



Universitatea
Transilvania
din Braşov

ŞCOALA DOCTORALĂ INTERDISCIPLINARĂ

Facultatea de Silvicultură şi Exploatare Forestiere

Ing. Ion MIREA

**Cercetări privind utilizarea camerelor fotografice (photo trap camera) în
estimarea mărimii populaţiilor de mamifere mari**

**Research on the use of photo trap cameras in estimating the size of large
mammalian populations**

REZUMAT

Conducător ştiinţific

Prof. dr. ing. Ovidiu IONESCU

BRAŞOV, 2025

CUPRINS

CAPITOLUL I	4
INTRODUCERE	4
CAPITOLUL 2.....	7
SCOPUL ȘI OBIECTIVELE CERCETĂRIILOR.....	7
CAPITOLUL 3.....	8
METODA ȘI MATERIALUL DE CERCETARE.....	8
3.1 Localizarea cercetărilor.....	8
3.2. Stabilirea metodelor de estimare comparativă a populațiilor de mamifere mari în zonele de studiu	9
3.2.1. Speciile de faună analizate.....	9
3.2.2. Eșantionarea	9
3.2.3. Echipamente utilizate	12
3.2.4. Metoda de culegere a datelor din teren.....	12
3.2.5. Metoda de analiză și interpretare a datelor	14
Capitolul 4.....	21
REZULTATE ȘI DISCUȚII	21
4.1. Matricea de corelație și analiza componentelor principale pentru zona de cercetare Crasna-Valea Mare.....	21
4.1.1. Matricea de corelație și analiza componentelor principale pentru cerb comun	21
4.1.2. Matricea de corelație și analiza componentelor principale pentru mistreț	23
4.1.3. Matricea de corelație și analiza componentelor principale pentru lup	25
4.1.4. Matricea de corelație și analiza componentelor principale pentru râs	27
4.1.5. Matricea de corelație și analiza componentelor principale pentru urs	29
4.1.6. Matricea de corelație și analiza componentelor principale pentru căprior.....	31
4.2. Matricea de corelație și analiza componentelor principale pentru zona de cercetare Rovina.....	33
4.2.1. Matricea de corelație și analiza componentelor principale pentru căprior.....	33
4.2.2. Matricea de corelație și analiza componentelor principale pentru mistreț	35
4.3. Densitatea de probabilitate prin metoda Estimarea Densității Nucleului (KDE) pentru zona de cercetare Crasna-Valea Mare	37
4.4. Densitatea prin metoda Estimarea Densității Nucleului (Kernel) pentru zona de cercetare Rovina.....	42
4.5. Estimări ale abundenței și densității speciilor studiate bazate pe imaginile înregistrate de camerele fotografice capcană de imagine.....	43
4.5.1 Estimări ale abundenței	43
4.5.2 Estimările densităților pe specii prin utilizarea metodei REM	47
4.5.3 Estimările densităților pe specii prin utilizarea metodei N-mixture	49
4.5.4 Determinarea numărului de exemplare prin metoda de referință.....	52
4.5.5 Analiza integrată a datelor obținute prin cele 3 metode.....	53

CAPITOLUL 5.....	55
CONCLUZII. CONTRIBUȚII ORIGINALE. DISEMINAREA REZULTATELOR. DIRECȚII VIITOARE DE CERCETARE.....	55
5.1. Concluzii.....	55
5.2. Contribuții originale	56
5.3. Diseminarea rezultatelor	57
5.4. Direcții viitoare de cercetare.....	58
BIBLIOGRAFIE.....	59
Listă abrevieri.....	63
Listă de figuri	64
Listă de tabele	66

CAPITOLUL I

INTRODUCERE

Estimarea efectivelor populațiilor cinegetice constituie o preocupare majoră pentru toți factorii implicați în managementul și conservarea speciilor de mamifere. Lucrările privind estimările populațiilor de mamifere mari urmăresc cu precădere stabilirea cât mai precisă a mărimii acestora, respectiv a unor indici populaționali relevanți cum ar fi densitatea și abundența indivizilor de pe un anumit teritoriu. Structura pe clase de vârstă a populațiilor, raportul între sexe, starea de sănătate, gradul de hibridare și rata de reproducție sunt, de asemenea, parametri de interes ai estimărilor populaționale.

Studiile privind diversitatea și efectivele faunei sălbatice sunt importante pentru evaluarea stării populației în mediul existent (Ancrenaz et al., 2012). Actualizarea cu regularitate a datelor privind densitatea populațiilor animalelor și a nivelului interacțiunilor inter specifice este astfel crucială pentru a evalua variațiile spațio-temporale în populații (ouché et al., 2012).

Ecuția estimării populațiilor cuprinde mai multe variabile în raport de obiectivul stabilit. Principalii parametri variabili ai acestei ecuații sunt teritoriul (suprafața parcursă de lucrări și structura acesteia), resursa umană implicată, resursa financiară disponibilă, tehnica disponibilă, precum și unitatea de timp avută la dispoziție pentru a obține rezultatul.

Obiectivul urmărit în activitatea de conservare și management a faunei este acela menționat în lucrarea "Analiza și managementul populației de animale" (Byron Williams, 2002) și anume de a crea un algoritm care să integreze într-un cadru unic și coeziv toate valorile parametrilor din ecuația de estimare cu sistemul de modelare populațională și deciziile teoretice de management.

Informațiile privind distribuția și densitățile speciilor de mamifere, precum și celelalte atribute populaționale sunt date critice pentru managementul și conservarea biodiversității. Estimarea mărimii populației într-un oarecare habitat este esențial pentru cunoașterea caracteristicilor populațiilor de animale, dar și oferă indicii valoroase pentru sustenabilitatea acestora (Varman & Sukumar, 1995).

În consecință activitățile de estimare populațională vin să sprijine și să ofere suportul necesar procesului decizional, astfel încât să fie asigurate elementele sustenabilității sub raport cantitativ și calitativ pentru toate speciile și elementele vitale existenței lor.

Estimarea densității efectivelor și monitorizarea tendințelor populațiilor de carnivore mari nu este o activitate ușor de realizat; acestea reprezintă cele mai mari provocări ale cercetătorilor și managerilor din domeniul faunei (Linnell et al., 1998). Pornind de la aceste provocări, au fost dezvoltate o diversitate de metode de estimare a mărimii populațiilor și de monitorizare a distribuției acestora, iar spre

deosebire de alte grupuri de specii nu există metode standard recunoscute la nivel global (Linnell et al., 1998).

Dezvoltarea societății, a tehnologiei și, în consecință, a științei au permis progrese și în domeniul cercetării faunei, atât sub aspect fundamental cât și aplicat, ca urmare a provocărilor generate de exploatarea nerațională a resurselor naturale.

Metodele de cercetare sunt diverse și complexe, în general acestea sunt selectate în funcție de mediul de lucru, speciile de interes, scopul studiului și alte constrângeri care sunt inerente unui proiect dat (disponibilitatea resurselor umane sau financiare, de exemplu) (Lee White & Ann Edwards, n.d.).

O evoluție semnificativă a metodelor de estimare a populațiilor a avut loc de-a lungul istoriei. La început, recensarea (inventarierea integrală) indivizilor pe suprafețe mici era utilizată pentru a determina mărimea resursei de hrană. Ulterior, datorită dezvoltării societății și nevoilor de cunoaștere pe arii mai extinse, au apărut metode de estimare pe suprafețe de probă și respectiv metode de estimare pe bază de indici (O.Ionescu, 2011).

Așezarea pe fundamente științifice a acțiunilor de estimare a populațiilor de mamifere mari s-a realizat odată cu asumarea conceptului de "*sampling*".

Cercetările științifice axate pe estimarea mărimii populațiilor de mamifere mari, atât la nivel național și internațional, au adoptat diferite metodologii. Acestea includ standardizarea amplasării piețelor de probă sau combinații ale acestora, suprafețe de probă cu dimensiuni și forme diferite, precum și procente variabile ale eșantioanelor de probă, toate în raport de indicatorii de rezultat stabiliți, precizia dorită, unitatea de timp avută la dispoziție și respectiv resursa financiară și umană disponibilă.

Primele imagini cu mamifere au apărut oficial în 1906, când National Geographic a publicat 74 de fotografii realizate de George Shiras, considerat părintele fotografie faunei sălbatice. Ceea ce biologii moderni ar numi o „cameră capcană de imagini” a fost folosită pentru prima dată în SUA între 1878 și 1884 de englezul Eadweard James Muybridge.

F.Chapman (1927) a folosit mai târziu același sistem de camere capcană de imagini și sistemul de cabluri pentru a captura fotografii ale faunei de pe insula Barro Colorado din Panama. Acești pionieri au popularizat camerele automate în rândul Frăției Americane de Vânătoare (Sanderson & Trolle, 2005), o inițiativă care a contribuit la extinderea pieței camerelor de urmărire la nivel global (Meek et al., 2012). Funcționarea camerei fotografice capcană este complexă și a fost supusă unor schimbări continue (Shiras, 1906, 1913; Guiler, 1985) până la modelele actuale (Rovero et al., 2013).

Primele camere fotografice capcană de imagini au fost comercializate în America sub marca Xenon, în 1980, foloseau bliț alb și erau alcătuite din două componente separate, una era camera propriu zisă, iar cealaltă componentă sistemul de fascicul infra-roșu care declanșa camera la întreruperea lui prin trecerea animalelor. Ulterior, după 20 de ani, au apărut camere fotografice capcane de imagini cu unități integrate, care cuprind senzori de mișcare, fascicul infra-roșu și dispozitive optice performante de

capturare a imaginilor. Majoritatea camerelor fotografice capcană de imagini au ca principiu de funcționare un senzor infraroșu pasiv (piroelectric) (PIR), care detectează mișcarea prin schimbările produse în lumină roșie ca urmare a energiilor emise într-o formă de radiație infraroșu produse de animale. Toate animalele emit o semnătură de căldură în spectrul infraroșu, iar senzorii PIR detectează această diferență, declanșând astfel camera (Meek et al., 2012). Pe piață există o gamă extinsă de mărci și modele de camere fotografice capcană de imagini, cu funcții noi dezvoltate în fiecare an. Mărci și modelele de camere pot varia semnificativ în funcție de caracteristici și specificații (Cutler, T.L., and Swann, 1999) (Swann et al., 2011).

Sub raport științific, numărul publicațiilor din categoriile ecologie, biologie, zoologie și veterinar din Web of Science având cuvinte cheie "*camera trap*", "*infrared triggered camera*", "*trail camera*", "*automatic camera*", "*photo trap*", "*remotely triggered camera*", "*remote camera*" au crescut ca frecvență de la sub 0,5% la începutul anilor '90 până la aproape 3% în anul 2013 (Rovero et al., 2013).

Primele studii care au folosit camerele fotografice capcane de imagini în scopul conservării mamiferelor mari au apărut în anii 1990 și s-au concentrat asupra tigrlui, *Panthera tigris* (Griffiths & Schaik, 1993); (Karanth, 1995).

Un procent important din proiectele de conservare și cercetare vizează managementul speciilor protejate, care implică monitorizarea în timp și spațiu a acestora (Trolliet et al., 2014). Astfel, majoritatea studiilor din prezent care folosesc camerele fotografice capcane de imagini urmăresc estimarea densităților populațiilor (Kalle et al., 2011); (Garrote et al., 2021); (Oliveira-Santos et al., 2013) sau doar prezența speciei în zona studiată (Gil-Sánchez et al., 2011)(Gray et al., 2012); (Liu et al., 2012).

Metodele de analiză a datelor colectate de camerele fotografice capcană de imagine sunt într-o continuă dezvoltare. Actualmente sunt utilizate diferite metode de estimare a populației fără recunoaștere individuală: Model Time to Event (MTE) (Moeller, 2017), Random Encounter Model (REM) (Rowcliffe et al., 2008), Spatial Counts (SC) (Chandler & Andrew Royle, 2013), 2013; (Evans & Rittenhouse, 2018); (Howe et al., 2017), Random Encounter and Staying Time (REST) (Nakashima et al., 2018) și, mai recent, un model care ia în considerare utilizarea spațiului de către specie (Luo et al., 2020) (Palencia et al., 2022). Principiul de analiză a celor mai multe din aceste metode se bazează pe frecvența de întâlnire, abordările sunt însă diferite.

În timp ce unii dintre cercetători estimează abundența într-o zonă definită în mod explicit în model, ținând cont de când și unde sunt detectate animale (Chandler & Andrew Royle, 2013), alții estimează densitatea în câmpul vizual colectiv (FOV) al camerelor care sunt reprezentative pentru cadrul de eșantionare (Rowcliffe et al., 2008). O comparație teoretică mai aprofundată între metodele nemarcate a fost descrisă de Gilbert et al. (2020). Cu toate acestea, o comparație empirică a acestor metode în condiții de teren lipsește și este foarte solicitată (Palencia et al., 2022).

CAPITOLUL 2

SCOPUL ȘI OBIECTIVELE CERCETĂRILOR

Cunoașterea caracteristicilor populațiilor de mamifere, în special a mărimii acestora, este esențială pentru elaborarea unor politici și măsuri eficiente de management cinegetic și conservativ. Aceasta reprezintă un pas indispensabil în planificarea măsurilor tehnice de intervenție populațională în scopul utilizării sustenabile. În acest sens, scopul lucrărilor efectuate cu ocazia elaborării tezei de doctorat intitulată "Cercetări privind utilizarea camerelor fotografice (*photo trap camera*) în estimarea mărimii populațiilor de mamifere mari" îl constituie ***creșterea gradului de utilizare a camerelor fotografice în estimarea populațiilor de mamifere mari, prin dezvoltarea unei metode de analiză a imaginilor capturate care să fie utilizată în acțiunile de estimare periodică***, astfel încât să permită o creștere a calității rezultatelor, o reducere a costurilor financiare și a resurselor umane, precum și o transparență și credibilitate mai mare a activităților de estimare realizate.

Obiectivul general al cercetărilor este acela de estimare a populațiilor de mamifere din zonele de studiu Rovina (UAT București, județul Hunedoara) și bazinele forestiere Crasna și Valea Mare (UAT Măneciu și UAT Izvoarele, județul Prahova), folosind capcanele de imagini (camere fotografice).

În vederea îndeplinirii scopului și obiectivului general al cercetărilor s-au stabilit următoarele obiective specifice:

1. Stabilirea metodelor de estimare comparativă a populațiilor de mamifere în zona de studiu prin:
 - Stabilirea formatului și modelului de colectare de date privind speciile țintă
 - Identificarea modelelor și software-urilor potrivite pentru procesarea, analiza și interpretarea eficientă a datelor obținute.
2. Determinarea parametrilor populațiilor de mamifere mari în aria de studiu prin:
 - Aplicarea de metode diferite de estimare a densității populațiilor de mamifere în zonele cercetate.
 - Utilizarea software-urilor statistice pentru a calcula parametrii populațiilor de mamifere mari.
3. Evaluarea eficienței camerelor fotografice în estimarea populațiilor de mamifere mari prin:
 - Compararea rezultatelor obținute prin metodele de analiză cu metoda de estimare de referință.
 - Determinarea factorilor care influențează utilizarea metodei de estimare pe baza de imagini fotografice.

CAPITOLUL 3

METODA ȘI MATERIALUL DE CERCETARE

3.1 Localizarea cercetărilor

Cercetările efectuate în vederea estimării populațiilor de mamifere mari folosind metoda camerelor fotografice s-au desfășurat în perimetrul de Exploatare Rovina din județul Hunedoara și bazinele hidrografice forestiere Crasna și Valea Mare din județul Prahova (*Figura 1*).

Zona de studiu Rovina este localizată în fondurile cinegetice numărul 9 denumit Rovina și numărul 8 denumit După Piatră. Fondul cinegetic numărul 9 Rovina este administrat de Asociația Județeană a Vânătorilor și Pescarilor Sportivi (AJVPS) Hunedoara, iar fondul cinegetic numărul 8 După Piatră este gestionat de „AVPS Căprioara Vișca”. Administrativ zona de studiu se află pe raza comunei București. Suprafața zonei de studiu este de 2767,75 ha.

Bazinele hidrografice Crasna și Valea Mare cu o suprafață de aproximativ 5600 ha sunt incluse în totalitate în fondul cinegetic numărul 27 denumit Teleajen, gestionat de Universitatea Transilvania din Brașov. Administrativ, zona de studiu se află teritorial pe U.A.T. Izvoarele și Măneciu.

Suprafața totală a celor două bazine este acoperită în principal de vegetație forestieră. Terenurile agricole cuprinse în cadrul celor două bazine sunt reprezentate de pășuni și livezi.

Amplasamentul cercetărilor

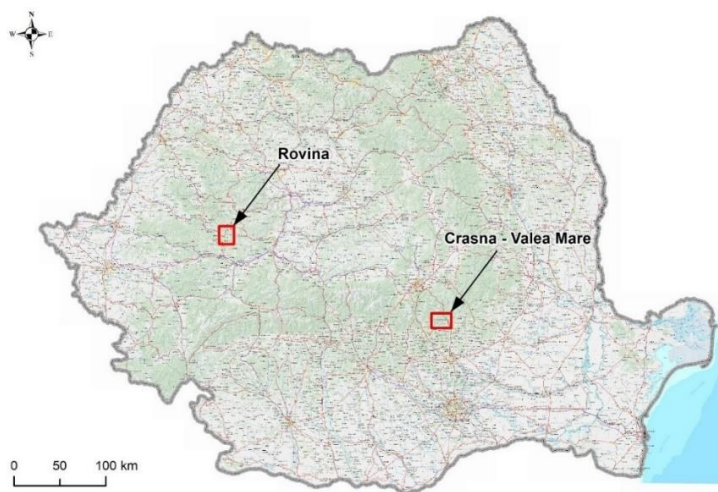


Figura 1. Localizarea zonelor de cercetare

3.2. Stabilirea metodelor de estimare comparativă a populațiilor de mamifere mari în zonele de studiu

3.2.1. Speciile de faună analizate

Cercetările din cadrul temei de doctorat s-au axat pe speciile de mamifere mari de interes cinegetic cu valoare cinegetică și conservativă ridicată. Pentru zona Rovina, datorită suprafeței mai mici de cercetare și a schemei de eșantionare (500X500m) s-au abordat și specii cu interes cinegetic de interes secundar (ex. căpriorul), raza zilnică de activitate a acestora asigurând o abordare integrată a metodelor de estimare.

Speciile din *tabelul 1*, prezentate detaliat în Anexa 1, sunt cele care au făcut obiectul lucrărilor de cercetare din cadrul tezei de doctorat și pentru care s-au estimat densitățile utilizând metode de analiză diferite în vederea calibrării și obținerii unor rezultate integrate.

Table 1 Speciile care fac obiectul cercetărilor

Nr. Crt.	Specia
1	Lup (<i>Canis lupus L.</i>)
2	Râs (<i>Lynx lynx L.</i>)
3	Urs (<i>Ursus arctos L.</i>)
4	Cerb comun (<i>Cervus elaphus L.</i>)
5	Mistreț (<i>Sus scrofa L.</i>)
6	Căprior (<i>Capreolus capreolus L.</i>)

3.2.2. Eșantionarea

În cadrul cercetărilor efectuate cu ocazia elaborării tezei de doctorat, estimarea parametrilor populațiilor speciilor de interes cinegetic din zona de cercetare s-a realizat folosind metoda capturilor de imagini (*photo-trap camera*). Deși metodele statistice avansate pentru colectarea de date pe teren s-au dezvoltat semnificativ (Burnham et al., 1980), estimarea dimensiunii populațiilor prin utilizarea unei singure tehnici generează incertitudini și poate conduce la interpretări variate ale rezultatelor obținute. În cadrul lucrării de doctorat rezultatele obținute prin metoda capturilor de imagini au fost analizate prin comparație cu rezultatele obținute prin utilizarea metodelor de estimare pe baza semnelor de prezență și a observațiilor directe a speciilor.

Diferențele de mărime între suprafețele celor două zone de cercetare și etologia speciilor, coroborat cu nevoia de analiză comparativă a metodelor au impus abordări diferite ale mărimii gridului de eșantionare.

Astfel, pentru colectarea datelor în prima fază a studiului în zona Rovina a fost amplasat un grid de 500x500 metri (*Figura 2*), iar pentru zona Crasna-Valea Mare s-a realizat un grid de 2000x2000 metri (*Figura 3*).

Pentru a asigura claritatea și transparența în colectarea datelor, fiecare transect a fost identificat printr-un cod bazat pe numerele intersecțiilor grilei. Au fost determinate maxim 19 transecte în zona Rovina și 7 transecte în zona Crasna-Valea Mare.

În prima etapă a cercetării, s-au parcurs transectele rămase (16 în zona Rovina și 7 în zona Crasna-Valea Mare), unde au fost colectate date privind indicatorii de prezență ai speciilor.

Amplasament Rovina

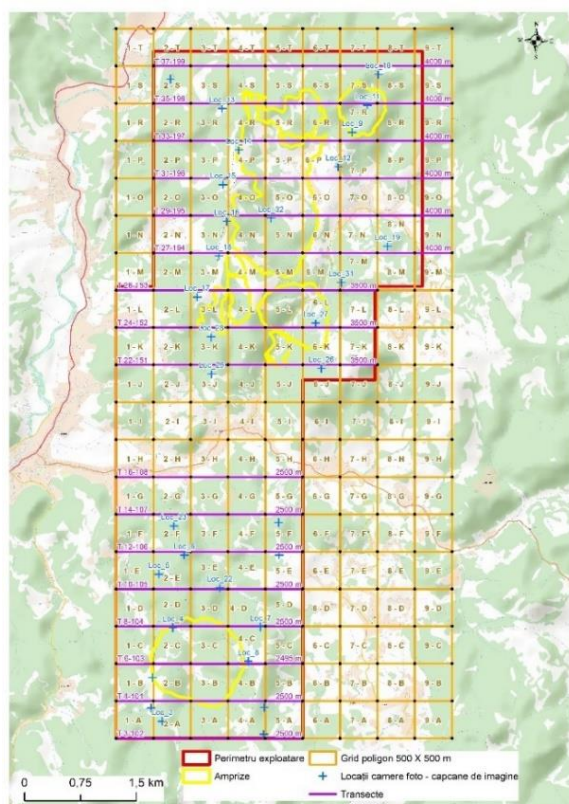


Figura 2. Eșantionarea zonei de cercetare
Rovina

Amplasament Crasna-Valea Mare

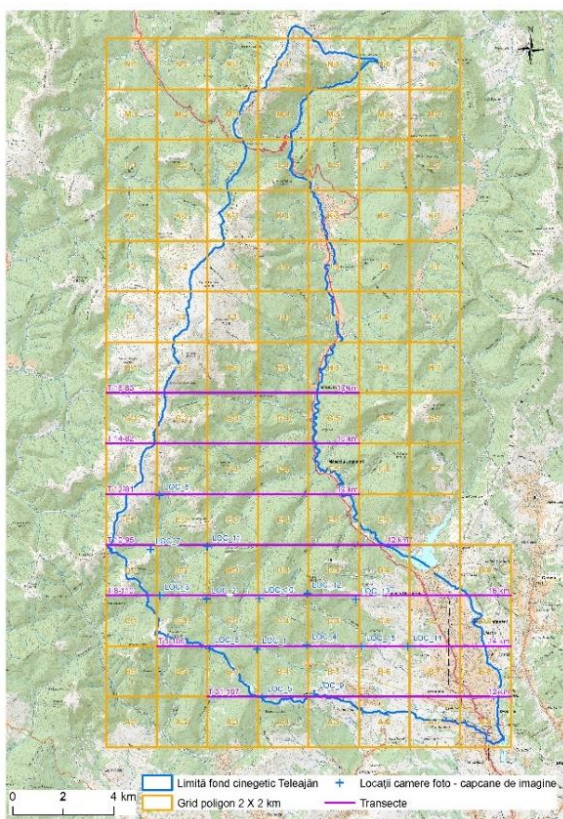


Figura 3 Eșantionarea zonei de cercetare
Crasna-Valea Mare

Parcurgerea transectelor din zona Rovina a avut loc în martie, în condiții ce permiteau identificarea ușoară a urmelor, iar în zona Crasna -Valea Mare în luna martie-aprilie, pe strat insular de zăpadă și sol moale.

