

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO

Facoltà di Scienze Agrarie e Alimentari

Corso di Laurea Triennale in:

Valorizzazione e Tutela dell'Ambiente e del Territorio Montano



CONSIDERAZIONI FLORISTICO-VEGETAZIONALI SUL RIPRISTINO AMBIENTALE DI UN'AREA NEI PRESSI DEI LAGHI DI CANCANO, VALDIDENTRO (SO)

Relatore: Prof.ssa Annamaria GIORGI

Correlatore: Dott. Luca GIUPPONI

Elaborato finale di:

Marta GIANOLI

Matr. 824554

Anno Accademico 2015-2016

INDICE GENERALE

1. Introduzione.....	4
1.1 Interventi di mitigazione degli impatti antropici.....	4
1.2 Obiettivi del lavoro.....	4
2. Area di studio.....	5
2.1. Inquadramento geografico.....	6
2.2. Inquadramento geologico.....	7
2.3. Inquadramento climatico.....	8
2.4. Caratteristiche della copertura del suolo.....	11
2.5. Note storiche.....	14
2.6. Opere di costruzione e ripristino.....	18
2.6.1. Rimboschimento.....	22
2.6.2. Inerbimento.....	24
3. Materiali e metodi.....	27
3.1. Raccolta dei dati vegetazionali - Il rilievo fitosociologico.....	27
3.2. Cluster analysis.....	30
3.3. Indici pastorali.....	30
3.4. Spettro biologico.....	33
3.4.1. Le forme biologiche di Raunkiaer.....	33
4. Risultati.....	34
4.1. Elenco floristico.....	34
4.2. Dendrogramma.....	35
4.2.1. <i>Cluster 1</i> - Prateria con impianti di pino mugo e larice.....	36
4.2.1.1. Descrizione.....	36
4.2.1.2. Diffusione della specie.....	38
4.2.1.3. Valore pastorale.....	39
4.2.1.4. Spettro biologico.....	39
4.2.2. <i>Cluster 2</i> - Prateria a trifoglio ladino e achillea millefoglie.....	40
4.2.2.1. Descrizione.....	40
4.2.2.2. Diffusione della specie.....	42

4.2.2.3. Valore pastorale.....	43
4.2.2.4. Spettro biologico.....	43
4.2.3. <i>Cluster 3- Vegetazione dei ghiaioni calcarei</i>	44
4.2.3.1. Descrizione.....	44
4.2.3.2. Diffusione della specie.....	46
4.2.3.3. Valore pastorale.....	47
4.2.3.4. Spettro biologico.....	47
4.2.4. <i>Cluster 4- Mugheta</i>	48
4.2.4.1. Descrizione.....	48
4.2.4.2. Diffusione della specie.....	49
4.2.4.3. Valore pastorale.....	49
4.2.4.4. Spettro biologico.....	50
4.3. Confronto tra Cluster.....	51
4.4. Confronto valori pastorali.....	51
4.5. Spettri biologici.....	53
5. Discussione e conclusioni.....	54
6. Ringraziamenti.....	57
7. Bibliografia.....	58
8. Sitografia.....	58

1.INTRODUZIONE

1.1 Interventi di mitigazione degli impatti antropici

Gli interventi di ripristino ambientale e di mitigazione degli impatti antropici assumono un ruolo fondamentale in tutti i casi di realizzazione di nuove opere e ogniqualvolta si operino trasformazioni territoriali, soprattutto in presenza di una perdita di ambienti naturali e, tanto più, qualora l'opera vada a impattare *habitat* di interesse comunitario.

La riduzione e mitigazione delle alterazioni apportate all'ambiente dalla costruzione delle opere deve essere parte integrante della progettazione dell'opera stessa. In tale contesto gli studi naturalistici assumono grande importanza e, di conseguenza, diventano necessari l'ampliamento della base conoscitiva e l'approccio multidisciplinare. Il contributo che gli studi botanici possono fornire nel corso della progettazione diventa quindi molto importante nella fase di analisi preliminare, nell'individuazione degli interventi da condurre (Blasi e Paoletta, 1992; Blasi et al., 1995) e nel monitoraggio del sistema una volta realizzate le opere. Solo un'approfondita conoscenza funzionale, strutturale e dinamica della flora e della vegetazione del sito interessato dall'opera permetterà di mitigare gli impatti da un punto di vista ecologico e di giungere a un inserimento il più possibile compatibile con l'unità ambientale e di paesaggio di riferimento. Si deve quindi intervenire attraverso soluzioni che favoriscano le dinamiche evolutive naturali e portino di conseguenza, nel tempo, a sistemi stabili e duraturi perché in equilibrio con l'ambiente circostante, tenendo presente che la costruzione dell'opera può innescare processi di degradazione a carico degli ecosistemi, i quali possono subire una perdita di funzioni essenziali per l'esistenza di molte specie animali e vegetali.

1.2 Obiettivi del lavoro

Lo scopo di questo lavoro è quello di monitorare lo sviluppo della vegetazione dopo la realizzazione di un intervento di naturalizzazione di versante (realizzato nel 2005 presso il lago di Cancano, Valdidentro SO, attraverso tecniche tradizionali e di ingegneria naturalistica). Ciò al fine di poter formulare delle considerazioni sugli obiettivi dell'intervento e sull'efficacia delle opere realizzate.

2. AREA DI STUDIO

L'area di studio è situata in Val Fraele, e consiste in un appezzamento di circa 43.939 m² localizzato nei pressi della diga di Cancano (Figura 1). La diga, denominata “diga di San Giacomo”, è stata costruita a monte della diga preesistente nota come “diga di Cancano I”. L'appezzamento è situato a valle del versante della montagna che confina con il comune di Bormio e di Valdidentro, e si estende partendo da una quota di 1910 m arrivando a una quota di circa 1980 m. Il pendio è di origine artificiale e deriva dal deposito di materiale (smarino) derivato dalla realizzazione del “canale Viola”, canale che comprende diversi torrenti delle valli limitrofe e che porta le loro acque alla diga. A seguito della realizzazione del canale, sono state imposte dal Parco Nazionale dello Stelvio delle opere di ingegneria naturalistica che includevano semine ed altre opere di mitigazione e naturalizzazione del versante. L'obiettivo del lavoro era quindi quello di rendere il pendio più naturale e dunque di mitigare l'impatto antropico.



Figura 1: Area di studio - rinverdimento su strato di smarino (anno 2015).

2.1 Inquadramento geografico

La valle di Fraele, inclusa nel Parco Nazionale dello Stelvio dal 1977, è un' ampia conca che si apre sul versante idrografico sinistro della Valdidentro, valle situata ad ovest dell'abitato di Bormio. I suoi confini toccano i comuni di Valdisotto, Grosio, Poschiavo (Svizzera), Livigno, Zernez (Svizzera), Val Monastero (Svizzera) e Bormio (Figura 2).

Dal punto di vista idrografico la vallata appartiene al bacino imbrifero dell'Adda.



Figura 2: Inquadramento geografico dell'area di studio – L'ubicazione dell'area ripristinata è indicata dal cerchio rosso.

Il bacino idrografico risulta parzialmente sotteso e le sue acque, convogliate nella diga artificiale di San Giacomo, vengono restituite al suo alveo naturale dopo essere state sfruttate per la produzione di energia nella centrale idroelettrica di Premadio. La valle che geograficamente ha inizio nei pressi delle note Torri di Fraele è posta ad una quota di circa 1941 m.s.l.m. e discende leggermente fiancheggiando una piccola depressione colma delle acque del Lago delle Scale per poi risalire un dosso dal quale si apre l'immensa conca di origine glaciale. Il fondovalle è rappresentato da un paesaggio fortemente modificato dalla costruzione dei bacini idroelettrici (Il lago di S.Giacomo di Fraele e il lago di Cancano) che tuttora rappresentano le unità ambientali di maggior rilievo. La presenza delle due grosse dighe non permette l'esplorazione del

fondovalle, il cui profilo emerge quasi completamente nella stagione invernale quando il livello delle acque si abbassa notevolmente.

La vegetazione originaria della conca inondata è naturalmente scomparsa lasciando un substrato limoso del tutto sterile. Il paesaggio originario era rivestito di praterie secondarie pascolate disposte intorno al piccolo villaggio di S.Giacomo, abitato solo nel periodo estivo. Il panorama è caratterizzato da un uniformità paesaggistica insolita: i versanti e le cime delle montagne che delineano la valle sono quasi interamente formati da rocce calcaree e ghiaioni mentre le pendici sono ricoperte dalla copertura ininterrotta di boscaglia a pino mugo che raramente si dirada lasciando spazio a piccoli lembi di prateria basifila alpina e ghiaioni.

2.2 Inquadramento geologico

La fascia nord-occidentale del Parco Nazionale dello Stelvio, nella quale ricade l'area in studio, è costituita prevalentemente da rocce sedimentarie; si tratta di formazioni marine calcareo-dolomitiche di età geologica compresa tra il Trias inferiore (che nella scala dei tempi geologici è il primo periodo del Mesozoico o Era Secondaria, compreso tra $252,2 \pm 0,5$ milioni e $201,3 \pm 0,2$ milioni di anni fa, tra il Permiano e il Giurassico) e tutto il Lias o Giurassico inferiore (la prima delle tre epoche in cui è suddiviso il periodo Giurassico) (Figura 3).

I principali litotipi, ossia l'insieme dei caratteri litologici essenziali per la definizione e la descrizione di una roccia in termini geologici, presenti in questo settore sono: calcari e calcari marnosi neri, dolomie grigio cristalline e calcari dolomitici. Quest'ultimi in particolare sono quelli presenti sul territorio della Valle di Fraele. I versanti e le creste costituite da questi litotipi, che delimitano la valle, presentano quasi sempre una morfologia più blanda (cime poco elevate, forme arrotondate) rispetto ai rilievi formati da rocce magmatiche e metamorfiche. Questo si osserva perché i metamorfiti (ossia litotipi di origine metamorfica) presentano scistosità e hanno caratteristiche meccaniche più scadenti e quindi meno resistenti all'azione erosiva degli agenti esogeni. Tutti questi ammassi rocciosi presentano un interessante contenuto di fossili, costituito prevalentemente da invertebrati marini. Il paesaggio della Val Fraele, dal punto di vista morfologico, è stato fortemente condizionato dall'azione modellatrice esercitata dai ghiacciai che ricoprivano le Alpi nel quaternario, come lo dimostra l'estesa conca di sovraescavazione glaciale

caratterizzata da un profilo trasversale a “U”. La conferma di ciò è data dalle evidenti striature causate dall'abrasione glaciale sulle rocce che caratterizzano le montagne della valle, in particolare su un masso roccioso in Alpe Trela: rocce fortemente levigate dal passaggio di un antico ghiacciaio le cui direzioni sono rivolte a Nord verso la Valle di Fraele. Le altre forme tipiche del territorio sono imputabili all'azione erosiva di movimenti di massa quali frane e slavine.

E' interessante riportare che durante una campagna glaciologica, il glaciologo Bellotti rinvenne in Val Fraele una roccia più dura del granito, la diorite anfibolica, trovata anni prima sulle montagne che coronano la Cima Piazzì (Livigno). Anche questa roccia appena rinvenuta apparve completamente levigata ad opera di un ghiacciaio. L'appartenenza di una roccia di tale tipologia alla Val Fraele, zona, come detto precedentemente, dominata dalla formazione calcarea, appare improbabile; la roccia è quasi sicuramente originaria del Gruppo Montuoso Piazzì e qui trasportata nei millenni dall'imponente ghiacciaio.



