
Universitatea de Științe Vieții „Regele Mihai I al României” din Timișoara



Facultatea de Agricultură

ROȘU I. SIMONA MIHAELA

TEZĂ DE DOCTORAT

**INDICI DE SOL ȘI DE VEGETAȚIE PENTRU
CARACTERIZAREA UNEI ARII PROTEJATE**

Conducător științific:

PROF. UNIV. DR. ING. SALA FLORIN

Timișoara

2024

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

Titlul tezei: INDICI DE SOL ȘI DE VEGETAȚIE PENTRU CARACTERIZAREA UNEI ARII PROTEJATE

Structura propriu-zisă a tezei:

Rezumatul (română și engleză)

Introducere : 3 pagini

Partea de stadiu actual al cunoașterii: 28 pagini

Partea de cercetări proprii: 114 pagini

Concluzii generale și recomandări: 6 pagini

Elemente de originalitate: 1 pagină

Părți adiționale:

Lista de abrevieri

Lista lucrărilor publicate ca rezultat al cercetărilor

Bibliografia

Elemente tabelare și grafice:

Tabele: 40

Figuri: 98

Surse bibliografice: 327

Introducere

Obiectiv principal: obținerea unei caracterizări cât mai detaliate a ariei naturale protejate Pădurea Cenad cu ajutorul indicilor de sol și de vegetație.

Obiective specifice:

Pentru studierea în detaliu a temei propuse s-au avut în vedere următoarele obiective:

- Caracterizarea solului – prin cunoșterea caracteristicilor solului se poate înțelege mai bine legătura dintre sol și vegetația din zonă.
- Caracterizarea morfologică a frunzelor – frunzele bine dezvoltate sunt un indicator a condițiilor de mediu favorabile.
- Elaborarea unor modele de analiza, evaluare a ariei protejate - obținerea valorilor medii lunare ale temperaturilor și a precipitațiilor din zona Cenad, care au o influență foarte mare asupra vegetației, îi pot oferi atât condiții prielnice de dezvoltare, dar pot determina uscarea acesteia, precum și evaluarea indicilor de vegetație determinați din imagini satelitare (NDVI, NDWI, NDMI, NBR) și a indicilor biologici de vegetație (indici foliari – suprafața foliară, descrierea morfo-anatomică, factori stresanți).
- Compoziția chimică a fructelor – compoziția nutrițională a ghindelor și accesibilitatea lor pentru oameni le-au făcut să fie, în trecut, un aliment consumat pe scară largă.

Alegerea temei tezei de doctorat este în concordanță cu activitățile profesionale din domeniul protecției ariilor naturale protejate. Printre activități se numără: monitorizarea stării de conservare a biodiversității în ariile naturale protejate (habitate/specii), actualizarea bazei de date privind rețeaua de arii naturale protejate și a bazei de date geospațiale, efectuarea unor controale în perimetrul și în vecinătatea ariilor naturale protejate, precum și analiza documentațiilor și emiterea avizelor/ punctelor de vedere/ condițiilor specifice în calitate de administrator al ariilor naturale protejate.

Prin această teză de doctorat îmi propun a-mi aduce mica contribuție pentru promovarea protecției ariilor naturale protejate și prin urmare protecția naturii.

Partea I – a stadiului actual al cunoașterii

Capitolul I reprezentând partea generală cu studiul bibliografic

Rețeaua globală a ariilor protejate acoperă un procent de 11.5% din suprafața terestră a planetei.

Ariile protejate constituie un refugiu pentru speciile exploatate excesiv sau cărora li se degradează habitatul. Schimbările climatice sunt o amenințare tot mai mare asupra biodiversității și chiar cu limitele permeabile ale ariilor protejate, schimbările climatice deja fac ca condițiile de trai să fie nepropice pentru multe specii (Monzón et al. 2011). Aceste schimbări afectează biodiversitatea atât în mod direct cât și indirect prin

temperaturi și cantități de precipitații modificate, nivelul mării mai ridicat (IPCC 2014), incendiile, furtunile, inundații și secetă (Foster 2001).

Pentru conservarea păsărilor sălbatice există Directiva 79/409/CEE care face referire la conservarea speciilor de păsări ce se află în stare sălbatică pe teritoriul statelor Uniunii Europene. Prin aceasta se reglementează protecția, gestionarea și deținerea controlului asupra speciilor de păsări sălbatice, precum și condițiile de punere în valoare a acestora.

Pentru conservarea habitatelor naturale și a speciilor de floră și faună sălbatică există Directiva 92/43/CEE. Această directivă impune statelor membre să mențină biodiversitatea prin protejarea habitatelor și a speciilor de floră și faună sălbatică. Prin această directivă s-a impus instituirea unei rețele ecologice europene coerentă, denumită Natura 2000, care reunește totalitatea ariilor naturale protejate. Acoperirea rețelei Europene Natura 2000 este impresionantă: 22.419 situri terestre de importanță comunitară (SCI) ce se întind pe 719.992 km² (13.6% din UE) și 5242 arii de protecție special avifaunistică (SPA) ce se întind pe 547.819 km² (11.1% din UE) (Anonymous, 2009). În total, această rețea oferă un status de protecție pentru 986 de vertebrate (64.8% din speciile din UE), 164 de nevertebrate (0.1% din speciile din UE) (Fontaine și col., 2007; Primackși col, 2008) și 1288 de plante (10.3% din speciile din UE) (Steck și Pautasso, 2008).

Categoriile de arii naturale protejate ale României sunt: arii naturale protejate de interes național, arii naturale protejate de interes internațional, arii naturale protejate de interes comunitar – situri “Natura 2000” și arii naturale protejate de interes județean sau local.

În România există, conform legislației, 13 Parcuri Naționale, 14 Parcuri Naturale și peste 900 de alte categorii de Arii Protejate, ceea ce reprezintă aproximativ 8% din suprafața țării noastre. Avem două cazuri în care sunt atât arii protejate de interes național cât și rezervații ale biosferei: Parcul Național Retezat și Parcul Național Munții Rodnei.

Rețeaua Natura 2000, această rețea cu zone protejate unde se găsesc o diversitate de specii și habitate de interes comunitar le asigură condiții favorabile de dezvoltare. Prin specii și habitate de interes comunitar se înțeleg cele rare sau periclitate. În țara noastră, unele dintre acestea sunt foarte bine reprezentate, în ceea ce privește speciile prin populații viabile și în cazul habitatelor prin ocuparea unor suprafețe mari.

Rețeaua de arii naturale protejate din România ocupă 19.29% din teritoriul național, o creștere semnificativă față de 4,1% cât ocupau înainte de 1989. Creșterea a avut loc în ultimii 20 de ani prin crearea a 27 de Parcuri Naționale și Naturale și 382 de arii protejate ca parte din rețeaua Natura 2000. Noile situri Natura 2000 se suprapun în proporție de 96,19% peste rețeaua de arii protejate existente, generând astfel și trei statusuri diferite de protecție pentru unele situri.

În România, conservarea pădurilor a reprezentat preocuparea permanentă încă de la apariția silviculturii. Conservarea pădurilor reprezintă o parte a ecologiei aplicate și are ca obiect folosirea rațională a resurselor forestiere, salvarea ecosistemelor forestiere, prevenirea și limitarea efectelor dăunătoare ale factorilor naturali asupra pădurii, păstrarea echilibrului natural și satisfacerea cerințelor societății pe o durată mai lungă de timp. Conservarea pădurii reprezintă o ecologie politică aplicată în domeniul gestionării pădurii.

Cu ajutorul indicilor de sol se poate face o caracterizare cât mai exactă a unei zone, precum și folosind informațiile provenite în urma analizării rezultatelor obținute din probele de sol.

Solul este inima ecosistemelor terestre și tratarea solului ca sistem duce cu succes la crearea unui mediu înconjurător prietenos (Brady și Well, 2008). El reprezintă atât o sursă permanentă de energie, materie organică, substanțe nutritive și apă absorbite de plante, cât și pentru atmosferă reprezintă tot o sursă de energie și oxigen care influențează direct fotosinteza, esențială pentru existența plantelor.

Solul este mediul principal de creștere și nutriție pentru plante. Solul are proprietăți importante pentru nutriția plantelor, exprimate prin diferiți indici, care pot varia în timp și spațiu. Indici de sol ar fi: fizici, chimici, biologici, densitatea și diversitatea microorganismelor.

Cu ajutorul indicilor de vegetație se poate avea o imagine generală a terenului acoperit de vegetație prin studierea caracteristicilor morfo-anatomice ale speciilor de arbori, precum și a factorilor stresanți pentru aceste specii.

În prezenta teză au fost analizați indicii fiziologici la nivel foliar - forme, dimensiuni frunze, proprietăți și însușiri. Suprafața foliară este un parametru esențial pentru studiile de fiziologie și ecologie a plantelor și este direct legată de procesele vitale ale plantelor, cum ar fi eficiența fotosintetică, echilibrul apei, respirația și interceptarea energiei luminoase.

Pigmenții fotosintetici fiind un alt parametru, se găsesc trei tipuri: clorofile (a, b, c, d și e), carotenoizi (aceștia sunt două grupe: carotenoide și xantofile) și ficobilinele.

Ultima parte a capitolului prezintă indicii bazați pe teledetecție și GIS în studiul solului și a vegetației. Termenul de teledetecție a fost folosit pentru prima dată în anul 1960 în Statele Unite ale Americii, în cadrul documentațiilor Administrației Americane a Oceanelor (în prezent NOAA sau Administrația Oceanelor și a Atmosferei) și cuprindea conceptele de fotogrametrie, fotointerpretare, foto-geologie, etc. Începând cu Landsat1 care a fost primul satelit de observare terestră lansat în anul 1972, teledetecția a început să fie folosită în mai multe domenii.

Prin intermediul teledetecției satelitare se monitorizează resursele naturale ale Terrei, se descoperă unele noi, monitorizarea mărilor și oceanelor, a fenomenelor terestre și atmosferice desfășurate local, la scară continentală sau planetară cu ajutorul radiațiilor electromagnetice emise, reflectate sau absorbite de acestea.

Au loc două procese de bază: achiziția datelor și analiza cu interpretarea acestora.

Radiația electromagnetică este utilizată ca purtător de informație de la detaliul/fenomenul îndepărtat până la senzor. Aceasta este compusă din două câmpuri de forță: electric și magnetic. Radiațiile electromagnetice se propagă prin unde. Caracteristicile principale ale acestora sunt: viteza de propagare, lungimea de undă, frecvența și amplitudinea. Exprimarea radiațiilor electromagnetice se face fie în funcție de frecvență sau preferabil în funcție de lungimea de undă.

