/1353691>
- Xue, X., Guo, J., Han, B., Sun, Q., Liu, L. (2009). The effect of climate warming and permafrost thaw on desertification in the Qinghai–Tibetan Plateau. *Geomorphology* 108, 182–190. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2009.01.004>
- Yan, J., Zhang, G., Ling, H., Han, F. (2022). Comparison of time-integrated NDVI and annual maximum NDVI for assessing grassland dynamics. *Ecol. Indic.* 136, 108611. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108611>
- Yan, L., Zhou, G. and Zhang, F. (2013). Effects of Different Grazing Intensities on Grassland Production in China: A Meta-Analysis. *PLoS ONE*, 8(12), p.e81466. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0081466>
- Yan, Y., Liu, X., Wen, Y., Ou, J. (2019). Quantitative analysis of the contributions of climatic and human factors to grassland productivity in northern China. *Ecol. Indic.* 103, 542–553. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.04.020>
- Yang, X., Guo, X., Fitzsimmons, M. (2012). Assessing light to moderate grazing effects on grassland production using satellite imagery. *Int. J. Remote Sens.* 33, 5087–5104. <https://doi.org/10.1080/01431161.2012.657372>
- Yang, Y., Wang, Z.-Q., Li, J., Gang, C., Zhang, Y., Zhang, Y., Odeh, A. and Qi, J. (2016). Comparative assessment of grassland degradation dynamics in response to climate variation and human activities in China, Mongolia, Pakistan and Uzbekistan from 2000 to 2013. *Journal of Arid Environments*, 135, pp.164–172. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2016.09.004>
- Yao, Z., Zhao, C., Yang, K., Liu, W.-C., Li, Y., You, J. and Xiao, J. (2016). Alpine grassland degradation in the Qilian Mountains, China — A case study in Damaying Grassland. *Catena*, 137, pp.494–500. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.09.021>
- Yin, F., Deng, X., Jin, Q., Yuan, Y., Zhao, C., 2014. The impacts of climate change and human activities on grassland productivity in Qinghai Province, China. *Front. Earth Sci.* 8, 93–103 (2014). <https://doi.org/10.1007/s11707-013-0390-y>
- Yu, F., Price, K.P., Ellis, J., Shi, P. (2003). Response of seasonal vegetation development to climatic variations in eastern central Asia. *Remote Sens. Environ.* 87, 42–54. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(03\)00144-5](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00144-5)
- Yuan, Z.Y., Jiao, F., Li, Y.H., Kallenbach, R.L. (2016). Anthropogenic disturbances are key to maintaining the biodiversity of grasslands. *Sci. Rep.* 6, 22132. <https://doi.org/10.1038/srep22132>
- Zalite, K., Antropov, O., Praks, J., Voormansik, K., Noorma, M. (2016). Monitoring of Agricultural Grasslands With Time Series of X-Band Repeat-Pass Interferometric SAR. *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.* 9, 3687–3697. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2015.2478120>
- Zarco-Tejada, P., Berjon, A., Lopezlozano, R., Miller, J., Martin, P., Cachorro, V., Gonzalez, M., Defrutos, A. (2005). Assessing vineyard condition with hyperspectral indices: Leaf and canopy reflectance simulation in a row-structured discontinuous canopy. *Remote Sens. Environ.* 99, 271–287. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.09.002>
- Zarco-Tejada, P.J., González-Dugo, V. and Berni, J.A.J. (2012). Fluorescence, temperature and narrow-band indices acquired from a UAV platform for water stress detection using a micro-hyperspectral imager and a thermal camera. *Remote Sensing of Environment*, 117, pp.322–337. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.10.007>
- Zavalloni, C., Gielen, B., Lemmens, C.M.H.M., De Boeck, H.J., Blasi, S., Van Den Bergh, S., Nijs, I., Ceulemans, R. (2008). Does a warmer climate with frequent mild water shortages protect grassland communities against a prolonged drought? *Plant Soil* 308, 119–130. <https://doi.org/10.1007/s11104-008-9612-6>

- Zhang, B., Zhang, L., Xie, D., Yin, X., Liu, C., Liu, G. (2015). Application of Synthetic NDVI Time Series Blended from Landsat and MODIS Data for Grassland Biomass Estimation. *Remote Sens.* 8, 10. <https://doi.org/10.3390/rs8010010>
