

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI AGRONOMIA, ANIMALI, ALIMENTI, RISORSE
NATURALI E AMBIENTALI

Tesi di Laurea Triennale in Scienze e Tecnologie Animali

**Valutazione fito-pastorale degli habitat delle malghe Erera Brendol e
Vette Grandi (Parco Nazionale delle Dolomiti Bellunesi) per la
riqualificazione della vegetazione del pascolo**

Relatore

Prof.essa Cristina Pornaro

Correlatore

Dott. Salvatore Raniolo

Laureanda

Sofia Boscolo

Matricola n. 2111470

ANNO ACCADEMICO 2025-2026

INDICE

1. Introduzione.....	1
1.1 Importanza dei pascoli.....	1
1.1.1 Degrado della composizione floristica dei pascoli.....	1
1.1.2 Pascolo libero e pascolo controllato.....	2
1.2 Natura 2K.....	3
1.3 Mappe vegetazionali	4
1.4 Indici vegetazionali derivati da telerilevamento.....	5
1.4.1 Riflettanza della vegetazione.....	6
1.4.2 NDVI.....	7
1.5 Telerilevamento vegetazione.....	8
2. Obiettivo.....	9
3. Materiale e metodi.....	10
3.1 Parco Nazionale delle Dolomiti Bellunesi.....	10
3.1.1 Problematiche legate alla gestione del parco.....	10
3.1.2 Strumento delle attività agricolo zootecniche	11
3.1.3 Prati e pascoli del parco.....	12
3.1.4 Problematiche gestionali comuni.....	12
3.1.5 Aspetti zootecnici e problematiche delle malghe caricate con bovine.....	13
3.2 Unità ambientali.....	14
3.2.1 Unità ambientale B.....	15
3.2.1.1 Malga Vette Grandi.....	16
3.2.2 Unità ambientale D3.....	17
3.2.2.1 Malga Erera Brendol.....	18
3.3 Individuazione aree di studio e habitat.....	19
3.4 Redazione delle mappe tematiche e analisi spaziale delle aree di studio.....	20
3.5 Redazione mappe di pascolamento.....	21
3.6 Acquisizione, elaborazione e utilizzo mappe NDVI.....	22
3.7 Analisi statistica in R, calcolo del residuo NDVI e rappresentazione grafica.....	22
4. Risultati.....	24
4.1 Habitat individuati nelle aree di studio.....	24
4.2 Habitat Vette Grandi.....	26
4.3 Habitat Erera Brendol.....	33
4.4 Analisi spaziale dell'intensità di pascolamento.....	35
4.5 Analisi integrata della dinamica dell'NDVI in relazione ai giorni di uso del pixel nelle aree PE (Erera Brendol) e VE (Vette Grandi).....	38
4.6 Mappatura spaziale dell'NDVI e localizzazione dei giorni di uso del pixel.....	40

4.7 Andamento dell'indice di Vigoria.....	42
4.8 Andamento temporale della fenologia e la variabilità classi Natura 2000.....	46
4.8.1 Impatto specifico del tipo di utilizzatore nell'area Vette Grandi (VE).....	47
5. Conclusioni.....	50
6. Bibliografia.....	52

Abstract

Il presente lavoro di ricerca si prefigge l'obiettivo di analizzare e caratterizzare sotto il profilo fito-pastorale due specifiche aree studio situate all'interno del comprensorio biogeografico del Parco Nazionale delle Dolomiti Bellunesi. L'indagine si focalizza sullo studio approfondito delle unità vegetazionali locali e sulla valutazione degli habitat, con la finalità ultima di stimarne il valore foraggero e delineare un piano di riqualificazione delle cenosi pascolive. La metodologia d'indagine si avvale di un approccio integrato che prevede l'elaborazione di una cartografia della vegetazione accoppiata a una mappa analitica del degrado floristico, necessaria per individuare i punti critici delle aree a pascolo. Per quantificare l'impatto zootecnico e la reale pressione di pascolamento, la ricerca integra mappe relative al consumo attivo del bestiame bovino con l'analisi telerilevata del pascolamento degli animali che verrà associata ad una analisi dell'indice di vigore vegetativo NDVI. Quest'ultimo strumento risulta fondamentale per l'individuazione spaziale delle aree sottopascolate, soggette a fenomeni di ricolonizzazione arbustiva e perdita di valore pastorale. L'integrazione di questi parametri permette di formulare proposte gestionali mirate al ripristino dell'equilibrio vegetazionale, garantendo la conservazione della biodiversità e l'ottimizzazione della risorsa foraggera in un contesto protetto di alto valore naturalistico.

This research study aims to analyze and characterize, from a phytopastoral perspective, two specific study areas located within the biogeographic region of the Belluno Dolomites National Park. The study focuses on an in-depth analysis of local vegetation units and habitat assessment, with the goal of estimating their forage value and outlining a plan for the restoration of pasture vegetation. The survey methodology employs an integrated approach that involves the development of vegetation mapping coupled with an analytical mapping of floristic degradation, necessary to identify hotspot points on the grazing surface. To quantify the livestock impact and actual grazing pressure, the research integrates maps of active herds grazing with remote sensing analysis associated to analysis of the NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). This tool is essential for spatially identifying under-grazed areas, which are subject to shrub encroachment and loss of grazing value. The integration of these parameters allows for the formulation of management proposals aimed at restoring vegetation balance, ensuring the conservation of biodiversity and the optimization of forage resources within a protected area of high naturalistic value.

1. Introduzione

1.1 Importanza dei pascoli

La principale funzione dei pascoli è legata al fattore produttivo della cenosi erbacea, e quindi alla sua capacità di fornire agli animali allevati un alimento che risulta molto variabile in quantità e qualità in base a diversi fattori, quali l'andamento climatico dell'anno, l'altitudine, la composizione floristica, la gestione. A partire da questo alimento gli animali sono in grado di fornire latticini e carne, prodotti comunemente usati per l'alimentazione umana. I pascoli nel tempo si sono trovati relegati a zone collinari e montane dove la meccanizzazione delle varie pratiche di gestione è troppo complessa o costosa. Al contrario, nei contesti di pianura, la transizione verso modelli di zootecnia intensiva nel secondo dopoguerra ha determinato la quasi totale scomparsa della pratica del pascolamento. Sebbene le micro-aziende zootecniche montane siano rimaste storicamente slegate dalle logiche di iper-produttività industriale, l'approccio gestionale del secolo scorso è stato a lungo dominato da un paradigma antropocentrico: l'obiettivo primario era la modificazione strutturale del pascolo per asservirlo ai ritmi della produzione. Recentemente, tuttavia, si assiste a un'inversione di tendenza: la ricerca e la pratica sul campo riconoscono la necessità di invertire questo rapporto, adottando una gestione agroecologica che rispetti le dinamiche intrinseche delle cenosi vegetali e risponda direttamente alle loro esigenze ecologiche (Macolino S., A.A. 2024-2025). Le colture permanenti, come pascoli, non forniscono solo fitomassa, ma anche un insieme di servizi ecosistemici per la salvaguardia dell'interesse generale, alcune di queste funzioni ambientali intrinseche sono: la protezione del terreno dall'erosione idrica ed eolica, il miglioramento del profilo chimico-fisico del terreno, la depurazione delle acque, la conservazione e l'incremento della biodiversità, il ruolo di viale tagliafuoco e il miglioramento del paesaggio (Macolino S., A.A. 2024-2025).

1.1.1 Degradazione della composizione floristica dei pascoli

Nei comprensori a maggiore vocazione zootecnica si registra una crescente incidenza di fenomeni di degrado del pascolo, con effetti legati al sovrapascolamento nelle zone vicino alle stalle e legati al sottopascolamento nelle aree marginali. Le ripercussioni negative legate al sovrapascolamento sulla copertura vegetale risultano amplificate dall'incremento di apporti organici azotati, derivanti dall'integrazione alimentare con mangimi concentrati. D'altra parte, nelle aree marginali e di difficile utilizzo si assiste a una progressiva ricolonizzazione da parte della vegetazione arbustiva e arborea, con conseguente contrazione — spesso irreversibile — della superficie foraggera utile (Gusmeroli F., 2003.). Nel loro complesso, gli agroecosistemi pastorali appaiono dunque tuttora minacciati da una variazione della composizione floristica che ne compromette la qualità e la struttura, dinamiche che ne pregiudicano seriamente la sostenibilità ecologica ed economica a lungo termine. Pertanto, le prerogative multifunzionali del pascolo — declinabili in termini zootecnici, ecosistemici, paesaggistici, ecologici e di presidio del territorio — trovano piena espressione esclusivamente laddove si applichi una conduzione studiata (Gusmeroli F., 2003). I regimi di pascolamento libero o incontrollato si rivelano del tutto inadempienti rispetto a tali obiettivi. Al contrario, soltanto una pianificazione razionale ed ecocompatibile delle risorse foraggere è in grado di garantire un'ottimale efficienza nutrizionale per il bestiame (in termini di selettività e valore nutritivo), preservando o implementando il potenziale produttivo delle cotiche erbose, la loro stabilità strutturale, l'eterogeneità biologica della biocenosi e il mantenimento di un paesaggio aperto e fruibile (Gusmeroli F., 2003). Il fulcro analitico su cui si incardina la strutturazione del piano di pascolamento è rappresentato dall'indice di utilizzazione pastorale, parametro determinabile su base teorica attraverso l'analisi dei profili floristici e delle proprietà fisico-meccaniche del suolo. Conseguentemente, la modulazione della pressione pastorale, la gestione etologica e strutturale della mandria, la compartimentazione dei turni di pascolamento, nonché i tempi di occupazione e il calendario di monticazione, devono convergere sinergicamente verso il rispetto di tale indice all'interno di ciascuna facies vegetazionale che costituisce il mosaico foraggero dell'alpeggio (Gusmeroli F., 2003).

1.1.2 Pascolo libero e pascolo e pascolo controllato

I sistemi di pascolamento si distinguono principalmente nei modelli del pascolo libero e del pascolo controllato (Gusmeroli F., 2003), laddove il primo si caratterizza per l'assenza di vincoli spaziali per il bestiame, il secondo si basa sul confinamento programmato degli animali mediante un rigoroso piano di pascolamento. Nelle malghe alpine, a causa delle complesse peculiarità topografiche e floristiche, la gestione libera risulta applicabile senza criticità solo in rare condizioni di spiccata rusticità e su ampie superfici marginali. Al di fuori di queste specifiche eccezioni, l'assenza di controllo sugli animali genera severe ripercussioni sistemiche sia sulla performance animale sia sulla stabilità dell'ecosistema: la totale libertà di movimento si traduce in modeste assunzioni alimentari giornaliere accoppiate a un elevato dispendio energetico per l'attività locomotoria, dinamica che accentua gli squilibri nutritivi della razione e determina un ingente spreco di biomassa foraggera. Parallelamente, a livello ambientale, la mancanza di turnazione causa un progressivo deterioramento qualitativo del pascolo, l'insorgere di fenomeni di compattamento del suolo e dei sentieri, nonché danni diretti alle fitocenosi di elevato pregio naturalistico e alterazioni nelle dinamiche di interazione con la fauna selvatica locale (Gusmeroli F., 2003).

1.2 Natura 2K

La Rete Natura 2000 è lo strumento adottato dall'UE per garantire la conservazione della biodiversità naturale, forestale e agricola, in linea con obiettivi di tutela ambientale (Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica [MASE], s.d.). Tale iniziativa istituita ai sensi della direttiva 92/43/CEE "HABITAT", rappresenta la rete mondiale più estesa al mondo dedicata alla conservazione della biodiversità comprendendo circa il 20% del suolo dell'UE attraverso una maglia di oltre 26.000 siti protetti (MASE, s.d.). La rete si articola in unità territoriali designate quali "Siti di Importanza Comunitaria" (SIC), destinati, a conclusione di uno specifico iter istituzionale a essere assegnati alla categoria "Zone Speciali di Conservazione" (ZSC) e in "Zone di protezione Speciale" (ZPS) (Romano R. et al., 2019). Le strategie d'intervento della Rete sono la prevenzione del degrado, impedendo qualsiasi attività che possa compromettere l'integrità degli habitat o delle specie protette nei siti designati, e la gestione proattiva con misure concrete e finalizzate al mantenimento o al ripristino ecologico, migliorando così la salvaguardia della biodiversità (Pagliacci F., A.A. 2025-2026). Interessante osservare che a base della tutela della varietà in ogni sua declinazione non è la rigida

separazione tra uomo e natura (Cozzi G., A.A. 2025-2026), il binomio giunge a una sostanziale equivalenza, strutturandosi attorno a un vero e proprio equilibrio strategico tra azione antropica e dinamiche ambientali, attraverso pascolo, gestione forestale, agricoltura tradizionale e pesca non intensiva.

1.3 Mappe vegetazionali

Le carte della vegetazione si configurano come elaborati geografici volti a rappresentare la distribuzione spaziale delle diverse cenosi vegetali in un territorio, individuate sulla base dei tratti intrinseci della copertura medesima (Tommaselli M. et al., 2006; Pirola 1978). Nella tradizione geobotanica del contesto europeo, tale cartografia viene generalmente impostata identificando i tipi vegetazionali attraverso la loro specifica composizione floristica e strutturandoli secondo i protocolli codificati della metodologia fitosociologica (Tommaselli M. et al., 2006; Braun-Blanquet 1964; Westhoff & Van der Maarel 1978). Considerando la centralità delle cenosi vegetali nelle dinamiche ecosistemiche, la conoscenza della delimitazione geografica dei consorzi floristici costituisce un prerequisito essenziale per l'analisi strutturale e funzionale dei sistemi paesaggistici (Tommaselli M. et al., 2006; Küchler & Zonneveld 1988; Zonneveld 1995; Bailey 1996; Farina 1998). In questo panorama, la cartografia fitosociologica della vegetazione attuale rappresenta uno strumento più che consolidato. L'integrazione dei dati sulla composizione specifica e sulle relazioni quantitative tra le specie permette, infatti, di sfruttare il valore di predittività ecologica delle specie a differenti scale d'osservazione, permettendo di sommare informazioni relative a quella data cenosi o habitat trattato, e avere una visione completa per una analisi sinottica (Tommaselli M. et al., 2006; Ferrari et al., 2000). Di conseguenza, le valutazioni ambientali supportate da tali cartografie si rivelano fondamentali per indirizzare i processi decisionali e i piani di gestione del territorio, trovando applicazione sia nei contesti antropizzati e nei paesaggi culturali (Vos & Stortelder 1992; Chytrý 1998; Zerbe 1998), sia all'interno delle aree naturali protette (Tommaselli M. et al., 2006; Tomaselli et al. 1994; Gardi et al. 2001; Biondi et al. 2004). L'avvento e la progressiva diffusione dei Sistemi Informativi Geografici (GIS) hanno sensibilmente amplificato le potenzialità di questi documenti, conferendo loro un rinnovato valore applicativo (Tommaselli M. et al., 2006). Attraverso la digitalizzazione e l'analisi spaziale in ambiente GIS, è oggi possibile determinare con precisione i parametri geometrici

delle unità vegetazionali, come le superfici e i perimetri, nonché calcolare indici morfologici complessi — tra cui il grado di compattezza, convoluzione, isolamento e frammentazione — essenziali per stimare la vulnerabilità ecologica dei patch vegetativi (Tommaselli M. et al., 2006; Ferrarini et al. 2005). Infine, l'approccio GIS agevola la sovrapposizione e l'intersezione spaziale delle carte della vegetazione con ulteriori layer tematici, consentendo di indagare i fattori causali e le matrici ambientali che determinano lo specifico pattern spaziale della vegetazione (Tommaselli M. et al., 2006; Del Barrio et al. 1997; Frohn 1998; Rossi et al. 1998; Tappeiner et al. 1998).

1.4 Indici vegetazionali derivati da telerilevamento

Nel contesto del telerilevamento e della spettroscopia d'immagine, gli indici di vegetazione (VIs) rappresentano una delle metodologie più diffuse e approfondite per quantificare le proprietà biofisiche delle piante (Pinna D., A.A. 2025-2026). Il loro funzionamento si basa sull'analisi delle bande spettrali, un processo che permette di isolare ed esaltare le risposte ottiche sensibili a specifici parametri della vegetazione; successivamente, attraverso l'applicazione di funzioni di *fitting*, il tratto biologico di interesse viene messo in correlazione diretta con il valore numerico dell'indice calcolato. Grazie a questa capacità diagnostica (Glenn et al., 2008), i VIs si sono consolidati come strumenti imprescindibili per una vasta gamma di applicazioni, nel campo dell'ecologia terrestre, comprendere come i mutamenti ambientali influenzino la distribuzione e le dinamiche per quanto riguarda la vegetazione è ormai cruciale per formulare previsioni accurate sugli effetti del riscaldamento globale, della perdita di biodiversità e del degrado degli habitat (Pinna D., A.A. 2025-2026). Tuttavia, la capacità di stimare tali risposte ecologiche è storicamente ostacolata dalla limitata conoscenza delle interazioni trofiche; la scarsità di dati vegetazionali su ampie scale spazio-temporali rende infatti complesso distinguere gli effetti diretti da quelli indiretti sulle popolazioni. Fondamentale quindi l'adozione di tecnologia con obiettivo di riqualificazione di aree impervie, o per la maggior parte ad accessibilità limitata, attraverso sistemi di telerilevamento con l'uso di indici vegetazionali. Questi sistemi a finalità diagnostico-investigativa permettono ottenere informazioni riguardanti oggetti o ambiente tramite un sistema che non è a diretto contatto con essi. Gli indici di vegetazione sono risultati calcolati a partire dalla rilevazione di

droni o satelliti, quest'ultimi più comuni, hanno intervalli precisi di acquisizione dell'informazione, così da poter ottenere una disponibilità di indici per più date all'interno di un'unica stagione (Sara A., 2019).