Corpurile din natură absorb și reflectă unde electromagnetice în funcție de natura și temperatura lor, conform proprietăților fizice. Fiecare are o emisivitate specifică, diferențiindu-se de alte detalii de pe Pământ. Așadar pe acest lucru se bazează și teledetecția satelitară.

Partea a II a cu cercetări proprii

Capitolul II Metodologia de cercetare

Prin **metodologia de determinare a indicilor de sol** s-a considerat oportună caracterizarea terenului din cadrul ariei protejate pe baza unor indici agrochimici de calitate a solului. A fost făcută analiza comparativă a terenului din cadrul Pădurii Cenad cu un teren agricol limitrof, pe baza aceluiași indici agrochimici. Probele de sol au fost prelevate din 4 locații reprezentative, două locații din zona de areal forestier și două locații în arealul agricol din zona limitrofă.

Ca indici agrochimici de bază în evaluarea solului, au fost considerați: reacția solului (pH-ul), conținutul de macroelemente principale (azot total – Nt, fosfor – P, potasiu – K), conținutul de macroelemente de ordin secundar (calciu - Ca, magneziu - Mg), conținutul de microelemente (fier – Fe, Mangan – Mn, cupru – Cu, zinc – Zn) și conținutul de metale grele (crom – Cr, nichel – Ni, plumb - Pb).

Reacția solului (pH-ul) a fost determinată în suspensii apoase și saline (masă/volum) și azotul total a fost determinat prin metoda Kjeldahl. Determinarea fosforului s-a realizat prin extracție după metoda Egner-Riehm-Domingo și dozare prin spectrofotometrie (UV-VIS). Determinarea conținutului de potasiu accesibil și potențial accesibil pentru plante s-a realizat prin extracție după metoda Egner-Riehm-Domingo și dozare prin spectrometrie de emisie atomică în flacără. Determinarea cuprului, manganului, zincului, calciului, magneziului, fierului, plumbului, cadmiului, nichelului și cromului din extracte de sol în apă regală, metodă prin spectrometrie de absorbție atomică în flacără.

Metodologia de determinare a indicilor de vegetație

S-a analizat geometria ritidomului la două specii dominante prezente în Aria Protejată Pădurea Cenad și anume la plop și stejar. Au fost preluate și analizate serii de imagini (50 de probe pentru fiecare specie) ale tulpinii celor două specii.

Am realizat și caracterizarea morfologică a frunzelor în urma prelevării aleatorii a unor probe de frunze din arborii din aceeași zonă. Probele se măsoară individual, pe lungime și lățime, apoi se scanează. Scopul este găsirea valorii factorului de corecție (CF) necesar pentru determinarea suprafeței foliare la *Populus alba* L. prin metodă nedistructivă, pe baza parametrilor foliari.

Am făcut măsurători ale parametrilor dimensionali ai frunzelor, lungime (L) și lățime (w). Măsurarea s-a făcut cu rigla, cu o precizie de ± 0.5 mm. Apoi, frunzele au fost scanate în raport 1:1. Imaginile au fost analizate și au fost obținute valorile suprafeței foliare scanate (SLA) și ale perimetrului (Per).

Aceleași măsurători au fost făcute la frunzele de stejar, *Quercus robur* L., precum și la probele de frunze de iederă (*Hedera helix* L.).

A urmat studiul unor indici fiziologici de creștere vegetativă, materialul biologic reprezentat de specia

Tilia cordata L. și de lăstari anuali de tei, *Tilia tomentosa* Moench prelevați în luna iulie 2021 în patru repetiții, din arealul Ariei Protejate Pădurea Cenad.

Am evaluat creșterea lăstarilor pe baza unor parametri biometrici, cu referire la lungimea și diametrul internodurilor în raport cu poziția lor pe lăstar la *Tilia cordata* L.

În prezenta teză am analizat conținutul de pigmenți fotosintetici în frunzele de tei, *Tilia tomentosa* Moench., în raport cu dispunerea frunzelor pe lăstarul anual de creștere. Au fost luate în considerare 15 frunze, cu poziție consecutivă pe lăstarii anuali de creștere la tei (Lps1 până la Lps15). Pigmenții fotosintetici au fost determinați prin metode nedistructive. Clorofila a fost determinată cu aparatul SPAD-502Plus (KONICA MINOLTA), iar carotenoizii cu aparatul ACM-200 Plus (OPTI-SCIENCES).

Analiza ariei de studiu pe baza indicilor asociați imaginilor satelitare descărcate pentru anii 2019 – 2022 se realizează prin interpretarea și extragerea de informații din imaginile obținute de sateliți care orbitează în jurul Pământului. Sistemul satelitar utilizat este Sentinel – 2. Prelucrarea imaginilor necesită o stație digitală cu un hardware și software specializat care prelucrează în prealabil imaginea, întărește imaginea, transformă imaginea, clasifică și analizează imaginea.

Cuantificarea potențialului unor resurse vegetale

Am recoltat probe de fructe căzute din stejarul de lunca (*Quercus robur*) la momentul de maturitate fiziologică. Probele au fost măcinate și folosite împreună cu făina de grâu. Făina de ghindă și făina de grâu au fost folosite ca atare și în diferite proporții pentru alimente funcționale.

Pentru caracterizarea calității fructelor de stejar (ghindelor), au fost considerați următorii indici: cantitatea de grăsime, umiditatea, cantitatea de cenușă și cantitatea de macro și microelemente.

Cantitatea de grăsime s-a determinat cu aparatul Soxhlet. Pentru determinarea umidității se folosește etuva Nitech. Pentru determinarea cantității de cenușă se folosește cuptorul de calcinare Nabertherm.

Pentru determinarea azotului s-a folosit următoarea formulă: Proteina = $N \times 6.25$

Pentru determinarea microelementelor s-a folosit cenușa obținută de la biscuiți care este dizolvată în HCl 20%. Aceasta se realizează prin extracție cu acid. Urmează analiza prin spectrometrie: acidul dizolvă componentele solubile din cenușă, iar soluția rezultată este analizată prin spectrometrie pentru a determina concentrația microelementelor. Spectrometria de absorbție atomică este metoda utilizată pentru această analiză folosind echipamentul Varian 220 FAA.

În ultimul subcapitol a fost prezentat cadrul natural și datele climatice.

Capitolul III Indici de sol pentru caracterizarea ariei protejate Pădurea Cenad

În cazul reacției solului, s-au constatat valori mai mari în cazul solului arabil și valori mai scăzute la solul de pădure. În cazul conținutului de azot total, s-au înregistrat valori mai scăzute în cazul terenului arabil, iar mai mari la solul de pădure. În cazul conținutului de fosfor s-au înregistrat valori aproximativ la fel la ambele tipuri de sol. În cazul potasiului valorile înregistrate au fost mai mici la solul arabil, respectiv mai mari la solul de pădure. În cazul calciului s-au înregistrat valori mult mai mari la solul arabil, respectiv valori mai scăzute la solul de pădure. În cazul magneziului, valorile au fost mai apropiate.

Fosforul este un element a cărui regim în sol și disponibilitate pentru nutriția plantelor variază strâns cu reacția solului. Astfel, a fost analizată variația P în raport cu pH-ul solului și conținutul de Ca, respectiv în raport cu pH-ul solului și conținutul de Mg din sol.

Din analiza modelelor 3D de variație a P în raport cu pH-ul solului și Ca, respectiv cu magneziul, s-a constatat influența diferențiată a celor două elemente (Ca, respectiv Mg) asupra mobilității fosforului. Mobilitatea fosforului (P, ppm) în sol a fost influențată de scăderea concentrației de Ca, în timp ce s-a constatat relația inversă a P în raport cu Mg.

Rezultatele prezentei teze au evidențiat diferențele dintre indicii agrochimici ai solului în condițiile unui ecosistem agricol și a unui ecosistem de pădure, și a descris variația interdependenței dintre indicii de calitate a solului luați în considerare. Nivele diferite de corelație cu fost evidențiate și a fost descrisă variația diferențiată a P în relație cu Ca și Mg din sol, relația antagonică cu Ca și relația de proporționalitate / pozitivă cu Mg.

În continuare au fost prezentate rezultatele privind valorile conținutului de microelemente și metale grele din cele două tipuri de sol. Corelații foarte puternice au fost găsite între Fe și Cu, între Fe și Ni, între Mn și Zn, între Mn și Cr, între Zn și Cr și între Ni și Pb. Corelație puternică a fost găsită între Fe și Pb, iar corelații moderate au fost găsite între Mn și Ni și între Mn și Pb. Au fost găsite și corelații de intensitate mai scăzută în cazul altor elemente studiate.

Pe baza valorilor coeficientului de variație calculate, s-a constatat variabilitatea cea mai ridicată în cazul conținutului de Pb, iar variabilitatea cea mai scăzută în cazul conținutului de Mn. În cazul celorlalte elemente studiate, au fost înregistrate valori intermediare, mai ridicate în cazul conținutului de Zn, și relativ apropiate în cazul celorlalte elemente, în ordine descrescătoare: CV_{Ni} , CV_{Cu} și CV_{Fe} .

Din analiza distribuției conținutului de microelemente (Fe, Mn, Cu, Zn) și metale grele (Cr, Ni, Pb) în raport cu reacția solului și conținutul de macroelemente au fost înregistrate anumite corelații, dintre care unele în condiții de siguranță statistică. Astfel, au fost înregistrate corelații foarte puternice între Cu și Mg, Fe și Mg, Ni și K, Pb și pH, Pb și Nt, Pb și K. De asemenea au fost înregistrate și alte corelații, dar de intensitate mai scăzută și condiții reduse de siguranță statistică. Astfel, au fost înregistrate corelații foarte puternice între Ni și pH, corelații moderate între Fe și pH, între Mn și pH și corelații slabe între Zn și pH și între Cu și pH.

Rezultatele obținute au facilitat evidențierea diferențelor privind conținutul de microelemente și metale grele, și aprecierea nivelelor de variabilitate spațială în cele două categorii de terenuri considerate. Datele înregistrate și semnificația lor, contribuie la completarea informațiilor și a datelor existente în literatura de specialitate, pentru descrierea și caracterizarea categoriilor de teren considerate.