În etapa II a lucrărilor, în zona Rovina s-au instalat la nivelul fiecărui transect 2 camere fotografice pentru capturare imagini. Alegerea punctelor de instalare a camerelor fotografice capcană de imagini s-a realizat în faza de birou, astfel pentru zona Rovina camerele fotografice au fost instalate individual în punctele cu cea mai mare densitate a semnelor de prezență a speciilor din cadrul fiecărui transect.

Pentru zona Crasna-Valea Mare abordarea a fost diferită. Astfel, la nivelul fiecărui punct de intersecție al gridului, într-o piață de probă în formă de cerc cu raza de 130 de metri și centrul cercului suprapus

cu punctul de intersecție al gridului, au fost instalate minim două și maxim trei camere, în punctul cu condiții de vizibilitate și luminozitate maximă care să permită înregistrarea de imagini și buna funcționare a echipamentelor cu panou solar.

Pentru zona Rovina camerele au fost instalate individual, în fiecare punct câte o cameră fotografică, iar pentru zona Crasna -Valea Mare au fost instalate grupat câte 2 camere fotografice în 9 locații și câte 3 camere fotografice în 6 locații. În punctele unde au fost instalate 2 sau 3 camere, instalarea s-a realizat astfel încât câmpurile de capturare ale acestora să fie suprapuse. Capturarea de imagini s-a realizat în perioade diferite ale anului în cele două locații. În zona Rovina perioada de monitorizare experimentală a fost octombrie-decembrie, iar pentru zona Crasna-Valea Mare a fost aleasă perioada ianuarie-februarie, motivat pe lângă vizibilitate și de necesitatea de energie solară în pădure pentru a asigura funcționalitatea camerelor Bolly și Reolink dotate cu panou solar.

Pentru metoda de referință, culegerea datelor din teren s-a realizat pentru speciile din anexa 1 a Legii 407/2006 (cerb, căprior și mistreț) conform instrucțiunilor aprobate prin Ordinul 2847/2022 al Ministerului Mediului Apelor și Pădurilor, iar pentru speciile protejate din Anexa 2 a Legii 407/2006 (urs, lup și râs) conform adreselor Ministerului Mediului, Apelor și Pădurilor nr. 147714/2022 și 50300/2023.

Pentru cerb comun, căprior și mistreț metodologia a presupus culegerea de date direct și indirect. Culegerea de date în mod direct s-a realizat în perioada septembrie-octombrie, în zona de cercetare, pentru cerbul comun în 7 locuri de boncănit, iar pentru mistreț în 6 puncte de hrănire. Pentru colectarea de date în mod indirect pentru cele 3 specii, suprafața de cercetare a fost împărțită în 3 trei zone unde au fost parcurse concomitent ca piețe de probă (*Figura 4*), în luna februarie, 4 culmi și 4 văi cu lungimi variabile cuprinse între 7 și 15 km.

Pentru urs, lup și râs metodologia presupune culegerea de date pe toată perioada anului cu privire la semnele de prezență, unitățile reproductive și observațiile directe. Pentru zona de studiu culegerea datelor pentru lup și râs s-a realizat, în luna februarie, pe culmile și văile unde au fost colectate datele și pentru cerbul comun.. Pentru urs colectarea datelor s-a realizat prin observație directă la punctele de hrană asigurate pentru mistreț și cervide și indirect prin semnele de prezență pe tot parcursul anului.

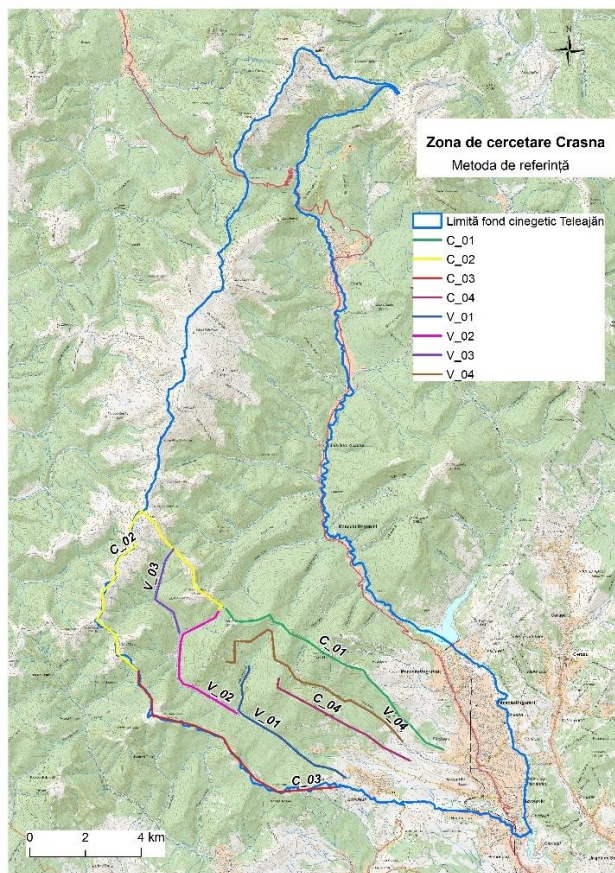


Figura 4 Piețele de probă pentru metode de referință

3.2.3. Echipamente utilizate

Pentru zona Rovina s-au utilizat 32 de camere fotografice capcană de imagini marca ForestCam LS 870.

Pentru zona Crasna - Valea Mare s-au utilizat 36 de camere phototrap, din care 15 camere marca Forest Cam LS870, 15 camere marca Reolink și 6 camere marca Bolly.

Dispozitivele GPS utilizate pentru colectarea datelor de teren de pe transecte au fost marca Trimble Juno S8, pentru descărcarea datelor fiind utilizat un laptop marca HP, modelul Legion. Capturarea de imagini pe transecte s-a făcut folosind camerele și aplicațiile telefoanelor mobile marca Samsung și Apple. Deplasările în teren s-au făcut cu auto 4X4 marca Dacia Duster și Nissan Navara.

3.2.4. Metoda de culegere a datelor din teren

Instalarea camerelor fotografice capcană de imagini s-a realizat de o echipă formată din doi operatori, perimetrul local de capturare fiind ales pe baza elementelor de micro-orografie (ex. poteci de vânat) și a elementelor suport pentru camerele fotografice. Camerele fotografice capcană de imagini au fost

amplasate în zone cu câmp de vizibilitate maxim și probabilitate foarte mare de capturare a imaginilor. Instalarea s-a făcut pe arbori, prin fixare cu centuri sau holțșuruburi, la înălțimi variabile, cuprinse între 2,5 m și 3 m. Stabilirea înălțimii de instalare a camerei a fost impusă în primul rând de riscurile de distrugere a camerelor de către urs și în al doilea rând de posibilele furturi ale acestora. Pentru fiecare punct de instalare s-a creat un fișier în GPS-ul utilizat care cuprinde în principal numărul locație, coordonatele, data de instalare, data schimbării cardului, numărul de camere instalate, detalii de ghidare, detalii de habitat, etc.

Culegerea datelor înregistrate de camere s-a realizat prin schimbarea cardurilor, descărcarea imaginilor de pe aceste carduri în baza de date, iar pentru camerele Forest Cam în raport de activitate și consumul de energie au fost schimbați acumulatorii, iar pentru celelalte modele de camere fotografice, acolo unde a fost necesar, s-au repositionat panourile solare pentru eficientizarea încărcării acumulatorilor. Descărcarea datelor s-a realizat în format JPG File și MP4 File, folosind extensiile Windows 11 Pro.

Colectarea datelor pe transecte s-a realizat utilizând GPS marca Trimble Juno 38 pentru fiecare semn de prezență, s-a realizat o înregistrare de imagine, respectiv s-a notat poziția cu GPS-ul. S-a creat un fișier pentru fiecare transect pe baza codului de identificare, ulterior datele fiind descărcate la birou folosind programul Trimble GPS Pathfinder Office. Datele încărcate în GPS pentru fiecare punct ridicat descriu specia, denumirea semnului de prezență, cantitatea, tipul local de habitat și eventual numărul estimat direct sau indirect de exemplare.

Colectarea datelor prin metoda de referință s-a realizat pentru zona de cercetare Crasna-Valea Mare, similar metodologie aplicate în cadrul cercetărilor de la Ocolul Silvic Tinca (județul Bihor) prin parcurgerea traseelor de evaluare în perioadele recomandate de actele normative menționate anterior și au fost completate fișele și centralizatoarele anexate la instrucțiunile și adresele autorităților publice privind evaluarea/estimarea efectivelor speciilor de faună de interes cinegetic sau protejate.

Pentru cerbul comun datele de teren au fost culese direct și indirect: direct - prin ascultarea cerbilor la boncănit în septembrie; și indirect - prin citirea urmelor pe zăpadă în februarie. Pentru colectarea de date în mod direct deplasarea în teren s-a făcut 3 zile consecutiv, atât dimineața cât și seara, pentru fiecare punct de observație a fost completată o Fișă de observație tip 2.0, iar la finalul acțiunii s-a completa Centralizatorul tip 2.1.

Pentru căprior datele colectate direct au fost culese în iulie, în perioada alergatului, iar cele colectate indirect în februarie, prin citirea urmelor pe zăpadă. Pentru colectarea de date în mod direct deplasarea s-a realizat 3 zile consecutiv, la răsărit și la apus de soare, în fiecare punct de observații, s-a completat Fișa de observații tip 3.0, iar la finalul acțiunii s-a completat Centralizatorul 3.1.

Colectarea datelor în mod indirect pentru cerb comun și căprior s-a realizat prin parcurgerea culmilor și văilor stabilite anterior în faza de birou și s-au completat de către observatori Fișa de observații tip 2.2 și Centralizatorul 2.3 pentru cerb, respectiv Fișa de observații tip 3.2 și Centralizatorul 3.3 pentru căprior.

Pentru mistreț în februarie s-au cules date direct prin observații la punctele de hrănire și indirect prin citirea urmelor pe zăpadă. S-a completat la fiecare punct de hrănire Fișa de teren tip 5.0, iar la finalul acțiunii Centralizatorul 5.1.

Pentru urs, lup și râs culegerea indirectă a datelor s-a făcut prin înregistrarea semnelor de prezență, prin parcurgerea culmilor și văilor stabilite anterior în faza de birou, coroborat cu acțiunea de evaluare la cervide. Pentru urs datele colectate direct au fost înregistrate prin observații la punctele de hrănire pentru mistreț și cervide. Pentru fiecare zi de observație a fost completată Fișa de observații Anexa 1A la scrisoarea 50300/2023, iar toate datele din fișele de observații au fost înregistrate în Centralizatorul 2A din aceeași scrisoare a Ministerului Mediului, Apelor și Pădurilor.

3.2.5. Metoda de analiză și interpretare a datelor

Datele colectate în cadrul tezei de doctorat au fost analizate în mod integrat în vederea obținerii unor rezultate care să permită calibrări și comparații metodice, atât în interiorul zonelor cercetate cât și între cele două zone studiate Rovina, respectiv Crasna -Valea Mare.

Analiza datelor colectate la nivelul transectelor privind semnele de prezență ale speciilor au avut două abordări. Prima abordare a constat în stabilirea unor corelații privind semnele de prezență ale speciilor și condițiile de habitat forestier caracterizate de elementele cuantificabile și structurale din amenajamentele silvice. A doua abordare a constat în transformarea lor în densități de probabilitate, respectiv din puncte în suprafețe continue.

Astfel, pentru zona Crasna-Valea Mare s-a aplicat o **analiza multivariată** a datelor referitoare la prezența speciilor de vânat (semnele de prezență), corelată cu diverse caracteristici ale arboretelor din fondul forestier pentru o înțelegere a interdependenței faunei sălbatice cu habitatul. În acest sens, am utilizat o matrice de corelații pentru a evidenția relațiile dintre multiplele variabile implicate, urmată de o *Analiza Componentelor Principale* (PCA), metodă recunoscută pentru eficiența sa în reducerea dimensiunii unor seturi complexe de date.

Informațiile privitoare la fondul forestier au fost extrase din baza de date amenajistică, respectiv din Amenajamentul silvic al pădurilor în care au fost realizate observațiile asupra prezenței speciilor de faună sălbatică. Aceste date sunt esențiale, având în vedere că ele caracterizează condițiile ecologice și de mediu pentru specii și reflectă o serie de relații inter-specifice.

În setul de date analizat, am folosit o scală de valori care indică importanța variabilelor, unde valoarea 1 denotă o importanță minimă, iar valorile maxime indică o importanță corespunzătoare. Astfel, am trecut în revistă mai multe elemente relevante, printre care se numără:

1. *Prezența faună* prin intermediul observațiilor (Pz_fauna), unde valoarea 1 are importanță minimă, iar n importanță maximă;
2. *Altitudine teren* (ALT), unde valoarea 0 are importanță minimă, iar n importanță maximă;

3. *Categoria de pădure* (Cat_Pad), unde valoarea 1 (Rășinoase) are importanță minimă, iar 2 (Foioase) importanță maximă;

4. *Subunitate de producție* (SUP), unde Codru regulat (A) are valoare 1, Păduri de protective (M) are valoarea 2 și Codru grădinărit are valoarea 3;

5. *Expoziția terenului* (EXPOZITIE), cu următoarele valori:

N, NE și NV au valoarea 1; V are valoare 2; E, SE, SV au valoare 3, iar S are valoarea 4.

6. *Inclinare teren* (INC). Importanța valorilor este stabilită în raport cu valoarea înregistrată, astfel pentru o inclinare mai mică, importanța va fi mai mare și invers.

7. *Caracterul actual al tipului de pădure* (CRT_PAD), care caracterizează natura leșea ecosistemelor forestiere, are valorile: 1-păduri artificiale, 2 păduri derivate și 3-păduri naturale.

8. *Litiera* (LITIERA), care caracterizează grosimea stratului de frunze, are valoarea 1 pentru minim și 5 pentru maxim.

9. *Structura arboretului* (STR) are următoarele valori: 1-arboret echien, 2 relativ echien, 3-arboret relativ plurien și 4- arboret plurien.

10. *Consistentă arboretului*, exprimată prin gradul de închidere al coronamentului (DNS), cu valori caracterizate de o importanță minimă pentru valori minime (1,0 și 0,9) și maximă pentru valori 0,1 și 0,2.

11. *Vârsta arboretului* (VRT), unde valorile mici au importanță maximă și valorile mari au importanță minimă.

12. *Lucrările executate* în cadrul unității amenajistice (ua-ului) (LCR_EXT), cu următoarele valori: 0-fără lucrări, 1-lucrări accidentale, 2-rărituri, 3-degajări și curățiri iar 4-tăieri cvasigradinarite (jardinarii) și tăieri progresive.

13. *Specia principală* din arboret (SP_PRINC_ARB), cu valorile 1-Brad și Molid; 2-Anin și mestecăn; 3- Fag, iar 4-Gorun.

14. *Volum arboret* (VOLUM), unde o valoare minimă reprezintă o importanță minimă și o valoare maximă reprezintă o importanță maximă.

Analiza datelor s-a realizat conform următoarelor etape și metode:

Pentru a reduce dimensionalitatea seturilor de date și pentru a obține o vizualizare mai detaliată a relațiilor dintre variabile, s-a utilizat metoda **Principal Component Analysis (PCA)** (Mudrov & Proch, 2005); (Greenacre et al., 2022). Această metodă a permis identificarea componentelor principale care explică cea mai mare parte a varianței din date, oferind o perspectivă mai clară asupra structurii datelor și a corelațiilor dintre variabile.

Analiza a fost realizată folosind pachete specifice din mediul de programare **R**, prin intermediul aplicației **R Studio** (R Core Team, 2025). Pachetele utilizate includ:

1. **corr** (Kuhn, 2020): Acest pachet a permis explorarea corelațiilor dintre variabile, oferind o bază solidă pentru înțelegerea relațiilor dintre prezența speciei și caracteristicile arboretului.

2. **ggcorrplot** (Kassambara, 2022): Acest pachet a fost utilizat pentru vizualizarea grafică a matricelor de corelație, facilitând interpretarea vizuală a relațiilor dintre variabile.

3. **FactoMineR** (Lê et al., 2008): Acest pachet a fost esențial pentru efectuarea analizei factoriale și a PCA, permițând reducerea dimensionalității datelor și identificarea componentelor principale.

4. **factoextra** (Kassambara & Mundt, 2020): Acest pachet a fost utilizat pentru extragerea și vizualizarea rezultatelor analizelor multivariate, oferind o reprezentare grafică clară a componentelor principale și a structurii datelor.

În termeni mai specifici, metoda **PCA** a fost aplicată pentru a identifica modele și relații între prezența speciei și variabilele de mediu.

Folosirea aplicației R Studio (R Core Team 2019) a permis o gestionare eficientă și o interpretare integrată a complexității datelor, având la dispoziție instrumentele necesare pentru obținerea informațiilor valoroase

*Pentru analiza cantitativă a datelor colectate la nivelul transectelor privind semnele de prezență ale speciilor am utilizat metoda de analiză geospațială ArcGIS corelată cu metoda **Kernel Density Estimation (KDE)** de estimare a densității de probabilitate (prezențele punctuale ale speciilor studiate distribuite gradual pe suprafețe cu valori continue în jurul fiecărui punct care reflectă densitatea relativă a acestora într-un anumit teritoriu).*

Pentru a transforma datele punctuale de prezență a speciilor în date de tip poligon, reprezentând suprafețe continue, s-a utilizat Estimarea Densității Nucleului (*Kernel Density Estimation KDE*) pentru cele două zone de cercetare (Rovina și Crasna – Valea Mare). Metoda KDE oferă o estimare non-parametrică a funcției de intensitate necunoscute subiacente (Waller and Gotway, 2004).

Această metodă este larg utilizată în diverse domenii științifice, precum în studiul incendiilor de vegetație, pentru identificarea tiparelor de apariție a incendiilor (Lorent et al., 2015; Lorent et al, 2018); (Oliveira et al., 2012), ecologia faunei sălbatice (Fleming & Calabrese, 2017); (FIEBERG, 2007) sau analiza incidentelor infracționale (Levine & Associates, 2013), asigurând o reprezentare cuprinzătoare a zonei analizate.

Pentru aplicarea metodei KDE am utilizat datele de teren (semnele de prezență) colectate pe transectele din zonele cercetate și anume coordonatele semnelor de prezență, ora de ridicare a acestora, tipul de habitat și estimările cantitative. Prin metoda KDE am urmărit obținerea unei densități continue pornind de la punctele fixe ale prezenței speciilor. În analiza densității nucleului, selecția lățimii de bandă (bandwidth) este esențială, având adesea o importanță mai mare decât alegerea funcției nucleului (Kuter et al., 2011). Acest parametru determină nivelul de influență al fiecărui punct în estimarea densității (distanța influenței funcției Kernel în jurul punctului). Am determinat lățimea de bandă optimă prin calcularea distanțelor medii către al N-lea cel mai apropiat vecin folosind algoritmul

Calculate Distance Band from Neighbor Count implementat în programul ArcGIS. Acest algoritm returnează distanța minimă, maximă și **medie** până la al N-lea cel mai apropiat vecin (N este un parametru de intrare) pentru un set de entități. După multiple teste, am identificat valoarea optimă a numărului de puncte învecinate prin examinare vizuală și luând în calcul între 10% și 20% din numărul total de puncte din zona studiată pentru fiecare specie în parte și proporțional cu raza zilnică de activitate a speciei.

Pentru a trata observațiile în mod consecvent în diferite concentrații, s-a utilizat funcția nucleului de distribuție normală cu o lățime de bandă fixă, asigurând astfel un proces standardizat de gestionare a datelor pentru fiecare zonă de cercetare în parte.

Ecuția matematică care fundamentează metoda KDE de stabilire a densității de probabilitate cu două variabile este:

$$\hat{f}(x) = \frac{1}{nh^2} \sum_{i=1}^n K\left\{\frac{(x - X_i)}{h}\right\}$$

unde:

n - numărul de puncte (semne de prezență);

h - parametru de netezire (lățimea de bandă);

K - funcția de densitate Kernel;

x- vector de coordonate al locației unde funcția este estimată;

x_i - coordonatele punctelor (semnelor de prezență).

Metoda Kernel Density Estimation (KDE) a fost utilizată pentru a transforma prezențele punctuale ale speciilor studiate în suprafețe cu valori continue, care reflectă densitatea relativă a acestora într-un anumit teritoriu. Această metodă permite estimarea distribuției spațiale a speciilor pe baza unui set de puncte georeferențiate, obținute din datele de teren culese prin parcurgerea transectelor.

Prin aplicarea KDE, fiecare punct de prezență este utilizat pentru a genera o suprafață de influență cu o funcție de nucleu (Kernel) care distribuie gradual densitatea în jurul fiecărui punct, în funcție de o rază de căutare (bandwidth). Rezultatul este o hartă cu valori continue, unde regiunile cu densități mai mari de puncte sunt evidențiate prin valori ridicate, iar cele cu prezență scăzută sau absență sunt redată prin valori mai mici. Hărțile de densitate de probabilitate ale punctelor de prezență au fost generate pentru fiecare specie și zonă de cercetare.

Analiza datelor colectate de camere a fost realizată folosind două metode, ambele utilizate în situațiile în care nu se poate face identificarea indivizilor speciilor capturate în imagini.

Prima metodă, **Random Encounter Method (REM)**, utilizată în analiza datelor din cadrul tezei de doctorat calculează densitatea speciilor studiate pornind de la principiul că indivizii sunt capturați aleatoriu într-un interval de timp și la o anumită distanță.

A doua metodă, **N-mixture Method**, utilizată la prelucrarea datelor are posibilitatea de a estima densitatea speciilor pe baza numărului de imagini capturate și a probabilității de detectare.

Prin urmare, am utilizat metodele REM și N-mixture pentru a estima numărul de exemplare din zona studiată și am corelat aceste estimări cu rezultatele metodei de referință.

