



**Universitatea „Ștefan cel Mare” Suceava
Facultatea de Silvicultură**

**CERCETĂRI ECOLOGICE PRIVIND DINAMICA VEGETAȚIEI ÎN
ZONA OBCINEI MARI**

Ing. Piticar Michael

REZUMAT

Conducător științific:

Prof. univ. dr. ing: Radu Leontie Cenușă

Suceava, 2017



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI



Fondul Social European
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
NAȚIONALE
OIPOSDRU



Universitatea
Ștefan cel Mare
Suceava

Universitatea "Ștefan cel Mare" Suceava, Str. Universității nr. 13, 720 229 Suceava,
România

Tel: +40 230 520 081, Fax: +40 230 520 080, Web: www.usv.ro

Investește în oameni !

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin Programul Operațional Sectorial pentru Dezvoltarea Resurselor Umane 2007 – 2013

Axa prioritară nr. 1 "Educația și formarea în sprijinul creșterii economice și dezvoltării societății bazate pe cunoaștere"

Domeniul major de intervenție 1.5 "Programe doctorale și post-doctorale în sprijinul cercetării"

Titlul proiectului: "SOCERT. Societatea cunoașterii, dinamism prin cercetare"

Număr de identificare contract: POSDRU/159/1.5/S/132406

Beneficiar: Universitatea "Ștefan cel Mare" din Suceava

Parteneri: Institutul de Economie Națională-P1, Universitatea din Oradea-P2

"Autorul, Piticar Michael-Alexander, specifică faptul că lucrarea a beneficiat de suport financiar prin proiectul cu titlul **„SOCERT. Societatea cunoașterii, dinamism prin cercetare”**, număr de identificare contract POSDRU/159/1.5/S/132406. Proiectul este cofinanțat din Fondul Social European prin Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013. **Investește în Oameni!**"

"ACKNOWLEDGMENT

The author, Piticar Michael-Alexander, would like to specify that this paper has been financially supported within the project entitled **„SOCERT. Knowledge society, dynamism through research”**, contract number POSDRU/159/1.5/S/132406. This project is co-financed by European Social Fund through Sectoral Operational Programme for Human Resources Development 2007-2013. **Investing in people!"**



I.E.N.



Cuvânt înainte

”Ce e cel mai greu? – Ceea ce ți se pare cel mai ușor:
să vezi cu ochii ceea ce ai chiar în fața ochilor.”

Johann Wolfgang Von Goethe

Cercetările efectuate în cadrul tezei de doctorat mi-au acordat ocazia de a-mi extinde cunoștințele asupra fenomenului succesiunii ecologice și a dinamicii vegetației forestiere. Ceea ce aveam în fața ochilor și mi se părea foarte greu m-a ajutat să văd distinsul prof. univ. dr. ing. Radu Leontie Cenușă. Încrederea acordată în momentul în care am fost admis în școala doctorală sub îndrumarea domniei sale, a constituit pentru mine ambiția în jurul căreia mi-am concentrat cercetările. Cum orice realizare importantă nu vine fără dificultăți, nu pot decât să-i mulțumesc din suflet domnului profesor pentru sfaturile care de fiecare dată mi-au deschis calea în cercetările mele. O simplă discuție era de ajuns pentru rezolvarea oricărei probleme. Pentru sfaturi, pentru răbdarea deosebită de care a dat dovadă, dar și pentru calitatea științifică deosebită a îndrumării, mă înclin și îi doresc tot binele din lume.

Domnilor profesori din comisia de îndrumare, conf. univ. dr. ing. Marian Drăgoi, Șef. lucr. dr. ing. Ciprian Palaghianu, Șef. lucr. dr. ing. Ionuț Barnoaiea, doresc să le mulțumesc din suflet pentru feedback-ul acordat la susținerea rapoartelor de cercetare, dar și la presusținerea lucrării în cadrul comisiei de îndrumare. Acest aspect a condus la îmbunătățirea semnificativă a formei finale a tezei. De asemenea îi sunt recunoscător domnului profesor Ionuț Barnoaiea pentru sprijinul tehnic și științific acordat la capitolul destinat analizei satelitare a vegetației.

Mulțumiri sincere aduc președintelui comisiei, cercet. șt. gr. I dr. ing. Ionel Popa, reprezentant al școlii doctorale a ”Universității Ștefan cel Mare” Suceava, cercet. șt. gr. I dr. ing. Nicolai Olenici, cercet. șt. gr. I dr. ing. Iovu-Adrian Biriș și conf. univ. dr. ing. Marian Drăgoi, pentru amabilitatea de a accepta să analizeze această teză în calitate de referenți oficiali.

Prietenilor cu care am colaborat în acești ani, ing. Răzvan Zaharia, Șandru Ștefan, Berariu Bogdan, Popovici Laurențiu și dr. ing. Dănilă Iulian, în diferite etape din cadrul cercetării, le aduc sincere mulțumiri și urări de bine. De asemenea doresc să-i mulțumesc prietenului meu Craciun Marius pentru sprijinul oferit de fiecare dată când am avut nevoie. Doamnei secretar Carmen Skokan vreau să-i mulțumesc în mod special pentru ajutorul și

îndrumarea acordată în toată această perioadă , în problemele legate de actele care trebuiau realizate și îndeplinirea indicatorilor stabiliți în programul de doctorat.

În final vreau să le mulțumesc fraților mei, Cristian, Octavian și Peter pentru suportul moral dar și pentru implicarea în etapa de colectare a datelor. Cele mai mari mulțumiri le aduc părinților, pentru că lor li se datorează toate reușitele mele. Datorită susținerii și ajutorului lor am ajuns omul de astăzi.

Cuvinte cheie: Succesiuni, stadiul pionier, clase de vegetație, caracteristici biometrice, diversitatea specifică, condiții staționale, categorii ecologice, indici normalizati de diferențiere a vegetației, biomasa, dinamica vegetației, potențial ecologic, facilitare, atractor.

Cuprins

1. Introducere	7/8
2. Stadiul cunoștințelor privind dinamica vegetației	8/10
2.1 Tipuri de succesiuni	8/10
2.2 Cauzele succesiunilor	9/12
2.2.1 Accesibilitatea habitatelor	9/12
2.2.2 Disponibilitatea speciilor	10/13
2.2.3 Performanța diferențiată a speciilor	10/15
2.3 Fitocenozele caracteristice Obcinei Mari	11/15
3. Scopul și obiectivele cercetărilor	12/17
3.1 Scopul cercetărilor	12/17
3.2 Obiectivele cercetărilor	12/17
4. Structura calitativă și cantitativă a fitocenozelor	13/19
4.1 Introducere	13/19
4.2 Material și metodă	13/19
4.2.1 Localizarea zonelor de studiu	13/19
4.2.2 Colectarea datelor	14/20
4.2.3 Analiza datelor	14/21
4.2.3.1 Indici fitopopulaționali și fitocenotici	14/21
4.2.3.2 Clasificarea vegetației	15/22
4.2.3.3 Caracteristici biometrice	16/24
4.2.3.4 Diversitatea specifică și structurală	18/29
4.3 Rezultate și discuții	19/30
4.3.1 Compoziția și caracterizarea vegetației	19/30
4.3.3 Clasificarea vegetației	20/33
4.3.3.1 Gruparea și optimizarea numărului de clustere	20/33
4.3.3.2 Compoziția claselor de vegetație și caracterizarea fitosociologică	20/34
4.3.4 Structura calitativă a vegetației lemnoase din cele două zone de studiu: specii dominante , diagnostice și constante	23/37
4.3.5 Structura vegetației caracteristice stadiului pionier al succesiunii secundare	24/38
4.3.5.1 Structura vegetației lemnoase după diametrele arborilor	24/38
4.3.5.2 Structura vegetației lemnoase în raport cu înălțimea arborilor	25/42
4.3.5.3 Structura vegetației în raport cu volumul.	26/43
4.3.5.4 Biomasa	26/45
4.3.5.5 Carbonul	27/48
4.3.6 Diversitatea specifică și structurală în succesiunea secundară	28/51
4.3.6.1 Diversitatea specifică	29/51

4.3.6.2 Diversitatea structurală	29/55
4.3.6.3 Raportul diversitate specifică / diversitate structurală	30/56
5. Condițiile staționale de instalare a vegetației pioniere	31/58
5.1 Introducere	31/58
5.2 Material și metodă	31/62
5.2.1 Colectarea datelor	31/62
5.2.2 Analiza datelor	31/62
5.2.2.1 Modelul tridimensional al terenului	31/62
5.2.2.2 Condițiile ecologice.	32/66
5.3 Rezultate și discuții	33/69
5.3.1 Condițiile ecologice și distribuția vegetației	33/69
5.3.1.1 Caracteristicile climatice în zona Obcinei Mari	33/69
5.3.1.3 Distribuția claselor de vegetație în funcție de gradientii ecologici	34/76
5.3.2.2 Structura pe categorii ecologice a claselor de vegetație.	36/80
5.3.3 Modelul statistic al interacțiunilor dintre factorii ecologici și vegetație.	36/83
5.3.3.1 Influența factorilor ecologici asupra vegetației	36/83
5.3.3.2 Relația dintre intrările (factorii de mediu) și ieșirile (structura vegetației , biodiversitate) din ecosistemele forestiere.	37/84
6. Analiza satelitară a dinamicii vegetației	40/89
6.1 Introducere	40/89
6.2 Material și metodă	40/90
6.2.1 Imagini multispectrale LANDSAT	40/90
6.2.2 Indicele Normalizat de Diferențiere a Vegetației (NDVI)	41/91
6.2.4 Biomasa	41/93
6.2.5 Viteza de colonizare.	41/93
6.3 Rezultate și discuții	42/94
6.3.1 Dinamica Indicelui Normalizat de Diferențiere a Vegetației	42/94
6.3.2 Estimarea biomasei supraterane totale cu ajutorul NDVI.	43/96
6.3.3 Dinamica biomasei supraterane în succesiunea secundară în zona Obcinei Mari. .	44/99
6.3.3 Viteza de colonizare a habitatelor	45/101
7. Direcții de evoluție a vegetației	46/104
7.1 Introducere	46/104
7.2 Material și Metodă	47/106
7.2.1 Dispersia semințelor	47/106
7.2.2 Potențialul ecologic	47/107
7.2.3 Relațiile de facilitare.	47/109
7.2 Rezultate și discuții	48/111
7.2.1 Vectorii de dispersie	48/111
7.2.4 Potențialul ecologic	49/114
7.2.5 Relațiile interspecifice și intraspecifice dintre speciile forestiere.	50/116
8. Discuții generale... ..	52/119
8.1 Caracteristici ale vegetației aflate în stadiul pionier al succesiunii vegetației în zona Obcinei Mari	52/119
8.1.3 Diversitatea structurală și diversitatea specifică	53/121

8.2 Condițiile staționale și instalarea vegetației în zona Obcinei Mari	54/122
8.2.2 Relația dintre condițiile staționale și vegetația din ecosistemele studiate	54/123
8.2.3 Categoriile ecologice, instrument descriptiv al condițiilor staționale	55/124
8.2.4 Condițiile microstaționale ale claselor de vegetație	55/126
8.3.3 Viteza de colonizare și relația dintre intrările și ieșirile ecosistemelor.	56/128
8.4 Direcții de evoluție a vegetației.	58/130
8.4.1 Donorii și migrația speciilor	58/130
8.4.2 Potențialul ecologic	59/134
8.4.3 Atraktorul claselor de vegetație	60/134
9. Concluzii generale și contribuții personale	61/137
9.1 Concluzii generale.....	61/137
9.2 Contribuții personale	62/144
Bibliografie	63/145

1. Introducere

Fenomenul care determină modificarea și înlocuirea unui tip de fitocenoză cu alt tip poartă numele de succesiune (Cristea et al., 2004). Succesiunea vegetației poate avea ca punct de pornire un teren nud , pe care nu a existat vegetație în trecut, sau un teren de pe care vegetația a fost înlăturată, ca urmare a acțiunii unei disturbante, colonizarea începând practic de la zero (succesiunea primară). Un alt caz este reprezentat de cel al evoluției pornind de la o grupare vegetală preexistentă, caz în care evoluția va fi mai rapidă (succesiunea secundară). Dinamica succesională se desfășoară prin înlănțuirea unor stadii de evoluție care modifică semnificativ structura covorului vegetal.

În România succesiunea vegetației este un fenomen care merită investigat, datorită multitudinii caracteristicilor ecologice și geografice care controlează succesiunile, dar și datorită informațiilor încă insuficiente referitoare la dinamica vegetației. Pașcovișchi (1967) a realizat primele sinteze referitoare la cunoștințele despre succesiunea vegetației din România. Au fost descrise o serie de fenomene succesionale din mai multe zone ale țării. Alte studii și analize ale succesiunii vegetației în România au fost realizate de către (Constantin, 1953), (Ștefan, 1962), (Vadim, 1968), (Raclaru, 1972), (Cenușă, 2000), (Sanda V. et al., 2007), (Cenușă et al., 2004). Aceștia au abordat aspecte ale succesiunilor legate de: succesiunea vegetației și solurilor din România, tendințele de degradare și caracteristicile succesiunii vegetației din ecosistemele marginale, caracteristicile vegetației și ale dinamicii acesteia în tăieturile de pădure, tendințele de degradare și aspecte ale succesiunilor într-o serie de ecosisteme, influențele antropice asupra vegetației din șleaurile de luncă, etc.

Studiile din lucrarea de față vin în completarea cunoștințelor referitoare la succesiunea vegetației și includ zona Obcinei Mari într-un studiu mai amănunțit al stadiului pionier al succesiunii secundare și al instalării speciilor în diferite condiții de vegetație.

2. Stadiul cunoștințelor privind dinamica vegetației

2.1 Tipuri de succesiuni

Primul sistem de clasificare a succesiunilor a fost propus de Clements (1916), în anul 1916. Acest sistem ține seama de stațiunea în care se petrece succesiunea, dar introduce și alte elemente, precum cauzele succesiunilor (Pașcovișchi, 1967). Astfel după Clements se disting :

- succesiuni normale, care pornesc de la un teren gol spre starea de echilibru (climax). Acestea pot fi **primare**, pornind de la un teren nou, neocupat spre climax, sau **secundare**, pornind de la un teren dezgolit spre restabilirea vegetației.

- **succesiuni anormale**, datorate modificării condițiilor climatice.

Modificările succesionale în compoziția unei comunități răspund în general la două tipuri de modificări ale condițiilor de mediu (M. A. Huston et al., 1994) :

- modificările cauzate de organisme din comunitate(factori autogeni), care duc la formarea tipului de succesiune denumit **succesiune autogenă**.
- modificările cauzate de factori externi (perturbatori), independente de organismele din comunitate, se numesc factori alogeni. Tipul de succesiune rezultat în urma acțiunii acestor factori este denumit **succesiune alogenă**.

În cadrul unei succesiuni comunitățile de plante cresc sau descesc în diversitate și biomasă de-a lungul timpului. Din acest punct de vedere se deosebesc 2 tipuri de succesiuni.

Succesiunea progresivă, este întâlnită în majoritatea cazurilor, având caracteristică creșterea diversității și a biomasei în cadrul comunităților, cu tendința de evoluție spre o structură complexă, datorită îmbunătățirii condițiilor de viață din ecosistem.

În contrast **succesiunea regresivă** rezultă în urma diminuării valorilor diversității și a biomasei, adesea datorită trecerii de la condiții bune de viață la condiții extreme(ex : de la un mediu mezofil la unul xerofil sau hidrofil) .

Succesiunea primară a vegetației este procesul de instalare și evoluție a vegetației spre starea de echilibru, pornind de la un teren lipsit în totalitate de vegetație, animale, sau activitate microbiană (Walker & Del Moral, 2003).

Succesiunea secundară este reprezentată de o serie de modificări în structura și compoziția vegetației, ulterior acțiunii unei disturbante care poate fi naturală, sau antropică (Schulze et al., 2002), sau a deschiderii masivului într-un ecosistem forestier creându-se astfel condițiile instalării unor specii de plante (Horn, 1974). În general succesiunea secundară pornește cu o serie de avantaje, condițiile habitatului fiind mai favorabile decât în cazul succesiunii primare.

Succesiunile sunt procese complexe, având la bază un număr mare de variabile, care conduc și modelează evoluția vegetației (caracteristicile habitatului, capacitatea de regenerare, caracteristicile disturbantelor, etc.). La un loc, toți acești factori fac foarte dificilă predicția sau controlul fenomenelor succesionale

2.2 Cauzele succesiunilor

2.2.1 Accesibilitatea habitatelor

Disturbanțele sunt factorii cheie în dinamica ecosistemelor. Accesibilitatea habitatelor pentru imigrarea speciilor este rezultatul apariției unei disturbânțe, sau a morții unor indivizi, creându-se astfel spațiul vital pentru noile plante. Aceste fenomene afectează puternic structura și compoziția ecosistemelor (Seidl et al., 2011).

În acest studiu au fost analizate două ecosisteme afectate de două diferite tipuri de disturbânțe. Doborâturile de vânt și pășunatul intensiv sunt două tipuri de disturbânțe, care acționează diferit în timp și spațiu. Doborâturile de vânt sunt disturbânțe cu caracter extrem care afectează puternic arboretele, creând goluri, care în timp sunt populate cu diverse specii de plante. De cealaltă parte, pășunatul intensiv nu este un fenomen extrem. În timp apare destructurarea vegetației din ecosistemul afectat, urmată de eroziune și înrăutățirea condițiilor staționale. Evoluția vegetației este greoaie atât timp cât presiunea creată de pășunat nu încetează.

Doborâturile de vânt sunt fenomene comune în pădurile de rășinoase din zona temperată. Acestea afectează în general speciile cu înrădăcinare trasantă (molid) (Kenkel et al., 1997) provocând o serie de modificări în arboretele afectate. Conform Fischer et al. (2013), este afectată în primul rând structura arboretelor, prin ruperea tulpinilor. Prin dezrădăcinarea arborilor, este afectat solul și apar modificări ale microclimatului specific pădurii, ca urmare a înlăturării ei. În urma dezrădăcinării se formează cavități, iar solul este mobilizat, cu orizonturile amestecate sau chiar schelet la suprafață. Ca urmare a doborâturilor de vânt se creează goluri în structura pădurii, modificându-se condițiile staționale de la nivelul solului (Pașcovișchi, 1967).

Habitatele forestiere intens pășunate și vegetația caracteristică a acestora au un rol destul de important în unele zone. Pe lângă efectele negative (destructurarea biocenozelor, eroziunea și tasarea solului, degradarea unor suprafețe întinse de teren etc), pășunatul prezintă și unele avantaje. Unul ar fi menținerea diversității genetice și specifice a vegetației caracteristice ecosistemelor pășunate, locale care nu se regăsesc prea frecvent, iar al doilea, este reprezentat de sursa de semințe pentru ecosistemele din jur. Conform Roterham (2013), unele specii de arbuști (păducel, măceș, alun etc.) se vor integra ușor în condițiile severe provocate de pășunat și nu vor necesita protecție împotriva pășunatului deoarece vor prezenta deja aceste adaptări (tulpini tepoase, regenerare vegetativă puternică, semințe rezistente la tasare sau chiar rezistente la digestie, putând să germineze după ce au fost eliminate prin procesul de excreție). Astfel ecosistemele afectate de eroziune pot fi stabilizate de către aceste specii de arbori sau arbuști. Ca efect al pășunatului poate fi enunțată limitarea regenerării speciilor principale la adăpostul arbuștilor rezistenți la pășunat, în locul instalării lor în zone deschise sau sub coronamentul pădurii (Van der Maarel et al., 2005).

Speciile de plante ierboase existente până la momentul producerii fenomenului perturbator vor dispărea treptat datorită modificării condițiilor staționale. Locul acestora va fi luat de speciile ierboase care apar în locuri luminate, în paralel cu vegetația lemnoasă formată în principal din specii pioniere. Treptat acestea vor crea condițiile favorabile instalării speciilor principale, care apar odată cu îmbunătățirea condițiilor staționale.

2.2.2 Disponibilitatea speciilor

Disponibilitatea speciilor este redată de capacitatea acestora de a face față acțiunii unei perturbanțe, prin înmulțire vegetativă, prin masa mare de semințe și prin capacitatea de dispersie a semințelor (Zipperer, 2010). Verheyen et al. (2001) au enunțat în lucrarea lor o serie de autori care au demonstrat că apariția unor specii în cadrul unor ecosisteme forestiere secundare este limitată de capacitatea de dispersie a semințelor.

Dispersia semințelor este definită ca fiind procesul prin care semințele sunt îndepărtate și depuse departe de planta mamă (Stoner et al., 2009). Factorii de dispersie a semințelor pot fi de două tipuri: abiotici (vânt, apă), sau biotici (animale, sau chiar plantele înșăși) (Levin et al., 2003). Conform literaturii de specialitate, cei mai importanți factori în răspândirea semințelor pe distanțe lungi sunt: vântul, apa și animalele. Modul de dispersie cu ajutorul vântului a fost denumit anemocorie, hidrocorie, pentru dispersia pe calea apei și zoocorie, pentru dispersia realizată cu ajutorul animalelor (Hintze et al., 2013).

Masa semințelor este un element foarte important în procesul de colonizare din mai multe puncte de vedere. Unul dintre acestea este capacitatea de dispersie pe suprafețe mari, care s-a dovedit a fi superioară la speciile cu mase mici ale semințelor. Cu toate acestea este demonstrat faptul că distanța de dispersie a semințelor este corelată mai degrabă de înălțimea plantei mamă decât de masa semințelor (Thomson et al., 2011).

O importanță foarte mare în dispersia semințelor o are și viteza terminală a acestora. Aceasta a fost definită ca viteza maximă care o poate atinge o sămânță în cădere (Hintze et al., 2013). Acest parametru este legat de masa semințelor dar și de adaptările pe care acestea le au pentru dispersia de tip anemocor.

2.2.3 Performanța diferențiată a speciilor

Performanța speciilor într-un ecosistem se află în strânsă legătură cu interacțiunile care le realizează cu condițiile biotice și abiotice (Zipperer, 2010). Capacitatea unei specii de a se instala, a crește, a supraviețui sau a fi prezentă o perioadă lungă de timp în ecosistem și de a se reproduce, constituie criteriile performanței. Conform Pickett et al. (2005), abilitățile competitive, toleranța la stres, rata de creștere, vârsta până la perioada maturității, capacitatea de apărare împotriva speciilor ierbivore și a altor dăunători biotici, sunt factorii care influențează performanța speciilor de plante într-un ecosistem.

Factorii edafici (cantitatea de nutrienți, umiditatea, reacția solului, temperatura solului etc) influențează în mod direct performanța speciilor. Spre exemplu speciile care vegetază pe soluri sărace în nutrienți prezintă abilități competitive ridicate, dar prezintă creșteri maxime mai reduse în comparație cu speciile din habitatele mai productive (Tilman, 1994). Pe măsură ce cantitatea de nutrienți crește, acumularea de biomasă crește, habitatul devenind disponibil pentru speciile de talie mare cu performanțe ridicate.

Mecanismul de toleranță al speciilor de plante la pășunat este reprezentat de capacitatea plantelor de a-și relua ciclul vegetativ după ce au supraviețuit pășunatului. Mecanismele de toleranță includ: producția masivă de semințe care au rolul de a produce puieți care să ia locul indivizilor morți în urma pășunatului, muguri dorminzi care să declanșeze regenerare vegetativă, sau diferite alte mecanisme care să crească nivelul de productivitate al plantelor (creșterea intensității fotosintetice, creșterea absorbției la nivelul rădăcinilor etc.) (Cesaretti, 2012).

Deși animalele ierbivore și pășunatul intensiv produc efecte negative ca eroziunea solului, favorizarea invaziei buruienilor, eventualele efecte pozitive ale acestora ar trebui

luate în considerare în cadrul oricărei cercetări. Un efect pozitiv este creșterea biodiversității și a răspândirii unor specii de plante.

2.3 Fitocenozele caracteristice Obcinei Mari

În zona Obcinei Mari se pot distinge ca subzone de vegetație zona molidului și zona fagului (Barbu, 1976). Cele două subzone sunt despărțite de o subzonă de tranziție molid-fag.

Pădurile din etajul molidului situate în zona Obcinelor Bucovinei sunt printre cele mai pure și bine dezvoltate arborete de molid din țară. Ca interval altitudinal, acestea apar de la 800 m în sus. În acest etaj se regăsesc conform Doniță et al. (2005):

- păduri sud-est carpatice de molid (*Picea abies*) cu *Oxalis acetosella*;
- păduri sud-est carpatice de molid (*Picea abies*) și brad (*Abies alba*) cu *Hieracium rotundatum*;
- păduri sud-est carpatice de molid (*Picea abies*) și brad (*Abies alba*) cu *Hylocomium splendens*;
- păduri sud-est carpatice de molid (*Picea abies*) și brad (*Abies alba*) cu *Pleurozium schreberi*, alături de alte tipuri de păduri temperate de conifere care sunt mai puțin reprezentate;

Pădurile din etajul de tranziție (molid-fag).

Deoarece aceasta este o zonă de tranziție între cele două tipuri de etaje, fitocenozele vor fi mai diversificate.

Molidișurile pure vor apărea în partea superioară a versanților Obcinei Mari. Se pot întâlni și cazuri în care acestea se găsesc chiar pe fundul văilor, pe versanții cu expoziție umbră.

Pădurile sud-est carpatice de molid (*Picea abies*), fag (*Fagus sylvatica*) și brad (*Abies alba*) cu *Hieracium rotundatum* (Doniță et al., 2005), se întâlnesc la altitudini cuprinse între 800-1400m, în zone cu precipitații abundente (700-900 mm), pe soluri scheletice, acide. Arboretul este format din molid, fag, și brad pe lângă care apar, mesteacănul, scorușul. Arbuștii sunt slab reprezentați, în general de specii iubitoare de aciditate.

Pădurile din etajul fagului.

Sunt păduri care apar în partea estică a Obcinei Mari. În acest etaj caracteristice sunt pădurile de amestec între fag, brad și chiar molid. Predominante sunt făgeto-brădetele și brădeto-făgetele. În unele zone molidul poate deveni chiar dominant (Barbu, 1976). Pe lângă speciile principale se întâlnesc *Pinus sylvestris* (pin), *Populus tremula* (plop tremurător), *Betula pendula* (mesteacăn), *Carpinus betulus* (carpen), *Sorbus aucuparia* (scoruș), *Corylus avellana* (alun), *Sambucus racemosa* (soc roșu), *Acer pseudoplatanus* (paltin de munte), *Acer platanoides* (paltin de câmp), *Tilia cordata* (tei pucios), *Ulmus glabra* (ulmul de munte), *Fraxinus excelsior* (frasin), și chiar *Quercus robur* (stejar) sau *Quercus petraea* (gorun).

Condițiile fizico geografice variate ale Obcinei Mari au dus la formarea unei diversități ridicate a fitocenzelor. Astfel pe lângă aceste tipuri de păduri, enumerate mai sus se pot găsi și stadii intermediare ale succesiunii vegetației cu diverse specii pioniere sau arbuști în rolul principal. Acestea sunt stadii intermediare care în general vor avea ca atractor tipul fundamental de pădure din care se trag.

3. Scopul și obiectivele cercetărilor

3.1 Scopul cercetărilor

Înțelegerea modului de instalare și asociere a speciilor din ecosistemele afectate de perturbanțe naturale sau antropice sunt aspecte deosebit de importante. Scopul general al lucrării a constat în identificarea unor aspecte ale succesiunii în zona Obcinei Mari în două ecosisteme situate pe versanți înșoriți, afectați de perturbanțe naturale (doborâturi de vânt) și antropice (pășunat intensiv). S-a urmărit :

- 1) analiza structurii și a diversității specifice și structurale a fitocenozelor aflate în stadiul pionier al succesiunii secundare;
- 2) identificarea claselor de vegetație existente și a posibilelor direcții succesionale;
- 3) determinarea condițiilor de instalare a vegetației aflate în stadiul pionier din ecosistemele studiate și cuantificarea influenței acestora asupra claselor de vegetație;
- 4) analiza dinamicii vegetației în perioada 1989-2014 cu ajutorul metodelor digitale.

3.2 Obiectivele cercetărilor

Primul obiectiv vizat a fost cel al trecerii în revistă a unor aspecte generale ale dinamicii vegetației, și a termenilor utilizați în literatura de specialitate. S-a făcut referire la fenomenele succesionale, tipuri de perturbanțe și cauzele care le produc.

Al doilea obiectiv a constat în analiza structurii cantitative și calitative a fitocenozelor din cele două habitate (zona Gura-Humorului – habitat afectat de pășunat intensiv; zona Vama – habitat afectat de doborâturi de vânt;). Aceasta s-a realizat prin clasificarea vegetației și analiza cantitativă, cu ajutorul unor indici fitocenotici. De asemenea s-a determinat biomasa totală (supraterană + subterană) , cantitatea de carbon și dioxid de carbon reținută de vegetația din cele două ecosisteme. Au mai fost analizate diversitatea specifică și structurală a fitocenozelor.

Al treilea obiectiv a vizat identificarea condițiilor staționale și a variațiilor microstaționale a acestora prin: i) realizarea modelului digital al terenului și extragerea variabilelor topografice și climatice necesare; ii) caracterizarea condițiilor staționale din cele două ecosisteme pe baza valorilor indicatoare ale speciilor de plante; iii) determinarea unor indicatori statistici care să cuantifice influența condițiilor staționale asupra vegetației din cele două ecosisteme;

Al patrulea obiectiv a constat în analiza dinamicii vegetației cu ajutorul metodelor digitale satelitare. Astfel cu ajutorul imaginilor LANDSAT s-a determinat indicele NDVI (Indicele Normalizat de Diferențiere a Vegetației). Prin NDVI s-a determinat biomasa vegetației din cele două ecosisteme în perioada 1998-2014, și viteza de colonizare a habitatelor.

Ca obiective complementare s-a vizat căutarea unor răspunsuri la următoarele întrebări : i) Care este influența vectorilor de dispersie și a donatorilor în migrația speciilor, în zona Obcinei Mari ?; ii) Care este rolul potențialului ecologic al speciilor în dinamica vegetației ?; iii) Ce tipuri de interacțiuni se regăsesc între speciile de plante aflate în stadiul pionier al unei succesiuni secundare în zonele de studiu?; iv) Care este relația dintre competiție, facilitare și condițiile ecologice din zona Obcinei Mari?; v) Care sunt direcțiile de evoluție a vegetației din ecosistemele studiate?;

4. Structura calitativă și cantitativă a fitocenozelor

4.1 Introducere

Cercetările ecologice asupra vegetației sunt menite să ducă la identificarea și cunoașterea grupărilor de specii și a factorilor ecologici care influențează dinamica unei fitocenoze.

În această lucrare a fost analizată structura calitativă și cea cantitativă a vegetației din două ecosisteme situate în zona geografică Obcina Mare, din județul Suceava.

Am analizat astfel compoziția vegetației (realizând și o clasificare a acestora) și categoriile cenotice de specii. În acest scop pe lângă o serie de metode de clasificare ale vegetației s-au utilizat și indici fitocenotici precum fidelitatea și constanța.

Pentru analiza cantitativă s-au utilizat indici fitopopulaționali cantitativi (acoperirea, frecvența), după care s-a trecut la analiza caracteristicilor biometrice (diametru, înălțime, volum, biomasă sau chiar cantitatea de carbon și dioxid de carbon stocată la nivelul vegetației lemnoase din zonele studiate).