Capitolul IV Indici de vegetație pentru caracterizarea ariei protejate Pădurea Cenad

În acest capitol am analizat **indicii de analiză și caracterizare morfologică** prin analiza geometriei ritidomului la plop și stejar. Am preluat serii de imagini ale tulpinii arborilor celor două specii. Imaginile au fost analizate pentru a se obține informații numerice privind geometria ritidomului. Au fost utilizate serii de câte 50 de probe sub formă de imagini pentru fiecare specie considerată în studiu. Datele numerice au fost analizate adecvat, pentru a se evidenția siguranța statistică a datelor, prezența varianței în setul de date, cât și alte aspecte statistice de asemănare și diferențiere a geometriei celor două specii studiate.

Din analiza datelor obținute, s-a constatat variația dimensiunii fractale în cazul geometriei ritidomului la plop între 1,766 și 1,820, cu o valoare medie $D=1.781$. În cazul geometriei ritidomului la stejar, valorile obținute au variat între 1,820 și 1,900, cu o valoare medie $D=1,855$. Coeficientul de variație (CV) a evidențiat o variabilitate mai ridicată în cazul geometriei tulpinii la stejar, față de geometria tulpinii la plop. Și nivelul varianței a fost mai ridicat în cazul tulpinii la stejar comparativ cu datele înregistrate la plop.

Urmează caracterizarea limbului foliar pe baza analizei fractale. În domeniul vegetal, al plantelor, analiza fractală a găsit aplicabilitate în studiul, caracterizarea și identificarea a diferite specii de plante pe baza geometriei frunzelor, secțiuni transversale ale nervurilor medii ale frunzei și în studii de taxonomia plantelor. În prezenta teză s-a utilizat analiza fractală pentru a caracteriza geometria frunzelor la plop și stejar. Frunzele au fost scanate în raport de mărime 1:1. Imaginile au fost analizate pentru a evalua geometria fractală a frunzelor. Au fost utilizate imagini binarizate.

Prin analiza fractală au fost înregistrate valorile foreground pixels (FP), dimensiunea fractală (D), coeficientul de corelație pt D (R^2) și eroarea standard (SE). Foreground pixels (FP) au variat în raport cu mărimea frunzelor, în intervalul $FP=71118-235876\pm 9606,317$. Dimensiunile fractale, obținute prin metoda box-counting, au avut valori în intervalul $D=1,588-1,771\pm 0,009$, în condiții de siguranță statistică a analizei fractale, conform R^2 for D și standard error (SE) $R^2=0,096$, $SE=0,080$.

Din analiza valorilor coeficientului de variație (CV), s-a constatat că cea mai mică variație a fost înregistrată în cazul dimensiunii fractale (D), iar cea mai mare în cazul SLA. Aceasta sugerează că dimensiunea fractală (D) este parametrul cel mai stabil în caracterizarea geometriei frunzelor la specia *Populus alba* L.

Din analiza coeficienților de regresie R^2 s-a constatat că valorile dimensiunilor fractale D au avut o corelație mai stransă cu perimetrul frunzelor (Per), urmată de SLA și FP. Aceasta arată că perimetrul (Per), ca element al geometriei frunzelor a avut o importanță mult mai ridicată în definirea valorilor dimensiunilor fractale (D) comparativ cu ceilalți parametri studiați (FP și SLA). Parametrul L (lungime frunză) și parametrul w (lățime frunză) au avut o importanță considerabil mai redusă în definirea dimensiunii fractale (D). Ponderea celor trei parametri luați în studiu, ca elemente ale geometriei frunzelor de *Populus alba* L. la definirea dimensiunii fractale (D), în ordine descrescătoare fiind $Per > SLA > FP$.

În următorul subcapitol am determinat suprafața foliară la *Populus alba* L. prin metodă nedistructivă pe baza parametrilor foliari. Au fost făcute măsurători ale parametrilor dimensionali ai frunzelor, lungime (L) și lățime (w). Măsurarea s-a făcut cu rigla, cu o precizie de $\pm 0,5$ mm. Frunzele au fost scanate în raport 1:1. Imaginile au fost analizate și au fost obținute valorile suprafeței foliare scanate (SLA) și ale perimetrului (Per), (Rasband, 1997). Suprafața foliară măsurată (MLA) s-a obținut prin calcul, pe baza parametrilor L, w și a

factorului de corecție (CF). Este foarte importantă determinarea corectă a factorului de corecție, întrucât influențează precizia de determinare a suprafeței foliare. Pentru aflarea factorului de corecție a fost utilizat modelul propus de Sala et al. (2015). Analiza de corelație a evidențiat existența unor corelații foarte puternice între MLA și SLA, între MLA și parametri foliari L, w, Per, între SLA și Per, între SLA și w, precum și între Per și w. Corelații puternice au fost înregistrate între SLA și L și între Per și L, iar corelație moderată a fost înregistrată între L și w.

Analiza de regresie a facilitat evaluarea variației dintre SLA și parametri foliari studiați, L, w și Per. S-a constatat o contribuție diferențiată a parametrilor foliari la definirea valorilor SLA. Contribuția cea mai ridicată a avut-o lățimea frunzelor (w), urmată de lungime (L) și perimetru (Per).

Analiza de regresie privind relația dintre MLA și parametri foliari studiați, L, w și Per, a condus la constatarea contribuției diferențiată a parametrilor foliari la definirea valorilor MLA. Contribuția cea mai ridicată a avut-o lățimea frunzelor (w), urmată de lungime (L) și perimetru (Per), similar ca și în cazul SLA.

Caracterizarea geometriei frunzelor la *Hedera helix* L. pe baza unor parametri dimensionali și rapoarte calculate reprezintă următorul subcapitol. Au fost prelevate aleator circa 100 frunze (frunze pe tulpini târâtoare și cățăărătoare) de iederă (*Hedera helix* L.), din arealul Ariei Protejate "Pădurea Cenad". Din setul de probe de frunze, au fost analizate 50 de frunze, aleator, reprezentativ pe grupe de mărimi, pentru care au fost măsurate dimensiunile, lungime (L) și lățime (w). Măsurătorile au fost făcute cu rigla, cu o precizie de circa 0,5 mm. Frunzele au fost scanate individual, la scara 1:1.

Pentru certificarea valorii optime a factorului de corecție, au fost calculate eroarea minimă (ME) ca diferență dintre MLA și SLA (considerată ca referință). De asemenea a fost calculat parametrul de siguranță statistică RMSEP, în scopul de a verifica și certifica valoarea optimă pentru CF determinat.

Pe baza modelului propus de Sala et al. (2015) a fost aflată valoarea factorului de corecție (CF) specific pentru frunzele de iederă. Eroarea medie (ME) a fost calculată ca diferența dintre MLA și SLA la o serie de 11 valori consecutive ale factorului de corecție (CF), incluzând valoarea optimă. Nivelul de variabilitate în setul de date, pentru fiecare parametru, indice sau raport calculat, a fost evaluat pe baza de calcul (coeficientul de variație, CV) și pe bază grafică (Diversity profiles). Din analiza valorilor obținute pentru coeficientul de variație, s-a constatat variabilitatea cea mai ridicată în cazul SLA, urmată de MLA, iar variabilitatea cea mai scăzută în cazul raportului Per/w. Valori intermediare ale coeficientului de variație au fost înregistrate în cazul L, w și Per în cadrul parametrilor foliari. În cadrul rapoartelor calculate, valoare ridicată s-a înregistrat în cazul SLA/L, iar valori mai reduse au fost înregistrate în cazul SLA/Per, MLA/L, SLA/w, MLA/w, L/w și respectiv Per/L. Analiza grafică, de tipul diversity profile confirmă variabilitatea ridicată în cazul SLA și MLA și o variabilitate redusă în cazul raportului Per/w, respectiv Per/L.

Analiza de corelație a evidențiat relații de interdependență de diferite nivele de intensitate și condiții de siguranță statistică între elementele foliare considerate. SLA a fost determinată prin analiza imaginilor scanate, iar între SLA și parametri dimensionali ai frunzelor au fost înregistrate corelații moderate cu L și puternice cu w.

MLA a fost calculată pe baza parametrilor dimensionali ai frunzelor (L, w) și a factorului de corecție. Ca urmare, între MLA și parametri dimensionali au fost găsite nivele de corelație mai ridicate, respectiv corelație puternică cu L și corelație foarte puternică cu w.

Cu perimetrul frunzelor (Per), SLA și MLA au prezentat corelații foarte puternice. Valorile coeficientului de corelație și ale parametrului de siguranță statistică (p) calculate pentru elementele considerate în descrierea geometriei frunzelor de iederă (parametri dimensionali, suprafața foliară, diferite rapoarte calculate).

Atât din analiza de corelație, cât și din analiza de regresie, s-a constatat o relație mai strânsă a MLA cu parametri foliar (L, w) decât în cazul SLA (valori r, R², F test). Aceasta ca urmare a faptului că determinarea SLA a fost făcută prin analiza imagistică, care s-a bazat pe pixelii ocupați de suprafața foliară a fiecărei frunze, în timp ce MLA a fost determinată pe baza parametrilor L și w, ca relație directă, corectată de factorul de corecție (CF). Acest lucru a fost confirmat și de parametrul RMSEP, cu valorile RMSEP=13,9767 în cazul SLA, respectiv RMSEP=12,1734 în cazul MLA. Variația MLA a fost analizată în raport cu L și Per, respectiv între w și Per, ca relație directă și de interacțiune dintre elementele considerate. Distribuția grafică a MLA în raport cu L (x-axis) și Per (y-axis) este redată sub formă de model 3D și sub formă de isoquante. Distribuția grafică a MLA în raport cu w (x-axis) și Per (y-axis) este redată de asemenea sub formă de model 3D și sub formă de isoquante. Din analiza distribuțiilor grafice, s-a constatat că în variația MLA în raport cu L și Per, o contribuție predominantă a avut Per, și o contribuție mai echilibrată a fost în cazul parametrilor w și Per.

Urmează studierea **indiciilor de analiză și caracterizare fiziologică** privind particularitățile suprafeței foliare la frunza de tei în raport cu poziția frunzei pe lăstar. Prezenta teză a analizat elemente și parametri biometrici, precum și indici fiziologici ai lăstarilor la tei, *Tilia tomentosa* Moench., în scopul de a evalua variația suprafeței foliare în relație cu poziția frunzelor pe lăstar.