Pentru gestionarea și organizarea imaginilor capturate de camerele fotografice s-a utilizat aplicația "DigiKam", care prin instrumentele puse la dispoziție a permis organizarea pe foldere distincte precum și etichetarea imaginilor capturate pe specii și număr de exemplare.

Pentru utilizarea în modul de *programare R* a metadatelor prelucrate cu aplicația DigiKam s-a utilizat funcția "imageRename" pentru etichetarea imaginilor pe baza metadatelor lor, ulterior fiind create cu funcția "createSpeciesFolders" folder-e distincte în care acestea au fost aduse.

Crearea bazei de date utilizată de funcțiile de analiză din mediul de *programare R* s-a creat cu ajutorul funcției "recordTable". Baza de date astfel organizată a permis prelucrarea datelor și aplicarea metodelor de analiză.

Metoda REM utilizează imaginile cu animale capturate de camerele fotografice fără nevoia de a face o identificare individuală a animalelor (Rowcliffe et al., 2008).

Metoda **REM** folosește ecuația:

$$D = \frac{y}{t} \cdot \frac{\pi}{v \cdot r \cdot (2 + \theta)}$$

unde:

y- numărul de înregistrări;

t- efortul total de sondaj;

v-raza zilnică de activitate;

r- raza de detectare a camerei;

θ- unghiul zonei de detectare a camerei.

Numărul de înregistrări a fost considerat ca fiind dat de numărul de exemplare din capturile de imagini. Numărul de capturi de imagini utilizat a fost stabilit din numărul total de capturi realizate la un interval de 120 de secunde.

Raza zilnică de activitate a fost stabilită utilizând procedura descrisă de P.Palencia et al. (2021). Astfel, s-a utilizat pachetul „trappingmotion”, din R (Palencia et al., 2022); Rowcliffe, 2019), prin care s-a

calculat raza zilnică de activitate. Pentru calculul între detecții s-a utilizat funcția „*dayrange*”, respectiv algoritmul *Haversine* pentru calculul distanțelor între detecții.

Pentru a estima raza și unghiul efectiv de capturare am aplicat procedura menționată de J.M.Rowcliffe și colab. (2011), prin utilizarea metodei *Distance sampling* de analiză a poziției exemplarelor din imaginile capturate. În calculul densităților au fost luate în considerare erorile standard ale razei de activitate, respectiv a razei și unghiului de detectare al camerelor. Calculul varianței generale a estimărilor densității s-a realizat folosind metoda delta (Seber, 1982) și pachetul R „*emdbook*” (Bolker, 2019), respectiv funcțiile R „*camtools*”.

Metoda N-mixture este accesibilă și destul de simplă, presupune utilizarea camerelor fotografice capcană de imagini relativ ieftine în cadrul unui eșantion adecvat cu o sortare a imaginilor, o identificare și numărare a animalelor și o analiză a înregistrărilor repetate în cadrul unui algoritm (Grant M. Harris et al., 2024).

Pentru aplicarea metodei N-mixture am folosit pachetul R ‘*unmarked*’ (Fiske & Chandler, 2011)¹; (Fiske & Chandler, 2011), care este potrivit modelelor ierarhice de abundență și detecție a animalelor pe camere fotografice capcană de imagini amplasat eșantionat.

Pentru prelucrarea datelor, folosind funcția “*umf_abundance*”, s-a creat o structură de date organizată, care cuprinde pentru fiecare cameră istoricul de identificare, altitudinea și tipul de habitat.

Funcția “*pcount*” din pachetul “*unmarked*” a fost utilizată pentru a modela abundența unei specii folosind **modelul N-mixture**. Acesta a permis estimarea numărului real de animale din zona studiată, luând în considerare **detectabilitatea imperfectă** (faptul că nu toate animalele prezente au fost detectate de camere fotografice capcană de imagini instalate).

Avantajele metodei REM pe lângă faptul că nu necesită identificarea indivizilor se poate utiliza în habitate vaste și nu necesită date extrem de riguroase, deci reduce efortul logistic. Limitarea metodei este dată de faptul că raza zilnică de activitate care intră în ecuația de calcul poate fi calculată cu erori.

N_mixture este o metodă care se bazează pe probabilitatea detectării, are avantajul că prin repetiții ale eșantionării, corectează eroare de detectare. La fel ca și metoda REM nu necesită identificarea indivizilor și în plus poate fi aplicată și pe date incomplete (caz de defecțiune a unei camere) erorile fiind corectate prin modelare statistică. Limitarea metodei este data de logistică, precizia reflectând numărul repetițiilor de eșantionare și în plus este sensibilă la modificări ale mărimii populațiilor pe perioada repetiției eșantioanelor.

Analiza datelor colectate indirect prin metoda de referință s-a realizat prin suprapunerea temporală și spațială a datelor de teren colectate pe cele 3 culmi și 4 văi. La finalul fiecărei zile de observații datele din Fișele de observații au fost interogate pentru evitarea dublei numărători, iar datele finale au fost înregistrate în centralizatoare standardizate. Analiza datelor colectate direct pentru fiecare specie s-a făcut prin compararea spațială și temporală a înregistrărilor și recunoașterea individuală a exemplarelor

sau cârdurilor. Datele înregistrate în Fișele de observații de observatori în fiecare punct de observație au fost analizate integrat de echipele de lucru, iar rezultatele au fost sintetizate zilnic în centralizatoarele tip.

Datele finale obținute prin prelucrarea datelor primare culese pe toată perioada anului direct sau indirect cu ocazia deplasărilor în teren au fost armonizate și integrate într-o bază de date pentru speciile urs, lup și râs.

Capitolul 4

REZULTATE ȘI DISCUȚII

4.1. Matricea de corelație și analiza componentelor principale pentru zona de cercetare Crasna-Valea Mare

4.1.1. Matricea de corelație și analiza componentelor principale pentru cerb comun

A) Rezultatele utilizării matricei de corelație pentru cerb comun (*Cervus elaphus L.*)

Analiza matricei de corelație (Figura 5) pentru cerbul comun (Pz_fauna) a evidențiat relații între prezența speciei și caracteristicile arboretului studiat. Se observă că prezența cervidelor pare să fie influențată, în mică măsură, de anumiți factori de mediu, însă aceste influențe nu sunt semnificative.

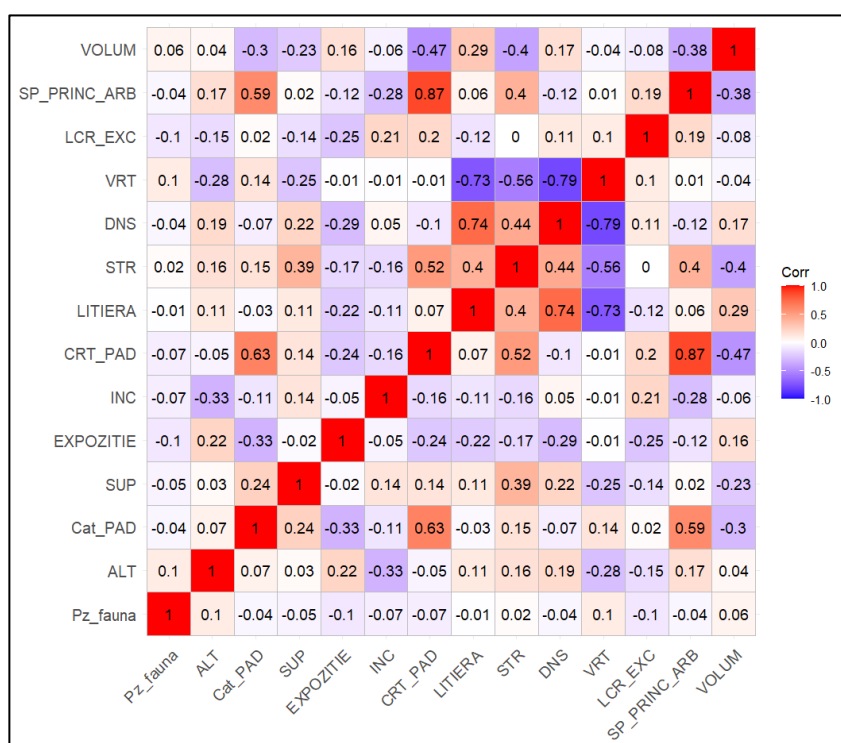


Figura 5. Matricea de corelație pentru cerb comun în zona Crasna-Valea Mare

În concluzie, prezența speciei cerb comun (*Cervus elaphus L.*) este influențată într-o oarecare măsură de factori precum altitudinea (ALT), expoziția (EXPOZITIE) și înclinarea (INC) terenului, precum și de structura arboretului (VOLUM, DNS). Aceste rezultate sugerează că specia este adaptabilă și poate tolera o varietate de condiții de mediu, cu o ușoară preferință pentru anumite caracteristici ale habitatului.

Interpretarea Analizei PCA pentru cerb comun (*Cervus elaphus* L.)

b) Rezultatele utilizării metodei Analiza componentelor principale (PCA)

Metoda **Principal Component Analysis (PCA)** a fost aplicată pentru a reduce dimensionalitatea datelor și pentru a identifica modele și relații semnificative între variabilele de mediu și prezența speciei cerb comun (**Pz_fauna**). Rezultatele utilizării metodei PCA sunt prezentate grafic în *Figura 6*.

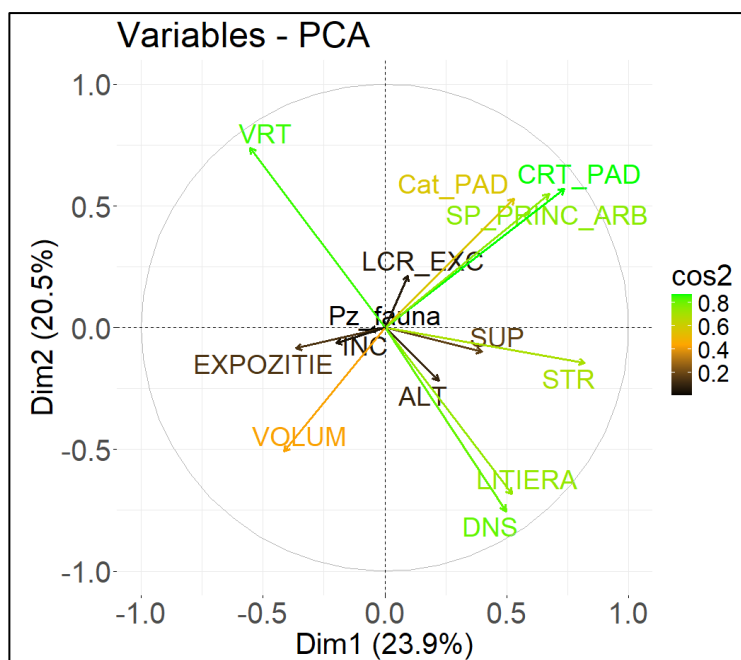


Figura 6. Analiza componentelor principale pentru cerb comun în zona Crasna-Valea Mare

Eigenvalues și Varianță Explicată

Primele două dimensiuni, **Dim.1** și **Dim.2**, explică cea mai mare parte a varianței din date, cu **23.9%** și respectiv **20.5%** din varianța totală. Împreună, aceste două dimensiuni reprezintă **44.4%** din varianța totală, ceea ce indică faptul că ele captează o parte semnificativă a informației din setul de date. Dimensiunile ulterioare, de la **Dim.3** până la **Dim.14**, explică progresiv mai puțină varianță, fiecare adăugând între **12.0%** și **0.5%** la varianța totală. Cumulat, toate cele 14 dimensiuni explică **100%** din varianța totală.

În concluzie analiza PCA a evidențiat faptul că primele două componente principale (**Dim.1** și **Dim.2**) explică o parte semnificativă a varianței din date, cu contribuții importante de la variabile precum **CRT_PAD**, **STR** și **DNS**. Prezența cervidelor (**Pz_fauna**) nu este puternic corelată cu primele două componente principale, ceea ce sugerează că alți factori, posibil neincluși în analiză, ar putea influența distribuția speciei. În plus, altitudinea (**ALT**) și densitatea (**DNS**) par să aibă o influență mai puternică asupra componentelor ulterioare, indicând că aceste variabile ar putea avea un rol mai important în structurarea habitatului cervidelor.

4.1.2. Matricea de corelație și analiza componentelor principale pentru mistreț

A) Rezultatele utilizării matricei de corelație pentru mistreț (*Sus scrofa*)

Pentru mistreț analiza matricei de corelație (Figura 7) pentru specie (**Pz_fauna**) a evidențiat relații între prezența acestei specii și caracteristicile arboretului studiat. Prezența mistrețului pare să fie influențată în mică măsură de anumiți factori de mediu, impactul acestor influențe fiind unul minor/ nesemnificativ.

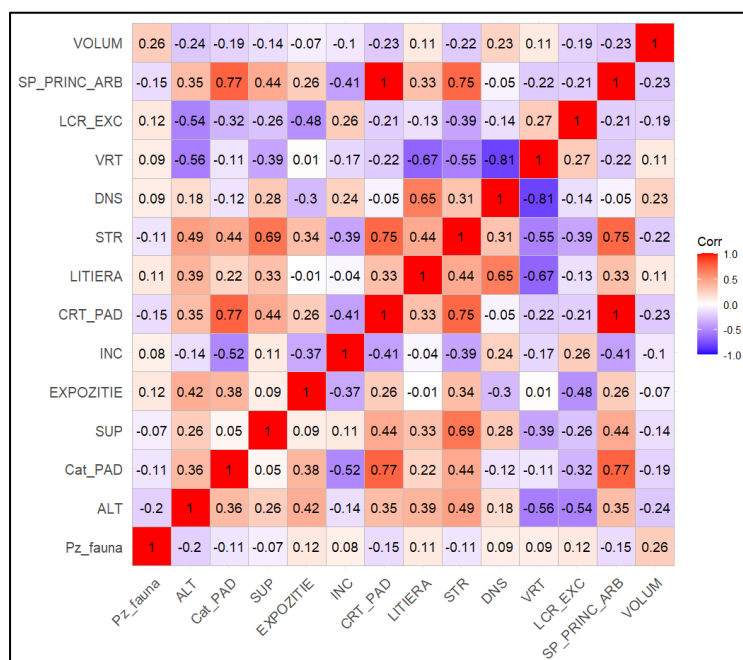


Figura 7. Matricea de corelație pentru mistreț în zona Crasna-Valea Mare

În baza rezultatelor de mai sus se poate spune că prezența mistrețului (*Sus scrofa* L.) nu este puternic corelată cu majoritatea caracteristicilor arboretului analizate în această matrice de corelație. Singurele influențe minore provin de la volumul vegetației și densitatea arboretului, dar acestea sunt foarte slabe. Preferința pentru zonele de altitudine mai mică este un factor ușor observabil, dar nu este semnificativ.

În concluzie, prezența mistrețului (*Sus scrofa*) este influențată într-o oarecare măsură de volumul și densitatea arboretului, dar aceste influențe sunt minore. Alți factori, posibil neincluși în analiză, ar putea juca un rol mai important în distribuția acestei specii.

Interpretarea Analizei PCA pentru mistreț (*Sus scrofa* L.)

B) Rezultatele utilizării Analizei componentelor principale (PCA) pentru mistreț (*Sus scrofa* L.)

Evaluarea prin metoda **Principal Component Analysis (PCA)** a fost aplicată pentru a reduce dimensionalitatea datelor și pentru a identifica modele și relații semnificative între variabilele de mediu și prezența speciei mistreț (**Pz_fauna**). Rezultatele PCA sunt prezentate grafic în Figura 8.

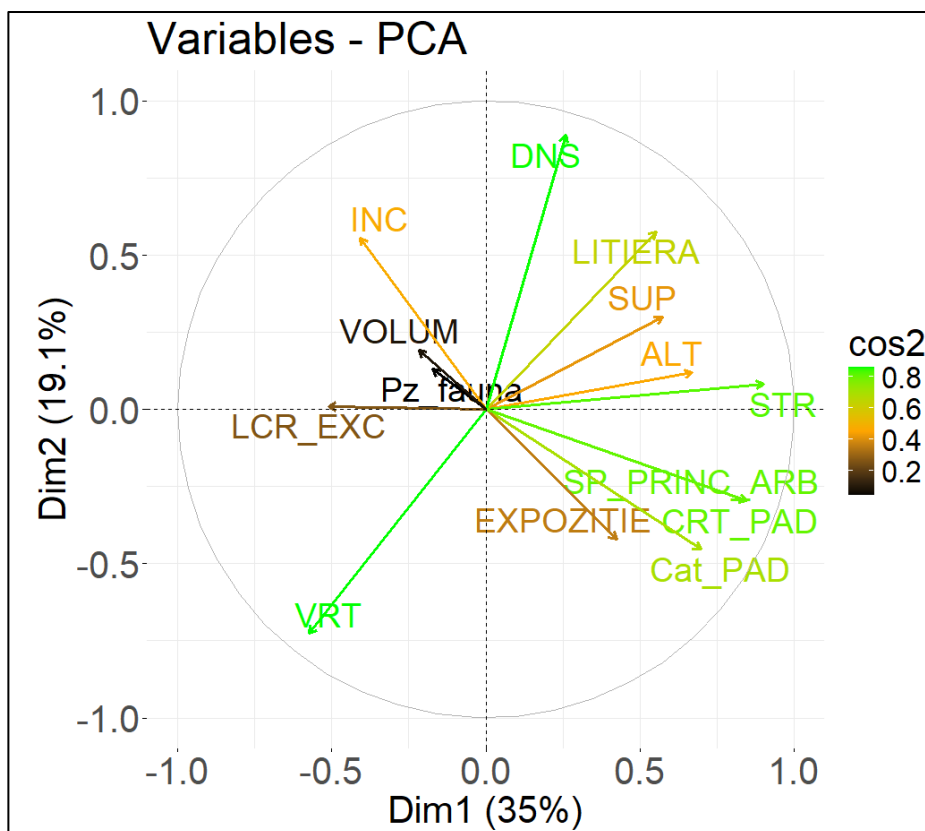


Figura 8. Analiza componentelor principale (PCA) pentru mistreț în zona Crasna-Valea Mare

Eigenvalues și Varianță Explicată

Analiza grafică a PCA pornește de la faptul că **Dim 1** reprezintă întotdeauna direcția în care datele au cea mai mare variabilitate (pe această direcție se regăsesc vectorii variabilelor originale) iar **Dim2** este perpendiculară pe **Dim1** și explică cea mai mare parte din variația rămasă.

Primele două dimensiuni, **Dim.1** și **Dim.2**, explică cea mai mare parte a varianței din date, cu **35.0%** și respectiv **19.1%** din varianța totală. Împreună, aceste două dimensiuni reprezintă **54.1%** din varianța totală, ceea ce indică faptul că ele captează o parte semnificativă a informației din setul de date. Dimensiunile ulterioare, de la **Dim.3** până la **Dim.14**, explică progresiv mai puțină varianță, fiecare adăugând între **11.1%** și **0.0%** la varianța totală. Cumulat, toate cele 14 dimensiuni explică **100%** din varianța totală.

În concluzie, analiza PCA a evidențiat că primele două componente principale (**Dim.1** și **Dim.2**) explică o parte semnificativă a varianței din date, cu contribuții importante de la variabile precum **CRT_PAD**, **STR** și **DNS**. Prezența mistrețului (**Pz_fauna**) nu este puternic corelată cu primele două componente principale, ceea ce sugerează că alți factori, posibil neincluși în analiză, ar putea influența distribuția speciei.

4.1.3. Matricea de corelație și analiza componentelor principale pentru lup

A) Rezultatele utilizării matricei de corelație pentru specia lup (*Canis lupus*)

Pentru lup analiza matricei de corelație (Figura 9) pentru specie (**Pz_fauna**) a evidențiat relații între prezența acestei specii și caracteristicile arboretului studiat. Prezența lupului pare să fie influențată în mică măsură de anumiți factori de mediu.

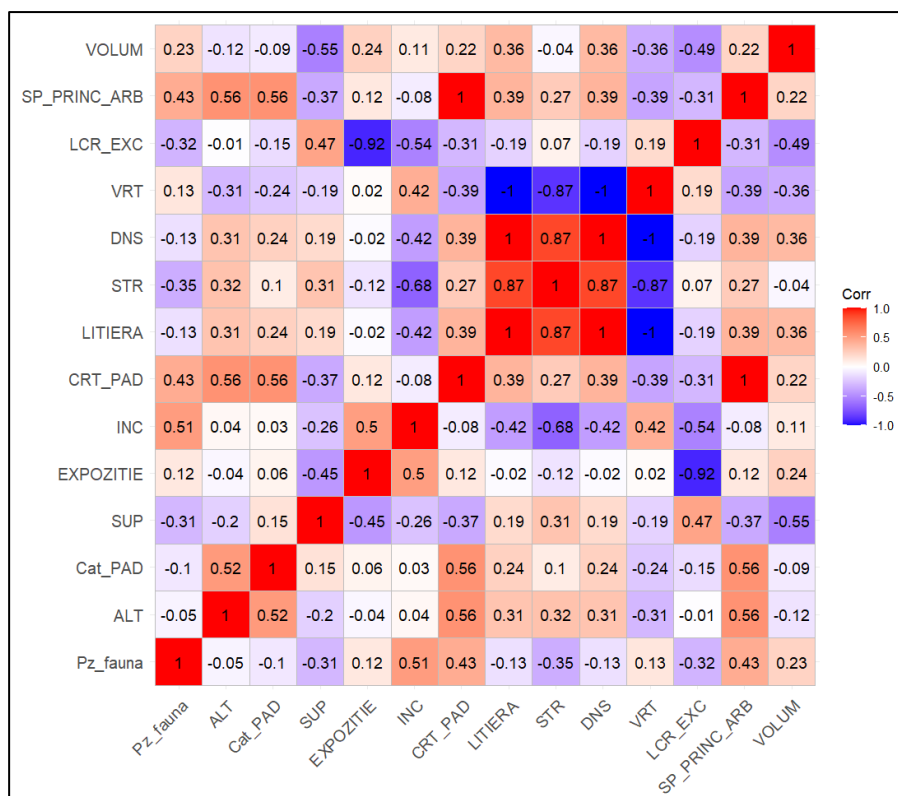


Figura 9. Matricea de corelație pentru lup în zona Crasna-Valea Mare

Prezența lupului (*Canis lupus L.*) nu este puternic corelată cu majoritatea caracteristicilor arboretului analizate în această matrice de corelație. Singurele influențe minore provin de la înclinarea terenului și volumul vegetației, dar acestea sunt moderate sau slabe. Preferința pentru zonele cu înclinare mai pronunțată este un factor ușor observabil, dar nu este semnificativ.

În concluzie, prezența lupului (*Canis lupus L.*) este influențată într-o oarecare măsură de înclinarea terenului și volumul vegetației, dar aceste influențe sunt moderate sau slabe. Alți factori, posibil neincluși în analiză, ar putea juca un rol mai important în distribuția acestei specii.

