

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento Agronomia Animali Alimenti Risorse Naturali e Ambiente

TESI DI LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE E TECNOLOGIE ANIMALI

TELERILEVAMENTO DI PROSSIMITÀ PER LA STIMA DELLA VARIABILITÀ
SPAZIO-TEMPORALE DELLA VEGETAZIONE DI PRATI STABILI E PASCOLI

*Proximity remote sensing for estimating the spatio-temporal variability of the vegetation
of grasslands*

Relatore:

Dott.ssa CRISTINA PORNARO

Correlatori:

Prof. STEFANO MACOLINO

Dott.ssa ELENA BASSO

Laureando

DAVIDE SALVAN

Matricola n. 2062572

Sommario

RIASSUNTO	2
ABSTRACT	3
1. INTRODUZIONE.....	4
2. OBIETTIVO.....	15
3. MATERIALI E METODI.....	16
4. RISULTATI	29
5. DISCUSSIONI	60
6. CONCLUSIONI	62
BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA	63

RIASSUNTO

L'uso del telerilevamento per la stima della biomassa prodotta da prati e pascoli è oggetto di studio da alcuni decenni, data l'importanza a livello gestionale della conoscenza della produttività di tali cenosi. La stima della loro fitomassa non è semplice poiché prati e pascoli sono caratterizzati da un'elevata eterogeneità vegetazionale in termini spaziali e temporali. Lo studio presentato nell'elaborato di tesi è stato condotto presso un prato stabile e un pascolo in area collinare (Schio, VI). Sia nel prato che nel pascolo sono stati fatti rilievi con tecniche di telerilevamento, rilievi a terra per la stima della fitomassa e rilievi diretti per la misura della fitomassa, in modo da confrontare i risultati dei diversi metodi. I rilievi sono stati eseguiti in aprile-maggio del 2023 sia sul prato che sul pascolo e poi in settembre-ottobre 2023. Utilizzando un drone sono stati raccolti dati multispettrali per il calcolo dell'indice NDVI. Sono state poi individuate delle aree di saggio di 1 m² poste su una griglia di maglia 20 x 20 m posta sopra all'area di studio. In ogni area di saggio è stato eseguito un rilievo floristico, è stata misurata l'altezza del cotico erboso con platemeter e con asta graduata, è stato misurato l'indice NDVI con uno strumento portatile ed è stata raccolta la fitomassa per il calcolo della sostanza secca prodotta. Sono state create delle mappe con gli indici NDVI raccolti tramite telerilevamento e con strumenti manuali, nonché le mappe della produzione al momento del rilievo. Sono state poi analizzate le correlazioni tra i diversi parametri raccolti e l'influenza della composizione floristica su tali correlazioni e sui parametri raccolti. Alcuni parametri sembrano stimare bene la produzione della cenosi, ma la densità della vegetazione e la sua composizione floristica gioca un ruolo fondamentale su queste stime, pur essendo l'area di studio limitata nello spazio. Questo studio ha quindi evidenziato che l'utilizzo del telerilevamento permette di rilevare la variabilità spaziale e temporale di cenosi utilizzate come pascolo e come prato. Questa variabilità è legata nello spazio a caratteristiche dell'area, come la morfologia del terreno, e nel tempo alla fenologia della vegetazione, ma anche alla sua composizione floristica. Il telerilevamento ha le potenzialità anche per migliorare la gestione del pascolo e del prato, anche attraverso la creazione di mappe che aiutino a rappresentare queste variabilità.

ABSTRACT

The use of remote sensing for the estimation of meadows and pastures biomass production has been studied for several decades, given the importance to estimate the yield production for a management purpose. The biomass estimation of grasslands is not straightforward since meadows and pastures are characterised by a high vegetation heterogeneity in spatial and temporal terms. The study presented in this thesis was conducted in a permanent meadow and a pasture in a hilly area (Schio, VI). Both the meadow and the pasture were surveyed using remote sensing techniques, ground surveys to estimate the phytomass and direct surveys to measure the phytomass, in order to compare the results of the different methods. The surveys were carried out on both meadow and pasture in April-May 2023 and then in September-October 2023. Using a drone, multispectral data were collected for the calculation of the NDVI index. Sample areas of 1 m² were then identified on a 20 x 20 m grid overlapped to the study area. In each sample area, a botanical survey was carried out, the height of the canopy was measured with a plate meter and a graduated rod, the NDVI index was measured with a portable instrument, and phytomass was collected for the calculation of the dry matter produced. Maps were created with the NDVI indices collected by remote sensing and hand instruments, as well as maps of the production at the time of the survey. Correlations between the collected parameters were then analysed. Some parameters were related to the dry matter production of the coenosis. However, the density of the vegetation and its botanical composition plays a fundamental role on the biomass estimation, even though the study area is limited in space. This study has shown that the use of remote sensing makes possible to detect the spatial and temporal variability of coenosis used as pasture and meadow. This variability is linked in space to characteristics of the area, such as the morphology of the terrain, and in time to the phenology of the vegetation, but also to its botanical composition. Remote sensing also has the potential to improve pasture and meadow management, including through the creation of maps to help represent these variabilities.

1. INTRODUZIONE

I prati stabili e i pascoli sono colture caratterizzate da una durata protratta nel tempo. Derivano da forme di inerbimento spontaneo, verificatesi dopo interventi di disboscamento, oppure provengono da prati artificiali di tipo avvicendato o permanente che successivamente sono stati lasciati all'evoluzione spontanea. Essi possono essere:

- Naturali: se si trovano al di sopra del limite della vegetazione arborea, quindi a quote elevate. Sono caratterizzati da vegetazione prevalentemente erbacea, ma possono essere presenti suffrutici e arbusti. Queste specie legnose però vanno via via a diradarsi salendo di quota fino ad arrivare al raggiungimento di una cenosi formata esclusivamente di piante erbacee.

- Spontanei: questi sono localizzati al di sotto del limite della vegetazione arborea. Si sono formati autonomamente per effetto del disboscamento, del conseguente inerbimento spontaneo e l'utilizzo della fitomassa.

-Artificiali: in questo caso si tratta di cenosi che sono state seminate allo scopo di produrre foraggio.

PRATI STABILI

I prati stabili (permanenti) sono cenosi composte da vegetazione erbacea la cui fitomassa viene tagliata e in genere affienata per essere utilizzata come foraggio.

I prati si distinguono in avvicendati e stabili, questi ultimi sono:

-PERMANENTI: perché hanno una durata protratta nel tempo, il periodo è di almeno 10 anni, ma possono essere coltivati anche per decenni.

- POLIFITI: diversamente dai prati avvicendati e dalle altre colture agrarie che sono costituite da una o poche specie, i prati stabili sono generalmente formati da numerose specie seminate e/o spontanee.

I principali prati stabili dell'Italia centro settentrionale sono: lolieti, arrenatereti, triseteti, brometi e cariceti. I lolieti sono tipici prati pingui di pianura dominati, la specie dominante è *Lolium multiflorum*, gli arrenatereti si possono trovare dal livello del mare sino ai 1200-1300 m di quota, tra le specie più abbondanti vi è *Arrhenatherum elatius*, i triseteti sono tipici prati di montagna (>1300 m s.l.m.) caratterizzati dalla presenza di *Trisetum flavescens*, mentre i brometi sono i prati magri presenti a quote variabili su suoli poveri e bene esposti, composti da numerose specie tra cui *Bromus erectus*. Infine, i cariceti sono cenosi erbacee presenti su terreni molto umidi o sommersi per lunghi periodi dell'anno costituiti da specie dei generi *Carex* e *Juncus* (Macolino, 2016).

La composizione floristica dei prati stabili è influenzata dalle condizioni climatiche e pedologiche, dalle tecniche di coltivazione e dalle modalità di utilizzazione. Le tecniche agronomiche impiegate nella gestione dei prati sono: concimazione (organica e/o minerale), erpicatura superficiale, scarificazione (nel caso di terreno pesante) rullatura (sui terreni leggeri), risemina o trasemina ed in alcuni casi anche irrigazione. I prati sono di diverso tipo a seconda della specie (o delle specie) che risultano dominanti nella composizione floristica. Tra le pratiche colturali, quella che maggiormente incide sulla composizione floristica è la concimazione. Generalmente il numero di specie presenti diminuisce all'aumentare della produttività del prato (Tabella 1).

Tabella 1. Principali caratteristiche dei prati dell'Italia centro-settentrionale

Tipo di prato	n. specie in 100 m ²	n. tagli anno	Produzione s.s. (t/ha/anno)
Lolieto	6-12	4-6	12-16
Arrenatereto planiziale	15-20	3-4	8-11
Arrenatereto montano	20-25	2-3	7-9
Triseteto	30-45	1-2	4-6
Brometo	35-60	1-2	3-4
Cariceto	3-7	0-1	1.5-3

PASCOLI

I pascoli sono cenosi vegetali la cui fitomassa viene utilizzata in parte o totalmente da animali che la prelevano direttamente dagli organismi vegetali che l'hanno prodotta.

Come i prati, anche i pascoli sono colture polifite caratterizzate da una durata protratta nel tempo e possono essere spontanei, artificiali o naturali. La loro composizione floristica è influenzata dalle condizioni climatiche e pedologiche, dalle pratiche colturali e dal tipo di pascolamento. Le tecniche agronomiche impiegate nella gestione dei pascoli sono: concimazione, erpicatura superficiale, scarificazione, risemina o trasemina.

Il pascolamento permette di utilizzare superfici che sono difficilmente meccanizzabili, sfruttando anche zone marginali o con basse produzioni che andrebbero inesorabilmente incontro ad un completo abbandono. Il pascolamento, inoltre, riduce il problema dello smaltimento delle deiezioni animali e migliora la loro utilizzazione con la conseguente valorizzazione del fondo dal punto di vista agronomico e non richiede eccessivo lavoro da parte del gestore. Tuttavia la difficoltà nella gestione del pascolo, la minor produzione degli animali al pascolo rispetto a quelli allevati in stalla e la carenza di conoscenze dei gestori, porta a non usufruire a pieno di questi vantaggi (Cavallero et al., 2002).

Nella gestione di una superficie a pascolo bisogna tener conto che:

- 1) la fitomassa prodotta deve essere utilizzata in base alla fase fenologica della vegetazione
- 2) il carico deve essere opportunamente dimensionato
- 3) deve essere impiegata la tecnica di pascolamento che permette di utilizzare la fitomassa disponibile nel modo più completo
- 4) la superficie deve essere utilizzata con continuità anno dopo anno.

È bene inoltre ridurre la quantità di alimenti concentrati forniti agli animali al pascolo, in modo che le restituzioni di elementi minerali al terreno non siano di molto superiori alle asportazioni. L'aumento dei nutrienti nel terreno ed in particolare dell'azoto, infatti, porta ad un cambiamento nella composizione floristica che vede l'aumento delle specie dette nitrofile poco appetite dagli animali, di scarso valore foraggero e solitamente di taglia grande, che tendono quindi a prendere il sopravvento sulle specie tipiche del pascolo.

La scelta della tecnica di pascolamento è molto importante per sfruttare nel modo corretto la fitomassa. Le tecniche di pascolamento possono essere:

- PASCOLAMENTO LIBERO O CONTINUO ESTENSIVO: consiste nel lasciare gli animali liberi di pascolare sull'intera area del pascolo. Con tale tecnica si verificano spesso condizioni di sottocarico e di sovraccarico
- PASCOLAMENTO TURNATO: la superficie viene suddivisa in più sezioni o recinti e gli animali stazionano su ciascuna delle stesse fino ad esaurimento dell'erba disponibile per passare, di seguito, in un'altra. È assicurato all'erba un periodo di ricrescita indisturbata (25-30 giorni). Nel caso la ricrescita dell'erba di una o più sezioni, dopo una prima permanenza degli animali, consenta una seconda, terza o più utilizzazioni nella stessa annata si attua un PASCOLAMENTO TURNATO A ROTAZIONE. Quando in mancanza di recinti il pascolo turnato è realizzato dalla presenza del pastore è detto PASCOLAMENTO GUIDATO.
- PASCOLAMENTO RAZIONATO: area totale divisa in più sezioni o recinti, ciascuna sezione è suddivisa ulteriormente con filo elettrico mobile, in superfici che sono in grado di fornire agli animali l'alimento per una o due giornate. Finita tale utilizzazione, il filo elettrico viene spostato in modo di dare la possibilità agli animali di alimentarsi potendo muoversi anche sulla superficie precedentemente utilizzata, evitando così un continuo stress da cambio di recinto.
- PASCOLAMENTO CONTINUO INTENSIVO: il carico è fatto variare in funzione dell'intensità di crescita dell'erba con ampliamenti o restringimenti della superficie a disposizione degli animali.

Per salvaguardare e conservare nel tempo i pascoli, la prima condizione che deve essere garantita è l'utilizzazione continua e sostenibile di queste superfici. Inoltre dovrà essere garantita la restituzione totale degli elementi nutritivi presenti nella fitomassa asportata con il pascolamento.

In caso contrario le possibili alternative di degrado sono:

- le superfici abbandonate saranno invase da megafornie ed arbusti, e, successivamente, da specie arboree.
- le superfici utilizzate con animali alimentati con concentrati, saranno soggette all'eutrofizzazione con conseguente diffusione di vegetazione nitrofila.
- le superfici sottoposte ad un carico superiore a quanto potrebbero sostenere saranno soggette a fenomeni riferibili a stadi più o meno avanzati di desertificazione.

COMPOSIZIONE FLORISTICA DI PRATI E PASCOLI

La composizione floristica di prati e pascoli influenza la qualità e la quantità della fitomassa prodotta. Le specie che compongono la cenosi si sono stabilite in conseguenza delle caratteristiche climatiche del luogo, dall'intensità di gestione, dalle pratiche colturali, dalla specie animale e dal tipo di pascolamento (nel caso del pascolo). I fattori ambientali che influenzano maggiormente la composizione floristica sono: il pH del terreno, il livello termico ambientale (ogni pianta ha determinate esigenze termiche) e gli elementi nutritivi derivanti dalla roccia madre e dalle restituzioni da parte degli animali pascolati o dalle concimazioni. La composizione floristica viene indagata applicando metodi diversi a seconda dell'obiettivo finale della valutazione.

Per effettuare una rilevazione floristica bisogna raccogliere dei dati quantitativi, tali dati indicano in che misura ogni singola specie contribuisce a formare una comunità vegetale. Questo può essere valutato in diversi modi: numero di individui, biomassa, copertura. Nel metodo sigmatista si ricorre alla stima del ricoprimento orizzontale attraverso una scala di abbondanza-dominanza, dove per abbondanza si intende il numero proporzionale di individui di una specie e dominanza la superficie che l'insieme degli individui di dette specie ricoprono percentualmente all'interno dell'area rilevata.

Esistono diverse metodologie per svolgere questa analisi:

il metodo fitosociologico secondo Braun-Blanquet (1932), che utilizza un approccio descrittivo che essenzialmente consiste nell'annotare tutte le specie presenti nell'area di saggio considerata, stimare la copertura e associare ad ogni specie un coefficiente di abbondanza-copertura (secondo la scala proposta da Pignatti - 1952). L'area di saggio considerata può essere variabile e si va ad applicare il concetto di areale minimo, cioè l'area minima entro la quale una associazione vegetale può giungere a svilupparsi in maniera completa. La procedura per individuare e definire quest'area consiste nell'allargare la zona fino a che il numero di specie censite resterà costante. Il metodo fitosociologico è molto utilizzato in quanto ha il vantaggio di essere rapido e semplice da attuare. Un aspetto negativo è la soggettività, infatti è l'operatore che attribuisce le percentuali di copertura stimandola a vista.

Il metodo dell'analisi lineare a differenza della metodologia precedente si utilizza un approccio campionario o statistico. Si utilizza un transetto che può essere di lunghezza variabile (da 10 a 25

m) e ogni 40-50cm viene fatta una calata, cioè viene infisso nel terreno un'asticella metallica e successivamente vengono annotate in un'apposita tabella tutte quelle specie che la toccano con una qualsiasi parte della pianta. Durante questa operazione può capitare che la calata ricada su terreno nudo o su rocce, è necessario quindi specificarne la presenza annotandolo nella tabella del rilievo. Questo metodo è più oggettivo, ma più dispendioso in termini di tempo.

Il metodo Raunkiaer, consiste nel lanciare un anello metallico di misura variabile sulla cenosi e in seguito rilevare le specie presenti all'interno dello stesso. Questa pratica va eseguita un numero di volte sufficientemente rappresentative. Il metodo Raunkiaer non è molto utilizzato per la difficoltà di utilizzo dell'anello metallico dove l'erba è alta.



Figure 1 e 2 Vegetazione del pascolo oggetto di studio nel periodo primaverile, prima del pascolamento degli animali.

I fattori ambientali maggiormente responsabili della differenziazione delle fitocenosi pabulari sono rappresentati da (Ziliotto et al., 2004):

disponibilità di elementi nutritivi: la disponibilità di elementi nutritivi del terreno può derivare dalle caratteristiche della roccia madre con cui lo stesso è formato, dalla sua profondità ma anche da apporti esterni (concimazioni) di sostanze organiche o minerali. Nei pascoli è possibile che le preferenze alimentari degli animali al pascolo e/o le loro abitudini comportamentali determinino una distribuzione delle deiezioni sulle superfici utilizzate non proporzionale alle asportazioni che sono state effettuate dalle stesse per cui su alcune zone di tali pascoli si possono determinare concentrazioni più o meno consistenti di elementi minerali. Qualsiasi sia la sua origine, una disponibilità più o meno elevata di elementi minerali viene a favorire le specie che più di altre sono in grado di utilizzare tali sostanze e che pertanto prendono il sopravvento sulle seconde venendo a formare i così detti pascoli pingui. Questo fenomeno di massima è di valenza ambientale molto elevata tanto da mascherare anche l'effetto di altre caratteristiche del terreno sulla vegetazione come per esempio quello del pH. Per questo motivo i pascoli pingui sono trattati tradizionalmente in un unico gruppo che si distingue da tutti i restanti che rientrano nella categoria dei pascoli magri. Infine, nei casi in cui la concentrazione di elementi nutritivi sia molto elevata o, addirittura, eccessiva le specie pabulari che vengono favorite sono in numero sempre più limitato oppure sono sostituite da particolari specie concimofile tra cui in particolare quelle nitrofile che di massima presentano notevole velocità di crescita e, a maturità, raggiungono dimensioni elevate (megaforbie). Le vegetazioni che si formano in tali situazioni sono dette vegetazioni erbacee nitrofile.

livello termico ambientale: poiché ogni specie vegetale presenta particolari esigenze termiche (es.: limite minimo, limite ottimo, limite massimo di vegetazione), l'estensione e la localizzazione dell'area in cui è presente una o l'altra specie pabulare dipende, in larga misura, dal livello termico ambientale. Per tale motivo un criterio fondamentale di differenziazione dei pascoli è rappresentato dalle esigenze termiche medie della cenosi pabulare e in base a tale variabile i pascoli sono distinti in: macrotermi se necessitano di temperature più o meno elevate; microtermi se sono adatti a temperature anche molto limitate; mesotermi se necessitano di temperature intermedie a quelle che caratterizzano i due gruppi precedenti. D'altra parte, è noto che il livello termico ambientale varia in conseguenza a diverse caratteristiche ecologiche tra cui si ricordano, perché particolarmente importanti nelle zone montuose, l'altitudine, l'esposizione e l'effetto di

altri fattori climatici come venti, piogge, ecc. Per questo motivo la distribuzione dei vari tipi di pascoli in funzione delle esigenze termiche varia soprattutto con l'altitudine ma non solo in base a tale caratteristica.

reazione del terreno o pH: le piante sono caratterizzate da una diversa attitudine a vivere nei terreni con differente pH come conseguenza dell'influenza che tale caratteristica determina, tra l'altro, sulla fertilità chimica del terreno, sulla composizione della cenosi microbica dello stesso, ecc. Sulla base dunque della variabilità di tale attitudine che, a volte, può rappresentare un'esigenza vera e propria, i pascoli possono essere distinti in: pascoli dei suoli alcalini quando il pH del terreno è > 8.0 ; pascoli dei suoli neutri quando il pH del terreno è compreso tra 6.0 e 8.0; pascoli dei suoli acidi quando il pH del terreno è < 6.0 .

STIMA DELLA BIOMASSA E DELL'ALTEZZA (Gusmeroli, 2004)

L'operazione di misura o stima della fitomassa aerea è abbastanza complessa, specialmente nei pascoli, in ragione della variabilità spaziale, delle discontinuità e delle difficoltà logistiche che si incontrano in questi ambienti. Si ricorre pertanto al campionamento e a opportune metodologie che, analogamente ad altri tipi di vegetazione, possono essere dirette, indirette o miste. I metodi diretti o distruttivi si basano sulla raccolta, pesata ed essiccazione della fitomassa nelle aree campione. I vantaggi sono la precisione, tanto maggiore quanto più le misurazioni sono replicate e accurate, e la possibilità di ripartire il materiale.

La raccolta della biomassa si può eseguire mediante falciatrici, tosaerba o falcetti, in rapporto alle condizioni logistiche e all'altezza della coltura erbosa.

Si può operare su piccole superfici quadrate, rettangolari o circolari, tagliando la fitomassa aerea sempre con tosaerba o con falcetto che può essere pesata per determinare il peso fresco o verde. Questo, che include l'acqua inter e intra-cellulare e l'umidità esterna dovuta al vapore di condensazione e alle precipitazioni, risulta molto variabile, influenzato com'è dallo stato di umidità delle piante e dalle condizioni atmosferiche. È preferibile pertanto misurare il peso secco, ricorrendo all'essiccazione in stufa del materiale.

I metodi indiretti, a differenza dei precedenti, sono metodi non distruttivi, cioè non prevedono l'asportazione del cotico erboso. Non si rivolgono infatti alla fitomassa, ma ad altre grandezze ad essa correlate, più facilmente e speditamente misurabili. È sempre per altro indispensabile la taratura del metodo. I risultati sono meno precisi, ma sono possibili molte ripetizioni. Numerose sono le procedure applicabili alle formazioni erbacee. La più comoda e semplice è la stima a vista, dove l'operatore stima la fitomassa senza il supporto di alcuna attrezzatura. La bontà dei risultati è subordinata alla capacità estimativa del soggetto, che va affinata, oltre che con la taratura, con un adeguato periodo di addestramento. Una seconda modalità estimativa fa riferimento all'altezza dell'erba, sistema più speditivo della stima della biomassa. L'uso di un erbometro (o platemeter), ovvero un sistema con un piatto che scorre lungo un'asta e che, cadendo e fermandosi sull'erba, stima la quantità di biomassa in funzione dell'altezza alla quale si ferma.

Una terza procedura fa riferimento all'impiego di capacimetri introdotti nella canopy in grado di determinare l'area totale delle foglie e dei fusti insistenti sulla superficie intorno allo strumento. Le interferenze della composizione floristica, della struttura della canopy, dello sviluppo fenologico, del tasso di umidità e della quantità di necromassa impongono un'accurata taratura nelle diverse situazioni. I dati forniti da queste apparecchiature, come del resto anche gli erbometri, sono meglio correlati alla fitomassa secca che non alla fresca. Un ultimo metodo, di recente impiego, si basa su misure di riflettanza fornite da spettroradiometri a terra o anche immagini satellitari. La risposta spettrale va naturalmente tarata su dati reali di misurazioni dirette.

REMOTE SENSING PER LA STIMA DELLA PRODUTTIVITA' DI PRATI E PASCOLI

Uno dei metodi di recente introduzione per la stima dei parametri del pascolo è quello del telerilevamento, che si avvale di dati remoti raccolti da piattaforma satellitare, aerea, o di misure a terra. Il termine telerilevamento (remote sensing), infatti, si riferisce all'abilità di ottenere dati riguardanti una determinata superficie rimanendo a distanza da essa. In particolare, il telerilevamento ottico si basa sulla radiazione elettromagnetica riflessa dalla superficie terrestre, che permette non solo di identificare l'oggetto osservato, ma anche di ottenere dati intrinseci non

visibili ad occhio nudo, esaminando lo spettro della radiazione visibile unitamente a quella nell'infrarosso (Quaderno smart alp: Un progetto per valorizzare il sistema alpicolturale, 2022.)