Analiza dimensiunilor de lungime a fiecărui internod s-a realizat prin calcularea valorilor cumulative (CSL) pe lungimea totală a lăstarilor de tei. Valorile determinate au fost cuprinse între 6,3 cm specific pentru L1, și 129,5 cm, ca sumă a valorilor individuale, L1 până la L15. Valorile pentru scanned leaf area (SLA) au fost cuprinse între 42,449 cm² în cazul frunzei L1 și 5,053 cm² în cazul frunzei L15, cu valoarea maximă înregistrată la frunza L5. Suprafața foliară cumulativă, pornind de la frunza L1 până la L15, a înregistrat valori crescătoare, cu un ritm variabil de creștere, în raport cu contribuția fiecărei frunze, în ordinea acestora pe lăstar (L1 până la L15). Suprafața foliară obținută pe baza parametrilor dimensionali ai frunzelor (L și w) a fost calculată utilizând un factor de corecție (CF), pe baza unei relații de tipul ecuației $MLA = L \times w \times Cf$. Pentru calcularea suprafeței foliare măsurate (MLA) pe baza parametrilor dimensionali ai frunzelor a fost determinată inițial valoarea optimă pentru factorul de corecție (CF). Analiza PCA a condus la o diagramă în care s-a obținut distribuția probelor de frunze, L1 până la L15, în funcție de asocierea cu parametri luați în considerare (CSL, CSLA, SLA, MLA), as biplot. S-a constatat poziționarea independentă a unor frunze (pozițiile L1 până la L4 și L13 până la L15) față de parametri luați în considerare. Frunzele din pozițiile L12 și L13 s-au asociat cu parametri cumulativi ai lungimii internodurilor (CSL) și cumulativi ai suprafeței foliare (CSLA). Frunzele de pe pozițiile L5 până la L10 s-au asociat cu parametri individuali ai suprafeței foliare (SLA, MLA). Factorul de corecție determinat (CF=0,31) a facilitat obținerea cu precizie ridicată a suprafeței foliare măsurate (MLA), în raport cu SLA. În cadrul prezentului studiu, din analiza în detaliu a distribuției grafice, cât și din ecuațiile aflate s-a constatat abaterea valorilor frunzelor L7 și L8 în raport cu expresia grafică a funcției, fapt ce poate fi asociat cu condiții de vegetație în perioada asociată formării și creșterii frunzelor respective. Astfel de elemente morfologice pot fi considerate ca indicatori pentru exprimarea unor condiții de stres în perioada de vegetație a plantelor.

Au fost făcute de asemenea determinări la frunze privind lungimea pețiolului (Pl), diametrul pețiolului (Pd), lungimea frunzei (Ll), lățimea frunzei (Lw) și perimetrul frunzelor (Per). Valorile parametrilor Pl, Ll și Lw au fost obținute prin măsurare cu rigla, cu o precizie de ±0,5mm. Valorile parametrului Pd au fost obținute prin măsurare cu etrier electronic, cu precizie de ±0,001mm. Valorile parametrului Per au fost obținute prin analiza imaginilor scanate (raport 1:1) a frunzelor. Analiza statistică descriptivă a fost făcută pentru a evalua variabilitatea parametrilor foliari studiați, pe baza coeficientului de variație (CV). În acest scop a fost utilizată și analiza grafică de tipul Diversity profiles. Pentru a evalua interdependența dintre parametri studiați a fost făcută analiza de corelație. Analiza PCA și Analiza Clusterială au fost utilizate pentru a surprinde poziționarea și gruparea cazurilor studiate (leaf sample) în relație cu parametri evaluați și gradul de similaritate. Analiza de regresie a fost utilizată pentru a obține un model de descriere a variației perimetrului frunzelor în relație cu elementele lungime și lățime frunză (Ll, Lw). Din analiza parametrilor foliari la probele de frunze (*Tilia cordata* L.) s-au înregistrat valori pentru lungimea pețiolului (Pl) între 1,40 – 7,90 ±0,48 cm, diametru pețiolului (Pd) între 1,6 – 4,57 ±0,24 mm, lungimea frunzei (Ll) între 3,90 – 20,90 ±1,36 cm, lățimea frunzei (Lw) între 4,10 – 20,40 ±1,26 cm, respectiv pentru perimetru (Per) valori între 12,58 – 67,54 ±4,46 unități.

Analiza de corelație a evidențiat corelații foarte puternice între lungimea și lățimea frunzei, Ll și Lw. De asemenea, corelații foarte puternice au fost înregistrate între Ll și Per și între Lw și Per. Corelații puternice au fost înregistrate între Pd și Per, între Pd și Lw și între Pd și Ll. Corelații slabe au fost înregistrate între Pl și Ll, între Pl și Lw și între Pl și Per.

Gradul de heterogenitate a parametrilor foliari studiați a fost analizat prin prisma coeficientului de variație (CV). Valori ridicate ale coeficientului de variație au fost înregistrate în cazul parametrului Pl, iar valori reduse au fost înregistrate în cazul diametrului pețiolului Pd. În cazul lungimii frunzelor (Ll), lățimii frunzelor (Lw) și a perimetrului frunzelor (Per) au fost înregistrate valori intermediare. Au fost calculate diferite rapoarte între parametri foliari studiați. În cazul raportului Pl/Pd s-au înregistrat valori supraunitare la frunzele bazale și valori subunitare la frunzele de la vârful lăstarului. În cazul Ll/Lw s-au înregistrat valori subunitare în cazul frunzelor bazale și de la vârful lăstarului. În cazul raportului Per/Ll s-au înregistrat valori supraunitare la toate frunzele. În cazul raportului Per/Lw s-au înregistrat de asemenea valori supraunitare pe întreaga lungime a lăstarului.

Analizând gradul de heterogenitate a raportului între parametri foliari studiați, s-a constatat o valoare

ridicată a coeficientului de variație în cazul raportului Pl/Pd. În cazul celorlalte rapoarte studiate, s-au constatat valori apropiate ale coeficientului de variație. Analiza PCA, în raport cu parametri foliari studiați, a condus la o diagramă de unde s-a constatat poziționarea independentă a probelor L1, L13, L14 și L15, ca frunze inițiale și finale pe lungimea lăstarului (până la momentul de studiu). S-au asociat la parametrul Pl (as biplot) probele L2 și L3, și parțial L4 și L5. Celelalte probe de frunze au avut orientare spre parametri Ll, Lw, Pd și Per (as biplot). În prezenta teză, rapoartele calculate pe baza parametrilor foliari analizați au prezentat variabilitate ridicată în cazul Pl/Pd și Ll/Lw în raport cu poziția frunzelor pe lăstar, respectiv variabilitate redusă în cazul Per/Ll și Per/Lw.

Un alt subcapitol îl reprezintă modelul de estimare a unor parametri biometrici la lăstari în cazul unor specii arboricole, fiind evaluată creșterea lăstarilor pe baza unor parametri biometrici, cu referire la lungimea și diametrul internodurilor în raport cu poziția lor pe lăstar la *Tilia cordata* L. Conform PCA, a fost obținută diagrama de distribuție a internodurilor în relație cu parametri IL și ID, as biplot. S-a constatat asocierea internodurilor cu pozițiile I3, I4, I5, I6, I7, I8 și I9 cu cei doi parametri, IL și ID. Din analiza distribuției grafice s-a constatat o abatere de la expresia grafică a ecuației internodurilor I6, I7, I8 și I9. Este posibil ca aceste internoduri să se fi format în perioada în care factorii de mediu au avut valori restrictive, în raport cu cerințele de vegetație normale. Analiza de regresie a evaluat relația de variație a unui parametru al internodurilor și anume diametrul (ID), în raport cu poziția internodurilor pe lăstar (IP) și lungimea internodurilor (IL), în cazul lăstarilor de *Tilia cordata* L. S-a constatat că poziția internodurilor (IP) a avut o influență minimală asupra diametrului internodurilor (ID), iar variația amplă a acestui parametru s-a datorat în principal lungimii internodului (IL).

Variația pigmentilor fotosintetici la frunzele de tei în raport cu poziția frunzei pe lăstar este un alt subcapitol în care este evaluat conținutul de pigmenți fotosintetici în frunze la tei, *Tilia tomentosa* Moench., și de a descrie relațiile de interdependență dintre clorofilă (Chl), carotenoizi (Car) și poziția frunzelor pe lăstar, precum și cu alți parametri. Pigmenții fotosintetici au fost determinați prin metode nedistructive. Clorofila a fost determinată cu aparatul SPAD-502Plus (KONICA MINOLTA), iar carotenoizii cu aparatul ACM-200 Plus (OPTI-SCIENCES). Conținutul de clorofilă (Chl) a prezentat corelații foarte puternice, pozitive, cu conținutul de carotenoizi (Car), și corelații puternice, negative, cu poziția frunzelor pe lăstar (Lps). Conținutul de carotenoizii (Car) a prezentat corelații foarte puternice cu clorofila (Chl) și corelații moderate, negative cu poziția frunzelor pe lăstar (Lps). Între conținutul de pigmenți fotosintetici (Chl, Car) și alți parametri și indici determinați la frunzele și lăstarii de tei, comunicați în articole anterioare (Roșu et al., 2022a,b), au fost înregistrate diferite corelații, pozitive sau negative, de nivele variate de intensitate.

O importantă parte a tezei o reprezintă **indicii de analiză și caracterizare bazați pe remote sensing**. Au fost preluate imaginile din zona Ariei Protejate Pădurea Cenad, în mai multe serii de imagini, în funcție de disponibilitatea imaginilor, pe fiecare anotimp, pe parcursul anilor 2020 – 2022. Imaginile au fost analizate, au rezultat informațiile spectrale, și au fost calculați indicii NDMI, NDVI și NBR :

$$\text{NDMI} = (\text{NIR} - \text{SWIR}) / (\text{NIR} + \text{SWIR}) \quad \text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED})$$

$$\text{NBR} = (\text{NIR} - \text{SWIR } 2) / (\text{NIR} + \text{SWIR } 2)$$

Din analiza comparativă a valorilor medii, s-au constatat nivele apropiate pentru anii 2020 - 2021, și valori mai reduse pentru anul 2022, în special pentru anotimpurile primăvară, vară și toamnă, Aceasta este asociată cu specificul climatic al anului 2022, an deosebit de secetos.

Analiza de corelație a condus la constatarea variației nivelului de corelație între indici pe perioada de studiu. În anul 2020 și în anul 2021, s-au înregistrat corelații foarte puternice între toți indicii. Valori mai ridicate ale nivelului de corelație pentru indicele NDMI au fost înregistrate cu ceilalți doi indici în cazul anului 2021. În cazul anului 2022, indicele NDMI a avut corelație foarte puternică cu indicele NBR, iar în celelalte cazuri au fost înregistrate corelații moderate. Pe baza informațiilor spectrale au fost calculați indicii NDMI, NDVI și NBR. Pentru caracterizarea seriilor de date (de câte 908 valori pentru fiecare indice) a fost făcută analiza de Statistică descriptivă, iar rezultatele sunt prezentate în teză în tabele pe fiecare an. A rezultat că în cazul anului 2022 valorile medii ale indicilor au prezentat nivele mai mici față de valorile medii înregistrate în anii 2020 și 2021. Au fost făcute analize pentru a compara media seriilor de date ale indicilor din anii 2020 și 2021, față de media seriilor de date din anul 2022.