1.4.1 Riflettanza della vegetazione

Lo spettro elettromagnetico definisce l'insieme di tutte le possibili frequenze delle radiazioni elettromagnetiche, comprese le radiazioni solari caratterizzate da differenti lunghezze d'onda e frequenze; esso si suddivide in una frazione visibile, che origina la luce, e in componenti non visibili, aventi lunghezze d'onda superiori o inferiori rispetto a quest'ultima. La vegetazione assorbe l'energia solare in corrispondenza di specifici intervalli di frequenza e lunghezze d'onda, riflettendone una quota differenziata per ciascuna banda spettrale. La percentuale di radiazione restituita in intervalli strategici — quali il rosso (RED), il vicino infrarosso (NIR) e l'infrarosso a onde corte (SWIR) — rappresenta un indicatore diagnostico fondamentale per stimare lo stato fisiologico delle piante e monitorare l'insorgenza di stress idrici (Sara A., 2019).



Figura 1 Variazione della riflettanza spettrale in una foglia in diversi stati di salute (Agribotix, 2016).

La forma degli spettri fogliari è caratterizzata da una bassa riflettanza nelle lunghezze d'onda del VIS, dovuta all'assorbimento da parte dei pigmenti fotosintetici, e da un'alta riflettanza nel NIR, con solo circa il 10% della radiazione assorbita (Pinna D., A.A. 2025-2026). Infine, si riscontra una riflettanza intermedia nello SWIR, dove l'energia è assorbita principalmente

dall'acqua o, nel caso di foglie secche o stressate, dai residui vegetali; in questa stessa regione, i composti della parete cellulare, quali cellulosa, lignina, proteine e zuccheri, producono caratteristiche di assorbimento sovrapposte (Pinna D., A.A. 2025-2026).

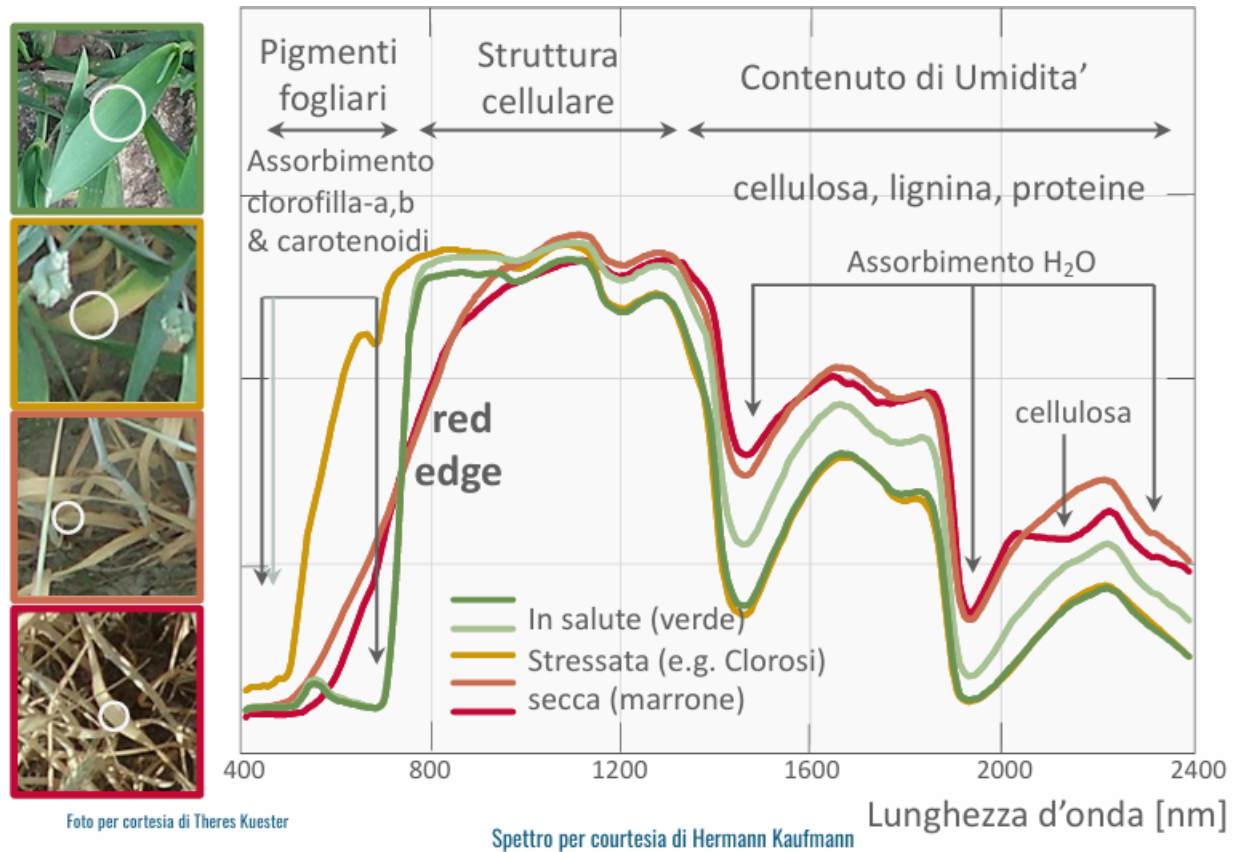


Figura 2 Curve di riflettanza spettrale della foglia in diverse condizioni di salute. Dati spettrali di H. Kaufmann e foto di T. Kuester (GFZ Potsdam, 2014)

1.4.2 NDVI

Recenti studi ecologici hanno evidenziato la rilevanza dell'Indice di Vegetazione a Differenza Normalizzata (NDVI) quale strumento in grado di valutare diversi aspetti dello stato della vegetazione (livello di vigoria della vegetazione) (Nathalie P., et al., 2005). L'NDVI viene derivato dal rapporto di riflettanza tra il rosso e il vicino infrarosso, calcolato mediante la formula $NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$, dove NIR e RED rappresentano rispettivamente le quantità di luce nel vicino infrarosso e nel rosso riflesse dalla vegetazione e catturate dai sensori ottici. Questo calcolo si basa sul principio biologico per cui la clorofilla assorbe la luce rossa, mentre la struttura del mesofillo fogliare disperde il vicino infrarosso; di conseguenza, i valori dell'NDVI variano da -1 a +1, con i valori negativi che indicano una totale assenza di

vegetazione (Nathalie P., et al., 2005). La relazione tra l'NDVI e la produttività della vegetazione è ormai ampiamente studiata, così come è ben documentato, sia a livello teorico che empirico, il legame tra questo indice e la frazione di radiazione fotosinteticamente attiva assorbita e intercettata (fAPAR). Inoltre, l'utilizzo dell'NDVI ha permesso di registrare in numerosi ecosistemi sia gli effetti diretti delle condizioni climatiche sulla biomassa e sui modelli fenologici vegetali, sia i conseguenti effetti di feedback che la vegetazione stessa esercita sul clima locale (Nathalie P., et al., 2005).

1.5 Telerilevamento e vegetazione

Il telerilevamento è il processo applicativo atto all'acquisizione di informazioni riguardanti la vegetazione da remoto, e quindi senza il contatto diretto con essa, utilizzando foto aeree, immagini satellitari, droni ecc. Si basa sulla rilevazione e registrazione dell'energia elettromagnetica, lo spettro delle onde elettromagnetiche può essere suddiviso in regioni, a seconda della lunghezza d'onda (Pinna D., A.A. 2025-2026). Esso consiste principalmente nel rilevamento e nella misurazione della radiazione elettromagnetica riflessa dalle superfici e dagli oggetti presenti sul suolo terrestre, e per questo ad oggi trova un impiego consistente nel campo e nella gestione sostenibile di superfici pastorali con orografia complessa. I primi indicatori spettrali di vigore si ebbero negli anni Ottanta ottenuti da dati spettrali a banda larga che, sebbene non indicassero la specie, introdussero l'uso di indici di vegetazione come strumento per monitorare lo stato di salute della vegetazione (Montanari M., 2021). Stimare la produttività di prati e pascoli è cruciale per la loro gestione, motivo per cui il telerilevamento viene studiato da decenni a questo scopo. Il compito, però, è tutt'altro che semplice: queste comunità vegetali presentano infatti un'elevata eterogeneità, sia nel tempo sia nello spazio, che rende complessa la misurazione accurata della fitomassa (Salvan D., 2023).

2. Obiettivo

Il fine del presente elaborato è analizzare due aree studio, localizzate nel Parco Nazionale delle Dolomiti Bellunesi (Vette Grandi ed Erera Brendol), assoggettate a specifici habitat vegetazionali, dal punto di vista fito-pastorale per descrivere i tipi di habitat presenti sulle superfici pascolative. Lo studio della vegetazione riportata dalle mappe vegetazionali, insieme a dati ricavati da remote sensing, sia per un'analisi della vegetazione che l'utilizzo del pascolo da parte degli animali, permette di evidenziare eventuali aree degradate e quindi riqualificare la vegetazione attraverso la definizione di linee guida per una corretta gestione del pascolo. Per far questo verrà utilizzata una mappa di vegetazione indicante le aree facenti parte della rete ecologica di Natura 2000, una mappa per l'intensità di pascolamento delle vacche al pascolo e infine una mappa dell'NDVI per valutare la vigoria della vegetazione durante la stagione di pascolo.

3. Materiali e metodi

3.1 Parco Nazionale delle Dolomiti Bellunesi

Situato al limite meridionale dell'area dolomitica, il Parco rappresenta un settore delle Alpi Sud-orientali di straordinario e riconosciuto interesse ambientale, caratterizzato da un elevato grado di naturalità e da ecosistemi ottimamente conservati. Grazie a un dislivello che si sviluppa tra i 412 e i 2.565 metri di quota, l'area protetta ospita una straordinaria varietà di ambienti: dai contesti ripariali di fondovalle alle pareti rocciose d'alta quota, passando per boschi di latifoglie, foreste di conifere, arbusteti, praterie e macereti (Parco Nazionale delle Dolomiti Bellunesi [PNDB], s.d.). Questa ricchezza ecologica si traduce concretamente in ben 26 habitat diversi, all'interno dei quali trovano protezione anche 5 rare specie floristiche. Il prestigio di biodiversità e rarità della flora consolidate nei secoli furono giustificazioni sufficienti per la nascita del Parco Nazionale delle Dolomiti Bellunesi. Già a partire dal 1700, località come le vette di Feltre e il Monte Serva erano già celebri tra i più illustri botanici dell'epoca (PNDB, s.d.). La flora vascolare del Parco conta circa 1400 entità, che rappresenta da sola un quarto dell'intero patrimonio nazionale. Le aree più a sud del Parco sono le più ricche di specie antiche, essendo state meno colpite dalle devastazioni delle glaciazioni, hanno funto infatti da aree di rifugio, permettendo la sopravvivenza di varietà altrove estinte. Oltre alle specie tipicamente alpine, boreali ed euroasiatiche, si registra una forte presenza di specie a gravitazione orientale (illiriche, pontiche e sud-est europee), e specie mediterraneo-montane di cui son tipiche le montagne circummediterranee (PNDB, s.d.).

3.1.1 Problematiche legate alla gestione del Parco

Il quadro gestionale dell'ente Parco evidenzia molteplici elementi di criticità; a fianco delle complesse dinamiche che interessano i sistemi prato-pascolivi, emergono infatti ulteriori problematiche di primario interesse per la tutela dell'area protetta (Ramanzin M., et al., 2004.). Ramanzian et al (2004) riportano che l'areale delle formazioni erbacee aperte risulta nettamente ridotto rispetto alla sua estensione storica risalente alla prima metà del Novecento. Tale

dinamica regressiva è ampiamente documentabile attraverso approcci di ecologia storica, quali l'analisi della memoria locale, la fotografia comparativa e il rilievo di evidenze tutt'ora osservabili in situ (Ramanzin M., et al., 2004.). Tra le cause preponderanti di tale crisi si annoverano lo spopolamento e l'abbandono del territorio da parte della popolazione locale. Questo fenomeno, sinergico alla contrazione degli addetti nel settore primario e al loro progressivo invecchiamento, ha innescato una serie di concause a cascata. Tra queste spiccano la riduzione delle superfici attivamente gestite e l'inefficiente allocazione delle risorse, con il conseguente degrado paesaggistico, ecologico, culturale e sociale; tali dinamiche non si limitano all'area protetta, ma si estendono anche all'esterno, interessando sia i contesti marginali sia, talvolta, i comprensori potenzialmente più idonei allo sviluppo delle attività agro-zootecniche (Ramanzin M., et al., 2004). In linea con quanto sancito dall'art. 1 della Legge n. 394/1991, la finalità prioritaria di un Parco Nazionale risiede nella tutela e nella conservazione degli equilibri ecosistemici, oltre che delle singole entità biologiche. In quest'ottica, lo studio approfondito delle comunità vegetali assume un carattere propedeutico imprescindibile per l'elaborazione di qualsiasi progetto di intervento sul territorio volto alla riqualificazione (Ramanzin M., et al., 2004). L'accelerazione imprevista delle dinamiche territoriali richiede una mappatura immediata della situazione attuale. L'integrazione di tecnologie GIS permette di stabilire un punto di partenza analitico, configurandolo come un assetto iniziale necessario per monitorare le successive variazioni vegetazionali e per discriminare i diversi fattori causali che ne guidano l'evoluzione (Ramanzin M., et al., 2004).

3.1.2 Strumento delle attività agricolo-zootecniche

Le pratiche agricole, e in particolare l'allevamento zootecnico, vengono configurate come un fondamentale strumento di conservazione e valorizzazione del patrimonio esistente (Ramanzin M., et al., 2004). Data l'orografia e le caratteristiche ecosistemiche dell'area protetta, le superfici destinate a una produzione agricola intensiva o puramente economica risultano estremamente limitate. In tale contesto, l'Ente Parco si pone l'obiettivo di incentivare e sostenere le attività agro-silvo-pastorali, riconoscendone la valenza intrinseca di presidio ambientale. La strategia dell'Ente prevede interventi mirati sia su aree a potenziale economico, sia su comparti dove il mantenimento delle praterie risponde a una finalità esclusivamente

ecologica (Ramanzin M., et al., 2004). A tal fine, sono state individuate linee guida gestionali prioritarie volte a contrastare i fenomeni di degrado e abbandono, tra le quali si annoverano:

- Il recupero e la manutenzione delle formazioni prative: interventi di sfalcio in ex-prati volti alla tutela della biodiversità e del pregio naturalistico;
- Il contrasto alla rifeorestazione spontanea: contenimento dell'avanzata del bosco nelle aree ecologicamente recuperabili, con particolare attenzione alle zone poste al di sotto dell'attuale limite forestale;
- La gestione delle cenosi nitrofile: sfalcio annuale della vegetazione ruderal-nitrofila in prossimità delle casere e lungo il sedime della rete sentieristica (con priorità per gli itinerari istituzionali del Parco e del CAI), al fine di garantire la fruibilità e il decoro dei percorsi (Ramanzin M., et al., 2004).

3.1.3 Prati e pascoli del parco

La preservazione delle cenosi erbacee del Parco collocati a quote medie e basse è quindi strettamente dipendente dall'utilizzazione zootecnica o dalle attività di mera manutenzione effettuate dall'uomo. Non vanno peraltro taciute le problematiche gestionali connesse al loro mantenimento ed in particolare le difficoltà ed anche gli impedimenti che si possono incontrare nell'implementazione di processi tecnologici idonei a conseguire gli obbiettivi prefissati a “costo zero” o con margini di spesa consoni al “valore intrinseco” dell'area (Benvenuti L., et al., 2004). Nel parco rimangono infatti varie aziende agro-zootecniche e malghe che devono essere riqualificate e valorizzate, non solo per la funzione di mantenimento ambientale che assolvono ma anche, e non da meno, per il ruolo di continuazione di una realtà socioeconomica che ha plasmato la cultura della montagna. La definizione di idonei piani di gestione e di linee guida specifiche per la valorizzazione di queste realtà rappresenta una parte di notevole rilievo del capitolo (Benvenuti L., et al., 2004).

3.1.4 Problematiche gestionali comuni

Le malghe destinate (o potenzialmente destinabili) all'allevamento bovino da latte sono state oggetto negli ultimi anni di una serie di interventi edilizi ed impiantistici per adeguare le strutture produttive e recettive alla normativa vigente, che in generale hanno comportato una importante riqualificazione dei fabbricati, un miglioramento delle condizioni abitative e di lavoro, una valorizzazione del prodotto tramite la possibilità di caseificazione. Si ritiene che questa scelta sia corretta e importante, e vada nel complesso incoraggiata (Benvenuti L., et al., 2004). Tuttavia, permangono una serie di problematiche che ne minacciano il futuro utilizzo e che è opportuno segnalare. Le malghe destinate all'allevamento ovino da carne sono invece per lo più dismesse o si trovano in aree pascolive sulle quali, sia per le caratteristiche ambientali che per la carenza di strutture adeguate, non possono godere di reali alternative zootecniche. In queste malghe le questioni, anche sotto l'aspetto gestionale, sono più complesse (Benvenuti L., et al., 2004).