Figura 3: Rocce calcareo-dolomitiche.

2.3 Inquadramento climatico

La Val di Fraele è contraddistinta da un clima tipicamente alpino caratterizzato da estati brevi e fresche ed inverni lunghi e rigidi. Le analisi riportate di seguito sono state condotte sulla base dei dati rilevati dalla stazione meteorologica di Livigno (Vallaccia)¹, nel periodo compreso tra il 2003 e il 2015.

La stazione è posta a 2650 m di altitudine m.s.l.m. ed è esposta a Nord-ovest ad una

¹ www.idroarpalombardia

latitudine di 46° 28' 40" e una longitudine di 10° 12' 20", ed è dotata di sensori di misura di temperatura e di precipitazioni

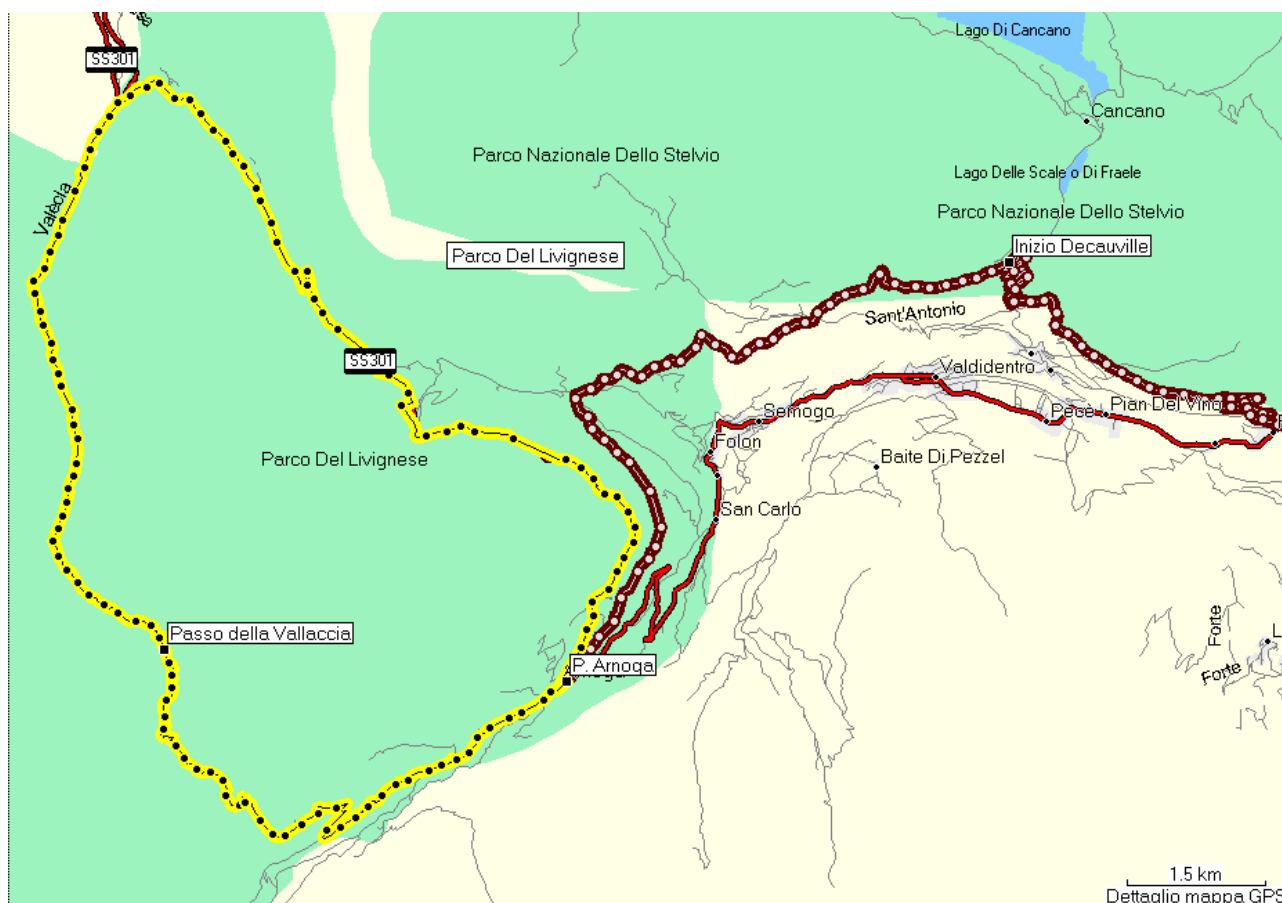


Figura 4: La stazione meteorologica più vicina all'area in studio è la stazione nivo-meteorologica di Vallaccia (Livigno).

Il regime termico rilevato dal Servizio Idrometeorologico Arpa Lombardia, nel periodo analizzato, evidenzia una temperatura media dei mesi più caldi (giugno-luglio-agosto-settembre) pari a 6,80°C mentre la temperatura media dei mesi invernali (dicembre-gennaio-febbraio-marzo) risulta essere pari a -7,25°C. Nel periodo invernale le temperature minime risultano essere di -24,4°C e le massime di 8,5°C, nel periodo primaverile si sono riscontrate temperature minime di -23,4°C e massime di 16,2°C, nei mesi estivi le temperature hanno raggiunto picchi massimi di 20,3°C e minimi di -8,6°C, infine nei mesi autunnali gli estremi osservati sono di -21°C (minima) e 17,1°C (massima).

Per quanto riguarda il regime pluviometrico la precipitazione media annua si attesta ad un valore di circa 760 mm/anno; nelle tabelle che seguono vengono riportate le medie mensili (Tabella 1) e annue dal 2003 al 2015 (Tabella 2).

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
gennaio	/	0	2	8,6	11	11,8	0	/	5,2	/	6,6	6,2	0,8
febbraio	/	22,8	1,2	18,4	19,2	5,4	12,8	12	21,2	26,2	5,8	14,6	43
marzo	14,2	64,4	26,4	33,4	44	28	74,6	43,4	46,8	40,2	48,2	58,6	15,8
aprile	37,2	63,6	57,2	48,2	5,8	93,4	78,8	30	13	116,4	114,8	57	25,4
maggio	107,2	81,2	73,6	69,8	134,2	119,6	28	138,8	64	68,2	140	52,2	130,2
giugno	52,6	49,6	49,4	64,6	127,4	145,8	85,8	72	209,8	171	87,2	107	91,4
luglio	120,4	153	88,6	111,2	112	252,2	140,8	55,2	168,4	148,8	64,6	176	56
agosto	121	102,6	134,8	134,2	167,8	110	61,2	174,4	88,6	131,8	113,2	135,8	137,4
settembre	25,2	44	70,4	80,2	92	121,4	62,8	128,6	56,2	162,4	63,2	/	179,2
ottobre	55,6	83,4	66	98,4	36	13,6	37,6	67,6	50	52	186,8	/	104,8
novembre	39,6	133,6	20,8	12,8	3,4	61	28,8	58,2	61,4	135,2	49,8	/	1,2
dicembre	0,6	0,8	0	1	1,8	0,4	1,8	/	/	10,8	1,4	/	3
media annua	573,6	799	590,4	680,8	754,6	962,6	613	780,2	784,6	1063	881,6	607,4	788,2

Tabella 1: medie mensili delle precipitazioni dal 2003 al 2015.

	media mensile decennio
GENNAIO	5,2
FEBBRAIO	16,9
MARZO	43,7
APRILE	57,0
MAGGIO	92,8
GIUGNO	101,0
LUGLIO	126,7
AGOSTO	124,1
SETTEMBRE	90,5
OTTOBRE	71,0
NOVEMBRE	50,5
DICEMBRE	2,2

Tabella 2: medie annue delle precipitazioni dal 2003 al 2015.

L'esposizione della Valle rende possibile, durante tutto l'anno, un accumulo di energia termica attraverso un elevato soleggiamento. La località, soggetta come detto ad una certa esposizione solare, è interessata da un'elevata ventosità, costituita dalle brezze di monte e di valle che concorrono ancora di più ad asciugare il terreno e rendere difficili le condizioni di sopravvivenza di molte specie vegetali.

L'orografia della vallata gioca un ruolo fondamentale e determinante per quanto riguarda le precipitazioni: il periodo pluviometrico è caratterizzato da precipitazioni più abbondanti da aprile a novembre, periodo che presenta due massimi significativi a maggio e a novembre, mesi che precedono l'ingresso nell'estate e nell'inverno, rispettivamente.

2.4 Caratteristiche della copertura del suolo

La valle di Fraele si sviluppa da un' altezza di 1941 m.s.l.m (torri di Fraele) arrivando fino ad una altitudine di circa 2500 m (Figura 5). In questa fascia altitudinale troviamo le mughete, seguite più sporadicamente da lariceti e larici-cembreti: piante arboree-arbustive che lasciano man mano spazio ai cespuglieti, a qualche piccolo pascolo ed infine alle rocce e alle nicchie nivali (Figura 6).

Il pino mugo (*Pinis mugo*) ricopre vasti ettari di suolo calcareo e riempie quasi interamente la val di Fraele attorno ai laghi. La copertura vegetale delle propaggini laterali ci danno comunque un' indicazione sulle comunità vegetali che dovevano costituire il paesaggio prima che le dighe fossero costruite. La varietà di pino mugo caratteristica di questa valle è prevalentemente a portamento eretto ma non manca la varietà prostrata soprattutto nei canali di ghiaione. Il pino mugo a portamento strisciante si insedia infatti su questi terreni calcarei esercitando un'azione di consolidamento dei ghiaioni. La presenza della mugheta è conseguenza della morfologia del territorio e della reazione basica del suolo.



Figura 5: vista della Val Fraele e Laghi di Cancano

La prevalenza di ghiaioni mobili generatisi in seguito alla disgregazione delle pareti rocciose dolomitiche costituiscono l'*habitat* ideale per il pino mugo, capace di ancorarsi nel substrato mobile e povero e di penetrare con le sue radici frenando i movimenti di massa. Costeggiando le dighe, in un paesaggio dominato da mughi e scarsamente vario, si trovano saltuariamente canali percorsi nel tardo inverno da valanghe. In questi tratti la vegetazione risulta quasi completamente priva di specie arboree o arbustive, si nota solo la presenza di alcuni pini mughi dal portamento

prostrato, con rami aderenti al suolo che si sono opposti con grande successo alla forza delle slavine. La maggior parte delle boscaglie a pino mugo del territorio appartengono all'associazione denominata "*Erico-Mugetum*" (boscaglia a pino mugo ed erica) dove lo strato basso erbaceo-arbustivo è dominato da cespugli di erica (*Erica carnea*). La presenza dell'erica e contemporaneamente l'assenza del rododendro, deriva dalle caratteristiche del suolo: arido e con un ricoprimento di neve meno prolungato poiché esposto ad una maggior insolazione. Per questo motivo nella valle si nota anche l'insediamento naturale di specie più termofile.

Superato il muraglione del bacino artificiale si osserva uno scenario diverso costituito da praterie originate dalle attività antropiche di disboscamento e decespugliamento aventi come scopo lo sfalcio o l'utilizzo del suolo a pascolo. Se l'azione dell'uomo non persistesse su queste praterie comprese nella fascia boschiva, in breve tempo le specie arboree spontanee ripristinerebbero il territorio. Nelle praterie, per quanto riguarda la vegetazione erbacea, si segnala la frequente presenza dell'associazione *Caricetum firmae* tipica dei suoli basici o neutri.



Figura 6: mugheta in Val Fraele.