Pentru analiza comparativă a datelor (fiecare serie de date din anii 2020 și 2021 în raport cu media pentru fiecare indice a anului 2022), a fost aplicat One sample t test, și Wilcoxon test. Din analiza mediei seriilor de date ale indicilor NDMI, NDVI și NBR din anul 2020, în raport cu valoarea medie aferentă anului 2022, au

rezultat diferențe semnificative pentru NDMI-t1, pentru NDVI-t1, pentru NBR-t1, pentru NDMI-t2, pentru NDVI-t2, pentru NBR-t2, pentru NDMI-t3, pentru NDVI-t3, pentru NBR-t3, pentru NDVI-t4, și respectiv pentru NBR-t4. În cazul indicelui NDMI-t4 diferențele nu au prezentat siguranță statistică. În cazul valorilor indicilor din anul 2021, din analiza mediei seriilor de date în raport cu valoarea medie aferentă anului 2022, au rezultat diferențe semnificative pentru NDMI-t1, pentru NBR-t1, pentru NDMI-t2, pentru NDVI-t2, pentru NBR-t2, NDMI-t3, pentru NDVI-t3, pentru NBR-t3, pentru NDMI-t4, pentru NDVI-t4 și pentru NBR-t4. În cazul indicelui NDVI-t1, diferențele nu au prezentat siguranța statistică.

Variația indicelui NDVI a fost analizată în relație cu NDMI, iar variația indicelui NBR a fost analizată în relație cu NDMI și NDVI, pe fiecare an studiat și anotimp, respectiv momente de preluare a imaginilor (t1- t4).

Capitolul V Valorificarea potențială a resurselor vegetale

În acest capitol s-a prezentat posibilitatea introducerii de ghindă în alimentația oamenilor. Resursele vegetale au fost culese în scopul valorificării acestora. Analizele au fost realizate pentru a determina umiditatea, conținutul de cenușă, grăsimi, proteine, carbohidrați, precum și conținutul de macro și microelemente.

Pentru determinarea grăsimii a fost utilizat aparatul *Soxtest Trade Raypa*, pentru determinarea umidității a fost folosită *Etuva Nitech* și pentru obținerea cenușii au fost introduse probele în *cuptorul de calcinare – Nabertherm*, cenușă care mai apoi a fost folosită la determinarea macro și microelementelor. Cenușa obținută este dizolvată în HCl 20%, aceasta se realizează prin extracție cu acid. Apoi urmează analiza prin spectrometrie: Acidul dizolvă componentele solubile din cenușă, iar soluția rezultată este analizată prin spectrometrie pentru a determina concentrația microelementelor. Spectrometria de absorbție atomică este metoda utilizată pentru această analiză folosind echipamentul Varian 220 FAA.

Cantitatea de ghinde întregi a fost de 845 grame, din care miez 514 grame. Miezul a fost măcinat și folosit la realizarea biscuiților. Probele de biscuiți au fost alcătuite din două probe martor, una 100% făină ghindă și una 100% făină grâu, celelalte având un procent de 10%, 20%, 30%, 50%, 70%, 80% și 90% făină de ghindă. În literatura de specialitate este sugerat că făina de ghindă are cel mai mare conținut de grăsimi (11,39%) în comparație cu celelalte tipuri de făini realizate din orez, porumb, sorg și hrișcă. Ghinda și uleiul de ghindă pot fi comparate cantitativ cu sursele fenolice proeminente din dietă, cum ar fi uleiul de măsline extravirgin.

Cel mai mare conținut de proteină îl au biscuiții realizați din 100% făină de grâu, valoarea acesteia scăzând la următoarele probe invers proporțional cu procentul de făină de ghindă adăugat în biscuiți. Valoarea cea mai mică este prezentă la făina din ghindă măcinată (crudă). Se poate observa același tendință și pentru azot. Pentru potasiu (K) s-a constatat că probele au valori apropiate, observându-se tendința de creștere de la proba 94C/2 la 94C/9, proba 94C/1 - făină de ghindă măcinată regăsindu-se printre valorile maxime. Cele mai mari cantități de cupru (Cu) și mangan (Mn) se găsesc în probele 94C/1 - făină de ghindă măcinată și 94C/10 – biscuiți din 100% făină de ghindă. Pentru Zn, Fe, Ni, Mg, Ca, proba 94C/1- făină de ghindă măcinată se găsește cu valorile cele mai mari, iar ca și conținut de Na (sodiu) proba 94C/1- făină de ghindă măcinată și proba 94C/10 au valoarea cea mai mică.

Partea a IIIa a tezei prezintă concluziile generale, iar partea a IVa elementele de originalitate privind analiza comparativă a variabilității unor indici agrochimici aferenți unui sol agricol și sol de pădure; pentru caracterizarea geometriei ritidomului la speciile dominante (plop și stejar cu câte 50 de probe pentru fiecare specie) prin analizarea imaginilor digitale; în utilizarea analizei fractale pentru analiza și descrierea geometriei frunzelor prelevate aleator, de la arbori maturi din specia *Populus alba L.*; pentru determinarea suprafeței foliare la plop prin metode nedistructive, pe baza parametrilor foliari; pentru caracterizarea geometriei frunzelor de *Hedera helix L.*; obținerea de modele pentru a descrie variația suprafeței foliare la frunza de tei în raport cu poziția frunzei pe lăstar (Lp) și parametri lăstarului (CSL, lungimea cumulativă a lăstarului); prin analiza variabilității parametrilor foliari la frunzele de tei, *Tilia cordata L.*; pentru evaluarea relației dintre parametri dimensionali de creștere anuală a lăstarilor de tei; determinarea conținutului de clorofilă (Chl), carotenoizi (Car) și raportul Chl/Car din frunzele de tei în raport cu poziția frunzelor pe lăstar; utilizarea tehnicii bazate pe remote sensing cu ajutorul sistemului satelitar Sentinel 2 și valorificarea resurselor vegetale.

University of Life Sciences „King Mihai I of Romania” from Timisoara



Faculty of Agriculture

ROȘU I. SIMONA MIHAELA

SUMMARY

PhD THESIS

**SOIL AND VEGETATION INDICES TO
CHARACTERISE A PROTECTED AREA**

Scientific Promoter:

SALA FLORIN

Timisoara

2024

Summary

PhD Thesis title: SOIL AND VEGETATION INDICES TO CHARACTERISE A PROTECTED AREA

Structure of the PhD Thesis:

Summary (Romanian and English)

Introduction: 3 pages

The part of current state of knowledge: 28 pages

The part with my own research: 114 pages

General conclusions and recommendations: 6 pages

Elements of originality: 1 page

Additional parts:

List of abbreviations

List of papers published as a result of the research

Bibliography

Tabular elements and graphics:

Tables: 40

Figures: 98

Bibliographical sources: 32

Introduction

Main objective: obtaining the detailed characterization of the natural protected area Cenad Forest using soil and vegetation indices.

Specific objectives:

For a detailed analysis of the proposed theme I considered the following objectives:

- Soil characterization – by knowing the soil characteristics we can understand better the connection between the soil and the vegetation from an area.
- Morphological characterization of the leaves – well developed leaves are an indicator of favourable environment conditions.
- The development of some analysis models, evaluation of a protected area – obtaining the average monthly temperatures and precipitations from the area of Cenad, which have a very big influence over the vegetation, it could offer good conditions for developing but could also cause the vegetation to dry, the evaluation of vegetation indices determined through remote sensing (NDVI, NDWI, NDMI, NBR) and biological vegetation indices (foliar indices – foliar surface, morpho – anatomical description, stressful factors).
- Chemical composition of fruits – the nutritional composition of acorns and their accessibility for people made them, in the past, to be a food consumed worldwide.

Picking the theme of the PhD Thesis is consistent with professional activities from the field of protection of the natural protected areas. Some of the activities are: monitoring the conservation status of the biodiversity in the natural protected areas (habitats/species), updating the database regarding the protected areas network and the geospatial database, carrying out some controls in the perimeter and in the vicinity of the protected natural areas, as well as the analysis of documentations and issuing professional opinion and specific conditions as administrator of protected natural areas.

The purpose of the PhD Thesis is to help promote the natural protected areas and therefore nature protection.

Part I Current state of knowledge

Chapter I General part – bibliography study

The global network of protected areas covers 11.5% of the planet's land surface.

The protected areas are a refuge for the exploited species or whose habitat is being degraded. Climate change is a threat for the biodiversity and even with the permeable boundaries of protected areas, climate change is already making living conditions unsuitable for many species (Monzón et al. 2011). These changes affect the

biodiversity directly and indirectly through temperatures and quantities of precipitation modified, rised level of sea, wildfires, storms, flood and drought (Foster 2001).

For the conservation of birds there is the Directive 79/409/CEE which refers to the conservation of wild bird species on the territory of the European Union states. This regulates the protection, management and control of wild bird species, as well as the conditions for their enhancement.

For the conservation of natural habitats and wild species of flora and fauna there is the Directive 92/43/CEE. This directive requires the member states to maintain biodiversity by protecting habitats and species of wild flora and fauna. This directive required the establishment of a coherent European ecological network, called Natura 2000, which brings together all protected natural areas. The coverage of the Natura 2000 european network is impressive: 22.419 terrestrial sites of community importance (SCI), covering 719.992 km² (13.6%) and 5.242 special bird protection areas (SPA) covering 547.819 km² (11.1%) of EU (Anonymous, 2009). In total, this network offers a protection status for 986 of the vertebrate (64.8%), 164 of the invertebrate (0.1%) (Fontaine și col., 2007; Primackși col, 2008) and 1288 plants (10.3% of the species in EU) (Steck și Pautasso, 2008).

The categories of natural protected areas of Romania are: protected natural areas of national interest, protected natural areas of international interest, protected natural areas of community interest – "Natura 2000" sites and protected natural areas of county or local interest.

In Romania there are, according to the legislation: 13 National Parks, 14 Natural Parks and over 900 other categories of protected areas, which is approximately 8% of our country`s area. We have two cases in which they are protected natural areas of national interest as well as biosphere reserves: Retezat National Park and Rodnei Mountains National Park.

Natura 2000 network, this network of protected areas where a diversity of species and habitats of community interest could be found ensures favourable conditions for their development. Species and habitats of community interest mean rare or endangered ones. In our country, some of these are very well represented, in terms of species through viable populations and in the case of habitats through the occupation of large areas.