- Zhang, G., Kang, Y., Han, G., Mei, H., Sakurai, K. (2011). Grassland degradation reduces the carbon sequestration capacity of the vegetation and enhances the soil carbon and nitrogen loss. *Acta Agric. Scand. Sect. B — Soil Plant Sci.* 61, 356–364. <https://doi.org/10.1080/09064710.2010.495079>
- Zhang, Y., Wang, Q., Wang, Z., Li, J., Xu, Z. (2021). Dynamics and Drivers of Grasslands in the Eurasian Steppe during 2000–2014. *Sustainability* 13, 5887. <https://doi.org/10.3390/su13115887>
- Zhang, Y., Zhang, C., Wang, Z., An, R., Li, J. (2019). Comprehensive Research on Remote Sensing Monitoring of Grassland Degradation: A Case Study in the Three-River Source Region, China. *Sustainability* 11, 1845. <https://doi.org/10.3390/su11071845>
- Zhao, S., Liu, S., Zhou, D. (2016). Prevalent vegetation growth enhancement in urban environment. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 113, 6313–6318. <https://doi.org/10.1073/pnas.1602312113>
- Zhongmin, H., Guirui, Y., Jiangwen, F., Huaping, Z., Shaoqiang, W., Shengong, L. (2010). Precipitation-use efficiency along a 4500-km grassland transect: Rain-use efficiency in Chinese grasslands. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 19, 842–851. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00564.x>
- Zhou, H., Zhao, X., Tang, Y., Gu, S., Zhou, L. (2005). Alpine grassland degradation and its control in the source region of the Yangtze and Yellow Rivers, China. *Grassl. Sci.* 51, 191–203. <https://doi.org/10.1111/j.1744-697X.2005.00028.x>
- Zhou, L., Tucker, C.J., Kaufmann, R.K., Slayback, D., Shabanov, N.V., Myneni, R.B. (2001). Variations in northern vegetation activity inferred from satellite data of vegetation index during 1981 to 1999. *J. Geophys. Res. Atmospheres* 106, 20069–20083. <https://doi.org/10.1029/2000JD000115>
- Zhou, W., Gang, C., Zhou, L., Chen, Y., Li, J., Ju, W. and Odeh, I. (2014). Dynamic of grassland vegetation degradation and its quantitative assessment in the northwest China. *Acta Oecologica*, 55, pp.86–96. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2013.12.006>
- Zhou, W., Yang, H., Huang, L., Chen, C., Lin, X., Hu, Z. and Li, J. (2017). Grassland degradation remote sensing monitoring and driving factors quantitative assessment in China from 1982 to 2010. *Ecological Indicators*, 83, pp.303–313. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.08.019>
- Zhu, X., Liu, D. (2015). Improving forest aboveground biomass estimation using seasonal Landsat NDVI time-series. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* 102, 222–231. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2014.08.014>
- Zhu, Z., Bi, J., Pan, Y., Ganguly, S., Anav, A., Xu, L., Samanta, A., Piao, S., Nemani, R., Myneni, R. (2013). Global Data Sets of Vegetation Leaf Area Index (LAI)3g and Fraction of Photosynthetically Active Radiation (FPAR)3g Derived from Global Inventory Modeling and Mapping Studies (GIMMS) Normalized Difference Vegetation Index (NDVI3g) for the Period 1981 to 2011. *Remote Sens.* 5, 927–948. <https://doi.org/10.3390/rs5020927>
- Zhumanova, M., Mönnig, C., Hergarten, C., Darr, D., Wrage-Mönnig, N. (2018). Assessment of vegetation degradation in mountainous pastures of the Western Tien-Shan, Kyrgyzstan, using eMODIS NDVI. *Ecol. Indic.* 95, 527–543. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.07.060>
- Ziemer, R.R. (1981). The Role of Vegetation in the Stability of Forested Slopes. Disponibil la: <http://rziemer.cphotofinder.com/rziemer/pubs/ZiemerIUFRO1981.PDF>
- Zurqani, H.A., Post, C.J., Mikhailova, E.A., Allen, J.S. (2019). Mapping Urbanization Trends in a Forested Landscape Using Google Earth Engine. *Remote Sens. Earth Syst. Sci.* 2, 173–182. <https://doi.org/10.1007/s41976-019-00020-y>
- Zurqani, H.A., Post, C.J., Mikhailova, E.A., Schlautman, M.A., Sharp, J.L. (2018). Geospatial analysis of land use change in the Savannah River Basin using Google Earth Engine. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinformation* 69, 175–185. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2017.12.006>