În finalul acestui capitol a fost analizată diversitatea specifică și structurală.

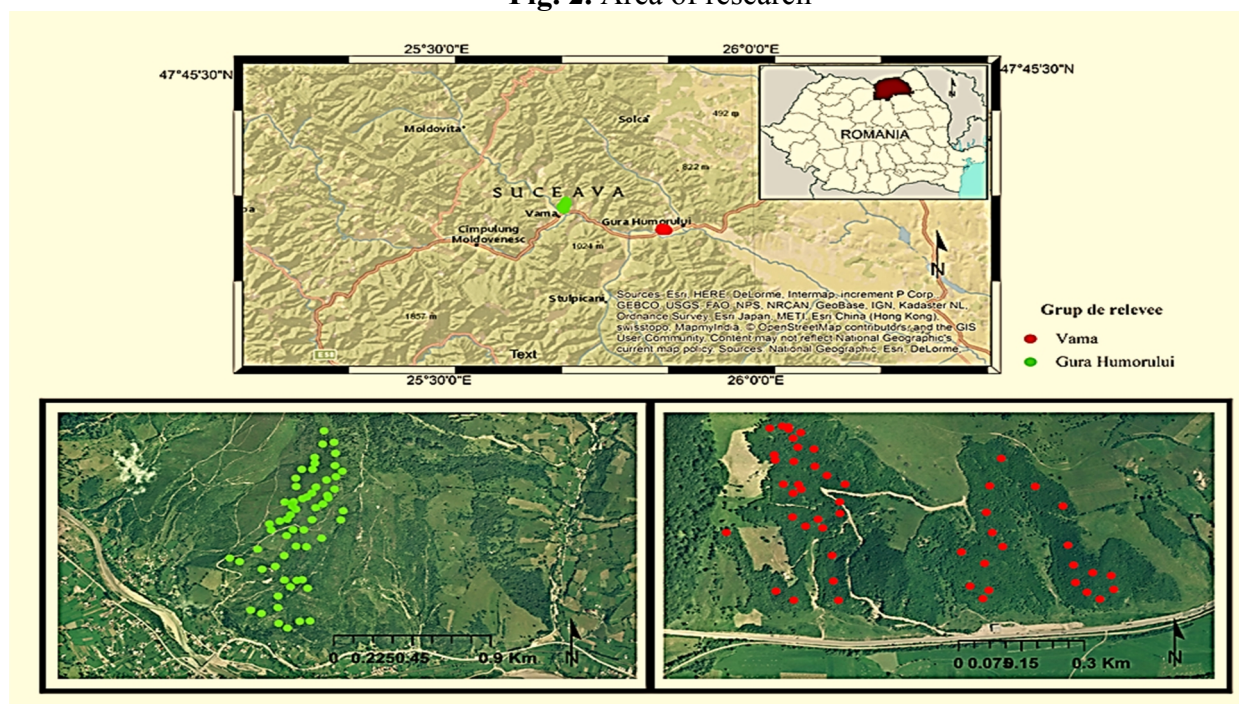
4.2 Material și metodă

4.2.1 Localizarea zonelor de studiu

În prezenta cercetare au fost incluse două zone cu dinamică succesională diferită dar aflate în același stadiu de evoluție.

Fig. 2. Zona de studiu

Fig. 2. Area of research



Zona de studiu aflată pe raza comunei Vama (**Fig. 2.**), situată pe versantul stâng al râului Moldova, fiind delimitată la vest de râul Molodovița și Obcina Feredeului, iar la nord-est de Obcina Mare, se încadrează în tiparul unei succesiuni secundare. Doborâturile de vânt, coroborate cu intervenții antropice de exploatare a masei lemnoase, au dus la crearea condițiilor de declanșare a succesiunii secundare a vegetației

De cealaltă parte, suprafața studiată din zona Gura Humorului (**Fig. 2.**) este situată de asemenea pe versantul stâng al râului Moldova, având ca limită pârâul Humor la vest și Obcina Mare la nord, se află de asemenea în stadiul pionier al unei succesiuni secundare, fiind reprezentată de un teren degradat prin pășunat intensiv. Pe lângă pășunat în acest ecosistem forestier presiunea antropică este constituită și de tăieri de lemn pentru încălzire, de către populația din apropierea zonei de studiu sau defrișări pentru mărirea suprafeței de pășune.

4.2.2 Colectarea datelor

Culegerea datelor de teren s-a realizat prin inventariere nesistematică, urmărindu-se însă zonele reprezentative din suprafețele studiate.

S-a realizat astfel o rețea de suprafețe de probă rectangulare de 25 m², ale căror coordonate geografice (centrul suprafețelor) s-au înregistrat cu ajutorul unui GPS JUNO 3B Handheld (Trimble, SUA). Pentru zona Gura-Humorului s-au realizat 50 de relevee iar pentru zona Vama un număr de 60 de relevee.

În interiorul fiecărei suprafețe de proba de 25m², s-au determinat/măsurat următoarele caracteristici: specia (pentru plantele lemnoase), numărul de indivizi (tufe), numărul de tulpini, diametrul tulpinilor. În fiecare suprafață experimentală, pe o arie dreptunghiulară de 2 m² s-au determinat înălțimile tuturor indivizilor.

Pentru determinarea desimii, s-au numărat indivizii din fiecare specie, respectiv numărul de tulpini prezente pe fiecare individ. Prin individ s-a înțeles exemplarul provenit din regenerare generativă, capabil să se reproducă prin regenerare vegetativă și să formeze noi tulpini. În acest stadiu al succesiunii un individ poate avea una sau mai multe tulpini (tufă = individ), din care vor evolua mai târziu noi indivizi.

Pentru o analiză completă, pe teren s-a determinat și indicele de abundență-dominanță propus de Braun-Blanquet (1928), apreciindu-se vizual gradul de acoperire al fiecărei specii din suprafața releveului și folosindu-se următoarele notații (Borza & Boșcaiu, 1965).

4.2.3 Analiza datelor

4.2.3.1 Indici fitopopulaționali și fitocenotici

Caracterizarea vegetației. Pentru caracterizarea fitosociologică a vegetației pioniere s-au folosit indici fitopopulaționali cantitativi și fitocenotici. Analiza vegetației s-a realizat cu ajutorul softului JUICE dezvoltat la universitatea Masaryk din Brno, Cehia (Tichý et al., 2002). În lucrarea de față s-a utilizat versiunea optimizată Juice 7.0.45. Cu ajutorul acestui soft s-au determinat o serie de indicatori ecologici fitopopulaționali cantitativi, (frecvența, acoperirea medie Barkman), respectiv, fitocenotici (constanța, dominanța, fidelitatea).

Specii diagnostice, constante și dominante

Speciile diagnostice sunt acele specii a căror abundență sau apariție este determinată de anumite condiții staționale. Acestea sunt foarte importante în descrierea unor anumite particularități ale vegetației unui habitat. Pentru determinarea speciilor diagnostice s-a folosit conceptul de fidelitate.

Fidelitatea speciilor este un indice introdus de către renumitul savant Braun – Blanquet, care a înțeles că unele specii pot duce la diagnoza corectă a unor asociații vegetale (Westhoff et al., 1978). Fidelitatea s-a determinat cu ajutorul coeficientului *phi*. Acesta este folosit pentru a determina asocierea dintre specii și asociații sau unități de vegetație din cadrul unui ecosistem studiat, și este folosit ca indicator al fidelității (Tichý et al., 2010). Determinarea fidelității cu ajutorul acestui coeficient elimină influența abundenței și a dominanței, considerând în calcul doar prezența sau absența speciilor. Speciile cu fidelitate mare pentru un anumit habitat poartă informații referitoare la modificările staționale sau chiar microstaționale dintr-o fitocenoză.

4.2.3.2 Clasificarea vegetației.

Clasificarea vegetației este un aspect deosebit de important, în contextul în care se dorește înțelegerea diversității vegetației și a factorilor care o creează și o mențin. Clasificarea vegetației oferă de asemenea informații vitale din interiorul comunităților vegetale, supuse inventarierii, sau monitorizării și conservării biodiversității, informații necesare managementului resurselor naturale și forestiere, dar și reconstrucției ecologice a terenurilor degradate de diferite activități antropice, sau hazarde naturale (Peet et al., 2013). Prin clasificarea vegetației se identifică în teren clase de vegetație omogene, sau diferite tipuri de asociații vegetale pe baza cărora se pot face afirmații și analize complete și pertinente pentru mediul științific și practic (M. Jennings et al., 2004).

În cazul de față s-au utilizat metode aglomerative ierarhice (Isopam), metode ierarhice divizive (Twinspan) și neierarhice partiționale (Pam, K-Means) de clasificare, stabilindu-se prin testare, care este cea mai precisă . Identificarea metodei de clasificare cea mai potrivită pentru acest studiu și optimizarea numărului de clustere s-a realizat cu ajutorul algoritmului propus de Botta-Dukát et al. (2005), determinându-se precizia clasificării “crispness of classification”. Algoritmul de determinare a preciziei se bazează pe calculul fidelității speciilor și este inclus în softul JUICE 7.0. Valoarea cea mai mare a preciziei a indicat metoda cea mai precisă de clasificare respectiv numărul optim de clustere.

Clasele identificate cu ajutorul analizei cluster au fost denumite după primele două specii din compoziția fiecărei clase cu acoperirea medie cea mai mare, după care au fost analizate pentru a se identifica un anumit tipar al asocierii speciilor în habitatul studiat. S-a determinat indicele exprimării claselor de vegetație “ Sharpness index “. O clasă prezintă o valoare mare a indicelui exprimării dacă speciile prezente se regăsesc numai în ea fiind absente sau rare în celelalte clase și exprimare redusă, dacă speciile se regăsesc și în alte unități de vegetație (JAROLIMEK et al., 2010).

Formula de calcul a indicelui exprimării este următoarea:

$$S_j = \frac{1 + \sum i \theta_{ij} * 100}{R_j} \quad (\text{Chytrý \& Lubomír, 2003}); \quad (2)$$

Sj – indicele exprimării (Sharpness index).
 θij – fidelitatea speciilor “i” din clasa de vegetație “ j” .
 Rj – numărul mediu de specii din releveele clasei de vegetație.

4.2.3.3 Caracteristici biometrice.

Diametrul.

Pentru analiza structurii arboretelor pe diametre s-au utilizat o serie de parametri statistici descriptivi, cum ar fi: media, abaterea standard, mediana, varianța.

$$(\text{Horodnic, 2004}) \rightarrow \sigma^2 = \frac{\sum(x - m)^2}{N - 1} \quad (3)$$

σ^2 - varianța

x – valoarea diametrelor

m – media diametrelor

N – numărul total al diametrelor analizate

Înălțimea.

Înălțimea este un alt parametru structural importat, exprimând condițiile de producție pentru arboretul aflat în studiu, dar și modul în care speciile cu diferite ritmuri de creștere se pot asocia și evolua în timp.

În prezentul studiu s-au modelat datele privind acest parametru, cu ajutorul regresiei liniare, la bază stând cunoscuta relație dintre diametru și înălțime. S-au realizat astfel predicții ale înălțimii pe specii pentru toate categoriile de diametre, cu precizie satisfăcătoare în raport cu scopul lucrării.

Volumul.

Cuantificarea volumului este foarte importantă în studiul dinamicii vegetației lemnoase. Informațiile pe care le deține acest parametru sunt foarte importante și este necesar să fie introduse în modele de dinamică a vegetației pentru a realiza predicții și concluzii pertinente asupra fenomenului succesional și a proceselor din interiorul ecosistemelor.

În scopul determinării volumului speciilor prezente în suprafețele studiate, s-au utilizat ecuații de volum pe specii elaborate de diverși autori:

$$1. (\text{Giurgiu, 1974}) : V = a * 10^{(b * \log(D) + c * \log(D)^2 + d * \log(H) + e * \log(H)^2)} \quad (4)$$

$$2. (\text{Braastad, 1966}) : V = a + b * D^2 + c * D^2 * H + d * H^2 * D + e * H^2 \quad (5)$$

$$3. (\text{Schelhaas, 2002}) : V = a * D^{(b+c)} * H^d \quad (6)$$

$$4. (\text{Dagnelie et al., 1999}) : V = a + b * D + c * D^2 + d * D^3 + e * H + f * D^2 * H \quad (7)$$

V = volum

D = diametrul

H = înălțimea

a,b,c,d,e,f = coeficienți de regresie ai ecuațiilor, pe specii.

Biomasa.

Determinarea sau estimarea biomasei la nivelul unui ecosistem forestier se poate realiza prin diferite metode (Danilă, 2015; Horodnic, 1999) etc. În această lucrare am aplicat metoda nedestructivă de estimare a biomasei. Aceasta constă în măsurarea caracteristicilor biometrice (diametru, înălțime) și aplicarea unor ecuații alometrice bazate pe relația dintre aceste variabile și biomasă. Ecuațiile alometrice bazate pe diametru sau înălțime ca predictori ai biomasei au fost utilizate pentru biomasa supratrană .

Biomasa supratereană a arborilor este reprezentată de masa tulpinii, ramurilor și a frunzelor arborilor. Ecuațiile preluate din literatură pentru diferitele specii identificate în teren, cuantifică biomasa supratereană totală (tulpină+ramuri+frunze) uscată.

Biomasa subterană (a rădăcinilor) s-a determinat pe baza valorilor medii a raportului dintre rădăcină și tulpină, conform Mokany et al. (2006). Biomasa subterană a fost astfel raportată la biomasa supratereană (Ciuvăț, 2013), pentru rezultate comparabile cu cele din literatura de specialitate (Change, 2006). Biomasa rădăcinii s-a determinat înmulțind valorile biomasei supratereane cu valoarea medie a raportului R:S pentru tipul de pădure pe care îl analizăm.

Estimarea stocului de carbon.

Anual proximativ 15-30% din cantitatea de carbon de pe Terra, produsă prin emisiile provocate de către arderea combustibililor fosili, sau prin diferite activități industriale, este stocată în zonele temperate și regiunile boreale (Myneni et al., 2001). O parte din această cantitate este sechestrată în biomasa vegetală. Ecosistemele forestiere reprezintă astfel adevărate acumulări de carbon.

Creșterea plantelor și procesul de acumulare a biomasei poate fi privit ca un model matematic, deoarece nu există încă o explicație fiziologică satisfăcătoare a regulilor distribuției carbonului în organele plantei și a creșterii în masă a acesteia. (Schulze et al., 2002). Determinarea stocului de carbon se bazează pe măsurători biometrice standard, care sunt necesare pentru modelul de biomasă. Conform literaturii de specialitate, cantitatea de carbon reprezintă o fracție a biomasei (Bouriaud et al., 2012). Pentru a transforma biomasa totală în cantitate de carbon stocată s-a utilizat un factor de conversie mediu (Change, 2006; Vicharnakorn et al., 2014) “ $f = 0.47$ ”.

Relațiile de determinare a cantității de carbon sunt:¹

$$C_S = B_S * 0.47 \quad (10)$$

$$C_R = B_R * 0.47 \quad (11)$$

$$C_T = B_T * 0.47 \quad (12)$$

Trebuie menționat că elementele care prezintă importanță în efectul de seră sunt gazele cu efect de seră, nu carbonul ca element chimic (Dutcă, 2011) . Gazele cu cel mai puternic impact asupra efectului de seră sunt bioxidul de carbon, metanul, protoxidul de azot etc. (Bouriaud et al., 2012).

Cantitatea de CO₂ stocată în biomasă se determină prin echivalența masei atomice. Masa atomică a carbonului are valoarea 12.0107 g/mol. Este mai ușor decât CO₂ de 3.6642 ori. Relația de determinare a CO₂ devine astfel (Dutcă, 2011):

$$M_{CO_2} = M_C * 3.6642 \quad (13)$$

M_{CO_2} - masa de dioxid de carbon, necesară unui arbore pentru a putea stoca o anumită cantitate de carbon M_C .

¹ C_S – cantitatea de carbon stocată în partea supratereană a arborilor;

C_R – cantitatea de carbon stocată în rădăcini;

C_T – cantitatea totală de carbon stocată în arbori;

B_S – biomasa supratereană

B_R – Biomasa rădăcinilor

B_T – Biomasa totală

4.2.3.4 Diversitatea specifică și structurală

Pentru determinarea diversității specifice și a beta-diversității s-au utilizat indicii α și β -diversității (Shanon-Wiener - α diversitate, Whittaker - β -diversitate), fiind analizat gradul de stabilitate structurală a biocenozelor studiate.

Indicele Shanon-Wiener exprimă diversitatea locală și gradul de organizare a sistemelor (Piticar et al., 2015; Spellerberg et al., 2003).

$$H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i ; \quad p_i = n_i/N; \quad (14)$$

H- indicele Shanon-Wiener;

p_i – proporția de acoperire a fiecărei specii; n_i -numărul de indivizi pentru fiecare specie;

N – numărul total de indivizi din suprafața studiată

De cealaltă parte indicele Whittaker, ca măsură a β -diversității, este utilizat în scopul determinării diversității dintre habitate, deci la o scară mai mare (Tichý et al., 2006). Conform Whittaker, acest indice este o măsură a variației compoziției specifice din cadrul habitatelor unei zone geografice de interes (Legendre et al., 2013).

$$\beta = \gamma/\alpha \quad (15)$$

β – incele Whittaker

γ - numărul de specii din unitatea geografică

α – numărul mediu de specii prezent într-un habitat dintr-o unitate geografică

Diversitatea structurală reprezintă cantitatea de informație exprimată prin maniera în care se asociază indivizii, relațiile funcționale dintre aceștia și variația dimensiunilor (Cenușă et al., 2004).

Caracterizarea diversității structurale s-a realizat cu ajutorul indicelui Shannon, ca indice structural global, prin cuantificarea variabilității diametrelor.

Analiza statistică a unor date s-a realizat cu ajutorul soft-urilor XLSTAT, JUICE.

4.3 Rezultate și discuții

4.3.1 Compoziția și caracterizarea vegetației

Tabelul 6 Caracterizarea fitosociologică vegetației lemnoase

Table 6 Phytosociological characterization of the wood vegetation

SPECII	HABITAT	Gura-Humorului (ecosistem afectat de pășunat intensiv)		Vama (ecosistem forestier afectat de doborâturi de vânt)	
		Indici ecologici fitopopulationali / cantitativi			
		Fr/Fid	Ac.	Fr/Fid	Ac.
<i>Rosa canina L. s. l.</i>	Specii comune	26	1.8	5	0.3
<i>Picea abies (L.) H. Karst.</i>		14	0.4	72 *	20.2
<i>Corylus avellana L.</i>		86 *	41.6	15	3.0
<i>Fagus sylvatica L.</i>		48*	3.9	17	1.6
<i>Populus tremula L.</i>		10	1.7	45 *	7.6
<i>Abies alba Mill.</i>		2	0.0	2	0.1
<i>Salix caprea L.</i>		24	2.6	63 *	16.4
<i>Alnus incana (L.) Moench</i>		2	0.1	2	0.3
<i>Cornus sanguinea L.</i>	Specii caracteristice ecosistemului din zona Gura Humorului	40 *	3.9	.	.
<i>Carpinus betulus L.</i>		44 *	10.6	.	.
<i>Crataegus monogyna Jacq. s. l.</i>		28 *	4.6	.	.
<i>Juniperus communis L. s. str.</i>		4	0.4	.	.
<i>Acer campestre L.</i>		32 *	2.4	.	.
<i>Prunus avium (L.) L.</i>		18	0.3	.	.
<i>Ulmus glabra Huds.</i>		2	0.0	.	.
<i>Acer pseudoplatanus L</i>		10	0.2	.	.
<i>Tilia cordata Mill.</i>		6	0.2	.	.
<i>Sambucus nigra L.</i>		4	0.3	.	.
<i>Malus sylvestris Mill.</i>		6	0.1	.	.
<i>Fraxinus excelsior</i>		6	0.2	.	.
<i>Betula pendula Roth</i>	Specii caracteristice din zona Vama	.	.	55 *	5.8
<i>Rubus hirtus Waldst. & Kit. s. l.</i>		.	.	18 *	3.8
<i>Rubus idaeus L.</i>		.	.	7	1.6
<i>Vaccinium myrtillus</i>		.	.	30 *	14.6
<i>Calluna vulgaris</i>		.	.	5	1.5
<i>Sorbus aucuparia L.</i>		.	.	28 *	5.6
<i>Acer platanoides L.</i>		.	.	5	0.2
<i>Rubus idaeus L.</i>		.	.	2	0.0
<i>Salix viminalis L.</i>		.	.	2	0.2
<i>Larix decidua Mill.</i>		.	.	8	2.6
<i>Sambucus racemosa L.</i>		.	.	3	0.4

Notă: Fr – frecvența; Fid – fidelitatea (*); Ac – Acoperirea medie Barkman;

Ecosistemele aflate în stadiul pionier din zona Obcinei Mari sunt caracterizate de frecvența mare a speciilor pioniere care reușesc să colonizeze și să utilizeze în primă fază terenurile degradate, afectate de perturbanțe și care prezintă curențe în aprovizionarea cu nutrienți. În cele două ecosisteme studiate s-au descoperit 31 de specii lemnoase, prezentate în **Tabelul 6**.

Pentru habitatul localizat pe raza comunei Vama și afectat de doborâturi de vânt, vegetația aflată în stadiul pionier este reprezentată de 19 specii lemnoase. Speciile principale, cu acoperirea medie cea mai mare sunt molidul, salcia căprească, afinul, plopul tremurător și scorușul.

Ecosistemul din zona Gura-Humorului este compus de asemenea din 17 specii lemnoase, aspect caracteristic stadiului pionier al vegetației în zona Obcinilor Bucovinei. Speciile principale, sunt alunul și păducelul. Celelalte specii identificate în cele două ecosisteme înregistrează procente ale acoperirii de până la 10%.

Pentru zona Vama speciile fidele condițiilor staționale locale sunt mestecănul, murul, afinul, și scorușul, din speciile care se regăsesc în cele două ecosisteme. Speciile fidele habitatului din zona Gura Humorului sunt păducelul, carpenul, sângerul, jugastrul, și cireșul. Din speciile comune, deși sunt distribuite în ambele habitate, speciile alun, și fag se regăsesc ca specii fidele condițiilor staționale din zona Gura-Humorului.

4.3.3 Clasificarea vegetației

4.3.3.1 Gruparea și optimizarea numărului de clustere

Clasele de vegetație reprezintă comunități vegetale, identificate cu ajutorul metodelor de clasificare. Aceste metode matematice izolează practic aceste grupări în așa numitele clase de vegetație, definite în această lucrare ca grupări vegetale cu caracteristici omogene, delimitate precis de celelalte grupări din același habitat datorită influenței factorilor ecologici, sau a celor biologici (ereditari).

În cazul habitatului din zona Gura Humorului, dintre metodele de clasificare pentru care s-a testat precizia clasificării, cea mai precisă este considerată metoda de clasificare K-means, deoarece are cea mai mare valoare a indicelui de precizie. Numărul optim de clustere s-a stabilit pe baza aceluiași indice, identificându-se 4 clase de vegetație (4 clustere).

Metoda TWINSpan de clasificare este cea mai potrivită pentru identificarea claselor de vegetație în ecosistemul din zona Vama. În cazul acestui ecosistem, pot fi utilizate și celelalte metode de clasificare, deoarece diferențele dintre valorile indicelui de precizie sunt reduse, și celelalte metode asigurând o precizie satisfăcătoare. Se poate observa că cea mai mare valoare a indicelui de precizie este pentru varianta cu 2 clustere, dar cu toate acestea s-a ales varianta cu 4 clustere deoarece reprezintă mai fidel situația din teren.

4.3.3.2 Compoziția claselor de vegetație și caracterizarea fitosociologică

a) Zona Vama. Pentru ecosistemul din zona Vama, analiza cluster TWINSpan, a condus la identificarea a 4 unități de vegetație (clase de vegetație). Denumirea celor 4 clase de vegetație s-a realizat în funcție de cele mai mari două valori ale acoperirii medii din fiecare clasă de vegetație (**Tabelul 8**). Fidelitatea speciilor s-a determinat cu ajutorul coeficientului “phi” la un nivel de semnificație statistică ($p < 0.01$).

Clasa *Vaccinium - Picea (I)* are ca reprezentante principale, speciile afin, respectiv molid, alături de care apare destul de des și scorușul. Este o clasă în care predomină speciile acidofile, afinul fiind principala specie, indicatoare de soluri acide.

Clasa *Picea - Salix (II)* prezintă ca elemente definitorii salcia căprească și molidul. Proporția molidului crește în această clasă, dar apar și speciile de foioase.

Clasa *Larix - Sorbus (III)* este caracterizată de apariția laricelui, specie care vegetează în condiții de temperaturi scăzute, condiții de uscăciune, fiind o specie caracteristică de lumină.

Clasa *Salix - Rubus (IV)* prezintă ca specii principale salcia căprească și zmeurul. Salcia căprească domină această clasă, fiind și specie fidelă. Lipsesc în mare măsură speciile de rășinoase, și cele indicatoare de soluri acide

Tabelul 8 Tabelul sinoptic al claselor de vegetație din zona Vama

Table 8 Synoptic table of vegetation classes in Vama area

Clasa cluster	1	2	3	4
Nr. de relevee	15	24	8	13
SPECIA	Ac^{Fid}	Ac^{Fid}	Ac^{Fid}	Ac^{Fid}
1. <i>Salix caprea</i>	0.5	20.8	1.3	36.1 ^{47.8}
2. <i>Alnus incana</i>	-	-	-	1.5
3. <i>Rosa canina</i>	-	0.1	-	1.2
4. <i>Betula pendula</i>	3.3	5.5	7.4	8.4
5. <i>Rubus hirtus</i>	2.0	1.6	1.8	11.3
6. <i>Rubus idaeus</i>	-	3.3	0.8	0.6
7. <i>Vaccinium myrtillus</i>	55.9 ^{81.6}	0.7	0.3	1.5
8. <i>Calluna vulgaris</i>	-	-	11.4 ^{40.7}	-
9. <i>Sorbus aucuparia</i>	14.0 ^{25.5}	0.3	12.5	1.7
10. <i>Corylus avellana</i>	1.7	5.6	-	1.4
11. <i>Fagus sylvatica</i>	1.1	0.6	0.5	4.4
12. <i>Populus tremula</i>	0.3	13.0 ^{30.3}	0.1	10.7
13. <i>Picea abies</i>	18.3	36.1 ^{40.0}	8.6	0.3
14. <i>Acer platanoides</i>	-	0.2	-	0.3
15. <i>Abies alba</i>	0.5	-	-	-
16. <i>Pyrus pyraeaster</i>	-	0.0	-	-
17. <i>Salix viminalis</i>	-	-	-	1.1
18. <i>Larix decidua</i>	1.5	-	16.9 ^{50.5}	-
19. <i>Sambucus racemos</i>	-	0.2	2.3	-

În ecosistemul din zona Gura Humorului s-au indentificat de asemenea 4 clase de vegetație (**Tabelul 9**).

Clasa *Corylus - Cornus (I)* este o clasă dominată de alun, care găsește resursele necesare dezvoltării și expansiunii în acest ecosistem. Alunul este o specie adaptată pășunatului intensiv, datorită capacității sale crescute de regenerare vegetativă.

Clasa *Crataegus - Rosa (II)* are o întindere mai redusă, regăsindu-se într-un număr redus de relevee. Păducelul și măceșul sunt speciile care domină această clasă, co-existând cu un număr redus de specii. Sunt adaptate condițiilor de pășunat intensiv, nefiind afectate, deoarece prezența spinilor pe lujeri le face neatractive pentru animalele ierbivore.

Clasa *Corylus - Carpinus 1 (III)* prezintă un număr mare de specii și o întindere semnificativă (19 relevee). Alunul se asociază bine cu carpenul, acesta din urmă fiind rezistent la uscăciune.

Corylus - Carpinus 2 (IV), în care avem prezente aceleași specii dominante (alun, carpen), se diferențiază de precedenta prin apariția plopului și a molidului ca specii fidele, respectiv proporția crescută a fagului.

Tabelul 9 Tabelul sinoptic al claselor de vegetație din zona Gura-Humorului

Table 9 Synoptic table of vegetation classes in Gura-Humorului area

Clasa cluster Nr. de relevee SPECIA	1 18 Ac^{Fid}	2 5 Ac^{Fid}	3 19 Ac^{Fid}	4 8 Ac^{Fid}
1. <i>Rosa canina</i>	0.8	12.0	0.9	-
2. <i>Picea abies</i>	0.3	-	0.1	1.5 ^{21.1}
3. <i>Corylus avellana</i>	41.8	1.0	59.1	24.9
4. <i>Fagus sylvatica</i>	4.8	-	3.1	6.6
5. <i>Populus tremula</i>	-	-	-	10.4 ^{52.2}
„6. <i>Abies alba</i>	-	-	-	0.1
7. <i>Cornus sanguinea</i>	9.9 ^{42.6}	2.4	-	0.5
8. <i>Carpinus betulus</i>	4.9	-	16.3 ^{29.5}	16.4
9. <i>Crataegus monogyna</i>	4.3	17.0	2.7	1.6
10. <i>Juniperus communis</i>	0.1	-	1.0	-
11. <i>Acer campestre</i>	4.1	0.4	1.3	2.8
12. <i>Prunus avium</i>	0.3	-	0.2	0.8
13. <i>Ulmus glabra</i>	-	-	-	0.3
14. <i>Acer pseudoplatanus</i>	0.1	-	0.4	-
15. <i>Tilia cordata</i>	0.1	0.6	0.3	-
16. <i>Sambucus nigra</i>	-	1.4	-	0.8
17. <i>Malus sylvestris</i>	0.1	1.0	0.1	-
18. <i>Fraxinus excelsior</i>	-	-	0.1	0.9
19. <i>Salix caprea</i>	-	-	6.7 ^{41.3}	0.5
20. <i>Alnus incana</i>	-	-	0.2	-

Tabelul 10 Prescurtările claselor de vegetație

Table 10 Abbreviations of the vegetation classes

Vama (ecosistem afectat de doborâturi de vânt)			Gura-Humorului (ecosistem afectat de intervenții antropice – pășunat intensiv)		
Denumire	Prescurtare		Denumire	Prescurtare	
<i>Vaccinium – Picea</i>	V-P	sau I	<i>Corylus – Cornus</i>	C-Co	sau I
<i>Picea – Salix</i>	P-S	sau II	<i>Crataegus – Rosa</i>	Cr-R	sau II
<i>Larix – Sorbus</i>	L-So	sau III	<i>Corylus – Carpinus 1</i>	C-Ca1	sau III
<i>Salix – Rubus</i>	S-R	sau IV	<i>Corylus – Carpinus 2</i>	C-Ca2	sau IV

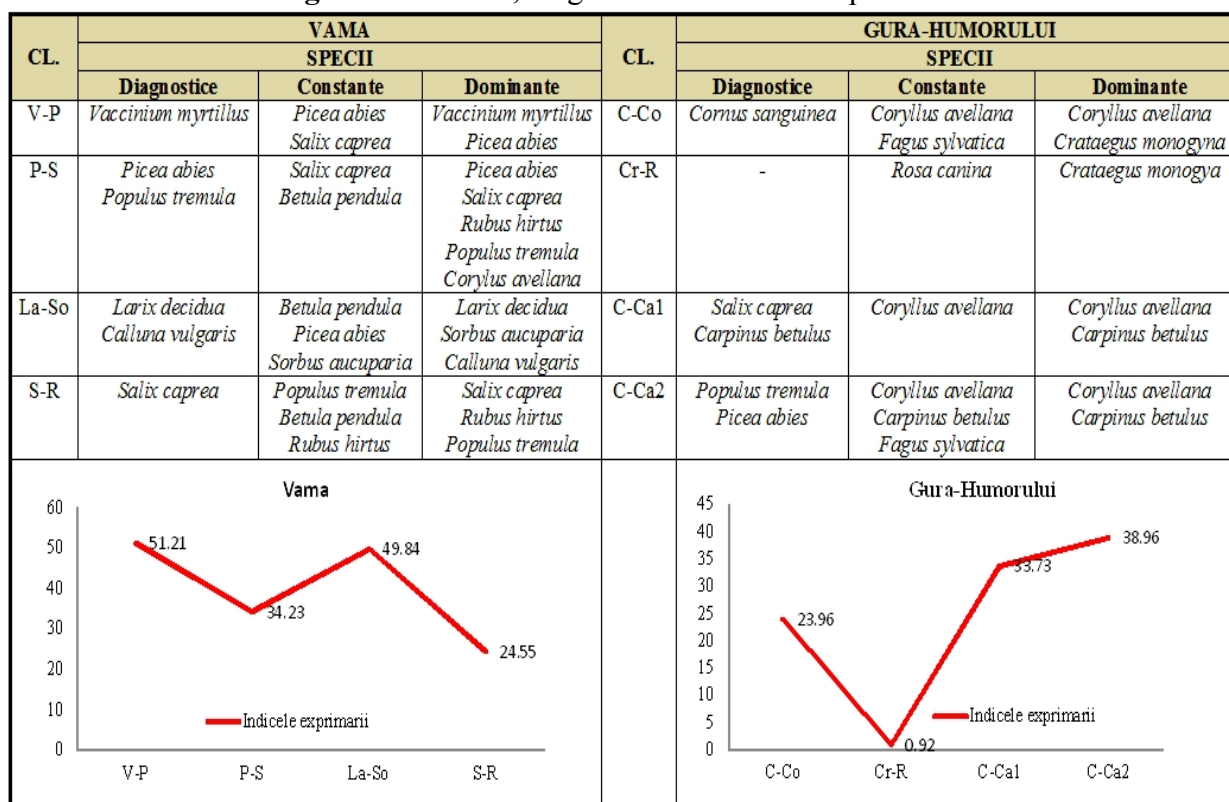
4.3.4 Structura calitativă a vegetației lemnoase din cele două zone de studiu: specii dominante , diagnostice și constante

Analizând cele două ecosisteme cu ajutorul indicilor fitocenotici s-au identificat speciile dominante, constante și diagnostice. Astfel pentru ecosistemul din zona Gura-Humorului s-au identificat 5 specii lemnoase diagnostice iar în cel din zona Vama 7 asemenea specii (Fig. 5).