3.1.5 Aspetti zootecnici e problematiche delle malghe caricate con bovine

La gestione zootecnica nei comuni del Parco si scontra con la concreta difficoltà di reperire bestiame adatto alle specifiche condizioni ambientali e alle risorse foraggere degli alpeggi. Come evidenziato dallo studio condotto a malga Prampèr da dott. Lorenzo Benvenuti e Giulio Cozzi nel 2000, è fondamentale trovare un punto di equilibrio tra la potenzialità nutritiva del pascolo e la capacità produttiva della vacca prima ancora di stabilire il carico complessivo. Considerando le caratteristiche della vegetazione, specialmente ad alta quota, questo bilanciamento si ottiene preferendo bestiame rustico, come le razze Pezzata Rossa, Grigio Alpina, Rendena o la variante più rustica della Bruna. Questi animali devono presentare livelli produttivi contenuti, indicativamente tra le 4 e le 6 tonnellate di latte per lattazione, e trovarsi in una fase di lattazione avanzata, indicativamente oltre il quarto mese, così da avere fabbisogni nutrizionali ridotti (Benvenuti L., et al., 2004). Rispettare questi criteri permette alla vacca di esprimere il proprio potenziale produttivo in salute, evitando cali anomali nella produzione di latte e nel peso corporeo. La produzione media nelle malghe del Parco, che non supera i 6-8 chili giornalieri per capo, testimonia le difficoltà che le bovine affrontano a causa

del ridotto valore dei pascoli, della scarsità di erba e di una dieta basata unicamente sul foraggio fresco (Benvenuti L., et al., 2004). Al momento, il mancato utilizzo di alimenti concentrati è legato ai costi elevati che questi prodotti hanno sul mercato per le aziende biologiche o in conversione, a cui si aggiungono le spese di trasporto dovute alla difficile accessibilità di alcune malghe. Ridurre semplicemente il carico degli animali non rappresenta un'alternativa valida all'integrazione, poiché la teorica maggiore ingestione di erba non compenserebbe la mancanza del mangime, e un minor numero di capi finirebbe per danneggiare la gestione stessa del pascolo (Benvenuti L., et al., 2004). Al contrario, un'integrazione razionale con alimenti concentrati porterebbe molteplici benefici, migliorando la redditività dell'alpeggio grazie all'aumento produttivo delle bovine e ottimizzando l'attività dei caseifici. Questa pratica consentirebbe inoltre di accogliere una gamma più ampia di animali, proteggendo dallo stress da carenza energetica anche le bovine con livelli produttivi leggermente superiori alla media. Un corretto apporto di alimenti extra-pascolo aiuta anche a mantenere la fertilità del suolo senza ricorrere a concimazioni chimiche. Bisogna invece evitare un'integrazione eccessiva, che ridurrebbe il consumo di erba e favorirebbe la diffusione di specie nitrofile infestanti come *Rumex spp.* Di conseguenza, le quantità di mangime devono rimanere modeste e calibrate con precisione in base al livello produttivo delle bovine e alle reali caratteristiche del pascolo (Benvenuti L., et al., 2004).

3.2 Unità ambientali

La necessità di dividere il territorio del Parco in unità ambientali è sorta per ovviare a problematiche riguardanti la difficoltà tecnica nel censire con così grande precisione le cenosi di un territorio assai vasto quale il Parco delle Dolomiti Bellunesi. L'obiettivo ultimo delle unità ambientali è di permettere di delineare un quadro esaustivo delle disponibilità foraggera, sia nel suo stato attuale che nel suo potenziale evolutivo. L'unità ambientale consente quindi di mettere a luce quei fattori ecologici che determinano la variazione delle fitocenosi dando vita a una auspicata interpretazione corretta per ciascuna unità, che ne consenta la gestione omogenea (Ramanzin M. et al., 2004). Le diverse unità ambientali sono state identificate a priori basandosi, in ordine di priorità, sulla vicinanza geografica, sull'affinità strutturale della matrice geologica e sulla fascia altitudinale. Hanno inoltre guidato la selezione la presenza di specifiche

unità geomorfologiche, l'affinità della vegetazione e ulteriori fattori di natura culturale, storica e amministrativa utili a giustificare le differenziazioni (Ramanzin M. et al., 2004).

3.2.1 Unità ambientali B

L'area sommitale delle Vette di Feltre, che si estende da Vallazza a Pietena a quote generalmente superiori ai 1700-1800 metri, rappresenta la zona a più alta biodiversità dell'intero Parco. In questo settore, l'eccezionale patrimonio floristico e vegetazionale si integra con rilevanti valenze geologiche, geomorfologiche, paesaggistiche e storico-antropiche, come dimostrano le ben 43 unità distinte individuate in fase di mappatura cartografica (Ramanzin M. et al., 2004). All'interno di questo comprensorio, il comparto delle Vette Grandi si caratterizza in modo specifico per la compresenza del seslerieto mesofilo subalpino e del rodoreto basifilo. Nell'ambito di queste praterie, i seslerieti mostrano aspetti nettamente evoluti e subacidofili (tipicamente associati a *Carex sempervirens*). La vegetazione potenziale del resto dell'area è dominata in buona parte dagli arbusteti nani (in primis il rodoreto acidofilo), associati a frammenti di prateria primaria nelle stazioni culminali (Ramanzin M. et al., 2004). Sebbene le componenti basifile prevalgano nel settore meridionale, i popolamenti acidofili risultano nel complesso ben affermati ovunque (superando il 40% del totale, al netto delle formazioni arbustive come alneti e junipero-rodoreti), favoriti da substrati calcarei di tipo terrigeno o marnoso-selcifero (Ramanzin M. et al., 2004). All'epoca della redazione del piano, le dinamiche evolutive in corso determinavano un'ampia diffusione di stadi di transizione vegetazionali (in particolare tra seslerieti e nardeti, nardeti e poeti, o verso praterie semipingui subacide), che sono stati cartografati specificamente nonostante un carico di pascolamento pressoché ottimale in gran parte dell'area. Infine, la presenza di cenosi nitrofile si attesta intorno al 4%, un valore consistente ma biologicamente fisiologico per il contesto d'indagine (Ramanzin M. et al., 2004).



Figura 3 Unità ambientale B “ Progetto speciale-Riqualficazione delle malghe e gestione di prati e pascoli”

3.2.1.1 Malga Vette Grandi

Nelle Vette Feltrine i pascoli dei circhi glaciali hanno avuto un ruolo importante nell'economia della zona, come testimonia la presenza di diverse malghe. Malga Vette Grandi ha subito un intervento di ristrutturazione profondo e completo (Ramanzin M. et al., 2004). I lavori di recupero non si sono limitati alla sola casera, ma hanno interessato l'intero complesso degli edifici, includendo anche la pendana e il cosiddetto "casel del lat". In passato, la malga ospitava una quantità notevole di bestiame, arrivando a caricare novanta vacche da latte e tra le cinquanta e le sessanta manze (Ramanzin M. et al., 2004). Dopo il generale abbandono dell'area avvenuto negli anni Settanta, l'attività d'alpeggio è ripresa ufficialmente nel 1979, parallelamente ai lavori di ristrutturazione e adattamento dei fabbricati principali. Una svolta successiva si è verificata nel 1997, anno in cui è iniziata la gestione congiunta dei pascoli di Vette Grandi insieme a quelli delle Buse di Cavaren e di Monsampian. Secondo le direttive del Piano del Parco, l'area è riservata principalmente all'allevamento bovino, con la possibilità di accogliere al massimo cento capre e circa dieci maiali. Le pecore sono invece tassativamente

escluse da questo territorio, poiché per il loro pascolo sono state individuate le zone più scoscese del comprensorio Prese-Vallazza (Ramanzin M. et al., 2004).

3.2.2 Unità ambientale D3

Il settore D3 racchiude le praterie subalpine microterme dei sottogruppi di Cimonega e Brendol, un territorio di storica e consolidata fama che rappresenta, dopo le Vette, l'area più nota dell'intero Parco (Ramanzin M. et al., 2004). Al suo interno si sviluppano celebri zone a vocazione pascoliva come Erera-Brendol, Agnelezze, Prabello, Col Dorin, Cimia, Comedon, Cimonega, Caserin e Neva, che costituiscono ambienti di eccezionale importanza paesaggistica e turistica. Questi spazi sono in parte ancora utilizzati dagli animali domestici ma si caratterizzano soprattutto per una presenza particolarmente consistente di ungulati selvatici (Ramanzin M. et al., 2004). Sebbene la biodiversità floristica non raggiunga gli apici assoluti di altri settori, il valore vegetazionale resta straordinario, con ben cinquanta diverse unità tipologiche distribuite su una superficie stimata in circa 550 ettari; tra queste spicca, nella conca dei Laghetti, la nota e sempre più ridotta stazione di *Eriophoretum scheuchzeri* (Ramanzin M. et al., 2004). La vegetazione potenziale della zona risente di influssi oceanici pur mantenendosi relativamente interna e quindi più continentale rispetto alle Vette, mostrando la faggeta altimontana fino a circa 1600 metri di quota, mentre nell'orizzonte subalpino si diffonde il larice insieme a una delle poche formazioni naturali di peccete carbonatiche subalpine. A quote elevate la vegetazione climax, ben espressa in alcuni settori, è costituita dal rodoreto acidofilo (Ramanzin M. et al., 2004). Attualmente la copertura è dominata dai seslerieti, che con quattordici diverse unità rappresentano oltre il 42% del territorio, con i tipi mesofili ed evoluti assai più diffusi di quelli primitivi. I nardeti e le formazioni acidofile affini occupano invece oltre il 25%, mentre i poeti e le altre praterie pingui ben utilizzate risultano ben rappresentati seppur localizzati (Ramanzin M. et al., 2004). Le comunità arbustive raggiungono l'11,8% della superficie a testimonianza di una ineludibile tendenza evolutiva, con una netta prevalenza del rodoreto acidofilo che sfiora il 10%, mentre le comunità nitrofile, molto diffuse in prossimità delle casere, non superano complessivamente il 2,5%. Su molti versanti sono infine in atto processi dinamici che stanno sensibilmente modificando l'assetto che si ricordava negli anni settanta. L'impatto degli ungulati, in particolare del cervo, è chiaramente percepibile sul terreno e crea areole con vegetazione fortemente brucata in mezzo ad alte erbe indisturbate; tra queste

Deschampsia cespitosa è in espansione, la copertura di *Helictotrichon spp.* si mantiene costante e il brachipodieta, pur restando marginale sotto il 3%, sta progressivamente salendo in quota conquistando nuovi spazi (Ramanzin M. et al., 2004).



Figura 4 Unità ambientale D3 “ Progetto speciale-Riqualificazione delle malghe e gestione di prati e pascoli”

3.2.2.1 Malga Erera Brendol

Situata nel comune di Cesiomaggiore all'interno dei Piani Eterni, la malga Erera-Brendol sorge in un'area di proprietà del Demanio dello Stato (ex-ASFD), caratterizzata da una straordinaria ricchezza faunistica e da un'alta densità di ungulati selvatici (Ramanzin M. et al., 2004). In passato, l'ampia conca pascoliva era rigidamente suddivisa per ottimizzare l'allevamento: i vitelli venivano destinati al Porzil per Malga Brendol e all'estremo settore orientale dei Piani Eterni con il Col Dorin per Malga Erera, mentre le manze occupavano rispettivamente le aree della Pinea e del Vallonetto. Negli anni ottanta le due strutture furono concesse in gestione separatamente per il pascolo di vacche da latte, sfruttando i ricoveri che erano stati da poco ristrutturati e riadattati (Ramanzin M. et al., 2004). A partire dal decennio

successivo gli alpeggi limitrofi sono stati riuniti sotto un'unica gestione unitaria, anche se la superficie oggi sfruttata per il pascolo è decisamente inferiore rispetto a un tempo, a causa sia del progressivo rimboschimento naturale di alcune zone, sia delle caratteristiche morfologiche di diversi versanti, ormai inadatti alle tipologie di bestiame allevate al giorno d'oggi (Ramanzin M. et al., 2004).

3.3 Individuazione aree di studio e habitat

La reazione del Piano del Parco è corredata da una mappa vegetazionale in cui ad ogni area del parco è stata associata un codice di rete Natura 2000. L'individuazione degli habitat delle due aree di studio si è basata sulla consultazione di tale mappa, delle mappe di rete ecologica Natura 2000 e del portale del Prodromo della vegetazione italiana, opera scientifica di riferimento per il censimento e la descrizione delle comunità vegetali del nostro Paese. Questo approccio ha permesso, in un primo momento, di associare ciascun codice Natura 2000 rinvenuto su QGIS alla rispettiva denominazione ufficiale, definendo così il quadro vegetazionale di ogni ambiente. L'utilizzo del GIS ha permesso di individuare gli habitat della Rete Natura 2000 a partire dalla cartografia vegetazionale del Parco. Lo studio si è concentrato sui comprensori delle malghe Vette Grandi e Erera Brendol dove, previa definizione di un confine pascolativo ipotetico, è stata analizzata la legenda della mappa per identificare le aree di interesse. L'analisi condotta attraverso il Prodromo della vegetazione d'Italia (s.d.) ha permesso una prima classificazione delle specie associate ai codici Natura 2000 a scala regionale. Tuttavia, tale strumento fornisce un'informazione di carattere prevalentemente quantitativo riferita all'intero territorio del Parco Nazionale delle Dolomiti Bellunesi, risultando troppo generalizzata per le finalità di questo studio. Per ottenere una caratterizzazione qualitativa e puntuale delle aree di interesse, nonché eventuali variazioni rispetto alla data di redazione delle relazioni riportate, sarà necessaria un'integrazione con dati di rilievo specifici dei comprensori di Vette Grandi e Erera Brendol. Inizialmente sono stati analizzati i rilievi vegetazionali eseguiti per la redazione del Piano per individuare la reale composizione floristica locale; successivamente, questi dati sono stati incrociati con le descrizioni tecniche degli habitat (quali, in questo caso, Rodereto Basifilo, Seslerieto Mesofilo e Romiceto Tipico). Attraverso questo confronto, è stato possibile rintracciare le specie indicatrici all'interno dei rilievi effettuati, identificando con precisione le specie dominanti che caratterizzano gli habitat

effettivi presenti nelle aree di studio. Questo approccio ha permesso di passare da una lista floristica potenziale a una mappatura reale e qualitativa della vegetazione oggetto d'indagine.

3.4 Redazione delle mappe tematiche e analisi spaziale delle aree studio

La redazione della cartografia tematica è stata interamente realizzata attraverso l'utilizzo del software QGIS, articolando il lavoro in diverse fasi di elaborazione spaziale finalizzate a stimare la reale distribuzione degli habitat d'interesse comunitario all'interno delle aree d'alpeggio. In primo luogo, è stata individuata un'area di pascolamento teorica, delimitata cartograficamente attraverso la creazione di un poligono vettoriale che ne tracciasse un confine ipotetico, basato anche sul poligono catastale in riferimento del piano del Parco. Poiché la mappa vegetazionale del Parco sovrapposta a questa superficie non conteneva i riferimenti diretti alla Rete Natura 2000, si è reso necessario associare preventivamente ogni tipologia vegetazionale al rispettivo codice di habitat comunitario. Una volta completato questo dataset per l'intero territorio del Parco, si è proceduto a isolare solo le porzioni di habitat incluse nel pascolo idealizzato eseguendo un'operazione di ritaglio (*clip*) tra il layer della vegetazione e il poligono del confine teorico.



Figura 5 Perimetro del poligono pascolo iniziale di Vette Grandi



Figura 6 Perimetro poligono pascolo Iniziale Erera Brendol

3.5 Redazione mappe di pascolamento

Al fine di quantificare spazialmente la pressione esercitata dal bestiame sui comparti pascolivi di Erera Brendol (PE) e Vette Grandi (VE) durante la stagione d'alpeggio 2025, è stato implementato un sistema di monitoraggio continuo tramite tecnologia GPS. Per ciascuna malga, sono state selezionate due vacche (bovini adulti) a cui sono stati applicati due collari satellitari programmati per registrare la posizione georeferenziata dell'animale a intervalli regolari di 2 minuti per l'intera durata della stagione. I database grezzi delle localizzazioni GPS sono stati successivamente sottoposti a una fase *data cleaning* e di filtraggio per escludere gli errori, seguendo le indicazioni di Urbano e Cagnacci (2014). A partire dai soli punti di pascolamento corretti, è stata generata la mappa di dettaglio dei "Giorni d'Uso del Pixel": la superficie agro-pastorale è stata discretizzata utilizzando la griglia di pixel di Sentinel-2, la stessa impiegata per la caratterizzazione vegetazionale basata su indici spettrali (paragrafo successivo), estraendo per ciascun pixel il numero complessivo di giorni utilizzato dagli animali. Questo conteggio è stato successivamente convertito in un fattore a quattro livelli sulla base dei quartili statistici separatamente per ciascun pascolo avendo carichi diversi (da Q1-Bassi giorni d'uso a Q4-Alti giorni d'uso).