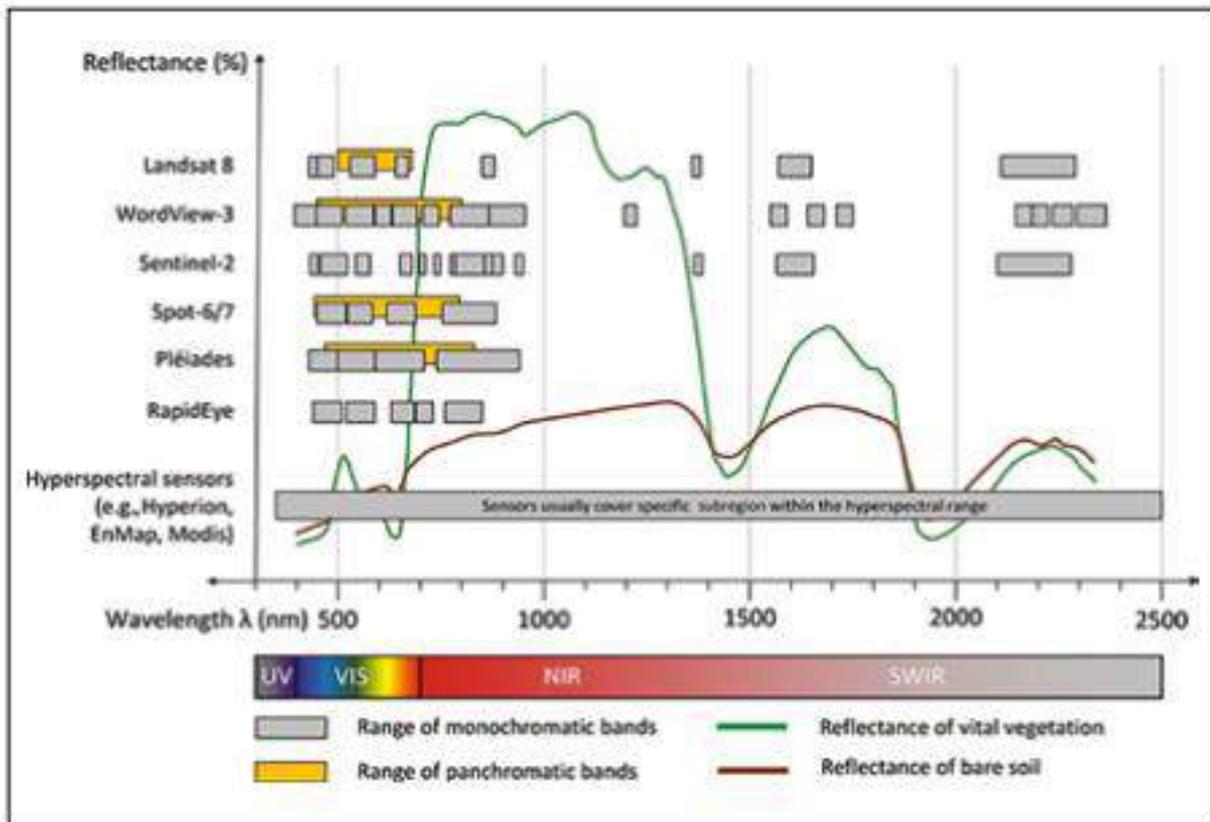


Figura 3. In alto: riflettanza della vegetazione (linea verde) e del suolo nudo (linea marrone) nello spettro dall'ultravioletto (UV) al visibile (VIS), infrarosso vicino (NIR) e infrarosso a onde corte (SWIR). I box in grigio indicano la posizione delle bande disponibili dai vari satelliti di nuova generazione. Sentinel-2 copre in maniera continua, con molte bande strette, il dominio spettrale VIS e NIR in grado di fornire molte informazioni dettagliate sulla risposta spettrale della vegetazione (Watchendorf et al., 2018).

Il principale risultato derivante dall'impiego del telerilevamento è la possibilità di monitoraggio continuo della vegetazione, principalmente in termini di caratterizzazione o previsione della biomassa, crescita/rendimento e stress; con l'obiettivo finale di supportare le decisioni nella gestione dei campi, prati e pascoli. I metodi di monitoraggio più avanzati forniscono dati, a distanza, acquisiti da sensori (ottici o radar) montati su diverse piattaforme: aerei, elicotteri, droni e satelliti. Al momento, il telerilevamento satellitare rimane la migliore alternativa disponibile.

Grazie a immagini multispettrali e iperspettrali sono stati sviluppati alcuni indici di vegetazione: NDVI (normalized difference vegetation index) indice correlato alla biomassa e al vigore vegetazionale; EVI (Enhanced Vegetation Index) indice progettato per migliorare il segnale della vegetazione con una migliore sensibilità nelle regioni ad alta biomassa.

L'applicazione del telerilevamento per il monitoraggio di prati e pascoli presenta diversi vantaggi, tuttavia l'uso di questa tecnologia presenta alcune limitazioni: bassa risoluzione spaziale e interferenze. Per ovviare a ciò dovrebbe essere presa in considerazione la combinazione di immagini ottiche e radar.



Figura 4. Drone usato per il telerilevamento

2. OBIETTIVO

Prati e pascoli sono composti di specie diverse che si selezionano nel tempo a causa del diverso tipo di utilizzazione. Anche il ciclo fenologico e quello di utilizzazione della fitomassa sono diversi nei prati e nei pascoli. Diversi studi riportano l'elevata variabilità spaziale di tali cenosi e la variabilità temporale è legata all'andamento del ciclo biologico della cenosi durante la stagione vegetativa. Quindi sulle due aree di studio (prato e pascolo) sono state eseguite due campagne di rilievo in due stagioni diverse: primavera ad autunno. Sia sul prato che sul pascolo sono stati raccolti dati sulla composizione floristica, sull'altezza della vegetazione, dati relativi ad indici vegetazionali e dati sulla produzione di sostanza secca. L'obiettivo dello studio è quello di analizzare i diversi aspetti che riguardano un prato e un pascolo situati in zona collinare, e verificare se con il telerilevamento si può rilevare la variabilità spaziale e temporale di queste cenosi. Inoltre si vuole valutare in che modo il telerilevamento può essere in grado di migliorare la gestione di esse attraverso la creazione e l'uso di mappe che interpretano i dati rilevati.

3. MATERIALI E METODI

LOCALIZZAZIONE AREA DI STUDIO

La sperimentazione è stata condotta presso Fattoria ai Capitani, situata nelle colline di Ca' Trenta a 5 km da Schio (VI). Sono state individuate due aree di studio: un prato e un pascolo. Il pascolo presenta una superficie di 3,6 ha, con un'altitudine che varia dai 200 ai 250 metri circa. L'appezzamento (utilizzato con la tecnica della turnazione) è dedicato a bovini di età compresa tra i 7 e 12 mesi di razza Piemonte, Angus e meticci nel periodo da aprile a novembre. Gli animali ricevono un'integrazione di mangime concentrato in misura di 2kg/capo/giorno. Il pascolo è suddiviso in 8 settori che vanno dai 3000 ai 5000 m² a seconda della previsione sulla produttività del cotico nelle diverse aree. Le operazioni agronomiche svolte sono: trinciatura ogni due mesi e la strigliatura una volta al mese. Gli animali allevati vengono utilizzati per la produzione di carne di qualità ponendosi come obiettivo principale il rispetto e il benessere dello stesso. Il prato ha un'estensione di 3,1 ettari, è sottoposto a 3/4 tagli l'anno, a seconda dell'andamento climatica dell'anno. Non è irrigato e per quanto riguarda la concimazione è diviso in due sub aree (afferenti a due aziende diverse) una delle quali viene concimata con letame nel periodo invernale, e l'altra invece liquamata, sempre nel periodo invernale.



Figure5 e 6. Bovini allevati presso Fattoria ai Capitani, in stalla e al pascolo.

CLIMA VENETO (tratto da Barbi et al., 2007)

Per quanto riguarda le caratteristiche climatiche generali in Veneto si distinguono fondamentalmente tre zone climatiche:

- La zona di pianura
- La zona prealpina
- La zona alpina

Indicativamente l'area di studio ricade nella zona prealpina. Il mesoclima prealpino caratterizza l'area prealpina della regione e le parti più settentrionali della fascia pedemontana, a ridosso dei rilievi. L'elemento più caratteristico di tale mesoclima è dato dall'abbondanza delle precipitazioni che presentano valori medi intorno ai 1200 – 1500 mm annui, con massimi che possono raggiungere anche i 2000 mm (Figura 8). Sul fronte delle temperature si registrano valori medi annui di poco inferiori a quelli della pianura (12°C circa) ma la continentalità diviene più rilevante così come rilevanti si fanno gli effetti del rilievo sulle temperature (Figura 7), legati all'estrema variabilità assunta da: - altitudine (le temperature in genere diminuiscono al crescere della quota) - giacitura (l'aria più fredda e quindi più pesante tende a raccogliersi a fondovalle) - esposizione (i pendii esposti a mezzogiorno sono più caldi di quelli esposti a settentrione; i pendii esposti a ovest sono termicamente più favoriti di quelli esposti a Est). In presenza dei rilievi, durante il periodo estivo si attivano svariati fenomeni favorevoli alla convezione, il che si traduce in una maggiore nuvolosità rispetto alla pianura e a precipitazioni in forma di rovesci locali, specie nelle ore pomeridiane. L'inverno si caratterizza per la maggiore serenità del cielo e per la relativa scarsità di precipitazioni.

Temperatura MEDIA stagionale nel 2022

Differenza assoluta con la media del periodo 1993-2021

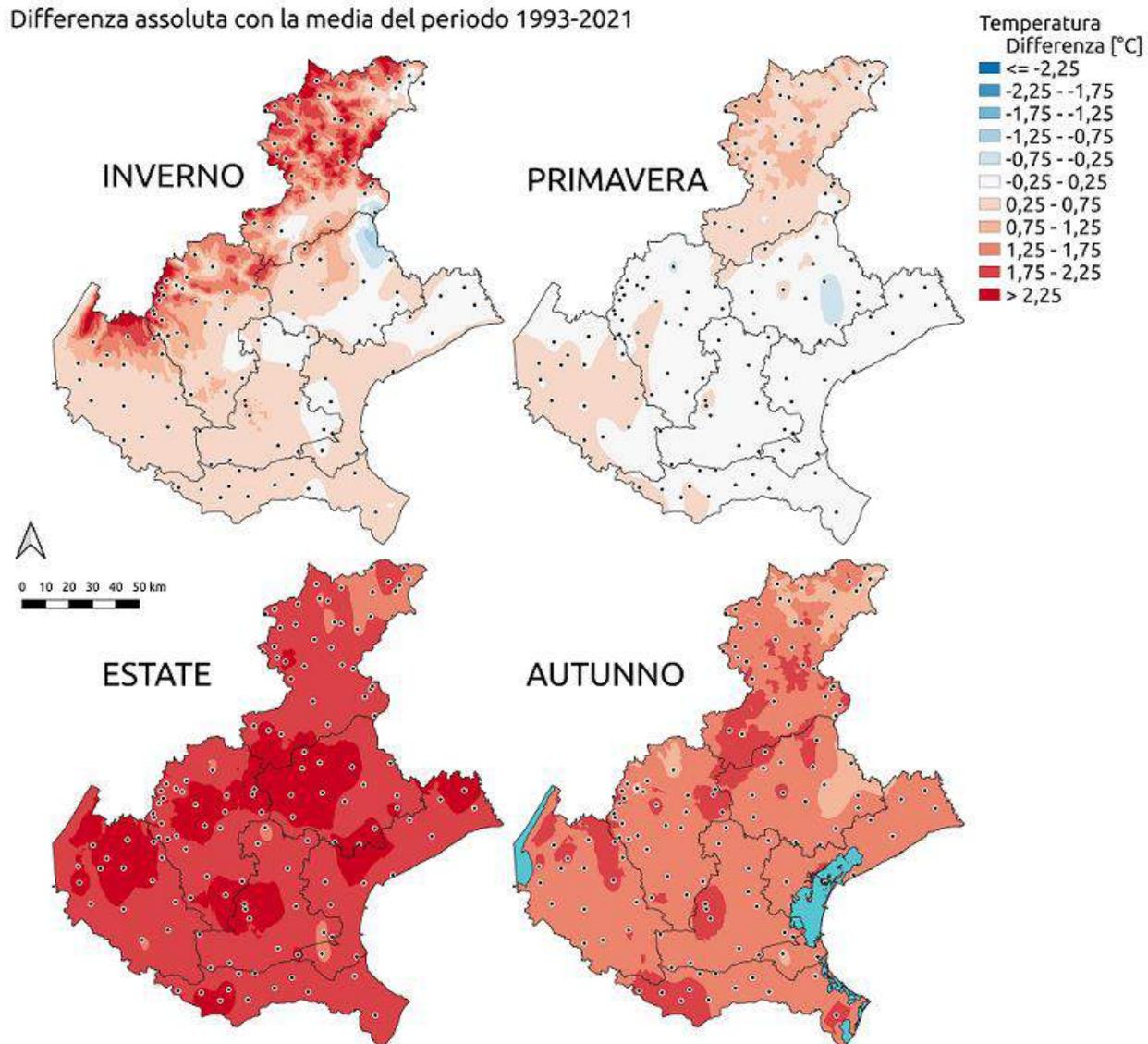


Figura 7. Temperature medie stagionali registrate nel 2022 (www.arpa.veneto.it)

Precipitazione cumulata ANNO 2022

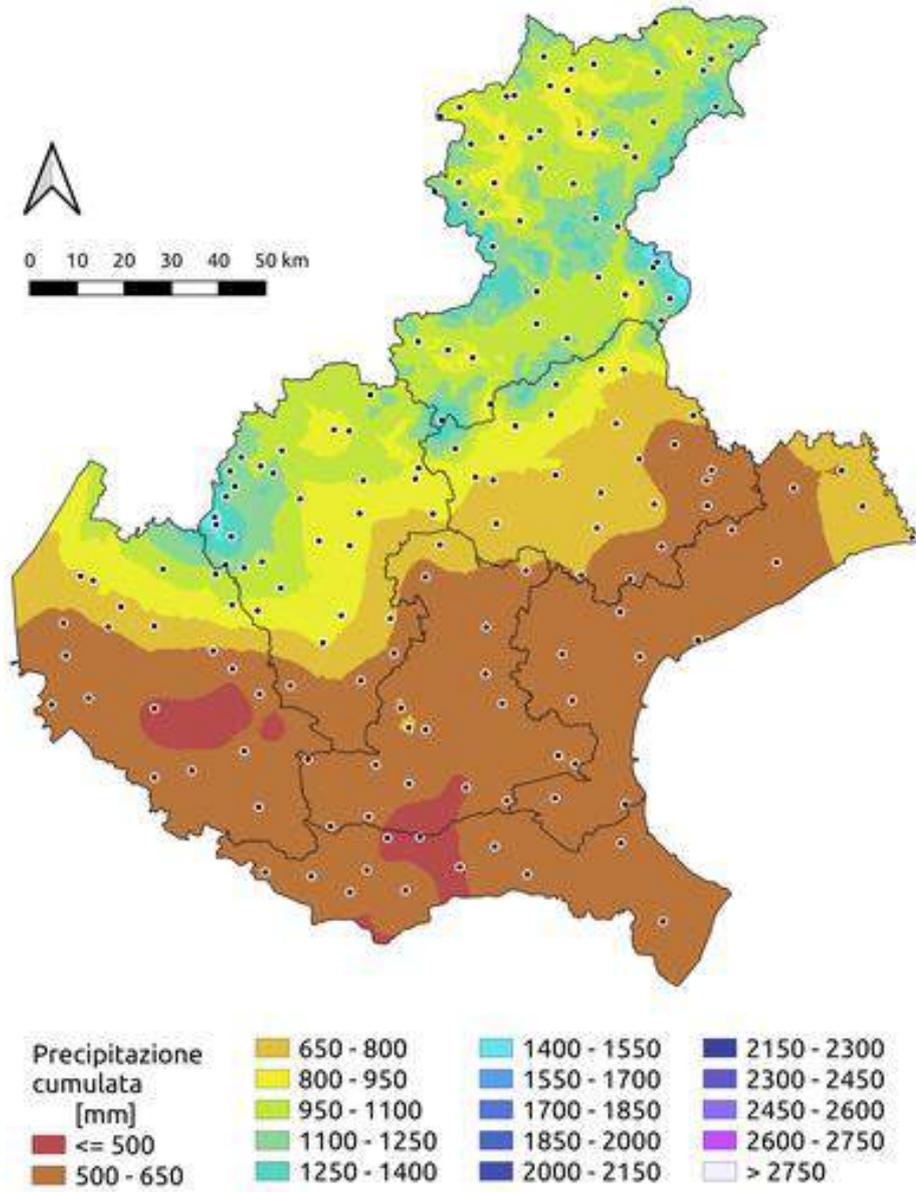


Figura 8. Precipitazioni cumulata registrata nel 2022. (www.arpa.veneto.it)

CONSIDERAZIONI CLIMATICHE SPECIFICHE DELL'AREA DI STUDIO (ARPAV - stazione di Malo, VI).

Nell'anno 2023 (da gennaio a settembre) sono stati registrati 760 mm di pioggia, distribuiti come indicato in Figura 9. L'andamento delle temperature medie dei primi nove mesi dell'anno 2023 è riportato in Figura 10.

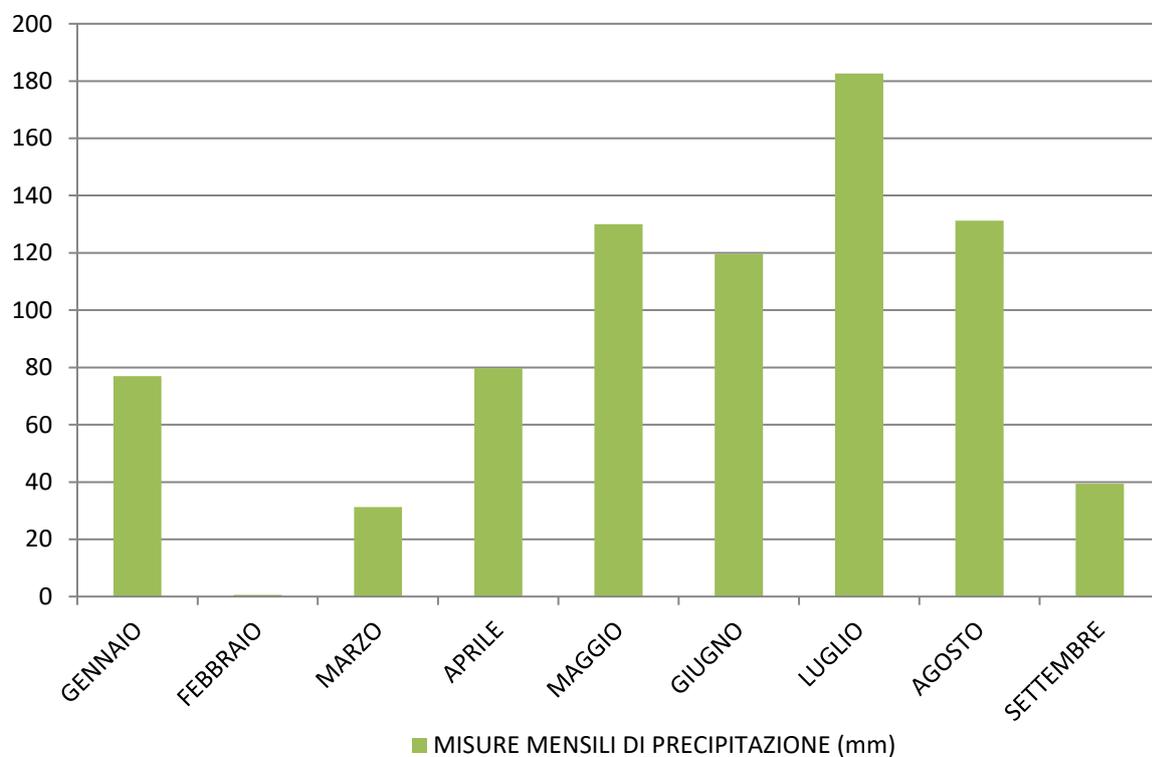


Figura 9. Precipitazioni mensili 2023 (gennaio- settembre), ARPAV - Stazione meteorologica di Malo.

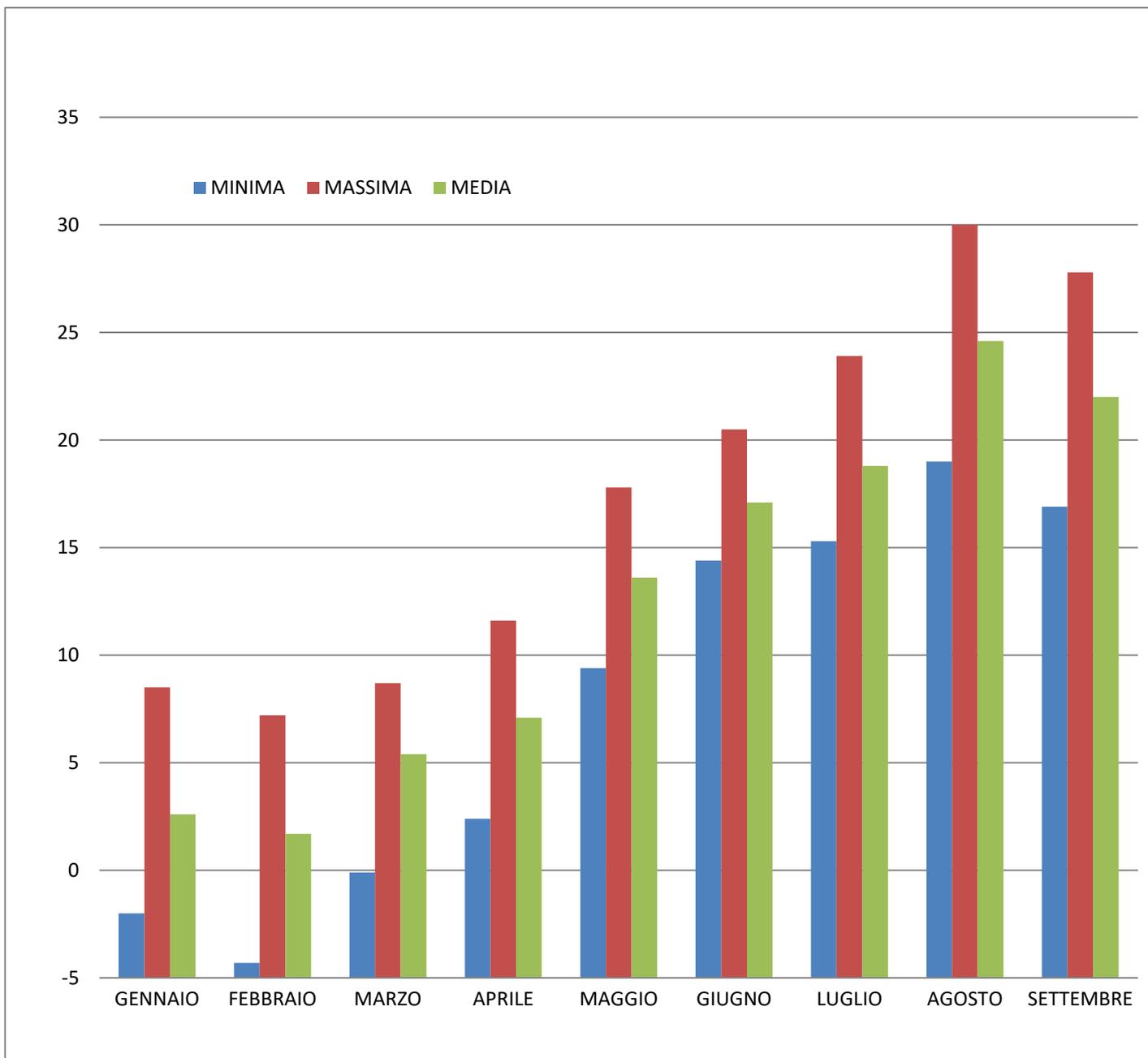


Figura 10. Temperature medie 2023(gennaio-settembre), ARPAV - Stazione meteorologica di Malo.