Pentru zona Vama s-au identificat 9 specii dominante, care în afară de alun, zmeur și iarbă neagră sunt și diagnostice.

Fig. 5. Specii dominante, diagnostice și constante.

Fig. 5. Dominant, diagnostic and constant species.



Notă: CL – clasa de vegetație

I, II, III, IV - clase de vegetație din fiecare ecosistem, prezentate în **Tabelul 10**

Indici fitocenotici : fidelitatea ≥ 20 – specii diagnostice; frecvența ≥ 20 – specii constante; acoperirea ≥ 60 – specii dominante;

Indicele exprimării ne indică nivelul de organizare al claselor și calitatea delimitării claselor de vegetație. În zona Vama valoarea cea mai mare a exprimării este deținută de clasa *Vaccinium – Picea*, iar cel mai mică de clasa *Salix – Rubus*. Clasele alcătuite din specii pioniere prezintă un nivel redus de organizare, speciile diagnostice lipsind. Astfel devine dificilă încadrarea lor la o asociație vegetală, deoarece acestea sunt clase de tranziție care suferă frecvent modificări. Același aspect se observă în zona Gura-Humorului. Clasa *Crataegus-Rosa* prezintă nivelul minim de organizare. Celelalte trei clase prezintă specii diagnostice și sunt mult mai clar delimitate, având și un nivel de organizare mai ridicat.

4.3.5 Structura vegetației caracteristice stadiului pionier al succesiunii secundare

4.3.5.1 Structura vegetației lemnoase după diametrele arborilor

Diametrul mediu al arborilor prezintă valori reduse, arborii fiind la începutul dezvoltării. Valoarea diametrului mediu al ecosistemului forestier Gura-Humorului este de 3.64 ± 2.23 cm, abaterea standard având valori, de asemenea reduse. Diferențele din cadrul claselor de vegetație identificate nu sunt semnificative pentru diametrul mediu.

Tabelul 11 Statistica descriptivă a diametrelor pe clase de vegetație - Gura-Humorului
Table 11 Descriptive statistics of diameters by vegetation classes - Gura-Humorului

Clasa de vegetație	Diametrul mediu (d – cm)	Mediana	Abaterea standard (cm)	Varianța	Diametrul Maxim (cm)	Densitatea	
						Nr. tije ha ⁻¹	Nr. indivizi ha ⁻¹
C-Co	3.45	4	± 1.86	3.45	24	33933	10867
Cr-R	3.34	4	± 1.61	2.60	14	36880	23520
C-Ca 1	3.92	4	± 2.60	6.75	32	30779	13095
C-Ca 2	3.45	4	± 1.98	3.94	36	31650	14450
Total	3.64	4	± 2.23	4.97	36	32664	13552

În Zona Gura Humorului pășunatul dar și caracteristicile morfologice și genetice ale speciilor fac ca numărul de indivizi să scadă mult în raport cu cel de tulpini/tije. În această zona desimea cea mai mare este realizată de clasa *Crategus-Rosa*, iar cea mai redusă de clasa *Corylus-Carpinus 1*. Clasa cu cel mai redus număr de indivizi este clasa *Corylus-Cornus*. Aceasta este probabil și cea mai afectată de pășuna

Tabelul 12 Statistica descriptivă a diametrelor pe clase de vegetație – Vama
Table 12 Descriptive statistics of diameters by vegetation classes – Vama

Clasa de vegetație	Diametru Mediu (d – cm)	Mediana	Abaterea standard (cm)	Varianța	Diametrul maxim (cm)	Densitatea	
						Nr. tije ha ⁻¹	Nr. indivizi ha ⁻¹
V-P	3.90	4	± 2.49	6.19	18	7627	6000
P-S	4.13	4	± 2.91	8.49	28	10833	10217
L-So	4.42	4	± 2.75	7.57	12	4800	4700
S-R	2.71	2	± 1.76	3.10	18	21200	14100
Total	3.84	2	± 2.66	7.05	28	11473	8093

Clasele de vegetație din zona Vama prezintă variații moderate ale diametrului mediu. Cea mai mică valoare se întâlnește în clasa *Salix-Rubus* (2.71 ± 1.76). Valoarea cea mai mare se regăsește în clasa *Larix-Sorbus* (4.42 ± 2.75).

În zona Vama clasele cu desimi mari sunt cele formate în general din specii pioniere (*Picea-Salix*; *Salix-Rubus*). Clasele formate din specii principale au număr mai redus de indivizi și tulpini. Desimea este mult mai redusă în acest ecosistem, acesta aflându-se încă în perioada de colonizare. Diferențele dintre cele două ecosisteme constau în caracteristicile speciilor și în influența intervențiilor antropice asupra vegetației.

Desimea influențează caracteristicile biometrice (diametrul, volumul, biomasa, etc) ale vegetației din ecosistemele studiate, ducând la variația valorilor acestora.

4.3.5.2 Structura vegetației lemnoase în raport cu înălțimea arborilor

În cadrul acestui studiu s-a determinat înălțimea medie pe specii cu ajutorul regresiei liniare, pe baza măsurătorilor efectuate în etapa de teren. În **Tabelul 13** se pot vizualiza ecuațiile modelului de regresie liniară, bazat pe relația strânsă dintre diametru și înălțime în zona Gura-Humorului. Înălțimea medie are cea mai mare valoare la specia plop (6.13 ± 2.931 m). În cazul celorlalte specii se observă o variație redusă a valorilor, structura acestui arboret pe înălțimi fiind destul de uniformă. Se păstrează un plafon uniform, ne-existând specii în etajul inferior.

Tabelul 13 Ecuații de predicție a înălțimilor, pe specii pentru zona Gura-Humorului

Table 13 Height prediction equations by species for the Gura-Humorului area

SPECIA	ECUAȚIE DE ESTIMARE A ÎNĂLȚIMII	R ²	ERORI		Pr > F	STATISTICI DESCRIPTIVE			
			MSE	RMSE		MIN	MAX	MED	AB.STD
<i>Alun</i>	$H = 2.15135 + 0.68412 * D$	0.478	1.546	1.244	< 0.0001	2	8.80	4.50	± 1.72
<i>Carpen</i>	$H = 0.78639 + 0.99809 * D$	0.578	1.659	1.288	< 0.0001	1.8	8.8	4.05	± 1.97
<i>Cires</i>	$H = 1.76596 + 0.60745 * D$	0.916	0.363	0.603	0.0007	2.5	7.2	4.54	± 1.899
<i>Fag</i>	$H = 1.46133 + 0.83169 * D$	0.642	0.971	0.985	< 0.0001	2	6.7	4.09	± 1.610
<i>Jugastru</i>	$H = 1.74514 + 0.45109 * D$	0.660	0.775	0.869	< 0.0001	1.8	6.5	3.30	± 1.459
<i>Molid</i>	$H = 1.87185 + 0.51507 * D$	0.809	1.201	1.096	< 0.0010	1.6	8	4.73	± 2.346
<i>Păducel</i>	$H = 2.21481 + 0.59870 * D$	0.465	1.029	1.588	< 0.0001	1.9	6.8	4.32	± 1.376
<i>Paltin de m.</i>	$H = 1.20717 + 0.51491 * D$	0.977	0.172	0.415	< 0.0001	1.8	8.12	3.95	± 2.7627
<i>Plop t.</i>	$H = 2.73438 + 0.52656 * D$	0.783	1.980	1.407	< 0.0001	2.2	10.8	6.13	± 2.931
<i>Sânger</i>	$H = 2.90340 + 0.42901 * D$	0.3314	1.106	1.052	0.0003	2.3	6.2	4.13	± 1.267
<i>Salcie c.</i>	$H = 0.51415 + 0.74481 * D$	0.985	0.055	0.234	< 0.0001	1.6	7.8	3.74	± 1.901
<i>Soc</i>	$H = 2.05882 + 0.44706 * D$	0.979	0.037	0.193	0.0012	3.8	6.4	4.92	± 1.178
<i>Tei</i>	$H = 0.71429 + 0.82500 * D$	0.990	0.084	0.289	< 0.0001	2	10.6	4.01	± 3.024

Notă: AB.STD – abaterea standard; MSE - Eroarea medie pătratică; RMSE - Rădăcina pătrată a erorii medii pătratice; Pr > F – nivelul de semnificație al corelațiilor; R² – coeficientul de determinare;

Tabelul 14 Ecuații de predicție a înălțimilor, pe specii, pentru zona Vama

Table 14 Height prediction equations by species for the Vama area

SPECIA	ECUAȚIE DE ESTIMARE A ÎNĂLȚIMII	R ²	ERORI		Pr > F	STATISTICI DESCRIPTIVE			
			MSE	RMSE		MIN	MAX	MED	AB.STD
<i>Alun</i>	$H = 2.45727 + 0.69818 * D$	0.535	0.239	0.489	< 0.0001	3.0	6.0	4.069	± 0.703
<i>Fag</i>	$H = 2.37538 + 0.40404 * D$	0.934	0.110	0.332	< 0.0001	2.5	6.3	3.992	± 1.231
<i>Mesteacăn</i>	$H = 2.67032 + 0.53523 * D$	0.602	0.443	1.070	< 0.0001	2.8	8.6	4.779	± 1.671
<i>Molid</i>	$H = 1.38148 + 0.74510 * D$	0.831	1.746	1.321	< 0.0001	1.7	14	5.775	± 3.192
<i>Plop t.</i>	$H = 3.41598 + 0.64396 * D$	0.729	2.115	1.454	< 0.0001	3.2	12.6	7.27	± 2.754
<i>Salcie c.</i>	$H = 2.80591 + 0.36691 * D$	0.604	1.165	1.077	< 0.0001	1.5	8.5	4.342	± 1.697
<i>Scoruș</i>	$H = 3.99930 + 0.34273 * D$	0.376	0.456	0.675	0.0004	3.30	7	5.560	± 0.839
<i>Soc roșu</i>	$H = 0.82113 + 0.54437 * D$	0.967	0.006	0.245	< 0.0001	1.80	5.10	2.863	± 1.247
<i>Mlașă</i>	$H = 1.00220 + 0.61319 * D$	0.992	0.032	0.179	< 0.0001	2	6.90	4.00	± 1.957
<i>Larice</i>	$H = 3.48036 + 0.56527 * D$	0.722	1.130	1.063	0.0005	4.40	11.50	7.908	± 1.921

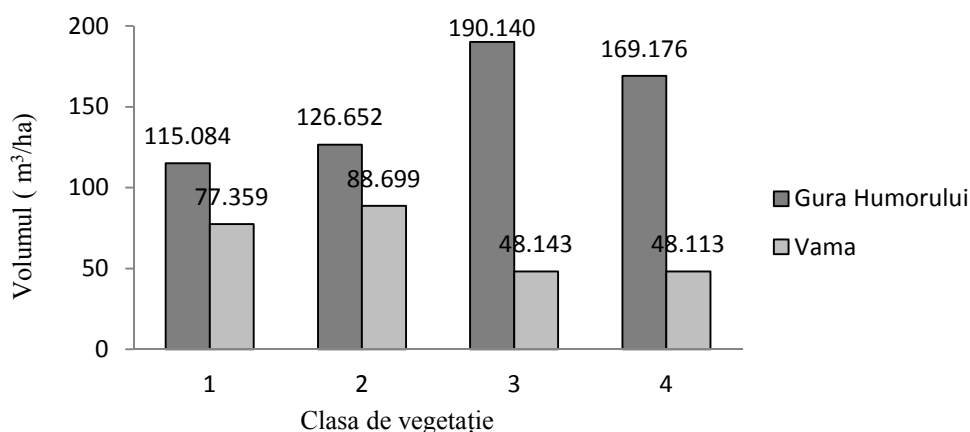
Notă: G.H – Gura-Humorului; AB.STD – abaterea standard; MSE - Eroarea medie pătratică; RMSE - rădăcina pătrată a erorii medii pătratice; Pr > F – nivelul de semnificație al corelațiilor; R² – coeficientul de determinare;

În cazul arboretului din zona Vama, nivelul de semnificație al relației diametru-înălțime se menține (**Tabelul 14**). Variabilitatea înălțimilor este ridicată în comparație cu ecosistemul din zona Gura-Humorului. Nu există un plafon uniform. Speciile cu înălțimile medii cele mai mari, sunt plopul tremurător (7.27 ± 2.754) și laricele (7.90 ± 1.921), urmate de molid (5.775 ± 3.192) și scoruș (5.560 ± 0.839). Molidul prezintă cea mai mare abatere standard a înălțimilor (**Tabelul 14**). Acesta prezintă mai multe generații de arbori, aspect datorat migrației și a donatorilor din zonă.

4.3.5.3 Structura vegetației în raport cu volumul.

În zonele de studiu volumul variază în funcție de compoziție și caracteristicile biometrice ale speciilor (diametru, înălțime). În zona Gura Humorului se înregistrează o valoare a volumului total la hectar de $153.417 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ iar în zona Vama un volum total de 71.663 m^3 . Există o diferență destul de mare între cele două zone, ceea ce confirmă că ecosistemul din zona Gura-Humorului este mai evoluat.

Fig.10. Dinamica volumului la hectar pe clase de vegetație



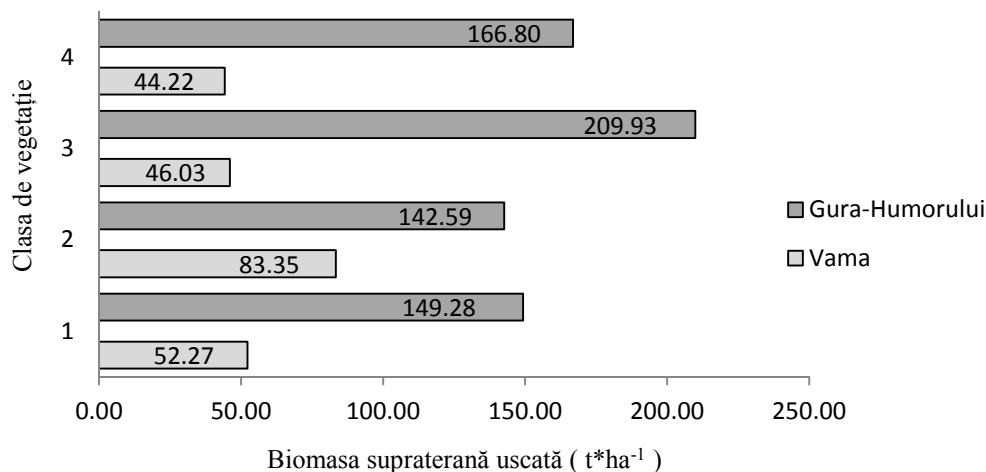
În ceea ce privește distribuția volumului pe clase de vegetație (**Fig. 10.**) în zona Gura Humorului se observă că în clasele cu carpen volumul prezintă valori mai mari (*Corylus-Carpinus 1*, respectiv *Corylus-Carpinus 2*), în timp ce în clasele cu pionieri adaptați la pășunat, valoarea volumului scade. Aceasta se datorează faptului că aceste specii sunt în general arbuști, care nu ating înălțimi mari. Probabil că în clasele cu carpen condițiile de vegetație sunt îmbunătățite și desimea este mare, aspect care duce din nou la creșterea volumului.

4.3.5.4 Biomasa

Clasele de vegetație din zona Vama sunt uniforme sub aspectul acumulării de biomasă, diferențele fiind reduse (**Fig. 16.**). Excepție face clasa *Larix-Sorbus* care depășește cu aproximativ $30 \text{ (t} \cdot \text{ha}^{-1})$ celelalte clase. În zona Gura-Humorului clasele de vegetație se diferențiază mai clar după gradul de acumulare al biomasei. Clasa *Coryllus-Cornus* deține cea mai mare valoare a biomasei totale (supraterană+rădăcini). Clasa *Corylus-Carpinus1* se diferențiază de clasa *Coryllus – Carpinus 2* prin diferența mare a

acumulării de biomasă și a speciilor din compoziția clasei. Este posibil ca una dintre aceste clase să fie afectate mai intens de pășunat.

Fig. 16. Distribuția biomasei pe clase de vegetați
Fig. 16. Distribution of the biomass by vegetation classes



e

4.3.5.5 Carbonul

Cantitatea de carbon stocat în ecosistemele aflate în stadiul pionier al succesiunii, prezintă valori similare (Alberti et al., 2008) cu cele observate în ecosistemele afectate de succesiuni secundare în Munții Alpi. În zona Vama cantitatea de carbon stocat în biomasa totală ($B_s + B_R =$ de 90.45 t*ha^{-1}) este de 42.51 t*ha^{-1} (**Tabelul 15**). Biomasa rădăcinii, ca fracție din biomasa supratereană, are valoarea de 28.33 t*ha^{-1} , cu o cantitate de carbon de 13.31 t/ha , iar biomasa supratereană de 62.13 t*ha^{-1} , respectiv o cantitate de carbon de 29.20 t/ha .

Tabelul 15 Distribuția biomasei și a carbonului pe categorii de diametre în zona Vama
Table 15 Biomass and carbon distribution by diameter categories in Vama area

D (cm)	B _{it} (kg)	B _s (t/ha)	C _s (t/ha)	B _R (t/ha)	C _R (t/ha)	B _T (t/ha)	C _T (t/ha)
2	4.36	10.41	4.89	4.75	2.23	15.16	7.13
4	7.69	11.68	5.49	5.33	2.50	17.01	7.99
6	13.92	12.71	5.97	5.80	2.72	18.51	8.70
8	28.34	9.60	4.51	4.38	2.06	13.97	6.57
10	45.09	7.33	3.45	3.34	1.57	10.68	5.02
12	54.37	4.08	1.92	1.86	0.87	5.94	2.79
14	79.66	3.91	1.84	1.78	0.84	5.69	2.67
16	100.96	0.92	0.43	0.42	0.20	1.35	0.63
18	161.66	1.48	0.70	0.68	0.32	2.16	1.01
Total	-	62.13	29.20	28.33	13.31	90.45	42.51

Notă: B_{it} – biomasa individuală totală (supratereană + subterană) a arborelui mediu pe categorii de diametre; B_s – biomasa supratereană; C_s – carbonul reținut în partea supratereană a plantelor; B_R – biomasa rădăcinii; C_R – carbonul stocat în rădăcină; B_T – biomasa totală; C_T – Carbonul total;

Tabelul 16. Distribuția biomasei și a carbonului pe categorii de diametre în zona Gura-Humorului

Table 16. Biomass and carbon distribution by diameter categories in Gura-Humorului area

D (cm)	B_{it} (kg)	B_S (t/ha)	C_S (t/ha)	B_R (t/ha)	C_R (t/ha)	B_T (t/ha)	C_T (t/ha)
2	1.71	13.75	6.46	3.31	1.56	17.07	8.02
4	5.05	47.50	22.32	11.45	5.38	58.94	27.70
6	12.76	42.69	20.06	10.29	4.84	52.97	24.90
8	24.29	22.76	10.70	5.49	2.58	28.25	13.28
10	40.80	15.20	7.14	3.66	1.72	18.86	8.86
12	57.17	4.79	2.25	1.16	0.54	5.95	2.80
14	79.78	5.36	2.52	1.29	0.61	6.66	3.13
16	119.76	3.20	1.50	0.77	0.36	3.97	1.87
18	130.00	3.98	1.87	0.96	0.45	4.93	2.32
20	209.62	1.65	0.78	0.40	0.19	2.05	0.96
22	220.55	1.57	0.74	0.38	0.18	1.95	0.92
24	246.49	3.25	1.53	0.78	0.37	4.03	1.89
26	313.53	2.26	1.06	0.54	0.26	2.80	1.32
32	420.31	2.71	1.27	0.65	0.31	3.36	1.58
36	588.48	3.79	1.78	0.91	0.43	4.71	2.21
Total	-	174.46	82.00	42.05	19.76	216.51	101.76

Notă: B_{it} – biomasa individuală totală (supraterană + subterană) a arborelui mediu pe categorii de diametre; B_S – biomasa supraterană; C_S – carbonul reținut în partea supraterană a plantelor; B_R – biomasa rădăcinii; C_R – carbonul stocat în rădăcină; B_T – biomasa totală; C_T - Carbonul total

În zona Gura-Humorului cantitatea de carbon stocată în ecosistemul forestier afectat de pășunat este mai mare (**Tabelul 16**). Biomasei supraterane acumulate în acest ecosistem îi corespunde o cantitate de carbon de 82.00 (t/ha). La nivelul rădăcinilor cantitatea de carbon stocată este de 19.76 t/ha. În total arboretul din această zonă stochează o cantitate de carbon de 101.76 (t/ha), sechestrând de două ori mai mult carbon decât ecosistemul din zona Vama.

4.3.6 Diversitatea specifică și structurală în succesiunea secundară

Indicele Whittaker are aproximativ aceleași valori în clasele *Vaccinium – Picea*, *Larix – Sorbus*, respectiv *Picea – Salix*, *Salix – Rubus*. Clasele în care se regăsește salcia căprească par mai bogate din punct de vedere specific, față de cele în care se regăsesc rașinoase (larice, molid) sau specii puternic acidofile (afin, iarbă neagră molid etc). Acoperirea scăzută din unele clase sau tendințele expansioniste și de dominare a unei specii fac ca diversitatea specifică să scadă în acele clase.

În zona Gura-Humorului diversitatea este aproximativ constantă la nivelul claselor de vegetație. În clasa *Coruylus – Carpinus 1* se regăsește cel mai mare grad al diversității specifice. Indicele Shannon-Wiener prezintă valori mai mici decât cele ale indicelui Whittaker. În zona Vama există clase de vegetație în interiorul cărora se regăsesc relevee cu

diversitate 0. Acest aspect este posibil datorită apariției masive a unei specii care preia toate resursele habitatului și care modifică structura acestuia.

4.3.6.1 Diversitatea specifică

Tabelul 17 Diversitatea specifică a ecosistemelor și a claselor de vegetație

Tabel 17 Specific diversity of the ecosystems and vegetation classes.

INDICI AI DIVERSITĂȚII SPECIFICE			CLASA DE VEGETAȚIE			
			I	II	III	IV
1	Nr. de relevee - Vama	60	15	24	8	13
	Whittaker – indicele β -diversității	3.98	1.95	2.61	2	2.79
	Nr. de relevee Humor	50	18	5	19	8
	Whittaker – indicele β -diversității	3.88	1.71	1.5	2.06	1.6667
2	Vama – Shannon Wiener	Media	0.89	0.91	1.04	0.95
		Minim	0.59	0	0.78	0
		Maxim	1.34	1.55	1.19	1.52
	Gura-Humorului – Shannon Wiener	Media	1.13	0.61	0.96	1.06
		Minim	0.65	0.33	0.14	0.72
		Maxim	1.52	1.29	1.62	1.34

Notă: I, II, III, IV – Clase de vegetație (**Tabelul 10** Prescurtările claselor de vegetație)

Afinitatea cenotică a speciilor este redată de răspunsul acestora față de gradientul diversitate specifică Shannon – Wiener (**Fig. 21.**). O serie de specii din cele identificate în ecosistemul din zona Gura-Humorului se regăsesc în acele porțiuni ale biocenozei unde diversitatea este la valoarea maximă locală.

4.3.6.2 Diversitatea structurală

Pentru caracterizarea diversității structurale s-a calculat indicele Shannon pentru diametre în fiecare clasă de vegetație. Din punct de vedere a structurii, la nivelul celor două ecosisteme, variabilitatea diametrelor este redusă în comparație cu pădurile naturale aflate în stadiul de climax. Diferențele dintre cele două zone sunt nesemnificative, valoarea din zona Gura Humorului fiind puțin mai mare, datorită prezenței unor specii cu puternică capacitate de lăstărire (**Tabelul 18**).

Clasele de vegetație identificate în zona Gura-Humorului sunt relativ constante din punct de vedere al structurii. Valori ceva mai ridicate se observă precum s-a menționat și mai sus în clasele cu carpen și alun, care lăstăresc puternic și produc o variabilitate mai mare a diametrelor. Se poate constata gradul redus de organizare și omogenitatea structurii, deci vârsta apropiată a claselor de vegetație.

Zona Vama oferă o variabilitate mai mare a diametrelor în clasele de vegetație acestea fiind mai bine conturate. În 20 % din suprafața studiată se regăsește clasa *Vaccinium-Picea*, care prezintă cea mai mare variabilitate structurală. Cel mai redus grad de organizare se întâlnește în clasa *Salix-Rubus*, aproximativ 21.7% din suprafață ($H = 0.8$). Speciile pioniere nu reușesc în general să creeze o structură bine definită (complexă).

Tabelul 18 Diversitatea structurală a claselor de vegetație
Table 18 Structural diversity of the vegetation classes

DIVERSITATEA STRUCTURALĂ (INDICELE SHANNON-WIENER “H”)							
HUMOR: H= 1.321 Clasa de vegetație				VAMA: H= 1.22 Clasa de vegetație			
C-Co	Cr-R	C-Ca1	C-Ca2	V-P	P-S	L-So	S-R
% din suprafață				% din suprafață			
36	10	38	16	25	40	13.3	21.7
Shannon Wiener (H)				Shannon Wiener (H)			
1.12	1.08	1.32	1.25	1.81	1.41	1.54	0.82

4.3.6.3 Raportul diversitate specifică / diversitate structurală

Ierarhizarea claselor de vegetație din zona Gura-Humorului după diversitatea specifică și diversitatea structurală ne arată pastrarea ordinii ierarhice în cadrul claselor *Crataegus-Rosa*, respectiv *Corylus-Carpinus 1*. Cele două clase sunt diametral opuse. Clasa *Crataegus-Rosa* este săracă din punct de vedere al diversității specifice și structurale, având o organizare rudimentară, caracteristică claselor de pionieri. Clasa *Corylus-Carpinus 1* este mai bine organizată, cu complexitate și stabilitate mai mare (**Tabelul 19**). Clasa *Corylus – Carpinus 2* are diversitate specifică mai redusă, dar o diversitate structurală mai mare în comparație cu clasa *Corylus – Cornus*. Clasa cu carpen prezintă mai mulți indivizi proveniți din regenerare vegetativă, ca răspuns la presiunea antropică provocată de pășunat.

Tabelul 19 Ierarhizarea claselor de vegetație în funcție de diversitatea structurală și diversitatea specifică.

Table 19 Ranking the vegetation classes by their structural and specific diversity.

ZONA DE STUDIU	DIVERSITATE	CLASA DE VEGETAȚIE			
		C-Co	Cr-R	C-Ca1	C-Ca2
Humor	- specifică	2	4	1	3
	- structurală	3	4	1	2
		V-P	P-S	L-So	S-R
Vama	- specifică	4	2	3	1
	- structurală	1	3	2	4

În zona Vama raportul dintre diversitatea structurală și cea specifică este foarte diferit în cele patru clase de vegetație. Clasele *Vaccinium - Picea*, respectiv *Salix - Rubus*, se află în antiteza. Clasa cu diversitatea specifică cea mai mare, prezintă diversitatea structurală cea mai redusă și invers. Acest aspect este posibil deoarece speciile pioniere nu reușesc să creeze structuri complexe și stabile, precum reușesc speciile principale. Acest lucru poate fi observat și în clasa *Picea - Salix*, unde din nou diversitatea structurală este scăzută, datorită prezenței salciei. Molidul s-a instalat odată cu speciile principale având rolul de pionier în această situație (Pașcovich, 1967). Diversitatea structurală este dată probabil de prezența mai multor generații.

5. Condițiile staționale de instalare a vegetației pioniere

5.1 Introducere

Condițiile staționale joacă un rol foarte important în dinamica succesională a vegetației. În funcție de acestea, instalarea vegetației pe un teren afectat de diferite tipuri de perturbanțe se va realiza într-o perioadă mai scurtă sau mai lungă de timp. Conform (Braun-Blanquet, 1928) există 4 tipuri de factori ecologici care influențează dezvoltarea vegetației: factorii climatici, factorii edafici, factorii orografici, factorii biotici.

5.2 Material și metodă

Acest capitol al lucrării este destinat evidențierii condițiilor staționale și a influenței acestora asupra vegetației din cele două ecosisteme studiate.

5.2.1 Colectarea datelor

Pentru a putea extrage valorile gradientilor topografici ai relievelor despre care s-a discutat în prima parte a lucrării s-a realizat modelul tridimensional al terenului (DEM) . Datele necesare au fost planurile cu curbe de nivel și coordonatele punctelor în care s-au realizat relievele.