Superati i 2000m di altitudine le condizioni climatiche e ambientali sono favorevoli soprattutto agli arbusti: i cespuglieti a ginepro nano (*Juniperus nana*) è tipico di questi

suoli aridi che caratterizzano la vallata. In generale, nei boschi del Parco Nazionale dello Stelvio, a quote elevate si trovano boscaglie di larice (*Larix decidua*) in associazione col pino cembro (*Pinus cembra*) e il pino mugo (*Pinus mugo*) che molte volte, specie in suoli poco ricchi, assumono un portamento arbustivo, strisciante o nano. Decisamente meno vistose, ma altrettanto importanti, sono le numerose specie di salici arbustivi.

Attorno ai 2000-2300 m di altitudine i cespugli contorti cominciano a sfumare nelle praterie alpine. La scarsa profondità dei suoli alpini lascia che la roccia madre sottostante eserciti un forte influsso sulla vegetazione. Sopra le rocce calcaree si sviluppano pascoli naturali ricchi in specie basifile. Nei pascoli calcarei si possono quindi osservare comunità acidofile, con i vari stadi intermedi. In base alla dominanza della specie vegetale che caratterizza il pascolo, si distinguono diverse praterie calcaree :

- Facies a *Dryas octopetala* (L.) e *Sesleria varia* (Jacq.);
- Facies a *Sesleria varia* (Jacq.), *Carex sempervirens* (Vill.), *Antyllis vulneraria* (L.);
- Facies a *Elyna myosuroides* (Vill.);
- Facies di transizione verso le praterie acidofile naturali;
- Facies di transizione i pascoli pingui.

Nella valle, e più precisamente nell'area interessata dai lavori di ripristino, si riscontra la facies a *Sesleria varia*, *Carex sempervirens* e *Antyllis vulneraria*; questa categoria rappresenta la classica prateria delle zone calcaree con molte specie pastorali ed un variegato profilo floristico e predilige le zone pianeggianti, innestate, umide e calde. Le specie più comuni sono: *Antennaria dioica* (L.), *Antyllis vulneraria* (L.) (Figura 7), *Campanula scheuchzeri* (Vill.), *Carex sempervirens* (Vill.), *Carlina acaulis* (L.) (Figura 8), *Luzula spicata* (L.), *Polygonum viviparum* (L.), *Ranunculus montanus* (Willd.), *Sempervivium montanum* (L.), *Sesleria varia* (Jacq.) (Figura 9).



Figura 7: *Antyllis vulneraria*



Figura 8: *Sesleria varia*



Figura 9: *Carlina acaulis*

2.5 Note storiche

Sul territorio della Valdidentro correvano due strade importanti definite nei documenti medievali “strade regali” ovvero di diritto del Re: quella dell' Umbrail (che portava ai Bagni di Bormio) e quella di Fraele, strade pubbliche per eccellenza, che dalla seconda metà del Settecento, con la carreggiabile che portava in Valtellina, si preferirà definire “Imperiali”(Fumagalli et al., 2004) . La strada di Fraele fu definita “via longa”. Essa attraversava Premadio per poi risalire il bosco fino a fiancheggiare la piccola contrada di Degola e raggiungeva, mediante scale costruite sulla roccia, le Torri per poi percorrere tutta la Val Fraele e scendere infine in Val Monastero. Fino alla metà del 1800 era una delle valli più importanti della Valtellina in quanto questa strada era un punto di collegamento per il commercio con il Centro Europa. Le merci più commerciate erano il sale, acquistato nelle saline di Hall, poco lontano da Innsbruck in Austria ed il vino.

L'importanza strategica del passo e della valle è testimoniata proprio dalla presenza dei ruderi delle Torri di Fraele costruite nel periodo visconteo precisamente nel 1391 per la difesa della via di transito (Figura 10). Queste due costruzioni rappresentavano una parte del sistema difensivo del Contado di Bormio. Inoltre le Torri, poste a circa

1940 m.s.l.m. di quota, erano le sentinelle del passo che collegava la Valtellina con la Valmüstair, l'Engadina e il Tirolo. La posizione delle stesse rendeva piuttosto difficoltoso conquistarle, anche per via delle guardie che le presidiavano come attesta un documento del 1435 e per via di un'ulteriore fortificazione eseguita nel 1481.



Figura 10: Torri di Fraele

La Valdidentro e le sue valli tra cui la Val Fraele sono note anche per la presenza di miniere di ferro e di forni per la fusione di questo minerale. L'attività siderurgica richiedeva un notevole consumo di legname e carbone. Nei boschi si possono tutt'ora osservare tracce di quest'antica attività: spiazzetti di terriccio nero dove si preparava la catasta di legname che dopo una lenta combustione generava il carbone. Un'altra attività era la produzione di calce che richiedeva oltre al consumo di legna anche l'utilizzo della pietra calcarea.

La storia e lo sviluppo della Valdidentro nel XX secolo si intrecciano in modo inscindibile con gli impianti dell'AEM (Azienda Elettrica Municipale).

La domanda di energia elettrica crebbe in modo esponenziale nel secondo decennio del Novecento per via delle esigenze della produzione nel periodo della guerra. Il notevole divario tra le portate estive e quelle invernali dei fiumi richiesero costanti investimenti all'AEM, che non riusciva più a far fronte alle richieste. Nel 1922 i tecnici predisposero un progetto di diga a gravità a pianta arcuata per immagazzinare l'acqua in quota al fine di arginare i pericoli di *black out*: nel programma c'era la costruzione di un imponente serbatoio in Val Fraele. L'intervento si concretizzò nella realizzazione di un vaso di circa 24,5 milioni di m³, alto ben 43 m che fu terminato

nel 1928. Quest'opera, denominata “Cancano I”, sancì l'inizio della presenza dell'azienda in Val Fraele: da qui, con un salto di 513 m, l'acqua raccolta dal canale Viola raggiungeva le turbine della centrale ubicata a Rasin. Anche negli anni del fascismo la presenza dell' AEM continuò l'attività potenziando gli impianti già realizzati e costruendo *ex novo* strutture fondamentali per un servizio di trasmissione più rapido e sicuro.

Nel 1939 l'AEM iniziò la realizzazione di un secondo grande invaso a Cancano, la diga di San Giacomo, ubicata a monte di quella di Cancano I, opera la cui costruzione non verrà del tutto sospesa durante la seconda guerra mondiale. Data l'importanza strategica ed economica di questi due sbarramenti, le dighe furono fortemente difese dalle brigate partigiane della zona. La distruzione di questi immensi invasi avrebbe comportato l'allagamento di gran parte della valle. Per molte persone quali partigiani, operai e dirigenti di AEM quelli furono gli anni di “Digapoli” (Figure 11 e 12), il villaggio costruito ai piedi della diga, sommerso successivamente dalle acque, che per molti anni fu la casa di molti operai. I ruderi di queste costruzioni si possono ancora osservare quando viene attuato lo svuotamento di questi due bacini artificiali.



Figura 11: Antiche foto di Digapoli (anno 1940).



Figura 12: Villaggio di Digapoli.

Una curiosità da ricordare è la seguente: per la costruzione della Diga di S. Giacomo venne costruita una linea filoviaria di 60 km gestita dall'AEM e finalizzata al trasporto di materiali e degli addetti ai lavori (Figura 13). La filoviaia, costruita con pali di cemento armato, era caratterizzata dai famosi “filocar” che trasportavano i materiali edili dalla stazione di Tirano alla Prima Cantoniera dello Stelvio. Da qui il materiale proseguiva per altri 7,5 km per via di una teleferica fino a raggiungere la Val di Fraele ad una quota di 1950 m.s.l.m..

Al termine della seconda guerra mondiale l'AEM riprese la propria attività e portò a termine la realizzazione della diga di San Giacomo, una struttura di quasi cento metri d'altezza con una capienza di 64 milioni di metri cubi di acqua che funzionò da subito anche come centrale di pompaggio. L'invaso di San Giacomo all'epoca fu annoverato come il più grande sbarramento europeo per il volume di calcestruzzo impiegato per la sua realizzazione [citazione (Valdidentro-Storia Paesi Gente)].

All'inizio del 1952 fu inoltre dato avvio ai lavori per la costruzione della centrale di Premadio e della nuova diga di Cancano, la “Cancano II” che, ultimata nel 1956, andò a sommergere la vecchia diga con il suo invaso che raggiunge una capienza di 123 milioni di metri cubi di acqua.



Figura 13: Filovia dello Stelvio che portava il materiale per la costruzione delle dighe.

2.6 Opere di costruzione e ripristino dell'area di studio

L' area di studio è un appezzamento artificiale di 43.939 m² che deriva da un'opera di ingegneria naturalistica di mitigazione, naturalizzazione e stabilizzazione del versante effettuata dopo la realizzazione del canale Viola. Il canale Viola raccoglie le acque dei torrenti della Val Viola, della Val Foscagno, della Val Verva, della Val Cardonne, della Vallia e di Codangola e le convoglia nella diga di Cancano. Dopo la realizzazione di quest'opera, il materiale proveniente dal lavoro di scavo in galleria del nuovo canale è stato trasportato e depositato in quest'area delimitata ai piedi della Valle. Questo materiale è composto da piccoli frammenti di roccia e terra sciolta e prende il nome di “smarino”. Lo smarino può essere riutilizzato e impiegato nella realizzazione di rinterri, riempimenti, rilevati, rimodellazioni o, come in questo caso, come opera sperimentale di ripristino ambientale. Con il materiale è stato ricostruito, in prossimità della diga di S. Giacomo, il versante dove in passato si era cavato per la realizzazione delle dighe e si è proceduto al rinverdimento, anche con arbusti ed alberi. I lavori di ripristino della zona sono stati imposti dal Parco Nazionale dello Stelvio e l'intervento fu gestito da A2A (azienda che ha unito AEM ad altre aziende multiservizi nel settore energetico) che aveva affidato i lavori al Consorzio Forestale Alta Valtellina. Le operazioni di rimodellamento del versante sono state eseguite in due anni, dal 2005 al 2006 e sono state impiegate opere di ingegneria naturalistica tra cui canalizzazioni e palizzate e opere di inerbimento con idrosemina associata a un'irrigazione di soccorso (Figure 15, 16 e 17) e di imboscamento.

L'area è stata suddivisa in tre zone denominate: “zona 1” con una superficie di 10401 m², “zona 2” con una superficie di 5602 m², “zona 3” di 27936 m². Infine, separata dalle tre aree considerate, la “zona 9” avente una superficie di 3000 m², suddivisione attuata per spartire i lavori negli anni in cui si è svolto l'intervento (Figura 14).



Figura 14: suddivisione dell'area di studio.



Figura 15: Inizio lavori di rimodellamento del versante.

L'ingegneria naturalistica è una disciplina tecnico-scientifica che studia le modalità di utilizzo, del materiale vegetale vivo (piante o parti di esse) come materiale da costruzione in abbinamento con altri materiali inerti quali il pietrame, la terra, il legname, in unione con stuoie in fibre vegetali o sintetiche. L'impiego di queste opere facilita la consolidazione del terreno e la sistemazione idrogeologica, fondamentale nelle zone a rischio erosione. I tecnici che operano in questo settore devono possedere una preparazione di base afferente a più discipline scientifiche che a seconda della complessità del contesto di intervento si integrano quali: topografia, geologia, pedologia, idrologia, ecologia, botanica, biologia, ingegneria idraulica, geotecnica e civile e selvicoltura. L'utilizzo delle piante è fondamentale in quanto proteggono il terreno dall'azione delle piogge riducendone l'erosione e allo stesso tempo permettono il corretto assorbimento delle acque. L'obiettivo storico di tale disciplina è la prevenzione del dissesto idrogeologico e quindi la materia trova ampia applicazione nelle operazioni di consolidamento, stabilizzazione, drenaggio e naturalizzazione dei terreni in un'ottica di protezione dall'erosione nonché di salvaguardia del paesaggio e di mitigazione dell'impatto ambientale.