RILIEVI DI CAMPO

Ai fini della sperimentazione, sono state localizzate due aree di studio: un prato e un pascolo. Su ognuna delle due aree sono state effettuate due campagne di rilievi: una primaverile (aprile/maggio 2023) e una autunnale (settembre/ottobre 2023). Le due aree di studio e le due stagioni saranno trattate separatamente in modo da avere in totale 4 dataset.

Attraverso l'uso di QGis, sono state fatte delle operazioni di base come la delimitazione del pascolo e del prato e l'individuazione all'interno delle aree di studio di una griglia di punti, equidistanti 20 metri tra loro (Figura 11), in corrispondenza dei quali sono state fatte delle aree di saggio di 1m². Nel pascolo sono state individuate 78 aree di saggio e nel prato 75.

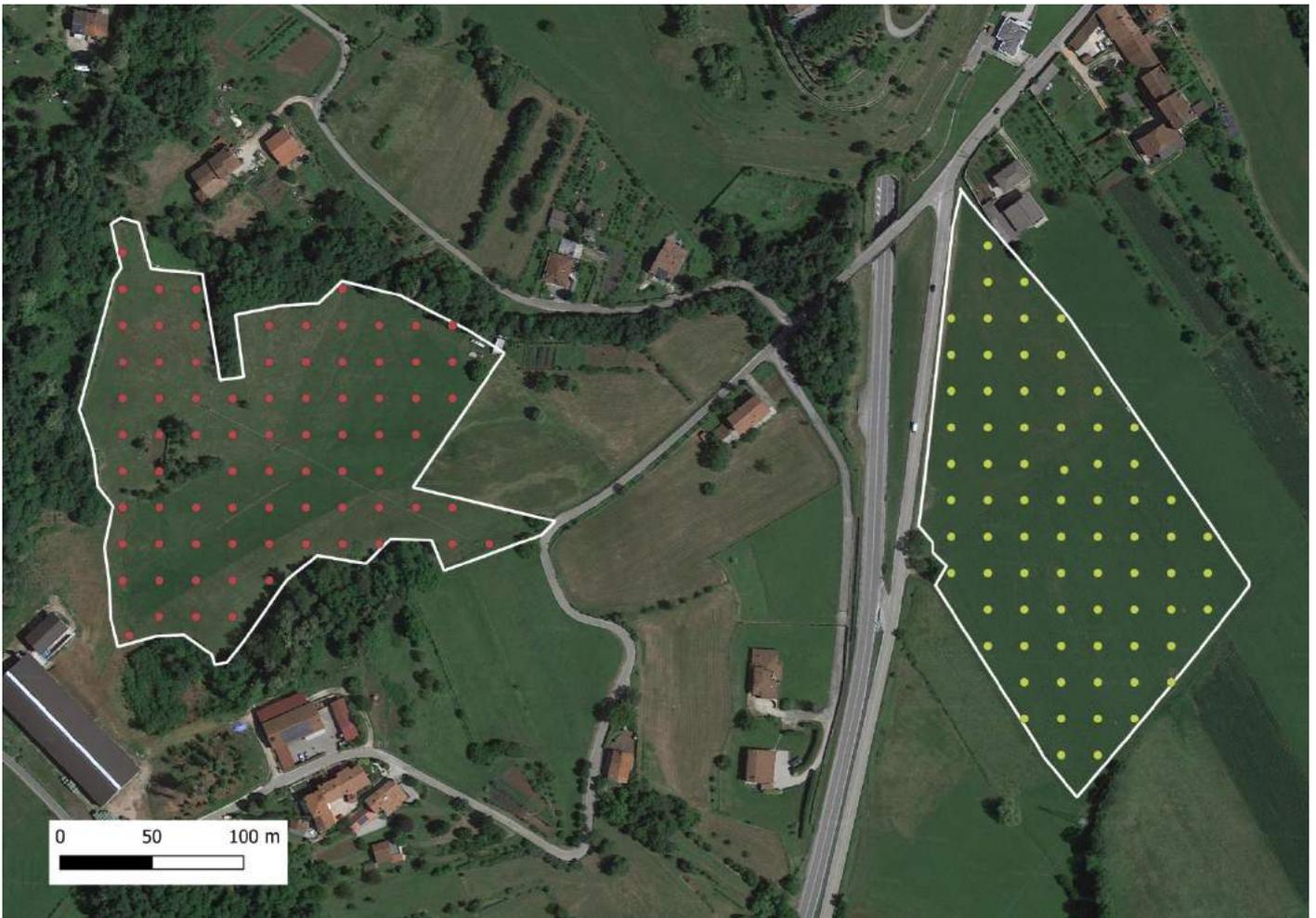


Figura 11. Aree di studio individuate a Schio (VI): i punti gialli rappresentano le aree di saggio del prato, mentre i punti rossi rappresentano le aree di saggio del pascolo.

TELERILEVAMENTO CON DRONE (effettuato da studio Archetipo)

L'uso del drone in agricoltura di precisione è un punto di forza per la realizzazione di sistemi colturali a basso impatto ambientale, caratterizzati da una gestione ottimizzata dei processi, dalla tracciabilità dei prodotti e dalla distribuzione di tutti i fattori di produzione.

Le attività relative al telerilevamento con drone si articolano nelle fasi descritte di seguito:

- rilievo topografico: ai fini della correzione metrica delle immagini aeree vengono posizionati a terra una serie di punti di controllo, GCP (Ground Control Point), opportunamente ubicati e successivamente georeferenziati con strumentazione topografica GPS in modalità RTK.
- rilievo aerofotogrammetrico RGB (bande del visibile): pianificazione di voli in modalità automatica a copertura di tutte le aree da rilevare e successiva acquisizione di fotogrammi RGB con drone DJI Matrice 210 equipaggiato con fotocamera X5S dotata di sensore full frameda 20 Mpx.
- rilievo multispettrale da drone: calibrazione radiometrica del sensore multi spettrale; pianificazione di voli in modalità automatica a copertura di tutte le aree da rilevare; acquisizione di immagini multi spettrali tramite drone DJI Matrice 600 e camera multi spettrale Micasense Red-Edge MX che registra nelle bande del rosso, verde, blu, NIR e RedEdge.

In questo elaborato di tesi vengono riportati i dati relativi l'indice NDVI, calcolato tramite rapporto tra la differenza e la somma delle radiazioni riflesse nel vicino infrarosso e nel rosso. Il processo di calcolo è suddiviso in quattro step:

- processing di immagini multi- o iper-spettrali acquisite da sensori posti a bordo del mezzo aereo
- rilevazione dell'energia riflessa dalle superfici in specifiche regioni dello spettro elettromagnetico (bande di acquisizione nelle regioni del visibile e dell'infrarosso; 400-2500 nanometri).
- mappatura distribuzione all'interno degli appezzamenti
- generazione delle cosiddette "mappe di vigore".

Gli indici di vegetazione sono una combinazione della percentuale di radiazione riflessa in diverse bande specifiche. L'indice di vegetazione più utilizzato è senza dubbio l'NDVI (NormalizedDifferenceVegetation Index): esso descrive il livello di vigoria della coltura e si calcola come il rapporto tra la differenza e la somma delle radiazioni riflesse nel vicino infrarosso e nel rosso. L'interpretazione del valore assoluto dell'NDVI è altamente informativa, poiché permette di riconoscere immediatamente le zone dell'azienda o del campo che presentano problemi di sviluppo. L'NDVI è un indice semplice da interpretare. I valori possono variare tra -1 e 1, ma quelli compresi tra -1 e 0 sono tipici di aree non coltivate. Nei campi coltivati i valori variano tra 0 e 1 e a ciascun valore corrisponde una diversa situazione agronomica, indipendentemente dalla coltura.



Figure 12 e 13. Telerilevamento con drone presso aree di studio.

RILIEVI FLORISTICI

Sulle aree di saggio individuate con l'aiuto della griglia creata con il software QGis, sono stati effettuati i rilievi floristici con il metodo fitosociologico secondo Braun-Blanquet. Il metodo descrittivo consiste nell'annotare tutte le specie presenti nell'area di saggio considerata e stimarne l'abbondanza. I dati dei rilievi di ogni area sono stati poi riportati su un foglio Excel per costruire una matrice di specie da utilizzare per le successive analisi. Le 4 matrici di specie, due per il prato (due periodi di raccolta dati sulle 75 aree di saggio) e due per il pascolo (due periodi di raccolta dati sulle 78 aree di saggio) sono riportate in Allegato 1.

ALTEZZA DELL'ERBA RILEVATA E DENSITA' DELLA VEGETAZIONE

L'altezza dell'erba è stata misurata in due modi. Il primo metodo prevedeva l'utilizzo di un platometer (Grasshopper), ovvero un sistema di misurazione del manto erboso che funziona tramite un sensore a ultrasuoni che misura in modo accurato e preciso l'altezza dell'erba al di sotto di un piatto che scorre su una barra a cui è fissato. Il secondo metodo invece prevedeva di misurare l'altezza media delle piante più alte utilizzando un'asta di legno graduata. Le due misure sono state poi rapportate dividendo l'altezza misurata con il platometer per l'altezza misurata con asta graduata in modo da calcolare la densità della vegetazione.



Figure 14 e 15. Rilevazione delle altezze presso le aree di studio: misurazione con platometer sulla sinistra e con asta graduata sulla destra

MISURAZIONE NDVI con strumento portatile (Holland Scientific)

L'indice NDVI è stato misurato tramite RapidSCAN CS-45 (Holland Scientific). Si tratta di uno strumento che incorpora un sensore attivo per la chioma delle colture completamente autonomo che integra un registratore di dati, un display grafico, un GPS, un sensore delle colture e una fonte di alimentazione in un unico, piccolo strumento compatto. Il sensore non è influenzato dall'illuminazione ambientale, consentendogli di effettuare misurazioni accurate della biomassa sia di giorno che di notte grazie alla sua sorgente di luce policromatica interna. Il sensore è in grado di raccogliere dati dalla vegetazione a distanze che vanno da 0,3 metri a oltre 3 metri. Le informazioni prodotte dal sensore includono indici di vegetazione NDVI/NDRE, latitudine/longitudine e statistiche sui campioni, nonché informazioni di riflettanza di base.



Figura 16. Rilevazione indice NDVI con RapidSCAN CS-45 (Holland Scientific).

RACCOLTA DEL FORAGGIO

In ogni area di saggio è stata raccolta la fitomassa aerea presente per poter ricavarne la sostanza secca. Ogni campione è riferito alla superficie di 1m² ed è stato prelevato utilizzando un quadrato di legno per facilitare e velocizzare le operazioni di raccolta. Il foraggio è stato tagliato ad un'altezza dal suolo di 2 cm circa utilizzando un decespugliatore. Il foraggio raccolto ed etichettato è stato pesato e poi consegnato nelle ore successive per essere messo in stufa.



Figure 17, 18 e 19. Raccolta del campione di foraggio su un'area di saggio.

ANALISI DEI DATI

La matrice di specie ottenuta dall'elaborazione dei dati è stata analizzata attraverso la Cluster Analysis, metodo di raggruppamento per similitudine degli elementi oggetto di studio. Questa analisi va a costruire dei gruppi omogenei chiamati cluster. Il risultato è un grafico chiamato dendogramma (con forma ad albero) che ci permette una facile interpretazione dei dati raccolti. Gli elementi analizzati sono i rilievi effettuati, che nel dendogramma, sono rappresentati dai rami. Questi vengono raggruppati in base alla somiglianza della composizione floristica. Quindi con questo grafico è semplice capire quali sono i rilievi più simili tra loro. I dati di tutti i parametri misurati (produzione di sostanza secca, altezza dell'erba misurata con platemeter, altezza dell'erba

misurata con asta graduata, densità di vegetazione, NDVI misurato con strumento portatile, NDVI misurato con sensore montato su drone) sono stati poi analizzati per valutare la correlazione tra tutti i parametri. Le correlazioni sono state studiate tenendo divisi i 4 dataset.

INTERPOLAZIONE DEI DATI

I dati raccolti sono stati analizzati usando il software QGIS per produrre delle mappe relative alla produzione di sostanza secca e agli indici NDVI grazie all'interpolazione dei dati. L'interpolazione è una tecnica comunemente usata in ambito GIS per creare superfici continue a partire da dati discreti di tipo puntuale. Molti fenomeni del mondo reale sono continui: i livelli, i territori, le temperature etc. Se intendiamo definire queste superfici per trarne delle analisi, non possiamo prendere le misure lungo la loro intera superficie. Per questo motivo le misure sul campo vengono rilevate su vari punti lungo la superficie e quindi ne vengono inferiti i valori intermedi mediante un processo chiamato "interpolazione". In QGIS l'interpolazione è stata effettuata usando un plugin chiamato SMART-MAP. Questo plugin consente all'utente di importare dati da un livello QGIS. Genera il semivariogramma sperimentale e i semivariogrammi teorici come: Lineare, Sferico, Esponenziale e Gaussiano. Genera l'interpolazione utilizzando il metodo OrdinaryKriging e Machine Learning.

4. RISULTATI

PASCOLO, rilievo primaverile

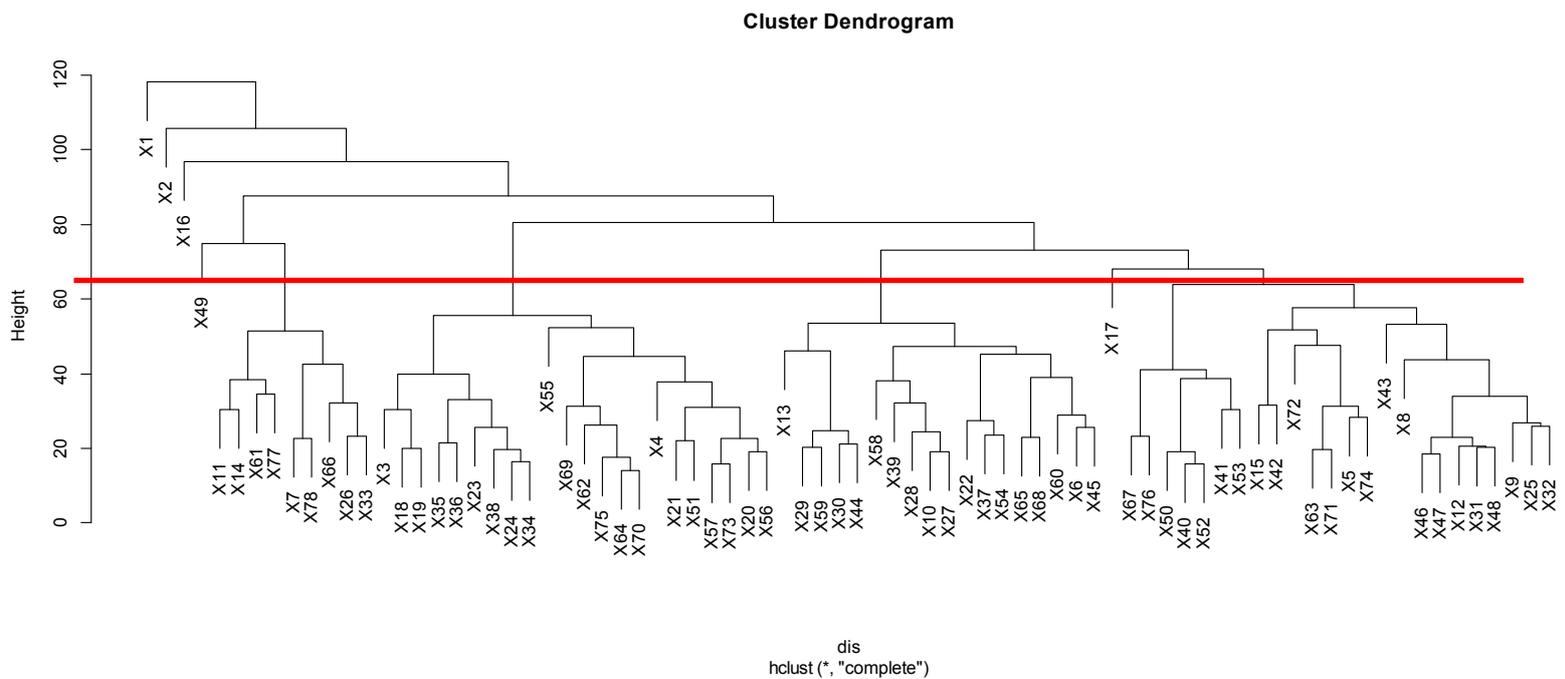


Figura 20. Dendrogramma risultato dalla cluster analysis effettuata utilizzando i rilievi floristici dell'area a pascolo raccolti nel mese di maggio.

Il risultato della Cluster analysis è rappresentato dal dendrogramma riportato in Figura 20. Il grafico raggruppa i diversi rilievi in base alla similitudine della composizione floristica rilevata considerando l'abbondanza di ogni specie. Il dendrogramma è stato poi tagliato a livello della linea rossa per poter individuare 9 diversi gruppi:

Gruppo 1: rilievo 1

Gruppo 2: rilievo2

Gruppo 3: rilievo 16

Gruppo 4: rilievo 49

Gruppo 5: rilievi 7,11, 14, 26, 33, 61, 77, 78

Gruppo 6: rilievi 3, 4, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 35, 36, 38, 34, 51, 55, 56, 57, 62, 64, 69, 70, 73, 75.

Gruppo 7: rilievi 60, 6, 10, 13, 22, 27, 28, 29, 30, 37, 39, 44, 45, 54, 58, 59, 65, 68,

Gruppo 8: rilievo 17

Gruppo 9: rilievi 5, 8, 9, 12, 15, 25, 32, 31, 40, 41, 42, 43, 46, 47, 48, 50, 52, 53, 63, 67, 71, 72, 74, 76

Di seguito (Figura 21) è riportata in mappa la distribuzione dei gruppi risultati della cluster analysis.

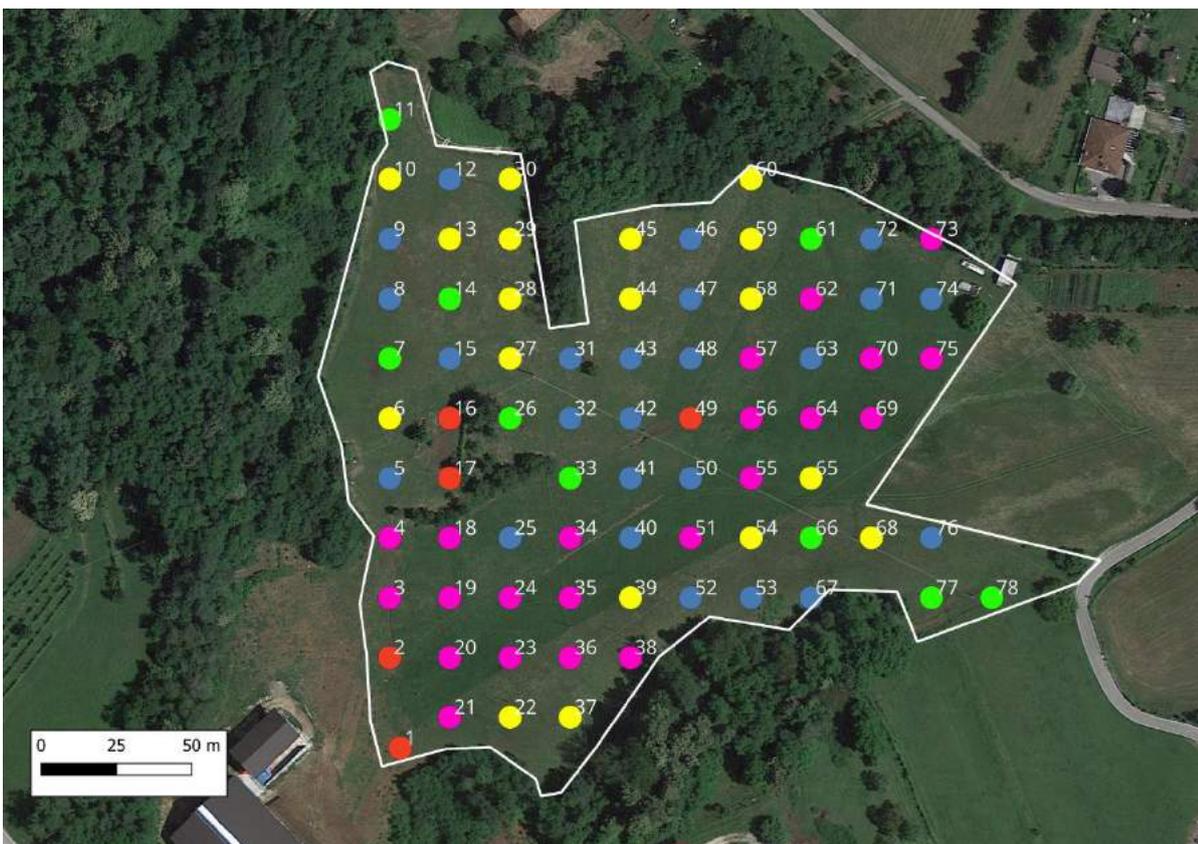


Figura 21. Distribuzione dei gruppi risultati dalla cluster analysis.

● Gruppi 1,2,3,4,8

● Gruppo 6

● Gruppo 9

● Gruppo 7

● Gruppo 5

GRUPPO 1

Questo gruppo è composto da un solo rilievo (rilievo 1) con un'elevata abbondanza di *Ranunculusrepens* (90%). Sono più bassi invece i valori di *Potentilla reptans* (5%).

GRUPPO 2

Anche questo gruppo è composto da un solo rilievo (rilievo 2). È caratterizzato da un'elevata presenza di *Potentilla reptans* (80%). È più basso invece il valore di *Carex hirta* (2%) mentre in una parte del rilievo(15%) è presente terreno nudo.

GRUPPO 3

Il rilievo 16, unico nel gruppo 3, presenta un'alta percentuale di *Trifolium pratense* (70%) e una percentuale moderata di *Geranium spp.* (20%). Più basso invece è il valore della specie *Potentilla reptans* (5%).

GRUPPO 4

Il gruppo 4 è formato dal rilievo 49 e presenta un elevato valore percentuale di *Glyceria fluitans* (60%), con un valore pari al 20% di *Poa trivialis*. Valori più bassi si trovano per la specie *Taraxacum officinale*(5%), *Trifolium repens* e *Plantago lanceolata* (entrambe 2%).

GRUPPO 5

La specie predominante nei rilievi che appartengono a questo gruppo è *Poa trivialis*. Ha una frequenza che varia da 30% nel rilievo 26 a 55% nel rilievo 11.

GRUPPO 6

Per questo gruppo sono due le specie con maggior frequenza. La prima è *Lolium perenne*, con valori compresi tra 15% e 60%; la seconda è *Poa trivialis* con un minimo di 5% e un massimo di 40%. Altre specie presenti sono *Taraxacum officinale*, che presenta differenze notevoli tra i rilievi, con valori compresi tra 1% e 20%) e *Cynosurus cristatus* con un valore massimo pari a 20%. Minore è la frequenza di *Plantago lanceolata*, *Carex hirta* e *Potentilla reptans* con frequenze che oscillano tra 1% e 10%.

GRUPPO 7

Nel gruppo 7, a differenza degli altri, la specie che si presenta con un'elevata frequenza (con un minimo di 20% e un massimo di 55%) è *Festuca rubra*. A seguire *Poa trivialis* con un massimo di 36% nel rilievo 58, *Cynosurus cristatus* con un minimo di 1% e un massimo di 30%, *Holcus lanatus* e *Antoxantum odoratum* con un massimo di 25.

GRUPPO 8

Anche il gruppo 8 è formato da un rilievo solo, il numero 17. Presenta valori elevati per il genere *Geranium*, la specie *Potentilla reptans* (entrambe 20%) e per la specie *Vicia sativa* (35%). Valori più bassi sono stati assegnati a *Stellaria media* e *Potentilla reptans* (rispettivamente 3% e 5%).