3.6 Acquisizione, elaborazione e utilizzo delle mappe NDVI

Parallelamente alla stima della pressione animale, è stata mappata la risposta della vegetazione attraverso l'indice NDVI. I dati spettrali sono stati acquisiti tramite i rilievi satellitari, coprendo cinque step temporali chiave distribuiti lungo la stagione vegetativa del 2025: il 13 giugno, il 1° luglio, il 5 agosto, il 4 settembre e il 4 ottobre. L'NDVI è stato calcolato pixel per pixel sfruttando la riflettanza nel vicino infrarosso (NIR, Banda 8) e nel rosso visibile (RED, Banda 4) secondo la formula standardizzata:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

In questa ricerca, le mappe NDVI sono state impiegate per un duplice obiettivo ecologico:

- Analisi fenologica stagionale: Monitorare il ciclo naturale di crescita, picco di vigoria (biomassa fotosinteticamente attiva) e successiva senescenza autunnale della copertura erbosa nei due comparti.
- Valutazione della risposta allo stress da calpestio: Intersecare i valori di riflettanza della vegetazione con le mappe dei Giorni d'Uso e del PUI per verificare se e in che misura la persistenza prolungata del bestiame alteri la salute e la capacità di ricrescita della cotica erbosa.

3.7 Analisi statistica in R, calcolo del residuo NDVI e rappresentazione grafica

I valori spettrali sono stati utilizzati per valutare i trend di NDVI nelle due aree separatamente, attraverso lo sviluppo di boxplot per singole date nelle due aree di studio, avendo queste sia un diverso carico sia differenti condizioni morfologiche e vegetazionali. A questa analisi è seguita quella dei valori di NDVI per ciascuna tipologia vegetazionale identificata tramite la rete NATURA2K per data e area di studio. Questo primo quadro ha permesso di individuare i picchi di massimo generale, che per singolo pixel sono stati identificati attraverso lo sviluppo di uno stack temporale dei valori di NDVI per le due aree con la libreria “terra” (Hijmans et al., 2022) e l'estrazione del picco con la funzione “max” in R. Successivamente, è stato stimato il Residuo di NDVI come rapporto tra valore di ottobre e il picco estratto. Al fine di valutare le relazioni tra utilizzo del pascolo e ricaccio tardivo della vegetazione, sono

stati sviluppati i boxplot tra classi di giorni d'uso e NDVI autunnale e Residuo di NDVI. Questo ha permesso di valutare la relazione delle due variabili contestualmente alla variabilità di queste.

4. Risultati

4.1 Habitat individuati nelle aree di studio

In Figura 7 e 8 sono riportati gli habitat presenti nelle due aree di studio, come riportato nel Piano del parco. Nell'area di Vette Grandi l'habitat maggiormente rappresentato è “formazioni erbose boreo-alpine silicicole” (aree in verde acqua). Nell'area di Malga Erera Brendol invece c'è la codominanza di *Rumex spp.*, che non presenta un codice Natura 2K (facilmente visibile come aree blu scuro) e nuovamente le formazioni erbose boreo-alpine silicicole.

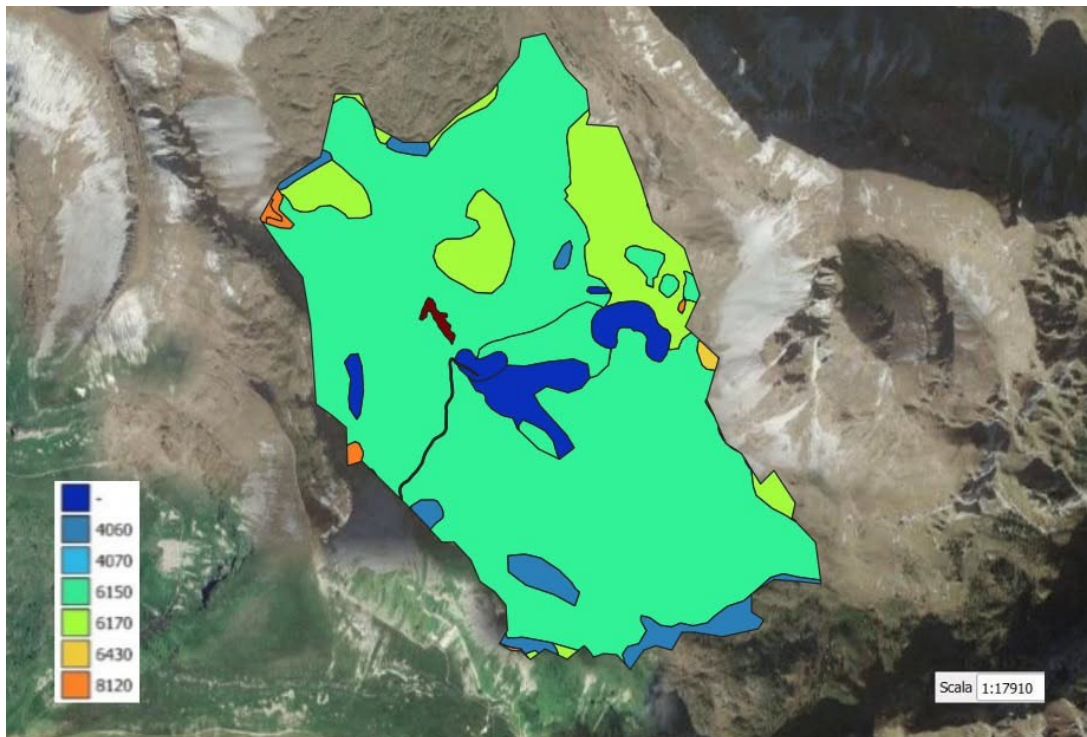


Figura 7 Poligono pascolo iniziale di Vette Grandi associato a codici habitat natura 2000

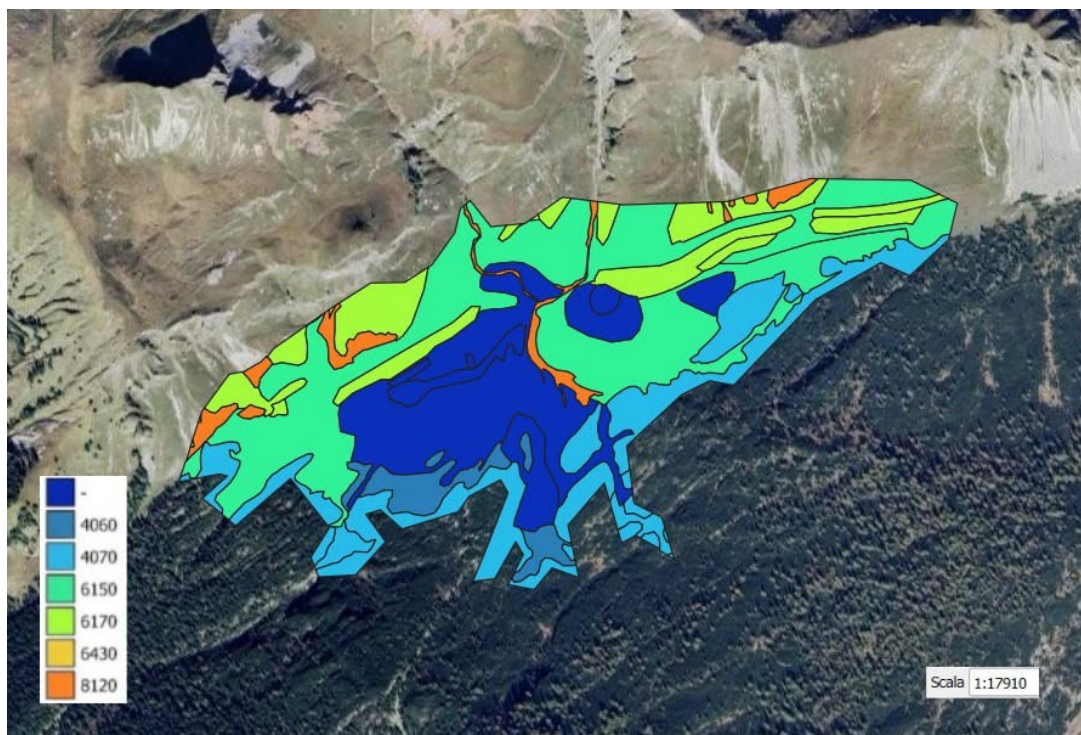


Figura 8 Poligono pascolo Erera Brendol associato a codici habitat natura 2000

➔ **4060:Lande Alpine e Boreali**

- 48.1.2 All. *Rhododendro ferruginei-Vaccinion myrtilli* A. Schnyd. 1930
- 48.1.4 All. *Ericion carneae* Rübel ex Grabherr, Greimler & Mucina in Grabherr & Mucina 1993
- 64.1.1.3 Suball. *Berberido vulgaris-Juniperenion sabinae* Theurillat in Theurillat, Aeschimann, Küpfer & Spichiger 1995

➔ **4070* Bushes with *Pinus mugo* and *Rhododendron hirsutum* (Mugo-Rhododendretum hirsuti)**

- 72.1.1 Tutti.Tazza *Erico-Pinion* Leibundgut 1948 nom. inv.
- 72.1.2 All. *Erico-Fraxinion orni* Horvat 1959 nom. inv. propos. Theurillat, Aeschimann, Küpfer & Spichiger 1995

➔ **6150 Formazioni erbose boreo-alpine silicicole.**

- 47.1.2 All. *Nardion strictae* Br.-Bl. in Br.-Bl. & Jenny 1926
- 49.1.1 All. *Salicion herbaceae* Br.-Bl. in Br.-Bl. & Jenny 1926

➔ **6170 Formazioni erbose calcicole alpine e subalpine;**

- 45.1.1 All. Oxytropido-Kobresion myosuroidis Br.-Bl. (1948) 1949 nom. mut. propos. Rivas-Martínez, Diaz, Fernández-González, Izco, Loidi, Lousa & Penas 2002
- 46.2.1 All. Seslerion caeruleae Br.-Bl. in Br.-Bl. & Jenny 1926
- 46.2.2 All. Caricion austroalpinae Sutter 1962
- 46.2.4 All. Caricion ferrugineae G. Braun-Blanquet & J. Br.-Bl. 1931
- 49.2.1 All. Arabidion caeruleae Br.-Bl. in Br.-Bl. & Jenny 1926

➔ **6430 Bordure planiziali, montane e alpine di megaforbie idrofile Hydrophilous tall herb fringe communities of plains and of the montane to alpine levels**

- 43.1.1 All. Adenostylion alliariae Br.-Bl. 1926
- 56.1.1 All. Calthion palustris Tüxen 1937 em. Balátová-Tulácková 1978

➔ **8120 Ghiaioni calcarei e scisto-calcarei montani e alpini (Thlaspietea rotundifolii).**

- 33.2.1 All. Thlaspion rotundifolii Jenny-Lips 1930

4.2 Habitat Vette Grandi

Tra tutti i pascoli tradizionali, quello delle Vette è senza dubbio il più interessante per via delle sue peculiarità floristiche e vegetazionali, ampiamente documentate e note fin dal Settecento. Questa zona continua a custodire, ancora oggi, una quota di straordinaria rilevanza della biodiversità vegetale del territorio (Ramanzin M. et al., 2004). A Vette Grandi risultano associati due rilievi eseguiti per la redazione del Piano:

1. Passo Vette Grandi, versante Busa

Numero rilievo: 65

Data: 31.07.2000

Altitudine: 1980 m

Le specie botaniche associate al rilievo e il loro indice di abbondanza sono le seguenti:

<u>Specie</u>	<u>indice di abbondanza</u>
Rhododendron hirsutum	2
Rhododendron ferrugineum	1
Salix waldsteiniana	+
Cotoneaster integerrimus	+
Arctostaphylos alpinus	3
Rhodothamnus chamaecistus	1
Vaccinium gaultherioides	1
Carex sempervirens	1
Festuca nigrescens	1
Galium anisophyllum	1
Anemone narcissiflora	1
Dryas octopetala	1
Homogyne alpina	1
Polygonum viviparum	1
Anthoxanthum alpinum	1
Festuca norica	1
Avenella flexuosa	1
Sesleria albicans	1
Salix reticulata	1
Festuca quadriflora	1
Hieracium bifidum	+
Saxifraga aizoides	+
Bartsia alpina	+
Selaginella selaginoides	+
Tofieldia calyculata	+
Campanula scheuchzeri	+
Leontodon hispidus	+
Luzula sieberi	+
Trifolium thalii	+
Hieracium morisianum	+
Avenula praeusta	+
Gentiana nivalis	+

Soldanella alpina	+
Cortusa matthioli	+
Agrostis alpina	+
Aster bellidiastrum	+
Alchemilla flabellata	+
Rhinanthus aristatus	+
Solidago alpestris	+
Juncus monanthos	+
Pinguicula alpina	+
Aster alpinus	+

C 98%; Briofite 35%

RODORETO BASIFILO (var. ad *Arctostaphylos alpinus*)

Consorzio a rododendri e arctostafilo (*Seslerietalia*, o nuova classe con arbusteti bassi basifili); forse variante del *Rhodothamneto-Rhododendretum hirsuti*

72. RODORETO BASIFILO

Denominazione fitosociologica: <i>Rhododendretum hirsuti</i> Lüdi 1921.
Classificazione Natura 2000: 4060, 4070 (prioritario, se con significativa presenza di pino mugo).
Classificazione Eunis: F 1.1 ; F 1.2 (se con pino mugo); F 3.2
Specie indicatrici: <i>Rhododendron hirsutum</i> , <i>Rhodothamnus chamaecistus</i> , <i>Erica carnea</i> , <i>Sesleria albicans</i> , <i>Arctostaphylos alpinus</i> , <i>Pinus mugo</i> (sporadico).
Diffusione nel PNDB: Abbondante in tutto il territorio, anche se, spesso, in modo discontinuo e con lembi di difficile traduzione a livello cartografico. Frequenti anche le transizioni con le mughete microterme basifile, oltre che gli stadi più evoluti con rododendro ferrugineo.
Situazione e tendenze evolutive: Nella maggioranza delle situazioni i Rodoreti basifili sono consorzi relativamente stabili ma frequentemente l'acidificazione del suolo favorisce l'aumento del rododendro ferrugineo e di altre specie (mirtilli, calluna, ecc.) tendenzialmente ossifile.
Indice di vulnerabilità: Basso.
Pregio naturalistico: Medio.
Pregio paesaggistico: Medio-elevato.

Diffusione nel PNDB			Indici		
Ettari	Quota min-max	Pendenza min-max	Vulnerabilità	Pregio naturalistico	Pregio paesaggistico
			2	3	3-4

Figura 9 “Riqualificazione delle malghe e dei pascoli e dei prati, Valutazione dello stato gestionale ed ambientale delle praterie- tipologia dei prati e dei pascoli del Parco”

Le specie indicatrici del rilievo sono *Rhododendron hirsutum*, *Arctostaphylos alpinus* e *Rhodothamnus chamaecistus*. Il loro stato di conservazione è generalmente favorevole, grazie alla contrazione delle attività pastorali che ha permesso una ricolonizzazione spontanea degli arbusteti. Tuttavia, la gestione deve evitare che questa dinamica porti alla scomparsa totale delle zone aperte d'alta quota, con conseguente perdita di biodiversità. Risulta quindi fondamentale assecondare la diffusione di queste specie dove rappresentano lo stadio maturo della vegetazione, intervenendo però per contenere l'espansione eccessiva degli arbusti e preservare il mosaico paesaggistico e le tradizioni agrosilvopastorali locali (Biondi E. et al., 2014).

2. Crinale Vette Grandi, versante Boette

Numero rilievo: 80

Data: 23.08.2001

Altitudine: 2110 m,

C 100%; briofite n.r.,

SESLERIETO MESOFILO SUBALPINO A FESTUCA NORICA

Prateria su suolo evoluto anche se ancora ricco di scheletro. Seslerieto evoluto forse riferibile al Campanulo-Festucetum noricae per la presenza di elementi acidoclini.

16. SESLERIETO MESOFILO

Denominazione fitosociologica: *Seslerio-Caricetum sempervirentis* Br.-Bl. in Br.-Bl. et Jenny 1926, *Ranunculo hybridi-Caricetum sempervirentis* Poldini et Feoli Chiapella in Feoli Chiapella et Poldini 1993, *Carici ornithopodae-Seslerietum albicantis* Poldini et Feoli Chiapella in Feoli Chiapella et Poldini 1993, *Campanulo-Festucetum noricae* Isda 1986 (pro maxima parte).

Classificazione Natura 2000:6170

Classificazione Eunis:E4.3

Specie indicatrici:

Sesleria albicans, *Carex sempervirens* (più o meno dominanti), *Avenula praeusta*, *Erica carnea*, *Helianthemum grandiflorum*, *Horminum pyrenaicum*, *Scabiosa lucida*, *Betonica jacquinii*, *Carduus carlinifolius*, *Potentilla crantzii*, *Thymus polytrichus*.

SESLERIETO MESOFILO TIPICO A *CAREX SEMPERVIRENS*: situazione centrale del tipo.

SESLERIETO MESOFILO ALTIMONTANO AD *AVENULA PRAEUSTA*: *Avenula praeusta* (spesso dominante), *Agrostis alpina*, *Pulsatilla alpina* agg., *Daphne striata*, *Senecio abrotanifolius*, *Myosotis alpestris*.

SESLERIETO MESOFILO SUBALPINO A *FESTUCA NORICA*: *Festuca norica* (subdominante), *Campanula scheuchzeri*, *Geum montanum*, *Pimpinella alpestris*, *Trifolium pratense*, *Leontodon hispidus*, *Lotus alpinus*, *Phyteuma orbiculare*, *Anthoxanthum gruppo odoratum*, *Silene vulgaris*.

SESLERIETO MESOFILO PINGUE ED EVOLUTO: *Poa alpina*, *Leontodon* sp.pl., *Crepis aurea*, *Phleum alpinum*, *Trifolium repens*, *Festuca nigrescens*, *Prunella vulgaris*, *Horminum pyrenaicum*.