Figura 16: Vista dell'area di studio a inizio lavori (anno 2005).



Figura 17: Vista dopo l'intervento (anno 2006).

Di seguito si riportano gli interventi effettuati nelle diverse zone nella prima fase dei lavori di ripristino ambientale (2005) e in seguito al completamento del lavoro nel 2006.

2.6.1 Rimboschimento



Figura 18: Attecchimento di salici.

Il rimboschimento è un processo in cui una zona mai boscata in precedenza e priva di vegetazione viene, attraverso l'attività antropica, rivestita di piante: talee (Figura 18) e piantine da vivaio (Figura 19) o piantine da espanti (Figure 20, 21 e 22). Si tratta quindi di una variazione di destinazione dell'uso del suolo. Lo scopo del rimboschimento è quello di rallentare l'erosione del suolo, di ricostruire la biodiversità e di proteggere contro l'azione di movimenti di massa (frane e slavine).

Il rimboschimento effettuato nelle diverse aree è definito di tipo “andante” e “microcollettivo” secondo le seguenti definizioni:

- Tipo andante: la disposizione delle piante, o parti di esse è associata all'impianto di palizzate; strutture di difesa, realizzate con pali in legno conficcati nel terreno che hanno la funzione di stabilizzare il versante.
- Tipo microcollettivo: le piantine o gli arbusti sono concentrati in determinate porzioni di suolo.

Nelle aree 1, 2, e 3 nel periodo di tempo in cui sono stati effettuati i lavori, stati impiantati a rimboscimento andante arbusti di pino uncinato (distribuito solo nell'ultimo anno su una superficie di 1100 m²), di larice (distribuito nel primo anno su una superficie di 1500 m² e nel secondo anno su una superficie di 1.300 m²) ed infine di pino mugo (piantato su un'area di 500 m² nell'anno 2005 e 2700 m² nell'anno successivo). Per quanto riguarda il rimboscimento microcollettivo sono stati utilizzati arbusti prelevati sia da vivaio che da espianti di pino mugo (1000 m² da vivaio, 400 m² da espianto nel primo anno, 5300 m² i da vivaio nel secondo anno per il completamento), di cembri (400 m² nel 2005 e 3.500 m² nel 2006) e di larici (1400 m² nel primo anno di lavori e 1200 m² nel secondo, tutti prelevati da vivaio).



Figura 19: Arbusti reperiti da vivaio.



Figura 20: Talee.

Nell'area 9 invece è stato effettuato un impianto arboreo utilizzando talee di salice, salici e altri arbusti da espianto prelevati dalle sponde della diga e impianti microcollettivi a larice, mugo e cembro.

2.6.2 Inerbimento

Gli inerbimenti hanno lo scopo di stabilizzare il terreno attraverso l'azione consolidante degli apparati radicali, proteggere il terreno dall'erosione superficiale dovuta all'azione battente delle precipitazioni e dal ruscellamento superficiale, nonché ricostruire la vegetazione e le condizioni di fertilità.



Figura 21: Espianto di specie autoctone.



Figura 22: Operazione di impianto.

La ricostituzione della cotica erbosa può avvenire mediante una semina manuale preceduta da eventuali operazioni di preparazione del piano di semina oppure, come in questo caso, può essere ottenuto anche con la semina idraulica detta anche idrosemina. L'idrosemina è una tecnica particolarmente adatta all'inerbimento di superfici ampie e in pendenza che viene eseguita con attrezzature a pressione. La tecnica

dell'idrosemina prevede l'impiego di una miscela composta da acqua, miscuglio di sementi idonee, concime, collanti, prodotti fitoormonici e sostanze miglioratrici del terreno, il tutto distribuito in un'unica soluzione con speciali macchine irroratrici a forte pressione (idroseminatrici). Le sementi impiegate sono generalmente reperite da vivai e devono essere il più possibile adatte all'ambiente (tipo di suolo, clima). La miscela utilizzata nell'area di studio è una miscela definita "*soil guard*" e coperta da brevetto, che si adatta perfettamente alle caratteristiche di tessitura del terreno. Dopo una breve essiccazione le fibre si legano tra loro formando una stuoia protettiva, in grado di resistere a qualsiasi condizione atmosferica e fissare il terreno e la semente. Quando la vegetazione inizia a crescere, il *soil guard* si decompone lentamente arricchendo il suolo di sostanza organica. La composizione brevettata è atossica e biodegradabile, e quindi sicura per l'ambiente. E' stato poi progettato un impianto irriguo per evitare stress idrici alle piante seminate e impiantate. Questa irrigazione di soccorso (Figura 23) viene solitamente fatta quando si verificano condizioni climatiche non previste tali da pregiudicare lo sviluppo della vegetazione.

La composizione di specie erbacee utilizzate per la pratica dell'inerbimento non è nota.



Figura 23: Irrigazione di soccorso.

Successivamente all'inerbimento sono state messe in atto altre pratiche di gestione del suolo tra cui: pacciamature con cippato verde e fieno, liquamazione e distribuzione di 10 cm di terra fertile tenendo conto che lo smarino offre un suolo sterile (Figura 24).



Figura 24: Copertura dello smarino con terreno vegetale fertile.

All'interno dell'area studiata è stato costruito un sistema di canalizzazioni in legname per la regimazione delle acque che potrebbero erodere il suolo sottile (Figura 25).



Figura 25: Canalizzazioni per la regimazione delle acque.

3.MATERIALI E METODI

3.1.Raccolta dati vegetazionali - Il rilievo fitosociologico

La fitosociologia è la scienza che studia la composizione della vegetazione ed i rapporti di questa con i fattori ambientali. A questo scopo la fitosociologia si occupa di:

- descrivere le diverse situazioni vegetazionali nelle varie stazioni di un dato territorio;
- confrontare tali situazioni vegetazionali tra loro per verificarne il grado di affinità;
- descrivere sinteticamente queste situazioni correlandole con i fattori ambientali;
- descrivere le mutazioni delle situazioni vegetazionali al trascorrere del tempo.

Ciascuna specie vegetale ha un suo specifico grado di tolleranza alle diverse situazioni ambientali entro il quale esiste il suo *optimum* ecologico e fisiologico. Più specie possono infatti coesistere nello stesso ambiente avendo simili gradi di tolleranza ai fattori ambientali, raggiungendo tra di esse uno stato di equilibrio che limita la competizione interspecifica, e permettendone dunque la coesistenza. Ne consegue che per ciascuna stazione di campionamento si possano definire le specie vegetali caratteristiche, consentendo di definire le caratteristiche ambientali di una certa area semplicemente osservandone la vegetazione. Per poter definire un popolamento bisogna procedere secondo una metodologia che consenta di raccogliere il maggior numero di dati sulla vegetazione compresa in una determinata superficie di territorio. A tale scopo la prima fase di studio della vegetazione è l'effettuazione di rilievi fitosociologici (Figura 26).

CODICE RE. _____ DATA _____ RILEVATORI _____
 COMUNE _____ PROVINCIA _____ SUPERF. RE. mq _____
 LOCALIZZAZIONE _____ CARTA C.T.P. _____
 DESCRIZIONE FISIOGNOMICA _____
 NOTE _____

STRATO ARBOREO A _____ COP % _____ H min-H max _____ INCL. ° _____
 STRATO ARBUSTIVO aa _____ ESP. ° _____
 STRATO ARBUSTIVO ba _____ GIUSTA m _____
 STRATO ERBACEO e _____
 STRATO MISCIVALE % _____

	A	aa	ba	e		
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	STRATO MISCIVALE (famiglie)					
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						
44						
45						
46						
47						
48						
49						
50						

Figura 26: Esempio di scheda di rilievo fitosociologico.

Il rilievo fitosociologico richiede l'osservazione e la raccolta di dati che riguardano la stazione di campionamento, il tipo di substrato presente e la composizione floristica. Il rilievo va effettuato all'interno di un popolamento elementare sufficientemente esteso così che si possa aumentare la superficie del rilevamento al fine di ottenere una serie completa di dati che consentano di descrivere significativamente il popolamento in

tutta la sua estensione. La serie di dati oggetto di un rilevamento consiste in:

- localizzazione del rilievo: data e numero del rilievo; nome del rilevatore; località del rilievo; riferimenti topografici.
- descrizione della tipologia di substrato; tipo di substrato e note pedologiche.
- raccolta dati vegetazionali: copertura complessiva della vegetazione in valore percentuale eventualmente suddivisa per i diversi strati della vegetazione (erbaceo, arbustivo e arboreo); superficie rilevata (in m²); elenco floristico con l'annotazione del ricoprimento relativo per ciascuna specie (indici di abbondanza-dominanza).

Inoltre, è necessario riportare ogni altra osservazione ritenuta valida per l'interpretazione dei dati, come ad esempio dati sui fattori microambientali. Le indicazioni sulla coesistenza tra specie, sulla vitalità, sulla cooperazione o competizione tra esse, si possono dedurre dai valori quantitativi degli individui delle singole specie nei campioni rilevati, riportando per ciascuna di esse i valori relativi ad abbondanza e dominanza.

In questo lavoro l'abbondanza delle specie è stata stimata e si è ricorso all'utilizzo della scala convenzionale di abbondanza/dominanza di Braun-Blanquet (1964) che è costituita dai seguenti indici di copertura:

- 5: specie che ricopre dal 75 % al 100% della superficie del rilievo;
- 4: specie che ricopre dal 50 al 75 %;
- 3: specie che ricopre dal 25 al 50 %;
- 2: specie che ricopre dal 5 al 25 %;
- 1: specie che ricopre dal 1 al 5 %;
- +: specie che ricopre percentuali inferiori all' 1 %;
- r: specie rare all'interno del rilievo.

In questo studio, effettuato nell'estate 2015, sono stati condotti 9 rilievi fitosociologici, di cui 2 esterni ma adiacenti all'area considerata. Questi ultimi sono stati inclusi nello studio allo scopo di osservare l'evoluzione della vegetazione spontanea in aree non coinvolte dagli interventi di ripristino ambientale. I rilievi condotti all'interno dell'area interessata dagli interventi sono stati invece eseguiti secondo percorsi di esplorazione random, includendo zone eterogenee tra loro (ghiaioni, suolo omogeneo, suolo disomogeneo composto da terreno sciolto, ciottoli e cotiche erbose, suolo popolato specialmente da vegetazione arbustiva o quasi totalmente composto da vegetazione erbacea). Il numero di rilievi è stato infatti

definito sulla base della variabilità dei microambienti esistenti nel territorio oggetto di studio.

La superficie presa in considerazione per ciascun rilievo è stata di 25 m² (5 x 5 m) per la maggior parte delle aree rilevate, salvo determinate porzioni di terreno che si sviluppavano particolarmente in lunghezza (2 x 10 m² o 5 x 15 m²). Le specie vegetali riscontrate sono state determinate utilizzando le chiavi dicotomiche di Pignatti (1982).