GRUPPO 9

I rilievi appartenenti al gruppo 9 presentano un elevato valore percentuale di *Cynosurus cristatus* e *Festuca rubra* (con valori che oscillano tra 30% e 40% per la prima e 15% e 30% per la seconda). Seguono poi *Antoxantum odoratum* e *Daucus carota* con valori massimi di 25% per la prima e 20% per quanto riguarda la seconda.

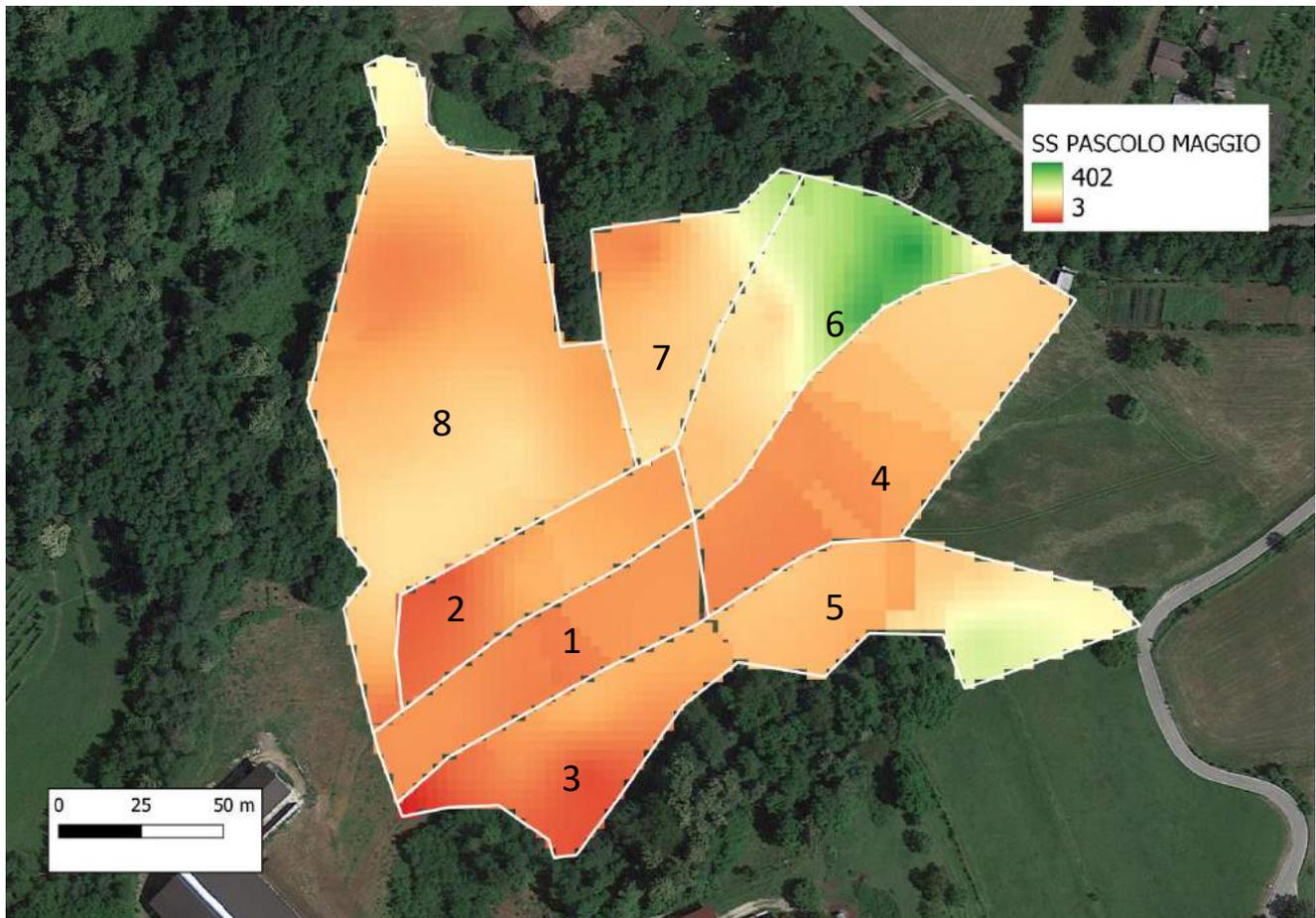


Figura 22. Mappa rappresentante l'interpolazione delle misure di sostanza secca (g/m^2) raccolta nelle diverse sezioni dell'area a pascolo nel mese di maggio.

In Figura 22 viene riportata l'interpolazione della produzione di sostanza secca suddivisa nelle 8 sezioni del pascolo, stimata utilizzando i dati del mese di maggio. È stata effettuata un'interpolazione dei dati suddivisi per sezione perché alcune sezioni erano già state utilizzate, introducendo così un fattore di correlazione spaziale tra i dati posti all'interno dello stesso recinto. Nella figura sono riportate in rosso le zone a basso produzione di sostanza secca (livelli che vanno da $6 \text{ g}/\text{m}^2$ nella sezione 1 a $129 \text{ g}/\text{m}^2$ nella sezione 3), e in verde le zone ad alta produzione di sostanza secca (da $91 \text{ g}/\text{m}^2$ nella sezione 7 a $392 \text{ g}/\text{m}^2$ nella sezione 3).

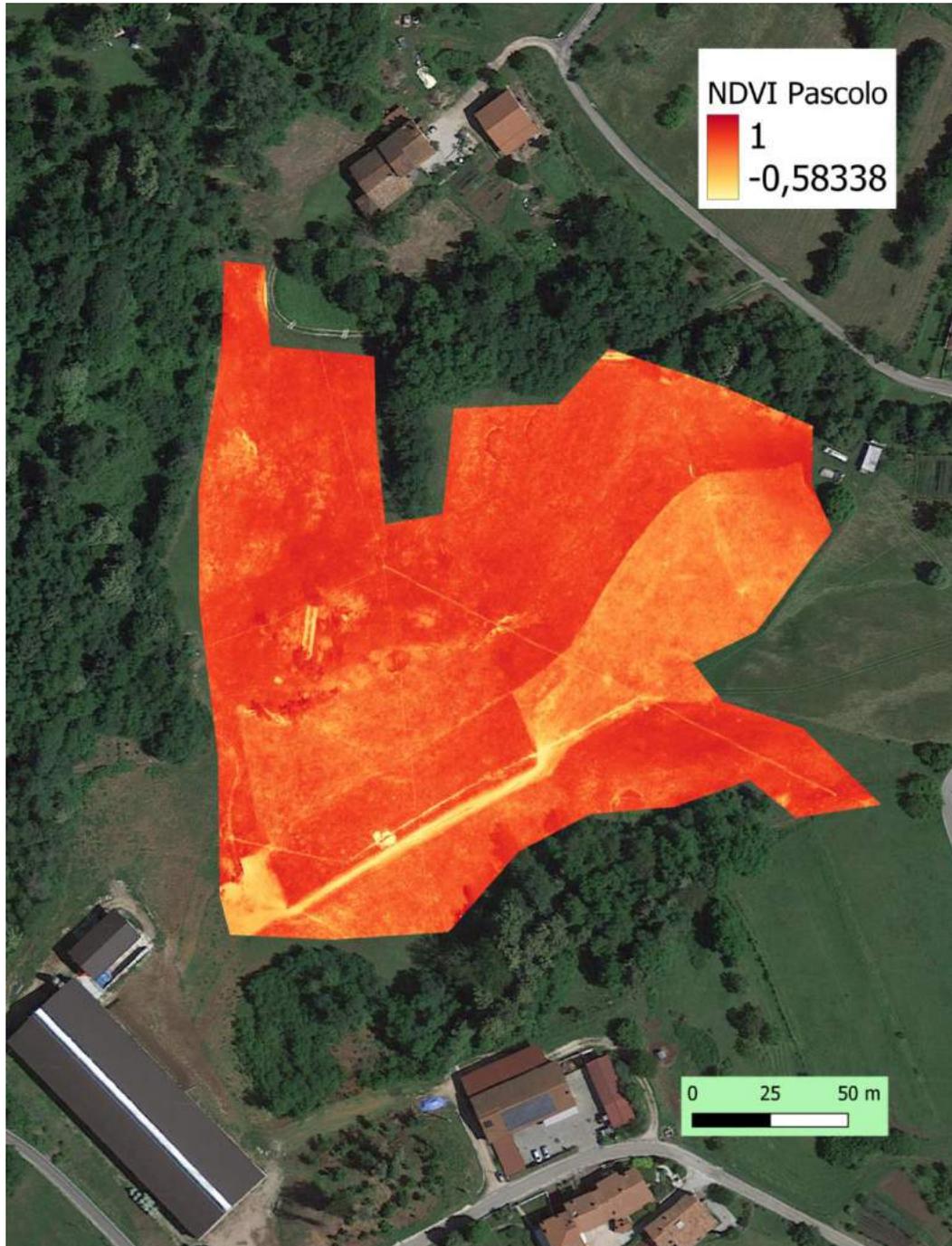


Figura 23. Mappa della distribuzione dell'indice NDVI calcolato utilizzando i dati multispettrali raccolti da drone.

La Figura 23 riporta il valore dell'indice di NDVI rilevato con l'utilizzo del drone sull'area a pascolo nel mese di maggio. L'NDVI ha valori negativi (-0.5833 nelle zone colorate in giallo) nelle zone utilizzate come corridoio per lo spostamento degli animali che non presentano copertura vegetale, mentre arriva a valori pari a 1 nelle zone colorate in rosso scuro.

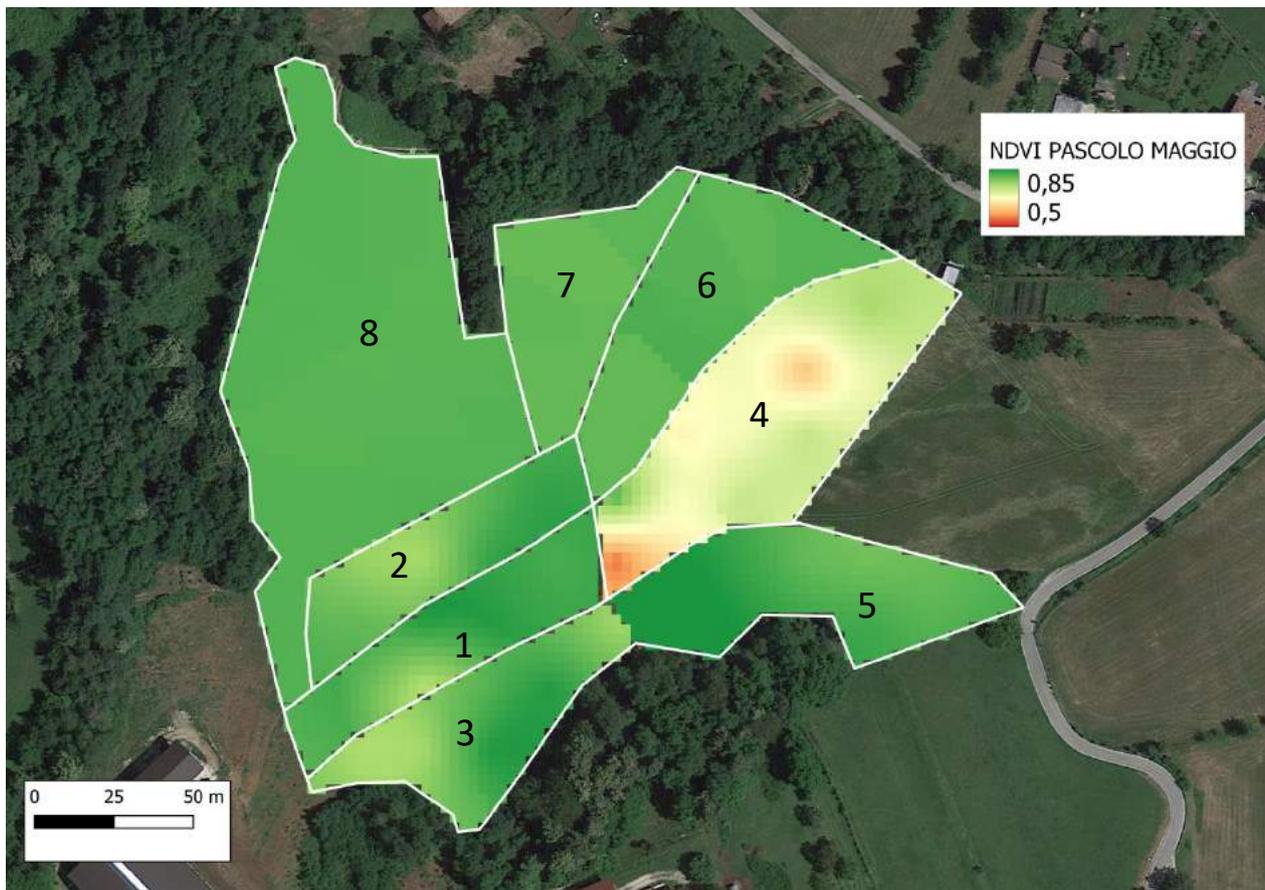


Figura 24. Mappa rappresentante l'interpolazione delle misure di NDVI raccolta nelle diverse sezioni dell'area a pascolo nel mese di maggio.

La figura 24 rappresenta l'interpolazione dei dati di NDVI rilevati a terra utilizzando lo strumento manuale CS-45 RapidScan. Le zone con basso indice NDVI sono rappresentate in rosso, mentre quelle con alto indice NDVI in verde.

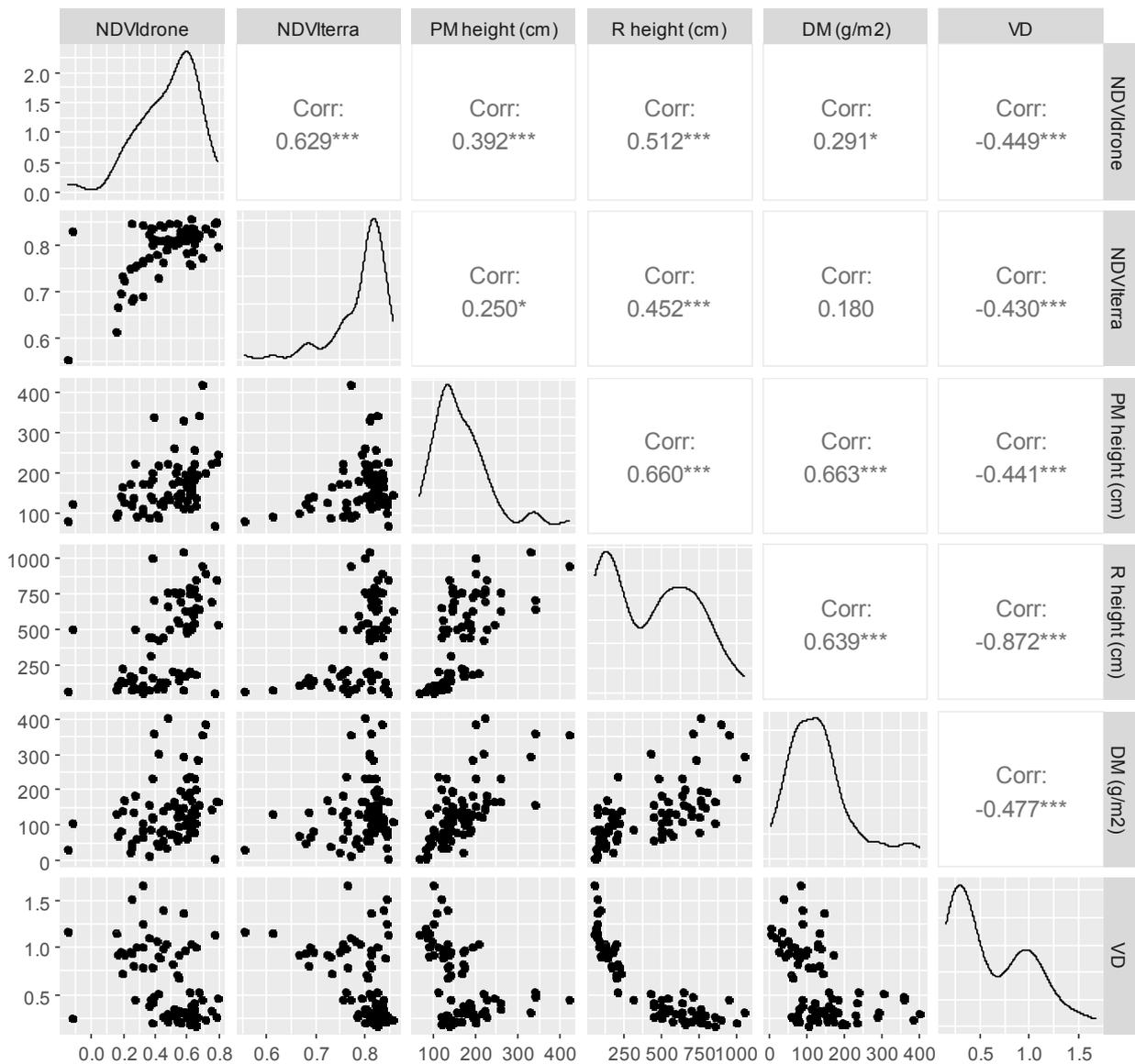


Figura 25. Analisi delle correlazioni tra i parametri misurati (NDVIdrone = NDVI calcolato con i dati raccolti da drone; NDVIterra = NDVI misurato con strumento a terra; PM height (mm) = altezza dell'erba misurata con platemeter; Rheight (mm) = altezza dell'erba misurata con asta graduata; DM (g/m²) = sostanza secca raccolta su area di saggio di 1 m²; VD = densità di vegetazione calcolata come altezza dell'erba misurata con platemeter/altezza dell'erba misurata con asta graduata). Nei quadrati bianche sono riportati la significatività e il coefficiente di correlazione. Nei grafici sulla diagonale è riportata la distribuzione dei dati. Nei grafici al di sotto della diagonale sono messi in relazione i due parametri indicati dalla riga e dalla colonna di riferimento.

I valori di NDVI da drone sono correlati (0.629) ai valori di NDVI raccolti a terra (Figura 25). Lo stesso NDVI da drone risulta positivamente correlato con l'altezza dell'erba misurata con il platemeter (0.392) e misurata con l'asta graduata (0.512), quindi più alta è l'erba maggiore risulterà il valore di NDVI. I valori di NDVI da drone risultano positivamente correlati anche con la produzione di sostanza secca, mentre è stata trovata una correlazione negativa (-0.449) con la densità di vegetazione, che suggerisce che all'aumentare della densità i valori di NDVI misurati da drone diminuiscono.

Per quanto riguarda l'NDVI rilevato a terra, sono state trovate correlazioni positive con le altezze misurate con platemeter e con asta graduata (rispettivamente 0,250 e 0,452). E anche per questo parametro è stata osservata una correlazione negativa con la densità di vegetazione (-0.430).

Le altezze rilevate tramite platemeter è fortemente correlata (0.660) con l'altezza misurata con asta graduata ed entrambe sono correlate positivamente alla sostanza secca. L'altezza misurata con platemeter risulta negativamente correlata con la densità di vegetazione, così come anche l'altezza misurata con asta graduata (-0.441), questo perché dove l'erba è più alta le infiorescenze delle poacee tendono ad alzarsi molto oltre la soglia che viene misurata con il platemeter e quindi la densità della vegetazione tende a diminuire. La densità è negativamente correlata con la densità di vegetazione e quindi, dove i valori di altezza della vegetazione misurata con il platemeter e quelli misurati con asta graduata si discostano molto, abbiamo una produzione inferiore di sostanza secca.

PRATO, rilievo primaverile

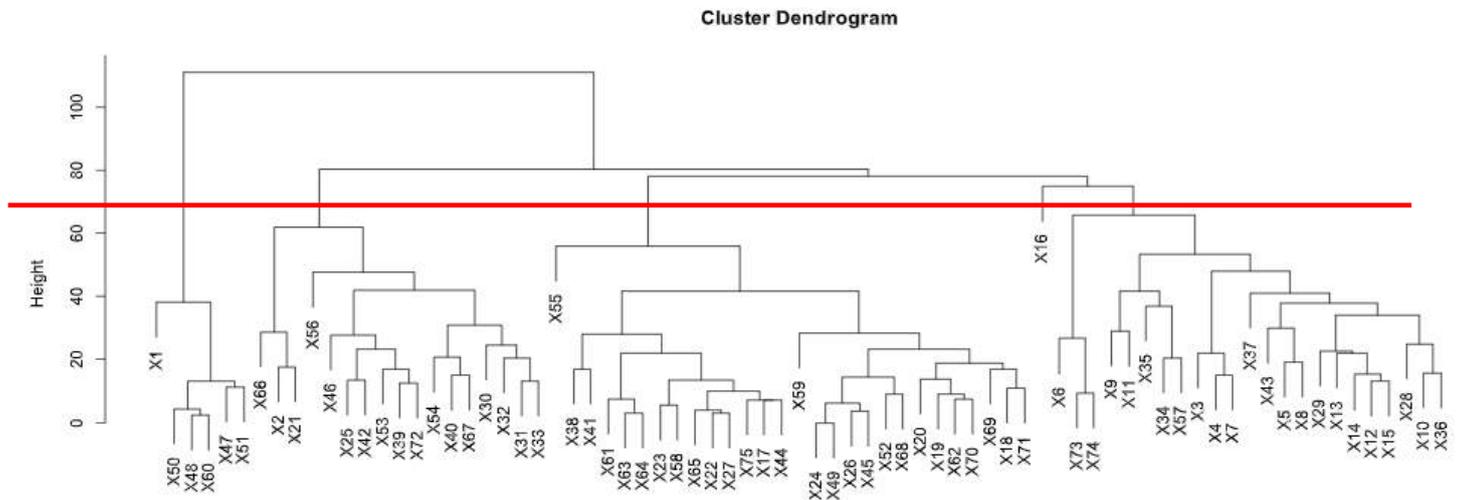


Figura 26. Dendrogramma risultato dalla cluster analysis effettuata utilizzando i rilievi floristici dell'area a Prato raccolti nel mese di maggio.

Il grafico riportato in Figura 26 raggruppa i diversi rilievi in base alla similitudine della composizione floristica rilevata ed è stato tagliato a livello della linea rossa per poter individuare 5 diversi gruppi:

Gruppo 1: rilievi 1, 47, 48, 50, 51, 60

Gruppo 2: rilievi 2, 21, 25, 30, 31, 32, 33, 39, 40, 42, 46, 53, 54, 56, 66, 67, 72

Gruppo 3: rilievi 55, 38, 41, 61, 63, 64, 23, 58, 65, 22, 27, 75, 17, 44, 59, 24, 49, 26, 45, 52, 68, 20, 19, 62, 70, 69, 18, 71.

Gruppo 4: rilievo 16

Gruppo 5: rilievi 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 28, 29, 34, 35, 36, 37, 43, 57, 73, 74.

Di seguito (Figura 27) è riportata in mappa la distribuzione dei gruppi risultati della cluster analysis.



Figura 27. Distribuzione dei gruppi risultati dalla cluster analysis.

- Gruppo 1
- Gruppo 2
- Gruppo 3
- Gruppo 4
- Gruppo 5

GRUPPO 1

Nel gruppo 1 è stato riscontrato un alto valore percentuale di *Lolium multiflorum* (con un minimo di 60% e un massimo di 70%). La percentuale di *Arrhenaterum elatius* e *Poa pratensis* sono inferiori rispetto alla specie precedente con valori massimi di 25% e 20% rispettivamente. Valore molto più basso è stato registrato per *Trifolium repens* (1%).

GRUPPO 2

I valori di abbondanza di *Arrhenaterum elatius* sono alti nei rilievi di questo gruppo, e oscillano tra 15% e 50% (rilievo 53 e 54). Sono elevanti anche i valori *Carex stellata*, *Dactylis glomerata*, *Lolium multiflorum* *Poa Pratensis* (rispettivamente 10%, 15% e 20% per le ultime due). Valori inferiori sono stati assegnati a *Trifolium repens* con un minimo di 3% e un massimo di 5%.