SESLERIETO MESOFILO SUBACIDOFILO: *Nardus stricta*, *Nigritella rhellicani*, *Geum montanum*, *Luzula multiflora*, *Luzula sieberi*, *Avenella flexuosa*, *Festuca nigrescens*, *Potentilla erecta*.

SESLERIETO MESOFILO SUBIGROFILO: *Tofieldia calyculata*, *Selaginella selaginoides*, *Parnassia palustris*, *Aster bellidiastrum*, *Bartsia alpina*, *Carex ferruginea*, *Equisetum variegatum*, *Primula farinosa*.

Diffusione nel PNDB:

Nel Parco sono ben rappresentati tutti i sei sottotipi identificati anche se la loro distribuzione nel territorio è localizzata per alcuni.

SESLERIETO MESOFILO TIPICO A *CAREX SEMPERVIRENS* (nessuna diffusione preferenziale).

SESLERIETO MESOFILO ALTIMONTANO (SUBALPINO)-MESOXERICO AD *AVENULA PRAEUSTA* (nessuna diffusione preferenziale).

SESLERIETO MESOFILO SUBALPINO A *FESTUCA NORICA* (nessuna diffusione preferenziale).

SESLERIETO MESOFILO PINGUE ED EVOLUTO (Busa delle Vette, Erera, Cirvoi, Pramper)

SESLERIETO MESOFILO SUBACIDOFILO (nessuna diffusione preferenziale).

SESLERIETO MESOFILO SUBIGROFILO (Pramper, Pramperet, Balanzole). Altrove nuclei non cartografati.

Situazione e tendenze evolutive:

Storicamente questo tipo ha rappresentato la situazione centrale e maggiormente diffusa dei pascoli subalpini basifili di tutto l'arco alpino orientale. L'intenso

Figura 10 "Riqualificazione delle malghe e dei pascoli e dei prati, Valutazione dello stato gestionale ed ambientale delle praterie- tipologia dei prati e dei pascoli del Parco"

dinamismo che attualmente si osserva è determinato sia da modifiche significative dalla gestione (abbandono, sottoutilizzo) sia da fenomeni naturali (acidificazione del suolo, variazioni climatiche recenti). Frequentemente si osservano dunque mosaici determinati in parte dalla morfologia di dettaglio e, in misura non trascurabile, anche dal pascolo di selvatici. Nelle situazioni più tipiche e da più tempo abbandonate si nota l'invasività di arbusti di ginepro nano e rododendro (sia irsuto che ferrugineo) e anche di plantule di abete rosso.
Indice di vulnerabilità: Con gestione ordinaria e razionale basso; altrimenti da medio a elevato.
Pregio naturalistico: In genere elevato, per tutte le componenti.
Pregio paesaggistico: Quasi sempre molto elevato. Sono i più tipici pascoli subalpini, spesso ricchi di fioriture.

Diffusione nel PNDB			Indici		
Ettari	Quota min-max	Pendenza min-max	Vulnerabilità	Pregio naturalistico	Pregio paesaggistico
			2-3	4-5	5

Figura 11 “Riqualificazione delle malghe e dei pascoli e dei prati, Valutazione dello stato gestionale ed ambientale delle praterie- tipologia dei prati e dei pascoli del Parco”

Le specie botaniche associate al rilievo e il loro indice di abbondanza sono le seguenti:

<u>Specie</u>	<u>Indice di abbondanza</u>
Carex sempervirens	3
Sesleria albicans	2
Festuca norica	2
Daphne striata	2
Hieracium morisianum	1
Pimpinella alpestris	1
Leucanthemum maximum	1
Campanula scheuchzeri	1
Carduus carlinifolius	1
Anthyllis alpestris	1
Senecio abrotanifolius	1
Anemone narcissiflora	1
Lotus alpinus	1
Poa alpina	1
Thymus polytrichus	1
Hippocrepis comosa	+
Polygonum viviparum	+
Ranunculus oreophilus	+
Phyteuma orbiculare	+
Betonica jacquinii	+
Bupleurum ranunculoides	+
Gypsophila repens	+
Geum montanum	+
Gentiana kochiana	+
Linum alpinum	+
Agrostis alpina	+
Biscutella laevigata	+
Potentilla crantzii	+
Galium anisophyllum	+
Rhinanthus aristatus	+
Erigeron polymorphus	+
Alchemilla flabellata	+
Parnassia palustris	+
Koeleria eriostachya	+
Coeloglossum viride	+

Acinos alpinus	+
Nigritella rhellicani	+
Euphrasia salisburgensis	+
Helianthemum alpestre	+
Gentianella anisodonta	+
Bartsia alpina	+
Crocus albiflorus	+

Le specie indicatrici del rilievo comprendono *Festuca norica*, *Pimpinella alpestris*, *Campanula scheuchzeri*, *Lotus alpinus*, *Phyteuma orbiculare* e *Geum montanum*. Il loro livello di conservazione è complessivamente buono, ma strettamente legato alla gestione del pascolo. Mentre formazioni come quelle a *Festuca norica* mostrano una stabilità intrinseca, le altre specie richiedono il mantenimento degli usi tradizionali per restare in equilibrio. Una gestione ideale deve prevedere un pascolamento razionale che eviti carichi eccessivi, i quali favorirebbero la degradazione del cotico erboso, e includere il monitoraggio delle dinamiche successionali per impedire che l'avanzamento delle specie legnose causi la scomparsa di queste comunità erbacee (Biondi E. et al., 2014).

4.3 Habitat Erera Brendol

Insieme a Malga Vette Grandi, il comprensorio di Erera-Brendòl costituisce un'area di primaria importanza per il suo patrimonio vegetazionale, paesaggistico e storico-antropico. Inoltre, a partire dall'istituzione della riserva naturale, il sito ha assunto un rilievo faunistico crescente, tanto da essere oggi considerato un contesto unico nel panorama del territorio veneto e delle Alpi sudorientali (Ramanzin M. et al., 2004).

Erera Brendol è associato al seguente rilievo:

Numero rilievo: 317

Rilievo originale: 65

Data: 22.07.1975

Altitudine: 1700 m

ROMICETO

36. ROMICETO TIPICO

Denominazione fitosociologica: <i>Rumicetum alpini</i> Beger 1922.
Classificazione Natura 2000: con qualche forzatura in estensione si avvicina a 6430.
Classificazione Eunis: E4.5
Specie indicatrici: <i>Rumex alpinus</i> (sempre presente e dominante), <i>Urtica dioica</i> , <i>Senecio cordatus</i> , <i>Chenopodium bonus-henricus</i> , <i>Stellaria nemorum</i> (frequenti).
Diffusione nel PNDB: Assai diffuso in prossimità degli edifici malghivi. È la classica e più tipica vegetazione nitrofila determinata dal calpestio e dall'accumulo di deiezioni nelle aree di riposo degli animali.
Situazione e tendenze evolutive: Il tipo è molto resistente anche dopo anni di abbandono (almeno in stazioni subpianeggianti morfologicamente adatte). In assenza di interventi meccanici l'evoluzione dopo l'abbandono è piuttosto lenta.
Indice di vulnerabilità: Molto basso.
Pregio naturalistico: Scarso.
Pregio paesaggistico: Nel complesso limitato, anche se è una componente fisiologica del paesaggio alpino.

Diffusione nel PNDB			Indici		
Ettari	Quota min-max	Pendenza min-max	Vulnerabilità	Pregio naturalistico	Pregio paesaggistico
			1	1-2	2

Figura 12 "Riquilificazione delle malghe e dei pascoli e dei prati, Valutazione dello stato gestionale ed ambientale delle praterie- tipologia dei prati e dei pascoli del Parco"

Mentre per il comprensorio di Vette Grandi sono stati condotti due rilievi vegetazionali completi, l'area di Erera-Brendòl è supportata da un unico rilievo. In quest'ultimo sito non è stato possibile identificare specie indicatrici legate alla Rete Natura 2000, poiché la vegetazione rilevata corrisponde a un romiceto tipico. Trattandosi di una comunità nitrofila e ruderale fortemente condizionata dal carico zootecnico, il romiceto non è associato a nessun codice di

tutela comunitaria, escludendo di fatto l'area del rilievo dagli habitat di interesse d'alta quota.

4.4 Analisi spaziale dell'intensità di pascolamento

La fase successiva ha riguardato la validazione del modello teorico per verificare se la delimitazione ipotizzata rispecchiasse l'effettivo utilizzo del territorio da parte del bestiame. A tale scopo, sono state inserite nel progetto QGIS le mappe della distribuzione del pascolamento reale relative sia ai bovini sia agli ovicapri (Figure 13 e 16). La sovrapposizione spaziale di questi dati ha evidenziato scenari nettamente divergenti per i due comprensori studiati: nel caso di Vette Grandi, il pascolo reale degli bovini mostra aree di utilizzo più estese rispetto al confine effettivo del pascolo (linearmente agli ovi-capri). Al contrario, per il comprensorio di Erera-Brendol il confronto spaziale ha confermato che il confine ipotizzato inizialmente coincideva in modo soddisfacente con l'area di pascolamento reale, consentendo di validare il poligono di partenza senza la necessità di ulteriori modifiche. Questo processo di rettifica ha infine permesso di ottenere una mappatura definitiva, accurata e attendibile degli habitat comunitari coinvolti nelle attività zootecniche nei due siti (Figure 15 e 17).

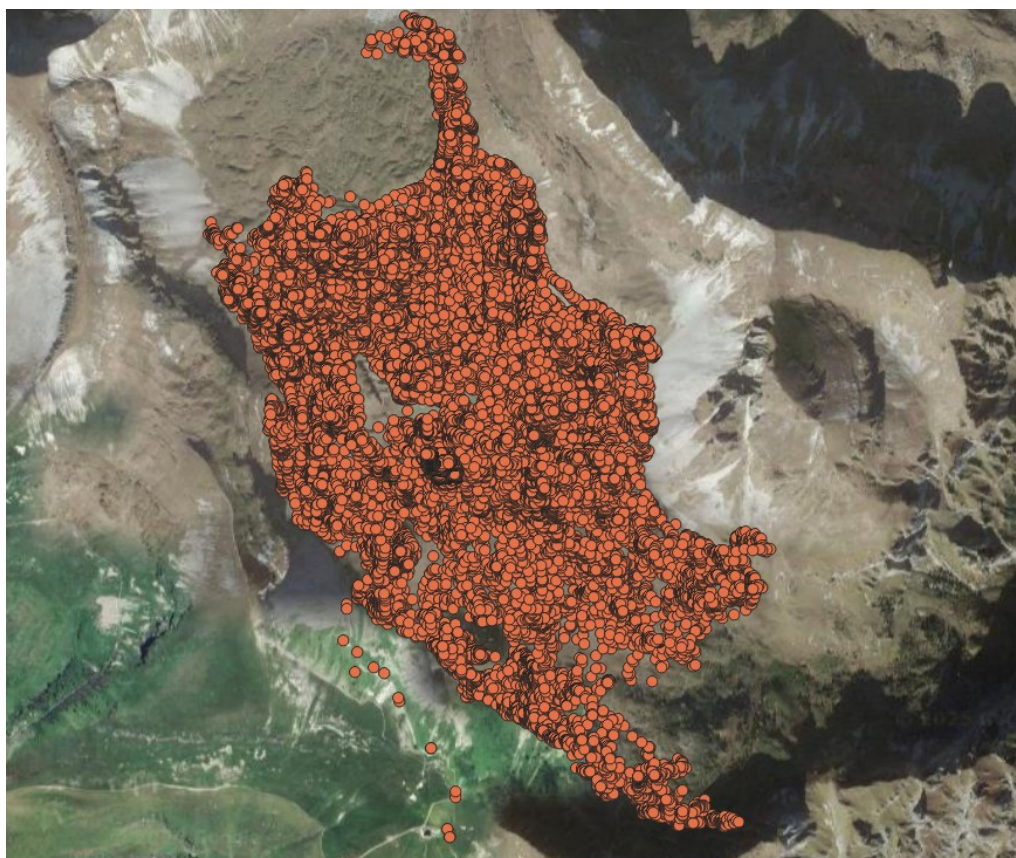


Figura 13 Posizione vacche nel comprensorio di Vette Grandi

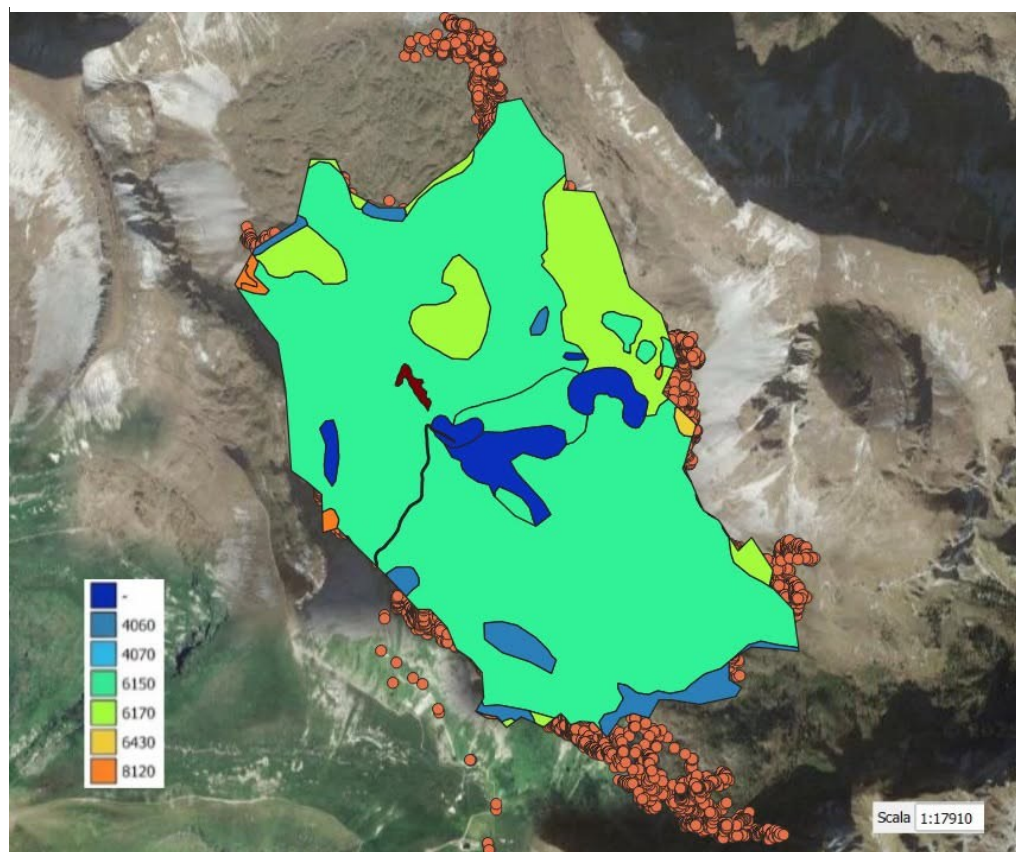


Figura 14 Poligono pascolo Vette Grandi (associato a habitat natura 2000) sovrapposto a posizione vacche (si osserva l'inefficienza del poligono)

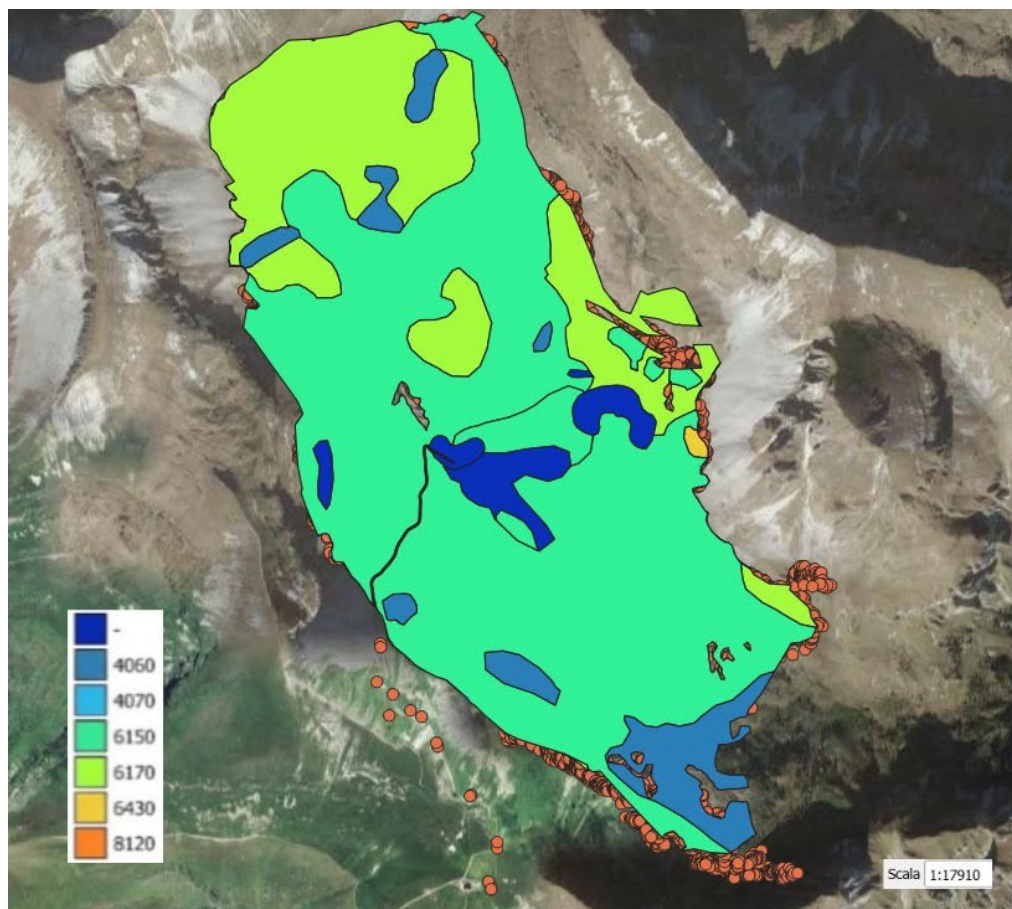


Figura 15 Poligono catastale di Vette grandi (associato a habitat natura 2000) sovrapposto a posizione vacche, modello ottimale