5.2.2 Analiza datelor

5.2.2.1 Modelul tridimensional al terenului

Reprezentările terenului joacă un rol deosebit de important în modelarea și vizualizarea caracteristicilor mediului înconjurător. Legătura dintre factorii biotici și abiotici ai habitatelor cu vegetația stă la baza cercetărilor ecologice asupra distribuției vegetației. **Modelul tridimensional al terenului (DEM)** reprezintă o abordare matematică și algoritmică pentru o mai bună înțelegere a mediului și a geomorfologiei terenului (Hutchinson et al., 1999) fiind considerat principala resursă pentru modelarea spațială în ecologie. Modelul tridimensional al terenului reprezintă elementele topografice ale terenului după o rețea de puncte regulate cu altitudinea cunoscută, sau după o rețea triangulată neregulată în care fiecare punct este stocat după coordonatele sale, suprafața fiind reprezentată de fațete triunghiulare (Warren et al., 2004).

Software-ul utilizat pentru realizarea modelului digital al terenului a fost *ArcGis 9.3*. Pe baza planurilor de bază cu curbe de nivel vectorizate s-a determinat modelul tridimensional al terenului. Prelucrarea surselor cartografice s-a realizat în modulul *3D Analyst* conform (Barnoiaiea, 2011).

Panta este reprezentată de înclinarea unui plan tangent la suprafața rezultată prin modelare digitală, în orice punct (Nițu & Crăciunescu, 2009). Valoarea pantei se determină prin raportul dintre valoarea înălțimii și distanța orizontală dintre două puncte. În secțiune transversală suprafața are forma unui triunghi dreptunghic. Panta poate fi exprimată în procente, când rezultatul raportului mai sus menționat se înmulțește cu 100, sau în grade când se calculează *arctangentă* din valoarea acestui raport. În *ArcGis 9.3* rezultatul constă în harta pantelor din zona studiată. Pentru obținerea unei imagini raster cu valorile pantei terenului pe baza DEM, se utilizează extensia *ArcToolbox* și opțiunile *Spatial Analyst – Surface – Slope*.

Expoziția versanților

În modelul tridimensional al terenului, expoziția este reprezentată de direcția de pantă maximă de la fiecare celulă la vecinii ei. Expoziția versanților reprezintă practic direcția pantei și se calculează în funcție punctele cardinale. Rezultatul este reprezentat de o hartă în care fiecare celulă a rasterului prezintă valoarea expoziției în funcție de punctele cardinale, fiind exprimată în grade, cuprinse între -1 și 360 (Jenness, 2007). Obținerea unei imagini raster cu expoziția versanților din modelul digital al terenului se realizează utilizându-se opțiunile: *Spatial Analyst – Surface – Aspect*.

Insolația este practic o măsură a energiei radiației solare receptată de o suprafață într-o anumită perioadă de timp, fiind influențată puternic de factorii de natură topografică ai terenului (Cioban et al., 2013). Cantitatea de radiație solară se măsoară în W/m^2 (w- wați), sau $Kwh/m^2/zi$ (Kw – kilowați). Cantitatea de radiație solară se determină în funcție de poziția soarelui în fiecare moment față de fiecare punct al suprafeței analizate estimându-se radiația directă și cea difuză. Se determină astfel dacă radiația globală este formată din radiații directe și difuze (cazul în care cerul este senin) sau doar de radiații difuze (cazul în care soarele este acoperit de nori), (Tovar-Pescador et al., 2006). În concluzie, rasterul rezultat în urma prelucrării în ArcGis 9.3 va conține valorile radiației globale (directă + difuză), calculate pentru fiecare punct al suprafeței analizate.

Pentru realizarea hărții radiației globale totale se utilizează opțiunea *Spatial Analyst* urmată de opțiunile *Solar Radiation* și *Area Solar Radiation*.

5.2.2.2 Condițiile ecologice.

Structura pe categorii ecologice a biocenozelor forestiere s-a determinat cu ajutorul valorii ecologice indicatoare propuse (Landolt, 1977). Valorile indicatoare ale speciilor sunt de fapt un set de valori stabilite pe specii, care redau toleranța acestora față de temperatură, lumină, ph-ul solului, nutrienți, umiditate, etc. Aceste valori permit crearea de deducții privind condițiile ecologice dintr-o anumită zonă. În lucrările științifice se utilizează valorile medii indicatoare (Wildi, 2016). Pentru această lucrare s-au determinat categoriile ecologice prin multiplicarea procentului de participare al fiecărei specii din compoziția unei clase de vegetație cu valoarea indicatoare proprie, suma rezultatelor pe specii fiind raportată la valoarea maximă a compoziției (100%).

Analiza statistică a luat în calcul interacțiunile dintre categoriile ecologice, principalele specii prezente în compoziție și alți gradienti ecologici utilizați în lucrare. Aceasta s-a realizat cu ajutorul analizei în componente principale (ACP), metodologie folosită și în studiul publicat de Piticar et al. (2014).

Analiza în componente principale.

Modelul statistic constă în identificarea și cuantificarea celor mai importante variabile care pot explica variabilitatea condițiilor și factorilor care ghidează tendința de instalare și asociere a speciilor forestiere în cadrul fenomenului succesional studiat. Modelul s-a realizat cu ajutorul Analizei în Componente Principale (ACP). Aceasta este o tehnică ce face parte din categoria analizelor multivariate, care duce prin aplicarea ei la identificarea parametrilor unui set multidimensional de date experimentale, ce evidențiază similitudinile și diferențierile dintre variabile (Horodnic, 2004). Scopul final al interpretării ACP, este de a evidenția variabilele cu variabilitatea cea mai mare, care ar putea explica unele aspecte ale succesiunii studiate, precum influența factorilor ecologici și fizici asupra tendinței de instalare a speciilor, a dezvoltării acestora și a modului de asociere.

Pentru realizarea acestei analize s-au folosit următoarele variabile : insolația, panta, altitudinea, expoziția, categoriile ecologice după Landolt (1977), speciile, numărul de indivizi și tulpini pe specii, diametrul mediu, indicele diversității (Shannon Wiener) și acoperirea procentuală a speciilor pentru fiecare suprafață experimentală.

Clima

Analiza unor caracteristici climatice (temperatură, precipitații, radiația solară , umiditatea relativă , viteza vântului s-au realizat cu ajutorul datelor din bazele de date climatice internaționale (Anonymous, 2017b). Din aceste baze de date s-au extras valorile parametrilor climatici utilizați, pentru zona Obcinilor Bucovinei.

Datele au fost prelucrate cu ajutorul programului XLSTAT.

5.3 Rezultate și discuții

5.3.1 Condițiile ecologice și distribuția vegetației

5.3.1.1 Caracteristicile climatice în zona Obcinei Mari

Temperatura.

În zona Obcinei Mari temperatura medie maximă este de 12.51 ± 0.97 °C iar cea minimă de 3.05 ± 0.75 °C. Temperatura medie anuală este 7.78°C.

Analiza relației dintre temperatura maximă și temperatura medie este reprezentată printr-o legătură corelativă ($R^2 = 0.4319$) de intensitate medie.

Analiza temperaturii medii anuale a indicat variații anuale în intervalul de timp pentru care s-a realizat studiul (1989-2014). În general în perioada 1989-2000 s-au înregistrat în general valori sub medie ale temperaturii medii anuale. A urmat o perioadă cu valori peste media anuală. În intervalul 1989-2013 anii cei mai friguroși au fost 1991, 1993 respectiv 1996, 1997. Anii cu cele mai mari temperaturi peste medie au fost 2000, 2001 și 2002 respectiv 2007, 2008, 2009. Perioadele cu temperaturi medii anuale peste medie pot fi asociate cu ani secetoși, care influențează dezvoltarea vegetației. Din analiza tendințelor centrale a temperaturii medii anuale nu se observă o modificare semnificativă a temperaturii medii anuale în intervalul 1989-2014.

Precipitații.

Valorile medii ale precipitațiilor în perioada 1989-2014 s-au făcut prin cumulara precipitațiilor lunare. Zona Obcinei Mari este caracterizată în perioada 1989-2013 de o cantitate medie de precipitații de 697.91 ± 158.05 mm. Cantitatea minimă de precipitații anuale s-a înregistrat în anul 1990 (427.35 mm), iar cea maximă în anul 2010 (697.92 mm).

Anii cei mai săraci în precipitații în intervalul analizat au fost 1990, 2000, 2002, 2003 și 2011. După deficitul de precipitații înregistrat în anul 2003 au urmat anii 2005, respectiv 2006 cu precipitații mult peste valoarea medie exponențială prezisă (+371 mm). de asemenea 2010 este un an bogat în precipit

Radiația solară.

Valorile medii anuale ale radiației în intervalul analizat înregistrează un o minimă de 1296.7 Kwh/m² în anul 1991 și o maximă de 1516.8Kwh/m² în anul 2011. Valoarea medie a cantității anuale de radiații căzută în zona Obcinei Mari în intervalul 1989-2013 este de 1412.07±46.8 Kwh/m². Erorile de predicție a volrilor medii pentru modelului exponențial utilizat (RMSE = 0.5622; MSE = 0.3159) indică o predicție satisfăcătoare.

Anii cu valorile cele mai mari ale radiației solare sunt 2000, și 2011, cu valori mult peste medie. Se observă că după anul 2005 a urmat o perioadă de 7 ani cu valori ale radiației solare peste media prezidă de modelul exponențial.

Umiditatea relativă

În zona Obcinei Mari umiditatea relativă are valoarea medie de 75±3.86 % . Valoarea minimă înregistrată în intervalul temporal studiat este de 66.6%, în anul 2000, iar cea maximă este de 81.14%, pentru anul 2014. Anul 2000 a fost un an cu deficit hidric accentuat.

Cele mai mari scăderi ale valorilor anuale ale umidității relative față de valoarea medie s-au înregistrat în anii 1990 (-9%) și 2000 (- 10 %). Anii cu cele mai mari valori peste medie au fost 2005 (+6.2%), respectiv 2006 (+4.8%).

Vantul

Viteza vântului înregistrează o valoare medie anuală de 2.79±0.313 m/s . Valoarea medie maximă a vitezei vântului este de 3.3 m/s iar cea minimă de 2.28 m/s. În anii în cu viteze ale vântului peste medie s-au produs în general și doborâturi de vânt. În anul 2002 s-a produs doborâtura de vânt care a declanșat succesiunea secundară din ecosistemul forestier situat pe raza comunei Vama .

Cele mai mari valori peste medie s-au înregistrat în anul 1998, cu 0.2 m/s peste media anuală. 2000, 2001, 2002, 2004, 2007 au fost ani cu viteze ale vântului peste medie, în rest valorile situându-se, sub medie, nefiind dăunătoare ecosistemelor forestiere.

5.3.1.3 Distribuția claselor de vegetație în funcție de gradientii ecologici

Valorile gradientilor ecologici diferă pe suprafața fiecărui habitat, influențând totodata și caracteristicile vegetației. În funcție de variabilitatea caracteristicilor gradientilor ecologici, se pot forma diferite tipuri de grupări vegetale, sau pot fi influențați parametrii structurali ai comunităților de plante. În **Fig. 41.** este prezentată distribuția claselor de vegetație în funcție de gradientii ecologici. Sunt surprinse aspectele caracteristice ale ambelor zone de studiu.

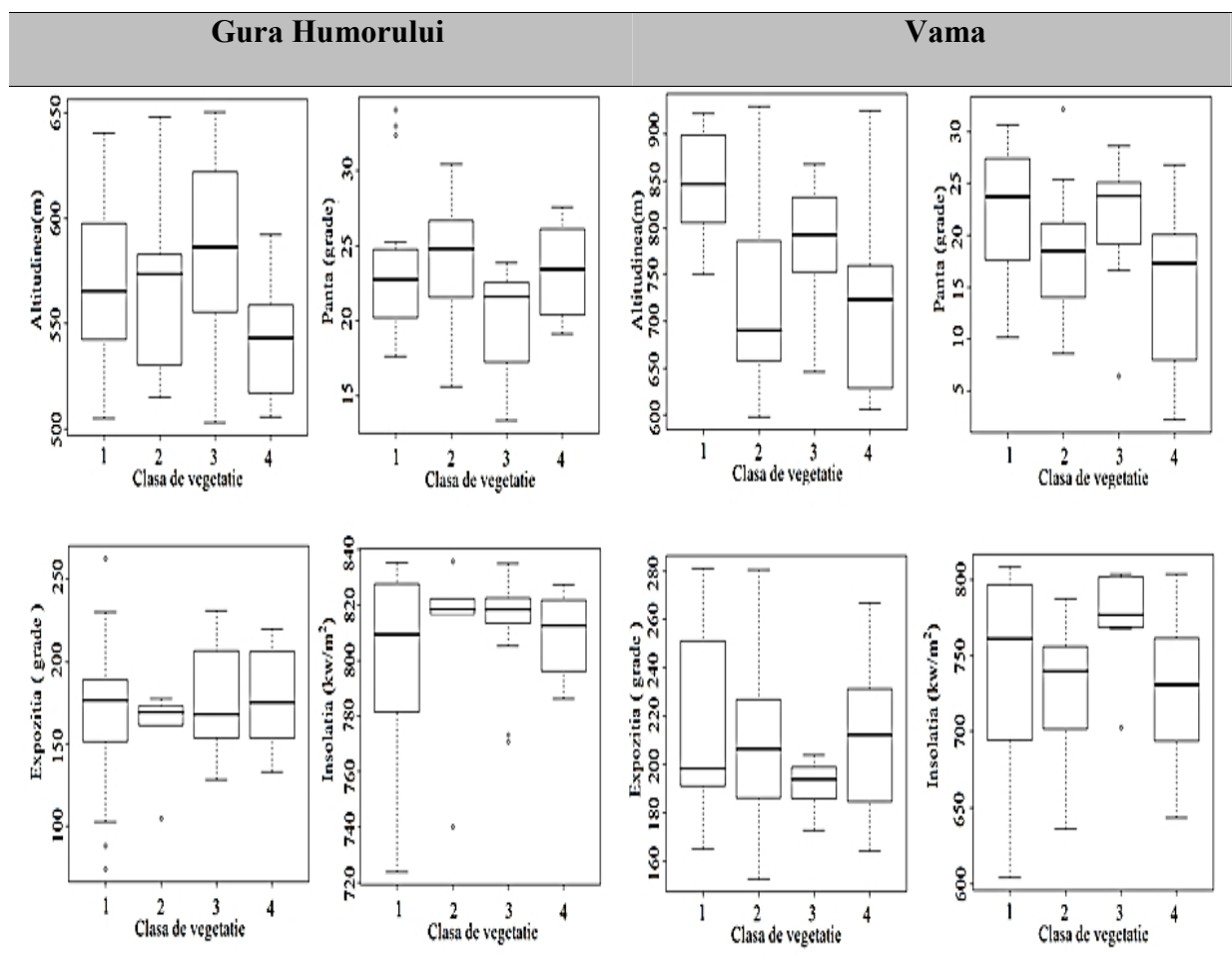
În zona Gura-Humorului clasele de vegetație se diferențiază sub aspectul factorilor ecologici. Din analiza distribuției claselor de vegetație după altitudine, s-a constatat că la altitudinea cea mai scăzută se situează clasa *Corylus-Carpinus 2*, iar cel mai sus *Corylus-Carpinus 1*, în timp ce mijlocul este ocupat de clasele *Corylus-Cornus* și *Crataegus-Rosa*. Clasa pantelor repezi este clasa *Crataegus-Rosa*, speciile caracteristice acestora fiind rezistente la uscăciune și fertilitate redusă (cantități scăzute de nutrienți). Celelalte trei clase sunt situate pe pante moderate. Sub aspectul expoziției nu există diferențieri care să producă modificări importante în compoziția vegetației. Clasa *Corylus-Cornus* apare pe versanții cu expoziție estică, în rest celelalte trei clase se regăsesc pe versanți cu expoziție preponderent sudică. Clasa *Corylus-Cornus* este clasa valorilor cele mai reduse ale insolației din zona studiată, aspect datorat situării acestora pe versanții cu expoziție estică, care sunt ceva mai

umbriți.

Zona Vama prezintă o diversitate mai mare a valorilor factorilor ecologici. Diferențierea sub aspectul altitudinii a claselor de vegetație este mult mai clară decât în cazul habitatului din zona Gura-Humorului. Astfel clasa altitudinilor mari este *Vaccinium-Picea* (>800m). De asemenea tot în partea superioară, în jurul altitudinii de 800m se regăsește clasa *Larix-Sorbus*, aspect obligatoriu pentru larice, care se regăsește de obicei pe creste fiind o specie cu evapotranspirație puternică, vegetând în zone vântuite. Zona inferioară a habitatului este atribuită claselor din care face parte salcia căprească (*Salix-Rubus*; *Picea-Salix*). Sub aspectul pantelor se păstrează aceeași ierarhie ca în cazul altitudinii, clasele *Vaccinium-Picea* și *Larix-Sorbus* ocupând pantele repezi. Pantele domoale sunt ocupate de clasa *Salix-Rubus*. Acestea sunt mai bogate din punct de vedere hidric, favorizând astfel salcia căprească. Clasa *Vaccinium-Picea* este situată pe versanții cu expoziție sudică și sud-vestică, alături de Clasa *Picea-Salix* care preferă mai mult expozițiile sudice. Versanții cu expoziție sud-vestică primesc o cantitate mai redusă de radiație solară fiind puțin mai umbriți (clasa *Vaccinium-Picea*). Cea mai mare cantitate de radiație solară o primește clasa *Larix-Sorbus*.

Fig. 41. Distribuția claselor de vegetație în funcție de gradientii ecologici.

Fig. 41. Distribution of the vegetation classes by ecological gradients.



Notă: Gura-Humorului: 1 – *Corylus-Cornus*; 2 – *Crataegus-Rosa*; 3 – *Corylus-carpinus 1*; 4 – *Corylus-Carpinus 2*;

Vama: 1 – *Vaccinium-Picea*; 2 – *Picea-Salix*; 3 – *Larix-Sorbus*; 4 – *Salix-Rubus*;

5.3.2.2 Structura pe categorii ecologice a claselor de vegetație.

Structura pe categorii ecologice a claselor de vegetație caracterizează mai detaliat condițiile staționale destul de variabile din cele două zone de studiu.

Conform testului parametric (**Tabelul 20**), între clasele de vegetație din cele două zone de studiu există diferențe semnificative în ceea ce privește factorii ecologici (lumina, temperatură, continentalitatea, umiditatea, reacția solului, nutrienți). Testul permutat menține același trend. Testul permutat modificat indică diferențe semnificative între clasele de vegetație pentru cantitatea de nutrienți din sol, din zona Gura-Humorului. Datorită variației pantei, cu siguranță, cantitatea de nutrienți variază semnificativ în acest ecosistem. În rest, pentru testul permutat modificat s-au obținut valori mari, care au indicat diferențe nesemnificative între clasele de vegetație din acest ecosistem. În zona Vama diferențele constau în aciditatea solului, care variază semnificativ ($p < 0.01$) (**Tabelul 20**).

Tabel 20 Testul de semnificație al structurii pe categorii ecologice a claselor de vegetație

Table 20 The significance test of the structure by ecological categories on the vegetation classes

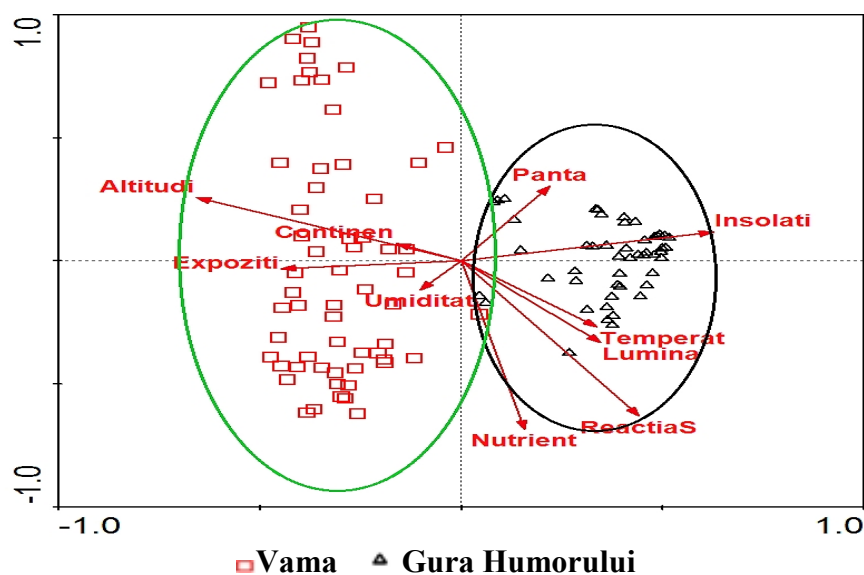
GRADIENT ECOLOGIC	Testul parametric (P. par)		Testul permutat (P. perm)		Testul permutat modificat (P. modif.)	
	G-Humorului	Vama	G-Humorului	Vama	G- Humorului	Vama
Lumina	< 0.01	< 0.001	< 0.05	< 0.01	< 0.332	0.264
Temperatura	< 0.01	< 0.001	< 0.05	< 0.01	< 0.296	0.154
Continentalitatea	< 0.01	< 0.05	< 0.05	0.064	< 0.354	0.576
Umiditatea	< 0.001	0.712	< 0.01	0.478	< 0.128	0.808
Reacția solului	< 0.001	< 0.001	< 0.01	< 0.01	< 0.196	< 0.01
Nutrienți	< 0.001	< 0.001	< 0.01	< 0.01	< 0.05	0.186

5.3.3 Modelul statistic al interacțiunilor dintre factorii ecologici și vegetație.

5.3.3.1 Influența factorilor ecologici asupra vegetației

În ceea ce privește diferențierea zonelor de studiu după influența gradientilor ecologici asupra vegetației se pot observa niște tendințe clare care determină anumite tipare ale instalării vegetației. În zona Gura Humorului un număr de șase variabile ecologice din cele analizate influențează distribuția vegetației. Panta, insolația, temperatura, lumina, reacția solului, cantitatea de nutrienți sunt variabilele care determină condițiile de instalare ale vegetației din această zonă. De cealaltă parte altitudinea, expoziția, umiditatea și continentalitatea sunt gradientii care caracterizează variabilitatea vegetației din ecosistemul situat în zona Vama.

Fig. 46. Analiza relației dintre factorii ecologici
Fig. 46. Analysis of the relation between the ecological factors



5.3.3.2 Relația dintre intrările (factorii de mediu) și ieșirile (structura vegetației , biodiversitate) din ecosistemele forestiere.

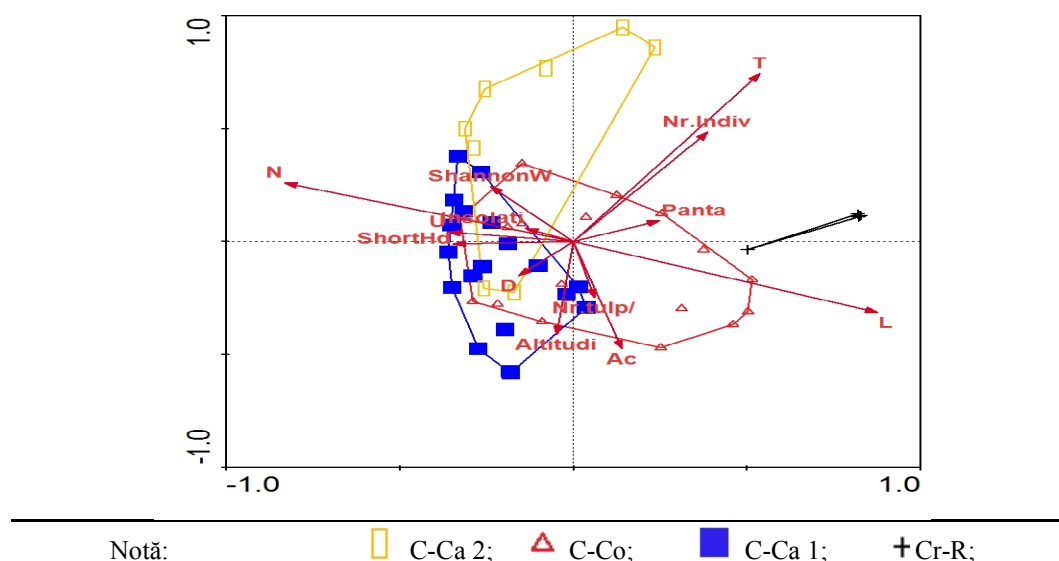
În **Fig. 47.** sunt prezentate rezultatele analizei în componente principale a variabilelor de intrare și ieșire din ecosistemul situat în zona **Gura Humorului**. A fost studiată și varianța totală explicată de primele două componente principale , și s-a determinat și factorul de inflație a varianței (VIF). Acesta este definit ca fiind inversul toleranței și este utilizat ca un indicator al multicolarității, fenomen care apare în momentul în care variabilele independente între ele se corelează puternic. Dacă la realizarea modelului statistic se introduce o astfel de variabilă, celelalte nu mai aduc informații semnificative din punct de vedere statistic. Pentru rezolvarea problemei multicolarității, se studiază acest factor de inflație (VIF) , eliminându-se variabilele care au valoarea $VIF > 10$ conform Kenedy (2003) (Kennedy, 2003).

În zona Gura Humorului o serie de variabile (reacția solului, lumina, temperatura, continentalitatea, nutrienții,), aveau valori ale $VIF > 10$, chiar > 20 , indicând prezența multicolarității. După eliminarea continentalității și a reacției solului, valorile VIF ale tuturor variabilelor au scăzut semnificativ ($VIF < 4$).

Varianța totală explicată de primele două componente principale pentru speciile analizate a fost de 62.1% , iar varianța explicată a relației dintre specii și factorii de mediu a fost de 75.5%. Ambele valori ale varianței totale explicate sunt mari, ceea ce înseamnă că există o relație strânsă între vegetație și factorii ecologici.

Conform **Fig. 47.** clasele de vegetație au puncte comune și se suprapun pe anumite porțiuni. Acest aspect poate fi observat și prin abundența mare a carpenului și alunului în 2 clase de vegetație. Singura clasă de vegetație care se deosebește complet de celelalte trei este clasa *Crataegus-Rosa*, care nu se suprapune pe nișele ecologice ale celorlalte clase. Diferențele din punct de vedere specific au fost prezentate în prima parte a lucrării, iar diferențele de natură stațională vor fi prezentate analizându-se **Fig. 47.**

Fig. 47. Analiza relației dintre factorii ecologici și vegetație în zona Gura-Humorului.
Fig. 47. Analysis of the relation between the ecological factors and vegetation in Gura-Humorului area



Nr. indiv – numărul de indivizi dintr-o specie raportat la hectar (pot conține mai multe tulpini); Nr. tulp – numărul de tulpini raportat la hectar; D – diametrul mediu al arborilor inventariați pe suprafețe de probă; Ac – acoperirea pe care o realizează speciile de plante; L – lumina; T – temperatura; N – cantitatea de nutrienți; U – umiditatea ; ShanonW – indicele diversității specifice;

Între variabilele de intrare și cele de ieșire din ecosistemul studiat există o corelație evidentă, semnificativă. Astfel, se observă o corelație puternic pozitivă între numărul de indivizi și temperatură, ceea ce înseamnă că desimea crește în zonele unde apar speciile indicatoare de temperatură mai ridicată. De asemenea numărul de indivizi crește în raport cu panta și se observă o corelație negativă a numărului de indivizi cu diametrul. Corelația dintre pantă și lumină ne arată că pe pante mari s-au instalat în general speciile indicatoare de lumină. Corelația puternică și negativă dintre lumină și cantitatea de nutrienți, ne arată că speciile indicatoare de lumină din acest ecosistem vegetează pe soluri mai puțin fertile, cu pante mari, condiții de uscăciune la nivelul solului, lumina având rol de factor compensator. În ce privește diversitatea specifică se poate observa o reducere a diversității în acea porțiune a nișei ecologice în care apar speciile indicatoare de lumină (sângerul, păducelul , măceșul chiar și alunul, care poate vegeta în zonele afectate de uscăciune). De asemenea se observă reducerea desimii în zonele unde crește diversitatea. Se constată o creștere a stabilității fitocenozelor din aceste zone. În zonele mai bogate în nutrienți crește valoarea diametrului mediu, dar și diversitatea specifică.

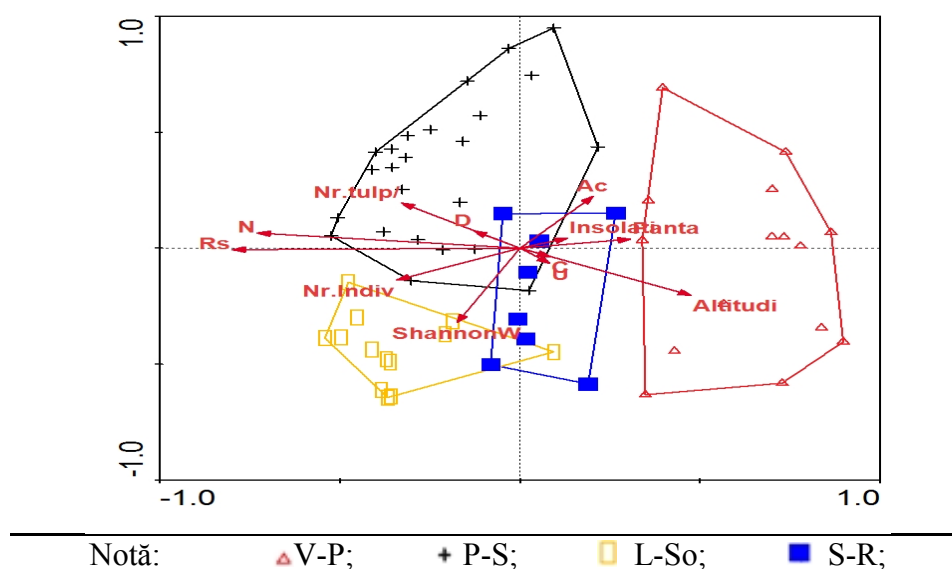
Numărul de indivizi, numărul de tulpini și acoperirea ne indică cât de puternică este presiunea antropică asupra acestui habitat și care porțiuni ale nișei ecologice sunt mai afectate. În raport cu altitudinea crește numărul de tulpini și acoperirea, scăzând numărul de indivizi.

În **Fig. 48.** sunt prezentate rezultatele analizei în componente principale a variabilelor de intrare și ieșire din ecosistemul situat în zona Vama. În analiza factorilor ecologici din zona Vama, cu ajutorul ACP s-a detectat de asemenea prezența multicolinearității. Factorul de inflație al varianței avea valori mari pentru variabilele lumină și temperatură ($VIF_T = 6$; $VIF_L = 7$). Deși valorile nu au atins maximum factorului de inflație admis ($VIF < 10$), aceste variabile au fost eliminate pentru că afectau precizia analizei. După eliminarea lor valoarea factorului de inflație a ajuns la $VIF < 3$, pentru toate variabilele rămase.

Varianța totală explicată de speciile analizate pentru primele două componente principale extrase a fost de 47.7 %, 30.3 % fiind explicată de prima componentă. Varianța totală explicată a relației dintre specii și factorii ecologici este de 60.4%, 43.1% din varianță fiind explicată de prima componentă extrasă.