GRUPPO 3

Nei rilievi inclusi in questo gruppo è stata registrata un'elevata presenza di *Lolium multiflorum* con un minimo di 35% e un massimo di 50%, percentuale tuttavia inferiore a quella registrata nei rilievi del Gruppo 1. Elevata anche la percentuale della specie *Arrhenaterum elatius* che, come nel gruppo 2, oscilla tra il 10% e il 15%. Leggermente inferiore la frequenza di *Poa pratensis* presente con un minimo di 15% e un massimo di 30%.

GRUPPO 4

Il Gruppo 4 composto da un solo rilievo, il numero 16. Le specie predominanti sono: *Plantago lanceolata* (25%), *Poa pratensis* (40%), e *Trifolium repens* (25%). È presente con minor frequenza la specie *Carex stellata*, con una percentuale di 10%.

GRUPPO 5

I rilievi inclusi nel gruppo 5 sono caratterizzati da una percentuale di *Dactylis glomerata* e *Holcus lanatus* che oscilla tra 5% e 20%. In tutti i rilievi troviamo la presenza di *Lolium perenne*. Si trovano inoltre valori più bassi di *Plantago lanceolata* (con un minimo di 5% e un massimo di 10%), *Stellaria media* con un massimo di 2% e *Trifolium repens* di 5%.

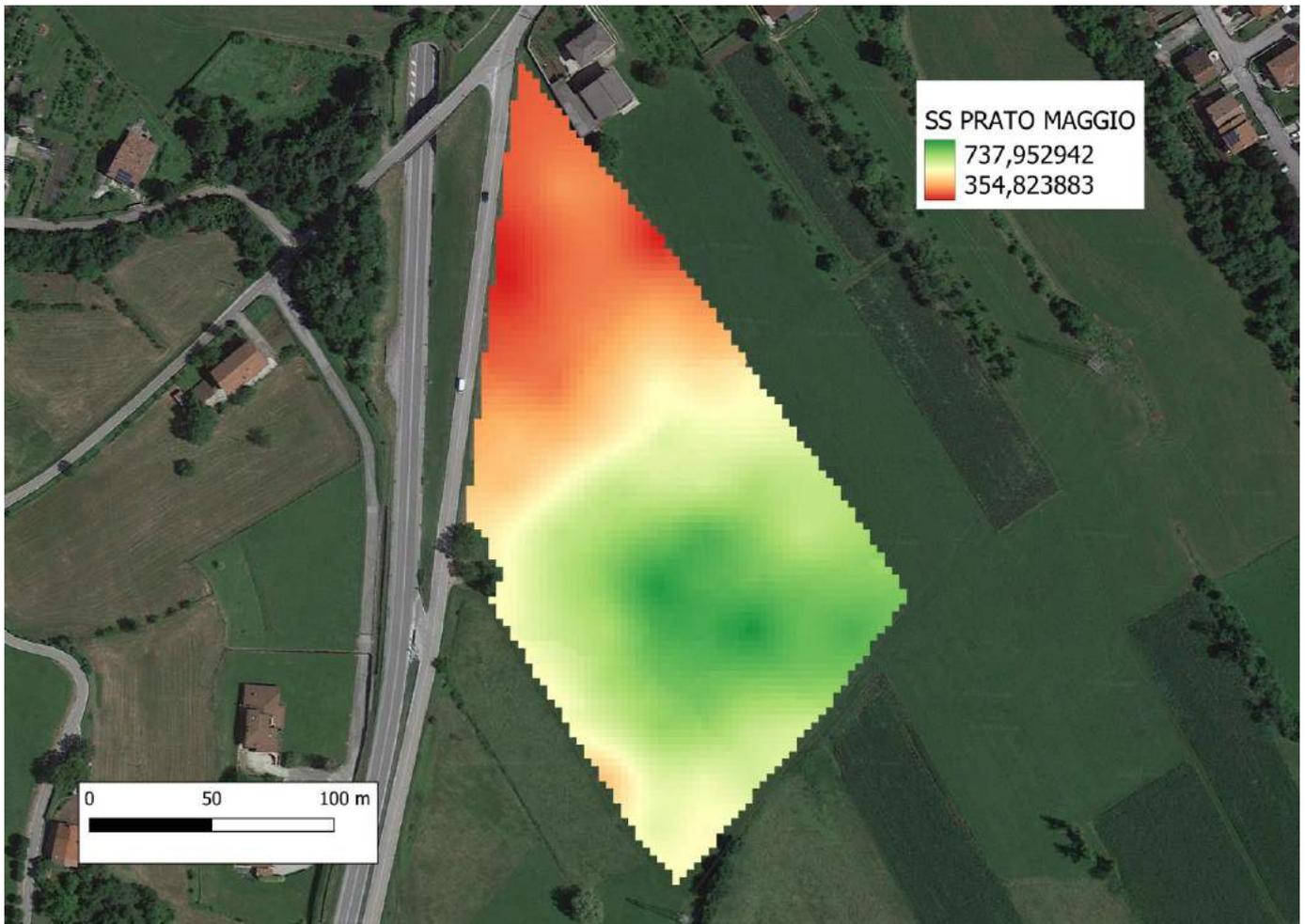


Figura 28. Mappa rappresentante l'interpolazione delle misure di sostanza secca (g/m^2) raccolta nell'area a Prato nel mese di maggio.

In Figura 28 viene riportata l'interpolazione della produzione di sostanza secca del Prato nel mese di maggio. Si può notare una netta divisione: nella parte superiore il quantitativo di sostanza secca è inferiore (troviamo un valore minimo pari a $355 \text{ g}/\text{m}^2$) mentre nella parte inferiore la produzione è maggiore (qui troviamo il valore massimo pari a $738 \text{ g}/\text{m}^2$).



Figura 29. Mappa della distribuzione dell'indice NDVI calcolato utilizzando i dati multispettrali raccolti da drone

La Figura 29 riporta il valore dell'indice di NDVI rilevato con l'utilizzo del drone sull'area a prato nel mese di maggio. Il valore di NDVI è risultato minimo sulla capezzagna utilizzata per il passaggio dei mezzi, dove la vegetazione era molto bassa, con valore minimo di 0,306, mentre è più alto e abbastanza uniforme nel resto dell'appezzamento dove si è registrato un valore massimo pari a 0,965.



Figura 30. Mappa rappresentante l'interpolazione delle misure di NDVI raccolta nelle diverse sezioni dell'area a pascolo nel mese di maggio.

Nella seguente figura (Figura 30) viene rappresentata l'interpolazione dei dati di NDVI rilevati a terra utilizzando lo strumento manuale CS-45 RapidScan. Nella parte più a nord (dove la

produzione di sostanza secca è inferiore) notiamo valori bassi di NDVI (minimo 0,737), mentre nella parte più a sud dell'appezzamento(dove la produzione di sostanza secca è maggiore) troviamo valori più alti (massimo 0,802).

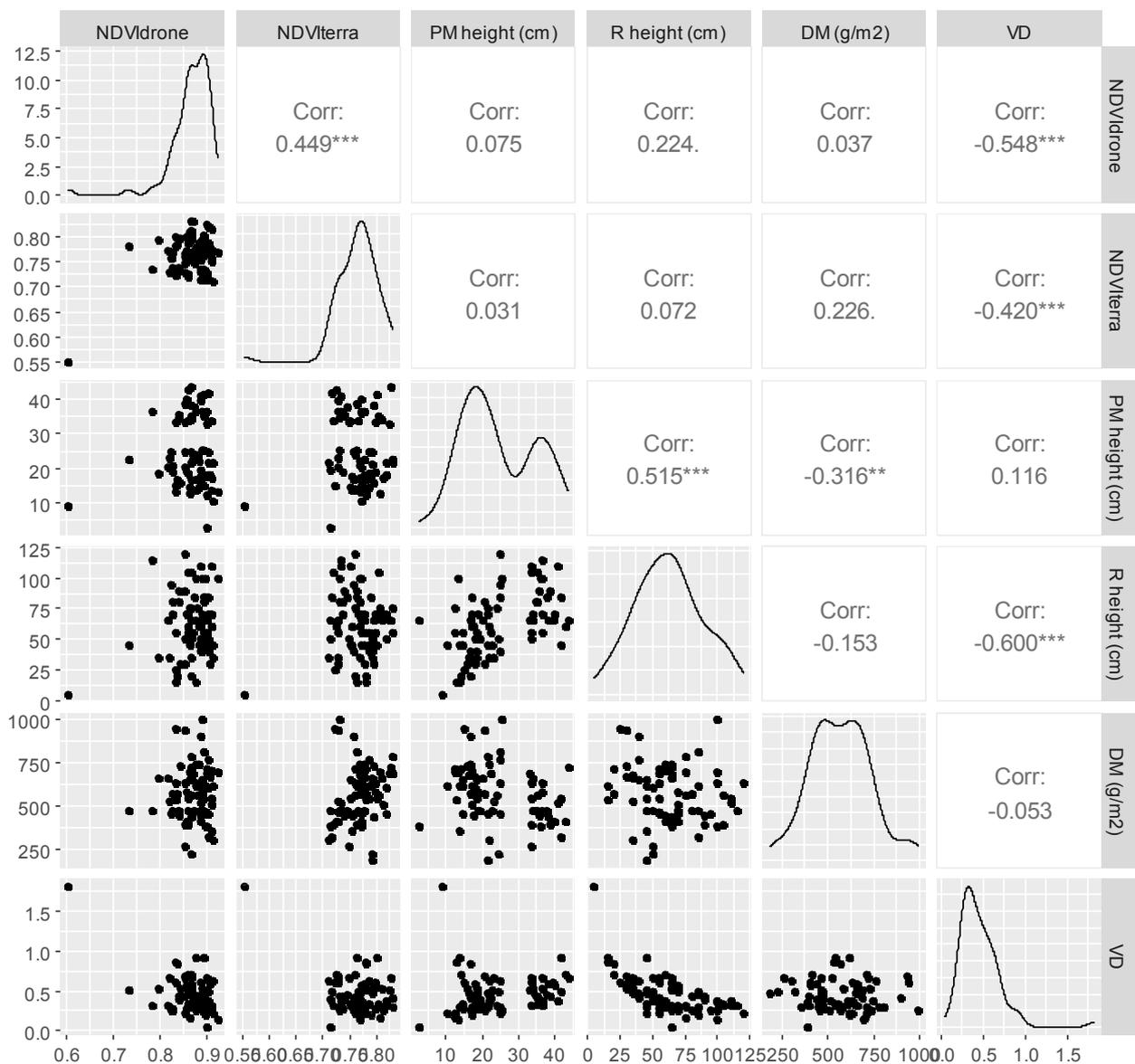


Figura 31. Analisi delle correlazioni tra i parametri misurati (NDVI drone = NDVI calcolato con i dati raccolti da drone; NDVI terra = NDVI misurato con strumento a terra; PM height (cm) = altezza dell'erba misurata con platemeter; R height (cm) = altezza dell'erba misurata con asta graduata;

DM (g/m^2) = sostanza secca raccolta su area di saggio di 1 m^2 ; VD = densità di vegetazione calcolata come altezza dell'erba misurata con platometer/altezza dell'erba misurata con asta graduata). Nei quadrati bianche sono riportati la significatività e il coefficiente di correlazione. Nei grafici sulla diagonale è riportata la distribuzione dei dati. Nei grafici al di sotto della diagonale sono messi in relazione i due parametri indicati dalla riga e dalla colonna di riferimento.

I dati di NDVI ricavati dal drone sono risultati significativamente correlati ai dati di NDVI misurati a terra e alla densità di vegetazione (Figura 31). Nel primo caso si tratta di una correlazione positiva, mentre nel secondo di una correlazione negativa. Anche l'NDVI misurato a terra risulta negativamente correlato alla densità di vegetazione. Un'altra correlazione positiva (0.515) è stata osservata tra l'altezza misurata con platometer e quella misurata con asta graduata (all'aumentare di una, aumenta anche l'altra). Una correlazione significativa e negativa invece è stata osservata tra l'altezza dell'erba misurata con platometer e la produzione di sostanza secca, questo sembra dovuto ai valori più alti misurati con il platometer a cui corrispondono anche valori alti di altezza misurata con asta graduata. Altra correlazione negativa è stata osservata tra la densità di vegetazione e l'altezza misurata con asta graduata.

PRATO, rilievi autunnali

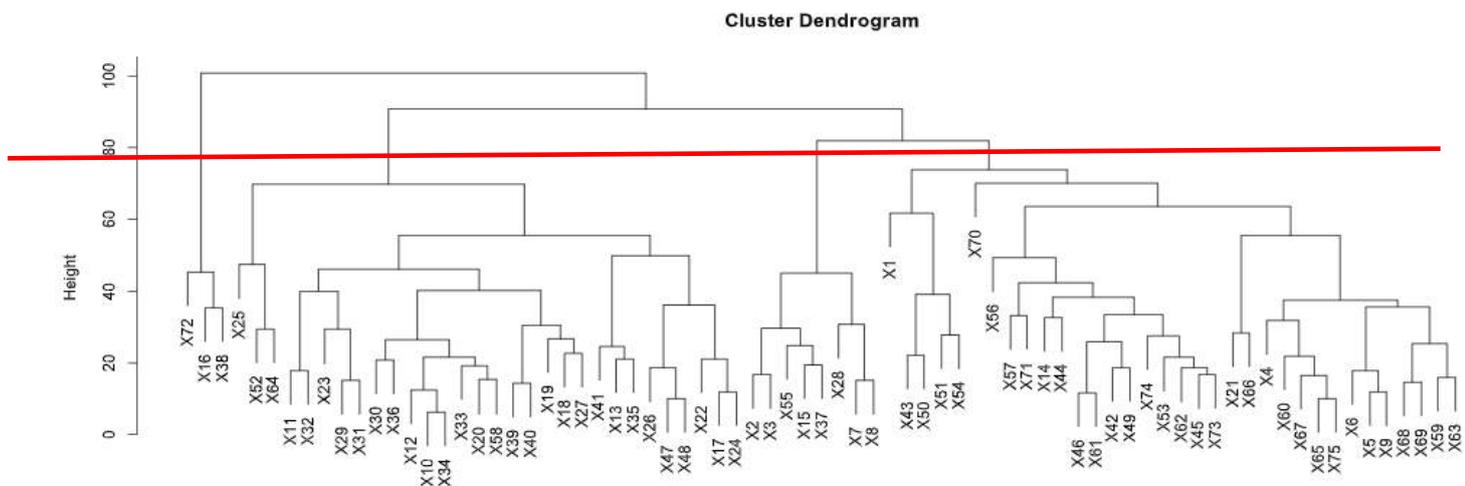


Figura 32. Dendrogramma risultato dalla cluster analysis effettuata utilizzando i rilievi floristici dell'area a Prato raccolti nel mese di settembre.

Il grafico riportato in Figura 32 raggruppa i diversi rilievi in base alla similitudine della composizione floristica rilevata ed è stato tagliato a livello della linea rossa per poter individuare 4 diversi gruppi:

Gruppo 1: rilievi 16, 38, 72

Gruppo 2: rilievi 10, 11, 12, 13, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 39, 40, 41, 47, 48, 52, 58, 64

Gruppo 3: rilievi 2, 3, 7, 8, 15, 28, 37, 55

Gruppo 4: rilievi 1, 4, 5, 6, 9, 14, 21, 42, 43, 44, 45, 46, 49, 50, 51, 53, 54, 56, 57, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 73, 74, 75

Di seguito (Figura 33) è riportata in mappa la distribuzione dei gruppi risultati della cluster analysis.



Figura 33. Distribuzione dei gruppi risultati dalla Cluster analysis.

● Gruppo 1

● Gruppo 2

● Gruppo 3

○ Gruppo 4

GRUPPO 1

Nel primo gruppo sono stati inseriti rilievi che presentano un alto valore percentuale di *Cynodon dactylon* con valore massimo di 70% (rilievo 16). La percentuale delle specie *Plantago media*, *Plantago lanceolata*, *Poa pratensis*, *Rumex acetosa* e *Setaria viridis* sono inferiori rispetto alla specie precedente con valori massimi di 7%.

GRUPPO 2

Il gruppo 2 è caratterizzato da rilievi che presentano elevati valori di *Setaria viridis* con valore massimo di 75% (rilievo 34). Sono minori invece i valori di *Plantago Lanceolata* (con un minimo di 5% e massimo di 15%), *Trifolium Repens* con un massimo di 10% e *Convolvulus arvensis* di 20%.

GRUPPO 3

I rilievi inclusi nel gruppo 3 hanno un elevato valore di *Plantago Lanceolata* e *Setaria viridis* con valori che vanno da 30% a 50%. Un valore più basso si riscontra nella specie *Trifolium repens* con un valore minimo di 3% e un massimo di 20%.

GRUPPO 4

Il quarto gruppo è caratterizzato da un contributo specifico di *Setaria viridis*, più alto rispetto a tutte le altre specie, con il valore massimo pari al 40%, e *Lolium perenne*, con valori più alti rispetto ai precedenti gruppi (minimo di 10% e massimo di 30%). *Arrhenaterum elatius* si presenta con un contributo specifico minimo di 10% e massimo di 20%. Valori più bassi sono stati registrati per le

specie *Trifolium repens* e *Trifolium pratensis*, *Convolvulus arvensis* e *Plantago lanceolata* con un minimo di 1% e massimo di 10%.

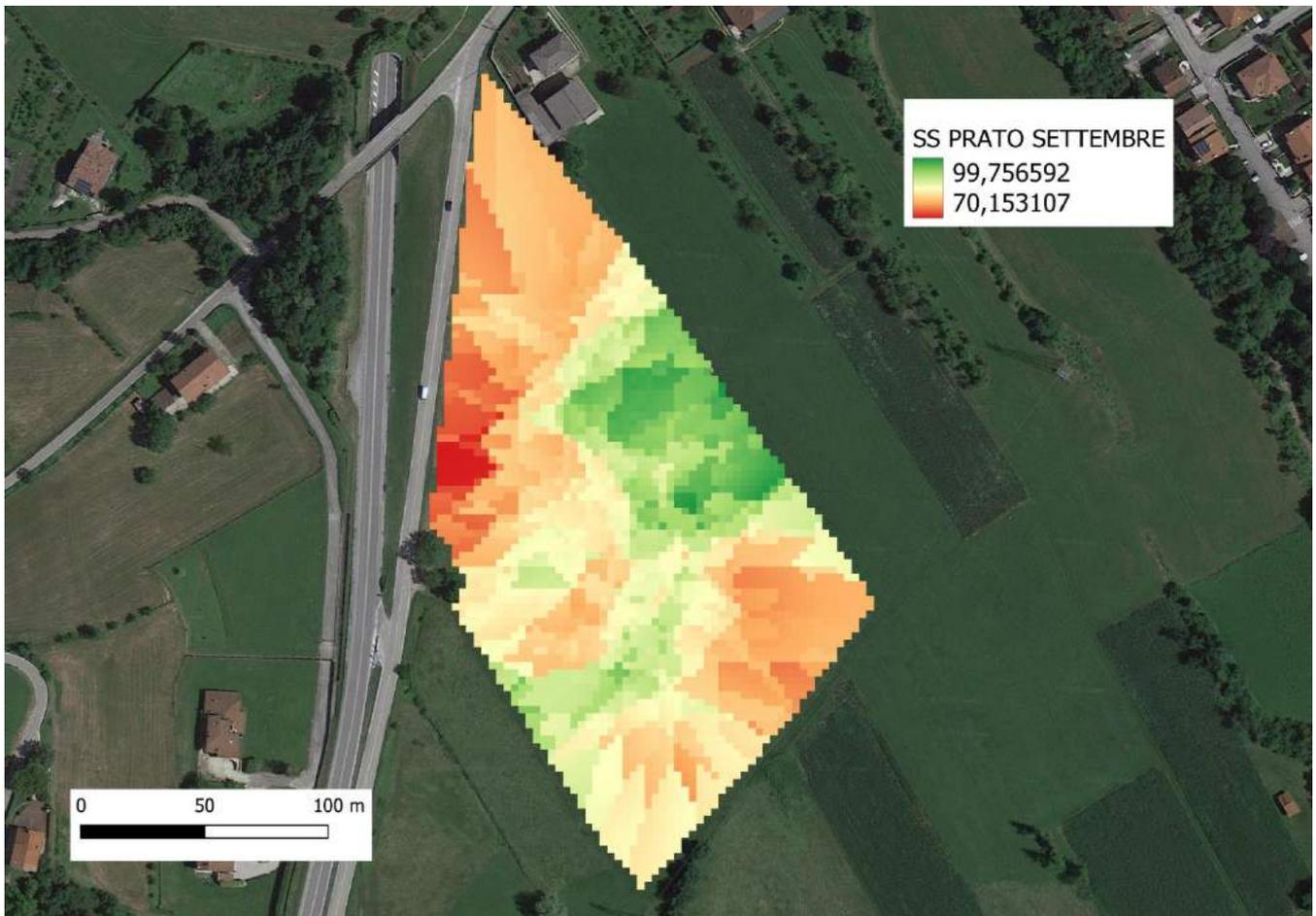


Figura 34. Mappa rappresentante l'interpolazione delle misure di sostanza secca (g/m^2) raccolta nell'area a Prato nel mese di settembre.

In Figura 34 viene riportata l'interpolazione della produzione di sostanza secca del Prato nel mese di settembre. Si può notare una bassa produzione di sostanza secca nella parte più a nord e in una fascia localizzata a sud dell'appezzamento, dove troviamo i valori minimi (valore minimo $70 \text{ g}/\text{m}^2$), mentre valori più alti si trovano nella zona centrale (valore massimo di $100 \text{ g}/\text{m}^2$).

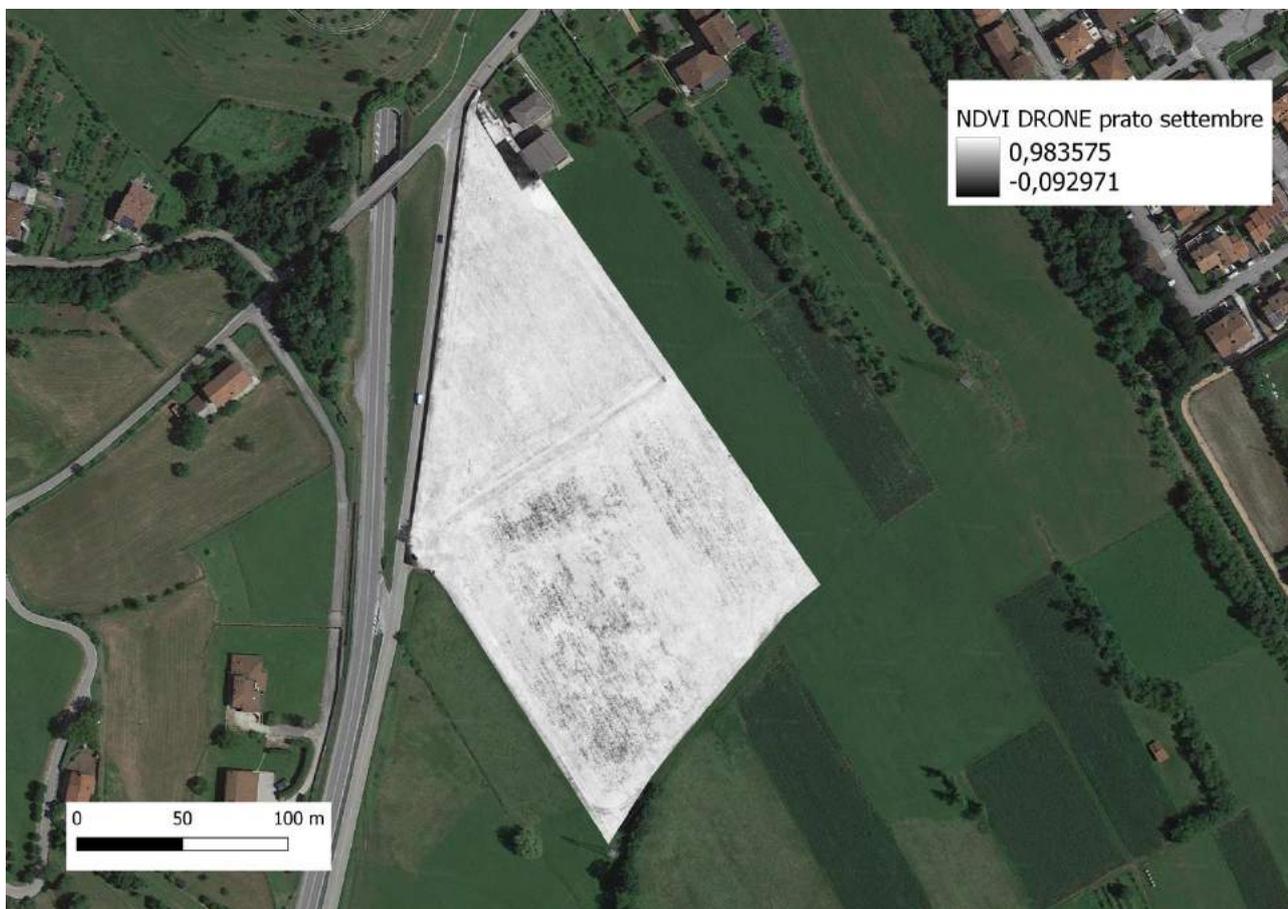


Figura 35. Mappa della distribuzione dell'indice NDVI calcolato utilizzando i dati multispettrali raccolti da drone.