3.2 Cluster analysis

Con *cluster analysis* si intende un insieme di tecniche di analisi statistica attraverso le quali è possibile aggregare le varie unità statistiche in base al loro grado di somiglianza. Tale strumento risulta essere molto utile poiché è in grado di mostrare la “lontananza logica” presente tra i gruppi presi in esame. In questo lavoro è stata condotta la cluster analysis per individuare le somiglianze floristico-fisionomiche delle fitocenosi descritte nei rilievi e determinare i principali gruppi (clusters) di vegetazione presenti nell'area di studio.

La cluster analysis è stata condotta in continuo secondo il metodo UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean) ed utilizzando come coefficiente la distanza cordale. L'analisi statistica è stata svolta utilizzando il software R 3.1.0 (R Development Core Team, 2010)

3.3 Indici pastorali e valore pastorale

Dalle informazioni pervenute dagli enti forestali interessati, il fine dell'intervento non era quello di raggiungere un obiettivo tecnico preciso, ma bensì quello di ottenere la rinaturalizzazione della zona, nello specifico il ripristino di un versante costituito da smarino mediante la semina di piante erbacee e arbustive seguendo i criteri basilari dell'ingegneria naturalistica. Il risultato di questo lavoro ha portato alla creazione di una nuova superficie con caratteristiche equiparabili a quelle di un'area pastorale. Per tale motivo lo studio è stato focalizzato su parametri floristico-vegetazionali relativi alle aree considerate. L'elemento di maggiore complessità nella gestione degli spazi pastorali è senz'altro rappresentato dall'interazione tra gli animali e il pascolo, in particolare nei distretti alpini, caratterizzati da elevata eterogeneità vegetazionale. Difficile è anzitutto stabilire il valore nutritivo dell'offerta alimentare, tante sono le

specie vegetali coinvolte e tanta è la variabilità legata alla loro fenologia e alla loro combinazione nelle varie fitocenosi.

Gli indici foraggeri (o indici pastorali o indici di qualità specifici) rappresentano dei valori attribuiti ad ogni specie vegetale ed esprimono il grado di pabularità, ossia l'appetibilità e la digeribilità e il valore nutritivo del vegetale ingerito dal bestiame al pascolo, fornendo una stima sintetica della qualità. Tali indici si riferiscono alle specie allo stato naturale, ovvero entro le fitocenosi e si prestano per la caratterizzazione degli spazi pastorali e delle cotiche erbose, dando dati relativamente stabili nel tempo. L'utilizzo di questi coefficienti semplifica la complessità degli aspetti che determinano un gradiente di preferenza rispetto al *pabulum* (nutrimento disponibile). In particolare, l'appetibilità non dipende dal valore nutrizionale e varia in funzione della specie, dello stadio fenologico, delle caratteristiche dell'animale (specie, razza, età, stato sanitario, stato fisiologico), della sua possibilità di scelta e dei rapporti quantitativi tra le specie componenti il pascolo.

Esistono numerose liste stilate da diversi autori che riguardano in particolare il bestiame bovino e non tengono conto delle divergenze nutrizionali degli animali domestici che compongono i pascoli (bovini e caprini). In questo lavoro sono stati utilizzati gli indici proposti in Gusmeroli et al. (2005), assegnati a ciascuna specie mediante punteggi fissi che variano da -1 a 8. I valori negativi sono attribuiti alle specie vegetali ritenute dannose, il valore "0" a quelle specie prive di interesse pastorale e quindi non appetite dal bestiame, mentre i valori positivi da 1 a 8 sono associati a seconda del grado di pabularità della specie.

Gli indici foraggeri consentono quindi di stimare il valore foraggero delle fitocenosi in maniera più semplice ed economica rispetto alle analisi bromatologiche (ovvero analisi chimiche che determinano la composizione elementare dell'alimento). Una volta rilevati i contributi produttivi o le percentuali di copertura delle specie componenti, il valore foraggero è ottenuto come media ponderata degli indici delle specie.

Il risultato che ne deriva è una lista che associa ad ogni specie un valore di pabularità, composta da un centinaio di specie. Si coglie innanzitutto come le piante erbacee possiedano un'appetibilità decisamente inferiore alle legnose: la maggior parte di esse ha punteggi variabili tra 1 a 3, mentre tutte le arboree e arbustive, anche nelle parti meno nobili della pianta (corteccia), mostrano valori superiori, con la sola eccezione del genere *Daphne*, del tutto rifiutato. Solo due elementi erbacei (*Carlina acaulis*

nell'infiorescenza e *Molinia arundinacea*) raggiungono un valore pari a 7. Le conifere più apprezzate sono *Juniperus nana* e *J. communis*, con indice 6. Questi indici riferiti al bestiame bovino si pongono quasi in antitesi con quelli relativi al bestiame caprino, a conferma di una netta differenza di comportamento alimentare tra le due categorie di domestici. Traspare dunque chiaramente l'affinità delle capre per i popolamenti forestali e dei bovini per quelli erbacei.

Il calcolo del valore pastorale viene determinato mediante la formula di seguito riportata, che definisce quantitativamente il valore pabulare complessivo della superficie pastorale. Attraverso questa formula possiamo capire se, nella sezione considerata, si ha la presenza di un pascolo ed eventualmente, della sua qualità floristica-vegetazionale.

La formula del valore pastorale (VP) è definita secondo:

$$VP=0.2 \cdot \sum CS_i \times IS_i$$

dove CS_i è il contributo specifico relativo alla presenza della singola specie espressa in forma percentuale e IS_i è l'indice specifico relativo al valore pabulare della i -esima specie considerata. Il coefficiente moltiplicatore 0.2 riporta a 100 il valore pastorale in funzione della scala scelta per la determinazione degli indici specifici (in questo caso l'indice specifico è compreso tra 0 e 5). Di conseguenza, il VP risulta essere un indice sintetico compreso tra 0 e 100 che descrive la superficie pastorale in esame.

In questo lavoro è stato calcolato il valore pastorale dell'area di studio per capire se, dopo i lavori di rinaturazione, è stato creato un buon pascolo o meno.

3.4 Spettro biologico

3.4.1 Forme biologiche di Raunkiaer

Il sistema Raunkiaer è un sistema di classificazione delle piante basato sulla suddivisione delle specie vegetali in varie forme, o classi di forme biologiche, utile per l'analisi floristica di un determinato territorio. Rankiaer (1934) ha proposto le seguenti forme biologiche:

- Terofite (T): piante erbacee annuali;
- Idrofite (I): erbe perenni con gemme subacquee;
- Geofite (G): erbe perenni con gemme sotterranee (bulbi, tuberi, rizomi);
- Emicriptofite (H): erbe perenni con gemme portate al livello del suolo e avvolte dalle foglie che le proteggono ;
- Camefite (Ch): cespugli con gemme portate a meno di 30 cm dal suolo e protette dalle foglie e dai rami;
- Fanerofite (P): cespugli, alberi, ecc. con gemme portate a più di 30 cm dal suolo e, in genere, protette da foglie trasformate (perule).
- Nano-Fanerofite (NP): piante legnose con gemme svernanti poste tra i 30 cm e i 2 m dal suolo.

Una volta determinato il numero di specie presenti in quel territorio e sommato per ogni cluster individuato il numero delle specie facenti parte dei vari gruppi ecologici, è possibile ottenere lo spettro biologico della flora, ossia le percentuali delle varie forme biologiche di una comunità vegetale. Lo spettro biologico è stato ponderato considerando la frequenza delle specie vegetali.

In questo lavoro è stato elaborato lo spettro biologico delle varie comunità vegetali per comprendere meglio la fisionomia e la tipologia di ciascuna vegetazione.

4. RISULTATI

4.1 Elenco floristico

Il totale di specie vegetali prese in considerazione ammonta a 51 unità. In Tabella 27 viene riportato l'elenco floristico comprensivo dei dati riferiti a: forma biologica, corotipo e frequenza (Pignatti, 1982).

Specie	Forma bio.	Corotipo	Freq.
<i>Achillea millefolium</i> L.	H scap	Euro-sib.	C
<i>Alchemilla vulgaris</i> L.	H ros	Eurasiat.	C
<i>Anthyllis vulneraria</i> L.	H scap	Europ.medit.	C
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i> (L.) Spreng.	Ch suffr	Art.Alp.	-
<i>Aster bellidiastrum</i> L.	H ros	Orof. SE-Europ.	C
<i>Biscutella laevigata</i> L.	H scap	Orof. S-Europ.	C
<i>Calamagrostis varia</i> (Schrud.) Host	H caesp	Euro-asiat.	C
<i>Campanula cochlearifolia</i> Lam.	H scap	Orof. S-Europ	C
<i>Carduus defloratus</i> L.	H scap	Endem.Alpica	R
<i>Carlina acaulis</i> L.	H ros	Centro-Europ.	C
<i>Centaurea</i> spp.	H scap	Endem.	C
<i>Coronilla</i> spp.	Ch suffr	S-Europ.-Sudsib.	R
<i>Cytisus sessilifolius</i> L.	P caesp	SW-Europ.	C
<i>Daphne striata</i> Tratt.	Ch suffr	Endem.Alpica	C
<i>Erica carnea</i> L.	Ch suffr	Orof. S-Europ.	R
<i>Euphrasia</i> spp.	T scap	Orof. SW-Europ.	R
<i>Festuca curvula</i> L.	H caesp	Orof. SW-Europ.	R
<i>Festuca rubra</i> L.	H caesp	Circumbor.	C
<i>Genziana cigliata</i> L.	H bienn	Orof. S-Europ -cauc.	R
<i>Gypsophila repens</i> L.	Ch suffr	Orof. S-Europ.	C
<i>Globularia cordifolia</i> L.	Ch rept	Endem. Alpica	C
<i>Hieracium staticifogium</i> L.	H scap	Alpico- Dinar.	-
<i>Larix decidua</i> Mill.	Pscap	Orof. Centro-Europ.	C
<i>Laserpitium krapfii</i> L.	H scap	Orof.SE-Europ.	C
<i>Leontodon hispidus</i> L.	H ros	Europ-cauc.	CC
<i>Lotus corniculatus</i> L.	H scap	Cosmopol.	CC
<i>Leucanthemum vulgare</i> Lam.	H scap	Euro-sib.	C
<i>Minuartia Austriaca</i> (Jacq.)	Ch suffr	Endem. Alpica	R
<i>Medicago lupulina</i> L.	T scap	Paleotemp.	C
<i>Onobrychis viciifolia</i> Scop.	H scap	Medit. Mont.	C
<i>Orchis</i> spp.	-	-	-
<i>Parnassia palustris</i> L.	H scap	Eurosib.	C
<i>Petasites paradoxus</i> (Retz.) Baumg.	G rhiz	Orof. S-Europ.	C
<i>Phleum alpinum</i> L.	H caesp	Orof. S-Europ.	C
<i>Pimpinella saxifraga</i> L.	H scap	Europ-cauc.	C
<i>Pinus mugo</i> Turra	P rept	Orof-Euro-asiat.	C
<i>Plantago lanceolata</i> L.	H ros	Euro-asiat.	CC
<i>Plantago major</i> L.	H ros	Euro-asiat.	CC
<i>Salix purpurea</i> L.	P scap	Euro-asiat.	C
<i>Saxifraga caesia</i> L.	Ch pulv	Endem.	RR
<i>Sesleria varia</i> (Jacq.) Wettst.	H caesp	Orof. Centro-Europ	C
<i>Silene vulgaris</i> (Moench) Garcke	H scap	Endem. Alpica	CC
<i>Thlaspi rotundifogium</i> (L.) Gaudin	Ch suffr	Endem. Alpica	C
<i>Thymus alpinus</i> (Kerner) Ronn.		Orof. S-Europ	R
<i>Tofieldia calyculata</i> (L.) Wahlenb.	H scap	Centro-Europ.	C
<i>Trifolium pratense</i> L.(Strobl)	H scap	Subcosm.	CC
<i>Trifolium repens</i> L.	H rept	Subcosm.	CC
<i>Trisetum distichophyllum</i> (Host.)	G rhiz	Orof. S-Europ.	R
<i>Valerianella</i> spp.	T scap	Euri-Medit	R
<i>Kernera saxatilis</i> (L.) Sweet	H ros	Orof-S-Centro-Europ.	R
<i>Juniperus nana</i> Willd.	G nano	Medit.mont	C

Tabella 3: Elenco floristico dell'area di studio.