Fig. 48. Analiza relației dintre factorii ecologici și vegetație în zona Vama

Fig. 48. Analysis of the relation between the ecological factors and vegetation in Vama area



În **Fig. 48.** se poate observa ordonarea spațială a claselor de vegetație. Puncte comune se observă între clasele *Salix-Rubus* și *Picea-Salix* respectiv *Salix-Rubus* și *Larix-Sorbus*. Clasa *Vaccinium-Picea* este foarte diferită față de celelalte trei clase și nu se intersectează cu nici una dintre ele. Clasa *Salix-Rubus* s-a instalat probabil și în nișele ecologice ocupate de clasele *Picea-Salix* și *Larix-Sorbus*. Clasele din zona Vama sunt mai bine separate (evidențiate) decât cele din zona Gura-Hmorului, ceea ce ne duce la concluzia că în zona Vama factorii ecologici prezintă o selectivitate mai mare.

Pentru prima componentă principală se observă o corelație pozitivă puternică între reacția solului și cantitatea de nutrienți, de unde rezultă o creștere a fertilității solului odată cu creșterea pH-ului. O altă corelație puternică, de această dată negativă, se observă între pantă și reacția solului, respectiv cantitatea de nutrienți. Conform acestui aspect, pe pantele mari, reacția solului este mai acidă, iar solurile mai puțin fertile. De asemenea o corelație negativă a acestor variabile cu altitudinea ne arată că la altitudini mai mari solurile sunt acide și sărace în nutrienți. Variabilele de ieșire din această componentă sunt numărul de tulpini și numărul de indivizi. Corelația negativă dintre acestea și altitudine indică o desime mai mare în partea inferioară a ecosistemului studiat și prezența plantelor cu regenerare vegetativă puternică.

Pentru cea de-a doua componentă principală se poate evidenția corelația negativă dintre indicele diversității și acoperire, care ne arată nivelul interacțiunilor interspecifice. Relația de competiție și eliminare naturală crește unde valorile acoperirii sunt mari, deci în această situație diversitatea va fi mai redusă. Diversitatea crește în zonele cu acoperire mai redusă, unde mecanismul de facilitare își face simțită prezența, relațiile interspecifice fiind în general pozitive.

6. Analiza satelitară a dinamicii vegetației

6.1 Introducere

Modificările privind structura, compoziția și distribuția vegetației reprezintă una dintre cele mai importante și sistematice modificări, care se manifestă la scară regională și globală (Huang et al., 2008). Problemele identificate în evaluarea și monitorizarea vegetației au făcut ca omul să dezvolte tehnologii care să faciliteze analiza cantitativă. Studiul vegetației cu ajutorul imaginilor satelitare este una dintre aceste inovații. Analiza cantitativă a vegetației este foarte dificil de realizat, doar prin măsurători efectuate la sol, studiile bazate pe imagini satelitare multispectrale fiind utilizate la scară globală în ultima perioadă, datorită cantităților mari de informații cu precizie satisfăcătoare care se pot obține.

Apariția imaginilor optice, LANDSAT a creat posibilitatea cercetării și exploatării pe o gamă largă de domenii a imaginilor satelitare (analiza vegetației, a culturilor agricole, urbanism, investigarea excesului de umiditate, prospectare geologică), (Herbei et al., 2012; Mihai, 2008). Acestea captează energia reflectată în una sau mai multe benzi de frecvență (Ichim et al., 1998).

Datele de teledetecție provenite de la sateliții LANDSAT oferă informații spectrale importante, care au o acoperire spațială destul de largă (Nerțan et al., 2016). Pentru o analiză mai eficientă a vegetației, cu ajutorul datelor spectrale, s-au dezvoltat indicii de vegetație, care sunt de fapt un subset al indicilor spectrali. Cu ajutorul acestora se analizează răspunsul spectral al vegetației care intră în contact direct cu radiația incidentă.

Un astfel de indice este Indicele Normalizat de Diferențiere a Vegetației (NDVI). Acesta identifică etapele creșterilor vegetative, din viața plantelor, de la plante verzi, până la plante cu țesuturi îmbătrânite, indicând cantitatea de biomasă capabilă de fotosinteză dintr-un habitat (Winter, 2003).

6.2 Material și metodă

6.2.1 Imagini multispectrale LANDSAT

În cadrul acestei cercetări s-a studiat dinamica vegetației în zona Obcinei Mari, cu ajutorul Indicelui Normalizat de Diferențiere a Vegetației (NDVI), pentru două ecosisteme afectate de diferite tipuri de perturbanțe. Analiza s-a realizat pe baza imaginilor multispectrale LANDSAT TM și ETM din arhiva ("U.S. Department of the Interior U.S. Geological Survey").

Imaginile satelitare LANDSAT TM (Thematic Mapper) și ETM (Enhanced Thematic Mapper) cu 8 benzi spectrale sunt produse de către sateliții LANDSAT (4, 5, 7). Aceștia produc imagini satelitare cu rezoluția spațială de 30 m (Nerțan & Panaitescu, 2016; Soare, 2017).

Imaginile descărcate sunt reprezentate de un grup de mai multe fișiere care conțin scenele corespunzătoare benzilor spectrale. Scenele satelitare au rezoluția pixelului de 30 m. S-au descărcat un număr de 5 fișiere, corespunzătoare anilor 1989, 2002, 2007, 2010, respectiv 2015. Imaginile s-au descărcat pentru perioadele în care se consideră că s-au produs modificări semnificative în structura calitativă și cantitativă a vegetației în cele două zone de studiu.

Imaginile Landsat obținute sunt de tipul L 1T, fiind deja corectate radiometric, geometric și ortorectificate (Boerencu, 2015). Acestea li s-a modificat sistemul de proiecție

UTM (WGS 84) 35 N, în sistemul de proiecție utilizat în România (stereo 70). Această operațiune s-a realizat cu ajutorul software-ului Arcgis 9.3, utilizându-se opțiunea *Project Raster* din modulul ArcToolbox.

Odata modificat sistemul de proiecție imaginile au fost prelucrate cu ajutorul software-ului Erdas Imagine 9.0. Prima operațiune a constat în crearea unei singure imagini rezultată din combinarea tuturor scenelor spectrale LANDSAT TM sau ETM. Operațiunea s-a realizat pentru fiecare set de imagini în parte.

6.2.2 Indicele Normalizat de Diferențiere a Vegetației (NDVI)

După obținerea imaginii combinate s-a calculat Indicele Normalizat de Diferențiere a Vegetației. Ecuația utilizată pentru determinarea acestui indice a fost propusă de către (Rouse et al., 1974) , și este de forma:

$$NDVI = \frac{NIR-R}{NIR+R} \quad (16)$$

NIR = reflectanța din banda infraroșu apropiat

R = reflectanța din banda vizibilului (roșu).

Valorile indicelui NDVI variază în funcție de radiația din banda vizibilului (roșu) absorbită de clorofilă și reflectanța din banda infraroșu apropiat (Herbei et al., 2012). Acestea sunt cuprinse între -1 și 1. Valorile negative indică zăpada, apa, norii sau diferite zone lipsite de vegetație, care nu reflectă radiația electromagnetică. Valorile pozitive indică suprafețe cu vegetație sau suprafețe cu diferite grade de reflectanță (Herbei et al., 2012; Winter, 2003).

Pentru a putea identifica modificări în structura și caracteristicile vegetației, s-a suprapus peste imaginile NDVI un fișier shape file care conține punctele caracteristice coordonatelor geografice pentru suprafețelor de probă în care s-au făcut măsurători la sol. Acestea au fost menționate pe parcursul lucrării.

Diagrama Thiessen este o metodă de triangulare, care definește un poligon ce conține toate punctele dintr-un plan care prezintă caracteristici apropiate cu cele ale unui punct dat (Palaghianu, 2016). Astfel spațiul din jurul unor puncte de interes poate fi partiționat rezultând suprafețe poligonale cu caracteristici omogene. Indicele de vegetație NDVI poate fi analizat cu această metodă de triangulare. Astfel pentru a identifica zonele cu caracteristici similare ale vegetației, au fost create poligoane Thiessen, având ca variabilă valoarea indicelui NDVI pentru suprafețele de probă din ecosistemele analizate.

6.2.4 Biomasa

Este binecunoscut din literatura de specialitate că NDVI se corelează puternic cu biomasa totală la hectar (Das et al., 2012; Martínez et al., 2009). Cu ajutorul indicelui NDVI se poate estima biomasa totală (Zheng et al., 2004). S-a determinat astfel o ecuație de estimare a biomasei pentru vegetația pionieră din zona Obcinei Mari.

$$B = 0.0753 * EXP(10.973 * NDVI) \quad (17)$$

B- biomasa totală a hectar

6.2.5 Viteza de colonizare.

Studiind viteza de refacere a valorilor NDVI s-a determinat viteza de colonizare a habitatului. Viteza cu care se refac valorile indicelui NDVI într-o perioadă de timp poate fi comparată cu viteza de refacere a biomasei sau colonizarea dacă este vorba despre un teren disponibil (gol). Pentru calculul vitezei de colonizare dintre două perioade de timp am propus următoarea formulă de calcul:

$$V_c = [(NDVI_1 - NDVI_2)/T] * 100 \quad (18)$$

V_c – viteza de colonizare (% / an)

$NDVI_{1,2}$ – valorile indicelui normalizat de diferențiere a vegetației pentru cele două perioade de timp analizate.

T – timpul în ani, dintre cele două perioade analizate.

Alte analize statistice și prelucrări ale datelor s-au realizat cu softurile XL STAT, Microsoft EXCEL.

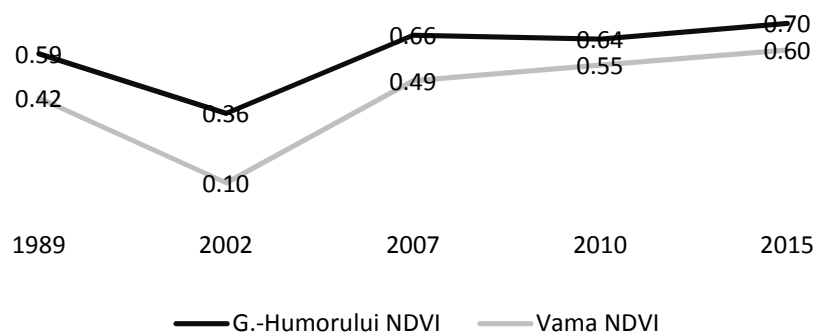
6.3 Rezultate și discuții

6.3.1 Dinamica Indicelui Normalizat de Diferențiere a Vegetației

Valorile indicelui NDVI arată că ecosistemul din zona Vama a fost în toate perioadele analizate mai puțin evoluat decât cel din Gura-Humorului (**Fig. 53.**). Este cunoscut faptul că ecosistemul a fost puternic afectat la doborâturile din anul 2002 Acesta devine momentul 0 pentru ecosistemul din zona Vama. Vegetația a fost îndepărtată în totalitate de doborâturi și exploatarea produselor accidentale, creându-se astfel o nișă ecologică disponibilă pentru migrația speciilor. Se poate observa o scădere bruscă a valorii indicelui și în suprafața din zona Gura Humorului la nivelul anului 2002 (**Fig. 53.**). Acest aspect se datorează secetei din acel an.

Fig. 53. Dinamica comparativă a valorilor indicelui NDVI pentru cele două ecosisteme

Fig. 53. Comparative dynamics of the NDVI index values for both ecosystems

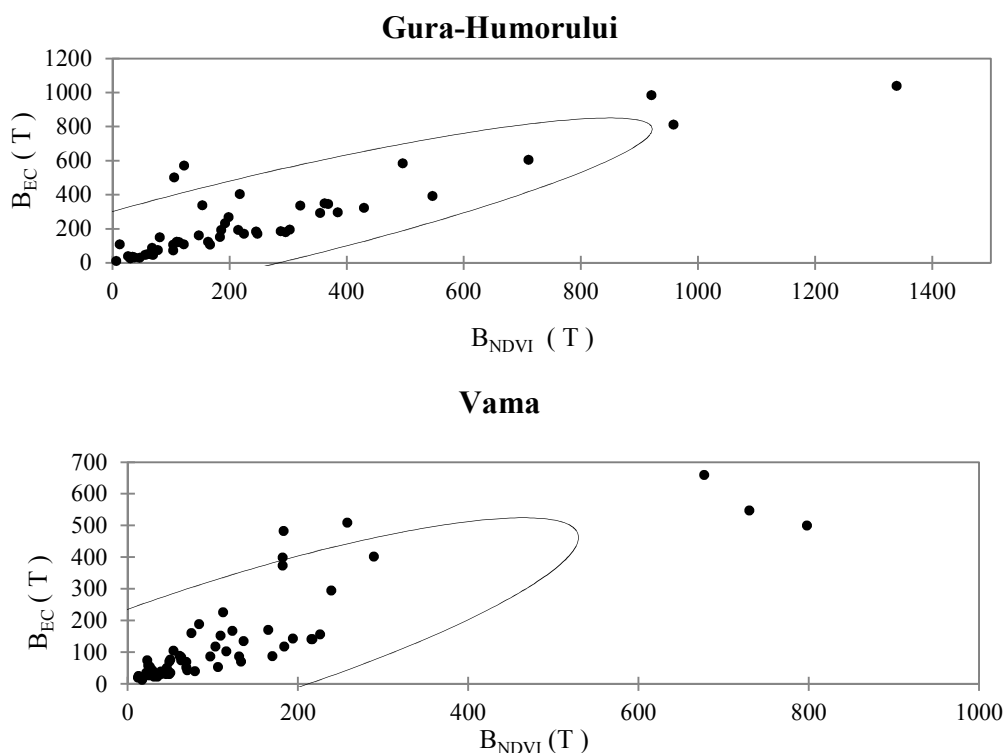


6.3.2 Estimarea biomasei supraterane totale cu ajutorul NDVI.

Precizia valorilor biomasei estimată pe baza indicelui de vegetație (NDVI) este satisfăcătoare. Drept dovadă stă raportul de corelație dintre biomasa estimată cu indicele de vegetație și biomasa estimată cu ecuații alometrice. În **Fig. 55** se poate observa modul de grupare a valorilor în funcție de legătura corelativă dintre cele două variabile. Pentru zona Gura Humorului s-a identificat o corelație puternică între cele două valori ($R = 0.893$) cu un nivel de semnificație ridicat ($p < 0.0001$). Coeficientul de determinare este de asemenea mare ($R^2 = 0.797$). Zona Vama se remarcă de asemenea prin corelații puternice între variabilele analizate ($R = 0.839$). Nivelul de semnificație al corelației este ridicat ($p < 0.0001$), iar coeficientul de determinare a corelației are valoarea $R^2 = 0.704$.

Fig. 55. Corelația dintre biomasa estimată pe baza NDVI și biomasa estimată cu ecuații alometrice.

Fig. 55. Correlation between the estimated biomass based on NDVI and the estimated biomass based on allometric equations



Precizia valorilor biomasei estimată pe baza indicelui de vegetație (NDVI) este satisfăcătoare. Drept dovadă stă raportul de corelație dintre biomasa estimată cu indicele de vegetație și biomasa estimată cu ecuații alometrice. În **Fig. 55** se poate observa modul de grupare a valorilor în funcție de legătura corelativă dintre cele două variabile. Pentru zona Gura Humorului s-a identificat o corelație puternică între cele două valori ($R = 0.893$) cu un nivel de semnificație ridicat ($p < 0.0001$). Coeficientul de determinare este de asemenea mare ($R^2 = 0.797$). Zona Vama se remarcă de asemenea prin corelații puternice între variabilele analizate ($R = 0.839$). Nivelul de semnificație al corelației este ridicat ($p < 0.0001$), iar coeficientul de determinare a corelației are valoarea $R^2 = 0.704$.

6.3.3 Dinamica biomasei supraterane în succesiunea secundară în zona Obcinei Mari.

Clasele de vegetație prezintă diferențe în acumularea de biomasă. Pentru studiul dinamicii vegetației a fost analizată variația acumulării de biomasă în perioada 1989 -2015 pe clasele de vegetație din cele două ecosisteme luate în studiu. În zona Gura Humorului, clasele care înregistrează cea mai redusă valoare a biomasei sunt *Crataegus* – *Rosa* și *Corylus* - *Cornus*. Fiind cele mai tinere dintre clasele de vegetație este normal să se acumuleze o cantitate mai mică de biomasă. Se poate observa de pe **Fig. 57.** și reducerea valorilor biomasei în perioada 2007-2010. Deoarece scăderile nu se pot datora influențelor climatice asupra NDVI putem deduce că ecosistemul a fost afectat de intervențiile umane.

Fig. 57. Dinamica biomasei pe clase de vegetație în ecosistemul din zona Gura –Humorului
Fig. 57. Biomass dynamics per vegetation classes in the Gura-Humorului ecosystem

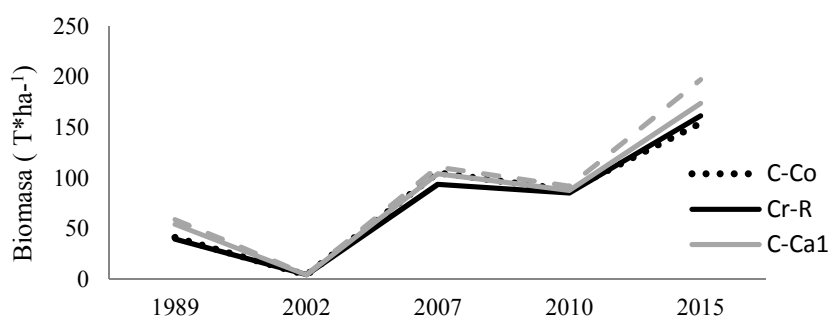
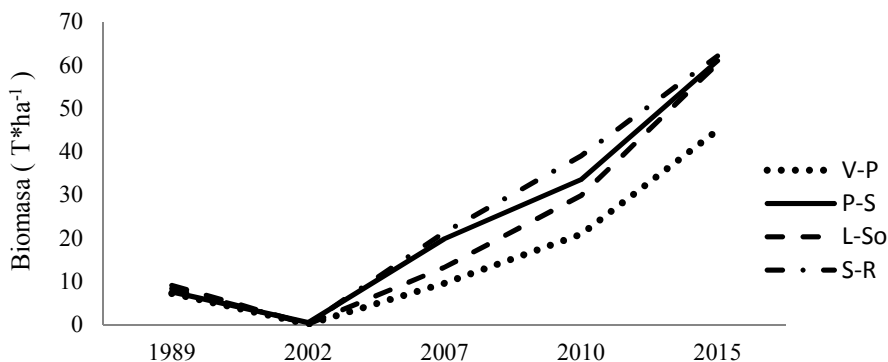


Fig. 58. Dinamica biomasei pe clase de vegetație în ecosistemul din zona Vama
Fig. 58. Biomass dynamics per vegetation classes in the Vama ecosystem



Acumulările de biomasă din ecosistemul situat în zona Vama au avut o creștere constantă față de scăderea bruscă din anul 2002, datorată doborâturilor de vânt și secetei (**Fig. 58.**). Cea mai mare cantitate de biomasă este acumulată de clasele speciilor pioniere *Salix-Rubus* și *Picea* –*Salix*. Din punct de vedere evolutiv aceste două clase sunt mai tinere, dar datorită creșterilor active din primii ani ale speciilor pioniere, reușesc să acumuleze o cantitate mare de biomasă. În 2015 clasa *Larix* –*Sorbus* ajunge din urmă cele două clase de vegetație, grație creșterii speciilor de talie mare din componența acestei clase (larice). Un caz aparte îl reprezintă clasa *Vaccinium* – *Picea*. Deși are cea mai lungă durată de viață, înregistrează cea mai mică valoare a biomasei pe întreaga perioadă de studiu.

6.3.3 Viteza de colonizare a habitatelor

Studiind viteza de refacere a indicelui NDVI, pe care am denumit-o în această lucrare viteză de colonizare a habitatelor, s-au observat anumite aspecte. Viteza de colonizare este mai mare în zona Vama decât în zona Gura Humorului, datorită disponibilității nișei ecologice din zona Vama (“a locului liber mai mare decât în ecosistemul din Gura Humorului, care este mai evoluat”). În ecosistemul din Gura-Humorului nișa ecologică este mai bine ocupată, gradul de acoperire fiind ridicat. Arborii sunt într-un proces mai avansat de competiție inter și intraspecifică, etapa colonizării fiind aproape depășită.

Viteza medie de colonizare a nișelor ecologice identificate a fost analizată pentru perioada 2002-2015. Anul 2002 a fost considerat element de referință pentru succesiunea vegetației din cele două zone de studiu.

Din **Fig. 61**, în zona Vama viteza cea mai mare de colonizare se realizează în clasele *Vaccinium – Picea* și *Larix – Sorbus*. Clasele *Picea-Salix* și *Salix-Rubus* au înregistrat viteză aproximativ egală de colonizare. Cea mai mică valoare o prezintă clasa *Picea – Salix*. Pe baza acestei viteze putem ierarhiza clasele de vegetație după criteriul vârstei. Datorită vitezei celei mai mari de colonizare putem spune că gruparea vegetală încadrată în clasa *Larix-Sorbus* este cea mai tânără, urmată de *Vaccinium-Picea*.

Fig. 61. Viteza de colonizare pe clase de vegetație (2002-2015) în zona Vama

Fig. 61. Colonization speed per vegetation classes (2002-2015) in Vama area

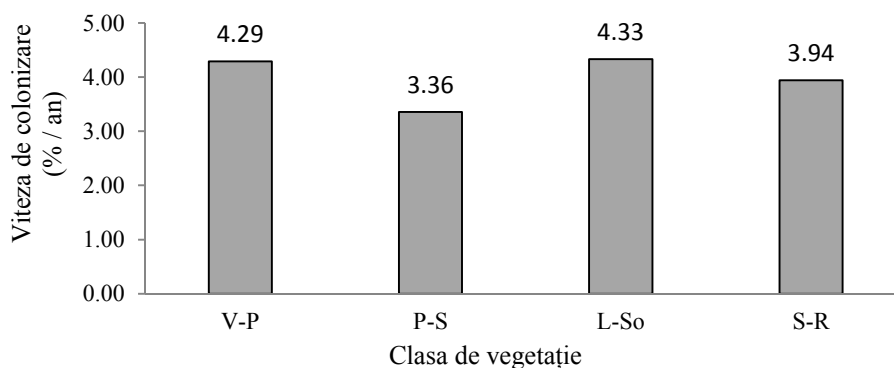
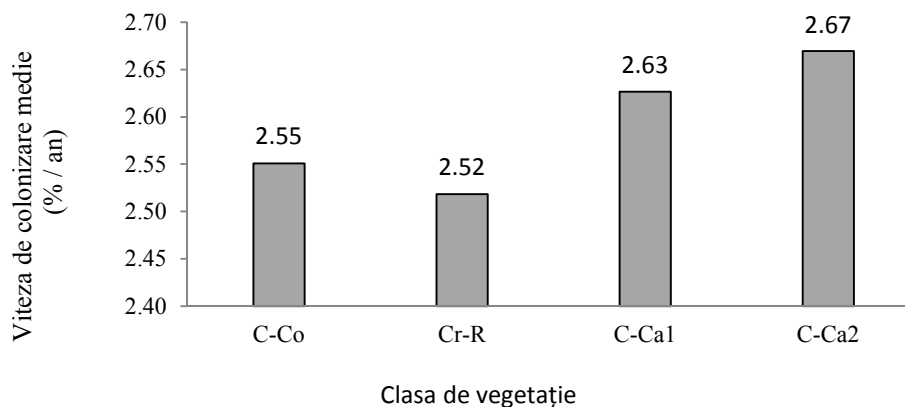


Fig. 62. Viteza de colonizare pe clase de vegetație (2002-2015) în zona Gura-Humorului

Fig. 62. Colonization speed per vegetation classes (2002-2015) in Gura-Humorului area



În zona Gura-Humorului diferențele vitezei de colonizare dintre clasele de vegetație sunt reduse (**Fig. 62.**). Se pot identifica totuși niște tendințe. Astfel viteza cea mai mare se întâlnește la clasa *Corylus – Carpinus 2* , urmată de *Corylus – Carpinus 1* , acestea fiind clase asemănătoare și din punct de vedere compozițional. Viteza cea mai mică se întâlnește la clasa *Crataegus – Rosa* , aceasta fiind clasa cea mai veche din ecosistemul situat în zona Gura-Humorului. Condițiile ecologice au contribuit la instalarea acestui tip de vegetație.

7. Direcții de evoluție a vegetației

7.1 Introducere

Instalarea vegetației ulterior manifestării unei disturbante și evoluția acesteia în diferite direcții, mai mult sau mai puțin predictibile reprezintă unul din subiectele intens studiate de ecologi.

Dinamica vegetației se bazează astfel pe ideea fundamentală a capacității speciilor de plante de a vegeta în anumite condiții ecologice , determinând astfel compoziția grupărilor vegetale care vor exista în viitor. Condițiile ecologice presupun atât influența factorilor abiotici, cât și a celor biotici (Van der Maarel et al., 2005).

Conform celor spuse mai sus direcțiile de evoluție a vegetației se datorează: i) caracteristicilor habitatului ; ii) capacitatea diferențiată a speciilor de răspândire și supraviețuire; iii) potențialul ecologic al speciilor.

- Caracteristicile habitatului influențează evoluția viitoare a grupărilor vegetale prin dimensiunea disturanței care acționează pentru declanșarea fenomenului successional (mărime, severitate, sincronizare , distribuția spațială). Toate aceste influențe duc la crearea unor variații microstaționale care dirijează spre anumite direcții, grupările vegetale.
- Capacitatea diferențiată a speciilor de răspândire și supraviețuire se datorează : i) dispersiei – care se poate realiza mai greu sau mai ușor în funcție de vectorul de transport al semințelor și a conectivității habitatului.; ii) numărului de propagule - influențat de rata de mortalitate și utilizarea terenului.
- Potențialul ecologic al speciilor este responsabil pentru modificarea compoziției de-a lungul unei evoluții dinamice. Potențialul ecologic al speciilor este influențat de o serie de caracteristici . Factori ca longevitatea , toleranța la umbră, rezistența la acțiunea pășunatului, rezistența la îngheț, stabilitatea la acțiunea vântului și a zăpezii, etc. , vor determina , sau constrânge existența speciei în interiorul comunității.

Modificarea compoziției la scară mare a ecosistemului va fi data de suma interacțiunilor dintre membrii comunităților vegetale (Meiners et al., 2011).

7.2 Material și Metodă

7.2.1 Dispersia semințelor

În acest studiu a fost analizat modul de dispersie al semințelor pentru a putea identifica donorii principali ai celor două ecosisteme, factorii care influențează răspândirea și colonizarea vegetației din zonă, precum și tendințele de evoluție a claselor de vegetație pe baza acestor parametri.

Pentru realizarea scopului propus a fost consultată baza de date D³ Diaspore Database (Hintze et al., 2013), de unde s-au extras valorile proporției modului de dispersie pentru fiecare specie în parte. S-a realizat media ponderată a acestor valori cu acoperirea medie pe care o au speciile în suprafețele de probă analizate. Aceeași metodologie s-a realizat și pentru determinarea valorilor medii a masei semințelor și a vitezei terminale a semințelor pe clase de vegetație.

7.2.2 Potențialul ecologic

Potențialul ecologic al speciilor forestiere a fost stabilit pentru speciile prezente în Europa centrală de către cercetătorul Hans-Jurgen Otto. Acesta a propus trei grupe de parametri (Otto, 1994):

- condițiile staționale și exigențele speciilor față de acestea: toleranța față de temperaturile scăzute, toleranța la uscăciune, cerințele față de fertilitatea solului (nutrienți);
- particularitățile speciilor: rezistența la umbră, înălțimea, stabilitatea speciilor, longevitate, capacitatea de regenerare;
- pericole: rezistența la înghețuri târzii, rezistența la acțiunea vântului sau zăpezii, rezistența la incendii, rezistența la acțiunea factorilor biotici.

Pentru evaluarea potențialului ecologic s-a realizat pe specii o scară de valori de la 1-5 pentru fiecare variabilă din cele trei grupe de parametri propuși de Hans-Jurgen Otto. Fiecare valoare reprezintă un anumit grad de toleranță față de caracteristicile analizate.

Potențial ecologic al speciilor este prezentat în **Tabelul 27**. Valorile potențialului ecologic au următoarea interpretare:

- 1 – potențial ecologic foarte scăzut; 2 - scăzut; 3 - mediu; 4 - ridicat; 5 - foarte ridicat;

Pentru acest studiu s-a determinat potențialul ecologic al claselor de vegetație făcându-se media ponderată între valorile potențialului ecologic al speciilor din clasa de vegetație și acoperirea medie a acestora. Nu au existat valori pentru toate speciile identificate în cele două zone de studiu, dar s-au putut determina prin studiul fișelor ecologice și comparația speciilor similare cu cele pentru care există deja valori.

7.2.3 Relațiile de facilitare.

Un rol deosebit de important în coexistența și evoluția speciilor de plante dintr-o populație îl reprezintă interacțiunile dintre acestea. Facilitarea este definită ca ansamblul de relații pozitive dintre speciile din diferite nivele trofice, care reușesc să creeze comunități complexe la nivelul biocenozei (Fodor E. et al., 2015). Conform Brooker et al. (2008), facilitarea poate acționa ca o forță evolutivă, conducând spre convergența nișelor ecologice ale speciilor, și stabilizarea selecției din cadrul acestora.

Relația de calcul a facilitării conform modelul propus de Armas et al. (2004) este:

$$RII = \frac{B_W - B_O}{B_W + B_O} \quad (19)$$

B_W – masa unui individ care crește alături de alte plante.

B_O – valoarea medie a masei indivizilor de control ale acelorași specii.

Valorile acestui indice variază în intervalul [-1; +1]. În situația în care valoarea RII este 0, nu există interacțiuni între indivizii speciilor analizate, când este negativă apare competiția iar când este pozitivă primează relațiile de facilitare.

Analize statistice și calcule s-au realizat cu ajutorul soft-urilor Microsoft Excel și XLSTAT.

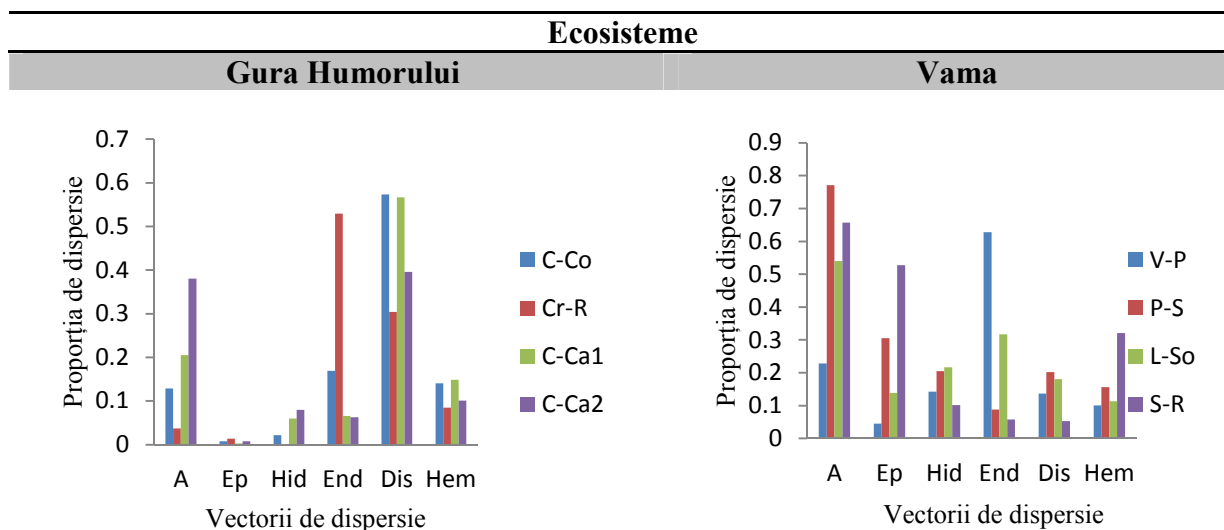
7.2 Rezultate și discuții

7.2.1 Vectorii de dispersie

Analiza vectorilor de dispersie indică pentru ecosistemul din zona Gura-Humorului o valoare destul de mare a proporției de diseminare prin endocorie și discocorie (**Fig. 63**). Acest lucru se datorează distorbanței care acționează în acest ecosistem (pășunatul), care a permis speciilor cu acest tip de diseminare să colonizeze habitatul analizat. Clasele în care se regăsesc plopul și carpenul prezintă indici mari ai anemocoriei, dar în cea mai mare proporție speciile prezente au diseminare endocoră sau discoră.