La figura 35 rappresenta la distribuzione dell'indice NDVI rilevato tramite drone sull'area a Prato nel mese di settembre. I valori più bassi sono stati misurati al centro e nella zona più a sud del prato, mentre valori maggiori sono stati misurati nella parte a nord (massimo di 0.983).

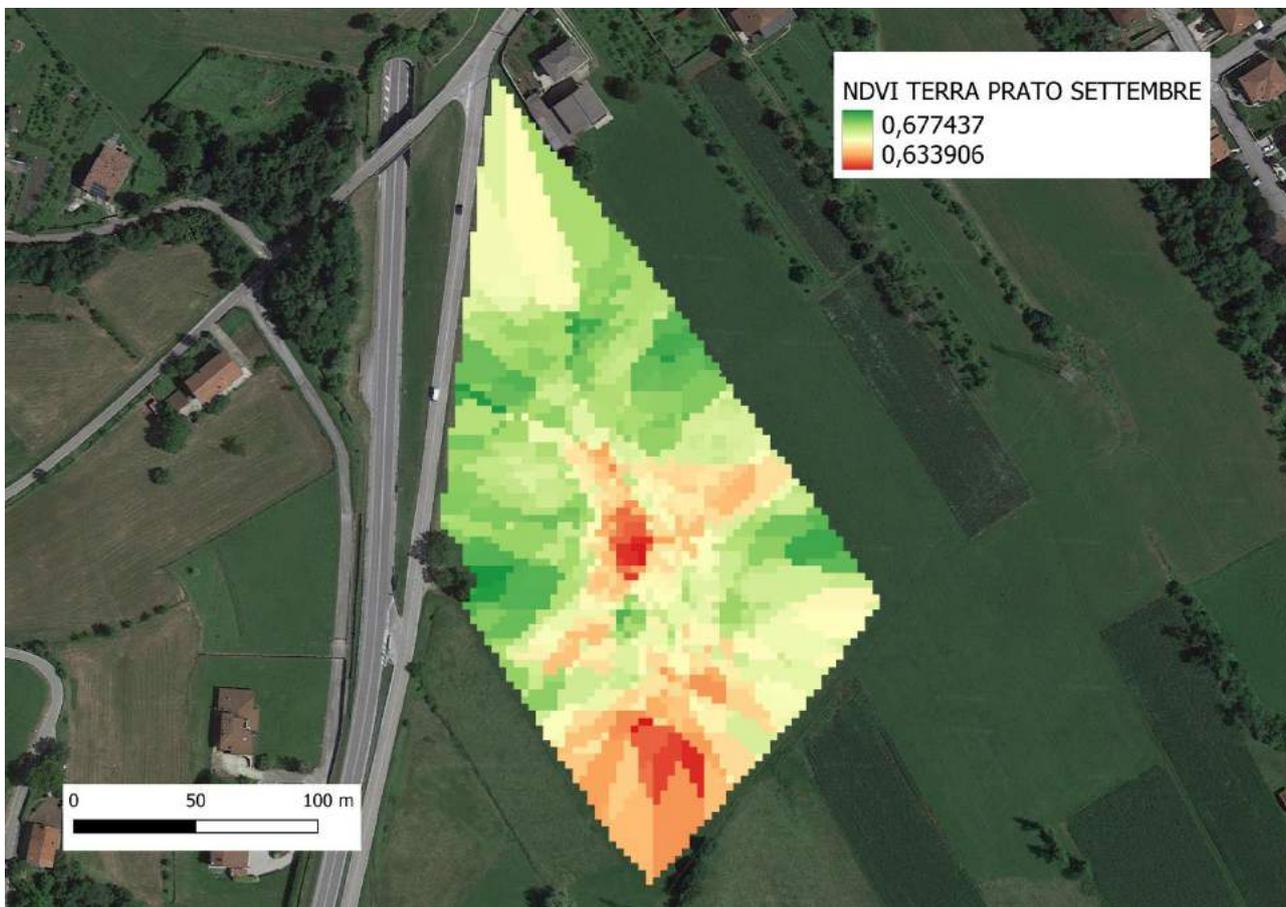


Figura 36. Mappa rappresentante l'interpolazione delle misure di NDVI raccolta nelle diverse sezioni dell'area a pascolo nel mese di maggio.

L'indice NDVI rilevato a terra nel mese di settembre, come si vede in Figura 36, non ha mostrato grosse differenze sull'appezzamento, avendo registrato valori che oscillano tra 0.633 nella zona a sud e 0.677 nella zona a nord.

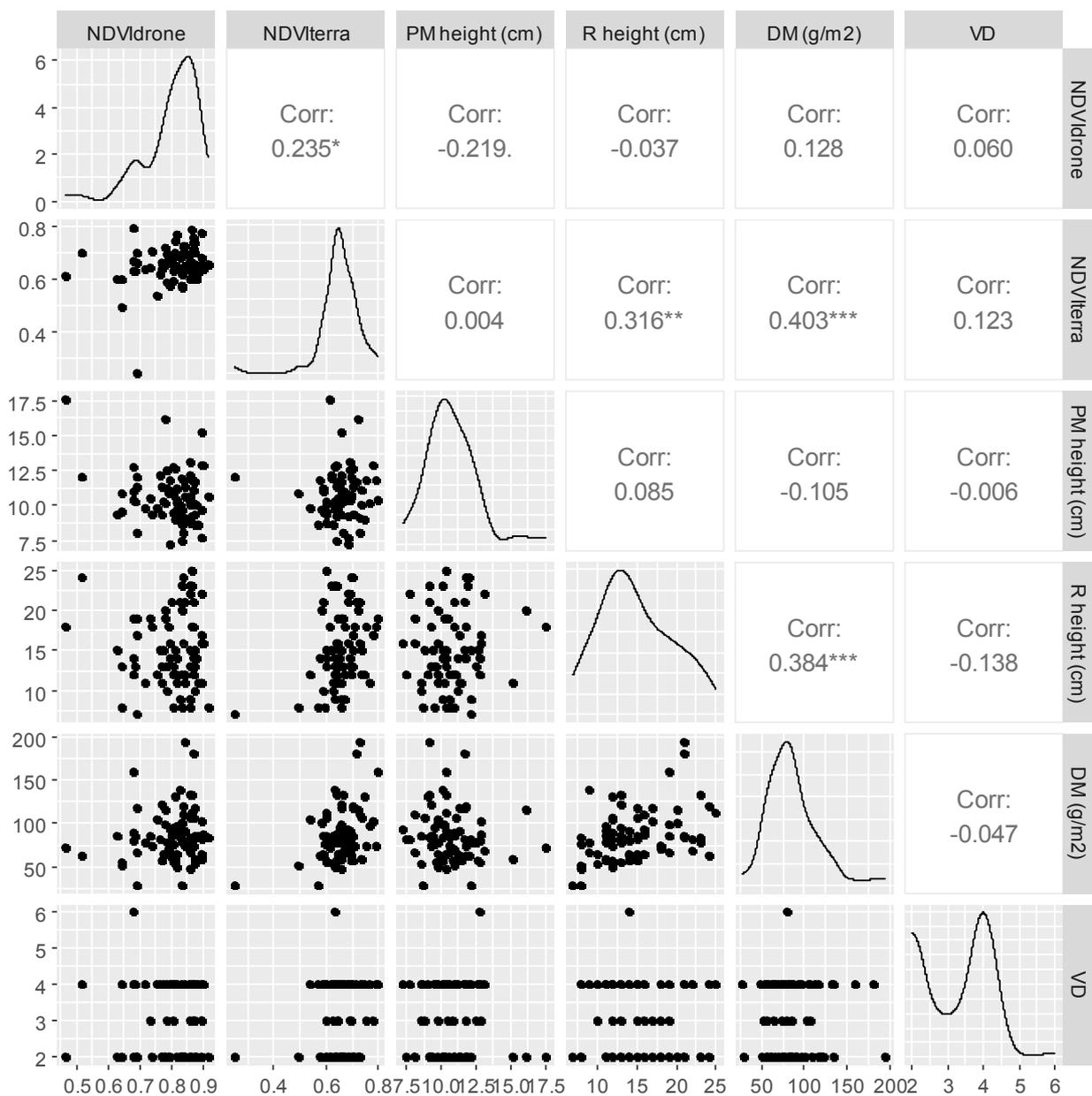


Figura 37. Analisi delle correlazioni tra i parametri misurati (NDVI drone = NDVI calcolato con i dati raccolti da drone; NDVI terra = NDVI misurato con strumento a terra; PM height (m) = altezza dell'erba misurata con platemeter; R height (mm) = altezza dell'erba misurata con asta graduata; DM (g/m²) = sostanza secca raccolta su area di saggio di 1 m²; VD = densità di vegetazione calcolata come altezza dell'erba misurata con platemeter/altezza dell'erba misurata con asta graduata). Nei quadrati bianche sono riportati la significatività e il coefficiente di correlazione. Nei

grafici sulla diagonale è riportata la distribuzione dei dati. Nei grafici al di sotto della diagonale sono messi in relazione i due parametri indicati dalla riga e dalla colonna di riferimento.

La correlazione tra NDVI misurato da drone e NDVI misurato a terra è risultata significativa, così come anche quella tra NDVI misurato a terra e altezza misurata con asta graduata e NDVI misurato a terra e sostanza secca (Figura 37). Anche la misura dell'altezza dell'erba effettuata con asta graduata è risultata significativamente correlata alla produzione di sostanza secca.

PASCOLO, rilievo autunnale

Cluster Dendrogram

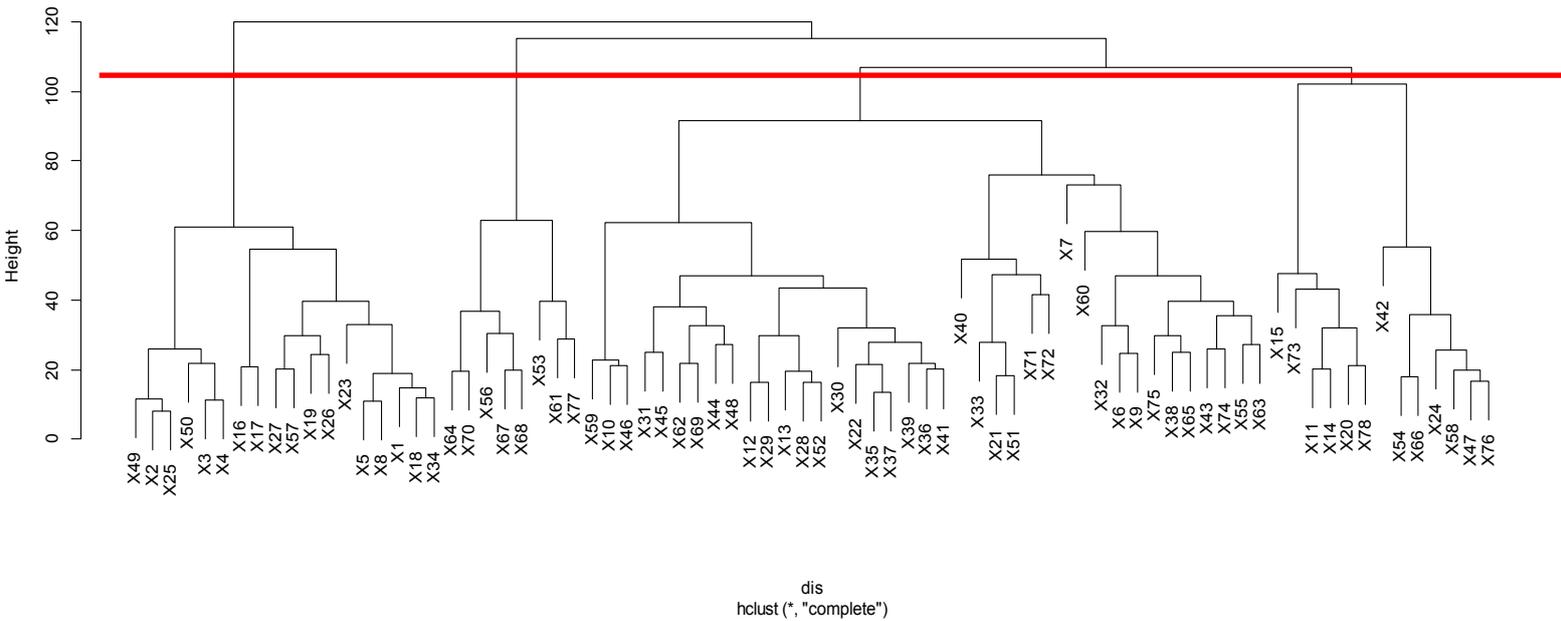


Figura 38. Dendrogramma risultato dalla cluster analysis effettuata utilizzando i rilievi floristici dell'area a pascolo raccolti nel mese di ottobre.

Il grafico rappresentato in Figura 38 raggruppa i diversi rilievi in base alla similitudine della composizione floristica rilevata ed è stato tagliato a livello della linea rossa per poter individuare 6 diversi gruppi:

Gruppo 1: rilievi 1, 2, 3, 4, 5, 8, 16, 17, 18, 19, 23, 25, 26, 27, 34, 49, 50, 57

Gruppo 2: rilievi 53, 56, 61, 64, 67, 68, 70, 77

Gruppo 3: rilievi 6, 7, 9, 10, 12, 13, 21, 22, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 45, 46, 48, 51, 52, 55, 59, 60, 62, 63, 65, 69, 71, 72, 74, 75

Gruppo 4: rilievi 11, 14, 15, 20, 24, 42, 47, 54, 58, 66, 73, 76, 78

Di seguito (Figura 39) è riportata in mappa la distribuzione dei gruppi risultati della cluster analysis.



Figura 39. Distribuzione dei gruppi risultati dalla Cluster analysis.

- GRUPPO 1
- GRUPPO 2
- GRUPPO 3
- GRUPPO 4

GRUPPO 1

I rilievi appartenenti al gruppo 1 sono caratterizzati da elevati valori percentuali di *Cynodon dactylon* e *Potentilla reptans* (con valori massimi rispettivamente di 80% e 45%). Valori più bassi si riscontrano per le specie *Setaria viridis* (con un minimo di 5% e un massimo di 50%), *Taraxacum officinale* e *Trifolium repens* (entrambe con un minimo di 1% e un massimo di 15%).

GRUPPO 2

I rilievi inclusi nel gruppo 2 hanno un'elevata percentuale di *Agrostis palustris*, con un minimo di 30% e un massimo di 80%. Troviamo poi *Setaria viridis*, con un valore massimo pari a 30%; frequenze più basse invece sono state registrate per le specie *Trifolium repens* e *Ranunculus bulbosus*, con un massimo di 10% e 5%.

GRUPPO 3

Il gruppo 3, formato dalla maggior parte dei rilievi, è caratterizzato da un elevato valore percentuale di *Festuca rubra* (con un massimo di 60% nel rilievo 46), seguito da *Cynodon dactylon* e *Setaria viridis* entrambe con un valore massimo di 25%. Frequenze inferiori sono state osservate invece per *Plantago lanceolata* e *Prunella vulgaris*.

GRUPPO 4

Nel gruppo 4 si nota un'elevata frequenza per due specie: *Carex hirta* e *Setaria viridis* (con un valore massimo di 80%), seguite da *Potentilla reptans* con un valore massimo di 40% nel rilievo 60, *Ranunculus bulbosus* e *Taraxacum officinale*.

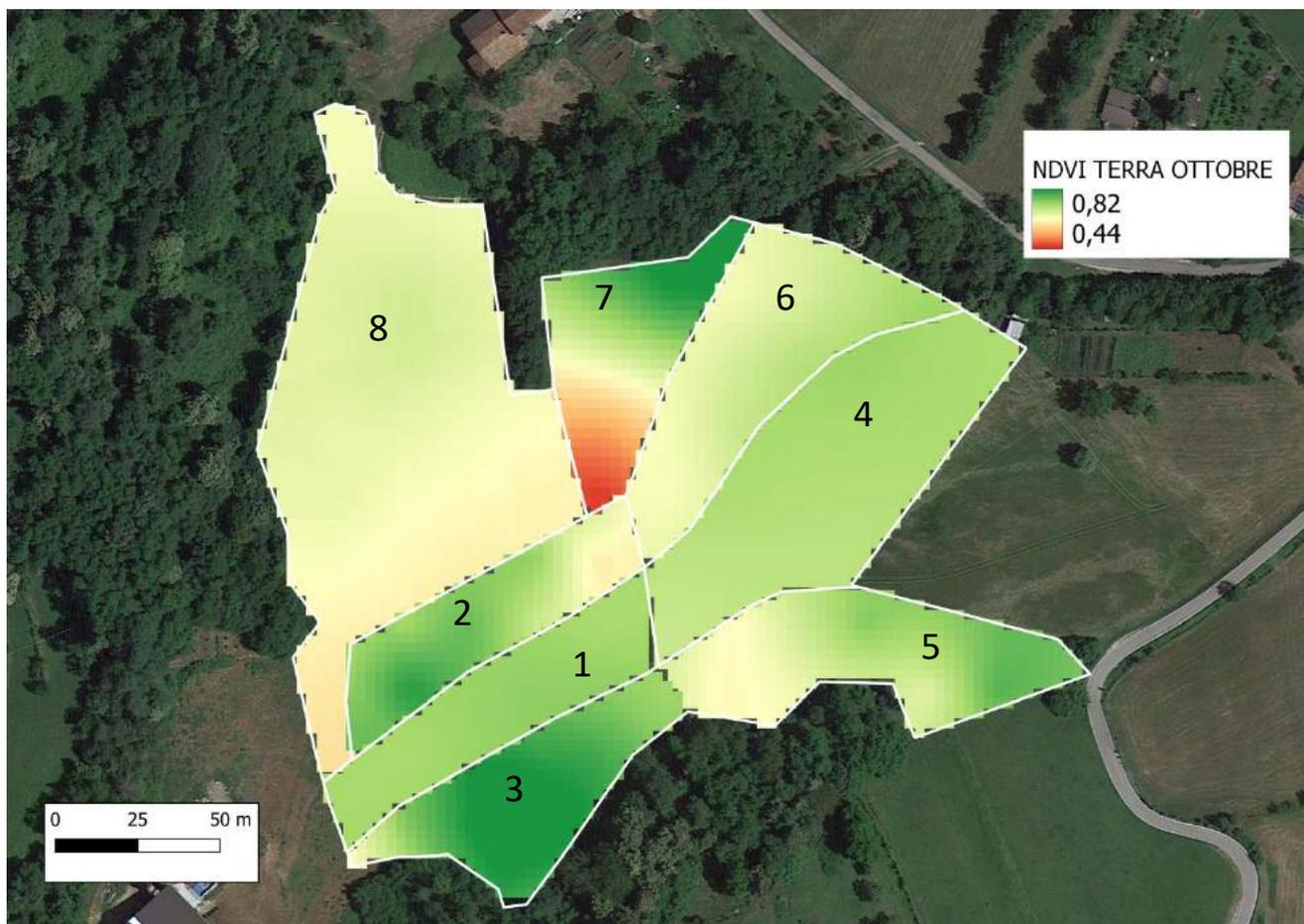


Figura 40. Mappa rappresentante l'interpolazione delle misure di sostanza secca (g/m^2) raccolta nelle diverse sezioni dell'area a pascolo nel mese di ottobre.

La figura 40 rappresenta l'interpolazione dei dati di NDVI rilevati a terra utilizzando lo strumento manuale CS-45 RapidScan. Possiamo notare valori inferiori al centro del pascolo all'interno della sezione 7, mentre valori più elevati si trovano sempre all'interno della sezione 7 ma nella parte più marginale e nelle sezioni 2 e 3.

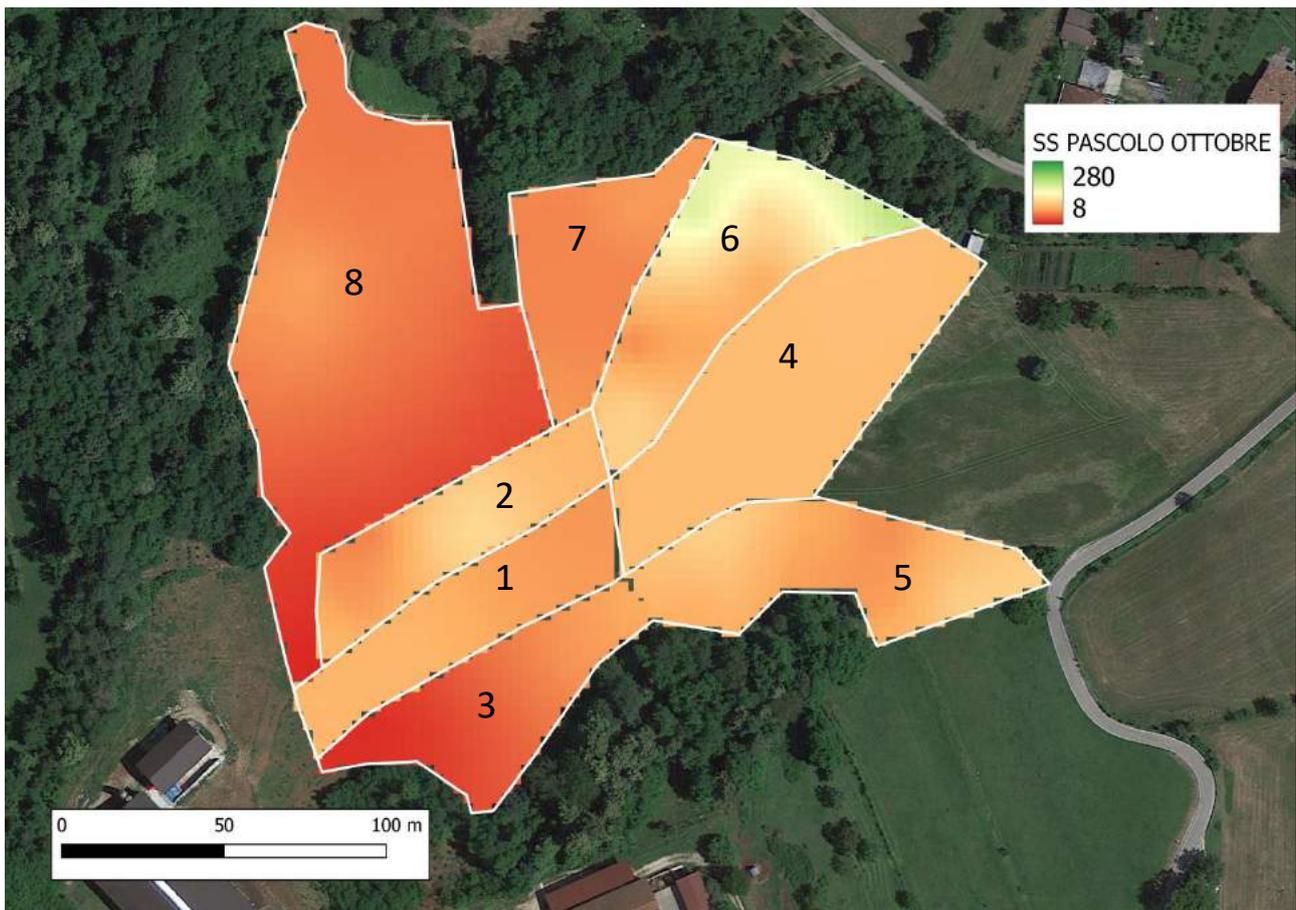


Figura 41. Mappa rappresentante l'interpolazione delle misure di sostanza secca (g/m^2) raccolta nelle diverse sezioni dell'area a pascolo nel mese di ottobre.