4.2 Dendrogramma

Il risultato della cluster analysis è un grafico che rappresenta gli aggruppamenti dei rilievi in base al loro livello di similitudine. Questo grafico è detto dendrogramma ed il grado di similitudine tra un gruppo e l'altro è espresso con una scala che, in questo caso, va da 0 (massima uguaglianza) a 1.4 (massima diversità). In Figura 27 è riportato il dendrogramma dei rilievi organizzati in quattro gruppi (cluster) di vegetazione :

- CLUSTER 1, formato dai rilievi "a, f, g";
- CLUSTER 2, formato dai rilievi "b, c, d, e";
- CLUSTER 3, formato dal rilievo "h";
- CLUSTER 4, formato dal rilievo "i".

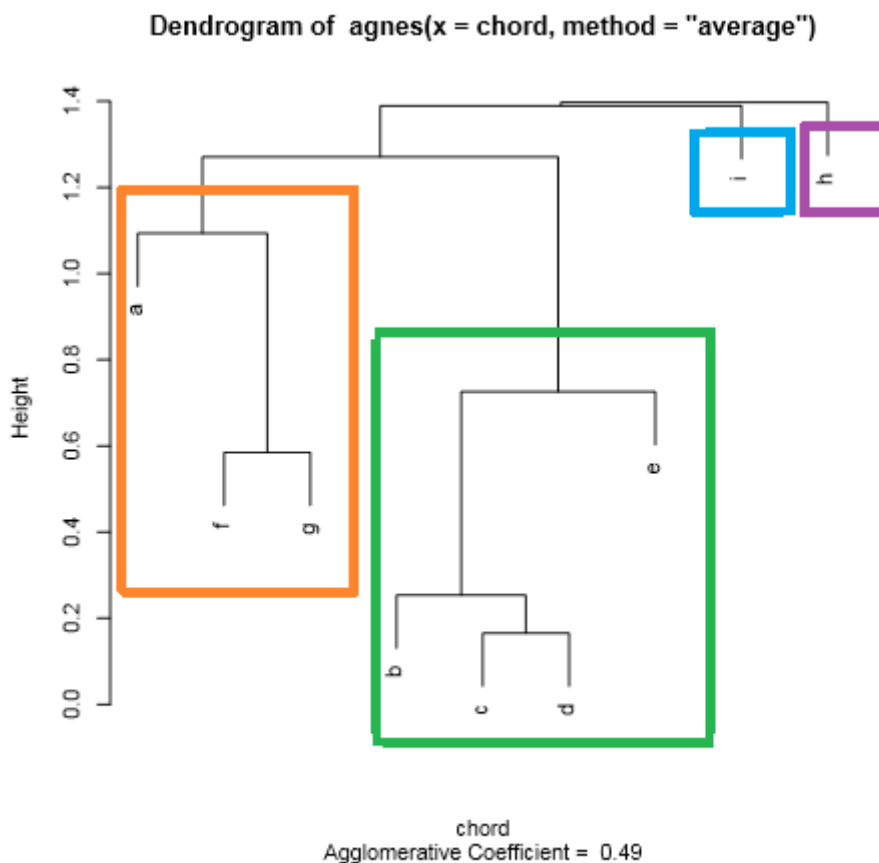


Figura 27: Dendrogramma dei rilievi. I riquadri indicano i quattro cluster.

4.2.1 CLUSTER 1 - Prateria con impianti di pino mugo e larice



Figura 28: Cluster 1, foto del rilievo n° 2.

4.2.1.1 Descrizione

Il cluster 1 è un gruppo di vegetazione costituito da specie sia erbacee che arbustive. I rilievi sono stati eseguiti il 01/09/2015 su una superficie di 25 m², ciascuno su tre sezioni di superficie differenti, due interni all'area di studio e uno esterno, adiacente, su un pendio di vegetazione spontanea. Il rilievo esterno “a” è stato effettuato a 1966 m.s.l.m., in un pendio di 42° d'inclinazione e 183° di esposizione, costituito prevalentemente da terreno nudo (80%), privo di specie arboree-arbustive e avente una copertura erbacea del 20%, con un'altezza massima di 0.2 m. Il rilievo “f”, eseguito su una porzione di terreno inclinata di 12,7° ed esposta a 208°N, a una quota di 1972 m.s.l.m., è ricco di arbusti (20%) (*Pinus mugo* e *Larix decidua*) che arrivano fino ad un'altezza massima di 1.60 m; il suolo è povero in terra fine e costituito da ciottoli per circa l'80% della superficie totale (ghiaione). L'ultimo rilievo (“g”) è stato realizzato sul pendio “a gradonata” avente un'inclinazione di 20° e un'esposizione di 165°, ad un'altitudine di 1959 m.s.l.m.. La copertura vegetale di quest'area risulta essere del 95% per quanto riguarda lo strato erbaceo e del 5% per lo strato arbustivo

che arriva a un'altezza massima di 0.5 m. Nella seguente tabella (Tabella 5) vengono riportate tutte le specie vegetali riscontrate e i rispettivi indici di copertura (o indici di abbondanza – dominanza) considerati per i rilievi a, f e g. Come si può notare sia dalla Figura 2 che dalla Tabella 5, i salici introdotti durante i lavori di rinaturazione sono quasi del tutto scomparsi.

Specie :	Cluster 1 (rilievi a,f,g)		
<i>Achillea millefolium</i> L.	+	2	2
<i>Alchemilla vulgaris</i> L.	.	r	.
<i>Anthyllis vulneraria</i> L.	.	r	.
<i>Campanula cochleariifolia</i> Lam.	+	r	.
<i>Carduus defloratus</i> L.	r	.	.
<i>Euphrasia</i> spp.	.	+	+
<i>Festuca curvula</i> L.	1	1	2
<i>Festuca rubra</i> L.	.	+	1
<i>Genziana cigliata</i> L.	.	r	.
<i>Gypsophila repens</i> L.	r	.	.
<i>Hieracium staticifolium</i> L.	+	.	.
<i>Larix decidua</i> Mill.	.	1	1
<i>Leontodon hispidus</i> L.	r	r	.
<i>Lotus corniculatus</i> L.	.	.	+
<i>Leucanthemum vulgare</i> Lam.	.	r	.
<i>Medicago lupulina</i> L.	r	+	.
<i>Onobrychis viciifolia</i> Scop.	.	+	.
<i>Parnassia palustris</i> L.	.	r	.
<i>Petasites paradoxus</i> (Retz.) Baumg.	r	.	.
<i>Phleum alpinum</i> L.	.	.	r
<i>Pimpinella saxifraga</i> L.	+	.	.
<i>Pinus mugo</i> Turra	+	+	r
<i>Salix purpurea</i> L.	.	+	.
<i>Saxifraga caesia</i> L.	r	.	.
<i>Silene vulgaris</i> (Moench) Garcke	1	.	r
<i>Thlaspi rotundifolium</i> (L.) Gaudin	+	.	.
<i>Thymus alpinus</i> (Kerner) Ronn.	+	r	.
<i>Trifolium pratense</i> L.(Strobl)	.	+	r
<i>Trifolium repens</i> L.	+	.	+
<i>Valerianella</i> spp.	r	.	.
<i>Kerneria saxatilis</i> (L.) Sweet	r	.	.

Tabella 4: Rilievi del cluster 1.

In questo gruppo vegetazionale non ci sono specie vegetali fortemente dominanti, si riscontra la presenza delle specie arbustive di *Larix decidua*, *Pinus mugo* e *Salix purpurea* e di specie erbacee comuni come *Achillea millefolium*, *Silene vulgaris*, *Festuca curvula* e *Trifolium pratense*.

4.2.1.2 Diffusione delle specie

Di tutte le specie appartenenti al cluster 1, è stata considerata la loro diffusione in accordo a Pignatti (1982), ovvero quante specie rare (R), molto rare (RR), comuni (C) o molto comuni (CC), sono presenti nelle tre sezioni prese in esame. Nel grafico che segue (Grafico 1) è stata riportata la frequenza di diffusione, calcolata come la quantità di specie rare, molto rare, comuni, molto comuni, presenti nel primo cluster normalizzata per la somma delle quantità totali, in modo da determinare le rispettive percentuali di diffusione. Dal grafico si può osservare che, su un totale di 46 specie rilevate nel cluster 1, le specie comuni (C) sono quelle prevalenti in quanto rappresentano più del 50% sul totale. Le specie molto comuni (CC) costituiscono circa il 20% e di queste fanno parte *Leontodon hispidus*, *Lotus corniculatus*, *Silene vulgaris*, *Trifolium repens* e *Trifolium pratense*, quelle rare (R) il 23,91% e in questa categoria si riscontrano specie come *Cardus defloratus*, *Euphrasia* spp., *Festuca curvula*, *Gentiana ciliata*, *Thymus alpinus*, *Valerianella* spp. e *Kerneria saxatilis*, mentre l'unica specie rarissima (RR) presente è *Saxifraga caesia*.

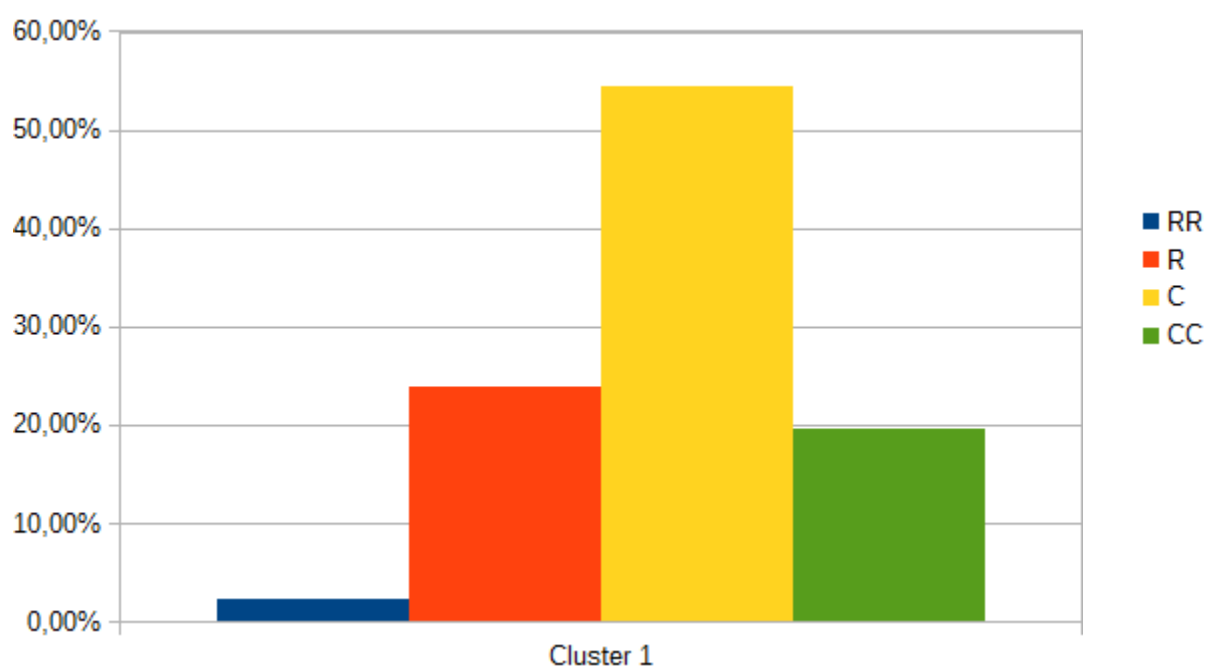


Grafico 1: Percentuali di diffusione delle varie tipologie di frequenza riscontrate nel cluster 1.