Fig. 63. Vectorii de dispersie ai claselor de vegetație din cele două ecosisteme

Fig. 63. Dispersal vectors of the vegetation classes in the studied ecosystems



Notă: Proportia de dispersie a speciilor în funcție de vectori : An. –anemocor; Ep – epizoocor; Hid – hidrocor; En – endozoocor; Dis – disocor; Hem – hemerocor;

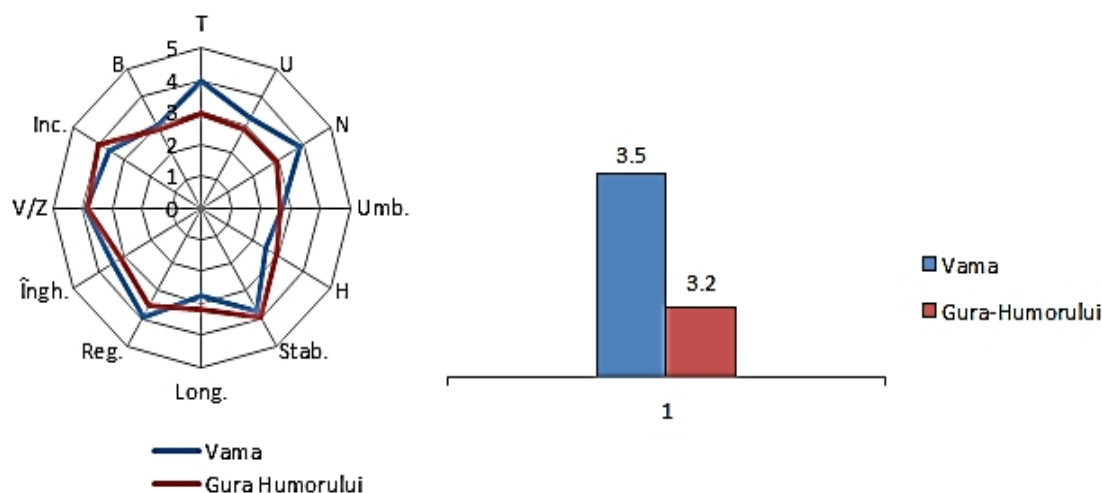
Speciile din ecosistemul situat în zona Vama, au în general dispersie anemocoră (**Fig. 63**). Clasa *Salix-Rubus* se remarcă prin diseminare de tip anemocor dar și epizoocor, semințele speciilor din această clasă, putând fi transportate de animale, în blană sau pe copite. De asemenea această clasă se remarcă și prin valori semnificative ale hemerocoriei. Clasa *Vaccinium-Picea* se răspândește în general prin diseminare endozoocoră datorită prezenței afinului, a scorușului, alunului, etc. Clasa *Larix-Sorbus* se remarcă prin diseminare

anemocoră în general dar și diseminare endozoocoră, specifică scorușului. În acest ecosistem principalul vector de diseminare rămâne vântul.

7.2.4 Potențialul ecologic

Fig. 66. Potențialul ecologic mediu al speciilor din cele două zone de studiu.

Fig. 66. Medium ecological potential of species in both areas of research



În zona Vama potențialul ecologic al speciilor este mai mare decât în zona Gura Humorului (**Fig. 66.**). Potențialul ecologic speciilor din zona Vama se apropie de valoarea de potențial ecologic ridicat, pe când în zona Gura Humorului potențialul ecologic este mediu. Numărul mai mare de specii principale din zona Vama, a dus la creșterea valorilor medii ale potențialului ecologic. Tipul de vegetație din zona Gura Humorului este mai puțin stabil. Datorită acestui fapt, ecosistemul din zona Gura Humorului va suferi în următoarele stadii de dezvoltare modificări mai mari ale compoziției vegetației decât cel din zona Vama.

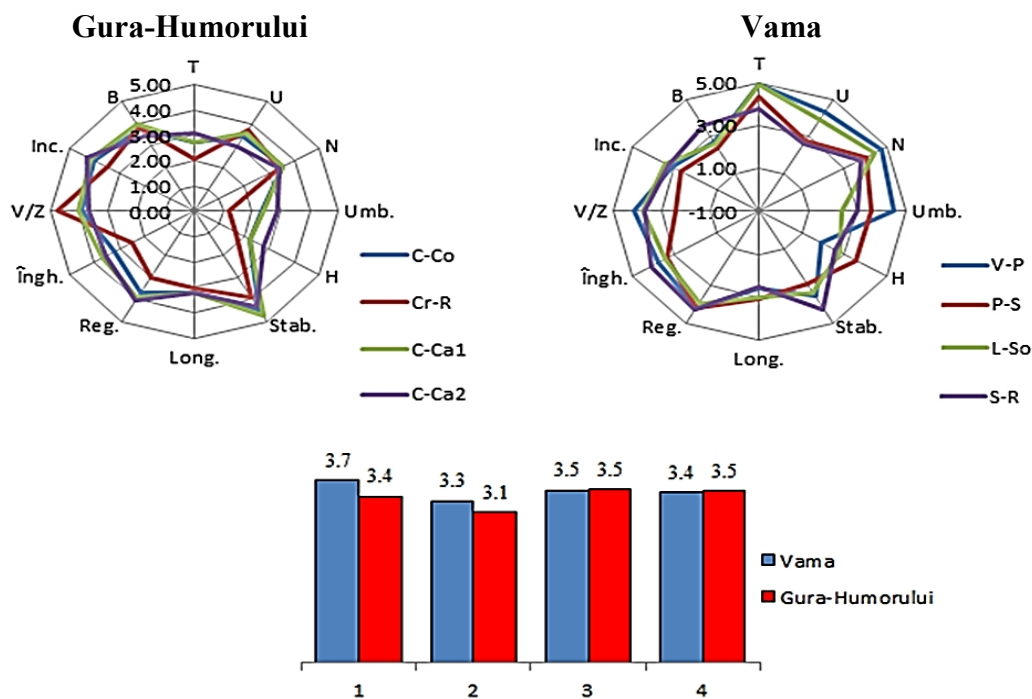
Analizând potențialul ecologic al speciilor la o scară mai mică (clasa de vegetație), se pot identifica mai multe aspecte ale succesiunii și a direcțiilor de evoluție a vegetației **Fig. 67.**

În zona Vama cel mai mare potențial ecologic îl au speciile din clasa *Vaccinium – Picea*. Această clasă are cea mai mare toleranță la temperaturi scăzute, la uscăciune, la fertilitatea redusă și la umbră. Potențialul de creștere în înălțime este mai redus decât în cazul celorlalte clase deoarece, afinul fiind un subarbust cu abundență mare, provoacă scăderea artificială a potențialului de creștere al clasei. Clasele în care se regăsește salcia căprească au cel mai redus potențial ecologic. Clasa *Picea -Salix* este cea mai vulnerabilă, dar înălțimea mare de creștere o va ajuta în competiția interspecifică. Clasa *Larix-Sorbus* este o clasă puțin rezistentă la uscăciune, dar care evită umbră. Speciile din această clasă care nu ating înălțimi mari au cele mai mari șanse să fie eliminate. Laricele și molidul vor elimina pe viitor speciile cu creștere redusă.

După cum se poate observa în **Fig. 67.**, potențialul ecologic al claselor de vegetație este în general mediu. Totuși în clasa *Vaccinium-Picea* potențialul ecologic se apropie de valoarea 4, care indică potențial ridicat. Clasele *Crataegus-Rosa* (Gura-Humorului) și *Picea-Salix* (Vama), au cea mai redusă valoare. Este evident faptul că în clasele formate în general

din specii pioniere potențialul ecologic este mai redus. Aceste clase vor suferi modificări importante ale structurii în viitor

Fig. 67. Potențialul ecologic al claselor de vegetație
Fig. 67. Ecological potential of vegetation classes



Notă: **Vama** → 1: *Corylus-Cornus*; 2: *Crataegus-Rosa*; 3: *Corylus-Carpinus*; 4: *Corylus-Carpinus* 2
Gura-Humorului → 1: *Vaccinium-Picea*; 2: *Picea-Salix*; 3: *Larix-Sorbus*; 4: *Salix-Rubus*;

7.2.5 Relațiile interspecifice și intraspecifice dintre speciile forestiere.

Relația dintre speciile de plante pot fi de trei tipuri: de facilitare, competiție și de neutralitate. În ecosistemul din zona Vama relațiile dintre speciile forestiere sunt destul de variate. În general este prezentă relația de competiție, după cum se poate observa din **Fig. 68**. Fenomenul de facilitare este strâns legat de condițiile severe de mediu, fiind mai puțin prezent în acest tip de ecosistem. Pot fi evidențiate o serie de aspecte foarte importante.

Relația **molidului** cu principalele specii din clasele de vegetație este destul de variată. Astfel s-a identificat o relație pozitivă între salcia căprească și molid, aceasta din urmă facilitând instalarea și dezvoltarea molidului. Între molid și larice se observă o relație de competiție, de intensitate slabă, molidul fiind dominat de larice, care pe teren are dimensiuni mai mari. Conform indicelui RII scorușul, mesteacănul și plopul facilitează de asemenea instalarea și dezvoltarea molidului.

Salcia căprească facilitează instalarea molidului dar pe parcursul dezvoltării cele două specii intră în competiție, molidul având tendința de a elimina salcia căprească. Relația intraspecifică este de neutralitate, aspect observat și în cazul molidului. Laricele influențează cel mai puternic această specie, manifestând o puternică relație de competiție ($RII = -0.7$). De asemenea scorușul și mesteacănul sunt specii competitorie pentru salcia căprească. Plopul este singurul care manifestă o relație slabă de facilitare față de salcia căprească

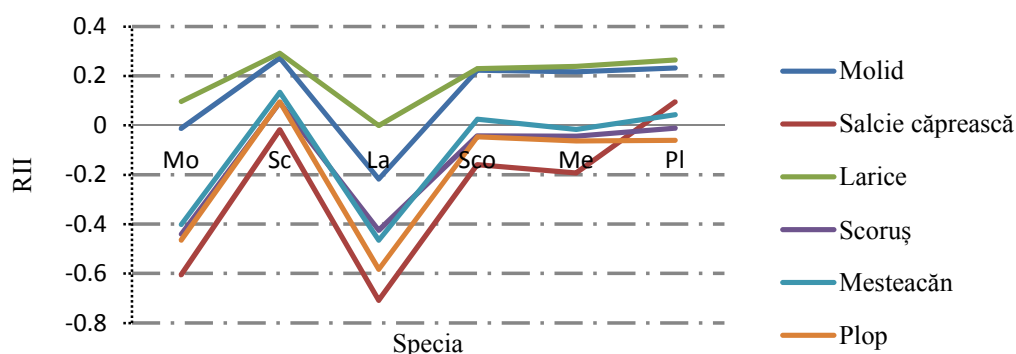
Laricele este facilitat de molid conform valorilor RII și de salcia căprească. Între indivizii aceleiași specii se observă o relație de neutralitate. Scorușul, mesteacănul și plopul sunt specii care facilitează de asemenea dezvoltarea și instalarea laricelui.

Scorușul se află în relație de competiție cu molidul și este facilitat de prezența salciei căprești. Laricele este specie competitoră, iar mesteacănul și plopul se pare că dezvoltă o relație foarte slabă de competiție, sau chiar neutralitate în raport cu scorușul. Relația intraspecifică este de competiție, slabă ca intensitate.

Mesteacănul este facilitat doar de prezența salciei căprești. Speciile cu cel mai puternic caracter competitor sunt laricele și molidul. Între indivizii speciei mesteacăn se observă o relație de neutralitate. Același tip de relație se observă și față de plop sau scoruș.

Plopul tremurător se află în competiție cu molidul. Cel mai puternic competitor al plopului este tot laricele. Salcia căprească manifestă o relație de neutralitate pe când celelalte specii intră în competiție cu plopul. Relația intraspecifică este de facilitare, interacțiunile dintre indivizii speciei plop fiind pozitive.

Fig. 68. Relația de facilitare dintre speciile de plante în zona Vama
Fig. 68. The relationship of facilitation between the plant species in Vama area



Notă: Mo – molid; Sc – salcie căprească; La – larice; Sco – scoruș; Me – mesteacăn; Pl – plop;
În zona Gura-Humorului relațiile dintre speciile forestiere sunt prezentate în **Fig. 69**.

Conform valorilor indicelui RII prezentate în **Fig. 69**, între indivizii speciei **carpen** se observă o relație de competiție datorată densității mari. Sângerul și alunul sunt plante protectoare pentru carpen. Acestea ameliorează condițiile din zona în care se instalează și oferă protecție carpenului care se regenerează fără probleme la adăpostul lor deoarece este o specie cu caracter de semiumbră. Față de fag se întâlnește o relație de neutralitate, fagul fiind o specie care vegetează în multe arborete alături de carpen. Competitorii carpenului sunt plopul și jugastrul. Păducelul manifestă o relație de facilitare față de carpen. Acesta oferă protecție împotriva pășunatului, având un rol foarte important în instalarea și menținerea carpenului în acest ecosistem.

Sângerul este specia cea mai afectată de competiție. După instalare aceasta oferă protecție majorității plantelor, urmând ca ulterior să fie eliminată. Aceasta se află în relații de competiție cu toate speciile analizate. Păducelul face excepție, fiind specia neutră față de sânger. Ambele specii sunt rezistente la uscăciune, aspect care le face pe cele două să apară în multe situații împreună.

Alunul este într-o relație de competiție cu carpenul și fagul. Aceste specii se instalează la adăpostul creat de alun, deoarece sunt specii cu temperament de umbră, urmând ca pe viitor să elimine planta de pe urma căreia au beneficiat de protecție. Plopul și jugastrul sunt de asemenea puternici competitori ai alunului, fiind specii care se instalează în primele

faze ale succesiunii. Având înălțime mai mare de creștere au pus tot timpul presiune pe această specie. Păducelul facilitează prezența alunului în acest ecosistem.

Fagul se află în competiție cu plopul și jugastrul. Sângerul, alunul și păducelul îmbunătățesc condițiile staționale și oferă protecție mecanică și împotriva pășunatului, facilitând regenerarea și dezvoltarea fagului. Relațiile intraspecifice sunt de competiție.

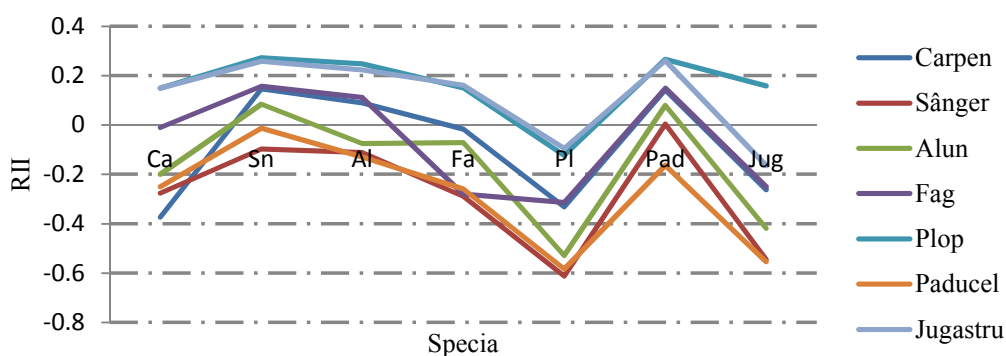
Prezența **plopului** în acest ecosistem este facilitată toate speciile în acest stadiu al succesiunii. Pe măsură ce speciile principale se vor dezvolta, presiunea asupra plopului va crește, relația de facilitare transformându-se treptat într-o relație de competiție. Deocamdată densitatea din acest ecosistem este redusă, aspect care generează acest tip de relație în cazul plopului. Odata ce se vor atinge densități mari, plopul va intra în competiție cu speciile principale. La nivel intraspecific competiția primează, datorită densității mari din zonele unde s-a instalat.

Păducelul este specia asupra căreia se manifestă cea mai mare presiune. Păducelul a oferit pentru majoritatea speciilor protecție, dar a generat și îmbunătățirea condițiilor staționale, aspect care a facilitat instalarea unor specii. Datorită presiunii la care este supusă această specie, este foarte probabil ca procesul de eliminare și modificare a compoziției pe viitor să înceapă cu ea.

Jugastrul se află cam în aceeași situație cu a plopului, cu excepția că plopul manifestă o relație de competiție în raport cu acesta. Între indivizii speciei jugastru s-au observat relații de competiție. Alături de plop, jugastrul este specia protejată din acest ecosistem. Pe parcurs, odată cu dezvoltarea carpenului și a fagului, relațiile dintre jugastru și aceste specii se vor modifica, tinzând spre o relație de competiție.

Fig. 69. Relația de facilitare dintre speciile de plante din zona Gura-Humorului

Fig. 68. The relationship of facilitation between the plant species in Vama area



8. Discuții generale

8.1 Caracteristici ale vegetației aflate în stadiul pionier al succesiunii vegetației în zona Obcei Mari

În zona Gura Humorului numărul de indivizi este redus, raportat la numărul foarte mare de tije (tulpini). Astfel s-a constatat faptul că regenerarea vegetativă cea mai activă s-a produs în clasa *Corylus-Cornus*, aceasta fiind clasa cu cel mai redus număr de indivizi și a doua ca număr de tulpini din acest ecosistem. Pășunatul a stimulat acest tip de regenerare. Toate clasele în care apare alunul prezintă un număr mare de tulpini și un număr redus de indivizi, dar în clasa *Corylus-Cornus* este evidentă influența antropică, aceasta fiind cea mai afectată de pășunat. În contrast, clasa *Crataegus-Rosa*, prezintă un număr foarte mare de indivizi în comparație cu celelalte clase. Acest aspect este datorat caracteristicilor

morfologice ale speciilor din această clasă, care sunt rezistente la pășunat și prezintă o capacitate mult mai redusă de regenerare vegetativă.

În zona Vama numărul de indivizi este mai redus în comparație cu zona Gura Humorului. Deoarece influențele antropice sunt mult mai reduse în acest ecosistem, accentul nu se pune pe regenerarea vegetativă. Totuși în clasele în care apare salcia căprească numărul de tulpini este mare. Aceste clase apar în imediata apropiere a așezărilor umane. Putem pune astfel existența unui număr mare de tulpini pe seama caracteristicilor morfologice ale speciilor, dar și pe seama intervențiilor antropice determinate de populația din zonă. În general numărul de indivizi este apropiat de numărul de tulpini în clasele în care apar molidul, laricele, scorușul.

Variabilitatea structurală este mai mare în cazul ecosistemului din zona Vama, decât în cazul celui din zona Gura-Humorului. Se poate concluziona că procesul de competiție interspecifică este mai accentuat în cadrul zonei Gura-Humorului, aspect care explică uniformitatea mai mare a structurii diametrelor. Datorită competiției pentru lumină tendința speciilor este de a crește în înălțime, creșterea în diametru fiind redusă.

Sub aspectul înălțimii în zona Gura-Humorului structura este aproximativ uniformă, plopul fiind specia cu cele mai mari înălțimi. Acest aspect indică instalarea primară a plopului în acest ecosistem. Variabilitatea înălțimilor este mai ridicată în ecosistemul din zona Vama decât în cel din Gura-Humorului. Prezența variabilității mari a înălțimilor din zona Vama întărește ideea conform căreia competiția este mai accentuată în ecosistemul din zona Gura-Humorului.

Structura pe volum a claselor de vegetație indică o diferențiere între clase, înregistrându-se diferențe semnificative din punct de vedere statistic. Valorile volumului sunt reduse în acest stadiu al succesiunii, și au fost utilizate în general pentru a evidenția diferențele dintre clasele de vegetație.

Biomasa s-a estimat cu ajutorul ecuațiilor de biomasă din literatura de specialitate, după care prin regresie exponențială s-a determinat o ecuație de biomasă generală pentru fiecare ecosistem în parte. Valorile rezultate s-au încadrat în cele obținute de Zianis et al. (2004) și Blujdea et al. (2012), pentru diferite specii de arbori și arbuști. Acumularea de biomasă este superioară în ecosistemul din zona Gura-Humorului unde se ajunge la un maxim de (B_T (biomasa supraterană + biomasa subterană) = 216.5 t/ha;), o valoare mare pentru acest stadiu. Acest fapt se datorează desmii mari a arboretului. Aceasta s-a realizat printr-o regenerare vegetativă foarte activă, datorită influenței pășunatului. În același timp animalele au adus și avantaje ecosistemului, fiind principalul vector de transport al semințelor, ceea ce a dus la creșterea desimii și apariția speciilor, adaptate la pășunat. În zona Vama valorile ($B_T = 90.45$ T/ha) biomasei totale sunt mult mai reduse. Acest ecosistem prezintă un grad de organizare mai redus, dar care s-a obținut destul de repede (2002-2016) în comparație cu zona Gura-Humorului unde presiunea antropică (pășunat) este resimțită constant

Pentru determinarea cantității de carbon stocate s-a determinat biomasa totală uscată, iar cantitatea de carbon s-a determinat utilizând un factor de conversie. La momentul actual s-a determinat că în arboretul din zona Gura-Humorului este stocată o cantitate de carbon de 101.76 t/ha, iar în arboretul zona Vama 42.51 t/ha.

8.1.3 Diversitatea structurală și diversitatea specifică

Acești parametri foarte importanți, redau gradul de stabilitate și organizare al ecosistemelor. Astfel **diversitatea structurală** a fost evaluată cu ajutorul indicelui Shannon evidențiindu-se diferențele dintre clasele de vegetație. În zona Vama, există o variabilitate pronunțată a structurii diametrelor în cele 4 clase de vegetație valoarea indicelui Shannon

variază în intervalul $H=1.8 - 0.82$, valorile reduse fiind întâlnite în clasa *Salix-Rubus* (nivel de organizare foarte redus). În zona Gura-Humorului se observă același aspect la clasa *Crataegus-Rosa* ($H=1.08$). Pe baza acestor calcule s-a realizat o ierarhizare a claselor de vegetație în funcție de diversitatea structurală și nivelul de organizare. Cu ajutorul indicelui beta-diversității (Whittaker) , s-a putut evidenția nivelul diversității în funcție de nivelul evolutiv la care se află fiecare clasă de vegetație. Clasele cu structuri simple (tufărișuri , sau asociații arbustive) prezintă diversitatea cea mai mare (Vama : *Salix-Rubus*; Gura-Humorului – *Corylus-Carpinus I*;). Indicele Shannon păstrează același trend, dar este mai puțin sensibil decât indicele Whittaker, valorile fiind mai apropiate între clasele de vegetație.

Diversitatea specifică este cea care explică stabilitatea structurii grupărilor vegetale și competiția interspecifică. Dintre cele două habitate studiate, se pare că cel din Gura-Humorului prezintă o diversitate ușor mai ridicată. Acest aspect se poate datora și vectorilor de diseminare (pășunat intensiv), care a facilitat prin transport zoochor introducerea unui număr mai mare de specii. De cealaltă parte ecosistemul din zona Vama este reprezentat de specii puternic competitive, care ocupă suprafețe mari. Salcia căprească, molidul și mesteacănul sunt specii antagoniste care se resping și inhibă sau facilitează prezența unor specii, în jurul acestora creându-se grupări vegetale aflate în diferite stadii de echilibru cenotic.

8.2 Condițiile staționale și instalarea vegetației în zona Obcinei Mari

8.2.2 Relația dintre condițiile staționale și vegetația din ecosistemele studiate

Factorii ecologici care acționează în ecosistemele studiate au fost analizați comparativ, pentru a diferenția ecosistemele între ele, dar și pe clase de vegetație, pentru evidențierea unor modificări microstaționale.

Fitocenozele sunt distribuite în spațiu în funcție de condițiile staționale (altitudine, pantă, expoziție, formă de relief), de prezența unui anumit substrat litologic, de existența unor anumite caracteristici edafice, topoclimat, de intensitatea proceselor de versant (eroziune de suprafață sau adâncime). Toți acești factori conturează caracteristicile microstaționale, redând prin variațiile lor anumite tipare după care se grupează speciile de plante (Cristea et al., 2004).

Modificarea compoziției vegetației în funcție de gradientul altitudinal, reflectă diferențele de adaptare a plantelor și tiparul de asociere al acestora. Astfel zonele situate la altitudini joase sunt caracterizate prin cantități mai reduse de precipitații și climat mai arid, fiind favorizată apariția speciilor xerofite (iubitoare de uscăciune). În zonele înalte climatul este mai bogat în precipitații, dar temperaturile sunt mai scăzute, caracteristice acestei zone fiind speciile rezistente la temperaturi scăzute. Zona cea mai bogată în specii este reprezentată de mijlocul intervalelor altitudinale datorită repartizării optime a cantității de radiații, temperatură, precipitații și alți factori de mediu (Qian et al., 2011).

După cum s-a menționat la capitolul rezultate, condițiile ecologice din cele două zone sunt diferite, aspect care a dus la formarea unor clase de vegetație distincte. Zona de studiu Vama este influențată în mod direct de altitudine, expoziția versanților și umiditate. Altitudinea este mai mare influențând temperatura de la nivelul coronamentului pădurii. Expoziția versanților din acest ecosistem influențează de asemenea indirect temperatura valorile insolației fiind mai reduse decât în ecosistemul din Zona Gura-Humorului. Datorită pantelor mai domoale, și a insolației mai reduse acest ecosistem prezintă o umiditate mai mare în sol, permițând o instalare mai rapidă a unor specii principale.

De cealaltă parte, Zona Gura-Humorului este influențată de mai mulți parametri. Panta, insolația, temperatura, lumina, reacția solului și cantitatea de nutrienți au valori mai mari. Versanții din această zonă sunt mai puternic însoșiți, accentuându-se eliminarea apei din sol (uscăciune). Temperatura resimțită de plante este ceva mai mare. Reacția solului este slab acidă până la bazică, permițând și instalarea speciilor neutrofile sau bazofile. Cantitatea de nutrienți este mai ridicată decât în zona Vama. De asemenea se observă o instalare mai pregnantă a speciilor mai iubitoare de lumină.

8.2.3 Categoriile ecologice, instrument descriptiv al condițiilor staționale

Astfel în urma analizei pe categorii ecologice a speciilor caracteristice celor două ecosisteme, speciile comune fiind excluse, s-au identificat posibile variații ale condițiilor microstaționale. Ambelor ecosisteme le sunt caracteristice speciile pioniere, dar care indică totuși diferențieri ale condițiilor microstaționale. S-ar părea că numărul de specii nu este afectat de modificările microstaționale, alte specii luând locul celor care nu prezintă adaptări specifice habitatelor.

Din categoria speciilor care se regăsesc în ambele ecosisteme, conform școlii fitocenologice românești (Cristea et al., 2004), molidul și fagul sunt specii diferențiale, care individualizează anumite grupuri de fitocenoze care aparțin unei asociații, regiuni sau stațiuni. Plopul este specie însoțitoare, care nu prezintă preferințe cenotice evidente, având amplitudine ecologică largă. Bradul, paltinul de munte și măceșul sunt specii întâmplătoare, apărute probabil din grupări vegetale învecinate. Pentru zona Vama molidul, laricele, salcia căprească, speciile genului *Rubus*., sunt specii edificatoare care prin numărul și acoperirea fitoindivizilor formează cea mai mare parte a fitomasei. Pentru zona Gura-Humorului speciile edificatoare sunt alunul, carpenul, sângerul, respectiv păducelul. Speciile care nu au fost menționate și fac parte din compoziția claselor de vegetație a celor două zone, sunt specii diferențiale și întâmplătoare.

Speciile diferențiale indică astfel o modificare o variație a reacției solului în cele două ecosisteme, solurile mai acide fiind caracteristice speciilor din zona Vama, aspect evidențiat și din analiza tipului de sol din harta solurilor României, dar și din valoarea indicatoare medie a speciilor din acest ecosistem. Valoarea indicatoare medie, pentru cantitatea de nutrienți indică soluri de fertilitate mai ridicată în zona Gura-Humorului, acest aspect fiind doar teoretic. Doar un studiu pedologic ar putea indica cu exactitate, valorile reale ale nutrienților. De asemenea conținutul de schelet pare a fi mai mare în zona Gura-Humorului, probabil datorită, rocii care se află la suprafață și a proceselor erozionale mai accentuate. Plantele cu caracter mai termofil se regăsesc în ecosistemul din Gura-Humorului, aspect evidențiat și de scăderea altitudinii și creșterea valorii termice.

8.2.4 Condițiile microstaționale ale claselor de vegetație

Vigoarea de creștere și vitalitatea speciilor depinde de capacitatea de adaptare, de competiția inter și intraspecifică și relația cu factorii ecologici. Asociațiile vegetale sau chiar microasociațiile sunt de obicei caracterizate de unul sau doi factori ecologici, tolerând variațiile mari ale celorlalți (Van Raamsdonk, 1988). Clasele de vegetație din cele două zone de studiu situate în Obcina Mare, sunt acele microasociații, formate datorită variației acestor factori ecologici. Astfel în zona Gura-Humorului clasele de vegetație sunt influențate de următorii factori ecologici:

1. Clasa *Corylus-Cornus* este caracterizată de prezența speciilor indicatoare de lumină situate pe pante mari, soluri sărace în nutrienți, uscate. Diversitatea specifică este redusă și numărul de indivizi mare, tocmai pentru a rezista în condiții mai dificile.

2. Clasa *Crataegus-Rosa*. În această clasă se găsesc specii rezistente la pășunat (păducel, măceș). Condițiile ecologice sunt mai dificile în clasa *Corylus-Cornus*. Solul este mai uscat, mai sărac în nutrienți. Variabilele de ieșire ale acestei clase nu înregistrează performanțe notabile. Diversitatea specifică este redusă, diametrul are valori reduse, numărul de tulpini este mai redus, ca efect al rezistenței la pășunat.

3. Clasele *Corylus-Carpinus 1* și *Corylus-Carpinus 2* prezintă multe puncte comune. Astfel se poate identifica o creștere a diversității specifice în nișa ecologică a acestor clase. Creșterea cantității de nutrienți, a umidității solului, reducerea pantelor, este responsabilă de acest aspect. Clasa *Corylus-Carpinus 1* prezintă cel mai mare număr de tulpini la indivizii populației, deci o regenerare vegetativă activă. Putem spune că această clasă este cea mai afectată de pășunat. Diametrul cel mai mare se întâlnește în clasa *Corylus-Carpinus 1*.