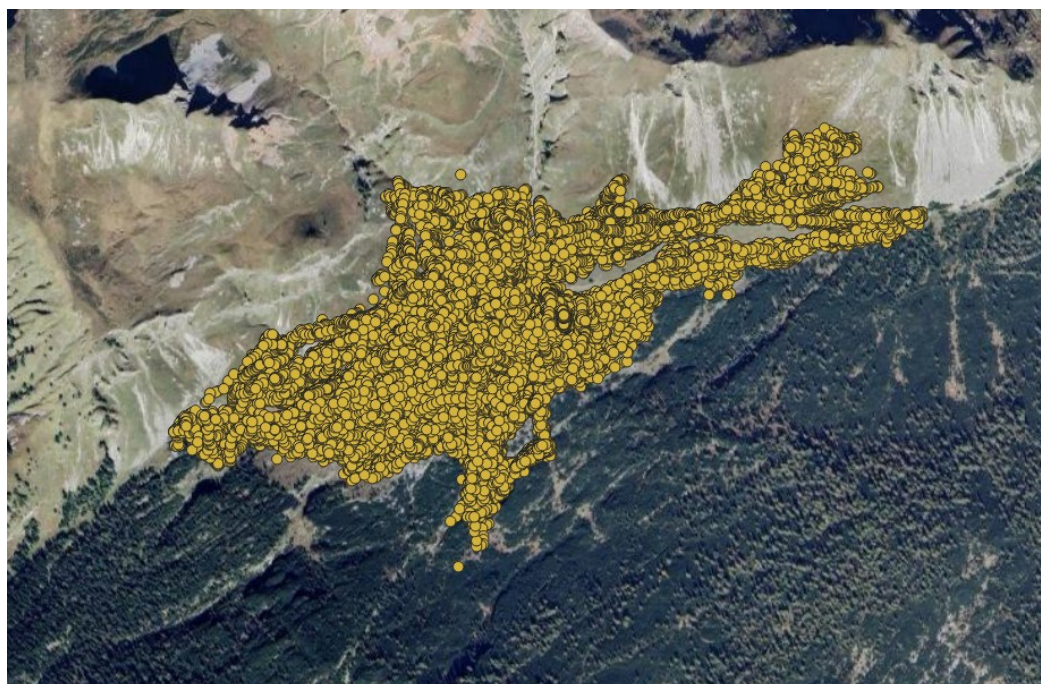


Figura 16 Posizione vacche nel comprensorio di Erera Brendol

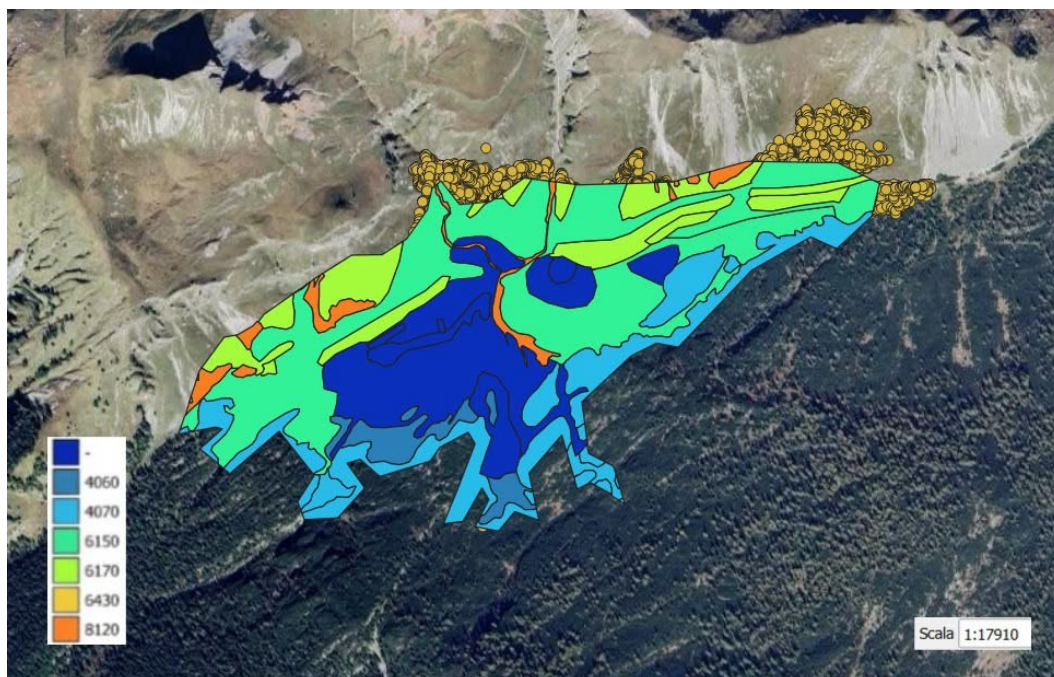


Figura 17 Poligono pascolo di Erera Brendol (associato a habitat natura 2000) sovrapposto a posizione vacche, modello sufficientemente ottimale

4.5 Analisi integrata della dinamica dell'NDVI in relazione ai giorni di uso del pixel nelle aree PE (Erera Brendol) e VE (Vette Grandi)

L'indagine condotta mappa l'evoluzione temporale del *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) nel corso della stagione vegetativa del 2025 (da giugno a ottobre), mettendo a confronto Erera Brendol e Vette Grandi. L'analisi dell'andamento temporale dell'NDVI evidenzia una chiara impronta fenologica legata alla stagionalità alpina, con una dinamica che accomuna parzialmente entrambe le aree di studio. Nella prima metà dell'estate, specificamente tra il 13 giugno e il 1° luglio, l'indice raggiunge i suoi massimi assoluti, stabilizzandosi su valori elevati (spesso superiori a 0.75) che testimoniano il picco di vigoria vegetativa e di biomassa fotosinteticamente attiva, sostenuto dal prolungamento delle ore di luce e dalle temperature ottimali. Durante il mese di agosto e l'inizio di settembre si osserva una transizione di moderata stabilità o lievissimo declino, mentre il crollo drastico e generalizzato si consuma il 4 ottobre, data in cui la senescenza fogliare naturale e l'abbassamento termico riducono l'NDVI verso i minimi stagionali.

NDVI di Dettaglio - Area di Ritaglio: PE

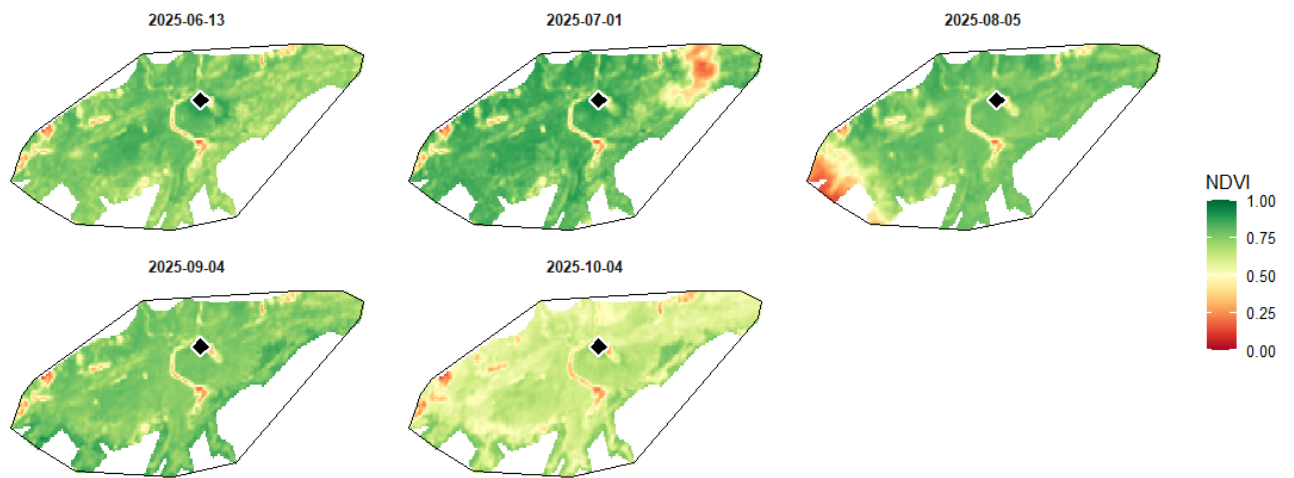


Figura 18 Dinamica dell'NDVI in relazione ai giorni di uso del pixel nell' area di Erera Brendol

NDVI di Dettaglio - Area di Ritaglio: VE

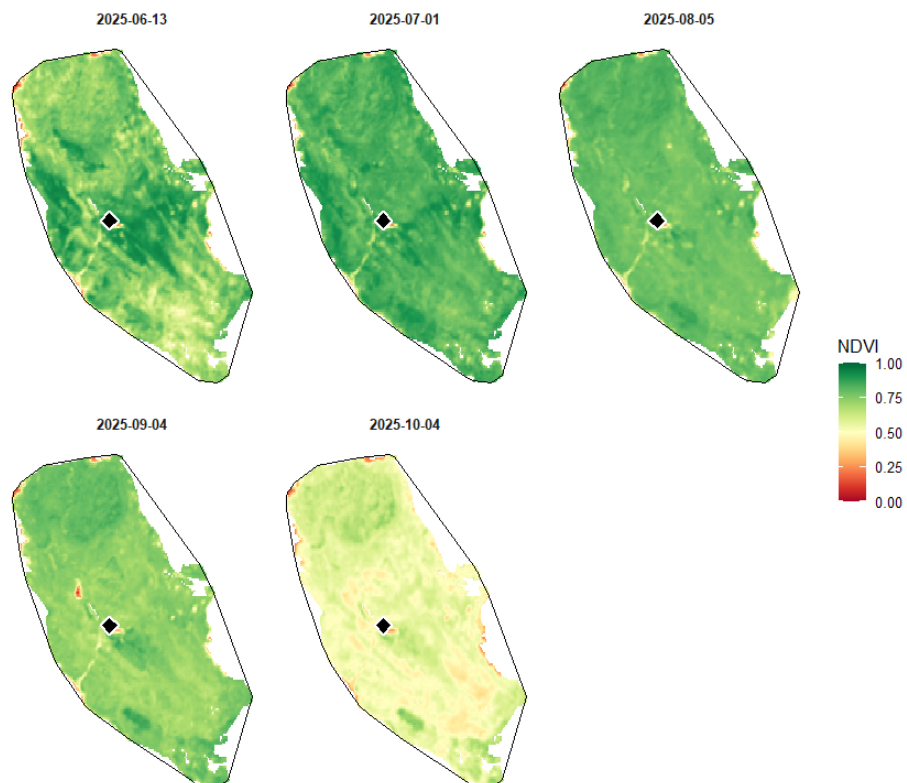


Figura 19 Dinamica dell'andamento dell'NDVI nell' area di Vette Grandi

4.6 Mappatura spaziale dell'NDVI e localizzazione dei giorni di uso del pixel

Le mappe di dettaglio dell'NDVI per i cinque step temporali mostrano una netta differenziazione nella geometria spaziale del decadimento vegetativo. Nell'area PE, la perdita di vigoria a ottobre si manifesta in tutta la superficie, pur mantenendo una persistenza di verde leggermente più marcata nella zona più a sud dell'area. Nell'area VE, la mappa di ottobre mostra invece un viraggio verso tonalità giallo-arancioni (NDVI inferiore a 0.50) decisamente più severo, indice di una stagione vegetativa che in questo settore si esaurisce in modo più precoce o impattante. All'interno di queste cornici spaziali è stato isolato il punto di localizzazione della stalla, contrassegnato da un rombo nero a bordo bianco, il quale funge da fulcro per l'analisi della pressione di pascolamento. Sovrapponendo a queste configurazioni le mappe dei giorni uso del pascolo (Figure 20 e 21), che quantificano spazialmente la persistenza del bestiame sul territorio espressa come giorni totali di occupazione per singolo pixel, emerge la reale impronta d'uso delle due aree. Entrambi i comparti rivelano una distribuzione del carico animale fortemente polarizzata e concentrata: la stragrande maggioranza della superficie totale è caratterizzata da colori scuri (blu e viola intensi), corrispondenti a un utilizzo nullo o sporadico del pixel (inferiore ai 10-20 giorni di pascolamento complessivi) (Figure 20 e 21). Muovendosi verso il centro del pascolo, in corrispondenza della malga (quadrato nero) sviluppa un gradiente centripeto dove i giorni di sfruttamento del pixel si intensificano progressivamente, culminando in un focolaio localizzato ad altissimo carico (colore giallo acceso). Questa zona hotspot registra picchi in cui il singolo pixel subisce più di 50 giorni di pressione animale per l'area PE e oltre i 60-70 giorni per l'area VE.

Mappa Giorni Dettaglio - Area: PE

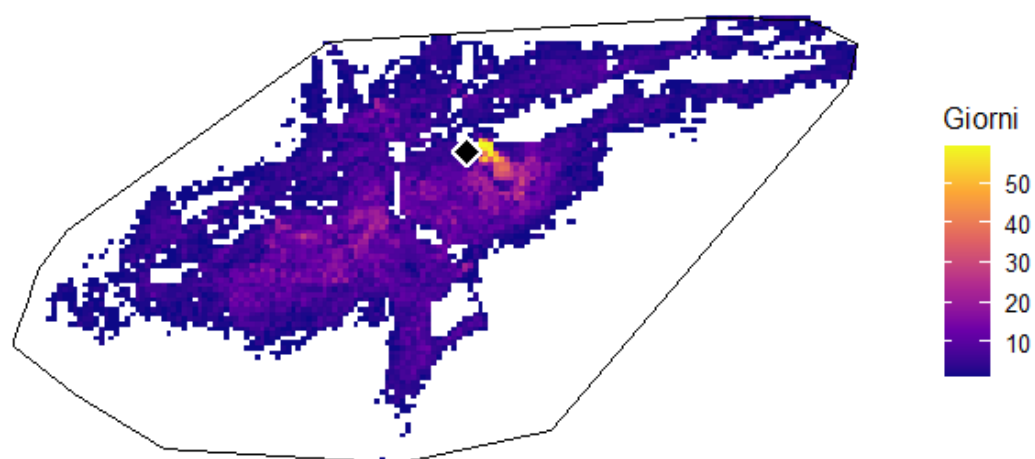


Figura 20 Persistenza del bestiame sul territorio di Erea Brendol espressa come giorni totali di occupazione per singolo pixel

Mappa Giorni Dettaglio - Area: VE

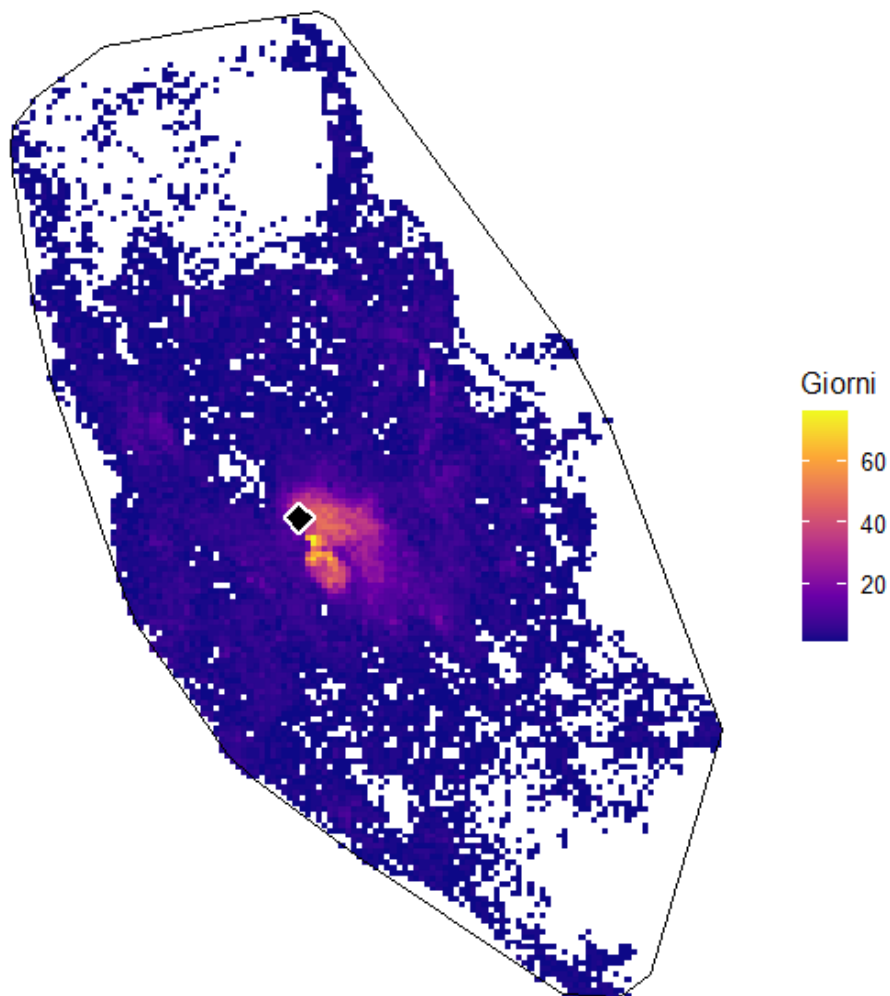


Figura 21 Persistenza del bestiame sul territorio di Vette Grandi espressa come giorni totali di occupazione per singolo pixel

4.7 Andamento dell'indice di Vigoria

Il seguente grafico (Figura 22) analizza il residuo dell'NDVI in relazione ai quartili dei giorni d'uso complessivi. Si nota subito una netta separazione tra le due aree di studio, con l'area PE che mantiene stabilmente valori di residuo più elevati rispetto all'area VE. All'aumentare dei giorni d'uso, da pochi giorni a molti giorni, la linea di tendenza del pascolo PE mostra una crescita graduale e costante. Al contrario, l'area VE rimane quasi piatta, oscillando leggermente

attorno a un valore medio più basso e dimostrando che una permanenza prolungata degli animali non influisce sul crollo dello stato di salute della vegetazione in quest'area.