4.2.1.3 Valore pastorale

Utilizzando la formula proposta da Gusmeroli et al. (2005), descritta nel precedente capitolo, otteniamo, per il cluster 1 un valore pastorale medio di 46,60. Sono infatti presenti alcune buone foraggere come *Lotus corniculatus* (7), *Medicago lupulina* (7), *Onobrychis viciifolia* (7), *Phleum alpinum* (8), *Trifolium pratense* (7) e *Trifolium repens* (8).

4.2.1.4 Spettro biologico

In Figura 2 si riporta lo spettro biologico del cluster 1 che indica la frequenza delle differenti classi biologiche.

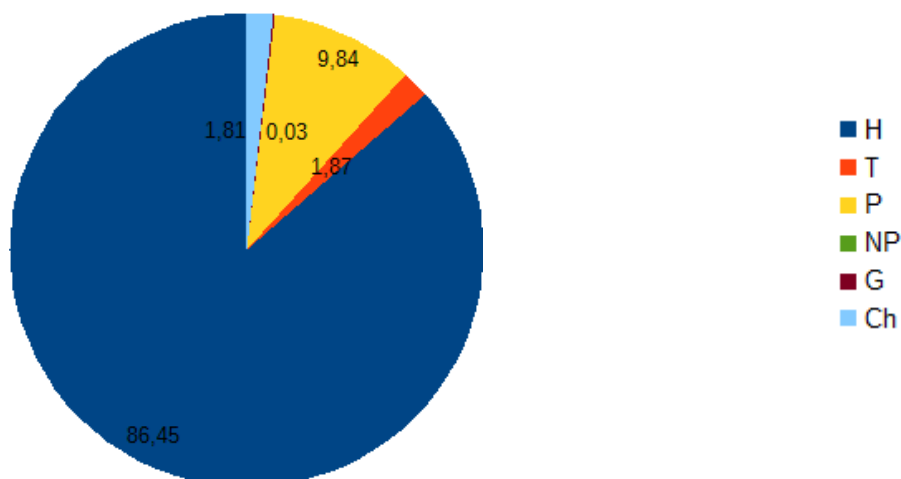


Grafico 2: Spettro biologico del cluster 1

Ciò che emerge è la presenza prevalente delle emicriptofite (H), piante erbacee le cui parti aeree, durante la stagione avversa, seccano fino al livello del suolo, dove restano in riposo le gemme perennanti. Il cluster 1 possiede quindi una vegetazione prevalentemente erbacea rappresentata dall'alto valore di H ma anche da arbusti (P) come il larice e il pino mugo piantato. Si riscontra infine la quasi totale assenza di geofite (G) e nano-fanerofite (NF).

4.2.2 CLUSTER 2 - Prateria a trifoglio ladino e achillea millefoglie



Figura 29: Cluster 2, area popolata prevalentemente da vegetazione erbacea.

4.2.2.1 Descrizione

Il cluster 2 è un gruppo di vegetazione costituito principalmente da piante che si trovano su un terreno sciolto, piuttosto ghiaioso e poco vegetato da specie erbacee; molte specie arbustive presenti sono morte, sofferenti o addirittura non presenti. Tale aggruppamento è costituito da quattro rilievi. Il rilievo “b” è stato svolto in data 22/07/2005 in una zona di 25 m², di esposizione 199°N, inclinata di circa 40°, a 1910 m.s.l.m. Nel pendio sono presenti palificate con arbusti che ricoprono il 20% della superficie e raggiungono un'altezza tra 0.7 m e 1 m. Lo strato erbaceo corrisponde al 95% della copertura totale. Il pendio considerato per il rilievo “c” è posto a una quota di 1976 m.s.l.m d'altitudine, ha un'inclinazione di 45° di un'esposizione di 210 . Lo strato di copertura predominante è quello erbaceo (95%), mentre quello arboreo ricopre il 10% e si sviluppa per un massimo di 0.6 m d'altezza. Il rilievo “d”,

effettuato su una porzione di terreno piana di 20 m², di esposizione 112°e di 1975 m d'altitudine, risulta essere costituito da molti ciottoli e suolo sciolto, ed è privo di arbusti. Infine, la superficie di 75 m², considerata per il rilievo “e”, di inclinazione 15% ed esposizione 196° è situata a un'altezza media di circa 1981 m ed è costituita per la quasi totalità da copertura erbacea (95%) che raggiunge un'altezza massima di 40 cm; mentre la restante parte è composta da ciottoli di grossa taglia che occupano circa il 5% della superficie totale. Nella seguente tabella (Tabella 6) vengono riportate tutte le specie vegetali riscontrate nei rilievi b,c,d,e ed i rispettivi indici di copertura.

Specie:	Cluster 2 (Rilievi b,c,d,e)			
<i>Achillea millefolium</i> L.	1	2	2	1
<i>Carduus defloratus</i> L.	r	.	r	.
<i>Euphrasia</i> spp.	.	.	.	r
<i>Festuca curvula</i> L.	1	+	r	+
<i>Festuca rubra</i> L.	+	1	1	2
<i>Larix decidua</i> Mill.	+	+	.	.
<i>Leontodon hispidus</i> L.	.	.	r	.
<i>Lotus corniculatus</i> L.	+	+	+	r
<i>Medicago lupulina</i> L.	+	+	+	+
<i>Onobrychis viciifolia</i> Scop.	.	.	.	r
<i>Phleum alpinum</i> L.	r	.	.	.
<i>Pimpinella saxifraga</i> L.
<i>Pinus mugo</i> Turra	1	1	.	.
<i>Plantago lanceolata</i> L.	r	r	.	+
<i>Plantago major</i> L.	.	r	.	.
<i>Salix purpurea</i> L.	+	.	.	.
<i>Trifolium pratense</i> L. (Strobl)	r	+	+	+
<i>Trifolium repens</i> L. (Strobl)	3	3	4	2

Tabella 5: Rilievi del cluster 2.

In questo gruppo vegetazionale molte delle specie arbustive piantumate durante i lavori di ripristino sono, morte o in uno stato di sofferenza. In particolare *Salix purpurea*, pianta spesso usata in ingegneria naturalistica per le sue eccezionali caratteristiche meccaniche e biologiche (emette le radici molto velocemente favorendo il consolidamento dei pendii ma che necessita di acqua nel suolo). Lo strato fertile del terreno, rilevato in queste sezioni, misura solamente 5 cm, dunque si presume che tali arbusti siano morti a causa dell'aridità edafica o per le temperature invernali troppo rigide. Per quanto riguarda le specie erbacee spicca fortemente la presenza del *Trifolium repens* seguito da *Achillea millefolium*, *Festuca rubra*, *Festuca curvula*, *Lotus corniculatus*, *Medicago lupulina* e *Trifolium pratense*.

4.2.2.2 Diffusione delle specie

Le percentuali di specie rare, molto rare, comuni e molto comuni presenti nei quattro rilievi facenti parte di questo cluster sono riportate nel grafico seguente (Grafico 3).

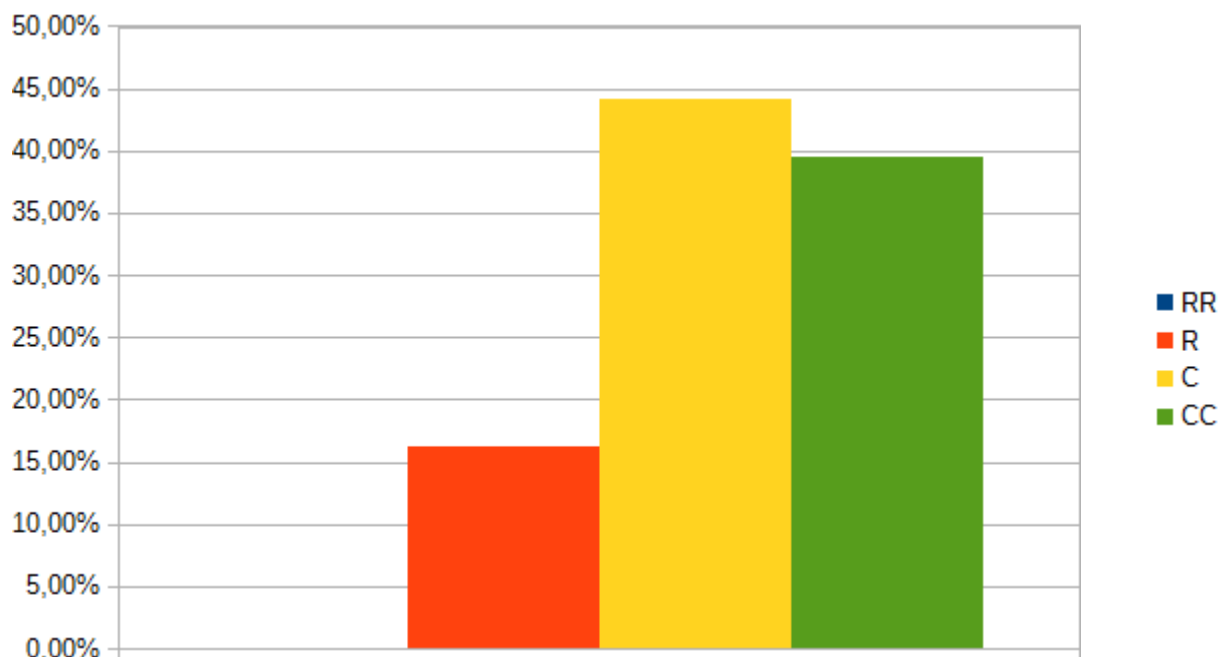


Grafico 3: Percentuali di diffusione delle varie tipologie di frequenza riscontrate nel cluster 2.

Su un totale di 43 specie presenti in questo cluster, le specie comuni (44,19%) e molto comuni (*Leontodon hispidus*, *Lotus corniculatus*, *Plantago major*, *Plantago lanceolata*, *Trifolium repens* e *Trifolium pratense*) sono quelle dominanti e rappresentano il 39,53%, mentre non sono presenti specie molto rare. Le specie rare (R) rappresentano il 16,28% del totale e di queste fanno parte *Cardus defloratus* e *Festuca curvula*.

4.2.2.3 Valore pastorale

Il valore pastorale ottenuto per il cluster 2 risulta essere 84,51. Considerando questo valore possiamo dedurre che, il gruppo vegetazionale composto dai rilievi b, c, d, e, ha un ottimo valore pastorale e pabulare. In particolare, c'è un'ottima presenza di specie con alti indici foraggeri come *Achillea millefolium*(5), *Festuca rubra*(5), *Lotus corniculatus*(7), *Medicago lupulina*(7), *Plantago lanceolata*(6), *Trifolium repens*(8) e *Trifolium pratense*(7). La qualità del pascolo è dunque elevata.