Interpretarea Analizei PCA pentru lup (*Canis lupus L.*)

B) Rezultatele utilizării Analizei componentelor principale (PCA) pentru lup (*Canis lupus L.*)

Evaluarea **Principal Component Analysis (PCA)** a fost aplicată pentru a reduce dimensionalitatea datelor și pentru a identifica modele și relații semnificative între variabilele de mediu și prezența speciei lup (**Pz_fauna**). Rezultatele PCA sunt prezentate grafic în *Figura 10*.

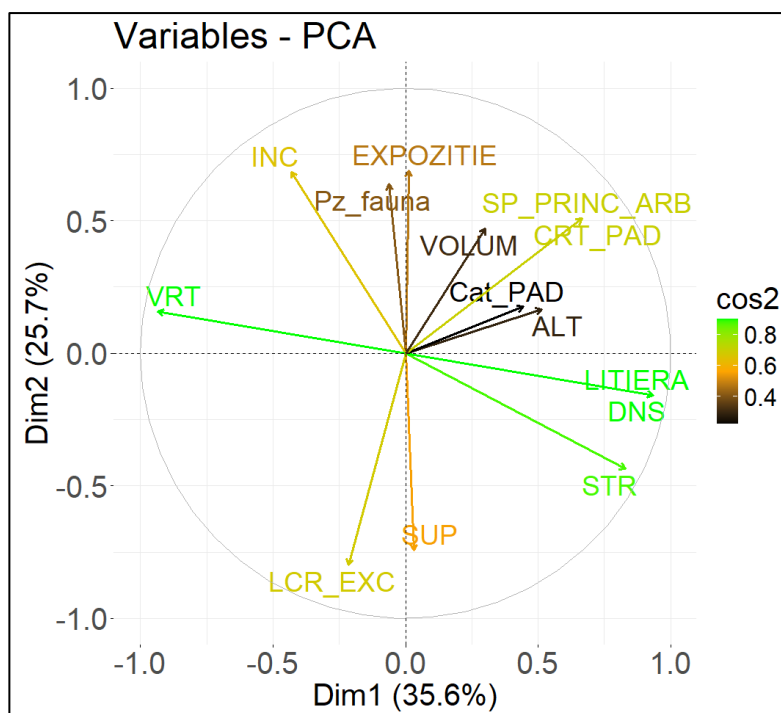


Figura 10. Analiza componentelor principale pentru lup în zona Crasna-Valea Mare

Eigenvalues și Varianță Explicată

Primele două dimensiuni, **Dim.1** și **Dim.2**, explică cea mai mare parte a varianței din date, cu **35.6%** și respectiv **25.7%** din varianța totală. Împreună, aceste două dimensiuni reprezintă **61.3%** din varianța totală, ceea ce indică faptul că ele captează o parte semnificativă a informației din setul de date. Dimensiunile ulterioare, de la **Dim.3** până la **Dim.10**, explică progresiv mai puțină varianță, fiecare adăugând între **14.2%** și **0.0%** la varianța totală. Cumulat, toate cele 10 dimensiuni explică **100%** din varianța totală.

În concluzie analiza PCA a evidențiat că primele două componente principale (**Dim.1** și **Dim.2**) explică o parte semnificativă a varianței din date, cu contribuții importante de la variabile precum **CRT_PAD**, **STR**, **DNS** și **LITIERA**. Prezența lupului (**Pz_fauna**) nu este puternic corelată cu primele două componente principale, ceea ce sugerează că alți factori, posibil neincluși în analiză, ar putea influența distribuția speciei.

4.1.4. Matricea de corelație și analiza componentelor principale pentru râs

A) Rezultatele utilizării matricei de corelație pentru specia râs (*Lynx lynx* L.)

Pentru râs analiza matricei de corelație (Figura 11) pentru specie (Pz_fauna) a evidențiat relații între prezența acestei specii și caracteristicile arboretului studiat. Prezența exemplarelor de râs pare să fie influențată în mică măsură de anumiți factori de mediu, deși aceste influențe nu sunt puternice.

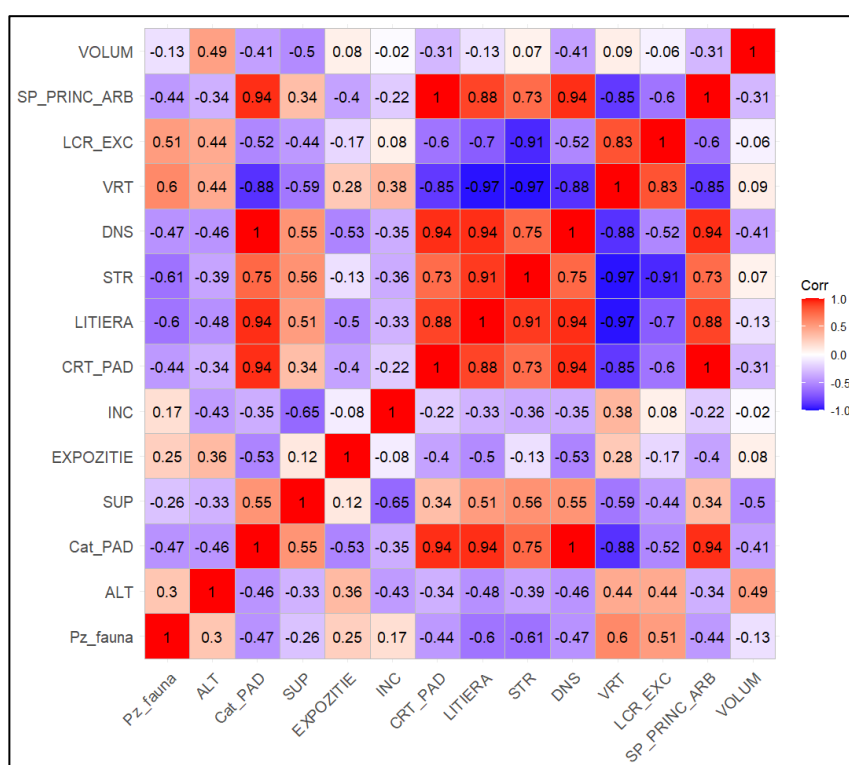


Figura 11. Matricea de corelație pentru râs în zona Crasna-Valea Mare

Prezența exemplarelor de râs nu este puternic corelată cu majoritatea caracteristicilor arboretului analizate în această matrice de corelație. Singurele influențe semnificative provin de la vârsta arboretului și densitatea vegetației, cu corelații moderate. Preferința pentru zonele de altitudine mai mare este un factor ușor observabil, dar nu este semnificativ.

În concluzie, prezența exemplarelor de râs (*Lynx lynx* L.) este influențată într-o oarecare măsură de vârsta arboretului și densitatea vegetației, dar aceste influențe sunt moderate. Alți factori, posibil neincluși în analiză, ar putea juca un rol mai important în distribuția acestei specii.

Interpretarea Analizei PCA pentru râs (*Lynx lynx* L.)

B) Rezultatele utilizării Analizei componentelor principale (PCA) pentru râs (*Lynx lynx* L.)

Evaluarea prin metoda Principal Component Analysis (PCA) a fost aplicată pentru a reduce dimensionalitatea datelor și pentru a identifica modele și relații semnificative între variabilele de mediu și prezența speciei râs (Pz_fauna). Rezultatele PCA sunt prezentate grafic în *Figura 12*

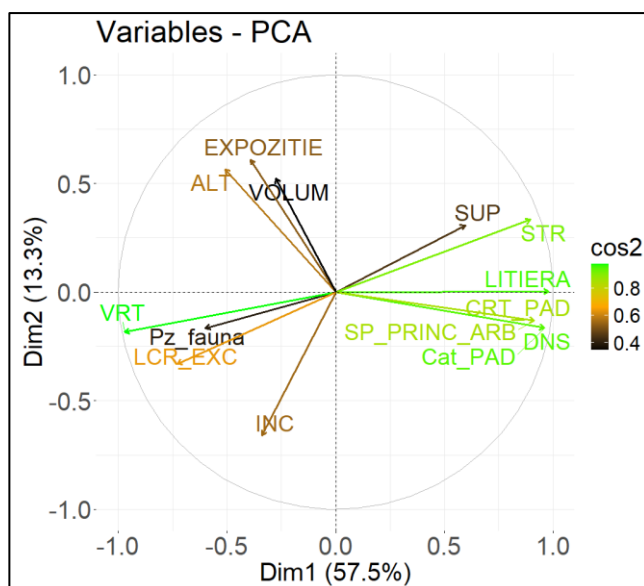


Figura 12. Analiza componentelor principale pentru râs în zona Crasna-Valea Mare

Eigenvalues și Varianță Explicată

Primele două dimensiuni, Dim.1 și Dim.2, explică cea mai mare parte a varianței din date, cu 57.5% și respectiv 13.3% din varianța totală. Împreună, aceste două dimensiuni reprezintă 70.9% din varianța totală, ceea ce indică faptul că ele captează o parte semnificativă a informației din setul de date. Dimensiunile ulterioare, de la Dim.3 până la Dim.6, explică progresiv mai puțină varianță, fiecare adăugând între 11.1% și 3.1% la varianța totală. Cumulat, toate cele 6 dimensiuni explică 100% din varianța totală.

Analiza PCA a evidențiat că primele două componente principale (Dim.1 și Dim.2) explică o parte semnificativă a varianței din date, cu contribuții importante de la variabile precum Cat_PAD, DNS, LITIERA și STR. Prezența exemplarelor de râs r (Pz_fauna) are o influență moderată asupra primei componente principale, ceea ce sugerează că această variabilă este relevantă pentru înțelegerea distribuției speciei.

În concluzie, PCA a oferit o perspectivă cuprinzătoare asupra relațiilor dintre variabilele de mediu și prezența exemplarelor de râs, evidențiind importanța anumitor factori în structurarea habitatului speciei.

4.1.5. Matricea de corelație și analiza componentelor principale pentru urs

A) Rezultatele utilizării matricei de corelație pentru specia urs (*Ursus arctos L.*)

Pentru urs analiza matricei de corelație (Figura 13) pentru specie (Pz_fauna) a evidențiat relații între prezența acestei specii și caracteristicile arboretului studiat. Prezența ursului pare să fie influențată în mică măsură de anumiți factori de mediu, deși aceste influențe nu sunt puternice.

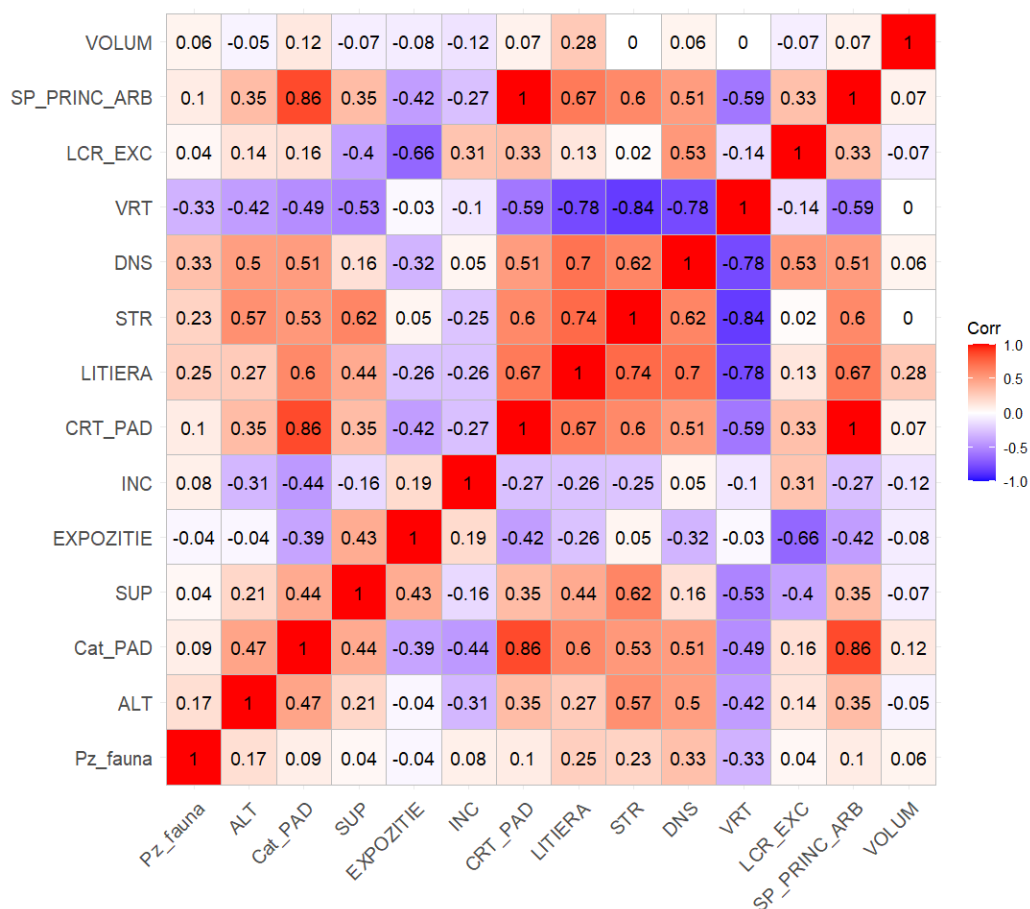


Figura 13. Matricea de corelație pentru urs în zona Crasna-Valea Mare

În concluzie prezența ursului (*Ursus arctos L.*) nu este puternic corelată cu majoritatea caracteristicilor arboretului analizate în această matrice de corelație. Singurele influențe minore provin de la densitatea vegetației și vârsta arboretului, dar acestea sunt slabe. Preferința pentru zonele cu densitate mai mare este un factor ușor observabil, dar nu este semnificativ.

Interpretarea Analizei PCA pentru urs (*Ursus arctos* L.)

B) Rezultatele utilizării Analizei componentelor principale (PCA) pentru urs (*Ursus arctos* L.)

Evaluarea prin metoda **Principal Component Analysis (PCA)** a fost aplicată pentru a reduce dimensionalitatea datelor și pentru a identifica modele și relații semnificative între variabilele de mediu și prezența speciei urs (**Pz_fauna**). Rezultatele PCA sunt prezentate grafic în *Figura 14*.

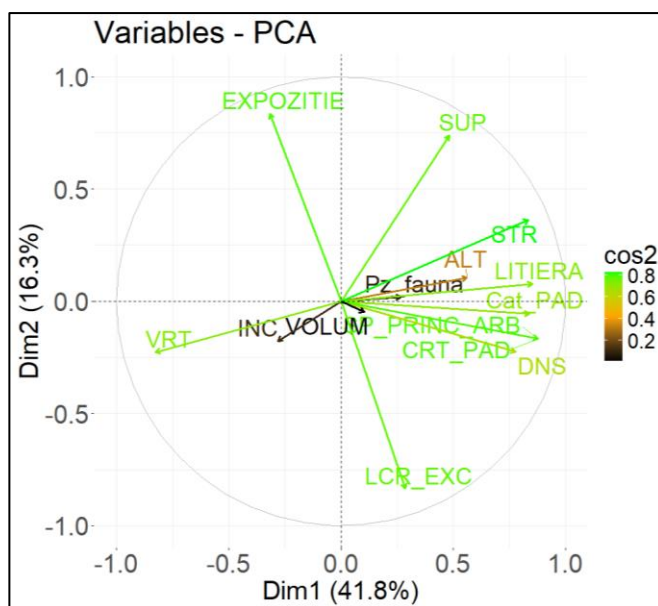


Figura 14. Analiza componentelor principale pentru urs în zona Crasna-Valea Mare

Eigenvalues și Varianță Explicată

Primele două dimensiuni, **Dim.1** și **Dim.2**, explică cea mai mare parte a varianței din date, cu **41.8%** și respectiv **16.3%** din varianța totală. Împreună, aceste două dimensiuni reprezintă **58.1%** din varianța totală, ceea ce indică faptul că ele captează o parte semnificativă a informației din setul de date. Dimensiunile ulterioare, de la **Dim.3** până la **Dim.14**, explică progresiv mai puțină varianță, fiecare adăugând între **11.9%** și **0.0%** la varianța totală. Cumulat, toate cele 14 dimensiuni explică **100%** din varianța totală.

În concluzie analiza PCA a evidențiat că primele două componente principale (**Dim.1** și **Dim.2**) explică o parte semnificativă a varianței din date, cu contribuții importante de la variabile precum **CRT_PAD**, **LITIERA**, **STR** și **DNS**. Prezența ursului (**Pz_fauna**) are o influență redusă asupra primei componente principale, ceea ce sugerează că această variabilă nu este puternic corelată cu primele componente principale.

4.1.6. Matricea de corelație și analiza componentelor principale pentru căprior

A) Rezultatele utilizării matricei de corelație pentru specia căprior (*Capreolus capreolus L.*)

Pentru căprior analiza matricei de corelație (Figura 15) pentru specie (Pz_fauna) a evidențiat relații între prezența acestei specii și caracteristicile arboretului studiat. Prezența căpriorului pare să fie influențată în mică măsură de anumiți factori de mediu, deși aceste influențe nu sunt puternice.

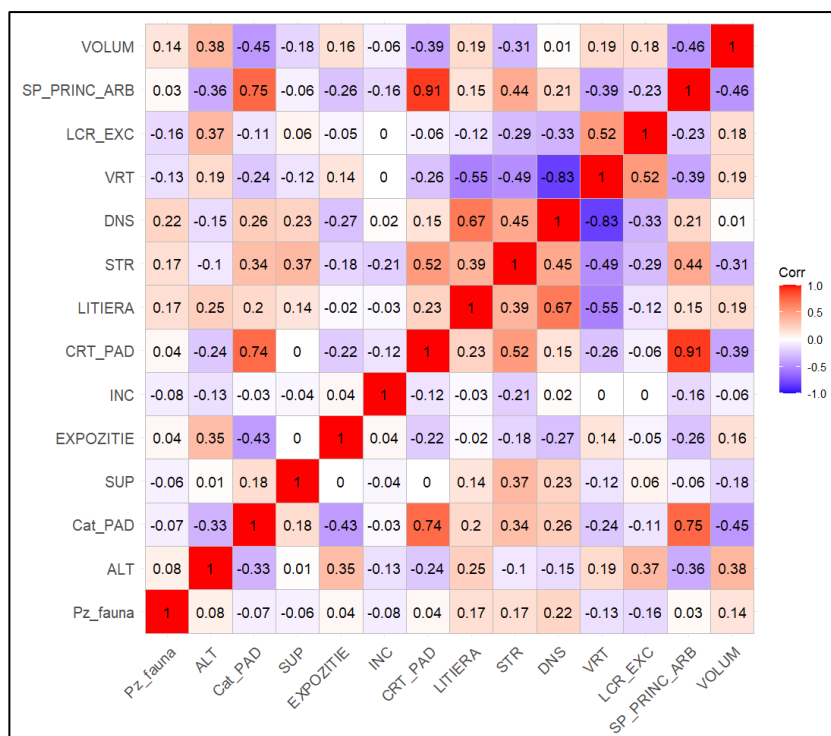


Figura 15. Matricea de corelație pentru căprior în zona Crasna-Valea Mare

În concluzie prezența căpriorului (*Capreolus capreolus L.*) nu este puternic corelată cu majoritatea caracteristicilor arboretului analizate în această matrice de corelație. Singurele influențe minore provin de la volumul vegetației și densitatea arboretului, dar acestea sunt slabe. Preferința pentru zonele cu densitate mai mare este un factor ușor observabil, dar nu este semnificativ.

Interpretarea Analizei PCA pentru căprior (*Capreolus capreolus L.*)

B) Rezultatele utilizării Analizei componentelor principale (PCA) pentru căprior (*Capreolus capreolus L.*)

Evaluarea prin metoda **Principal Component Analysis (PCA)** a fost aplicată pentru a reduce dimensionalitatea datelor și pentru a identifica modele și relații semnificative între variabilele de mediu și prezența speciei căprior (**Pz_fauna**). Rezultatele PCA sunt prezentate grafic în Figura 16.

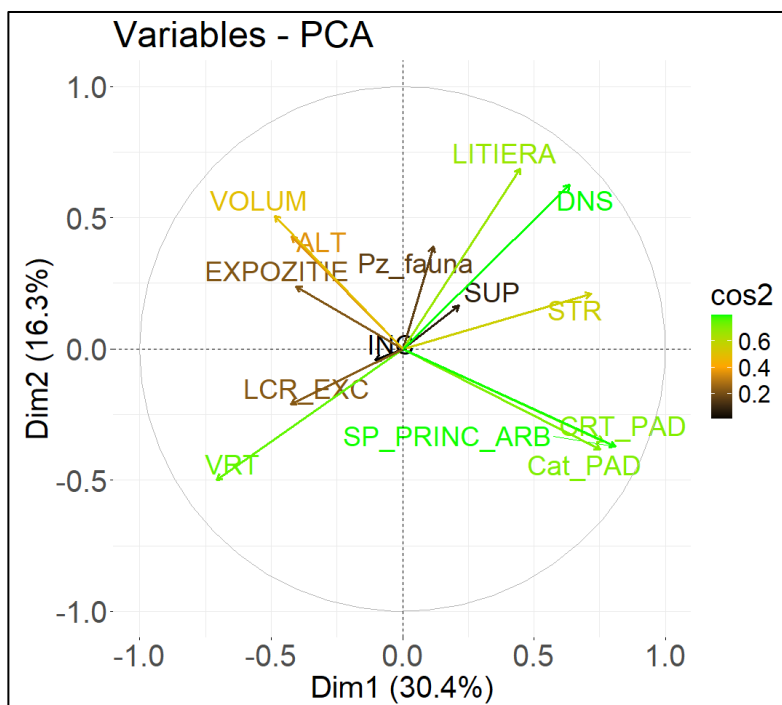


Figura 16. Analiza componentelor principale pentru căprior în zona Crasna-Valea Mare

Eigenvalues și Varianță Explicată

Primele două dimensiuni, **Dim.1** și **Dim.2**, explică cea mai mare parte a varianței din date, cu **30.4%** și respectiv **16.3%** din varianța totală. Împreună, aceste două dimensiuni reprezintă **46.7%** din varianța totală, ceea ce indică faptul că ele captează o parte semnificativă a informației din setul de date. Dimensiunile ulterioare, de la **Dim.3** până la **Dim.14**, explică progresiv mai puțină varianță, fiecare adăugând între **10.5%** și **0.3%** la varianța totală. Cumulat, toate cele 14 dimensiuni explică **100%** din varianța totală.

În concluzie, PCA a oferit o perspectivă cuprinzătoare asupra relațiilor dintre variabilele de mediu și prezența căpriorului, evidențiind importanța anumitor factori în structurarea habitatului speciei.

4.2. Matricea de corelație și analiza componentelor principale pentru zona de cercetare Rovina

4.2.1. Matricea de corelație și analiza componentelor principale pentru căprior

*B) Rezultatele utilizării Analizei componentelor principale (PCA) pentru căprior (*Capreolus capreolus* L.)*

Pentru căprior analiza matricei de corelație (Figura 17) pentru specia (**Pz_fauna**) în zona Rovina a evidențiat relații între prezența acestei specii și caracteristicile arboretului studiat. Prezența căpriorului pare să fie influențată în mică măsură de anumiți factori de mediu, deși aceste influențe nu sunt puternice.