Probabil cele mai bune condiții de vegetație se întâlnesc în această clasă de vegetație. Clasa *Corylus-Carpinus 1* este cea mai stabilă dintre clasele de vegetație

În zona Vama relația dintre factorii ecoogici și clasele de vegetație este următoarea:

1. Clasa *Vaccinium-Picea* se găsește la altitudini ridicate, pe versanți cu pante mai mari unde solul este acid și slab fertil. Numărul de indivizi și tulpini este mai redus decât în celelalte clase de vegetație, iar diversitatea specifică, de asemenea;

2. Clasa *Picea-Salix* se găsește pe nișa cu cele mai bune condiții ecologice. Versanții au pante mai domoale, solul este mai puțin acid decât în celelalte clase, mai fertil. Rezultatul constă în creșterea diversității față de clasa *Vaccinium-Picea*, creșterea numărului de indivizi și tulpini și a acoperirii. Această clasă se situează la altitudini mai mici din zona de studiu;

2. Clasa *Larix-Sorbus* se instalează în cazul unor condiții de fertilitate și aciditate mai favorabile decât în cazul clasei *Vaccinium-Picea*, dar mai grele decât cele din nișa ecologică a clasei *Picea-Salix*. Performanțele acestei clase de vegetație constau într-o diversitate specifică ridicată. Acoperirea este mai redusă, ceea ce ne indică că această clasă, alături de *Vaccinium-Picea* este în plin proces de colonizare;

3. Clasa *Salix-Rubus* ocupă condițiile cele mai variate dintre clasele de vegetație. Acest lucru se datorează plantelor cu amplitudine ecologică largă din compoziția clasei. Această clasă s-a instalat atât în zone cu fertilitate redusă cât și în cele mai favorabile, același aspect fiind observat și în cazul reacției solului. Numărul de indivizi, de tulpini și acoperirea sunt mari. Diversitatea specifică variază în cadrul acestei clase. În cazul în care salcia căprească înregistrează valori reduse ale acoperirii diversitatea crește, iar în cazul în care acoperirea este mare, salcia căprească domină competiția interspecifică împiedicând instalarea altor specii.

8.3.3 Viteza de colonizare și relația dintre intrările și ieșirile ecosistemelor.

Viteza de colonizare a habitatelor dintre două momente din viața ecosistemelor ne oferă informații prețioase cu privire la stadiul evolutiv în care se află ecosistemele, a capacității de dispersie și dezvoltare a vegetației sau chiar a diferențelor de vârstă ale claselor de vegetație identificate.

Cele două zone de studiu sunt caracterizate de o viteză diferită de colonizare. Valorile sunt mai mari în ecosistemul din zona Vama deoarece habitatul prezintă încă goluri care sunt în curs de ocupare. De cealaltă parte ecosistemul din zona Gura – Humorului este mai evoluat, având pe toată perioada analizată valori superioare ale biomasei și o acoperire mai mare. Desigur acest aspect se reflectă în viteza de colonizare care încetinește. La nivelul anului 2015 vitezele de colonizare din cele două ecosisteme tind să se egalizează, ceea ce ne indică că ecosistemul din zona Vama a ajuns la un grad mai ridicat de colonizare a suprafeței și deja viteza se reduce.

Analizând clasele de vegetație putem stabili ordinea în care s-au instalat speciile lemnoase în aceste două habitate din zona Obcinei Mari.

În zona Gura-Humorului, datorită tipului de disturbantă s-au instalat în primă fază speciile adaptate la pășunat (*Crataegus monogyna*, *Rosa canina*, *Corylus avellana*). Ulterior s-au instalat speciile mai puțin rezistente acestui tip de perturbare (plop, fag, sânger, jugastru, etc.).

În zona Vama a început în primă fază colonizarea speciile pioniere (*Salix caprea*, speciile genului *Rubus sp.*, *Populus tremula*, *Betula pendula*, *Vaccinium myrtillus* etc.), dar și molidul care ia rolul de specie pionieră în acest ecosistem, aspect identificat și în alte cercetări (Pașcovișchi, 1967). Este menționat de același autor că în tipul de pădure de molidiș cu *Vaccinium* se instalează salcia căprească și scorușul de munte, iar ca raritate *Calluna vulgaris* (iarbă neagră). Prezența acestei specii indică aciditatea pronunțată a solului din acest ecosistem. Speciile genului *Rubus* sunt printre primele care se instalează fiind specii de tăieturi. Ele sunt însă eliminate odată cu instalarea speciilor de arbori (Swanson et al., 2011).

Studierea și cunoașterea proceselor care dirijează dinamica vegetației se bazează pe analiza cantitativă a variabilelor de intrare și de ieșire din ecosisteme (Cenușă R. et al., 2002). Factorii ecologici reprezintă pe de o parte intrările, iar biomasa, indicii de vegetație, viteza de colonizare, acoperirea, etc., reprezintă ieșirile.

În raport cu condițiile din cele două ecosisteme din zona Obcinei Mari, valorile indicelui NDVI scad odată cu altitudinea ($R = -0.638$) (**Tabelul 28**). În partea superioară a ambelor zone de studiu, nivelul de colonizare a habitatelor este mai redus. În zona Gura-Humorului, în partea superioară a habitatelor, se află stânele, impactul antropic fiind foarte puternic. De obicei se fac tăieri pentru lărgirea pășunii. În 2015 s-au realizat astfel de tăieri, aspect vizibil și pe hărțile NDVI (**Fig. 53.**) În zona Vama, colonizarea devine mai greoaie în partea superioară deoarece distanța față de donor este mai mare, dispersia pe altitudine este de asemenea mai greoaie, conform Naoe et al. (2016). Contribuția factorilor staționali la evoluția mai lentă a succesiunii la altitudini mai mari este de asemenea importantă. Acesta este un aspect care merită studiat pe viitor. Viteza de colonizare este mai mare în raport cu altitudinea. Asta ne duce la ideea că habitatul prezintă goluri în partea superioară.

În raport cu panta se pare că gradul de colonizare este mai mare pe pantele mari. Totuși corelația este slabă. Acest aspect este valabil pentru zona Gura-Humorului, unde se instalează păducelul, deoarece acesta este adaptat la pășunat și are o dezvoltare mai rapidă.

Corelația dintre plantele cu exigențe medii față de căldură (mezoterme) și NDVI, arată că acestea asigură densități mai mari decât cele oligoterme. Acest aspect este de asemenea caracteristic zonei Gura-Humorului. Corelația negativă cu viteza de colonizare arată că gradul de ocupare al nișelor cu specii mezoterme este mai mare în zonele studiate. Acestea sunt specii de primă împădurire.

Corelația pozitivă dintre NDVI și reacția solului indică o colonizare mai puternică pe solurile mai bazice. Corelația este slabă ($r = 0.34$) (**Tabelul 28**) dar fenomenul este real. Zona Gura-Humorului prezintă soluri mai puțin acide și valori ale NDVI mai mari. Desigur zona Vama se află în curs de colonizare și s-ar putea să depășească zona Gura-Humorului, chiar dacă reacția solului este mai acidă. Deocamdată totuși acest aspect poate fi acceptat.

Viteza de colonizare prezintă o legătură corelativă negativă slabă față de biomasă. Explicația constă în faptul că rata de colonizare scade odată ce nișa ecologică este ocupată (cresc valorile biomasei). NDVI se corelează de asemenea cu biomasa. În această matrice, (**Tabelul 28**), corelația dintre biomasă și NDVI este slabă ($r=0.49$) deoarece s-a realizat corelația cu valorile NDVI ale punctelor în care se află poziționate în teren suprafețele de probă. În cadrul lucrării s-a demonstrat că NDVI se corelează puternic cu biomasa totală la hectar, adică cu valorile biomasei cumulate pe o suprafață mai mare nu doar dintr-un punct.

Concluzionând se poate spune că NDVI este un instrument util în studiul cantitativ al vegetației putând aduce informații suplimentare față de măsurătorile de la sol, care nu pot acoperi suprafețe mari de studiu și nici nu pot aduce informații din trecut, care să poată fi prelucrate în timp real.

8.4 Direcții de evoluție a vegetației.

8.4.1 Donorii și migrația speciilor

În zona Vama migrația speciilor a fost în general de tip anemocor. Datorită lipsei animalelor mari, sau numărului redus de mamifere care să favorizeze migrația, au avut succes speciile răspândite de către vânt (plop, salcie căprească, mestecăn, larice, molid, iarba neagră ca apariția suprinzătoare). Plantele care se răspândesc zoocor sunt mai slab reprezentate și în general de arbuști și subarbuști care au o durată scurtă de existență într-o succesiune. Distanța față de donori nu este mare, aspect care a permis o instalare rapidă a vegetației în acest habitat. Plopul și slacia căprească provin în general din lunca Moldovei, dar și din pădurea din apropiere, aceasta fiind de asemenea într-o stare de tranziție sucesională, dar mult mai evoluată decât a acestui ecosistem.

Speciile de subarbuști provin de la marginea pășunilor din apropiere iar laricele cu siguranța din pădurea din partea superioară a zonei studiate. Acesta ocupă în general zonele înalte expuse vântului, datorită caracteristicilor fiziologice pe care le are.

Viteza terminală redusă a semințelor speciilor principale (molid, larice), dar și a celor pioniere (mestecăn, plop, salcie căprească) a favorizat migrația și viteza de colonizare a habitatului.

În **Fig. 70.** se poate observa modul de grupare a claselor de vegetație. Se poate de asemenea analiza și modul în care s-a produs migrația speciilor. Figura reprezintă partiționarea zonei pe clase de vegetație cu ajutorul diagramei Thiessen. În partea de vest a zonei Gura Humorului se află pădurea identificată ca donor, în partea sudică peste linia de culoare galbenă și mov (drumul european) se află lunca râului Moldova, iar în partea estică dealul dinspre orașul Gura Humorului. Instalarea claselor *Corylus – Carpinus* 1, 2 a început din partea apropiată pădurii. Tot în această porțiune se găsesc și speciile principale (molid și fag), fagul având conform Corlett (2009) dispersia semințelor pe distanțe <100m . Acestea încep să se instaleze la adăpostul speciilor pioniere, fiind și rezistente la umbră având șanse să câștige teren în următoarele stadii de evoluție a vegetației (fagul). În partea inferioară a habitatului apare și plopul care a reușit să migreze de la o distanță destul de mare (500 m). Deși caracteristicile sale de specie pionieră îi permit să vegeteze în condițiile acestui habitat, distanța față de donor ca migrația acestei specii să fie dificilă. Clasele de vegetație se dispun ca niște fâșii în zona Gura-Humorului. Următoarea între cele 4 clase de vegetație, pe o suprafață destul de mare se poate observa clasa *Corylus-Cornus*, care a migrat pe soluri moderat acide. Această clasă este în general acoperită de alun, sângerul apărând totuși în porțiuni reduse.

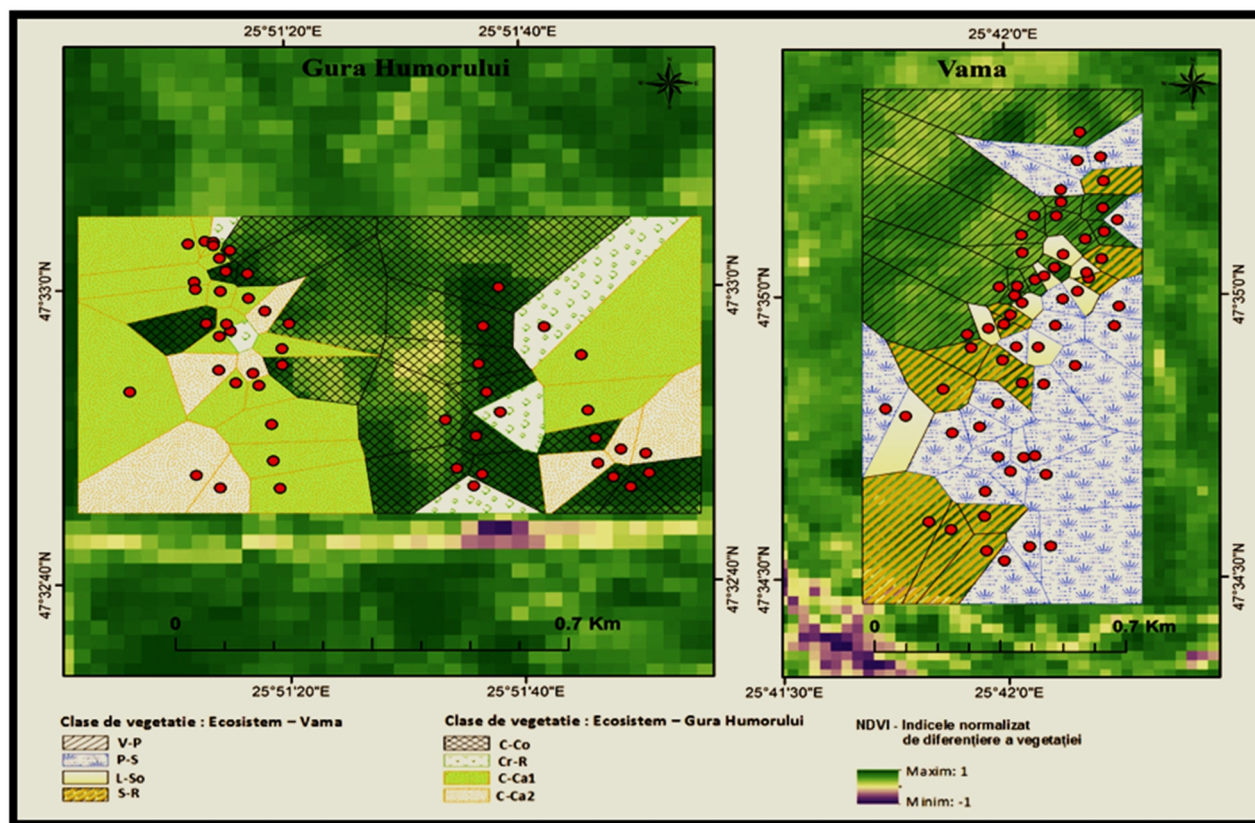
Ca o fâșie apare clasa *Crataegus – Rosa* . Este evident că această clasă a avut ca donor dealul dinspre orașul Gura Humorului. Practic zona în care s-a instalat a fost intens pășunată până în momentul instalării păducelului. Fiind specie adaptată la pășunat, atât din punctul de vedere al regenerării cât și al strategiei de apărare (specii cu țepi – păducel, măceș), păducelul a reușit să se instaleze în condiții dificile. Ca o altă fâșie se interpune clasa *Corylus – Carpinus* 1. Carpenul deține o acoperire mare în această clasă fiind foarte prezent. Cele trei clase în care alunul este specie principală sunt destul de asemănătoare. Diferența o fac speciile principale care apar în unele clase și care pot modifica pe viitor structura clasei,

eliminând speciile pioniere. Mecanismul de facilitare și viteza terminală redusă a seminței a favorizat migrarea carpenului la distanță destul de mare față de donor (pădure). Alunul este foarte important în acest proces, fiind deocamdată specia principală, din acest ecosistem.

Aspecte ale distribuției claselor de vegetație din zona Vama sunt prezentate în **Fig. 70**. Colonizarea a început din aval în amonte. Primele s-au instalat clasele de vegetație formate din specii pioniere (*Salix – Rubus*, *Picea – Salix*), aspecte argumentate la capitolul unde s-a discutat despre viteza de colonizare. Se poate observa instalarea clasei *Salix-Rubus* în zona cea mai apropiată de așezările omenești. Influența antropică exercitată este destul de importantă, speciile prezente fiind destul de rezistente. Acestea mai apar și în partea superioară a habitatului în zonele în care s-au mai efectuat tăieri (în general speciile genului *Rubus*), pentru recoltarea de material lemnos de către populația din zonă . Molidul se întâlnește ca specie principală în două clase care se întind pe o suprafață mare (*Vaccinium – Picea*, *Picea – Salix*). În acest ecosistem dispersia de tip anemocor a molidului a funcționat foarte bine. Semințele s-au răpândit de pe versanții estici și vestici ai zonei de studiu unde există arbori maturi apti pentru fructificare și diseminare, dar și din partea superioară. În clasa în care se asociază cu afinul, deși nu are o acoperire la fel de mare , molidul este specia de viitor datorită taliei sale. Pe o suprafață foarte mare se asociază cu salcia căprească. În această clasa (*Picea – Salix*), molidul a migrat în mare parte dinspre versanții sudici. Clasa *Larix – Sorbus* apare izolat în câteva puncte unde se pare că laricele a găsit condițiile de instalare necesare. Este cunoscut faptul că în acest habitat se întâlnesc condiții edafice destul de variate. Scorușul nu se întinde pe suprafețe mari deoarece are diseminare de tip zoocor, iar lipsa animalelor de talie mare face ca răspândirea să se efectueze mai greu.

Fig. 70. Cartarea claselor de vegetație

Fig. 70. Mapping vegetation classes



Notă: V-P : *Vaccinium – Picea*; P-S: *Picea-Salix*; L-So: *Larix-Sorbus*; C-Co: *Carpinus-Cornus*; Cr-R: *Crataegus-Rosa*; C-Ca1: *Coryllus-Carpinus 1*; C-Ca2: *Coryllus-Carpinus 2*;

8.4.2 Potențialul ecologic

Potențialul ecologic al speciilor este reprezentat de caracteristicile staționale pe care le tolerează speciile analizate, anumite particularități ale acestora și pericolele care trebuie să le depășească, pentru a trece mai departe în următorul stadiu de evoluție al succesiunii.

În cele două ecosisteme există diferențe în ceea ce privește potențialul ecologic ale speciilor din compoziție. Putem vedea că în zona Gura-Humorului avem specii cu un potențial mai scăzut față de temperatură, umiditate și nutrienți. Pe de altă parte rezistența la acțiunea unor disturbante (incendii, vânt), le transformă pe acestea în supraviețuitoare în condiții foarte grele. De asemenea stabilitatea și longevitatea au valori mai mari pentru vegetația din acest ecosistem. În lipsa apariției unei disturbante, clasele *Corylus-Carpinus*, *Corylus-Carpinus 2*, respectiv *Corylus-Cornus*, își vor disputa locul în nișa ecologică. Datorită potențialului de regenerare redus și a înălțimii de creștere păducelul s-ar putea să fie eliminat pe viitor, dacă fenomenul successional nu-și reia ciclul.

Speciile din zona Vama sunt caracterizate prin rezistența la temperaturi scăzute, fiind caracteristice zonei montane. Rezistența la îngheț și valorile mari ale potențialului de regenerare, ne indică o etapă de expansiune a vegetației din această zonă. Clasa din acest ecosistem cu tendințele cele mai puternice de evoluție este *Vaccinium-Picea*. Datorită longevității reduse salcia câprească s-ar putea să piardă teren în viitor în fața molidului. După componența claselor și a potențialului ecologic putem concluziona că acest habitat îi revine molidului. Pe viitor modificări ale compoziției se vor realiza în fiecare clasă, aspect datorat diferențelor de potențial ecologic între specii. Creșterea intensității competiției va favoriza speciile rezistente la umbră cu creșterea și potențialul de regenerare cele mai mari.

8.4.3 Atraktorul claselor de vegetație

Atraktorul reprezintă tipul de pădure la care poate ajunge la un moment dat o succesiune, printr-o evoluție dinamică. Conform studiilor realizate de Doniță et al. (2005), majoritatea habitatelor de pe teritoriul țării noastre au drept componentă o asociație vegetală. Astfel identificarea habitatelor se face prin recunoașterea fitocenozelor, adică prin studiul speciilor care formează asociația, precum și a caracteristicilor staționale (localizare geografică, altitudine, relief, rocă și sol).

Atraktorul de agradare reprezintă un tip de pădure mai evoluat decât cel de la care se pleacă în momentul declanșării succesiunii, având stabilitate ridicată. De cealaltă parte **atraktorul de degradare** este un tip de pădure mai puțin evoluat, instabil, inițiat de condițiile de degradare apărute în urma unei disturbante.

Conform literaturii de specialitate (Barbu, 1976; Doniță et al., 2005; Pașcovschi, 1967;), vegetația din zona Vama poate avea ca atraktor de agradare următoarele tipuri de pădure:

- molidiș cu *Vaccinium sp.*;
- păduri sud-est carpatice de molid (*Picea abies*) cu *Oxalis acetosella* (tip de ecosistem: molidiș cu *Oxalis-Dentaria-Asperula*);
- păduri sud-estice carpatice de molid (*Picea abies*) și fag (*Fagus sylvatica*) cu *Hieracium rotundatum* (tip de ecosistem: molideto-făget cu *Vaccinium*);

În zona Gura-Humorului direcțiile de dezvoltare pot fi:

- păduri de fag (*Fagus sylvatica*) sud-est carpatice cu *Festuca drymeia* (tip de ecosistem: Făget cu *Festuca altissima* sau Făget cu *Festuca drymeia*);
- păduri dacice de fag (*Fagus sylvatica*) și carpen (*Carpinus betulus*) cu *Dentaria bulbifera* (tip de ecosistem: Făget cu carpen cu *Asperula-Asarum-Stellaria*);

Atraktorul de degradare pentru zona Vama poate fi dat de:

- tufărișuri sud-est carpatice de afin (*Vaccinium myrtillus*) cu iarbă neagră (*Calluna vulgaris*), care se poate instala dacă vegetația ar fi îndepărtată prin altă disturbantă extremă;
 - tăieturi de pădure cu zmeur (*Rubus idaeus*): asociații vegetale ” *Fragario – Rubetum*”;
- Atraktorul de degradare a condițiilor staționale pentru zona Gura-Humorului poate fi dat de:
- tufărișuri de alun (*Corylus avellana*).
 - tufărișuri de alun (*Corylus avellana*) cu carpen (*Carpinus betulus*).

9. Concluzii generale și contribuții personale

9.1 Concluzii generale.

Condițiile de vegetație au permis instalarea unui număr egal de specii în cele două ecosisteme, acestea neinfluențând numărul de specii, ci mai degrabă compoziția specifică a celor două zone, cele mai adaptate luând locul celor care nu tolerează un anumit tip de habitat. Clasificarea vegetației a dus la identificarea a câte patru clase de vegetație în fiecare ecosistem, diferențiate prin compoziția specifică, caracteristici biometrice, diversitate, amplitudinea ecologică a speciilor componente și potențial ecologic.

Acestea sunt :

- Zona Vama → *Vaccinium-Picea*, *Picea-Salix*, *Larix-Sorbus*, *Salix-Rubus*;
- Zona Gura Humorului → *Corylus-Cornus*, *Crataegus-Rosa*, *Corylus-Carpinus 1*, *Corylus-Carpinus 2*.

Din punct de vedere biometric zona Gura Humorului este mai complexă, valorile caracteristicilor determinate fiind superioare celor din zona Vama. Desimea vegetației indică gradul de evoluție al ecosistemelor. Ecosistemul din zona Gura Humorului prezintă o desime mare în comparație cu zona Vama care se află în curs de colonizare, prezentând încă multe goluri neacoperite de vegetația lemnoasă. S-a constatat că desimea mare este întâlnită în clasele formate exclusiv din specii pioniere. Strategia ecologică a acestora se bazează pe crearea unui număr mare de indivizi, care să contracareze mortalitățile mari. Cu toate că în aceste clase numărul de indivizi este mai mare, clasele cu valori superioare ale caracteristicilor biometrice (diametru, înălțime, biomasă, volum, desime, cantitatea de carbon sechestrată, CO₂), sunt cele care conțin specii principale (molid, fag, larice, carpen etc.).

Analiza valorii indicatoare a categoriilor ecologice a indicat condiții destul de variate în cele două zone de studiu, cu tendințe de uniformizare în zona Vama. Acest aspect ar putea însă fi explicat și de prezența unor specii cu amplitudine ecologică mare. Cele două ecosisteme se diferențiază prin reacția solului de la acidă la bazică în zona Gura-Humorului și reacție de la puternic acidă la moderat acidă în zona Vama. Fertilitatea solului, conținutul de schelet și umiditatea, sunt în cea mai mare parte influențate de factorii orografici și procesele erozionale, clasele de vegetație indicând foarte clar acest aspect.

Analiza dinamicii pe termen lung a celor două ecosisteme a constituit un punct de mare interes. În acest scop au fost utilizate metode satelitare de analiză a vegetației. Indicele NDVI s-a dovedit foarte util în determinarea biomasei vegetale din cele două ecosisteme și identificarea perioadelor în care s-au produs fenomene extreme, care au dus la destrucțiunea vegetația din cele două ecosisteme. Astfel pentru determinarea biomasei totale la hectar în zona Obcinei Mari a fost propusă ecuația (17). Tot pe baza NDVI am reușit să determin și viteza de colonizare, aspect de foarte mare importanță pentru stabilirea longevității vegetației dar și a capacității de reziliență a acestor ecosisteme.

Analiza potențialului ecologic și al fenomenului de facilitare aduce de asemenea elementele indispensabile unei analize ecologice pertinente, care ar trebui să evidențieze

gradul de stabilitate al structurilor vegetale dar și modul în care speciile interacționează pe parcursul existenței lor. Astfel s-au mai identificat potențialul ecologic al fiecărei clase de vegetație și modul de dispersie a diasporelor, care au dus în final la identificarea claselor cele mai bine adaptate la condițiile ecologice din cele două ecosisteme, și care pot domina în următoarele stadii de evoluție. (Gura Humorului : *Corylus –Carpinus 1*; Vama : *Vaccinium-Picea*;). S-a ajuns la concluzia că se pot forma clase de vegetație stabile, cu potențial ridicat, chiar din primele stadii de dezvoltare.

Analiza fenomenului de facilitare indică importanța speciilor protectoare în primele stadii ale succesiunii secundare. Astfel plantele care prezintă adaptări la pășunat (păducel, măceș, etc.) sunt foarte importante în cadrul unui ecosistem afectat de acest tip de disturbantă. Ele stabilizează solul și facilitează instalarea și dezvoltarea speciilor principale, fiind recomandate a fi utilizate în ecosisteme degradate datorită pășunatului, care prezintă diferite tipuri de degradare și necesită lucrări de reconstrucție ecologică. În cadrul ecosistemelor forestiere neafectate de acest tip de intervenție antropică, rolul de plantă protectoare este atribuit speciilor pioniere (salcie, mestecăn, plop, etc.). Acestea oferă de asemenea protecție mecanică față de unii factori ecologici, creând și condițiile favorabile regenerării speciilor principale (molid, fag, brad, carpen, etc.).

Pentru evoluția ulterioară a vegetației literatura de specialitate indică ca atractor de agardare pentru ecosistemul din Gura Humorului pădurile de fag, sau fag cu carpen, iar ca atractor de degradare, tufărișurile de alun, sau tufărișuri de alun cu carpen. Ecosistemul din zona Vama prezintă ca atractor de agardare pădurile sud-est carpatice de molid cu *Vaccinium*, molid cu *Oxalis acetosella*, sau molideto-făget cu *Vaccinium*. Atratorul de degradare este constituit de tufărișuri de tăieturi de pădure cu zmeur (*Rubus idaeus*) sau chiar tufărișuri de *Vaccinium* cu *Calluna* în cazul apariției unei disturbante cu caracter extrem.

9.2 Contribuții personale

În această lucrare s-au realizat cercetări ecologice privind dinamica vegetației în zona Obcinei Mari. În acest sens s-a realizat un studiu ecologic destul de amănunțit al vegetației aflate în stadiul pionier, dar și al dinamicii vegetației în timp.

i) Structura cantitativă și calitativă a fitocenozelor.

- S-a clasificat vegetației prin metode moderne de clasificare (analiza cluster), și s-au testat respectivele metode pentru a identifica cea mai corectă variantă de clasificare.
- S-a determinat desimea vegetației și a claselor de vegetație din ecosistemele aflate în stadiul pionier al succesiunii secundare în zona Obcinei Mari.
- S-a determinat biomasa vegetației din ecosistemele analizate.
- S-a determinat cantitatea de carbon și CO₂ reținută de vegetația din ecosistemele aflate în stadiul pionier al vegetației din zona Obcinei Mari.
- S-a determinat diversitatea specifică și structurală a plantelor lemnoase din cele două ecosisteme.

ii) Condițiile staționale de instalare a vegetației pioniere

- S-au utilizat metode digitale în scopul determinării unor gradienti ecologici (pantă, expoziția versanților, altitudine, insolație).
- S-au analizat condițiile staționale cu ajutorul valorii indicatoare propuse de Landolt (1977).

- S-au utilizat metode statistice multivariate pentru determinarea relației dintre vegetație și condițiile staționale.

iii) Metode satelitare de analiză a dinamicii vegetației.

- S-a determinat dinamica vegetației cu ajutorul ”*Indicelui Normalizat de Diferențiere a Vegetației*” (NDVI).
- Pe baza NDVI s-a determinat biomasa vegetației și dinamica temporală a acesteia în zonele de studiu.
- A fost elaborată o ecuație de determinare a biomasei în funcție de NDVI pentru zona Obcinei Mari (ecuația 17).
- S-a determinat pentru prima dată viteza de colonizare a unor habitate din zona Obcinei Mari.

iv) Direcții de evoluție a vegetației.

- S-a determinat pentru prima dată relația de facilitare dintre speciile de plante din două habitate din zona Obcinei Mari.
- S-au analizat potențialul ecologic și potențialul de dispersie a vegetației din zonele de studiu.
- S-au realizat predicții privind evoluția vegetației din zonele studiate.

Bibliografie

- Aalde, H., Gonsalez, P., Gytarsky, M., Krug, T., Kurz, W. a., Lasco, R. D., . . . Verchot, L. (2006). IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. *Institute for Global Environmental Strategies, Hayama, Japan*, 4(2), 1-83. doi: 10.1016/j.phrs.2011.03.002
- Aho, K. (2006). Multivariate clustering for objective classification of vegetation data. *Proceedings America Society of Mining and Reclamation*, 1-23.
- Albert, K., Annighöfer, P., Schumacher, J., & Ammer, C. (2014). Biomass equations for seven different tree species growing in coppice-with-standards forests in Central Germany. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 29(3), 210-221.
- Alberti, G., Peressotti, A., Piussi, P., & Zerbi, G. (2008). Forest ecosystem carbon accumulation during a secondary succession in the Eastern Prealps of Italy. *Forestry*, 81(1), 1-11.
- Anonymous. Benzile Landsat si combinatii teledetectie. Retrieved 1.02.2017, 2017, from https://www.academia.edu/13047083/Benzile_Landsat_si_combinatii
- Anonymous. (2017a). Area Solar Radiation Help | ArcGIS for Desktop. Retrieved 15.06.2017, 2017, from <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/area-solar-radiation.htm>
- Anonymous. (2017b). Global Weather Data for Swat. Retrieved 22.1.2017, 2017, from WEB: <https://globalweather.tamu.edu/#pubs>
- Anonymous. (2017c). How Aspect works/ ArcGIS for Desktop. Retrieved 6.06.2017, 2017, from <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-aspect-works.htm>
- Anonymous. (2017d). Modelarea Terenului. Retrieved 14.06.2017, 2017, from <http://www.gisbox.ro/RO/index.php?p=23>
- Armas, C., Ordiales, R., & Pugnaire, F. I. (2004). Measuring plant interactions: a new comparative index. *Ecology*, 85(10), 2682-2686.
- Armas, C., & Pugnaire, F. I. (2011). Plant neighbour identity matters to belowground interactions under controlled conditions. *PloS one*, 6(11), 1-7, e27791.
- Badea, O., & Popa, I. (2011). Reconstituirea prin metode dendroecologice a dinamicii perturbărilor în pădurile naturale din Carpații Orientali TE40/2011. Stațiunea Experimentală de Cultura Molidului, Campulung-Moldovenesc, 39 p.
- Balandier, P., Collet, C., Miller, J. H., Reynolds, P., & Zedaker, S. (2006). Designing forest vegetation management strategies based on the mechanisms and dynamics of crop tree competition by neighbouring vegetation. *Forestry*, 79(1), 3-27.
- Barbu, I., Curcă, M., Barbu, C., & Ichim, V. (2016). *Adaptarea pădurilor României la schimbările climatice*. Voluntari: Editura Silvică, 380 p.
- Barbu, N. (1976). *Obcinele Bucovinei*. Ed. Științifică și Enciclopedică, București, 315 p.
- Barkman, J. J. (1989). A critical evaluation of minimum area concepts. *Vegetatio*, 85, 89-104.
- Barnoiaea, I. (2011). *Cercetări privind stabilirea structurii și stării pădurilor pe înregistrări satelitare moderne*. (Rezumatul tezei de doctorat), Universitatea "Transilvania" din Brașov, 69 p.
- Blujdea, V., Pilli, R., Dutca, I., Ciuvăț, L., & Abrudan, I. (2012). Allometric biomass equations for young broadleaved trees in plantations in Romania. *Forest Ecology and Management*, 264, 172-184.
- Boerencu, G. D. (2015). Monitorizarea speciilor de vegetație acvatică submersă din Delta Dunării, prin mijloace de teledetectie. Lucrare de dizertație, Universitatea din București, 94 p.
- Borza, A., & Boșcaiu, N. (1965). *Introducere în studiul covorului vegetal*: Editura Academiei Republicii Populare Române, 340 p.
- Boulangeat, I., Laverne, S., Van Es, J., Garraud, L., & Thuiller, W. (2012). Niche breadth, rarity and ecological characteristics within a regional flora spanning large environmental gradients. *Journal of Biogeography*, 39(1), 204-214.