The Romanian Natura 2000 network is 19.29% of the national territory, a significant increase from 4.1% that was before 1989. The growth happened in the last 20 years by creating 27 National and Natural Parks and 382 protected areas as part of the Natura 2000 network. The new Natura 2000 sites overlap over 96.19% of the existing protected areas, generating even three layers of different protection for some sites.

In Romania, forest conservation has been a constant concern since the advent of forestry. Forest conservation is a part of applied ecology and aims at the rational use of forest resources, the saving of forest ecosystems, the prevent and limitation of the harmful effects of natural factors on the forest, the preservation of the natural balance and meeting the society`s requirements over a longer period of time. Forest conservation represents a political ecology applied in the field of forest management.

With the help of soil indices, a more accurate characterization of an area can be made using the information obtained from the analysis of the results obtained from the soil samples.

Soil is the heart of terrestrial ecosystems and treating soil as a system, it successfully leads to the creation of a friendly environment (Brady and Well, 2008). It represents both a permanent source of energy, organic matter, nutrients and water absorbed by plants, as well as for the atmosphere it can be a source of energy and oxygen that directly influences photosynthesis, essential for the existence of plants.

Soil is the main growth and nutrition environment for plants. It has important properties for plant nutrition, expressed by different indices, which can vary in time and space. Soil indices would be: physical, hydrophysical, chemical, biological, microorganism density and diversity.

With the help of vegetation indices, one can have a general picture of the land covered with vegetation by studying the morpho – anatomical characteristics of the tree species, as well as the stress factors for these species.

In this PhD thesis, physiological indices were analysed at leaf level – shapes, leaf sizes, properties and characteristics. Leaf area is an essential parameter for plant physiology and ecology studies and is directly related to vital plant processes such as photosynthetic efficiency, water balance, respiration and light energy interception.

Photosynthetic pigments are another parameter, three types are found: chlorophylls (a, b, c, d and e), carotenoids (two groups: carotenoids and xanthophylls) and phycobilins.

The last part of the chapter illustrates the indices based on remote sensing and GIS in the study of the soil and vegetation. The term remote sensing was used for the first time in 1960 in the United States of America, in the documentation of the American Ocean Administration (currently NOAA or the Ocean and Atmosphere Administration) and included the concepts of photogrammetry, photointerpretation, photo-geology, etc. Starting with Landsat1 which was the first Earth observation satellite launched in 1972, remote sensing began to be used in several fields.

Through remote sensing we can monitor Terra's natural resources, discover new ones, sea and ocean monitoring, terrestrial and atmospheric phenomenon which could be local, continental or planetary with the help of emitted, reflected or absorbed electromagnetic radiations.

Two basic processes take place: data acquisition and analysis with their interpretation.

Electromagnetic radiation is used as a carrier of information from the distant detail/phenomenon to the sensor. It is composed of two force fields: electric and magnetic. Electromagnetic radiation propagates through waves. Their main characteristics are: propagation speed, wavelength, frequency and amplitude. Expressing electromagnetic radiation is done either as a function of frequency or preferably as a function of wavelength.

Bodies in nature absorb and reflect electromagnetic waves according to their nature and temperature according to their physical properties. Each has a specific emissivity, differentiating itself from other details on Earth. So satellite remote sensing is also based on this.

Part II My own research

Chapter II Research methodology

Using **the methodology for determining soil indices** I characterized the land from a protected area based on agrochemical quality soil indices. A comparative analysis was made between the land from the Cenad Forest with a bordering agricultural land, using the same agrochemical soil indices. The soil samples were taken from 4 representative locations, two from the forest area and two from the nearby agricultural land.

As agrochemical indices used in the evaluation of the soil, I considered: soil reaction (*pH*), content of main macroelements (total nitrogen – Nt, phosphorus – P, potassium – K), content of secondary elements (calcium – Ca, magnesium – Mg), content of microelements (iron – Fe, manganese – Mn, copper – Cu, zinc – Zn) and the content of heavy metals (chromium – Cr, nickel – Ni, lead – Pb).

Soil reaction (*pH*) was determined in aqueous and saline suspensions (mass/volume) and total nitrogen was determined by the Kjeldahl method. Phosphorus was determined by extraction using the Egner – Riehm – Domingo method and dosage by spectrophotometry (UV – VIS). The determination of the accessible and potentially accessible potassium content for plants was carried out by extraction according to the Egner-Riehm-Domingo method and dosage by atomic emission spectrometry in the flame. Determination of copper, manganese, zinc, calcium, magnesium, iron, lead, cadmium, nickel and chromium from soil extracts in aqua regia, flame atomic absorption spectrometry method.

Methodology for determining vegetation indices

The ritidom geometry was analyzed in two dominant species present in the Cenad Forest Protected Area (poplar and oak). Image series (50 samples for each species) of the stem of the two species were taken and analyzed.

I also carried out the morphological characterization of the leaves following the random sampling of some leaf samples from the trees in the same area. Samples are measured individually, lengthwise and widthwise, then scanned. The aim is to find the value of the correction factor (CF) needed to determine the leaf surface of *Populus alba* L. by a non-destructive method, based on leaf parameters.

I made measurements of the dimensional parameters of the leaves, length (L) and width (w). The measurement was made with a ruler, with a precision of ± 0.5 mm. Then, the leaves were scanned in a 1:1 ratio. Images were analyzed and scanned leaf area (SLA) and perimeter (Per) values were obtained.

The same measurements were made to the oak leaves, *Quercus robur* L, as well as to the ivy leaves (*Hedera helix* L.).

This was followed by the study of some physiological indices of vegetative growth, the biological material represented by the species *Tilia cordata* L. and annual shoots of linden, *Tilia tomentosa* Moench, taken in July 2021 in four repetitions, from the area of the Cenad Forest Protected Area.

I evaluated shoot growth based on some biometric parameters, with reference to the length and diameter of the internodes in relation to their position on the shoot in *Tilia cordata* L.

In the present thesis I analyzed the content of photosynthetic pigments in the leaves of linden, *Tilia tomentosa* Moench., in relation to the arrangement of the leaves on the annual growth shoot. Fifteen leaves were considered, with consecutive position on annual growth shoots in linden (Lps1 to Lps15). Photosynthetic pigments were determined by non-destructive methods. Chlorophyll was determined with the SPAD-502Plus device (KONICA MINOLTA), and carotenoids with the ACM-200 Plus device (OPTI-SCIENCES).

The analysis of the studied area based on the indices associated with the downloaded satellite images for the years 2019 – 2022 is carried out by interpreting and extracting information from the images obtained by satellites orbiting the Earth. The satellite system used is Sentinel – 2. Image processing requires a digital station with specialized hardware and software that pre-processes, enhances, transforms, classifies and analyzes the image.

Quantification of the potential of some plant resources

I collected samples of fallen fruits from the meadow oak (*Quercus robur*) at the moment of physiological maturity. The samples were ground and used together with wheat flour. Acorn flour and wheat flour have been used as such and in different proportions for functional foods.

To characterize the quality of oak fruits (acorns), the following indices were considered: amount of fat, moisture, amount of ash and amount of macro and microelements.

The amount of fat was determined with the Soxhlet apparatus. The Nitech oven is used to determine the humidity. The Nabertherm calciner is used to determine the amount of ash.

To determine the nitrogen I used the following equation: Protein = $N \times 6.25$

To determine the microelements I used the ash obtained from the biscuits which is dissolved in 20% HCl. This is done by acid extraction. Next is spectrometry analysis: the acid dissolves the soluble components in the ash, and the resulting solution is analyzed by spectrometry to determine the concentration of trace elements. Atomic absorption spectrometry is the method used for this analysis using Varian 220 FAA equipment.

In the last sub-chapter I presented the natural setting and climatic data from the area.

Chapter III Soil indices for characterization of the „Cenad Forest” Protected Area

In the case of soil reaction, higher values were found for arable soil and lower values for forest soil. In the case of the total nitrogen content, lower values were recorded in the case of arable land, and higher values in the forest soil. In the case of the phosphorus content, approximately the same values were recorded in both types of soil. In the case of potassium, the recorded values were lower in the arable soil, respectively higher in the forest soil. In the case of calcium, much higher values were recorded in the arable soil, respectively lower values in the forest soil. In the case of magnesium, the values were closer.

Phosphorus is an element whose soil regime and availability for plant nutrition varies closely with soil reaction. Thus, the P variation was analyzed in relation to soil pH and Ca content, respectively in relation to soil pH and soil Mg content.

From the analysis of the 3D models of P variation in relation to soil pH and Ca, respectively magnesium, the differential influence of the two elements (Ca, respectively Mg) on phosphorus mobility was found. The mobility of phosphorus (P, ppm) in the soil was influenced by the decrease in Ca concentration, while the reversed relationship of P in relation to Mg was found.

The results of the present thesis highlighted the differences between the agrochemical indices of the soil under the conditions of an agricultural ecosystem and a forest ecosystem, and described the variation of the interdependence between the considered soil quality indices. Different levels of correlation with were highlighted and the differential variation of P in relation to soil Ca and Mg, the antagonistic relation with Ca and the proportional/positive relation with Mg was described.

Next, the results regarding the values of the content of microelements and heavy metals in the two types of soil were presented. Very strong correlations were found between Fe and Cu, between Fe and Ni, between Mn and Zn, between Mn and Cr, between Zn and Cr and between Ni and Pb. Strong correlation was found between Fe and Pb, and moderate correlations were found between Mn and Ni and between Mn and Pb. Correlations of lower intensity were also found in the case of other studied elements.

Based on the calculated coefficient of variation values, the highest variability was found in the case of Pb content, and the lowest variability in the case of Mn content. In the case of the other studied elements, intermediate values were recorded, higher in the case of the Zn content, and relatively close in the case of the other elements, in descending order: CV_{Ni} , CV_{Cu} și CV_{Fe} .

From the analysis of the distribution of the content of microelements (Fe, Mn, Cu, Zn) and heavy metals (Cr, Ni, Pb) in relation to the soil reaction and the content of macroelements, certain correlations were recorded, some of which were statistically safe. Thus, very strong correlations were recorded between Cu and Mg, Fe and Mg, Ni and K, Pb and pH, Pb and Nt, Pb and K. Other correlations were also recorded, but of lower intensity and reduced conditions of statistical certainty. Thus, very strong correlations were recorded between Ni and pH, moderate correlations between Fe and pH, between Mn and pH, and weak correlations between Zn and pH and between Cu and pH.