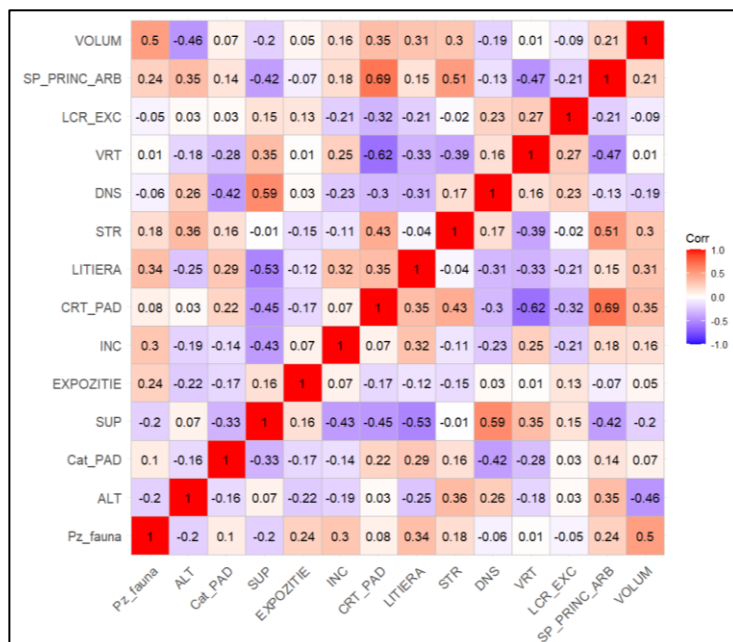


Figura 17. Matricea de corelație pentru căprior în zona Rovina în zona Crasna-Valea Mare

Prezența căpriorului în zona Rovina nu este puternic corelată cu majoritatea caracteristicilor arboretului analizate în această matrice de corelație. Singurele influențe semnificative provin de la volumul vegetației și înclinarea terenului, cu corelații moderate. Preferința pentru zonele cu volum mai mare de vegetație este un factor ușor observabil, dar nu este semnificativ.

În concluzie, prezența căpriorului în zona Rovina este influențată într-o oarecare măsură de volumul vegetației și înclinarea terenului, dar aceste influențe sunt moderate. Alți factori, posibil neincluși în analiză, ar putea juca un rol mai important în distribuția acestei specii.

*Interpretarea Analizei PCA pentru căprior (*Capreolus capreolus* L.)*

*B) Rezultatele utilizării Analizei componentelor principale (PCA) pentru mistreț (*Sus scrofa*)*

Analiza **Principal Component Analysis (PCA)** a fost aplicată pentru a reduce dimensionalitatea datelor și pentru a identifica modele și relații semnificative între variabilele de mediu și prezența speciei căprior (**Pz_fauna**) în zona Rovina. Rezultatele PCA sunt prezentate grafic în *Figura 18*.

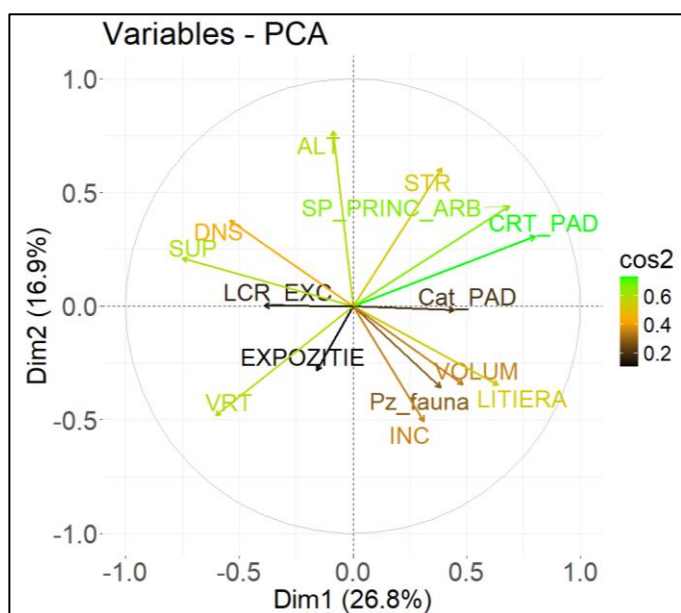


Figura 18. Analiza componentelor principale pentru căprior în zona Rovina

Eigenvalues și Varianță Explicată

Primele două dimensiuni, **Dim.1** și **Dim.2**, explică cea mai mare parte a varianței din date, cu **26.8%** și respectiv **16.9%** din varianța totală. Împreună, aceste două dimensiuni reprezintă **43.7%** din varianța totală, ceea ce indică faptul că ele captează o parte semnificativă a informației din setul de date. Dimensiunile ulterioare, de la **Dim.3** până la **Dim.14**, explică progresiv mai puțină varianță, fiecare adăugând între **11.6%** și **0.6%** la varianța totală. Cumulat, toate cele 14 dimensiuni explică **100%** din varianța totală.

În concluzie, PCA a oferit o perspectivă cuprinzătoare asupra relațiilor dintre variabilele de mediu și prezența căpriorului, evidențiind importanța anumitor factori în structurarea habitatului speciei în această zonă.

4.2.2. Matricea de corelație și analiza componentelor principale pentru mistreț

A) Rezultatele utilizării matricei de corelație pentru specia mistreț (*Sus scrofa*)

Pentru mistreț analiza matricei de corelație (Figura 19) pentru specia (**Pz_fauna**) a evidențiat relații între prezența acestei specii și caracteristicile arboretului studiat. Prezența mistrețului pare să fie influențată în mică măsură de anumiți factori de mediu, deși aceste influențe nu sunt puternice.

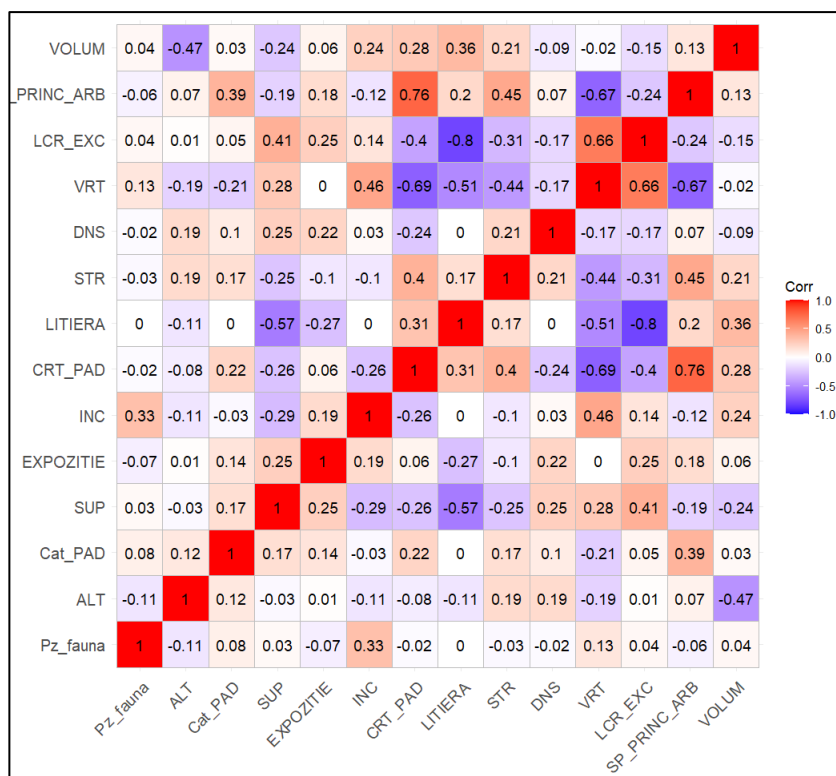


Figura 19. Matricea de corelație pentru mistreț în zona Rovina

Prezența mistrețului nu este puternic corelată cu majoritatea caracteristicilor arboretului analizate în această matrice de corelație. Singurele influențe minore provin de la înclinarea terenului, dar aceasta este moderată. Preferința pentru zonele cu înclinare mai pronunțată este un factor ușor observabil, dar nu este semnificativ.

În concluzie, prezența mistrețului este influențată într-o oarecare măsură de înclinarea terenului, dar această influență este moderată. Alți factori, posibil neincluși în analiză, ar putea juca un rol mai important în distribuția acestei specii.

*Interpretarea Analizei PCA pentru mistreț (*Sus scrofa*)*

*B) Rezultatele utilizării Analizei componentelor principale (PCA) pentru mistreț (*Sus scrofa*)*

Analiza **Principal Component Analysis (PCA)** a fost aplicată pentru a reduce dimensionalitatea datelor și pentru a identifica modele și relații semnificative între variabilele de mediu și prezența speciei mistreț (**Pz_fauna**). Rezultatele PCA sunt prezentate grafic în *Figura 20*.

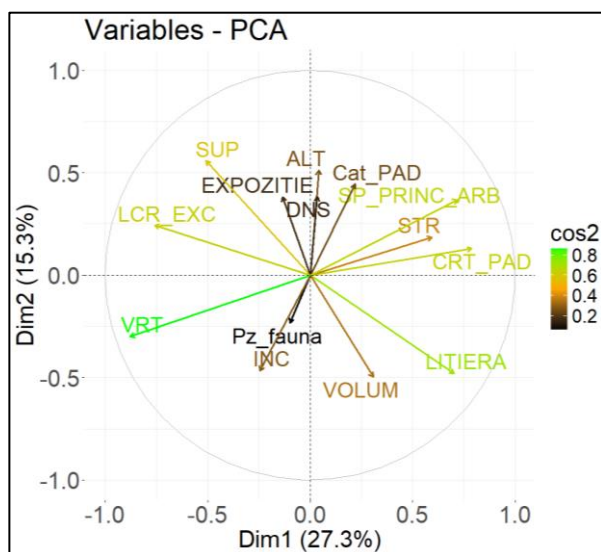


Figura 20. Analiza componentelor principale pentru mistreț în zona Rovina

Eigenvalues și Varianță Explicată

Primele două dimensiuni, Dim.1 și Dim.2, explică cea mai mare parte a varianței din date, cu 27.3% și respectiv 15.3% din varianța totală. Împreună, aceste două dimensiuni reprezintă 42.6% din varianța totală, ceea ce indică faptul că ele captează o parte semnificativă a informației din setul de date. Dimensiunile ulterioare, de la Dim.3 până la Dim.14, explică progresiv mai puțină varianță, fiecare adăugând între 12.0% și 0.5% la varianța totală. Cumulat, toate cele 14 dimensiuni explică 100% din varianța totală.

Analiza PCA a evidențiat că primele două componente principale (Dim.1 și Dim.2) explică o parte semnificativă a varianței din date, cu contribuții importante de la variabile precum CRT_PAD, LITIERA, SUP și EXPOZITIE. Prezența mistreților (Pz_fauna) are o influență redusă asupra primei componente principale, ceea ce sugerează că această variabilă nu este puternic corelată cu primele componente principale.

În concluzie, PCA a oferit o perspectivă cuprinzătoare asupra relațiilor dintre variabilele de mediu și prezența mistreților, evidențiind importanța anumitor factori în structurarea habitatului speciei.

4.3. Densitatea de probabilitate prin metoda Estimarea Densității Nucleului (KDE) pentru zona de cercetare Crasna-Valea Mare

Pentru cerbul comun (*Cervus elaphus* L.) densitatea de probabilitate (Figura 21) oferă o imagine a distribuției spațiale pentru specie în zona de cercetare calculată pe baza semnelor de prezență.

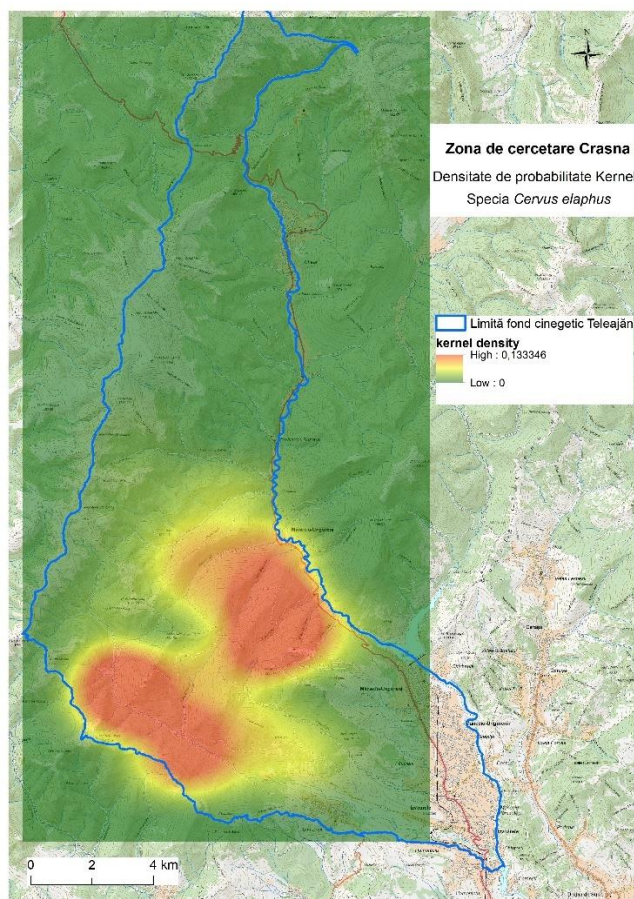


Figura 21 .Densitatea de probabilitate pentru cerb comun în zona Crasna

Zonele roșii cu densitate ridicată, reprezintă zone cu concentrație mare de cerbi, favorizată de condițiile de habitat. Se identifică două zone importante de prezență, zona nordică estică și zona sud-vestică. Sursele de hrană generate de tratamente de regenerare precum și condițiile de adăpost oferite de zonele cu stâncării și desișuri constituie principalele elemente care caracterizează aceste zone cu densitate ridicată.

Zonele galbene cu densitate moderată constituie zone de tranziție și habitate secundare. Se poate observa că populația de cerb comun din cele două bazine studiate preferă o anumită zonă de comunicare în zona centrală. Zonele verzi din zona de cercetare Crasna-Valea Mare reprezintă zone cu prezență sporadică, limitată în general de condițiile de habitat și prezența antropică.

Pentru mistreț (*Sus scrofa* L.) densitatea de probabilitate (Figura 22) sugerează o grupare pe trei zone distincte cu conectivitate extrem de redusă.

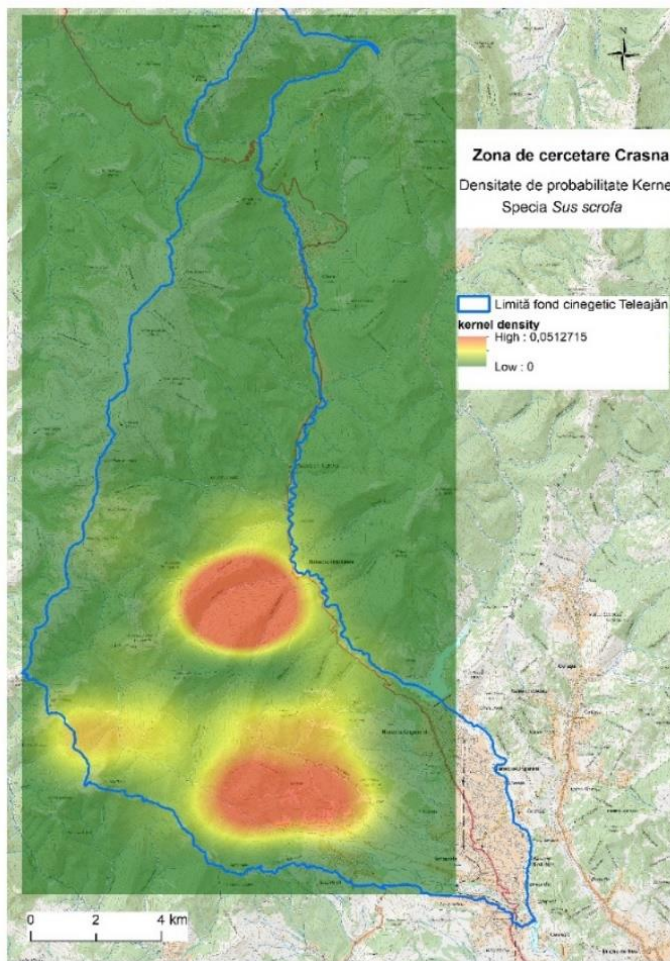


Figura 22. Densitatea de probabilitate pentru mistreț în zona Crasna

Zonele roșii cu densitate ridicată sunt distribuite distinct în zona de cercetare fiind reprezentate grafic în partea de nord-est, partea centrală și vestică. Se observă gruparea mistreților în zonele cu cele mai bune condiții de habitat care oferă sursă de hrană și adăpost. Gruparea pe aproape trei zone distincte constituie o explicație a comportamentului speciei în condițiile actuale de focar de pestă porcină africană (PPA). Izolarea nucleelor de mistreț rămase este una din concluziile care le putem desprinde din această reprezentare grafică legat de etologia speciei.

Pentru lup (*Canis lupus*) densitatea de probabilitate (Figura 23) confirmă relațiile pradă-prădător.

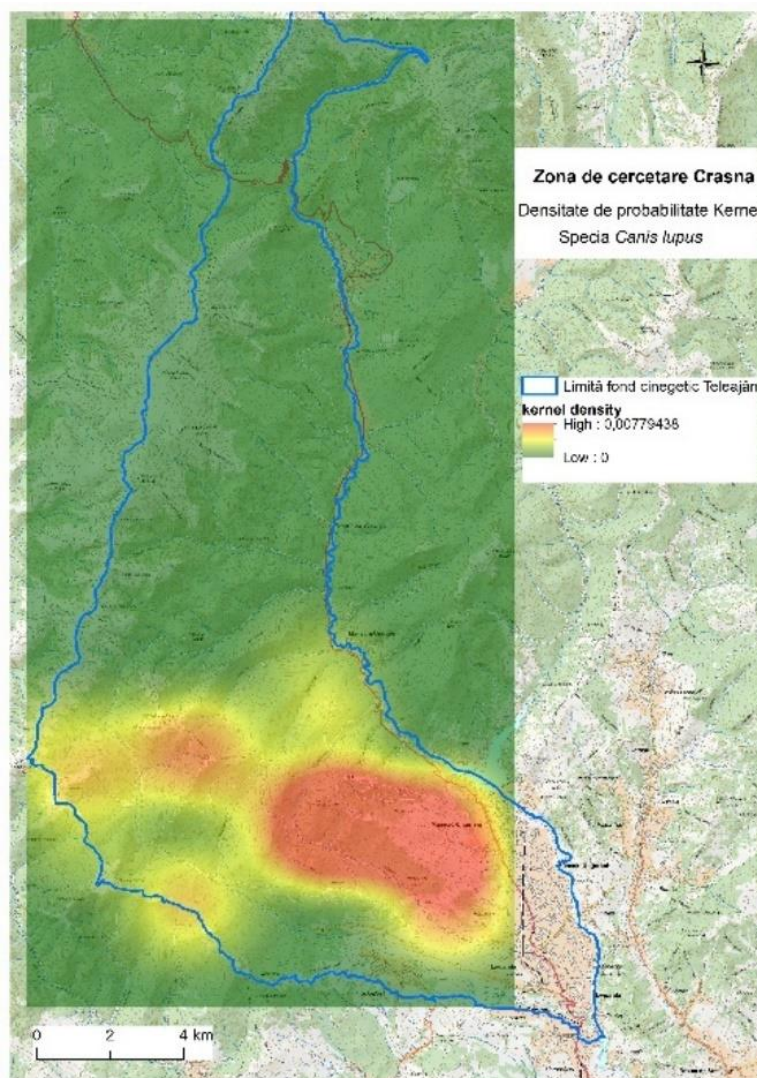


Figura 23. Densitatea de probabilitate pentru lup în zona Crasna

Suprapunerea zonelor roșii parțial sau integral cu cele ale cerbului și mistrețului sugerează un ecosistem sănătos, cu relații și presiuni moderate între prădători și speciile pradă. Un alt aspect care poate fi evidențiat este dat de relația specie cu activitatea antropică, pășunatul și managementul câinilor hoinari. Din reprezentarea grafică se poate vedea o densitate a speciei crescută în zona limitrofă localității Măneciu și a drumului național DN1A, în zonele cu parcuri și câini hoinari.

Pentru râs (*Lynx lynx*) densitatea de probabilitate de probabilitate (Figura 24) confirmă observațiile practice din teren.

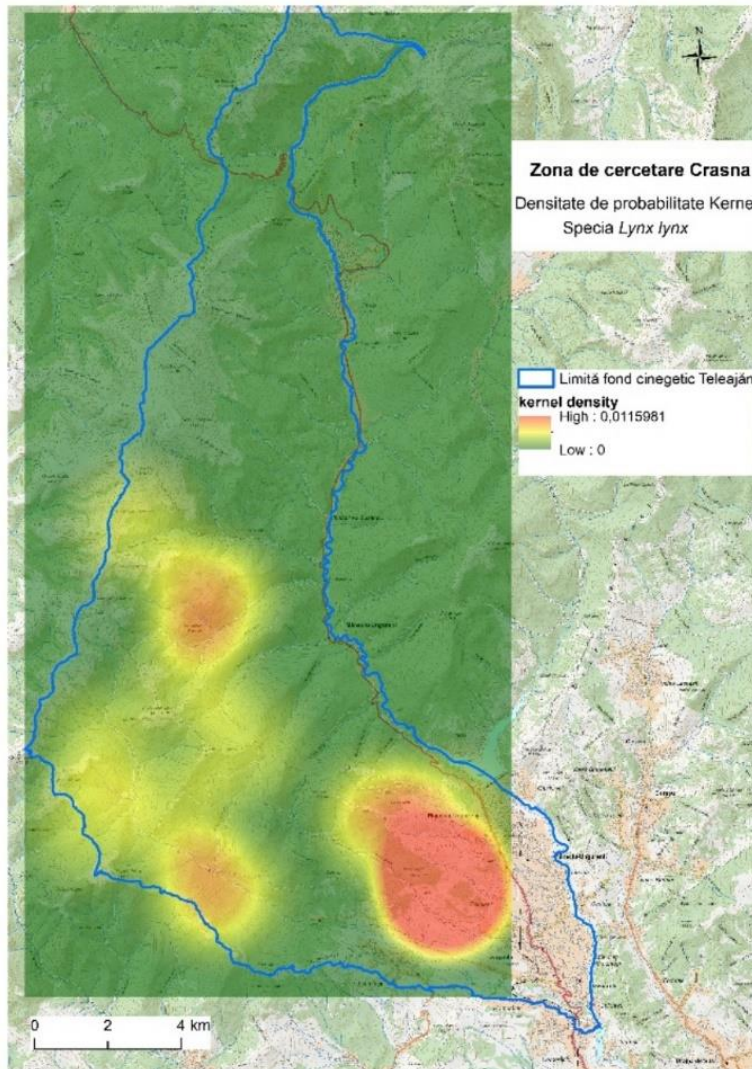


Figura 24. Densitatea de probabilitate pentru râs în zona Crasna

Zona roșie pronunțată din partea de sud-est este zona de activitate a unei femele juvenile, cu habitate specifice speciilor pradă mai facile iepure și șoareci, caracterizate de pășuni și arborete din clasa I și a II-a de vârstă. Celelalte zone roșii de densitate ridicată reflectă teritoriul unui exemplar adult, iar zonele galbene completează aceste teritoriu prin confirmarea prezențelor moderate.