- Bouriaud, O., Teodosiu, M., Turcu, D., Guiman, G., Bragă, C., Ciobanu, L., & Ștefan, G. (2012). Forest GHG Management . Proiect IDEI 111/5.10.2011 *Raport științific, faza 2 (15.12.2011-15.12.2012)*, Institut de Cercetări și Amenajări Silvice (pp. 5).
- Braastad, H. (1966). Volumtabeller for bjørk. *Meddelelser fra det Norske Skogforsøksvesen*, 21(21): 23-78.
- Braun-Blanquet, J. (1928). et Pavillard, J. *Vocabulaire de sociologie végétale*. 3e éd., Montpellier, 23 pp.
- Brooker, R. W., Maestre, F. T., Callaway, R. M., Lortie, C. L., Cavieres, L. A., Kunstler, G., Anthelme, F. (2008). Facilitation in plant communities: the past, the present, and the future. *Journal of Ecology*, 96(1), 18-34.
- Brzeziecki, B., & Kienast, F. (1994). Classifying the life-history strategies of trees on the basis of the Grimian model. *Forest Ecology and Management*(69), 167-187.
- Byrnes, R. A. (2012). Landsat: a global land imaging program: US Geological Survey. pp. 1-7.
- Callaway, R. M., & Walker, L. R. (1997). Competition and facilitation: a synthetic approach to interactions in plant communities. *Ecology*, 78(7) : 1958-1965.
- Cenușă, R. (2000). Cercetări asupra dinamicii structurale a ecosistemelor de pădure de la limita altitudinală de vegetație pentru menținerea echilibrului ecologic: Referat științific final ICAS 69 p.
- Cenușa, R., Biriș, I., Clinovschi, F., Barnoaiea, I., Palaghianu, C., & Teodosiu, M. (2008). Variabilitatea structurala a padurii naturale. *Studiu de caz: Calimani, Lucrarile Sesiunii Stiintifice MENER. UPB, Sinaia, 4-7 septembrie 2008*, 451-456.
- Cenușă, R., Teodosiu, M., & Cenușă, E. (2004). Aspecte privind diversitatea și succesiunea în ecosisteme forestiere marginale (Dealul Radu) din Obcinele Bucovinei. *Bucovina Forestieră*, 12(1-2), 31-46.
- Cenușă R., Popa C., & Teodosiu M. (2002). Cercetări privind relația structură-funcție și evoluția ecosistemelor forestiere naturale din nordul țării. *Anale ICAS*, 45, 9-19.
- Cesaretti, S. (2012). *Plant co-existence mechanisms related to stress and disturbance intensities in sub-Mediterranean and sub-desertic grassland systems*. SCHOOL OF ADVANCED STUDIES- Doctoral course in Environmental sciences and Public Health (XXIV cycle), 62 p.
- Chaoka, R. T., Alemaw, B. F., & Tsige, D. M. (2007). Modeling and understanding the relationship between vegetation and rainfall of a tropical watershed using remote sensing data and GIS. *Journal of Spatial Hydrology*, 7(2) : 47-61 pp.
- Chuai, X., Huang, X., Wang, W., & Bao, G. (2013). NDVI, temperature and precipitation changes and their relationships with different vegetation types during 1998–2007 in Inner Mongolia, China. *International Journal of Climatology*, 33(7) : 1696-1706.
- Chytrý, M., & Tichý, L. (2003). Diagnostic, constant and dominant species of vegetation classes and alliances of the Czech Republic: a statistical revision. *Folia Fac. Sci. Nat. Univ. Masaryk. Brun.*, Biol., 108: 1–231. *Biol.*, 108 :1-231.
- Cioban, A., Criveanu, H., Matei, F., Pop, I., & Rotaru, A. (2013). Aspects of Solar Radiation Analysis using ArcGis. *Bulletin of the University of Agricultural Sciences & Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Horticulture*, 70(2) : 437- 440 pp.
- Ciuvăț, A. L. (2013). *Producția de biomasă și stocarea carbonului în arboretele tinere de salcâm (Robinia pseudoacacia L.) din sudul României (Rezumatul tezei de doctorat)*. Universitatea Transilvania din Brașov, 76pp.
- Clements, F. E. (1916). Plant succession: analysis of the development of vegetation. *Carn. Inst. Wash. Publ.*(242), 1-512.
- Clinovschi, F. (2005). *Dendrologie*: Editura Universității Suceava, 300 p.
- Constantin, C. (1953). Succesiunile formațiunilor vegetale și ale tipurilor de soluri din țara noastră. *Revista pădurilor*, 63(2) : 7-12.
- Corlett, R. T. (2009). Seed dispersal distances and plant migration potential in tropical East Asia. *Biotropica*, 41(5), 592-598.

- Costea, G. (2012). *Evaluarea procesului de despădurire prin teledetecție: efectul despăduririi asupra schimbărilor caracteristicilor suprafețelor subiacente din bazinele superioare ale Someșului Cald și Rece*. Rezumatul tezei de doctorat. Universitatea "Babeș-Bolyai", Cluj-Napoca, 46 p.
- Cottle, R. A. (2004). *Linking geology and biodiversity*: English Nature, Peterborough. p. 91. (Research Report 562).
- Cristea V., Gafta D., Pedrotti F. Fitosociologie. Editura "Presa Universitară Clujeană", Cluj-Napoca, 2004, 425 p.
- Cutler, N. A., Belyea, L. R., & Dugmore, A. J. (2008). The spatiotemporal dynamics of a primary succession. *Journal of Ecology*, 96(2), 231-246.
- Dagnelie, P., Palm, R., Rondeux, J., & Thill, A. (1999). *Tables de cubage des arbres et des peuplements forestiers*. Gembloux, Presses agronomiques, 128 pp.
- Danilă, I. C. (2015). *Cercetări biometrice privind productivitatea clonelor de plop hibrid în culturi cu ciclu scurt de producție din Nord-Estul României (Rezumatul tezei de doctorat)*. Universitatea "Ștefan cel Mare" Suceava, 70 p.
- Das, S., & Singh, T. (2012). Correlation analysis between biomass and spectral vegetation indices of forest ecosystem. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 1(5): 1-13.
- De Deyn, G., Raaijmakers, C., & Van der Putten, W. (2004). Plant community development is affected by nutrients and soil biota. *Journal of Ecology*, 92(5), 824-834.
- Del Moral, R., Walker, L. R., & Bakker, J. P. (2007). Insights gained from succession for the restoration of landscape structure and function *Linking restoration and ecological succession* (pp. 19-44): Springer.
- Despain, D. W. O., P.R.; Smith, E.L. . (1997). Plant frequency sampling for monitoring rangelands. In: Some methods for monitoring rangelands. G.B.Ruyle, ed. Arizona Cooperative Extension Publication 190043, 97 p.
- Doniță, N., Popescu, A., Paucă-Comănescu, M., Mihăilescu, S., & Biriș, I.-A. (2005). *Habitatele din România*: Ed. Tehnică Silvică, 496 p.
- Dorogova, Y., Zhukova, L., Turmuhametova, N., Polyanskaya, T., & Notov, A. (2016). Methods of Analysis of Environmental Diversity of Plants. *Biol Med (Aligarh)*, 8(7) : 1-8.
- Drăgan, M. (2015). Reziliența în aplicarea regională - Aspecte conceptuale și metodologice. *Geographia Napocensis*(2), 39-46.
- Dutcă, I. (2011). *Estimarea stocării carbonului în plantațiile tinere de molid instalate pe terenuri neforestiere din Carpații Orientali*. Universitatea "Transilvania" Din Brașov. Rezumatul tezei de doctorat, 52 pp.
- Elias, R. B., & Dias, E. (2007). The role of habitat features in a primary succession. *Arquipélago. Life and Marine Sciences* 24: 1-10
- Ellenberg, H. (1988). *Vegetation ecology of central Europe*: Cambridge University Press.
- Fattorini, L., Gasparini, P., Nocetti, M., Tabacchi, G., & Tosi, V. (2004). Above-ground tree phytomass prediction and preliminary shrub phytomass assessment in the forest stands of Trentino. *Studi Trent. Sci Nat, Acta Biol*(81), 75-121.
- Fernandez, G. (2003). Principal Component Analysis. Retrieved 1.05.2014, 2014, from Web: <http://www.ag.unr.edu/saito/classes/ers701/pca2.pdf>
- Fischer, A., Marshall, P., & Camp, A. (2013). Disturbances in deciduous temperate forest ecosystems of the northern hemisphere: their effects on both recent and future forest development. *Biodiversity and conservation*, 22(9), 1863-1893.
- Fodor E., Hâruța O., Dorog S., & Korman I. (2015). Relația de facilitare interspecifică și aplicațiile sale în ecologia reabilitării și în reconstrucția ecologică. *Bucovina Forestieră*, 15 (1):189-206.
- Gadow, K. v., Zhang, C. Y., Wehenkel, C., Pommerening, A., Corral-Rivas, J., Korol, M., . . . Zhao, X. H. (2012). Forest structure and diversity *Continuous cover forestry* (pp. 29-83): Springer.
- Giurgiu, V. (1974). O expresie matematica unica a relatiei diametru - înaltime - volum, pentru majoritatea speciilor forestiere din Romania. *Silvicultura si Exploatarea Padurilor*, 89(84):173-178.

- Gleason, H. A. (1926). The individualistic concept of the plant association. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 7-26.
- Godefroid, S., & Dana, E. D. (2007). Can Ellenberg's indicator values for Mediterranean plants be used outside their region of definition? *Journal of biogeography*, 34(1), 62-68.
- Goslee, K., Walker, S. M., Grais, A., Murray, L., Casarim, F., & Brown, S. (2014). Module C-CS: Calculations for Estimating Carbon Stocks. *Winrock International*, 42 p.
- Govaerts, B., & Verhulst, N. (2010). The normalized difference vegetation index (NDVI) Greenseeker (TM) handheld sensor: toward the integrated evaluation of crop management. Part A- Concepts and case studies, 13 p.
- Grime, J. P. (2006). *Plant strategies, vegetation processes, and ecosystem properties*: John Wiley & Sons.
- Hartigan, J. A., & Wong, M. A. (1979). Algorithm AS 136: A k-means clustering algorithm. *Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)*, 28(1), 100-108.
- Herbei, M. V., Dragomir, L. O., & Oncia, S. (2012). USING SATELLITE IMAGES LANDSAT TM FOR CALCULATING NORMALIZED DIFFERENCE INDEXES FOR THE LANDSCAPE OF PARÂNG MOUNTAINS. 13(13), 158-167.
- Hibbs, D. E. (1983). Forty years of forest succession in central New England. *Ecology*, 64(6), 1394-1401.
- Hintze, C., Heydel, F., Hoppe, C., Cunze, S., König, A., & Tackenberg, O. (2013). D 3: the dispersal and diaspore database—baseline data and statistics on seed dispersal. *Perspectives in plant ecology, evolution and systematics*. Retrieved 3.03.2016, 2016
- Horn, H. S. (1974). The ecology of secondary succession. *Annual review of Ecology and Systematics*, 25-37.
- Horodnic, S. (2004). *Elemente de biostatistică forestieră*: Ed. Universității Ștefan cel Mare Suceava, 159 p.
- Huang, F., Wang, P., & Liu, X. (2008). Monitoring vegetation dynamic in Horqin sandy land from spot vegetation time series imagery. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37, 915-920.
- Huston, M., & Smith, T. (1987a). Plant succession: life history and competition. *The American Naturalist*, 130(2), 168-198.
- Huston, M., & Smith, T. (1987b). Plant succession: life history and competition. *American Naturalist*, 168-198.
- Huston, M. A., & Huston, M. A. (1994). *Biological diversity: the coexistence of species*: Cambridge University Press, 681 pp.
- Ichim, I., Sălceanu, G., & Rotaru, F. (1998). Utilizarea imaginilor satelitare în gestiunea teritoriului. *Revista Informatica Economica*(8), 47-50.
- James, S. C., Beckage, B., Hillesrislambers, J., Ibanez, I., Sladeau, J. M., Mohan, J., & Rocca, M. (2002). Plant Dispersal and Migration. *Encyclopedia of Global Environmental Change*, 2, 81-93.
- Jarolimek, I., Sibik, J., Tichy, L., & Kliment, J. (2010). Sharpness and uniqueness of the phytosociological classes of Slovakia. *Annali di Botanica*, 7pp.
- Jenkins, J. C., Chojnacky, D. C., Heath, L. S., & Birdsay, S. A. (2004). Comprehensive Database of Diameter-based Biomass Regressions for North American Tree Species. *USDA Forest Service. Newton Square.*, 1-48 pp.
- Jenness, J. (2007). Some thoughts on analyzing topographic habitat characteristics. *Jenness Enterprises, Flagstaff, AZ, USA*, 26 p.
- Jennings, M., Loucks, O., Glenn-Lewin, D., Peet, R., Faber-Langendoen, D., Grossman, D., . . . Walker, M. (2004). Guidelines for describing associations and alliances of the US National Vegetation Classification. *The Ecological Society of America Vegetation Classification Panel*, 46 p.
- Jennings, M. D., Faber-Langendoen, D., Loucks, O. L., Peet, R. K., & Roberts, D. (2009). Standards for associations and alliances of the US National Vegetation Classification. *Ecological Monographs*, 79(2), 173-199.

- Jones, E. I., Afkhami, M. E., Akçay, E., Bronstein, J. L., Bshary, R., Frederickson, M. E., . . . Pankey, M. S. (2015). Cheaters must prosper: reconciling theoretical and empirical perspectives on cheating in mutualism. *Ecology Letters*, 18(11), 1270-1284.
- Juravle D.-T. (2007) – Geologia regiunii dintre Valea Sucevei și Valea Putnei (Carpații Orientali). Casa Editorială Demiurg, Iași, ISBN 978-973-7603-78-4.
- Kaufman, L., & Rousseeuw, P. J. (1987). Clustering by means of medoids. In Y. Dodge (Ed.), *Statistical data analysis based on the L1 Norm*. Amsterdam: North-Holland, 405-416 pp.
- Kaufman, L., & Rousseeuw, P. J. (2009). *Finding groups in data: an introduction to cluster analysis* (Vol. 344): John Wiley & Sons, ISBN: 0-47 1-73578-7, 356 pp.
- Kenkel, N., Walker, D., Watson, P., Caners, R., & Lastra, R. (1997). Vegetation dynamics in boreal forest ecosystems. *Coenoses*, 97-108.
- Kimmins J.P., 2004. Forest ecology: a foundation for sustainable forest management and environmental ethics in forestry, 3rd e. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ. 596 pp
- Kindt, R., & Coe, R. (2005). *Tree diversity analysis: a manual and software for common statistical methods for ecological and biodiversity studies*: World Agroforestry Centre, Nairobi. ISBN 92-9059-179-X.
- Klanderud, K., Vandvik, V., & Goldberg, D. (2015). The importance of biotic vs. abiotic drivers of local plant community composition along regional bioclimatic gradients. *PloS one*, 10(6), e0130205, 14 pp..
- Kochurko, V., & Ryndevich, S. (2015). Bioindication and main ways of optimizing agricultural influence on natural ecosystems. 26-32.
- Landolt, E. (1977). Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora. *Veröff. Geobot. Inst. ETH Stiftung Rübel Zürich*, 64: 61-208.h.
- Legendre, P., & Cáceres, M. (2013). Beta diversity as the variance of community data: dissimilarity coefficients and partitioning. *Ecology Letters*, 16(8), 951-963.
- Leppälä, M. (2011). *Successional changes in vegetation and carbon dynamics during boreal mire development*. PhD thesis. University of Oulu, Oulu, 56 p.
- Londo, A. J., & Kushla, J. D. (2006). Soil pH and Tree Species Suitability in the South. *Southern Regional Extension Forestry*, 2, 1-5.
- Lortie, C. J., & Turkington, R. (2008). Species-specific positive effects in an annual plant community. *Oikos*, 117(10), 1511-1521.
- Lotter, M. C. (2014). *Indigenous forests of Mpumalanga Province (South Africa); patterns and processes for inclusion in a systematic conservation plan*, 177 p.
- Măciucă, A., Tomescu C., Dănilă, G., (2006). Aspecte ale dinamicii ecosistemelor forestiere în zonele afectate de doborâturi de vânt din nord-estul țării *Analele Universității „Ștefan Cel Mare” Suceava*, 1, 43-54.
- Manea, G., & Tîrlă, L. (2017). Biogeografie - LP5. Aplicații ale teledetecției în biogeografie 5.1. Retrieved 2.01.2017, 2017, from http://www.unibuc.ro/prof/tirla_m_l/Biogeografie.php
- Manthey, M., & Fridley, J. D. (2009). Beta diversity metrics and the estimation of niche width via species co-occurrence data: reply to Zeleny. *Journal of Ecology*, 97(1), 18-22.
- Martínez, B., & Gilabert, M. A. (2009). Vegetation dynamics from NDVI time series analysis using the wavelet transform. *Remote sensing of environment*, 113(9), 1823-1842.
- Mayor, S. J., Boutin, S., He, F., & Cahill, J. F. (2015). Limited impacts of extensive human land use on dominance, specialization, and biotic homogenization in boreal plant communities. *BMC ecology*, 15(1), 5.
- Meiners, Scott J. and Pickett, Steward, "Succession" (2011). Faculty Research & Creative Activity. 26, 651-657 pp., http://thekeep.eiu.edu/bio_fac/26.
- Mihai, B. A. (2008). *Teledetecție - Noțiuni generale*. Universitatea din București, București, 78 p.
- Milescu, I., et colab., . (2007). *Cartea Silviculturului*. . Reghin: Ed. Universității Suceava și Ed. Petru Maior.

- Mokany, K., Raison, R., & Prokushkin, A. S. (2006). Critical analysis of root: shoot ratios in terrestrial biomes. *Global Change Biology*, 12(1), 84-96.
- Myneni, R., Dong, J., Tucker, C., Kaufmann, R., Kauppi, P., Liski, J., . . . Hughes, M. (2001). A large carbon sink in the woody biomass of northern forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(26), 14784-14789.
- Naoue, S., Tayasu, I., Masaki, T., & Koike, S. (2016). Negative correlation between altitudes and oxygen isotope ratios of seeds: exploring its applicability to assess vertical seed dispersal. *Ecology and Evolution*, 6(19), 6817-6823.
- Nerţan, A. T., & Panaitescu, V. (2016). Importanţa utilizării datelor de teledetecţie pentru monitorizarea stării de vegetaţie a culturilor agricole. Modele digitale altimetrice şi geostatistică. A XVI-a Conferinţă internaţională - multidisciplinară "Profesorul Dorin Pavel - fondatorul hidroenergeticii româneşti", Sebeş, 249-260 pp., from : <http://earth.unibuc.ro/download/modele-digitalealtimetrice-si-geostatistica>
- Orlando, P. A., & Hall, S. R. (2015). How do generalist consumers coexist over evolutionary time? An explanation with nutrition and tradeoffs. *Theoretical ecology*, 8(3): 383-398.
- Otto, H.-J. 1994. *Waldökologie*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, Germany, 391 p.
- Palaghianu, C. (2015). Analiza regenerării padurii: perspective statistice si informatice. Editura Universităţii "Ştefan cel Mare", Suceava, ISBN 978-973-666-466-3, 415 p.
- Paşcovschi, S. (1967). Succesiunea speciilor forestiere. *Editura Agro-Silvica, Bucharest*, 318 p.
- Peet, R. K., & Roberts, D. W. (2013). Classification of natural and semi-natural vegetation. In: van der Maarel, E. & Franklin, J. (eds.) *Vegetation ecology*, 2nd edn, pp. 28–70. Oxford University Press, New York, NY, US. *Vegetation ecology*, 28-70.
- Peinado, M., Díaz, G., Ocaña-Peinado, F. M., Aguirre, J. L., Macías, M. Á., Delgadillo, J., & Aparicio, A. (2013). Statistical Measures of Fidelity Applied to Diagnostic Species in Plant Sociology. *Modern Applied Science*, DOI: 10.5539/mas.v7n6p106, 7(6), 106-120 pp.
- Pickett, S. T., Cadenasso, M. L., & Meiners, S. (2005). Vegetation dynamics. *Vegetation ecology*, 172-198.
- Piticar, M. A., Cenuşă, R. L., Grosu, L., & Dănilă, I. C. (2015). Ecological research concerning the forest vegetation at the pioneer stage in the Bucovina Ridges area, Suceava, Romania. *AAB Bioflux*, 7(3), 174-186.
- Piticar, M. Al, and R. Cenuşă. "Caracteristici ale stadiului pionier al unei succesiuni primare pe un teren degradat de la limita estică a Obcinilor Bucovinei." *Bucovina Forestieră* 14, no. 1 (2014): 5-19.
- Powell, D. C. (2000). *Potential vegetation, disturbance, plant succession, and other aspects of forest ecology*: US Dept. of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Region, Umatilla National Forest, 88 p.
- Prach, K., & Rehounkova, K. (2006). Vegetation succession over broad geographical scales: which factors determine the patterns? *Preslia*, 78(4), 469-480.
- Pulsford, S., Lindenmayer, D. B., & Driscoll, D. (2016). A succession of theories: Purging redundancy from disturbance theory. *Biological Reviews*, 91(1), 148-167, doi: 10.1111/brv.12163.
- Qian, Y., Zhang, H., Wu, Z., & Wang, Z. (2011). Vegetation composition and distribution on the northern slope of Karlik Mountain to Naomahu basin, East Tianshan Mountains. *Journal of Arid Land*, 3(1), 15-24.
- Raclaru, P. (1972). Evolutia si succesiunea vegetatiei din muntii Rarau. (Evolution et la succession de la vegetation des monts Rarau). *Stud. Comun., Bot*, 205-211.
- Roşu, C., & Lăcău, C. (1997). *Staţiuni forestiere*: Universitatea "Ştefan cel Mare" Suceava, 179 p.
- Roundy, B.A. (2005). Plant Succession and Approaches to Community Restoration. USDA Forest Service Proceedings RMRS-P-38, 43-48 pp.
- Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., Deering, D. W., & Harlan, J. C. (1974). Monitoring the vernal advancement of retrogradation of natural vegetation. Greenbelt, MD, USA: NASA/GSFC, Type III Final Report, 1-371 p.

- Sahebjalal, E., & Dashtekian, K. (2013). Analysis of land use-land covers changes using normalized difference vegetation index (NDVI) differencing and classification methods. *African Journal of Agricultural Research*, 8(37), 4614-4622.
- Sanda V., Alexiu V., & Ștefănuț S. (2007). Instalarea și succesiunea vegetației naturale în tăieturile de pădure. *ECOS*, 19, 15-19.
- Sanda, V., Öllerer, K., & Burescu, P. (2008). Fitocenozele din România. *Sintaxonomie, structură, dinamică și evoluție*, Edit. Ars Docendi, Universitatea din București, ISBN: 9789735583415, 570 p.
- Schelhaas, M. J., Nabuurs, G.J., Jans, W.W.P., Moors, E.J., Sabaté, S. & Daamen, W.P (2002). Converging estimates of the forest carbon sink. *Alterra-rapport*, 631: 1-44.
- Schmidtlein, S., Tichý, L., Feilhauer, H., & Faude, U. (2010). A brute-force approach to vegetation classification. *Journal of Vegetation Science*, 21(6), 1162-1171.
- Schulze, E.-D., Beck, E., & Müller-Hohenstein, K. (2005). *Plant Ecology* : Spektrum Akademischer Verlag GmbH, Heidelberg, 702 p.
- Schutt, P., Schuck, H. J., Aas, G., & Lang, U. A. (1994). *Enzyklopedie der Holzgewächse. Handbuch und Atlas der Dendrologie*. Ecomed, Landsberg am Lech, Germany, ISBN 3-609-72030-1.
- Seidl, R., Fernandes, P. M., Fonseca, T. F., Gillet, F., Jönsson, A. M., Merganičová, K., . . . Bugmann, H. (2011). Modelling natural disturbances in forest ecosystems: a review. *Ecological Modelling*, 222(4), 903-924.
- Horodnic, S. (1999). Utilizarea metodei analizei de arbore pentru estimarea biomasei trunchiului. *Revista pădurilor*, 114(2), 32-38.
- Smith, R. L. et T. M. Smith. (2001). *Ecology and Field Biology* (6e éd.). Montréal: Benjamin Cummings, ISBN 10: [0321042905](#) ISBN 13: [9780321042903](#).
- Soare, D. (2017). Landsat - USGS download imagini satelitare. from <http://www.geotutorials.ro/usgs-landsat/>
- Soliveres, S., & Maestre, F. T. (2014). Plant–plant interactions, environmental gradients and plant diversity: a global synthesis of community-level studies. *Perspectives in plant ecology, evolution and systematics*, 16(4), 154-163.
- Spellerberg, I. F., & Fedor, P. J. (2003). A tribute to Claude Shannon (1916–2001) and a plea for more rigorous use of species richness, species diversity and the ‘Shannon–Wiener’ Index. *Global ecology and biogeography*, 12(3), 177-179.
- Ștefan, P. (1962). Aspecte de degradare și tendințe de succesiune în unele tipuri din pădurea Barboși-Gruianca. *Revista pădurilor*, 77(7): 396-399.
- Swanson, M. E., Franklin, J. F., Beschta, R. L., Crisafulli, C. M., DellaSala, D. A., Hutto, R. L., . . . Swanson, F. J. (2011). The forgotten stage of forest succession: early-successional ecosystems on forest sites. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9(2), 117-125.
- Teodosiu, M. (2012). *Structura și dinamica arboretelor de molid din ecosistemele rezervației Giumalău. Rezumatul tezei de doctorat*. Universitatea Transilvania, Brașov, 71 p.
- Tichý, L., & Bruelheide, H. (2002). JUICE, software for vegetation classification. *Journal of Vegetation Science*, 13(3), 451-453.
- Tichý, L., Holt, J., & Nejezchlebová, M. (2010). *Juice. Program for management, analysis and classification of ecological data. 2nd edition*. Brno: Masaryk university, 28 p.
- Tichý, L., & Jason, H. (2006). JUICE program for management, analysis and classification of ecological data, 98 p.
- Tilman, D. (1994). Community diversity and succession: the roles of competition, dispersal, and habitat modification *Biodiversity and ecosystem function* (pp. 327-344): Springer.
- Tinsley, H.E.A., Brown, S.D., 2000. Handbook of applied multivariate statistics and mathematical modeling. Academic Press, pp. 3-36.
- Tovar-Pescador, J., Pozo-Vázquez, D., Ruiz-Arias, J., Batlles, J., López, G., & Bosch, J. (2006). On the use of the digital elevation model to estimate the solar radiation in areas of complex topography. *Meteorological Applications*, 13(3), 279-287.

- Travis, J., Brooker, R., & Dytham, C. (2005). The interplay of positive and negative species interactions across an environmental gradient: insights from an individual-based simulation model. *Biology Letters*, 1(1), 5-8.
- U.S. Department of the Interior U.S. Geological Survey Retrieved 5.10.2016, 2016, from <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- Vadim, L., 1968. Procesele de succesiune antropogenă în șleaul de câmpie din Cîmpia Vlăsiei. *Revista pădurilor* 83(2): 59-61.
- Van der Maarel, E. (2005). *Vegetation ecology*. Blackwell Science Ltd, ISBN 0-632-05761-0, 395 p.
- Van Raamsdonk, L. (1988). Principal component analysis of ecological indicator values of Swiss alpine flora. *Botanica helvetica*, 98(2), 195-205.
- Verdu, M., Rey, P. J., Alcantara, J. M., Siles, G., & Valiente-Banuet, A. (2009). Phylogenetic signatures of facilitation and competition in successional communities. *Journal of Ecology*, 97(6), 1171-1180.
- Vicharnakorn, P., Shrestha, R. P., Nagai, M., Salam, A. P., & Kiratiprayoon, S. (2014). Carbon stock assessment using remote sensing and forest inventory data in Savannakhet, Lao PDR. *Remote Sensing*, 6(6), 5452-5479.
- Vittoz, P., & Engler, R. (2007). Seed dispersal distances: a typology based on dispersal modes and plant traits. *Botanica Helvetica*, 117(2), 109-124.
- Walker, L.R., Del Moral, R., 2003. Primary succession and ecosystem rehabilitation. Cambridge University Press, 442 p.
- Westhoff, V., & Van Der Maarel, E. (1978). The braun-blauquet approach *Classification of plant communities* (pp. 287-399): Springer.
- Wildi, O. (2016). Why mean indicator values are not biased. *Journal of Vegetation Science*, 27(1), 40-49.
- Winter, D. (2003). Using Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) as an Indicator of cheatgrass (Bromustectorum) Infestations in skull Valley. *Utah Applied Remote Sensing, FRWS*, 5750.
- Zeleny, D. (2017). MoPeT: Software for modified permutation test of significance of mean Ellenberg values. Retrieved 10.05.2017, 2017, from: <http://davidzeleny.net/wiki/doku.php/eiv:software>
- Zheng, D., Rademacher, J., Chen, J., Crow, T., Bresee, M., Le Moine, J., & Ryu, S.-R. (2004). Estimating aboveground biomass using Landsat 7 ETM+ data across a managed landscape in northern Wisconsin, USA. *Remote sensing of environment*, 93(3), 402-411.
- Zianis, D., & Mencuccini, M. (2004). On simplifying allometric analyses of forest biomass. *Forest Ecology and Management*, 187(2), 311-332.
- Zianis, D., Muukkonen, P., Mäkipää, R., & Mencuccini, M. (2005). Biomass and stem volume equations for tree species in Europe. *Silva Fennica Monographs*(4), 63 p.
- Zipperer, W. C. (2010). The process of natural succession in urban areas. *The Routledge Handbook of Urban Ecology*, 187-197.