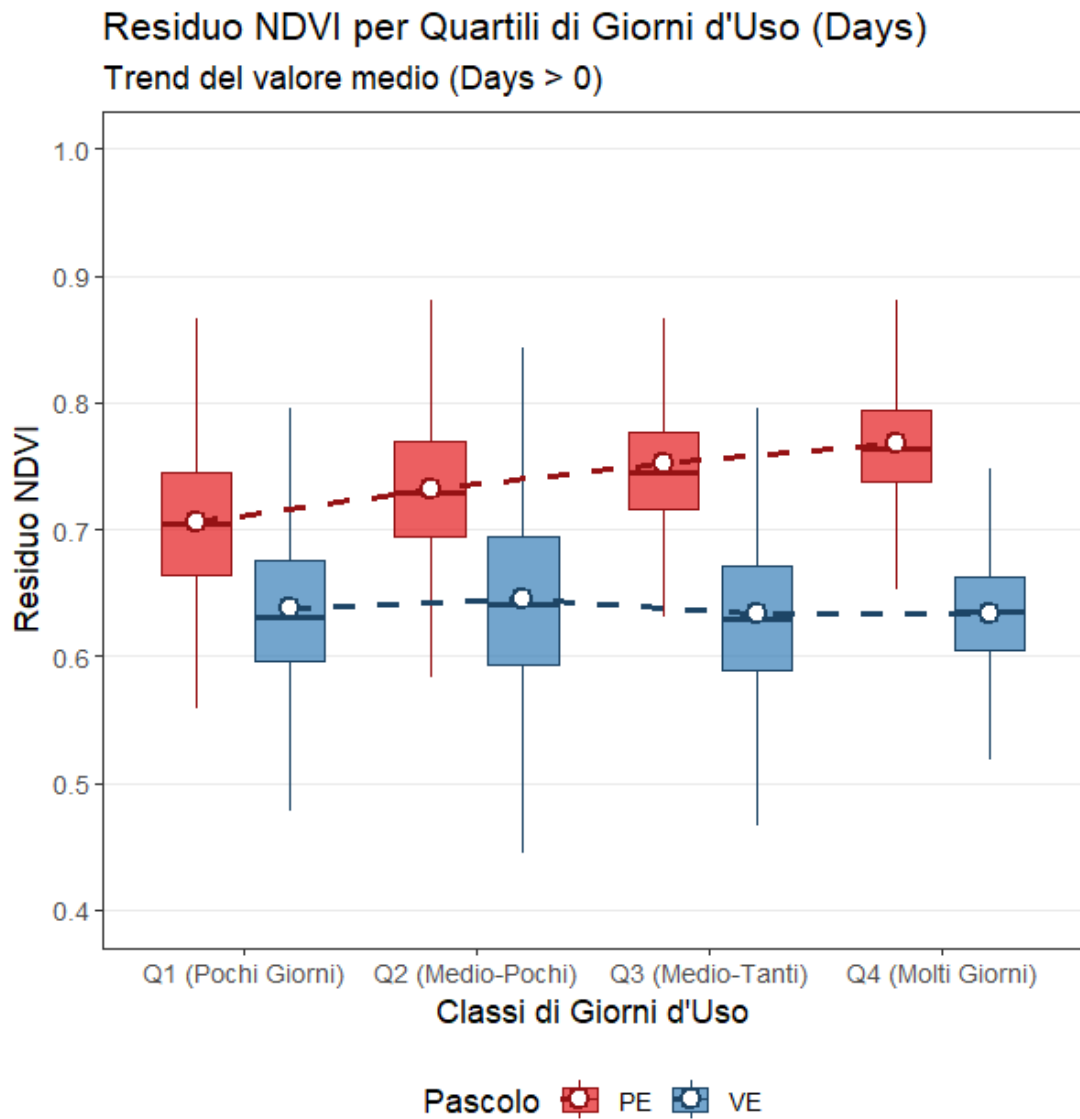


Figura 22 - primo grafico indice di vegetazione

Il secondo grafico (figura 23) si concentra sulla situazione registrata specificatamente nel mese di Ottobre, valutando sempre l'andamento in relazione dei giorni d'uso. Anche in questo caso il trend del pascolo PE è chiaramente positivo e mostra un incremento evidente del vigore vegetativo quando ci si sposta verso il quartile di massimo utilizzo. Il pascolo VE mostra invece un andamento leggermente diverso rispetto al grafico precedente, con una lieve flessione nel terzo quartile seguita da un accenno di risalita nel quarto. Nonostante questo piccolo recupero

finale, i valori complessivi di VE a Ottobre rimangono marcatamente inferiori rispetto a quelli di PE.

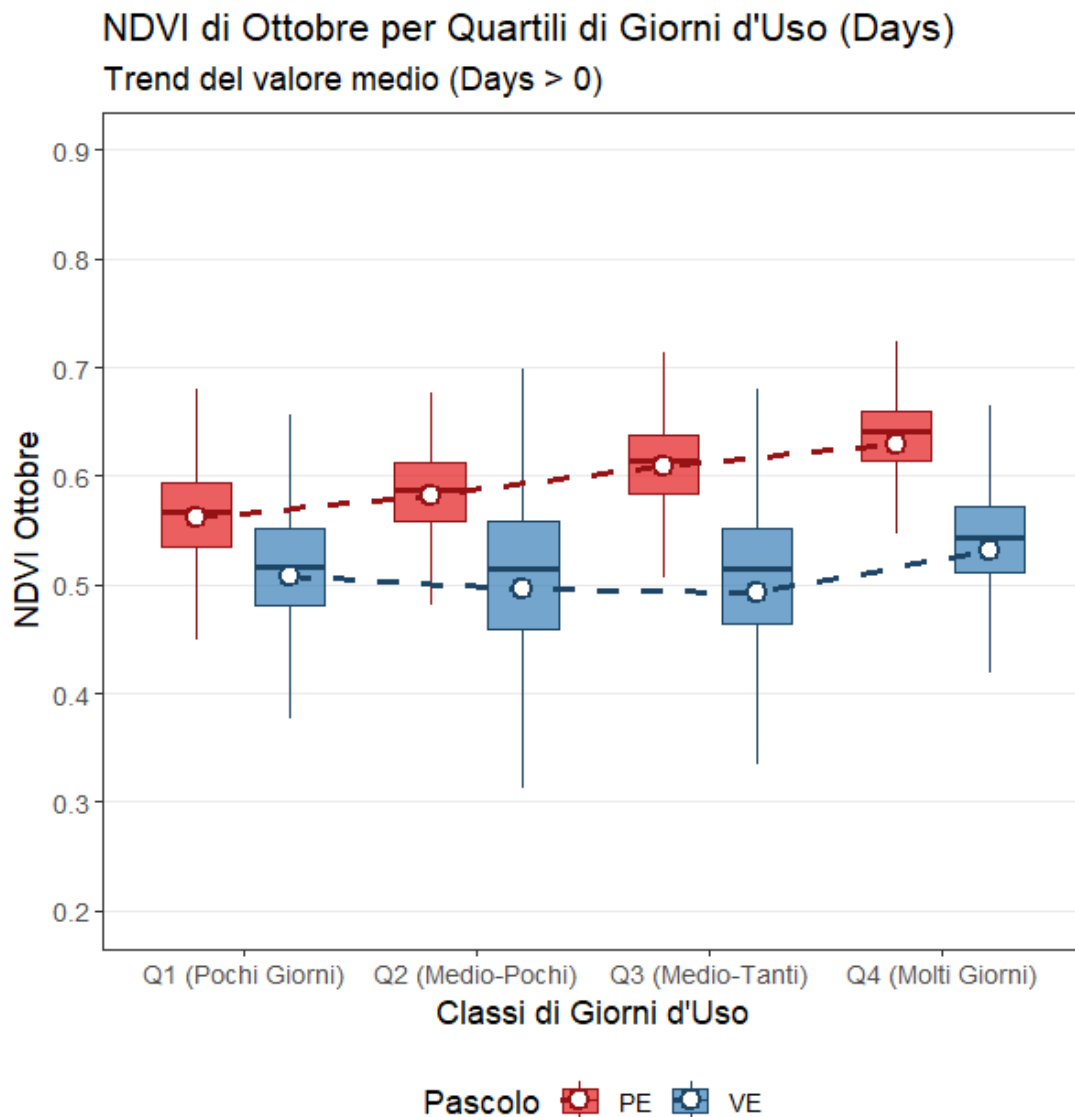


Figura 23- secondo grafico indice di vegetazione

Nell'analisi dell'intensità d'uso, espressa tramite l'indice PUI, in relazione all'NDVI di ottobre, conferma la tendenza del pascolo PE ad un trend ascendente, evidenziando che una maggiore intensità di pascolamento si associa a valori di NDVI più alti in ottobre (figura 24). L'area VE mostra invece una dinamica leggermente diversa, con aumento visibile tra il primo e il secondo quantile. Nei quartili successivi la situazione del pascolo VE si stabilizza su una linea orizzontale, confermando ancora una volta il divario tra i trend delle due aree studio. Questo

significa che, a parità di pressione o tempo di utilizzo, nell'area PE si ha un vigore vegetativo e una capacità di fotosintesi della cenosi erbacea decisamente migliori. Da un punto di vista conservazionistico ed agronomico, l'area di pascolo PE si dimostra gestita in modo più sostenibile, capace di mantenere il cotico erboso in uno stato di salute migliore. Il primo (Figura 22) e il secondo grafico (Figura 23) rivelano un dato controintuitivo ma fondamentale. Nell'area PE, l'aumento dei giorni d'uso complessivi (il passaggio dal primo al quarto quartile) causa una diminuzione forte dello stato di salute del cotico rispetto al picco estivo, tuttavia il valore di NDVI rimane più alto nelle aree molto pascolate nel mese di ottobre. Al contrario, nell'area VE la linea di tendenza rimane piatta o subisce flessioni. Questo risultato suggerisce che nel pascolo PE la vegetazione permette un utilizzo prolungato dell'area favorendo tuttavia un ricaccio della vegetazione. Nell'area VE, invece, prolungare i giorni di permanenza degli animali non genera alcun beneficio in termini di aumento NDVI.

In autunno (Figure 23 e 24), il divario tra le due aree rimane marcato, ma si nota che ad alti livelli di PUI, anche l'area VE mostra un trend di risalita dell'NDVI. Questo significa che l'intensità d'uso ha un effetto stimolante sul ricaccio autunnale per entrambi i sistemi, ma con una differenza sostanziale. Mentre l'area PE parte già da livelli più elevati, l'area VE parte da valori più bassi e registra un leggero aumento nelle aree a maggior intensità, senza mai raggiungere i livelli dell'area PE.

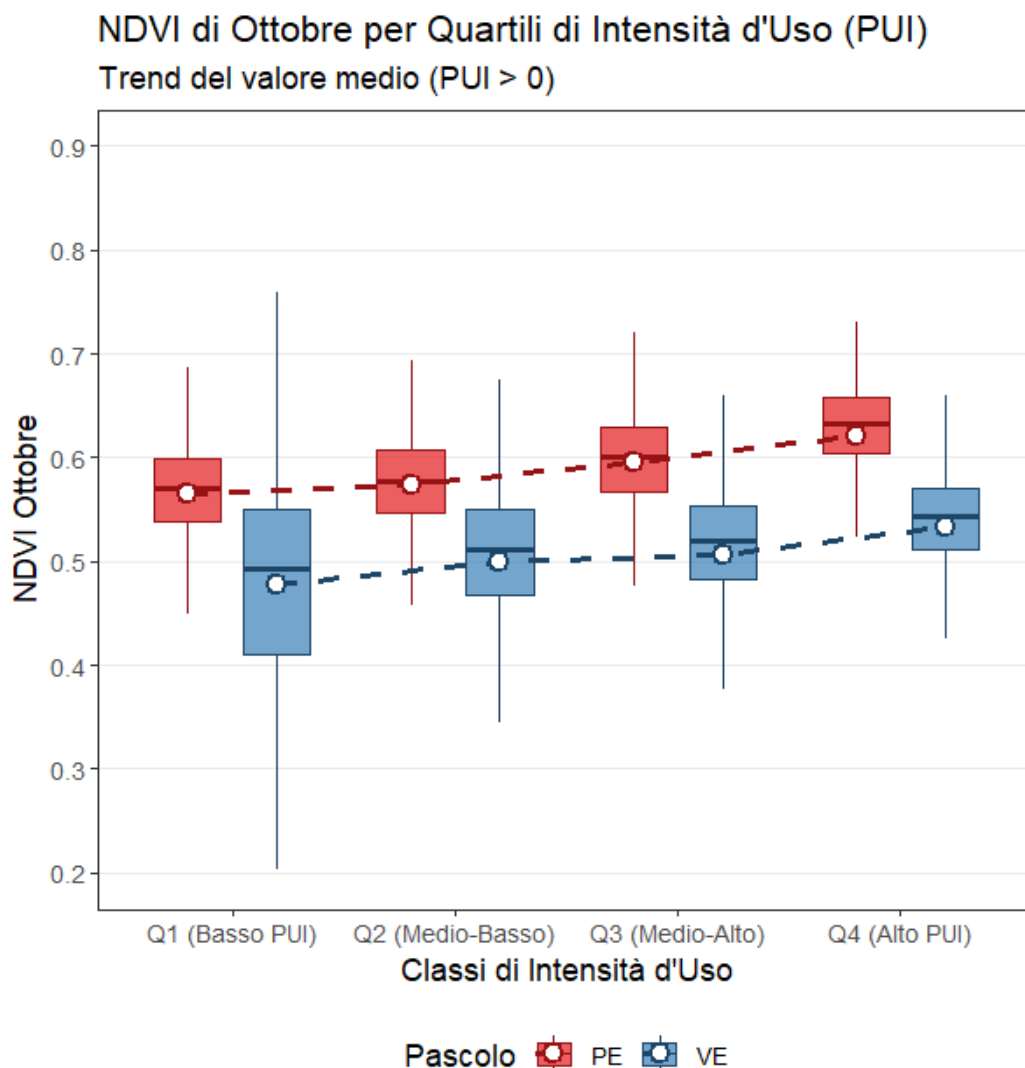


Figura 24 - valori dell'NDVI ad ottobre per le due aree oggetto di studio, in relazione all'intensità d'uso dei pixel

4.8 Andamento temporale della fenologia e la variabilità tra classi Natura 2000

Disaggregando i dati per le classi di habitat *Natura 2000* (Classe N2K), emergono differenze strutturali significative tra i due comparti. Nell'area Erera Brendol (Piani Eterni, “PE”), la quasi totalità degli habitat mostra una risposta omogenea e concentrata intorno ad un valore di 0,75 (figura 25). Al contrario, il comparto Vette Grandi (VE) mostra una frammentazione molto più marcata e una variabilità inter-habitat superiore già all'inizio della stagione (13 giugno), segno di una eterogeneità vegetazionale più accentuata. Nel comparto delle Vette Grandi, si osserva come la classe 6430 (comunità di megaforbie) mantenga picchi

di NDVI particolarmente elevati a inizio luglio, per poi subire la contrazione più drastica a ottobre; tale dinamica riflette la spiccata suscettibilità delle specie erbacee a portamento alto nei confronti dei primi abbassamenti termici autunnali.