Pentru urs (*Ursus arctos*) densitatea de probabilitate (Figura 25) reflectă densitatea mare a speciei în zona de cercetare.

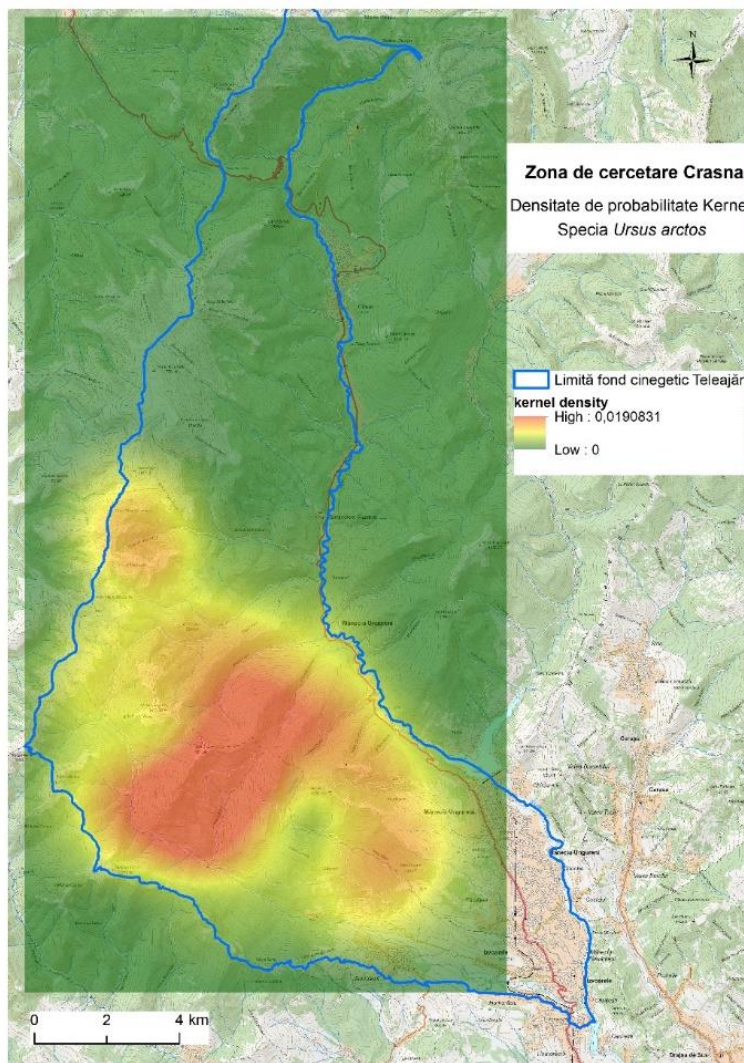


Figura 25. Densitatea de probabilitatea pentru urs în zona Crasna

Zona roșie pronunțată, cu densitatea ridicată, din partea centrală a perimetrului studiat se caracterizează de zone prielnice speciei, stâncărie, desișuri și arborete din clasele mari de vârstă parcurse cu lucrări de regenerare. Zonele galbene, cu prezență moderată acoperă aproape în întregime zona studiată, în schimb zonele verzi sunt raportat la celelalte specii analizate cele mai mici ca și distribuție.

4.4. Densitatea prin metoda Estimarea Densității Nucleului (Kernel) pentru zona de cercetare Rovina
Pentru zona de cercetare Rovina analiza densității de probabilitate a fost realizată pentru două specii cu prezență importantă în zona de cercetare, căpriorul (*Figura 26*) și mistrețul (*Figura 27*), cerbul, ursul, lupul și râsul având doar prezențe sporadice în anumite perioade din cursul anului.

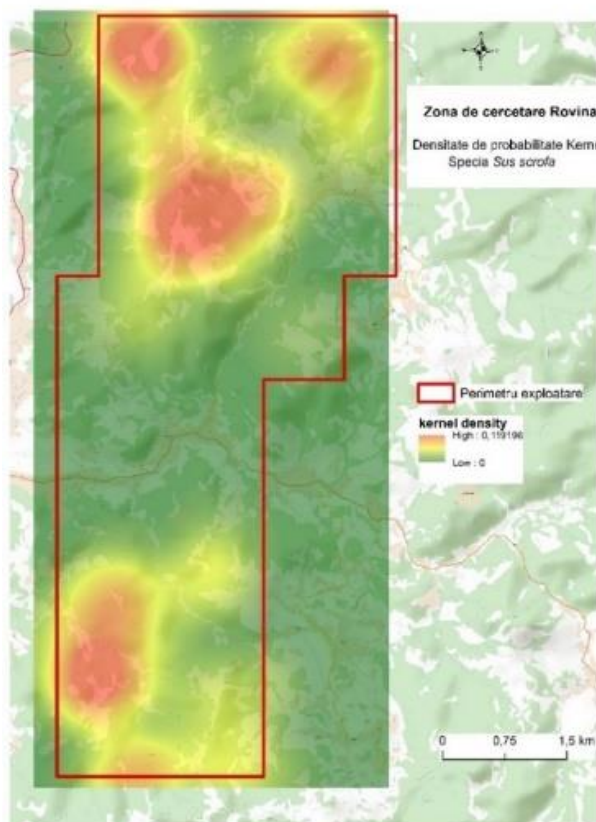


Figura 26. Densitatea de probabilitate pentru căprior în zona Rovina

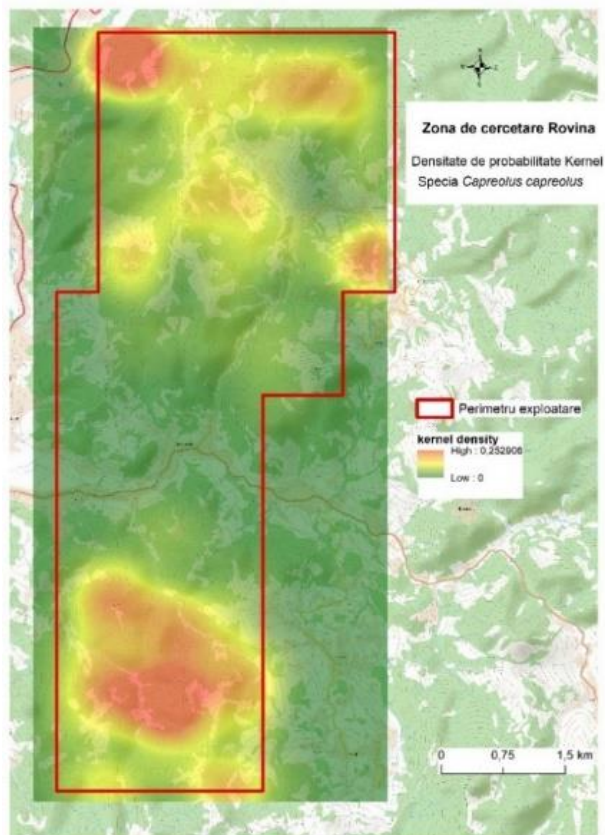


Figura 27. Densitatea de probabilitate pentru mistreț în zona Rovina

O analiză integrată a distribuției zonelor roșii pentru cele două specii reliefează o suprapunere a zonelor de densitate ridicată care reflecte preferințe pentru aceleași condiții de habitat. Arboretele de crâng fragmentate de zonele de pășuni și foste vetre de sat împădurite constituie habitate preferate de cele două specii. De asemenea putem observa și faptul că activitatea antropică specifică munților Apuseni limitează prezența celor două specii deși condițiile de habitat sunt favorabile susținerii căpriorului și mistrețului.

Rezultatele obținute prin prelucrarea semnelor de prezență ale speciilor colectate la nivelul transectelor prin metoda KDE de estimării densității de probabilitate confirmă rezultatele obținute prin analiza multicriterială și analiza componentelor principale (PCA). Corelațiile identificate și confirmate prin aceste metode reliefează faptul că relațiile intra- și între- specifice la nivelul ecosistemul sunt funcționale iar densitățile speciilor sunt în echilibru.

4.5. Estimări ale abundenței și densității speciilor studiate bazate pe imaginile înregistrate de camerele fotografice capcană de imagine

4.5.1 Estimări ale abundenței

Prelucrarea datelor colectate de camerele fotografice capcană de imagine s-a realizat utilizând pachetul "camtrapR" din modul de programare R. Efortul total de anchetă s-a calculat folosind funcția "cameraOperation" (Figura 28), pentru zona Crasna-Valea Mare fiind de 665 de zile iar pentru zona Rovina de 1555 zile.

```
#create camera operation matrix
camop_no_problem <- cameraOperation(CTtable = camtraps,
                                     stationCol = "Station",
                                     setupCol = "Setup_date",
                                     retrievalCol = "Retrieval_date",
                                     hasProblems = FALSE,
                                     dateFormat = dateFormat)
```

Figura 28. Funcția "cameraOperation" în R

Rezultatul aplicării funcției "cameraOperation" este matricea (Figura 29) pe baza căreia s-a generat graficul de funcționare al camerelor pe locații (Figura 30).

```
> camop_no_problem
      2025-01-03 2025-01-04 2025-01-05 2025-01-06 2025-01-07 2025-01-08 2025-01-09 2025-01-10 2025-01-11 2025-01-12 2025-01-13
LOC_1      NA      0.5      1.0      1.0      1.0      1      1      1.0      1.0      1      1
LOC_2      NA      0.5      1.0      1.0      1.0      1      1      1.0      1.0      1      1
LOC_3      NA      0.5      1.0      1.0      1.0      1      1      1.0      1.0      1      1
LOC_4      NA      0.5      1.0      1.0      1.0      1      1      1.0      1.0      1      1
LOC_5      NA      NA      NA      NA      0.5      1      1      1.0      1.0      1      1
LOC_6      0.5      1.0      1.0      1.0      1.0      1      1      1.0      1.0      1      1
LOC_7      NA      NA      0.5      1.0      1.0      1      1      1.0      1.0      1      1
LOC_8      NA      NA      0.5      1.0      1.0      1      1      1.0      1.0      1      1
LOC_9      NA      NA      NA      0.5      1.0      1      1      1.0      1.0      1      1
LOC_10     NA      NA      0.5      1.0      1.0      1      1      1.0      1.0      1      1
LOC_11     NA      NA      NA      NA      0.5      1      1      1.0      1.0      1      1
LOC_12     NA      NA      NA      NA      0.5      1      1      1.0      1.0      1      1
LOC_13     NA      NA      NA      NA      0.5      1      1      1.0      1.0      1      1
LOC_14     NA      NA      NA      NA      NA      NA      NA      0.5      1.0      1      1
LOC_15     NA      NA      NA      NA      NA      NA      NA      NA      0.5      1      1
```

Figura 29. Matricea istoricului de funcționare al camerelor fotografice

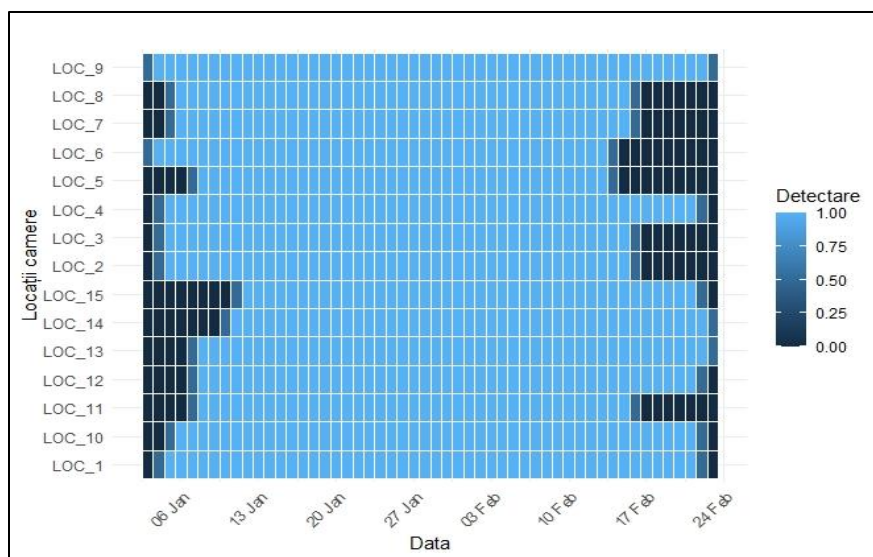


Figura 30. Histograma privind funcționarea camerelor fotografice pentru zona Crasna-Valea Mare

Pe baza acestor date, s-a realizat un cumul total al zilelor de funcționare ale camerelor fotografice, care definește efortul total de anchetă pentru zona studiată. Calculul efortului total de anchetă s-a realizat prin însumarea tuturor zilelor de funcționare ale camerelor fotografice din toate locațiile și este definit ca numărul total de zile capcană. Pentru locațiile unde au fost instalate mai multe camere, s-a luat în considerare pentru calculul efortului de anchetă doar perioada în care au funcționat camerele pe fiecare locație; mai precis, s-a considerat teoretic o singură cameră, imaginile suprapuse nefiind cumulate.

Analiza speciilor capturate în imaginile înregistrate de camerele fotografice arată un randament de capturare mai ridicat pentru cerbul comun (55%) în zona Crasna-Valea Mare, respectiv pentru mistreț (75,77%) în zona Rovina. În zona Crasna-Valea Mare, prezența pe camerele fotografice a speciei mistrețului, în proporție de 29%, reflectă reducerea drastică a populației urmare a afectării pesta porcină africană (PPA).

Calculul *indicii de abundență (RAI)* (Tabelul 2) s-a realizat folosind formula următoare (Arroyo-Arce et al., 2017):

$$RAI = \frac{NIS * 100}{EA}$$

unde:

NIS= Numărul imaginilor speciei (numărul de imagini capturate cu specia țintă)

100= indice de standardizare, pentru a putea compara rezultatele cu alte studii;

EA= efortul de anchetă (numărul de zile de funcționare a camerei)

Analizând datele privind *indicele de abundență (RAI)*, care ne permite o comparare a raportului dintre specii, putem observa că populațiile reprezentative pentru cele două zone sunt cerbul comun pentru

Crasna-Valea Mare, respectiv mistrețul pentru zona Rovina, cu un indice de aproximativ 14. Indicele pentru lup, de aproximativ 3,16 este unul de interes, care ar putea fi corelat cu o activitate constantă și ridicată în zona Crasna-Valea Mare, având în vedere și mărimea cârdurilor de cervide observate direct sau citite pe urme de zăpadă, care nu depășește un maxim de 7 exemplare.

Table 2. Indicele de abundență relativă pentru speciile monitorizate

Specia	RAI	
	Crasna-Valea Mare	Rovina
Cerb comun	14.44	
Mistreț	7.82	13,5
Căprior	-	5,53
Urs	1.05	0,06
Lup	3.16	-
Râs	0.6	-

Pentru aplicarea metodelor REM și N-mixture de analiză a datelor colectate de camerele foto capcană, a fost necesară realizarea unei matrice prin aplicarea funcției „*detectionHistory*” (Figura 31).

```
#creare matrice efort capturare și istoric detecție
DetHist2 <- detectionHistory(recordTable = recordTablesampl,
                             camOp = camOp_no_problem,
                             stationCol = "station",
                             speciesCol = "species",
                             recordDateTimeCol = "DateTimeOriginal",
                             species = "cerb", # se schimbă specia
                             timeZone = "Europe/Bucharest", #
                             occasionLength = 1,
                             day1 = "station",
                             includeEffort = TRUE,
                             scaleEffort = FALSE)
```

Figura 31. Funcția “detectionHistory” în R

Rezultatul obținut este o matrice dublă care cuprinde în prima parte “*DetHist2*” numărul de exemplare capturate în imagini iar în a doua parte “*\$effort*”, reprezentând numărul de zile de funcționare pe locație.

Analiza datelor colectate de camerele fotografice a fost tratată distinct pentru cele două zone, Crasna-Valea Mare și Rovina. În vederea aplicării celor două metode de analiză pentru zona Crasna-Valea Mare,

datele de teren au fost grupate în patru grupe distincte. Grupa 1 a cuprins doar imaginile capturate de camerele fotografice *ForestCam*. Grupa 2 a inclus imaginile capturate distinct de camerele fotografice *ForestCam* și *Bolly*. Este de menționat că au fost doar șase locații unde au fost instalate în pereche camerele fotografice *ForestCam* și *Bolly*. În cadrul acestei grupe, pentru cele șase locații, au fost utilizate doar imaginile colectate de camerele *Bolly*. Pentru grupa 3 s-au analizat imaginile capturate de ambele modele de camere, *ForestCam* și *Bolly*, cu mențiunea că imaginile suprapuse nu au fost cumulate. Grupa 4 a tratat doar datele înregistrate în mod video de camerele *Reolink*.

Pe baza analizelor datelor din Grupa 3 au fost realizate graficele de activitate pentru speciile studiate, mai jos fiind redat un exemplu pentru specia cerb comun

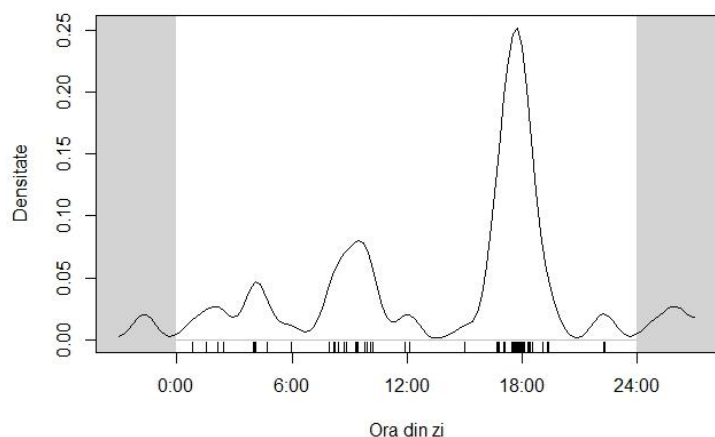


Figura 32 Raportul de activitate zilnică pentru cerbul comun în zona Crasna-Valea Mare

Pentru cerb (*Figura 32*) se poate observa o activitate ridicată în jurul orei 18, mai precis în perioada de înserat ca urmare a deplasării exemplarelor la punctele de hrănire și adăpat. Interesant este de asemenea și nivelul de activitate din prima parte a zilei centrat în jurul orei 9 care poate face obiectul unor studii viitoare, posibil un rezultat al activității nocturne a prădătorilor care reduc timpii de hrănire.

Sub raport general din punct de vedere al detecțiilor pentru modelele de camere *ForestCam* și *Bolly* constatăm conform reprezentării grafice cumulate a detecțiilor (*Figura 33*) că la nivelul zonei de cercetare există o locație cu nici o specie înregistrată (*Loc_8*) și 2 locații unde a fost înregistrat un maxim de patru specii din cele monitorizate *Loc_5* și *Loc_13*. De asemenea există două locații unde au fost înregistrate câte trei specii (*Loc_2* și *Loc_10*), restul locațiilor înregistrând 2 sau o singură specie.

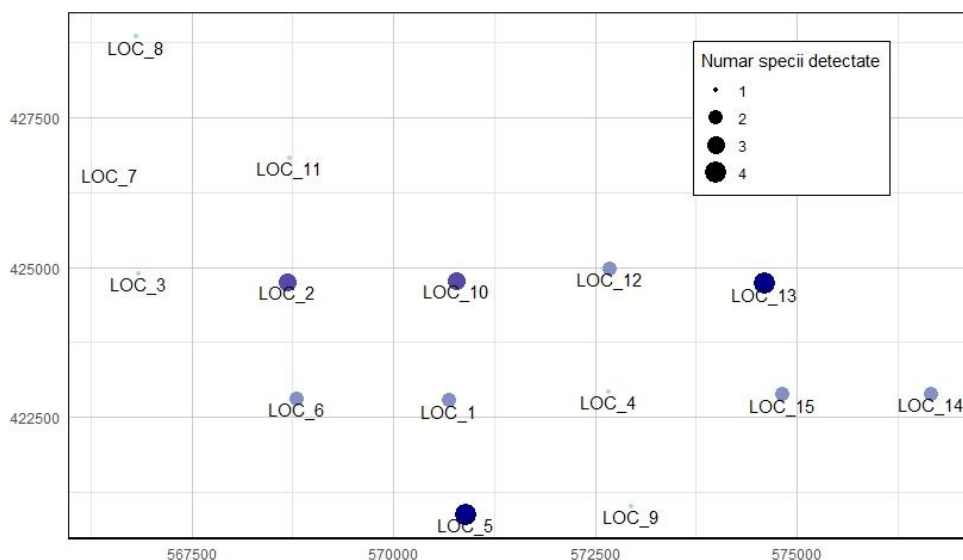


Figura 33 Frecvența detecțiilor pe locații cumulate pentru toate speciile în zona Crasna-Valea Mare

4.5.2 Estimările densităților pe specii prin utilizarea metodei REM

Aplicarea metodei REM s-a realizat în mediul de programare R și utilizând interfața "*RStudio*" pentru a facilita prelucrarea datelor. Datele au fost analizate pentru zona Crasna-Valea Mare pentru speciile cerb comun, mistreț, lup, urs și râs pentru cele 4 grupe de date prezentate anterior iar pentru zona Rovina analizele au fost efectuate pentru speciile mistreț și căprior.

Rezultatele analizelor sunt reprezentate sintetic în tabelul 3 iar în *Figura 34* este redat modelul pentru "*script-ul*" de prelucrare a datelor folosind metoda REM.

Table 3. Densitatea speciilor prin metoda REM_zona Crasna_Valea Mare

Specia/Grupa	Grupa_1 (ForestCam)		Grupa_2 (ForestCam/Bolly)		Grupa3 (ForestCam&Bolly)		Grupa_4 (Reolink_Ranger)	
	densitate ex/100ha	estimat ex.	densitate ex/100ha	estimat ex.	densitate ex/100ha	estimat ex.	densitate ex/100ha	estimat ex.
cerb comun	0.393	22	0.383	21	0.458	26	0.037	2
mistreț	0.357	20	0.348	19	0.429	24	0.064	4
lup	0.107	6	0.105	6	0.104	6	0.048	3
urs	0.117	6	0.113	6	0.129	7	0.032	2
râs			0.016	1	0.383	1	0	0

```
##### MODEL RME #####

# Numar total de detectari din matricea de detectare
y <- sum(DetHist2$detection_history, na.rm = TRUE) #numar total de detectari

# Timp total de monitorizare (suma tuturor zilelor in care camerele au fost active)
T <- sum(DetHist2$effort, na.rm = TRUE) # timp total de monitorizare (zile-camera)

v <- 9832 #raza zilnica de deplasare a speciei (metri/zi)

# Parametrii camerei
theta <- 52 * (pi/180) # unghiul de detectare in radiani 110
r <- 20 # Distanța (raza) maxima de detectare in metri 10metri

# calculăm densitatea cu formula REM
D <- (y / T) * (pi / (v * r * (2 + theta)))

D_km2 <- D * 1e6
D_km2

(D_km2 * 5600) / 100
```

Figura 34 Model "script" pentru utilizarea metodei REM în R

Pentru analiza datelor privind eficiența camerelor fotografice capcană de imagini utilizate, rezultatele cantitative obținute prin metoda REM au fost reprezentate grafic în Figura 35.