In Figura 41 viene riportata l'interpolazione della produzione di sostanza secca suddivisa nelle 8 sezioni del pascolo, stimata utilizzando i dati del mese di ottobre. Le zone con minor sostanza secca sono la numero 3 e la numero 8, mentre quella che presenta valori più alti è la numero 6.

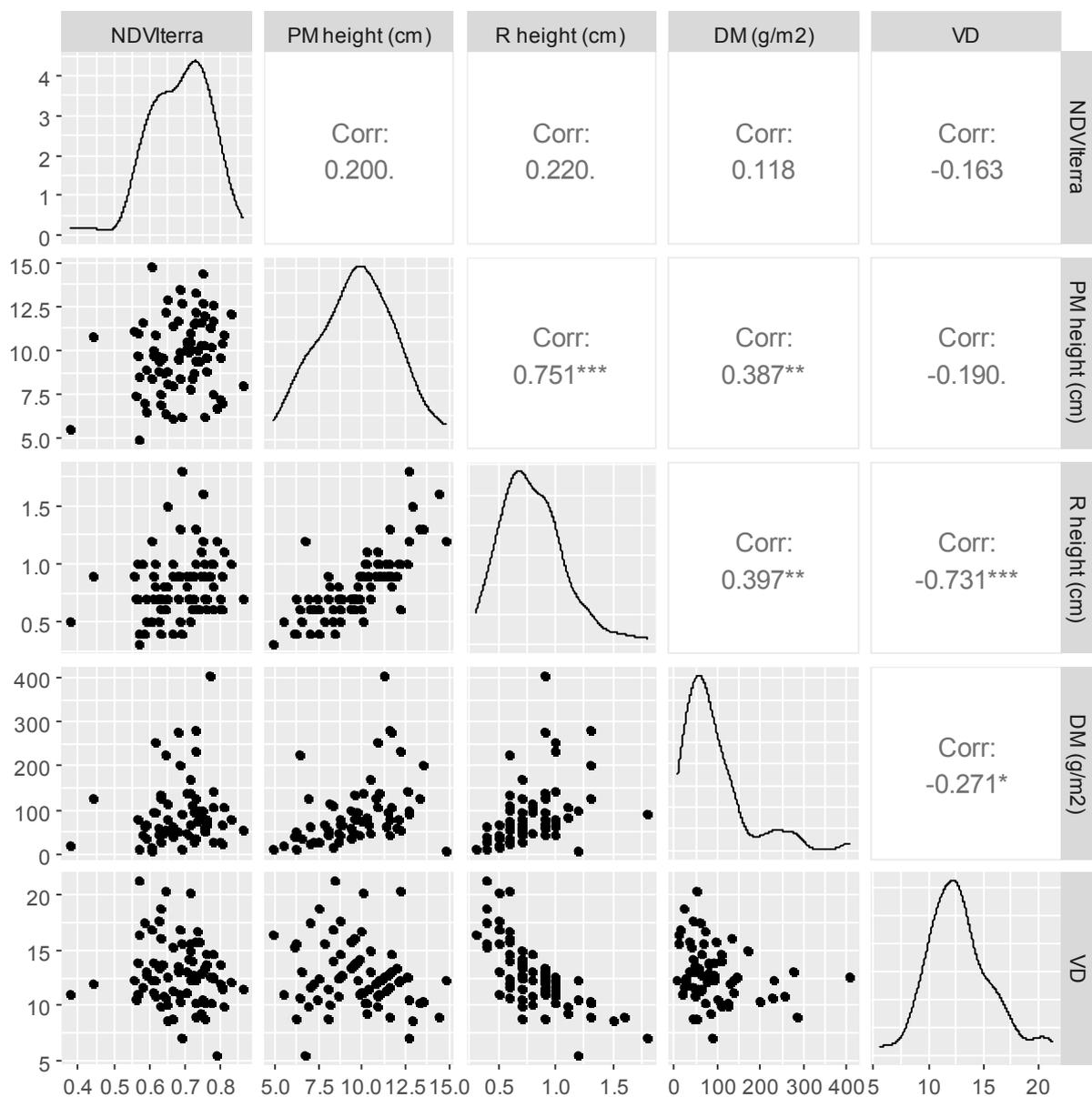


Figura 42. Analisi delle correlazioni tra i parametri misurati (NDVI terra = NDVI misurato con strumento a terra; PM height (mm) = altezza dell'erba misurata con platemeter; R height (mm) = altezza dell'erba misurata con asta graduata; DM (g/m²) = sostanza secca raccolta su area di saggio di 1 m²; VD = densità di vegetazione calcolata come altezza dell'erba misurata con platemeter/altezza dell'erba misurata con asta graduata). Nei riquadri bianche sono riportati la significatività e il coefficiente di correlazione. Nei grafici sulla diagonale è riportata la distribuzione

dei dati. Nei grafici al di sotto della diagonale sono messi in relazione i due parametri indicati dalla riga e dalla colonna di riferimento.

I dati relativi all'NDVI rilevato da drone, non erano ancora disponibili al momento della stesura della tesi, quindi la mappa della sua distribuzione non è stata inserita e il parametro relativo non è stato utilizzato per calcolare le correlazioni con altri parametri. L'NDVI misurato a terra non è risultato correlato con nessun altro parametro misurato. L'analisi dei dati rilevati nel pascolo relativi al mese di ottobre ha evidenziato alcune correlazioni significative. L'altezza dell'erba misurata con asta graduata è correlata positivamente all'altezza misurata con platemeter e alla produzione di sostanza secca. La densità della vegetazione è correlata negativamente con l'altezza misurata tramite asta graduata e con la sostanza secca, come osservato nei dati rilevati al mese di maggio. Mentre la produzione di sostanza secca è positivamente correlata all'altezza misurata con asta graduata.

4. DISCUSSIONI

Le due aree utilizzate una come prato e l'altra come pascolo, presentano composizione floristica diversa come conseguenza del fatto che il tipo di utilizzazione favorisce determinate specie vegetali a discapito di altre (Gianelle et al., 2018; Pornaro et al., 2021). La variabilità vegetazionale osservata sull'area a pascolo nel mese di maggio è dovuta alla morfologia dell'area stessa, che presenta alternanza di impluvi, dove il terreno risulta più umido e zone di displuvio dove invece il terreno risulta più xerico. La variabilità vegetazionale dell'area a prato nel mese di maggio è legata al tipo di concimazione, in quanto la concimazione con liquame favorisce la presenza di erbe a taglia alta e in particolare *Lolium multiflorum*. Va ricordato che quando sono stati effettuati i rilievi nel mese di maggio, sul pascolo erano state utilizzate le sezioni dalla 1 alla 5, mentre il prato non aveva ancora subito il primo taglio dell'anno. Con i rilievi eseguiti in autunno, la variabilità sia del pascolo che del prato sembra essere influenzata da fattori legati al terreno, inoltre, le specie rilevate in entrambe le aree sono specie che sostituiscono quelle presenti nel periodo primaverile perché tollerano meglio il caldo estivo e l'assenza di precipitazioni (come ad esempio *Cynodon*

dactylon e *Setari aviridis*). La composizione floristica influisce molto sulla struttura della vegetazione e quindi anche sulla sua produttività.

La variabilità spaziale della fitomassa raccolta sul pascolo dipende dalle caratteristiche morfologiche e vegetazionali dell'area, infatti all'interno di ogni sezione è stata osservata questa variabilità. La variabilità tra una sezione e l'altra dipende dal momento in cui è stata utilizzata la singola sezione, ad eccezione della sezione 4 in corrispondenza dei rilievi 77 e 78 dove la composizione floristica presenta anche specie scarsamente appetite dagli animali. Probabilmente in questi punti la fitomassa rimasta dopo l'utilizzo della sezione riguarda proprio le specie poco appetite dagli animali. Dai rilievi effettuati nel mese di ottobre si osserva una minore variabilità all'interno delle sezioni, mentre è molto evidente la differenza tra le varie sezioni che sono state utilizzate a rotazione più volte nell'arco della stagione vegetativa. Si può osservare che nelle zone dov'era presente poca sostanza secca in maggio, anche in ottobre la situazione non era cambiata (ad esempio nei rilievi 45,50,51). La stessa cosa vale, per le zone con tanta sostanza secca (ad esempio nei rilievi 71,72,74,75,78). Nelle zone con scarso quantitativo di sostanza secca si trovano *Plantago lanceolata*, *Poa trivialis* e *Taraxacum officinale*. Mentre nelle zone con un elevato quantitativo di sostanza secca le specie rilevate sono *Alopecurus rendlei*, *Carex hirta*, *Holcus lanatus* e *Trifolium repens*. La quantità di sostanza secca riscontrata nelle sezioni che non erano ancora state pascolate a maggio corrispondono alle quantità trovate da Muro et al. (2022) e da Basso (2020).

Nel prato le zone con i più bassi valori di NDVI nel mese di maggio corrispondono ai rilievi 8,9,10,32,33 dove le specie più frequenti sono *Poa pratensis* e *Holcus lanatus*, mentre quelli con valori più alti si trovano in corrispondenza dei rilievi 22,44,45,48,49 dove le specie più frequenti sono *Arrhenaterum elatius*, *Lolium multiflorum*, *Plantago lanceolata* e *Trifolium repens*). Nel mese di settembre, la specie presente in quasi tutti i rilievi è *Setaria viridis*, e i valori più bassi di NDVI si trovano in corrispondenza dei rilievi 17,26,45,48 mentre quelli più alti dei rilievi 58, 68, 69. Per quanto riguarda l'area a pascolo, le zone con un basso indice NDVI nei mesi di maggio e ottobre sono state osservate in corrispondenza dei rilievi 21,48,49,51. Le specie più frequenti in queste zone sono *Antoxantum odoratum*, *Arrhenaterum elatius*, *Poa pratensis* e *Trifolium repens*. Le zone con indice più alto nei mesi di maggio e ottobre sono attorno ai rilievi 35,37,57,60,71,77,78 e la specie più frequente in queste zone è *Setaria viridis*. Anche se i valori di NDVI calcolati da drone e

quelli misurati con strumento a terra sono molto diversi, essi risultano sempre positivamente correlati.

L'altezza del cotico erboso è stata misurata con due diversi strumenti: il platemeter e l'asta graduata, questo perché il platemeter tende a schiacciare la vegetazione sotto il peso del piatto, mentre l'asta graduata ci permette di dare una misura della vegetazione che tenga conto del naturale sviluppo verso l'alto della pianta. Tra i valori derivanti dalle due misurazioni è sempre presente una correlazione positiva. Il loro rapporto, quello che in questa tesi è stato definito "densità della vegetazione", tiene conto degli spazi vuoti che si formano nella canopy. Maggiore sarà la loro differenza maggiore sarà la presenza di questi spazi vuoti. Tale rapporto è condizionato dalle specie presenti e può influenzare la stima della fitomassa qualora effettuata mediante formule che utilizzano l'altezza dell'erba. Per questo, spesso, l'altezza dell'erba e la produzione non risultano correlate o addirittura lo sono negativamente, come nel caso della correlazione negativa trovata tra l'altezza dell'erba misurata con platemeter e la sostanza secca prodotta nel prato nel mese di maggio.

6. CONCLUSIONE

Questo studio ha quindi evidenziato che l'utilizzo del telerilevamento permette di rilevare la variabilità spaziale e temporale di cenosi utilizzate a pascolo e a prato. Dai risultati ottenuti si evince che la variabilità spaziale è legata principalmente alle caratteristiche dell'area, come la morfologia del terreno, mentre quella temporale alla fenologia della vegetazione ed anche alla sua composizione floristica. Il telerilevamento ha le potenzialità per essere applicato anche per migliorare la gestione del pascolo e del prato, anche attraverso la creazione di mappe che consentono di rappresentare ed interpretare efficacemente queste variabilità. Ulteriori approfondimenti sono tuttavia necessari per chiarire come i parametri rilevati attraverso il telerilevamento possano aiutare a stimare la biomassa presente in campo, tenendo conto che il tipo di vegetazione e la sua struttura influiscono molto su questa stima.

RINGRAZIAMENTI

Studio condotto nell'ambito del Centro Nazionale Agritech, finanziato dall'Unione Europea – NextGenerationEU (PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA (PNRR) – MISSIONE 4 COMPONENTE 2, INVESTIMENTO 1.4 – D.D. 1032 17/06/2022, CN00000022). I punti di vista e le opinioni espresse sono tuttavia solo quelli degli autori e non riflettono necessariamente quelli dell'Unione europea o della Commissione europea. Né l'Unione Europea né la Commissione Europea possono essere ritenute responsabili per essi.

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

Aklilu Tesfaye, A., Gessesse Awoke, B., 2021. Evaluation of the saturation property of vegetation indices derived from sentinel-2 in mixed crop-forest ecosystem. *Spat. Inf. Res.* 29, 109–121.

Barbi A. et al., 2007. Inquadramento climatico del Veneto

BASSO E., 2018 Caratterizzazione floristica del pascolo di Malga Serona (Caltrano, VI). Tesi di laurea triennale, Università di Padova.

BASSO E, 2020 Caratterizzazione del pascolo di malga Serona (VI) dal punto di vista floristico e della qualità del foraggio. Tesi di laurea magistrale, Università di Padova.

Ente Parco Paneveggio Pale di San Martino, 2022. Quaderno del parco 17, SmartAlp: Un progetto per valorizzare il sistema alpicolturale.

Gianelle, D., Romanzin, A., Clementel, F., Vescovo, L., Bovolenta S. 2018. Feeding management of dairy cattle affect grassland dynamics in an alpine pasture. *Int. J Agric. Sustain.* (16) 64-73.

Grigera, G., Oesterheld, M., Pacín, F., 2007. Monitoring forage production for farmers' decision making. *Agric. Syst.* 94, 637–648

Gusmeroli F., 2004. Il Piano di pascolamento: strumento fondamentale per una corretta gestione del pascolo.

Heiskanen, J., Rautiainen, M., Stenberg, P., Mõttus, M., Vesanto, V.-H., 2013. Sensitivity of narrowband vegetation indices to boreal forest LAI, reflectance seasonality and species composition. ISPRS J. Photogramm. Remote Sens. 78, 1–14

Macolino S, 2016. Appunti di foraggi coltura, Padova, Cooperativa Libreria Editrice Universitaria di Padova (CLEUP).

Mariotto, I., Thenkabail, P.S., Huete, A., Slonecker, E.T., Platonov, A., 2013. Hyperspectral versus multispectral crop-productivity modeling and type discrimination for the HypIRI mission. Remote Sens. Environ. 139, 291–305.

Muro, J., Linstädter, A., Magdon, P., Wöllauer, S., Männer, F. A., Schwarz, L. M., ... & Dubovyk, O. (2022). Predicting plant biomass and species richness in temperate grasslands across regions, time, and land management with remote sensing and deep learning. Remote Sensing of Environment, 282, 113262

Pornaro, C., Spigarelli, C., Pasut, D., Ramanzin, M., Bovolenta, S., Sturaro, E., & Macolino, S. (2021). Plant biodiversity of mountain grasslands as influenced by dairy farm management in the Eastern Alps. Agriculture, Ecosystems & Environment, 320, 107583.

Rossi, M., Niedrist, G., Asam, S., Tonon, G., Tomelleri, E., Zebisch, M., 2019. A comparison of the signal from diverse optical sensors for monitoring alpine grassland dynamics. Remote Sens. 11, 296.

Verrelst, J., Malenovsky, Z., Van der Tol, C., Camps-Valls, G., Gastellu-Etchegorry, J.-P., Lewis, P., North, P., Moreno, J., 2019. Quantifying vegetation biophysical variables from imaging spectroscopy data: a review on retrieval methods. Surv. Geophys. 40, 589–629.

Ziliotto U., Scotton M., Da Ronch F., 2004. I pascoli alpini: aspetti ecologici e vegetazionali.

Agenzia regionale per la protezione Ambientale del Veneto.

www.arpa.veneto.it

Fattoria ai Capitani

www.fattoriaaicapitani.it

How to measure grass right

www.teagasc.ie

RapidSCAN CS-45

www.hollandscientific.com

Studio Archetipo

www.studio-archetipo.it

ALLEGATO 1 – SPECIE PASCOLO MAGGIO

SPECIE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Arrhenaterum elatius																														
Achillea millefolium												0,1																		
Agropyron repens																														
Agrostis palustris							30		8			30		5												3	10	5		
Ajuga reptans									10																					
Alopecurus rendlei					15			8																		5			10	
Antoxantum odoratum					5	15			5			3		8												5		10	10	
Apiaceae serpente																														7
Asteracea rucoletta	0,1																													
Avena											5															2			3	
Bellis perennis					0,1										0,1										2					
Brachipodium rupestre																														
Brizza media																														
Bromus hordeaceus																														
Calepina irregularis		0,1	0,1	2																										
Capsella bursa pastoris		0,1	0,1																					3						
Carex hirta	0,1	2	5	0,1	10	10	10			5	15				10	1	15	10	10	2		3	3	3					2	
Carex spicata																														
Carex stellata																										5	1			
Centaurea nigrescens																														
Cerastium arvense																														
Cinosurus cristatus					15	10	10	10	2	15		5		10							3	10		15			20	10		
Cirsium arvense																														
Convolvulus arvensis																	1					0,1	0,1				0,1	0,1	0,1	0,1
Cynodon dactilon																								3						
Dactylis glomerata										5				1							1					7	5			
Daucus carota		1			2	2		10			10			2							10	2	30	5	10	5	2		0,1	
Dianthus superbus							0,1			1			0,1														1			
Erigeron annuus								3		2		1											0,1						0,1	
Festuca arrundinacea			15																											
Festuca pratensis			15	30	15						10			25	30									5						
Festuca rubra						30				20	18	30															30	30	55	40
Fragaria vesca										1	0,1																			
Galium album																														
Galium molugo																										1			2	

SPECIE	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Arrhenaterum elatius																														
Achillea millefolium											1																			
Agropyron repens																														
Agrostis palustris									20																	10				
Ajuga reptans																						0,1						0,1	1	
Alopecurus rendlei	3		10																1				5				2			
Antoxantum odoratum	4	8			7								5		10			3				4	15				5	5	4	21
Apiaceae serpente																														
Asteracea rucoletta												1	0,1																	
Avena																														
Bellis perennis											0,1												0,1		0,1					
Brachipodium rupestre																														
Brizza media															10													2		
Bromus hordeaceus																														
Calepina irregularis																				5										
Capsella bursa pastoris																			5											
Carex hirta			10	3	3				2	2	5	15					5	5				2			0,1					
Carex spicata																												0,1		
Carex stellata			2	1				1	2	1	1																			
Centaurea nigrescens				0,1							1							2												
Cerastium arvense							3																						0,1	0,1
Cinosurus cristatus		10	3	20	10	9	10	10	20	30	25	3		10			5			40		30	35	25			2	10	1	5
Cirsium arvense																								0,1	40					
Convolvulus arvensis	1				0,1					0,1								4												0,1
Cynodon dactilon																														
Dactylis glomerata		8	2	3	2																		5							
Daucus carota	5	5	5	2	2		20	6	2		4				0,1		4			10	5	2	5	20	5	1	2			
Dianthus superbus													4	2	1	2	1	1												
Erigeron annuus	1	2											5	5	2	0,1	1						0,1							
Festuca arrundinacea													40									10								5
Festuca pratensis						10		5				25						7										0,1	7	
Festuca rubra	15	3			10	10	35		15					40	20	20	15	15				5		25			7	25	47	25
Fragaria vesca																														
Galium album																														
Galium molugo																														

Galium verum														2	1		1	2	2									1						2	5	3	2		
Geranium			0,1												0,1	5		1																	0,1				
Glyceria fluitans																				60																			
Hipochaeris radicata		1	3												1	3	8		1										0,1		3					0,1			
Holcus lanatus	4				5	5								2		5	10	10											0,1							5	1	4	23
Kernera a pera																																							
Lathyrus pratensis													0,1																										
Leontodon autumnali																																					1	1	
Leontodon hispidus							1							1																									
Leucanthemum vulgare		10														1	5																					10	
Lino usitatissimum l.	1												0,1	0,1																									
Lolium perenne		8	8	20	30	35		25	10	30	3			5						10	3							20	40	20		5	40	50	40				
Lotus corniculatus	8	5					5						5		5	5	5	3											5		0,1				1	6	3	0,1	
Luzola campestris		2			0,1										1																					0,1		1	
Pimpinella major																																						0,1	
Plantago lanceolata	10	10	10	3	8	5	10	7	10	2	20	1	10	5		5	2	8	2	2	5	5	15	5	5	1	2	1	4										
Plantago major																																						0,1	
Poa pratensis						10	5																																
Poa trivialis	10		20	10	10	10		10	15	15	10	5	13	20	5	10	10	15	20	20	30	20	15			10	20	15	36	7	5								
Potentilla reptans	5		5	2		2		2	1	0,1		2	1					2		0,1	5					1		1									2		
Prunella vulgaris	3						0,1		0,1												0,1					0,1													
Ranunculus acris				1	2	2	5		4	1		3	4							0,1		5		5		2										1			
Ranunculus bulbosus	4	8	10	2	1				4	0,1	5	4	10		5	10	8	3			10		1												3		1		
Ranunculus repens								3																															
Rumex acetosa	2												0,1	0,1	2		1		1						1		3							1		1	3		
Rumex acetosella																																							
Rumex obtusifolius									0,1												5																		
Salvia pratensis																																							
Sanguisorba minor	2														3		1									1													
Silene flos-cuculi																																					0,1		
Simil deschampsia																																						0,1	
Stellaria media	1	1		0,1	0,1				0,1	0,1		0,1	0,1		0,1					0,1	0,1		0,1		2	0,1											0,1		
Taraxacum officinalis	3	3		10	10	2	5	3	7	2		5								5	1	10	0,1				3	1	0,1										
Terreno nudo											5																												
Trifolium pratense	10	5	5	2	8		2		8	5	20		2											0,1		10	5	5								2	1		
Trifolium repens	4	4			5		1	10	1	5			8	5			3	4	5	2	7		5				5	2	1	1	5								
Trisetum flavescens	5				0,1												10	10	10																			1	
Urtica dioica																																							

SPECIE	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
Arrhenaterum elatius		6																
Achillea millefolium			1					0,1										
Agropyron repens																		15
Agrostis palustris									15					5			8	30
Ajuga reptans							0,1	0,1								0,1		
Alopecurus rendlei	15	11	30	15		10				20	30	10	2	20	10			
Antoxantum odoratum		5		5	20		0,1	25				15	15	5				
Apiaceae serpente																		
Asteracea rucoletta																		
Avena																		
Bellis perennis							0,1											
Brachipodium rupestre							0,1											
Brizza media																		
Bromus hordeaceus												1						
Calepina irregularis	1																	
Capsella bursa pastoris																	5	
Carex hirta	1		10	5	3			1	15	15	10	1		10	10	1		5
Carex spicata		0,1				1												
Carex stellata											5							
Centaurea nigrescens						5										0,1		
Cerastium arvense						1		0,1								0,1		0,1
Cinosurus cristatus			0,1		20	20	40	30	10		10					35		
Cirsium arvense																		
Convolvulus arvensis	0,1							0,1				1						
Cynodon dactilon																		
Dactylis glomerata							5				5	5	2			15		
Daucus carota			0,1		2	7	7	5			0,1					5		
Dianthus superbus														0,1				
Erigeron annuus						3	0,1							0,1		1		
Festuca arrundinacea																		
Festuca pratensis										2	5	2			5			
Festuca rubra			10		20		15	30							5	10		
Fragaria vesca																		
Galium album		1																
Galium molugo										0,1	0,1							
Galium verum		2					1											
Geranium													2					