The obtained results facilitated the highlighting of the differences regarding the content of microelements and heavy metals, and the appreciation of the levels of spatial variability in the two categories of land considered. The recorded data and their meaning contribute to the completion of the existing information and data in the specialty literature, for the description and characterization of the considered land categories.

Chapter IV Vegetation indices for the characterization of the "Cenad Forest" protected area

In this chapter I analyzed the **indices of morphological analysis and characterization** by analyzing the ritidom geometry in poplar and oak. I took series of images of the tree trunks of the two species. The images were analyzed to obtain numerical information regarding the geometry of the ritidom. Series of 50 image samples were used for each species considered in the study. The numerical data were adequately analyzed, in order to highlight the statistical reliability of the data, the presence of variance in the data set, as well as other statistical aspects of similarity and differentiation of the geometry of the two studied species.

From the analysis of the obtained data, the variation of the fractal dimension in the case of poplar ritidom geometry was found between 1.766 and 1.820, with an average value $D=1.781$. In the case of ritidom geometry in oak, the values obtained varied between 1.820 and 1.900, with an average value $D=1.855$. The coefficient of variation (CV) revealed a higher variability in the case of oak stem geometry compared to poplar stem geometry. And the level of variance was higher in the case of the oak stem compared to the data recorded in the poplar.

Next, I made the characterization of the leaf limb based on fractal analysis. In the field of plants, fractal analysis has found applicability in the study, characterization, and identification of different plant species based on leaf geometry, cross-sections of the middle ribs of the leaf and plant taxonomy studies. In this thesis, fractal analysis was used to characterize the geometry of poplar and oak leaves. The leaves were scanned in a 1:1 size ratio. The images were analyzed to assess the fractal geometry of the leaves. Binarized images were used.

Through fractal analysis, the values of foreground pixels (FP), fractal dimension (D), correlation coefficient for D (R^2) and standard error (SE) were recorded. Foreground pixels (FP) varied in relation to the size of the leaves, in the range $FP=71118-235876\pm 9606,317$. The fractal dimensions, obtained by the box-counting method, had values in the range $D=1.588-1.771\pm 0.009$, in the statistical safety conditions of the fractal analysis, according to R^2 for D and standard error (SE) $R^2=0.096$, $SE=0.080$.

From the analysis of the coefficient of variation (CV) values, it was found that the smallest variation was recorded in the case of fractal dimension (D), and the largest in the case of SLA. This suggests that the fractal dimension (D) is the most stable parameter in the characterization of leaf geometry in the species *Populus alba* L.

From the analysis of the R^2 regression coefficients, it was found that the values of fractal dimensions D had a closer correlation with leaf perimeter (Per), followed by SLA and FP. This shows that the perimeter (Per), as an element of leaf geometry, had a much higher importance in defining the values of the fractal dimensions (D) compared to the other studied parameters (FP and SLA). The parameter L (leaf length) and the parameter w (leaf width) had considerably less importance in defining the fractal dimension (D). The weight of the three parameters considered in the study, as elements of the geometry of *Populus alba* L. leaves to define the fractal dimension (D), in descending order being $Per > SLA > FP$.

In the next subchapter we determined the leaf surface of *Populus alba* L. by non-destructive method based on leaf parameters. Measurements of leaf dimensional parameters, length (L) and width (w) were made. The measurement was made with a ruler, with a precision of ± 0.5 mm. Leaves were scanned in a 1:1 ratio. Images were analyzed and Scanned Leaf Area (SLA) and Perimeter (Per) values were obtained, (Rasband, 1997). The measured leaf area (MLA) was obtained by calculation, based on the parameters L, w and the correction factor (CF). The correct determination of the correction factor is very important, as it influences the precision of determining the leaf surface. To find out the correction factor, the model proposed by Sala et al. (2015) was used. Correlation analysis revealed the existence of very strong correlations between MLA and SLA, between

MLA and leaf parameters L, w, Per, between SLA and Per, between SLA and w, as well as between Per and w. Strong correlations were recorded between SLA and L and between Per and L, and moderate correlation was recorded between L and w.

The regression analysis facilitated the evaluation of the variation between SLA and studied foliar parameters, L, w and Per. A differential contribution of foliar parameters to the definition of SLA values was found. The highest contribution was made by leaf width (w), followed by length (L) and perimeter (Per).

The regression analysis regarding the relation between MLA and the studied foliar parameters L, w and Per, led to ascertaining the differential contribution of foliar parameters to the definition of MLA values. The highest contribution was made by leaf width (w), followed by length (L) and perimeter (Per), similar to SLA.

The characterization of leaf geometry in *Hedera helix* L. based on dimensional parameters and calculated ratios is the next subchapter. About 100 leaves (leaves on creeping and climbing stems) of ivy (*Hedera helix* L.) were taken at random from the area of the "Pădurea Cenad" Protected Area. From the set of leaf samples, 50 leaves were analyzed, randomly, representative of size groups, for which the dimensions, length (L) and width (w) were measured. The measurements were made with a ruler, with a precision of about 0.5 mm. The leaves were scanned individually, at a scale of 1:1.

To certify the optimal value of the correction factor, the minimum error (ME) was calculated as the difference between MLA and SLA (considered as reference). The RMSEP statistical safety parameter was also calculated, in order to verify and certify the optimal value for the determined CF.

Based on the model proposed by Sala et al. (2015) the value for the correction factor (CF) is obtained, specifically for the ivy leaves. The mean error (ME) was calculated as the difference between MLA and SLA at a series of 11 consecutive values of the correction factor (CF), including the optimal value. The level of variability in the data set, for each parameter, index or ratio calculated, was assessed on a calculation basis (coefficient of variation, CV) and on a graphical basis (Diversity profiles). From the analysis of the values obtained for the coefficient of variation, the highest variability was found in the case of SLA, followed by MLA, and the lowest variability in the case of the Per/w ratio. Intermediate values of the coefficient of variation were recorded in the case of L, w and Per within the foliar parameters. Within the calculated ratios, a high value was recorded in the case of SLA/L, and lower values were recorded in the case of SLA/Per, MLA/L, SLA/w, MLA/w, L/w and Per/L respectively. The graphic analysis, of the diversity profile type, confirms the high variability in the case of SLA and MLA and a low variability in the case of the ratio Per/w, respectively Per/L.

Correlation analysis revealed interdependence relationships of different intensity levels and statistical safety conditions between the considered leaf elements.

SLA was determined through the analysis of scanned images, between SLA and leaf dimensional parameters were moderate correlations with L and strong with w.

MLA was calculated based on leaf dimensional parameters (L, w) and correction factor. As a result, higher levels of correlation were found between MLA and dimensional parameters, namely strong correlation with L and very strong correlation with w.

With leaf perimeter (Per), SLA and MLA showed very strong correlations. The values of the correlation coefficient and the statistical safety parameter (p) calculated for the elements considered in the description of the geometry of ivy leaves (dimensional parameters, leaf area, different ratios calculated).

From both the correlation analysis and the regression analysis, a closer relationship of MLA with foliar parameters (L, w) was found than in the case of SLA (r values, R², F test). This is due to the fact that the determination of SLA was made by imaging analysis, which was based on the pixels occupied by the leaf surface of each leaf, while the MLA was determined based on the parameters L and w, as a direct relationship, corrected by the correction factor (CF). This was also confirmed by the RMSEP parameter, with values RMSEP=13.9767 in the case of SLA, respectively RMSEP=12.1734 in the case of MLA. The MLA variation was analyzed in relation to L and Per, respectively between w and Per, as a direct relationship and interaction between the considered elements. The graphical distribution of MLA with respect to L (x-axis) and Per (y-axis) is rendered as a 3D model and as isoquants. The graphical distribution of MLA with respect to w (x-axis) and Per (y-axis) is also rendered as a 3D model and as isoquants. From the analysis of the graphical distributions, it was found that in the variation of MLA in relation to L and Per, a predominant contribution was Per, and a more balanced contribution was in the case of parameters w and Per.

The study of the analyze indices and physiological characterization, is next, regarding the foliar area particularities at the linden leaf area in relation to the leaf position on the shoot. The thesis analyzed biometric elements and parameters, as well as shoot physiological indices in linden, *Tilia tomentosa Moench.*, in order to evaluate the variation of the leaf surface in relation to the position of the leaves on the shoot.

The analysis of the length dimensions of each internode was carried out by calculating the cumulative values (CSL) on the total length of the linden shoots. The determined values were between 6.3 cm specifically for L1, and 129.5 cm, as the sum of the individual values, L1 to L15. The values for scanned leaf area (SLA) were between 42.449 cm² in the case of the L1 leaf and 5.053 cm² in the case of the L15 leaf, with the maximum value recorded in the L5 leaf. The cumulative leaf area, starting from leaf L1 to L15, recorded increasing values, with a variable growth rate, in relation to the contribution of each leaf, in their order on the shoot (L1 to L15). The leaf area obtained based on the dimensional parameters of the leaves (L and w) was calculated using a correction factor (CF), based on a relationship like the equation $MLA = L \times w \times Cf$. To calculate the measured leaf area (MLA) based on the dimensional parameters of the leaves, the optimal value for the correction factor (CF) was initially determined. The PCA analysis led to a diagram in which the distribution of leaf samples, L1 to L15, according to the association with considered parameters (CSL, CSLA, SLA, MLA) was obtained, as biplot. Independent positioning of some leaves (positions L1 to L4 and L13 to L15) was found with respect to the considered parameters. Leaves from positions L12 and L13 were associated with cumulative internode length (CSL) and cumulative leaf area (CSLA) parameters. Leaves from positions L5 to L10 were associated with individual leaf area parameters (SLA, MLA). The determined correction factor (CF=0.31) facilitated obtaining with high precision the measured leaf area (MLA) in relation to the SLA. In this study, from the detailed analysis of the graphic distribution, as well as from the equations found, the deviation of the values of the L7 and L8 leaves in relation to the graphic expression of the function was found, a fact that can be associated with vegetation conditions during the period associated with the formation and growth of the leaves respectively. Such morphological elements can be considered as indicators for the expression of some stress conditions during the vegetation period of plants.