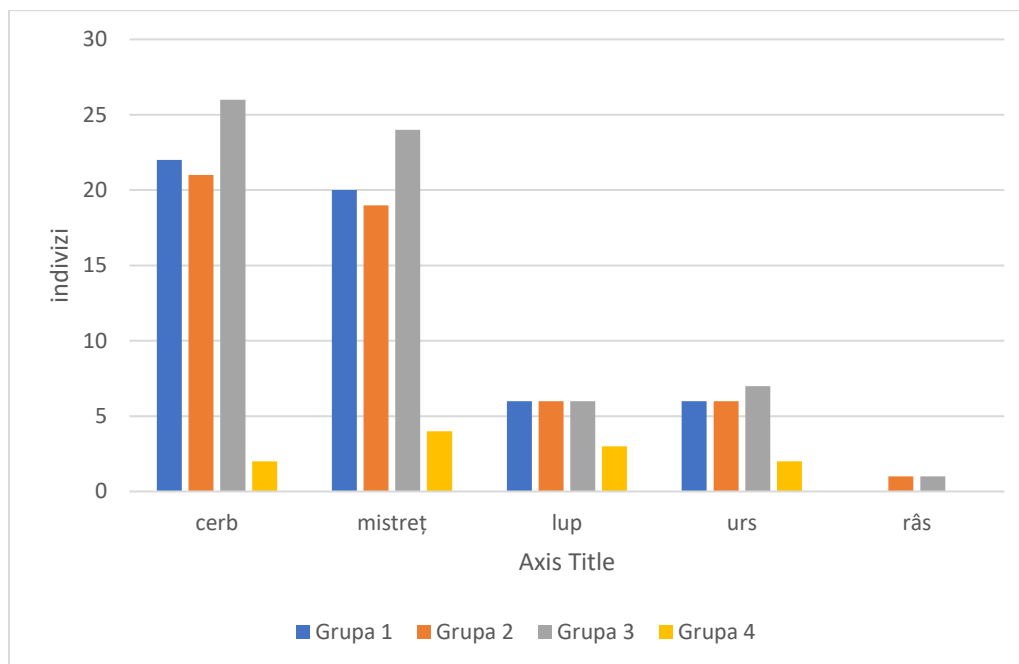


Figura 35 Graficul densităților speciilor obținute prin metoda REM în zona Crasna-Valea Mare

Analizând graficul densităților speciilor (*Figura 55*) s-au constatat următoarele aspecte:

- Densitățile pentru speciile din Grupa 1 sunt sensibil egale cu cele din Grupa 2 iar acest fapt ne permite să spunem că ambele tipuri de camere, ForestCam și Bolly, au eficiență de capturare similară;
- Rezultatele Grupei 3 arată o eficiență crescută a utilizării camerelor fotografice în pereche pe locație;
- Rezultatele obținute prin prelucrarea datelor înregistrate în mod video de camerele Reolink sunt mult mai mici față de cele obținute din prelucrarea datelor capturate de camerele ForestCam și Bolly și în plus pentru specia râs nu au fost capturate înregistrări cu aceasta;
- Pentru Grupa 1 la specia râs nu s-a putut calcula densitatea motivat de faptul că nu a fost decât o înregistrare pe camera ForestCam din locația LOC_02. Acest aspect nu a permis calcularea parametrului "v" (raza zilnică de activitate).

Pentru zona Rovina estimările densităților prin aplicarea metodei REM au fost 0.42 ex./ km² pentru mistreț iar pentru căprior de 0.44 ex./ km². Comparativ cu densitățile obținute prin metoda de referință de 1.47 ex./ km² la mistreț și 2.1 ex./ km² la căprior rezultatele utilizării metodei REM sunt mult mai mici.

4.5.3 Estimările densităților pe specii prin utilizarea metodei N-mixture

Aplicarea metodei *N_mixture* pentru datele înregistrate pe zona Crasna-Valea Mare s-a realizat la fel ca și la metoda REM pe cele patru grupe de analiză. Rezultatele analizelor sunt reprezentate sintetic în tabelul 4 iar în *Figura 36* este redat modelul pentru "script-ul" de prelucrare a datelor folosind metoda N-mixture.

```
#### MODEL N-mixture ####  
  
# create object  
umf_abundance <- unmarkedFramePcount(  
  y = DetHist2$detection.history, #matricea de detectare  
  sitecovs = site_covariates,  
  obscovs = list(effort = DetHist2$effort)  
)  
  
# Aplicăm modelul N-mixture  
mod_abundance <- pcount(  
  formula = ~ effort ~ elevation + treecover, # Detectare ~ Efort, Abundență ~ Alitudine + Treecover  
  data = umf_abundance,  
  K = 10  
)  
  
summary(mod_abundance)  
  
sink("D:\\Folder_lucru\\R_test\\MIREA\\LUCRU_II\\mod_abundance.txt")  
summary(mod_abundance)  
sink()  
  
# Facem predicția abundenței pe fiecare locație  
predicted_abundance <- predict(mod_abundance, type = "state") # "des" - arată probabilitatea de detectare  
sum(predicted_abundance$predicted)  
  
write.xlsx(predicted_abundance, "D:\\Folder_lucru\\R_test\\MIREA\\LUCRU_II\\predicted_abundance.xlsx", overwrite = TRUE)  
  
# Adăugăm la tabel  
site_covariates$Estimated_Abundance <- predicted_abundance$predicted  
write.xlsx(site_covariates, "D:\\Folder_lucru\\R_test\\MIREA\\LUCRU_II\\site_covariates_predicted.xlsx", overwrite = TRUE)  
  
print(site_covariates)
```

Figura 36 Model "script" pentru utilizarea metodei *N_mixture*

Rezultatele pentru fiecare specie obținute prin aplicarea "*script-ulul*" (vezi Anexa 2) sunt afișate sub forma din *Figura 37* și *Figura 38*

```
Abundance (log-scale):
      Estimate      SE      z      P(>|z|)
(Intercept)  3.30178 0.874713  3.77 0.000160
elevation    -0.00271 0.000806 -3.36 0.000788
treecoverB   -1.96082 0.779945 -2.51 0.011935

Detection (logit-scale):
      Estimate      SE      z      P(>|z|)
(Intercept)  -4.67 1.93 -2.42 0.0154
effort        2.28 1.94  1.17 0.2402

AIC: 453.3686
Number of sites: 15
optim convergence code: 0
optim iterations: 57
Bootstrap iterations: 0
```

Figura 37 Model de afișare al rezultatul estimării abundenței pe specii

Rezultatele modelului de calcul al abundenței redat mai sus cuprinde:

- "SE" este eroarea standard,
- "z" reflectă raportul dintre Estimate și SE, gradul de îndepărtare
- "P" este probabilitatea caz în care dacă $P < 0.05$ există relație între variabilă și răspuns iar dacă $P > 0,05$ relația este nesemnificativă din punct de vedere statistic.

	Intervalul de încredere al abundenței			
	Predicted	SE	lower	upper
Loc_1	3.47608997	1.1452385	1.82243776	6.63024099
Loc_2	1.55237818	0.36671663	0.97705521	2.46647067
Loc_3	1.3670407	0.3292666	0.85262941	2.19180837
Loc_4	0.36627882	0.27659313	0.08337433	1.60913047
Loc_5	0.25216685	0.18757991	0.05868172	1.08361036
Loc_6	0.24083312	0.17908907	0.05607162	1.03440194
Loc_7	0.1147673	0.08880738	0.02518577	0.52297531
Loc_8	0.95913843	0.2701183	0.55228192	1.66571907
Loc_9	0.42618797	0.3257348	0.09528602	1.90622075
Loc_10	1.77720713	0.4228192	1.11487671	2.83301747
Loc_11	1.33416073	0.3234187	0.82959347	2.14561097
Loc_12	1.4706229	0.34923456	0.92334323	2.34228361
Loc_13	1.93790275	0.46998312	1.20475098	3.11721437
Loc_14	4.74454092	1.89624712	2.16767971	10.3846839
Loc_15	0.46598285	0.35921689	0.10284795	2.11127221

Figura 38. Model afișare interval de încredere al estimărilor

Figura 38 pe lângă eroarea standard, cuprinde și intervalul de încredere al predicției la nivelul fiecărei locații.

Table 4. Densitatea speciilor prin metoda N_mixture zona Crasna-Valea Mare

Specia/Grupa	Grupa_1 (ForestCam)		Grupa_2 (ForestCam/Bolly)		Grupa3 (ForestCam&Bolly)		Grupa_4 (Reolink_Ranger)	
	densitate ex/100ha	estimat ex.	densitate ex/100ha	estimat ex.	densitate ex/100ha	estimat ex.	densitate ex/100ha	estimat ex.
Cerb comun	0.016	43	0.008	21	0.012	34	0.002	6
Mistreț	0.011	30	0.012	32	0.005	15	0.003	7
Lup	0.004	10	0.002	6	0.002	6	0.001	4
Urs	0.002	5	0.002	6	0.003	7	0.003	9
Râs	0.002	5	0.001	4	0.001	4	0.000	0

Pentru analiza datelor privind eficiența camerelor fotografice capcană de imagini utilizate, rezultatele cantitative obținute prin metoda **N_mixture** au fost reprezentate grafic în *Figura 39*.

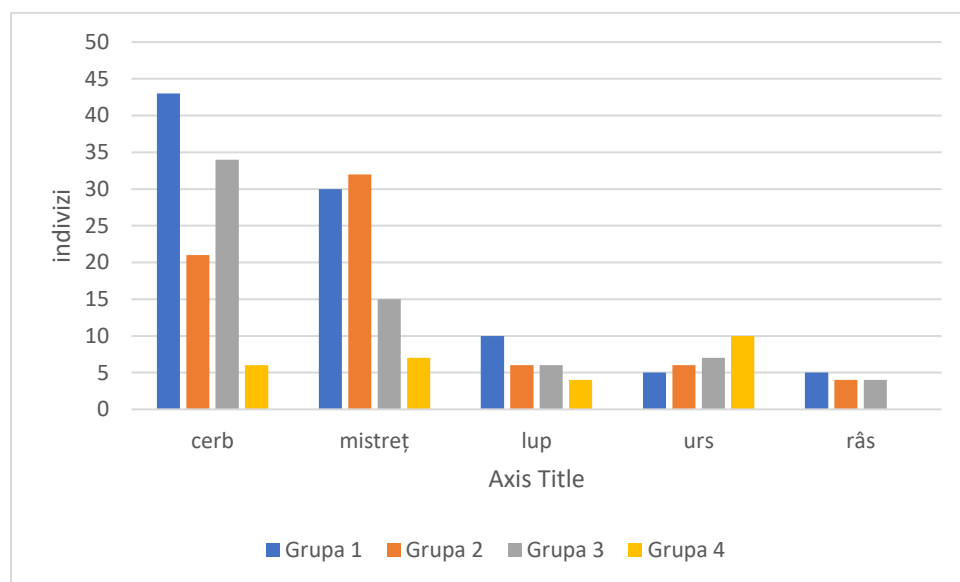


Figura 39. Graficul densităților speciilor metoda N_mixture în zona Crasna-Valea Mare

În comparație cu metoda REM aplicarea metodei N_mixture ne dă o diferență mult mai mare a rezultatelor la nivelul grupelor de analiză. Pe lângă diferența majoră dată de rezultatele Grupei 4 față de celelalte grupe generată de lipsa înregistrărilor, constatăm și o variație mare la nivelul primelor 3 grupe. Pentru specia mistreț avem cea mai mare diferență la Grupa 3, cu 50% mai mică decât estimarea prin utilizarea datelor din Grupa 1.

Pentru zona Rovina estimările abundenței prin aplicarea metodei N-mixture au fost de 37 de indivizi (2.07 ex./ km²) pentru mistreț iar pentru căprior de 57 de indivizi (1.32 ex./ km²). Comparativ cu densitățile obținute prin metoda de referință de 1.47 ex./ km² la mistreț și 2.1 ex./ km² la căprior rezultatele utilizării metodei pentru mistreț mai mici iar pentru căprior mai mari.

4.5.4 Determinarea numărului de exemplare prin metoda de referință

Estimarea numărului de exemplare din zona de studiu s-a realizat aplicând procedurile din cadrul metodologiei de referință utilizate și la alte cercetări, vezi estimarea cervidelor în zona O.S. Tinca. Rezultatele acțiunii de estimare a speciilor studiate pe baza metodei oficiale de referință utilizată la nivel național sunt redată în tabelul 5 iar în *Figura 40* este redată grafic reprezentarea estimărilor.

Table 5. Centralizatorul estimărilor prin metoda de referință în zona Crasna_Valea Mare

Vale, culme/specia	Cerb comun	Mistreț	Urs	Lup	Râs
C_INCAS-Nebuni	4	7	3	3	1
C_Nebuni-Moașa	2	1	2		
C_Plai-Moasa	8	2	4	5	
C-Băjenari-Bombe	7	4	3		1
V_Crasna- Crăsnuța		1	4		
V_Crasna-Nebuni	5	2	5		
V_Moașa-Radila	2	1	3		
V_Valea Mare		3	1		
<i>Total</i>	<i>28</i>	<i>21</i>	<i>25</i>	<i>8</i>	<i>2</i>

Analiza datelor rezultate prin aplicarea metodei de referință reliefează o structură a speciilor pe piramida trofică echilibrată, cu o reprezentare bună a cerbului comun și una mai redusă a mistrețului generată de epizootia de pestă. De asemenea se poate observa că numărul estimat pentru urs prin metoda de referință reflect condițiile de habitat bine structurat în zona de studiu.

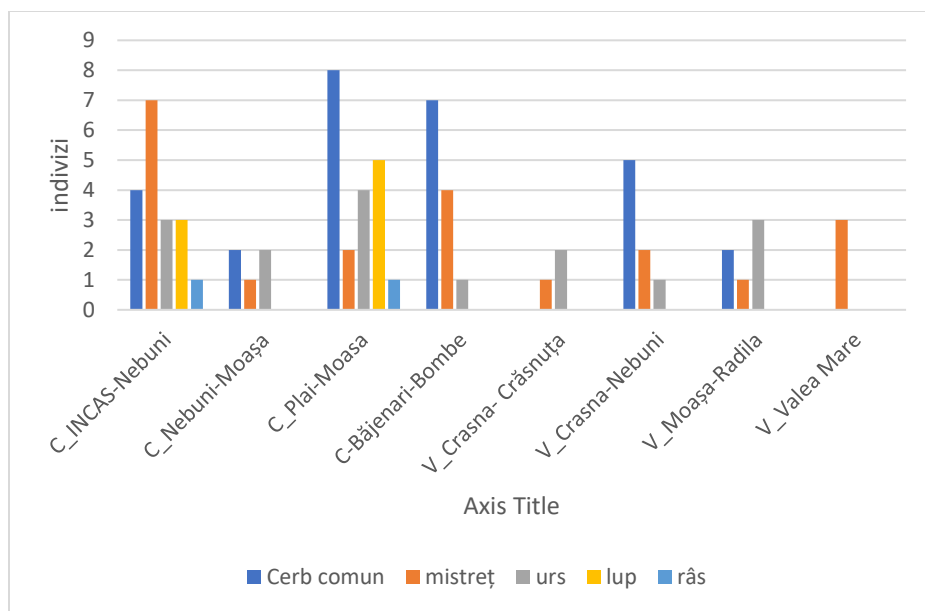


Figura 40 Estimarea numărului de exemplare pentru speciile studiate în zona Crasna_Valea Mare

4.5.5 Analiza integrată a datelor obținute prin cele 3 metode

Pentru analiza comparativă a datelor s-au luat în calcul din rezultatele metodei REM cele din Grupa 3 pentru zona Crasna_Valea Mare. Analiza integrată a urmărit dacă să stabilească dacă între metode există corelație. Estimările pentru speciile studiate (*Tabelul 6*) sunt reprezentate grafic în *Figura 41*.

Pentru specia urs la analiza comparativă a metodelor s-a luat în calcul la metoda de referință un număr de 5 exemplare care frecventau punctele de hrană pentru mistreț și cerb în perioada de monitorizare ianuarie-februarie, restul exemplarelor din estimarea de referință din cursul anului fiind retrase la bârlog în alte zone.

Table 6 Centralizatorul estimărilor celor 3 metode aplicate

Metoda/specia	Metoda_REM	Metoda_N_mixture	Metoda_Referinta
cerb comun	26	34	28
mistreț	24	15	21
lup	6	6	8
urs	7	7	5
răs	1	4	2

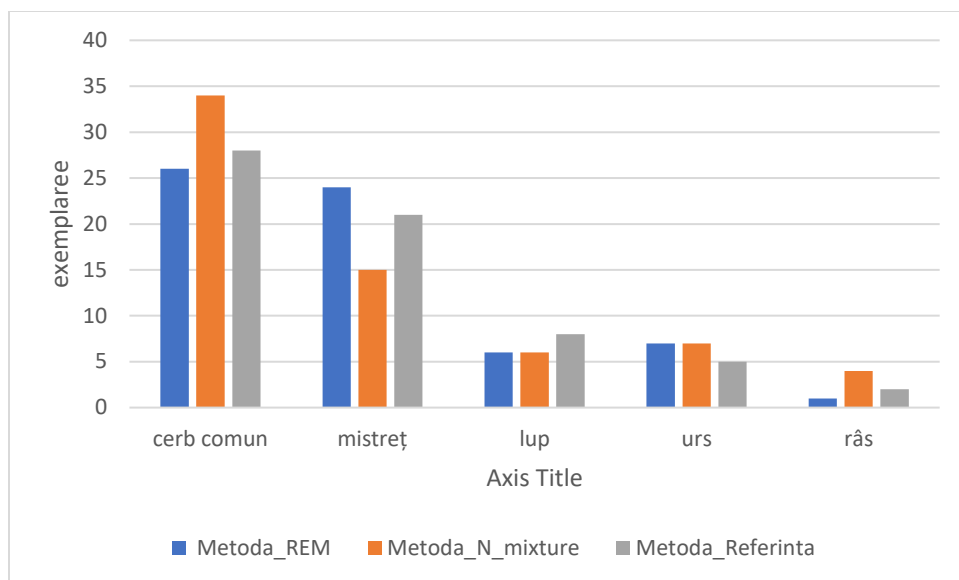


Figura 41. Estimarea numărului de exemplare prin cele 3 metode

Matricea de analiză a rezultatelor celor 3 metode (*Figura 42*) ne indică faptul că există o corelație foarte puternică între Metoda_REM și Metoda_Referinta ($r = 0.98$) și o corelație puternică între Metoda_N_mixture și Metoda_Referinta ($r = 0.93$), respectiv între Metoda_REM și Metoda_N_mixture este ($r = 0.87$). În concluzie putem spune că există o corelație între cele 3 metode dar rezultatele Metodei REM sunt mai puternic corelate cu cele ale Metodei de referință.

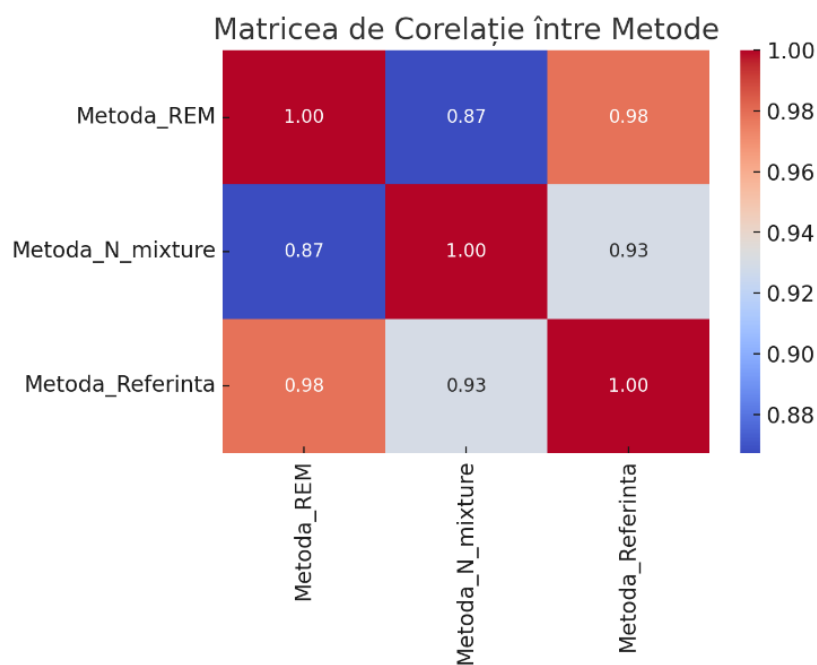


Figura 42. Matricea de corelație a celor 3 metodelor

CAPITOLUL 5

CONCLUZII. CONTRIBUȚII ORIGINALE. DISEMINAREA REZULTATELOR. DIRECȚII VIITOARE DE CERCETARE

5.1. Concluzii

Ca urmare a lucrărilor de cercetare efectuate, a prelucrării imaginilor capturate și a semnelor de prezență a speciilor și a analizei rezultatelor obținute în cadrul tezei de doctorat, se pot concluziona aspecte pertinente, fundamentate pe baze științifice, care să contribuie la dezvoltarea utilizării metodelor și pachetelor informatice specifice domeniul estimării mărimii populațiilor de mamifere cu ajutorul camerelor fotografice capcană de imagini.

Cu privire la stabilirea metodelor de estimare comparativă a populațiilor de mamifere mari în zona de studiu lucrările de cercetare au fost riguros implementate folosind modele de eșantionare diferite pentru cele două zone de cercetare, au fost colectate date de teren în perioadele stabilite, optime din punct de vedere al colectării datelor și au fost utilizate echipamente diverse și proceduri standardizate pentru realizarea obiectivelor propuse.

Pentru asigurarea procesării, analizei și interpretării eficiente a datelor obținute din teren pachetele "*camstraps*" și "*unmarked*" din modul de programare R ales au oferit soluții compatibile cu obiectivele asumate în cadrul tezei de doctorat. De asemenea aplicația "*DigiKam*" a permis structurarea unei baze de date fiabile cu mediul de operare și a asigurat o bună gestionarea datelor de teren ridicate de camerele fotografice capcană de imagini.

Abordările privind analiza datelor au luat în considerare complexitatea și diversitatea datelor ridicate din teren pentru semnele de prezență ale speciilor, *Analiza multicriterială și Analiza componentelor principale* constituind soluția pentru o analiză integrată a acestora cu condițiile de habitat. *Metoda KDE* a asigurat, de asemenea, posibilitatea transformării unor date punctuale de prezență în suprafețe continue de densitate pentru speciile studiate.