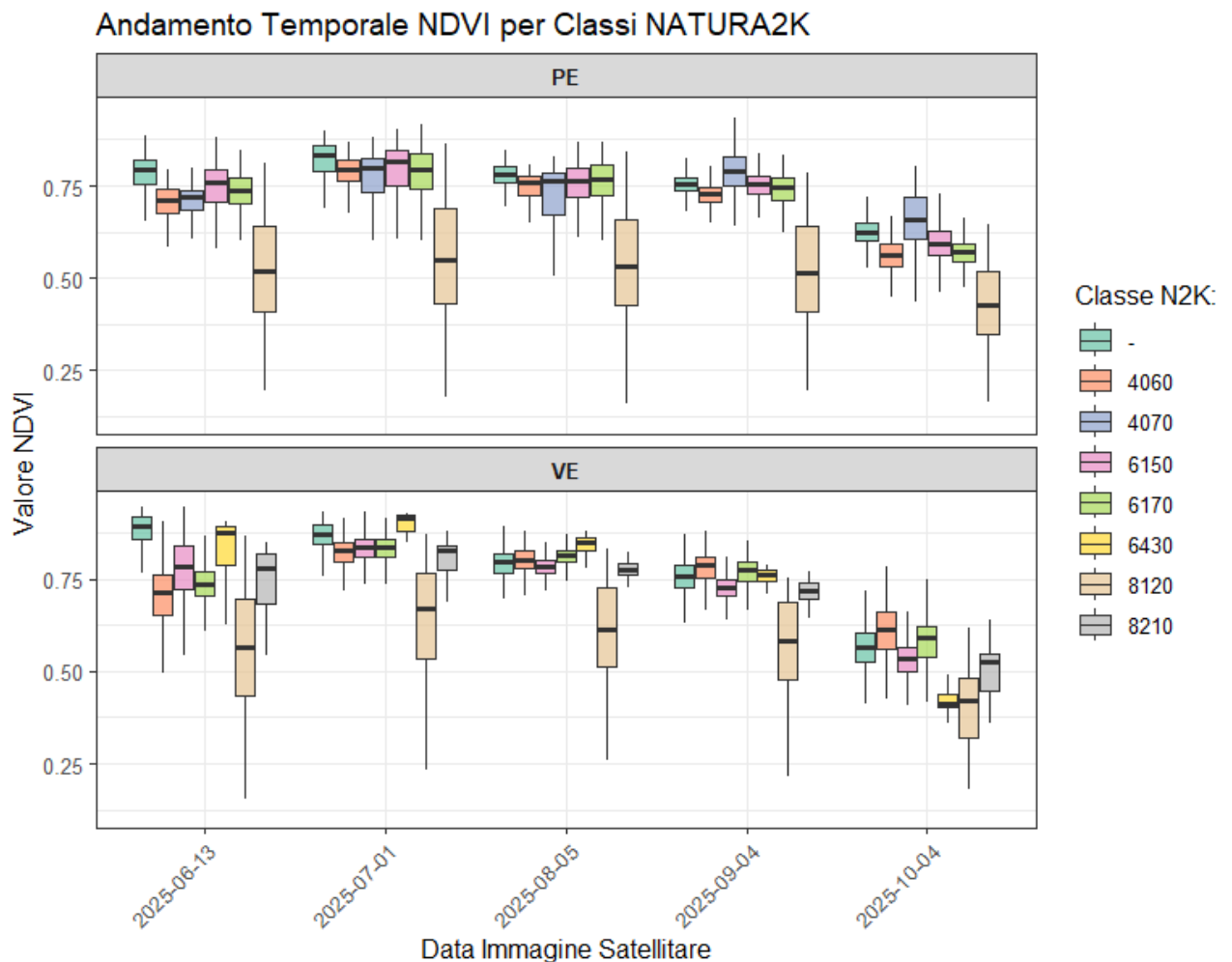


Figura 25 Andamento temporale per classi Natura 2K in VE e PE

4.8.1 Impatto specifico del tipo di utilizzatore nell'area Vette Grandi (VE)

Il pascolo di Vette Grandi è stato suddiviso in quattro categorie di utilizzo: aree in cui i pixel subiscono un uso promiscuo ovino-bovino (*sheep_cow*), aree a uso esclusivo bovino (*cow*), aree a uso esclusivo ovino (*sheep*) e non utilizzate (*NA*). Dall'analisi comparativa dei boxplot (figura 26) emerge :

- Le aree utilizzate da ovini e bovini (*sheep_cow*) e quelli occupati esclusivamente da bovini (*cow*) esibiscono costantemente i valori di NDVI più elevati, stabili e con la minore varianza interna per quasi tutta la stagione (giugno-ottobre).
- Al contrario, i pixel soggetti all'uso esclusivo degli ovini (*sheep*) mostrano come rispetto ai bovini usino e prediligano aree anche molto diverse. Fin dal mese di giugno, l'NDVI di questi pixel è significativamente più basso rispetto a quello dei bovini, con una dispersione statistica enorme e con valori simili alle aree non utilizzate.

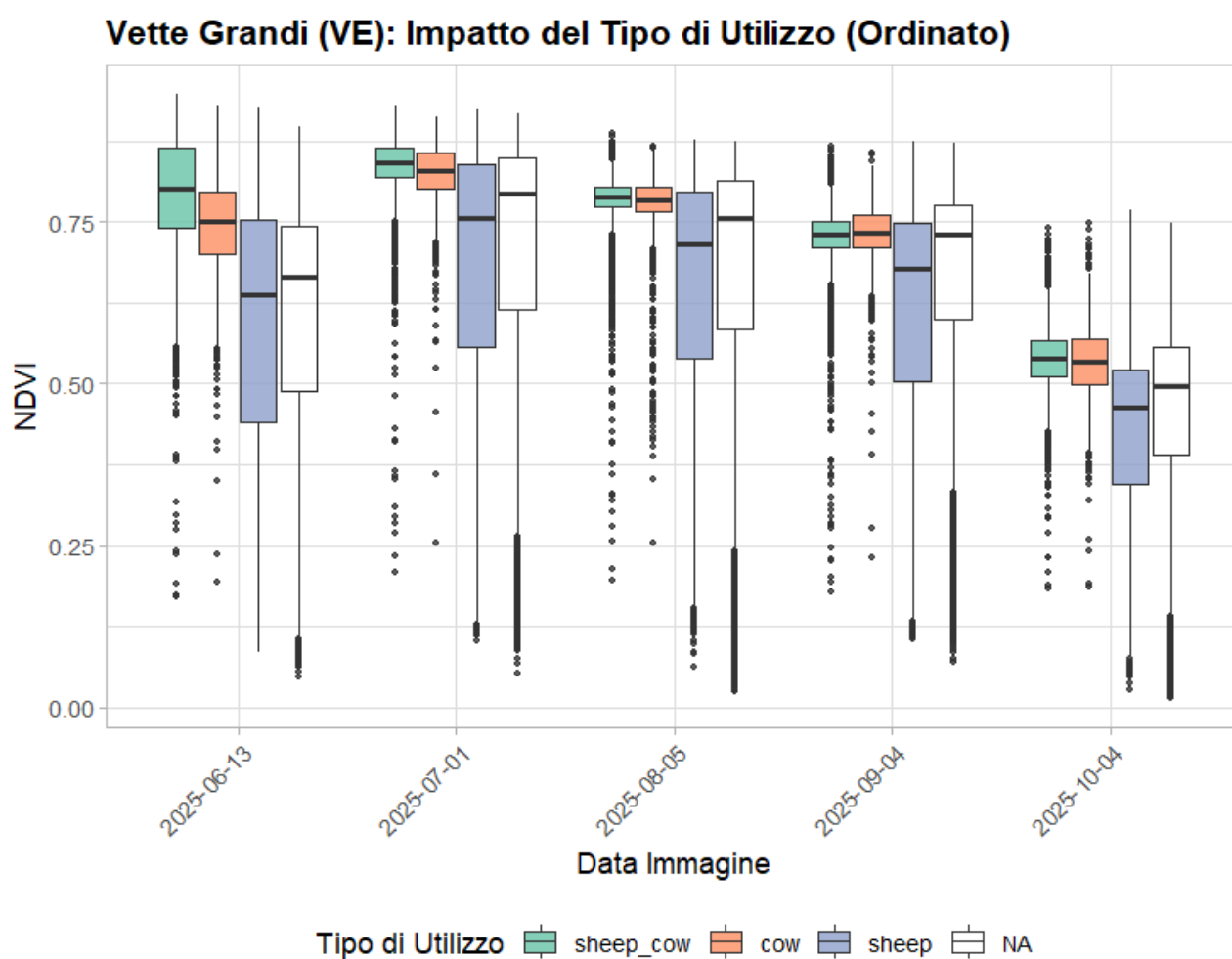


Figura 26 l'impatto del tipo di utilizzo diversificato per capre e vacche, solo capre, solo vacche, aree non utilizzate

Sembra che i bovini prediligano le aree con valori di NDVI più elevati, mentre gli ovini si spingono anche dove i valori di NDVI sono inferiori. Il fatto che non ci siano differenze tra aree pascolate esclusivamente da bovini o aree condivise da bovini e ovini, così come non ci siano

differenze tra le aree non pascolate e quelle pascolate da ovini, suggerisce che la presenza degli ovini non alteri i valori di NDVI del cotico erboso.

5. Conclusioni

Lo studio condotto ha permesso di ridefinire in modo critico le dinamiche ecologiche e le potenzialità gestionali dei comparti pascolivi d'alta quota esaminati, offrendo una chiave di lettura fondamentale per la conservazione attiva della biodiversità nel territorio del Parco.

Un primo elemento di fondamentale importanza emerge dalla revisione dei dati storici relativi all'area di Erera-Brendol. I rilievi floristici tradizionali e cartacei restituivano un quadro fortemente distorto e penalizzante, descrivendo la zona come una cenosi ampiamente degradata e dominata quasi esclusivamente da specie nitrofile (*Rumex* spp.). L'integrazione delle analisi GIS con le cartografie della Rete Natura 2000 ha invece smentito questo assunto, rivelando un mosaico di habitat frammentati ma quantitativamente significativi. Sebbene Erera-Brendol non vanta l'elevata ricchezza floristica e la continuità indisturbata delle Vette Grandi, essa ospita una biodiversità vegetazionale di indubbio valore conservazionistico. La presenza del *Rumex* risulta infatti confinata e coerente con i settori limitrofi alle strutture di malga, soggetti storicamente a un maggiore carico di nutrienti, senza per questo inficiare il valore naturalistico della matrice pascoliva circostante.

Al contempo, il monitoraggio della risposta vegetazionale ha evidenziato differenze fisiologiche cruciali tra i due macro-sistemi pascolivi, ridefinendo il concetto di resilienza della cotica erbosa. L'area di Vette Grandi, pur mantenendo un indice di vigore vegetativo mediamente elevato grazie alle proprie caratteristiche ecologiche e microclimatiche, mostrano una rigidità intrinseca: non è in grado di tollerare pressioni di pascolamento prolungate o troppo intense, manifestando tempi di recupero e di ricaccio estremamente lenti. Al contrario, il comparto di Erera-Brendol ha dimostrato una spiccata dinamicità e una maggiore velocità nel turnover vegetazionale. Questo sistema si dimostra ecologicamente capace di supportare carichi e tempi di utilizzo più elastici, rispondendo agli stimoli della brucatura e del calpestio con un ricaccio vigoroso, mantenendo costante nel tempo la propria efficienza fotosintetica.

Queste evidenze scientifiche pongono le basi per una pianificazione zootecnica mirata, rendendo lo studio uno strumento predittivo indispensabile per la stesura del futuro Piano di Pascolamento. Risulta evidente che una gestione uniforme del carico animale sull'area pascoliva sia fondamentale: A causa della straordinaria ricchezza floristica che le caratterizza, le Vette Grandi richiedono tutele rigorose e un carico di pascolamento distribuito in modo uniforme su tutta l'area, indispensabili per prevenire fenomeni di degradazione da overgrazing

in un ecosistema così vulnerabile. Un piano di pascolamento turnato aiuta ad evitare di creare aree di degrado dove gli animali stazionano per troppi giorni durante la stagione vegetativa. Erera-Brendol invece sembra poter essere integrata nel circuito dei turni con un ruolo più strutturale e intensivo.

In quest'ottica, la programmazione deve prevedere anche una precisa suddivisione dei gruppi di animali in base allo stadio fisiologico e all'età. Considerato il lento turnover vegetazionale e la fragilità delle Vette Grandi, l'introduzione in questa zona di soggetti a fine carriera o in lattazione avanzata risulterebbe inefficiente e rischiosa per la risorsa stessa. Questi animali, caratterizzati da ritmi di pascolamento e fabbisogni specifici, troverebbero una migliore collocazione gestionale all'interno del comparto di Erera-Brendol. La spiccata capacità di rigenerazione della cotica erbosa di Erera-Brendol e la sua tolleranza a turni più flessibili la rendono l'area ideale per ospitare questa categoria di bestiame, massimizzando l'efficienza d'uso delle risorse senza intaccare gli equilibri ecologici dei settori più vulnerabili.

Tuttavia, la pianificazione zootecnica complessiva non può prescindere dalle complesse dinamiche di competizione interspecifica in atto. La massiccia presenza di popolazioni di cervo (*Cervus elaphus*) esercita una pressione trofica precoce e incontrollabile che anticipa la monticazione del bestiame domestico. Trovando la risorsa foraggera già parzialmente depauperata, le bovine da latte subiscono uno stress energetico che ne altera i pattern di spostamento. Poiché l'approccio tecnologico di precisione — applicabile tramite monitoraggio GPS sul bestiame domestico — risulta più difficile sulla fauna selvatica, il Piano di Pascolamento dovrà configurarsi come un modello flessibile e adattativo. Esso dovrà modulare i carichi reali sulle singole parcelle e sui diversi habitat Natura 2000 non solo in funzione del potenziale agronomico teorico, ma calcolando attivamente la sottrazione di biomassa operata dagli ungulati selvatici, garantendo così la sostenibilità economica dell'alpeggio tradizionale e la conservazione a lungo termine degli ecosistemi protetti.

6. Bibliografia

- Macolino S. (A.A 2025-2026). Insegnamento di foraggicoltura, Università degli Studi di Padova.
- Cozzi G. (A.A 2025-2026). Insegnamento di allevamento dei bovini, Università degli Studi di Padova
- Gusmeroli, F. (2004). Il piano di pascolamento: strumento fondamentale per una corretta gestione del pascolo. *Quaderni della Fondazione Fojanini di Studi Superiori*, 1,
- European Environment Agency (s.d.). *Natura 2000 Network Viewer*. European Commission / EEA. Disponibile all'indirizzo: <<https://natura2000.eea.europa.eu/>> [Consultato il 2 giugno 2026].
- Rete rurale nazionale 2014-2020 “le foreste nei siti della rete Natura 2000 Cura del documento: Raoul Romano, Giuseppina Costantini, Saverio Maluccio, Francesca Marinangeli; 2019
- Gredleriana (Volume 6), pagine da 31 a 46, 2006 “*La cartografia vegetazionale come strumento di analisi ecologica del paesaggio: un esempio di applicazione a due biotopi del Parco Naturale Regionale delle Dolomiti d'Ampezzo (Belluno – Italia Nordorientale)*” di Marcello Tomaselli, Matteo Gualmini, Cesare Lasen, Alessandro Ferrarini (con la collaborazione, per la raccolta dati dello studio complessivo, anche di Alessandro Petraglia e Juri Nascimbene).
- “Precision Pasture: From Remote Sensing to AI” Daniele Pinna – Tecnologie e Sistemi per la Zootecnia di Precisione – a.a. 2025-2026
- Agricolus (2019). *Indici di vegetazione (NDVI, NDMI...): istruzioni per l'uso*. Agricolus - Smart Agriculture. Disponibile all'indirizzo: <<https://www.agricolus.com/indici-vegetazione-ndvi-ndmi-istruzioni-luso/>> [Consultato il 7 giugno 2026].
- Pettorelli, N., Vik, J. O., Mysterud, A., Gaillard, J. M., Tucker, C. J. e Stenseth, N. C. (2005). Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. *Trends in Ecology & Evolution*, 20(9), 503-510
- Tucker, C. J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8(2), 127-150
- Salvan, D. (2023). *Telerilevamento di prossimità per la stima della variabilità spazio-temporale della vegetazione di prati stabili e pascoli*. Tesi di Laurea, Università degli Studi di Padova, Anno Accademico 2022/2023.
- Pinna D. (A.A 2025-2026). *Precision farming and pasture*, slides lezione. Insegnamento di Tecnologie e sistemi per la zootecnia di precisione, Università degli Studi di Padova.
- Montanari, M. (2021). *Uso di immagini Sentinel 2 per il calcolo di indici vegetazionali. Caso studio di vigneti della provincia di Ancona*. Tesi di Laurea, Università Politecnica delle Marche, Anno Accademico 2020/2021
- Parco Nazionale Dolomiti Bellunesi (s.d.). *Flora del Parco*. Parco Nazionale Dolomiti Bellunesi. Disponibile all'indirizzo: <<https://www.dolomitipark.it/natura-e-storia/flora/>> [Consultato il 7 giugno 2026]
- Ramanzin, M., Lasen, C., Benvenuti, L., Mantovani, R., Pastore, E. e Tomaselli, M. (2004). *Progetto speciale Riqualificazione delle malghe e gestione dei pascoli e dei prati*. Relazione tecnica, Parco Nazionale Dolomiti Bellunesi / Università degli Studi di Padova (Dipartimento di Scienze Zootecniche). [pp 4,18,19,25,,32,33,43,44,141,142,225,226,227,249,250,265,266].

- Biondi, E. e Blasi, C. (a cura di). (2014). *Prodromo della vegetazione d'Italia. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare / Società Botanica Italiana*. Disponibile all'indirizzo: <<https://www.prodromo-vegetazione-italia.org/habitat>> [Consultato il 2 giugno 2026]
- Urbano, F., & Cagnacci, F. (2014). Spatial database for GPS wildlife tracking data. *A practical guide to creating a data management system with PostgreSQL/PostGIS and R. 1st ed. Cham: Springer*.
- Hijmans, R. J., Bivand, R., Forner, K., Ooms, J., Pebesma, E., & Sumner, M. D. (2022). Package 'terra'. *Maintainer: Vienna, Austria*, 384(10.32614).