Leaf determinations were also made regarding petiole length (Pl), petiole diameter (Pd), leaf length (Ll), leaf width (Lw) and leaf perimeter (Per). The values of the Pl, Ll and Lw parameters were obtained by measuring with a ruler, with a precision of ± 0.5 mm. The values of the Pd parameter were obtained by measuring with an electronic caliper, with a precision of ± 0.001 mm. Per parameter values were obtained by analyzing scanned images (1:1 ratio) of leaves. The descriptive statistical analysis was done to evaluate the variability of the studied foliar parameters, based on the coefficient of variation (CV). For this purpose, the graphic analysis of the Diversity profiles type was also used. In order to evaluate the interdependence between the studied parameters, the correlation analysis was done. PCA analysis and Cluster analysis were used to capture the positioning and grouping of the studied cases (leaf sample) in relation to evaluated parameters and the degree of similarity. Regression analysis was used to obtain a model describing the variation of leaf perimeter in relation to the elements leaf length and width (Ll, Lw). By analyzing the foliar parameters at the leaf samples (*Tilia cordata* L.) we had for the petiole length (Pl) values between 1,40 – 7,90 $\pm 0,48$ cm, for the petiole diameter (Pd) between 1,6 – 4,57 $\pm 0,24$ mm, for the leaf length (Ll) between 3,90 – 20,90 $\pm 1,36$ cm, for the leaf width (Lw) between 4,10 – 20,40 $\pm 1,26$ cm and for the leaf perimeter (Per) between 12,58 – 67,54 $\pm 4,46$ units.

Correlation analysis revealed very strong correlations between leaf length and width, Ll and Lw. Also, very strong correlations were recorded between Ll and Per and between Lw and Per. Strong correlations were recorded between Pd and Per, between Pd and Lw and between Pd and Ll. Weak correlations were recorded between Pl and Ll, between Pl and Lw and between Pl and Per.

The degree of heterogeneity of the studied foliar parameters was analyzed through the coefficient of variation (CV). High values of the coefficient of variation were recorded in the case of the Pl parameter, and low values were recorded in the case of the petiole diameter Pd. Intermediate values were recorded for leaf length (Ll), leaf width (Lw) and leaf perimeter (Per). Different ratios were calculated between studied foliar parameters. In the case of the Pl/Pd ratio, superunitary values were recorded in the basal leaves and subunitary values in the leaves with a terminal position on the shoot. The ratio Ll/Lw, presented subunit values for the basal leaves and terminal position on the shoot. In the case of the Per/Ll ratio, superunitary values were recorded in all leaves. In the case of the Per/Lw ratio, superunitary values were also recorded along the entire length of the shoot.

Analyzing the degree of heterogeneity of the ratio between the studied leaf parameters, a high value of

the coefficient of variation was found in the case of the PI/Pd ratio. In the case of the other studied reports, lower and closer values of the coefficient of variation were found. PCA analysis, in relation to the foliar parameters studied, led to the diagram where it was found the independent positioning of samples L1, L13, L14 and L15, as initial and final leaves on the length of the shoot (until the time of study). The L2 and L3 samples, and partially L4 and L5, were associated with the PI parameter (as biplot). The other leaf samples were oriented towards parameters Ll, Lw, Pd and Per (as biplot). In the present thesis, the values of the ratios calculated based on the analyzed foliar parameters showed high variability in the case of PI/Pd and Ll/Lw in relation to the position of the leaves on the shoot, respectively low variability in the case of Per/Ll and Per/Lw.

The next subchapter is a model for estimating of some shoots biometric parameters in the case of woody species, evaluating the growth of shoots based on biometric parameters, regarding the length of the internodes (IL) and the diameter of the internodes (ID) in relation to their position on the shoot (IP) the species *Tilia cordata* L. According to PCA, the distribution diagram of the internodes in relation to IL and ID parameters, as biplot, was obtained. The association of the internodes with positions I3, I4, I5, I6, I7, I8 and I9 with the two parameters, IL and ID, was found. From the analysis of the graphical distribution, a deviation from the graphical expression of equation (2) of the internodes I6, I7, I8 and I9 was found. It is possible that during the formation and growth of these internodes, certain environmental factors (humidity, temperature) had restrictive values, in relation to the requirements of normal vegetation. The regression analysis evaluated the variation relation of a parameter of the internodes, namely the diameter (ID), in relation to the position of the internodes on the shoot (IP) and the length of the internodes (IL), in the case of shoots of *Tilia cordata* L. It was found that internode position (IP) had a minimal influence on the diameter of the internodes (ID), and the variation of this parameter was mainly due to the length of the internode (IL).

The variation of photosynthetic pigments in linden leaves in relation to the position of the leaf on the shoot is another subchapter, where I determined the content of chlorophyll (Chl), carotenoids (Car) and the ratios Chl/Car, Car/Chl in linden leaves, *Tilia tomentosa* Moench, and analyzed the results in relation to the position of the leaves on the shoot. Photosynthetic pigments were determined by non-destructive methods. Chlorophyll was determined with the SPAD-502Plus device (KONICA MINOLTA), and carotenoids with the ACM-200 Plus device (OPTI-SCIENCES). The chlorophyll content (Chl) showed very strong, positive correlations with the carotenoid content (Car) and strong, negative correlations with the position of the leaves on the shoot (Lps). The content of carotenoids (Car) showed very strong correlations with chlorophyll (Chl) and moderate, negative correlations with the position of the leaves on the shoot (Lps). Between the content of photosynthetic pigments (Chl, Car) and other parameters and indices determined in linden leaves and shoots, communicated in previous articles (Rosu et al., 2022a,b), different positive or negative correlations, were recorded.

An important part of the thesis is represented by analyzing indices and characterization **based on remote sensing**. Images were taken from "Cenad Forest" Protected Area, in the four seasons, the period 2020-2022. The images were analyzed and based on the spectral values, the NDMI, NDVI and NBR indices were calculated:

$$\text{NDMI} = (\text{NIR} - \text{SWIR}) / (\text{NIR} + \text{SWIR}) \quad \text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED})$$

$$\text{NBR} = (\text{NIR} - \text{SWIR } 2) / (\text{NIR} + \text{SWIR } 2)$$

From the comparative analysis of the average values, close levels were found for the years 2020 and 2021, and lower values for the year 2022, especially for the spring, summer and autumn seasons. This is associated with the specific climate of 2022, a particularly dry and warm year. From the analysis of the average values of the indices, recorded by years and moments of taking the images, it was found the presence of some differences. In the case of the year 2022, the average values of the indices showed lower levels compared to the average values recorded in the years 2020 and 2021. Analyzes were made to compare the data series of the indices from the years 2020 and 2021, compared to the average of the data series from the year 2022.

For the comparative analysis of the data (each series of data from the years 2020 and 2021 in relation to the average for creating the index of the year 2022), the One sample t test and the Wilcoxon test were applied. From the analysis of the average data series of the NDMI, NDVI and NBR indices from the year 2020, in relation to the average value for the year 2022, significant differences resulted for NDMI-t1, for NDVI-t1, for NBR-t1, for NDMI-t2, for NDVI-t2, for NBR-t2, for NDMI-t3, for NDVI-t3, for NBR-t3, for NDVI-t4 and for NBR-t4. In the case of the NDMI-t4 index, the differences did not show statistical certainty. In the case of the index values, the year 2021, from the analysis of the data series in relation to the mean value for the year 2022,

significant differences resulted for NDMI-t1, for NBR-t1, for NDMI-t2, for NDVI-t2, for NBR-t2, for NDMI-t3, for NDVI-t3, for NBR-t3, for NDMI-t4, for NDVI-t4 and for NBR-t4. In the case of the NDVI-t1 index, the differences did not show statistical certainty.

The variation of the NDVI index was analyzed in relation to the NDMI, and the variation of the NBR index was analyzed in relation to the NDMI and NDVI, for each study year and season, respectively moments of image capture (t1-t4).

Chapter V The potential valorisation of plant resources

In this chapter, I presented the possibility of introducing acorn flour into the human diet. The plant resources were collected in order to exploit them. Analyzes were carried out to determine moisture, ash content, fat, protein, carbohydrates, as well as the content of macro and micro elements.

The Soxhlet Trade Raypa was used to determine fat, The Nitech drying cabinet to determine moisture and for obtaining ash the samples were put in the calcination oven – Nabertherm then used to determine the content of macro and micro elements. The ash obtained is dissolved in 20% HCl, this is done by acid extraction. Then, comes the analysis by spectrometry: The acid dissolves the soluble components in the ash, and the resulting solution is analyzed by spectrometry to determine the concentration of trace elements. Atomic absorption spectrometry is the method used for this analysis using Varian 220 FAA equipment.

The amount of whole acorns was 845 grams, of which 514 grams were kernels. The core was ground and used to make biscuits. The biscuit samples were composed of two control samples, one 100% acorn flour and one 100% wheat flour, the others having a percentage of 10%, 20%, 30%, 50%, 70%, 80% and 90% acorn flour. In the specialized literature it is suggested that acorn flour has the highest fat content (11.39%) compared to the other types of flour made from rice, corn, sorghum and buckwheat. Acorn and acorn oil can be compared quantitatively with prominent dietary phenolic sources such as extra virgin olive oil.

Biscuits made from 100% wheat flour have the highest protein content, its value decreasing in the following samples inversely proportional to the percentage of acorn flour added to the biscuits. The lowest value is present in ground (raw) acorn flour. The same trend can be observed for nitrogen. For potassium (K) it was found that the samples have close values, observing the increasing trend from sample 94C/2 to 94C/9, sample 94C/1 - ground acorn flour being among the maximum values. The highest amounts of copper (Cu) and manganese (Mn) are found in samples 94C/1 - ground acorn flour and 94C/10 - 100% acorn flour biscuits. For Zn, Fe, Ni, Mg, Ca, sample 94C/1 - ground acorn flour is found with the highest value, and as for Na (sodium) content, sample 94C/1 - ground acorn flour and sample 94C/10 has the lowest value.

In the Part III are the general conclusions and in Part IV are elements of originality regarding the comparative analysis of the variability of some agrochemical indices related to an agricultural soil and a forest soil; for the characterization of the geometry of the ritidom in the dominant species (poplar and oak with 50 samples for each species) by analyzing digital images; in the use of fractal analysis to analyze and describe the geometry of randomly sampled leaves from mature trees of the species *Populus alba* L.; for determining the poplar leaf surface by non-destructive methods, based on leaf parameters; for the characterization of the geometry of *Hedera helix* L. leaves; deriving models to describe leaf area variation in linden leaf in relation to leaf position on the shoot (Lp) and shoot parameters (CSL, cumulative shoot length); by analyzing the variability of foliar parameters in linden leaves, *Tilia cordata* L.; for evaluating the relationship between dimensional parameters of annual growth of linden shoots; determination of the content of chlorophyll (Chl), carotenoids (Car) and the Chl/Car ratio in linden leaves in relation to the position of the leaves on the shoot; the use of the technique based on remote sensing with the help of the Sentinel 2 satellite system and the exploitation of plant resources.