Metodele de analiză *REM* și *N_mixture* specifice prelucrării datelor colectate de camerele fotografice capcană de imagini la care nu există posibilitatea identificării indivizilor au constituit de asemenea o alegere utilă având în vedere rezultatele obținute.

Cu privire la determinarea parametrilor populațiilor de mamifere mari în cele două zone de cercetare, aceștia au fost rezultatul aplicării metodelor de analiză prezentate în cadrul metodologiei. Prelucrarea datelor și interpretarea rezultatelor au fost realizate prin utilizarea software-urilor statistice

menționate în cadrul tezei de doctorat. Utilizarea aplicației DigiKam a reprezentat o soluție fiabilă pentru prelucrarea datelor de teren și realizarea unor baze de metadate.

Evaluarea eficienței camerelor fotografice în estimarea populațiilor de mamifere mari a fost realizată distinct, prin gruparea datelor colectate în raport de modelul de echipament utilizat și ulterior prin analiza în mod comparativ. Astfel putem spune că rezultate similare au fost înregistrate de camerele *ForestCam LS 870* și *Bolly BG 310*, în timp ce camerele *Reolink Keen Ranger* au avut performanțe foarte slabe în condițiile de habitat în care au operat. Distanța redusă de detecție și dependența de temperatura externă pentru buna funcționare au fost cauzele principale ale numărului redus de înregistrări video ale camerelor *Reolink*.

Rezultatele obținute prin aplicarea metodelor de analiză au fost diferite în raport de modelul de eșantionare utilizat și numărul înregistrărilor. Utilizarea metodei *N_mixture* conduce la rezultate mai bune prin utilizarea unui model de eșantionare randomizată cu un număr mai mare de înregistrări pe o perioadă mai lungă de timp în timp ce metoda REM asigură rezultate apropiate de cele de referință în condițiile utilizării unui model sistematic de eșantionare care permite obținerea unor valori mai precise ale razei zilnice de activitate.

5.2. Contribuții originale

Concluziile desprinse pe baza rezultatelor obținute, în urma realizării lucrărilor de cercetare desfășurate cu ocazia elaborării tezei de doctorat, au evidențiat contribuții personale cu caracter de originalitate, cu privire la potențialul ridicat pe care îl are utilizarea camerelor fotografice capcană de imagini combinate cu metodele de analiză statistică în estimarea populațiilor de mamifere mari după cum urmează:

- Testarea metodelor de analiză *Muticriterială* și a *Analizei Componentelor Principale* pentru prelucrarea datelor de teren privind prezența speciei aduc o contribuție nouă cu privire la modul de cunoaștere a etologiei speciilor și la aprofundarea noțiunilor privind cerințele lor ecologice.
- Elaborarea unor hărți continue ale densităților de probabilitate pentru speciile studiate prin utilizarea metodei *KDE*, pornind de la seturile de date punctuale, constituie un element de noutate în cadrul cercetărilor în domeniul faunei.
- Evidențierea prin metode și modele diferite de eșantionare și grupare a seturilor de date a eficienței echipamentelor de capturare de imagini utilizate, rezultatele obținute constituind baza viitoarelor cercetări.
- Testarea și compararea rezultatelor a două metode de analiză a datelor colectate de camerele fotografice, *REM* și *N_mixture*, pentru condițiile ecosistemelor din România.
- Fundamentarea unei metodologii de culegere de date, prelucrare și interpretare care să permită în viitor standardizarea metodelor de estimare a populațiilor de mamifere prin utilizarea camerelor fotografice capcană de imagini.

- Dezvoltarea unei baze de date standardizate care poate constitui suport în dezvoltarea unor aplicații digitale în domeniu privind utilizare camerelor fotografice în estimarea a populațiilor de mamifere .

5.3. Diseminarea rezultatelor

- Lista lucrărilor publicate din tematica tezei de doctorat
 1. **Mirea, I.**, Cazacu, R., Fedorca, M., Fedorca, A., Toiu, L., & Ionescu, G. (2023). Evaluarea mamiferelor mari existente în zona localității București (Hunedoara, România). *Revista de Silvicultură și Cinegetică*, 27(52).
 2. **Mirea, I.**, Fedorca M., Baci, I., Cazacu R., Iordache D., Ionescu O. (2022) An Overview of the Photo Trap Camera as a Survey Tool for Wildlife, Proceedings of the International Symposium "Forest and Sustainable Development" 10th Edition, 14th-15th of October 2022, Brasov, Romania
 3. Ștefan, C., Fedorca, M., Fedorca, A., **Mirea, I.**, Mariș, C., & Ionescu, O. (2023). Monitorizarea șacalului auriu (*Canis aureus*) în zona localității Smârdan, județul Tulcea (România). *Revista de Silvicultură și Cinegetică*, 27(52).
 4. Cazacu, R., Ionescu, O., & **Mirea, I.** (2021). CITES-importanță, viziune strategică și implementare în România. *Revista de Silvicultură și Cinegetică*, 26(48).
 5. Hardalau D., Fedorca M, Popovici D., Ionescu G., Fedorca A., Mirea I., Iordache D., Ionescu O., Insights in Managing Ungulates Population and Forest Sustainability in Romania. *Diversity* 2025, 17(3)
- Lista lucrărilor publicate din afara tematicii tezei de doctorat
 1. Cazacu R., Baci I., Dutcă I., Vodă G., **Mirea I.**, & Fedorca A. (2024). Procesul de raportare a pagubelor produse de speciile de interes cinegetic în România: context actual, percepții și soluții de eficientizare. *Revista de Silvicultură și Cinegetică*, 29(54).
- Participare la conferință internațională cu prezentare
 1. Ion MIREA¹, Roxana CAZACU¹, Ovidiu IONESCU¹, Adrian LORENT¹, Georgeta IONESCU², The photo trap method, a tool in estimating the density of large mammalian populations, International Symposium "Forest and Sustainable Development" 8th Edition, 25th-27th of October 2018, Brașov, Romania.

2. Ion **MIREA**^{1*}, Adrian LORENT¹, Ovidiu IONESCU² ,The estimation of mammals population using photo trap cameras, 9 Th International Symposium Forest And Sustainable Development Braşov, Romania, 16 October 2020
3. Ion **MIREA**^{1*},Mihai FEDORCA^{1,2} , Iulia BACIU¹, Roxana CAZACU¹, Daniel IORDACHE², Ovidiu IONESCU² , The history of photo trap camera as a survey tool for wildlife 10th International Symposium Forest and Sustainable Development 14-15 Oct 2022
4. Ion **MIREA**^{1*}, Danie Ştefan ILIE³, Mihai FEDORCA^{1,2} , Ancuţa FEDORCA¹ , Roxana CAZACU¹ , Ramon JURJ¹ , Alex GRIDAN¹ , Daniel IORDACHE² , First step in standardising the collection of game statistics in Romania: a case study AJVPS Prahova, 11TH International Symposium Forest And Sustainable Development Braşov, Romania, 17-18 October 2024

5.4. Direcţii viitoare de cercetare

Premisele şi rezultatele obţinute în urma lucrărilor de cercetare din cadrul tezei de doctorat dau speranţa utilizării viitoare pe o scară mult mai mare a camerelor fotografice capcană de imagine în estimarea populaţiilor de mamifere.

- Principala direcţie de dezvoltare a cercetărilor în domeniu va fi cu siguranţă cea de natură tehnică care va permite dezvoltarea unor echipamente cât mai fiabile care să permită creşterea autonomiei energetice, să realizeze detectarea la distanţe cât mai mari, cu unghiuri şi mobilitate ridicată şi să permită descărcarea datelor de la distanţă în mod automat;
- Din punct de vedere al utilizării datelor colectate de camere fotografice capcană de imagini cercetările vor trebui să aprofundeze metodele de analiză prin studierea modelelor de eşantionare, a densităţilor şi modului de instalare a echipamentelor precum şi a standardizării protocoalelor de recoltare.
- O direcţie care ar trebui aprofundată este aceea a dezvoltării unor pachete software prin care gestionarii fondurilor cinegetice cu preocupări în conservarea faunei să-şi poată încărca într-o bază de date standardizată datele din teren ridicate de camerele fotografice.
- Dezvoltarea unor algoritmi avansaţi de recunoaştere a speciilor bazate pe învăţare profundă (deep learning) care să asigure recunoaşterea individuală folosind AI-ul.
- Crearea unor aplicaţii digitale care să permită descărcarea, filtrarea şi stocarea imaginilor capturate.

BIBLIOGRAFIE

- Ancrenaz, M., Hearn, a. J., Ross, J., Sollman, R., & Wilting, a. (2012). Handbook for wildlife monitoring using camera-traps. In *BBEC Publication*.
- Arroyo-Arce, S., Thomson, I., Fernandez, C., & Salom-Perez, R. (2017). Relative abundance and activity patterns of terrestrial mammals in Pacuare Nature Reserve, Costa Rica. *UNED Research Journal*, 9(1). <https://doi.org/10.22458/urj.v9i1.1673>
- Bouché, P., Nzapa Mbeti Mange, R., Tankalet, F., Zowoya, F., Lejeune, P., & Vermeulen, C. (2012). Game over! Wildlife collapse in northern Central African Republic. *Environmental Monitoring and Assessment*, 184(11). <https://doi.org/10.1007/s10661-011-2475-y>
- Byron Williams. (2002). Analysis and Management of Animal. *Journal of Wildlife Management*.
- Chandler, R. B., & Andrew Royle, J. (2013). Spatially explicit models for inference about density in unmarked or partially marked populations. *Annals of Applied Statistics*, 7(2). <https://doi.org/10.1214/12-AOAS610>
- Cutler, T.L., and Swann, D. E. (1999). *Using Remote Photography in Wildlife Ecology: A Review - 3784076.pdf*. Wildlife Society Bulletin.
- Evans, M. J., & Rittenhouse, T. A. G. (2018). Evaluating spatially explicit density estimates of unmarked wildlife detected by remote cameras. *Journal of Applied Ecology*, 55(6). <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13194>
- FIEBERG, J. (2007). Utilization Distribution Estimation Using Weighted Kernel Density Estimators. *The Journal of Wildlife Management*, 71(5). <https://doi.org/10.2193/2006-370>
- Fiske, I. J., & Chandler, R. B. (2011). Unmarked: An R package for fitting hierarchical models of wildlife occurrence and abundance. *Journal of Statistical Software*, 43(10). <https://doi.org/10.18637/jss.v043.i10>
- Fleming, C. H., & Calabrese, J. M. (2017). A new kernel density estimator for accurate home-range and species-range area estimation. *Methods in Ecology and Evolution*, 8(5). <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12673>
- Garrote, G., Pérez De Ayala, R., Álvarez, A., Martín, J. M., Ruiz, M., De Lillo, S., & Simón, M. A. (2021). Improving the random encounter model method to estimate carnivore densities using data generated by conventional camera-trap design. *ORYX*, 55(1). <https://doi.org/10.1017/S0030605318001618>
- Gil-Sánchez, J. M., Moral, M., Bueno, J., Rodríguez-Siles, J., Lillo, S., Pérez, J., Martín, J. M., Valenzuela, G., Garrote, G., Torralba, B., & Simón-Mata, M. Á. (2011). The use of camera trapping for

- estimating Iberian lynx (*Lynx pardinus*) home ranges. *European Journal of Wildlife Research*, 57(6). <https://doi.org/10.1007/s10344-011-0533-y>
- Gray, T. N. E., Phan, C., Pin, C., & Prum, S. (2012). Establishing a monitoring baseline for threatened large ungulates in eastern Cambodia. *Wildlife Biology*, 18(4). <https://doi.org/10.2981/11-107>
- Greenacre, M., Groenen, P. J. F., Hastie, T., D'Enza, A. I., Markos, A., & Tuzhilina, E. (2022). Principal component analysis. *Nature Reviews Methods Primers*, 2(1). <https://doi.org/10.1038/s43586-022-00184-w>
- Griffiths, M., & Schaik, C. P. (1993). The Impact of Human Traffic on the Abundance and Activity Periods of Sumatran Rain Forest Wildlife. *Conservation Biology*, 7(3). <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1993.07030623.x>
- Howe, E. J., Buckland, S. T., Després-Einspenner, M. L., & Kühl, H. S. (2017). Distance sampling with camera traps. *Methods in Ecology and Evolution*, 8(11). <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12790>
- Kalle, R., Ramesh, T., Qureshi, Q., & Sankar, K. (2011). Density of tiger and leopard in a tropical deciduous forest of Mudumalai Tiger Reserve, southern India, as estimated using photographic capture-recapture sampling. *Acta Theriologica*, 56(4). <https://doi.org/10.1007/s13364-011-0038-9>
- Karanth, K. U. (1995). Estimating tiger *Panthera tigris* populations from camera-trap data using capture-recapture models. *Biological Conservation*, 71(3). [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(94\)00057-W](https://doi.org/10.1016/0006-3207(94)00057-W)
- Kassambara, A. (2022). Visualization of a correlation matrix using “ggplot2.” *Package `ggcorrplot`*.
- Kassambara, A., & Mundt, F. (2020). factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses. Package Version 1.0.7. *R Package Version*.
- Kuhn. (2020). *Correlations in R*.
- Kuter, N., Yenilmez, F., & Kuter, S. (2011). Forest fire risk mapping by kernel density estimation. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 32(2).
- Lê, S., Josse, J., & Husson, F. (2008). FactoMineR: An R package for multivariate analysis. *Journal of Statistical Software*, 25(1). <https://doi.org/10.18637/jss.v025.i01>
- Lee White, & Ann Edwards. (n.d.). *Conservation Research in the African Rain Forest: A technical Handbook*.
- Levine, N., & Associates. (2013). CrimeStat IV: A Spatial Statistics Program for the Analysis of Crime Incident Locations (V. 4). *Journal of Chemical Information and Modeling*.
- Linnell, J. D. C., Swenson, J. E., Kvam, T., Nikus, N., Fagrapport, N., & Oppdragsmelding, N. (1998). Methods for monitoring European large carnivores - A worldwide review of relevant experience. In *NINA Oppdragsmelding* (Vol. 549, Issue October 2015).

- Liu, Q., Deng, M., Shi, Y., & Wang, J. (2012). A density-based spatial clustering algorithm considering both spatial proximity and attribute similarity. *Computers and Geosciences*, 46. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2011.12.017>
- Lorent et al. (2015). *Evaluarea hazardului la incendii de pădure la nivel de unitate administrativ-teritorială în perioada 2006–2015*. .
- Lorent et al. (2018). *Evaluarea hazardului la incendii de pădure la nivel de unitate administrativ-teritorială în perioada 2006–2015*. .
- Luo, G., Wei, W., Dai, Q., & Ran, J. (2020). Density Estimation of Unmarked Populations Using Camera Traps in Heterogeneous Space. *Wildlife Society Bulletin*, 44(1). <https://doi.org/10.1002/wsb.1060>
- Meek, P., Ballard, G., & Fleming, P. J. S. (2012). An introduction to camera trapping for wildlife surveys in Australia | ResearchGate. In ... *Animals Cooperative Research*
- Moeller, A. K. (2017). New methods to estimate abundance from unmarked populations using remote camera trap data. *Graduate Student Theses, Dissertations, & Professional Papers*.
- Mudrov, M., & Proch, a. (2005). Principal component analysis in image processing. *Institute of Chemical Technology, Prague*
- Nakashima, Y., Fukasawa, K., & Samejima, H. (2018). Estimating animal density without individual recognition using information derivable exclusively from camera traps. *Journal of Applied Ecology*, 55(2). <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13059>
- O.Ionescu. (2011). *Management cinegetic și salmonicol I* .
- Oliveira, S., Oehler, F., San-Miguel-Ayanz, J., Camia, A., & Pereira, J. M. C. (2012). Modeling spatial patterns of fire occurrence in Mediterranean Europe using Multiple Regression and Random Forest. *Forest Ecology and Management*, 275. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.03.003>
- Oliveira-Santos, L. G. R., Zucco, C. A., & Agostinelli, C. (2013). Using conditional circular kernel density functions to test hypotheses on animal circadian activity. In *Animal Behaviour* (Vol. 85, Issue 1). <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2012.09.033>
- Palencia, P., Barroso, P., Vicente, J., Hofmeester, T. R., Ferreres, J., & Acevedo, P. (2022). Random encounter model is a reliable method for estimating population density of multiple species using camera traps. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 8(5). <https://doi.org/10.1002/rse2.269>
- R Core Team. (2019). R: A language and environment for statistical computing. In *R Foundation for Statistical Computing*.
- Rovero, F., Zimmermann, F., Berzi, D., & Meek, P. (2013). “Which camera trap type and how many do I need?” A review of camera features and study designs for a range of wildlife research applications. *Hystrix*, 24(2). <https://doi.org/10.4404/hystrix-24.2-6316>

- Rowcliffe, J. M., Field, J., Turvey, S. T., & Carbone, C. (2008). Estimating animal density using camera traps without the need for individual recognition. *Journal of Applied Ecology*, 45(4). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2008.01473.x>
- Sanderson, J. G., & Trolle, M. (2005). Monitoring elusive mammals. *American Scientist*, 93(2). <https://doi.org/10.1511/2005.52.958>
- Swann, D. E., Kawanishi, K., & Palmer, J. (2011). Evaluating types and features of camera traps in ecological studies: A guide for researchers. In *Camera Traps in Animal Ecology: Methods and Analyses*. https://doi.org/10.1007/978-4-431-99495-4_3
- Trollet, F., Huynen, M.-C., Vermeulen, C., & Hambuckers, A. (2014). Use of Camera Traps for Wildlife Studies. A Review. *Biotechnology, Agronomy, Society, Environment*, 18(3).
- Varman, K. S., & Sukumar, R. (1995). The line transect method for estimating densities of large mammals in a tropical deciduous forest: An evaluation of models and field experiments. *Journal of Biosciences*, 20(2). <https://doi.org/10.1007/BF02703274>
- waller and Gotway. (2004). *Applied Spatial Statistics for Public Health Data*.

Listă abrevieri

(KDE) -Kernel Density Estimation

(PCA) -Principal Component Analysis

(REM)-Random Encounter Analyses

(Pz_fauna)- *Prezenta faună*

(ALT)- *Altitudine*

(Cat_Pad)- *Categoria de pădure*

(SUP)- *Subunitate de producție*

(EXPOZITIE)- *Expoziția terenului*

(INC)- *Inclinare teren*

(CRT_PAD)- *Caracterul actual al tipului de pădure*

(LITIERA)- *Litiera*

(STR)- *Structura arboretului*

(DNS)- *Consistentă arboretului*

(VRT)- *Vârsta arboretului*

(LCR_EXT)- *Lucrările executate*

(SP_PRINC_ARB)- *Specia principală*

(VOLUM)- *Volum arboret*

(PPA)- *Pestă porcină africană*

O.S.- *Ocolul Silvic*

Listă de figuri

Figura 1. Localizarea zonelor de cercetare.....	8
Figura 2. Eșantionarea zonei de cercetare Figura 3 Eșantionarea zonei de cercetare	10
Figura 4 Piețele de probă pentru metode de referință.....	12
Figura 5. Matricea de corelație pentru cerb comun în zona Crasna-Valea Mare.....	21
Figura 6. Analiza componentelor principale pentru cerb comun în zona Crasna-Valea Mare	22
Figura 7. Matricea de corelație pentru mistreț în zona Crasna-Valea Mare	23
Figura 8. Analiza componentelor principale (PCA) pentru mistreț în zona Crasna-Valea Mare.....	24
Figura 9. Matricea de corelație pentru lup în zona Crasna-Valea Mare.....	25
Figura 10. Analiza componentelor principale pentru lup în zona Crasna-Valea Mare.....	26
Figura 11. Matricea de corelație pentru râs în zona Crasna-Valea Mare	27
Figura 12. Analiza componentelor principale pentru râs în zona Crasna-Valea Mare	28
Figura 13. Matricea de corelație pentru urs în zona Crasna-Valea Mare	29
Figura 14. Analiza componentelor principale pentru urs în zona Crasna-Valea Mare	30
Figura 15. Matricea de corelație pentru căprior în zona Crasna-Valea Mare.....	31
Figura 16. Analiza componentelor principale pentru căprior în zona Crasna-Valea Mare	32
Figura 17. Matricea de corelație pentru căprior în zona Rovina în zona Crasna-Valea Mare	33
Figura 18. Analiza componentelor principale pentru căprior în zona Rovina.....	34
Figura 19. Matricea de corelație pentru mistreț în zona Rovina.....	35
Figura 20. Analiza componentelor principale pentru mistreț în zona Rovina	36
Figura 21. Densitatea de probabilitate pentru cerb comun în zona Crasna.....	37
Figura 22. Densitatea de probabilitate pentru mistreț în zona Crasna	38
Figura 23. Densitatea de probabilitate pentru lup în zona Crasna	39
Figura 24. Densitatea de probabilitate pentru râs în zona Crasna	40
Figura 25. Densitatea de probabilitate pentru urs în zona Crasna	41
Figura 26. Densitatea de probabilitate	42
Figura 27. Densitatea de probabilitate	42
Figura 28. Funcția "cameraOperation" în R.....	43
Figura 29. Matricea istoricului de funcționare al camerelor fotografice	43
Figura 30. Histograma privind funcționarea camerelor fotografice pentru zona Crasna-Valea Mare ..	44
Figura 31. Funcția "detectionHistory" în R.....	45
Figura 32 Raportul de activitate zilnică pentru cerbul comun în zona Crasna-Valea Mare	46
Figura 33 Frecvența detecțiilor pe locații cumulate pentru toate speciile în zona Crasna-Valea Mare..	47

Figura 34 Model " <i>script</i> " pentru utilizarea metodei REM în R.....	48
Figura 35 Graficul densităților speciilor obținute prin metoda REM în zona Crasna-Valea Mare	48
Figura 36 Model " <i>script</i> " pentru utilizarea metodei <i>N_mixture</i>	49
Figura 37 Model de afișare al rezultatul estimării abundenței pe specii.....	50
Figura 38. Model afișare interval de încredere al estimărilor	50
Figura 39. Graficul densităților speciilor metoda <i>N_mixture</i> în zona Crasna-Valea Mare.....	51
Figura 40 Estimarea numărului de exemplare pentru speciilor studiate în zona Crasna_Valea Mare...	53
Figura 41. Estimarea numărului de exemplare prin cele 3 metode.....	54
Figura 42. Matricea de corelație a celor 3 metodelor.....	54

Listă de tabele

Table 1 Speciile care fac obiectul cercetărilor	9
Table 2. Indicele de abundență relativă pentru speciile monitorizate.....	45
Table 3. Densitatea speciilor prin metoda REM_zona Crasna_Valea Mare	47
Table 4.Densitatea speciilor prin metoda N_mixture zona Crasna-Valea Mare	51
Table 5. Centralizatorul estimărilor prin metoda de referință în zona Crasna_Valea Mare.....	52
Table 6 Centralizatorul estimărilor celor 3 metode aplicate.....	53