Glyceria fluitans	16																	
Hypochoeris radicata				0,1		1	0,1								1			
Holcus lanatus	5	5		5				5	3	5	35	1	5	5		20		
Kerneria a pera																		
Lathyrus pratensis																		
Leontodon autumnali																		
Leontodon hispidus																		
Leucanthemum vulgare																		
Lino usitatissimum l.																		
Lolium perenne	11	45	15	50	15			50	50	10	5	40	30	60	15			
Lotus corniculatus							2	1				1			1			
Luzola campestris								0,1										
Pimpinella major							1											
Plantago lanceolata		5	1	0,1	3	6	3	5	1	1		3	1		3		3	
Plantago major																		
Poa pratensis																3		
Poa trivialis	50	5	10	15		35		5	10	5	15	20	20	10	5	40	35	
Potentilla reptans	1	2	0,1	1				0,1	0,1	1	4	1	1	4	2			3
Prunella vulgaris			0,1	0,1	5						0,1				0,1			
Ranunculus acris		1	1	1		5		0,1				7						
Ranunculus bulbosus				2					1				0,1	2				
Ranunculus repens										1	1				3			
Rumex acetosa		12	0,1		0,1	2		1		0,1			0,1					
Rumex acetosella																		
Rumex obtusifolius											1						7	
Salvia pratensis							5											
Sanguisorba minor																		
Silene flos-cuculi													0,1					
Simil deschampsia																		
Stellaria media			0,1	0,1	0,1			0,1				0,1			0,1			
Taraxacum officinalis			5	1		2	3			3	2		4	0,1		2	10	
Terreno nudo																		
Trifolium pratense		1	1	1				0,1		1			1					
Trifolium repens		3	3	1	5		3	2	1	2	1	2	2	4	5	4	0,1	5
Trisetum flavescens							10						6					
Urtica dioica																	5	
Veronica arvensis							0,1					0,1						
Veronica chamaedris		6	0,1							0,1								

Veronica serpyllifolia																		
Vicia hirsuta																		
Vicia sativa																	0,1	0,1

SPECIE PASCOLO OTTOBRE

SPECIE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
<i>Arrhenaterum elatius</i>																															
<i>Achillea millefolium</i>												0,1																			
<i>Agropyron repens</i>																															
<i>Agrostis palustris</i>							30		8				30		5												3	10	5		
<i>Ajuga reptans</i>									10																						
<i>Alopecurus rendlei</i>					15			8																			5			10	
<i>Antoxantum odoratum</i>					5	15			5			3			8												5		10	10	
Apiaceae serpente																														7	
Asteraceae ruculetta	0,1																														
<i>Avena</i>											5																2			3	
<i>Bellis perennis</i>					0,1										0,1										2						
<i>Brachipodium rupestre</i>																															
<i>Brizza media</i>																															
<i>Bromus hordeaceus</i>																															
<i>Calepina irregularis</i>		0,1	0,1	2																											
<i>Capsella bursa pastoris</i>		0,1	0,1																					3							
<i>Carex hirta</i>	0,1	2	5	0,1	10	10	10			5	15				10	1	15	10	10	2		3	3	3					2		
<i>Carex spicata</i>																															
<i>Carex stellata</i>																										5	1				
<i>Centaurea nigrescens</i>																															
<i>Cerastium arvense</i>																															
<i>Cinosurus cristatus</i>					15	10	10	10	2	15		5			10						3	10		15			20	10			
<i>Cirsium arvense</i>																															
<i>Convolvulus arvensis</i>																	1						0,1	0,1				0,1	0,1	0,1	0,1
<i>Cynodon dactilon</i>																									3						
<i>Dactylis glomerata</i>										5					1						1						7	5			
<i>Daucus carota</i>		1			2	2		10				10			2					10	2	30	5	10		5	2		0,1		
<i>Dianthus superbus</i>							0,1			1			0,1														1				
<i>Erigeron annuus</i>								3	2		1												0,1						0,1		
<i>Festuca arrundinacea</i>			15																												
<i>Festuca pratensis</i>			15	30	15						10			25	30			15	15					5							
<i>Festuca rubra</i>						30				20		18	30										20				30	30	55	40	
<i>Fragaria vesca</i>										1	0,1																				
<i>Galium album</i>																															
<i>Galium molugo</i>																											1			2	

SPECIE	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	
Arrhenaterum elatius																															
Achillea millefolium											1																				
Agropyron repens																															
Agrostis palustris									20																	10					
Ajuga reptans																						0,1						0,1	1		
Alopecurus rendlei	3		10															1					5				2				
Antoxantum odoratum	4	8			7							5		10			3					4	15				5	5	4	21	
Apiaceae serpente																															
Asteracea rucoletta												1	0,1																		
Avena																															
Bellis perennis											0,1												0,1		0,1						
Brachipodium rupestre																															
Brizza media															10													2			
Bromus hordeaceus																															
Calepina irregularis																				5											
Capsella bursa pastoris																			5												
Carex hirta			10	3	3				2	2	5	15					5	5				2			0,1						
Carex spicata																												0,1			
Carex stellata			2	1				1	2	1	1																				
Centaurea nigrescens				0,1							1							2													
Cerastium arvense							3																						0,1	0,1	
Cinosurus cristatus		10	3	20	10	9	10	10	20	30	25	3		10			5				40		30	35	25			2	10	1	5
Cirsium arvense																								0,1	40						
Convolvulus arvensis	1				0,1					0,1								4												0,1	
Cynodon dactilon																															
Dactylis glomerata		8	2	3	2																				5						
Daucus carota	5	5	5	2	2		20	6	2		4				0,1		4				10	5	2	5	20	5	1	2			
Dianthus superbus													4	2	1	2	1	1													
Erigeron annuus	1	2											5	5	2	0,1	1							0,1							
Festuca arrundinacea													40									10								5	
Festuca pratensis						10		5				25						7										0,1	7		
Festuca rubra	15	3			10	10	35		15					40	20	20	15	15					5		25			7	25	47	25
Fragaria vesca																															
Galium album																															
Galium molugo																															
Galium verum													2	1		1	2	2					1					2	5	3	2
Geranium			0,1											0,1	5		1											0,1			

SPECIE	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
Arrhenaterum elatius		6																
Achillea millefolium			1					0,1										
Agropyron repens																		15
Agrostis palustris									15					5			8	30
Ajuga reptans							0,1	0,1								0,1		
Alopecurus rendlei	15	11	30	15		10				20	30	10	2	20	10			
Antoxantum odoratum		5		5	20		0,1	25				15	15	5				
Apiaceae serpente																		
Asteracea rucolletta																		
Avena																		
Bellis perennis							0,1											
Brachipodium rupestre							0,1											
Brizza media																		
Bromus hordeaceus												1						
Calepina irregularis	1																	
Capsella bursa pastoris																	5	
Carex hirta	1		10	5	3			1	15	15	10	1		10	10	1		5
Carex spicata		0,1				1												
Carex stellata										5								
Centaurea nigrescens						5										0,1		
Cerastium arvense						1		0,1								0,1		0,1
Cinosurus cristatus			0,1		20	20	40	30	10		10					35		
Cirsium arvense																		
Convolvulus arvensis	0,1							0,1				1						
Cynodon dactilon																		
Dactylis glomerata							5				5	5	2			15		
Daucus carota			0,1		2	7	7	5			0,1					5		
Dianthus superbus														0,1				
Erigeron annuus						3	0,1							0,1		1		
Festuca arrundinacea																		
Festuca pratensis										2	5	2			5			
Festuca rubra			10		20		15	30							5	10		
Fragaria vesca																		
Galium album		1																
Galium molugo										0,1	0,1							
Galium verum		2					1											
Geranium													2					

Glyceria fluitans	16																	
Hipochaeris radicata				0,1		1	0,1								1			
Holcus lanatus	5	5		5				5	3	5	35	1	5	5			20	
Kerneria a pera																		
Lathyrus pratensis																		
Leontodon autumnali																		
Leontodon hispidus																		
Leucanthemum vulgare																		
Lino usitatissimum l.																		
Lolium perenne	11	45	15	50	15			50	50	10	5	40	30	60	15			
Lotus corniculatus							2	1				1			1			
Luzola campestris								0,1										
Pimpinella major							1											
Plantago lanceolata		5	1	0,1	3	6	3	5	1	1		3	1		3		3	
Plantago major																		
Poa pratensis																3		
Poa trivialis	50	5	10	15		35		5	10	5	15	20	20	10	5	40	35	
Potentilla reptans	1	2	0,1	1				0,1	0,1	1	4	1	1	4	2			3
Prunella vulgaris			0,1	0,1	5						0,1				0,1			
Ranunculus acris		1	1	1		5		0,1				7						
Ranunculus bulbosus				2					1				0,1	2				
Ranunculus repens									1	1					3			
Rumex acetosa		12	0,1		0,1	2		1		0,1			0,1					
Rumex acetosella																		
Rumex obtusifolius										1							7	
Salvia pratensis							5											
Sanguisorba minor																		
Silene flos-cuculi												0,1						
Simil deschampsia																		
Stellaria media			0,1	0,1	0,1			0,1				0,1		0,1				
Taraxacum officinalis			5	1		2	3			3	2		4	0,1		2	10	
Terreno nudo																		
Trifolium pratense		1	1	1				0,1		1			1					
Trifolium repens		3	3	1	5		3	2	1	2	1	2	2	4	5	4	0,1	5
Trisetum flavescens							10						6					
Urtica dioica																	5	
Veronica arvensis							0,1					0,1						
Veronica chamaedris		6	0,1							0,1								

Veronica serpyllifolia																			
Vicia hirsuta																			
Vicia sativa																		0,1	0,1

SPECIE PRATO MAGGIO

SPECIE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
<i>Arrhenaterum elatius</i>	5	0,1		10	10				20	30	20	20	10				40	40	48	40	5	40	40	40	32	45	40		30	30
<i>Achillea millefolium</i>																		1											0,1	
<i>Alopecurus rendlei</i>		5																		5	5	2								
<i>Antoxantum odoratum</i>				3	5		2	10	10			10	10	10	12													10	7	
Apiaceae				0,1	0,1	1	1	0,1			3	0,1	10	3	3													2	10	
<i>Bromus hordeaceus</i>																				4										
<i>Bromus mollis</i>	0,1									5																				
<i>Capsella bursa pastoris</i>																		0,1												
<i>Carex hirta</i>																					5				5					
<i>Carex stellata</i>			0,1	5				0,1	1	0,1		1			3	10														10
<i>Centaurea nigrescens</i>														3																
<i>Chenopodium album</i>																														
<i>Cinosurus cristatus</i>				2																										
<i>Cirsium arvense</i>																													1	
<i>Convolvulus arvensis</i>		1			0,1	0,1	0,1	0,1					2								0,1						0,1			
<i>Dactylis glomerata</i>		10	20	8	10	10	3	15	5	10	5	10	10	10	10					0,1							15		3	
<i>Daucus carota</i>																														
<i>Dianthus superbus</i>														0,1															0,1	
<i>Erigeron annuus</i>							0,1																							
<i>Festuca pratensis</i>		10	20	15	15	50	20	15		30		20	10	25	25			8			10						30	20		
<i>Galium molugo</i>								0,1										1					0,1		0,1					
<i>Galium verum</i>																														
<i>Geranium molle</i>			0,1					0,1																			0,1			
<i>Holcus lanatus</i>				5	10	15	5	8	10	10	20	10	10	10	5			5		10			9							10
<i>Teucrium scordium</i>					0,1					0,1	0,1			0,1							0,1									1
<i>Lathyrus pratensis</i>																														
<i>Leucanthemum vulgare</i>					0,1			0,1				2	0,1	3																5
<i>Lolium multiflorum</i>	95	10			15			15									40	40	47	40		40	40	50	10	45	40			
<i>Lolium perenne</i>		40	30	30			30		29		5										35							10		
<i>Lotus corniculatus</i>											0,1																			
<i>Myosotis arvensis</i>						0,1					0,1		0,1		0,1															0,1
<i>Plantago lanceolata</i>		0,1	3		3	5	5	15		1	1	7	5	4	12	25			0,1	1	3							9		
<i>Poa pratensis</i>		20		2	15		5	12									15	5			20	18	10	10	50	10	17		15	
<i>Poa trivialis</i>			20	5		10	15		20		20	15	10	15	20	40												15	10	
<i>Potentilla reptans</i>										0,1											1	1						1		

SPECIE	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	
Arrhenaterum elatius	30	30	25	15	15	35		40	40	50	50	40	25	50	45	15	8	20	40	20	24	35	50	50	20	3	15	30	10	20	
Achillea millefolium									1																			1			
Alopecurus rendlei										5	5					10													5		
Antoxantum odoratum		10			5		30						5			20						2				5	2				
Apiaceae	5			3	3	1																									
Bromus hordeaceus																															
Bromus mollis																											2				
Capsella bursa pastoris																				0,1											
Carex hirta								5																		40					
Carex stellata	3		3	2																								3			
Centaurea nigrescens	1												2																		
Chenopodium album																															
Cinosurus cristatus																															
Cirsium arvense																									40			1	3		
Convolvulus arvensis			0,1	1	0,1		0,1		1							0,1												1	0,1	0,1	
Dactylis glomerata	10	15	7		15	10	15	10																		5					
Daucus carota																															
Dianthus superbus			0,1																												
Erigeron annuus				1																											
Festuca pratensis	2					35	30						25																25		
Galium molugo																															
Galium verum		0,1								2	3		0,1			3				1	0,1	2		2							
Geranium molle																															
Holcus lanatus	10	10	10	3	10		5		10			5				5						5	5	17		10	3	10	5		
Teucrium scordium	0,1	0,1	0,1																								0,1				
Lathyrus pratensis																							7								
Leucanthemum vulgare																															
Lolium multiflorum								30		20	20	10	20	40	45		70	69	50	70	60	50	5	10	20			40	50	68	
Lolium perenne	10		10	10	5	3	10															5				10	5				
Lotus corniculatus																															
Myosotis arvensis	0,1				0,1																						0,1				
Plantago lanceolata	0,1	5	5	15	1		2								1							3			4	8	1				
Poa pratensis	20	25	20	15	10	7	15	12	40	25	10	40	10	10	7	40	20	10	10	7	15		30	20	10	27	5	15		10	
Poa trivialis																															
Potentilla reptans				2				1		0,1						2							0,1	0,1			1				
Ranunculus acris				3																							1				
Rumex acetosa			1										1			2						0,1									

Rumex obtusifolius									1			2			2			0,1			1			10				1
Salvia pratensis								4																			10	
Silene flos-cuculi																												
Stellaria media	0,1	0,1	0,1		0,1			0,1		0,1														0,1	0,1			
Hypochaeris radicata	1																											
Taraxacum officinalis	2		1						4	0,1							1							1			2	
Trifolium pratense	3	1	1	15	4		4	2		1					1										10	1		
Trifolium repens	3	4	5	10	2	4	4			1	0,1	0,1				1	1		1	0,1			1	3	10		1	
Trisetum flavescens		10	10	5	30	5	15				5														15			
Veronica arvensis	0,1	0,1	0,1		0,1		0,1																	0,1				
Veronica chamaedris																												
Vicia sativa																												

SPECIE	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
<i>Arrhenaterum elatius</i>	30	55	30	35	39	7	50	40	7	55	30	40	30	30	40
<i>Achillea millefolium</i>	0,1								1					0,1	
<i>Alopecurus rendlei</i>						3									
<i>Antoxantum odoratum</i>				2				2			5			5	
Apiaceae											0,1		0,1		
<i>Bromus hordeaceus</i>															
<i>Bromus mollis</i>															
<i>Capsella bursa pastoris</i>															
<i>Carex hirta</i>						20	10								
<i>Carex stellata</i>															
<i>Centaurea nigrescens</i>									4		2				
<i>Chenopodium album</i>															
<i>Cinosurus cristatus</i>															
<i>Cirsium arvense</i>									1		2	2			5
<i>Convolvulus arvensis</i>		0,1				0,1	2				0,1				
<i>Dactylis glomerata</i>							5								
<i>Daucus carota</i>															
<i>Dianthus superbus</i>															
<i>Erigeron annuus</i>															
<i>Festuca pratensis</i>									5	4	5	10	50	50	
<i>Galium molugo</i>	1		1		0,1			2	2						
<i>Galium verum</i>	0,1														
<i>Geranium molle</i>															
<i>Holcus lanatus</i>		5	5	4								5			
<i>Teucrium scordium</i>															
<i>Lathyrus pratensis</i>															
<i>Leucanthemum vulgare</i>															
<i>Lolium multiflorum</i>	38	43	35	35	39		12	55	40	40	35	0,1	15	10	40
<i>Lolium perenne</i>						50									
<i>Lotus corniculatus</i>															
<i>Myosotis arvensis</i>															
<i>Plantago lanceolata</i>						0,1	1		5		0,1		1		
<i>Poa pratensis</i>	30		26	25	20	19	20		3		10	40		5	15
<i>Poa trivialis</i>															
<i>Potentilla reptans</i>															
<i>Ranunculus acris</i>															
<i>Rumex acetosa</i>						0,1			4						

Rumex obtusifolius	1			1			10	1	1	1		
Salvia pratensis							2					
Silene flos-cuculi												
Stellaria media							0,1				0,1	
Hypochaeris radicata												
Taraxacum officinalis		2	1	1			0,1			1		1
Trifolium pratense							1				3	
Trifolium repens			2	1			5			1	1	1
Trisetum flavescens							5					
Veronica arvensis												
Veronica chamaedris											0,1	
Vicia sativa												

SPECIE PRATO SETTEMBRE

SPECIE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
<i>Arrhenaterum elatius</i>																					10				5	40					
<i>Achillea millefolium</i>																					0,1						5		3		
<i>Amaranthus retroflexus</i>																															
<i>Carex hirta</i>																															
<i>Carex spicata</i>																															
<i>Carex stellata</i>																					2	5			40						
<i>Centaurea nigrescens</i>												7	10										10					10	15		
<i>Chenopodium album</i>																								5							
<i>Cinosurus cristatus</i>																					8										
<i>Cirsium arvense</i>																															
<i>Convolvulus arvensis</i>		3			0,1	0,1	0,1						2	3	4			25	20	5		5	0,1		40		20		5		
<i>Cynodon dactylon</i>						1	10									73															
<i>Dactylis glomerata</i>										5	25																				
<i>Daucus carota</i>							0,1	1					5	6								0,1								5	
<i>Digitaria sanguinalis</i>																											5				
<i>Echinochloa crus-galli</i>	40	2				1		0,1	5																						
<i>Festuca arundinacea</i>						10						1	20	16	14													2		10	
<i>Festuca pratensis</i>																															
<i>Festuca rubra</i>																		15						0,1	5					3	
<i>Galium album</i>																						0,1									
<i>Galium molugo</i>																									5						
<i>Galium verum</i>											0,1																				
<i>Holcus lanatus</i>												0,1	3	3																	
<i>Teucrium scordium</i>											0,1																				
<i>Leucanthemum vulgare</i>																															0,1
<i>Lolium multiflorum</i>																											10				
<i>Lolium perenne</i>		8	10	30	40	45	5		40													20						5		5	
<i>Lotus corniculatus</i>																												2			
<i>Plantago lanceolata</i>		40	30	15	10	5	50	50		10	5	5	13	16	36	5		5			10	10		30				65	25	5	
<i>Plantago media</i>																5															
<i>Poa pratensis</i>							1	2								5						20			0,1						
<i>Polygonum aviculare</i>																												8			
<i>Potentilla reptans</i>										0,1												0,1		0,1	0,1		0,1				
<i>Ranunculus acris</i>					0,1				0,1		0,1																				
<i>Ranunculus repens</i>																															0,1

SPECIE	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60		
Arrhenaterum elatius									5	5	10	20	10	20	4	10	10	5	30	0,1	15	8	30	55	30				10	5		
Achillea millefolium												3				0,1					5		12					0,1	0,1			
Amaranthus retroflexus																									3							
Carex hirta																2																
Carex spicata								5									5									35						
Carex stellata																																
Centaurea nigrescens	12	2			5		2				0,1																18		10			
Chenopodium album																																
Cinosurus cristatus																																
Cirsium arvense																																
Convolvulus arvensis			10	0,1				2	10	15			3	1	3	2		0,1	10		10	40	3		0,1	5	0,1			1		
Cynodon dactylon		5			3			55		3															10	2						
Dactylis glomerata		20			5																											
Daucus carota				2	3		5									0,1														0,1		
Digitaria sanguinalis						5						5	5			10										15	20	10		10		
Echinocloa crus-galli																																
Festuca arundinacea					30	10	5				15			10		3															15	
Festuca pratensis																																
Festuca rubra				3		2				2																						
Galium album															8	0,1																
Galium molugo		0,1							5	0,1	0,1	20	30							15	30	20	25	10	20				5	0,1		
Galium verum																																
Holcus lanatus						0,1																10	0,1		0,1				0,1			
Teucrium scordium																																
Leucanthemum vulgare																																
Lolium multiflorum													0,1						0,1		5	0,1		5		5					3	
Lolium perenne		5			0,1	0,1			20	10	10		0,1	10	3	3						10		5		0,1			20	30		
Lotus corniculatus					2																											
Plantago lanceolata	20	15	10	10		3	25			0,1	5	15		10		10			5			2			30	3	25	10		4		
Plantago media																																
Poa pratensis		2				0,1										5						5										
Polygonum aviculare																																
Potentilla reptans				0,1		10		2		0,1			0,1			0,1		0,1	0,1			0,1		0,1								
Ranunculus acris							5									0,1																
Ranunculus repens																																
Rumex acetosa		2												3	0,1				5					0,1								
Rumex crispus															1																	

Rumex obtusifolius										8	5	10		5	10	5		30	30		15	5		5	15					1	2	
Setaria viridis	50	40	65	75	40	60	30	35	50	55	45	30	30	20	20	30	40	45	30	20	15	25	25	0,1	20	20	30	60	20	15		
Sorghum halepense																																
Tarassaco laciniato				0,1												15																
Taraxacum officinalis	8				8	5	8	0,1	2	2		2	15		5	2	15	10	10	30		0,1			0,1	0,1		4	2	3		
Trifolium pratense		3		5	0,1	2	5					5																2			1	
Trifolium repens	10	5	15	5			15	0,1		3		0,1		2		3			0,1		0,1		5	10	2	20	5	4	5	5		

SPECIE	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
Arrhenaterum elatius	10	20	10	10	20			10							5
Achillea millefolium	1							0,1						0,1	
Amaranthus retroflexus															
Carex hirta															
Carex spicata						20									
Carex stellata															
Centaurea nigrescens											10		2		
Chenopodium album															
Cinosurus cristatus															
Cirsium arvense										50	1	1			1
Convolvulus arvensis	1	4	4	30	1	1	3	3	2	0,1		2		0,1	4
Cynodon dactylon												30			
Dactylis glomerata															
Daucus carota											1				
Digitaria sanguinalis	10			10		5	10				20		4		
Echinocloa crus-galli				0,1					2					1	
Festuca arundinacea	5								10						
Festuca pratensis														20	2
Festuca rubra															
Galium album															
Galium molugo	1	0,1						1					0,1		
Galium verum															
Holcus lanatus															
Teucrium scordium															
Leucanthemum vulgare															
Lolium multiflorum		10								5	10			10	
Lolium perenne	10		20		30	30	40	30	20	20	10	10	10		30
Lotus corniculatus															
Plantago lanceolata	5	2			5	3	10	2		3	5	10	8	3	10
Plantago media															
Poa pratensis						30					5				
Polygonum aviculare								0,1			3				
Potentilla reptans		0,1	0,1						1						
Ranunculus acris															
Ranunculus repens															

Rumex acetosa			0,1						0,1						
Rumex crispus															
Rumex obtusifolius			1	4	2							5	0,1	2	8
Setaria viridis	35	15	30	30	20	5	15	40	40	10	10	2	20	30	15
Sorghum halepense															
Tarassaco laciniato															
Taraxacum officinalis	1	5	1		1			4	4	1				1	2
Trifolium pratense	1											2	1		
Trifolium repens	4	10	8			0,1		2	3		5	2	5	4	