4.2.2.4 Spettro biologico

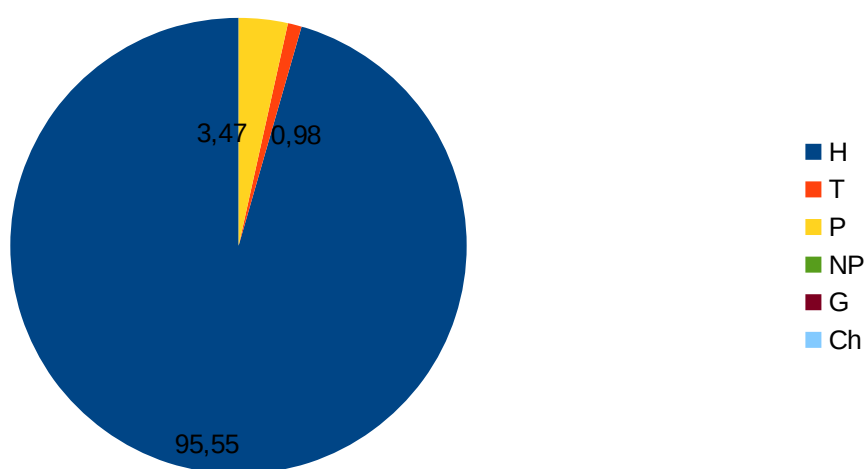


Grafico 4: Spettro biologico del cluster 2.

Anche in questo secondo cluster si osserva la presenza dominante di emicriptofite e quindi di vegetazione erbacea (alto valore di H), una piccola percentuale di fanerofite (arbusti piantati) e la totale assenza di nano-fanerofite (NP), geofite (G) e camefite (Ch).

4.2.3 CLUSTER 3 - vegetazione dei ghiaioni calcarei



Figura 30: Cluster 3, ghiaione e radi arbusti.

4.2.3.1 Descrizione

Il cluster 3 è costituito unicamente dal rilievo “h”. Le specie vegetali facenti parte di questo gruppo vegetazionale crescono a 1990 m.s.l.m su un ghiaione inclinato di circa 43° con esposizione 140°. Lo strato arbustivo presente è scarso, raggiunge un'altezza massima di 0.3 m e ricopre una percentuale inferiore dell' 1 %; anche lo strato erbaceo, di altezza massima 0.2 m, è rado e rappresenta il 10% sulla superficie totale considerata. Nella seguente tabella (Tabella 6) vengono riportate tutte le specie vegetali riscontrate e i rispettivi indici di copertura.

specie	Cluster 3 (rilievo h)
<i>Campanula cochleariifolia</i> Lam.	+
<i>Carduus defloratus</i> L.	+
<i>Centaurea</i> spp.	r
<i>Festuca curvula</i> L.	r
<i>Gypsophila repens</i> L.	1
<i>Globularia cordifolia</i> L.	r
<i>Hieracium staticifolium</i> L.	+
<i>Leontodon hispidus</i> L.	+
<i>Parnassia palustris</i> L.	r
<i>Pimpinella saxifraga</i> L.	+
<i>Pinus mugo</i> Turra	r
<i>Saxifraga caesia</i> L.	r
<i>Silene vulgaris</i> (Moench) Garcke	+
<i>Thlaspi rotundifolium</i> (L.) Gaudin	r
<i>Thymus alpinus</i> (Kerner) Ronn.	+
<i>Trisetum distichophyllum</i> (Host.)	r
<i>Kernera saxatilis</i> (L.) Sweet	r

Tabella 6: Rilievi del cluster 3.

In questo cluster le specie arbustive *Larix decidua* e *Salix purpurea* sono assenti, solo il *Pinus mugo* è presente in una minima percentuale, a cui stato assegnato “r” come indice di abbondanza. Le specie erbacee non sono molto abbondanti; quella presente maggiormente rispetto a tutte le altre è *Gypsophila repens* a cui è stato attribuito l'indice di copertura “1”. Oltre al pino mugo e a *Gypsophila repens* sono presenti altre specie tipiche dei ghiaioni calcareo-dolomitici fra cui: *Trisetum distichophyllum*, *Thlaspi rotundifolium*, *Hieracium staticifolium* e *Globularia cordifolia*.



Trisetum distichophyllum



Globularia cordifolia



Hieracium staticifolium

4.2.3.2 Diffusione delle specie

Le percentuali di specie rare, molto rare, comuni e molto comuni presenti nel rilievo “h” sono riportate nel grafico seguente (Grafico 4).

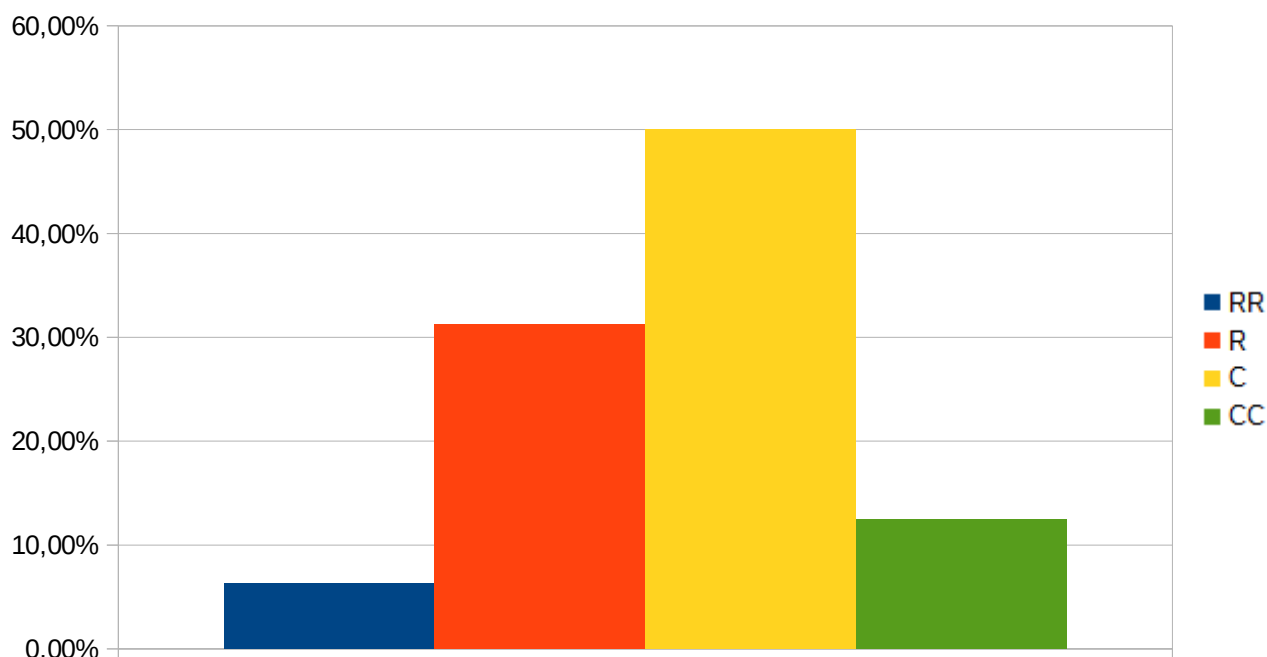


Grafico 5: Percentuali di diffusione delle varie tipologie di frequenza riscontrate nel cluster 3.

Su un totale di 16 specie determinate in questo gruppo vegetazionale, il 50% di esse sono specie comuni, le specie molto rare (RR) rappresentano il 6,25% del totale (*Saxifraga caesia*), quelle rare (R) il 31,25% e sono costituite da specie come *Erica carnea*, *Euphrasia spp.* e *Gentiana cigliata*, quelle comuni (C) il 50,00% ed infine le specie molto comuni (CC) rappresentano il 12,50%.

4.2.3.3 Valore pastorale

Il valore pastorale del cluster 3 è pressoché nullo e corrisponde allo 0.04. Alcune delle specie presenti nel cluster hanno però elevati indici pastorali, nonostante la loro presenza nella sezione considerata sia piuttosto carente. E' stato infatti assegnato a specie come *Leontodon hispidus* e *Pimpinella saxifraga* l'indice "5" e a *Campanula cochlearifolia* e *Silene vulgaris* l'indice "3".

4.2.3.4 Spettro biologico

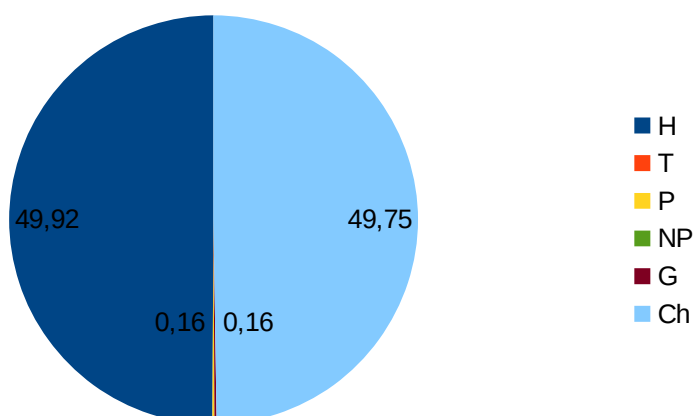


Grafico 6: Spettro biologico del cluster 3.

Nel cluster 3 , le emicriptofite e le camefite, piante le cui gemme possono resistere alla stagione sfavorevole protette dal manto nevoso, sono le due forme biologiche dominanti. Scarse sono le geofite e fanerofite. Il cluster 3 rappresenta la vegetazione presente nel ghiaione lungo la scarpata di raccordo costituita da erbe e arbusti, fra la mugheta e il "pascolo" in esame.

4.2.4 CLUSTER 4 - mugheta



Figura 31: Cluster 4, mugheta.

4.2.4.1 Descrizione

Il cluster 4 è un gruppo di vegetazione costituito dal rilievo “i”, esterno all'area di studio, le cui specie crescono su un pendio ricoperto quasi totalmente da pino mugo. Il rilievo è stato eseguito in data 01/09/2015 a una quota 2005 m d'altitudine su una porzione esposta a 176°, inclinata di circa 18°. La copertura che costituisce quest'area è abbondante sia per quanto riguarda lo strato erbaceo (80%), sia per quello arbustivo che è presente con una copertura del 90% e si sviluppa fino a 3,5 m d'altezza. Nella seguente tabella (Tabella 8) vengono riportate tutte le specie vegetali riscontrate e i rispettivi indici di copertura.

specie	Cluster 4 (rilievo i)
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i> (L.) Spreng.	+
<i>Aster bellidiastrum</i> L.	r
<i>Biscutella laevigata</i> L.	r
<i>Calamagrostis varia</i> (Schrud.) Host	1
<i>Campanula cochleariifolia</i> Lam.	r
<i>Carlina acaulis</i> L.	+
<i>Centaurea</i> spp.	r
<i>Coronilla</i> spp.	+
<i>Cytisus sessilifolius</i> L.	+
<i>Dafne striata</i> Tratt.	+
<i>Erica carnea</i> L.	4
<i>Euphrasia</i> spp.	+
<i>Genziana cigliata</i> L.	r
<i>Hieracium staticifolium</i> L.	r
<i>Laserpitium krapfii</i> L.	+
<i>Orchis</i> spp.	r
<i>Pinus mugo</i> Turra	5
<i>Sesleria varia</i> (Jacq.) Wettst.	+
<i>Tofieldia calyculata</i> (L.) Wahlenb.	r
<i>Juniperus nana</i> Willd.	+

Tabella 7: Rilievi del cluster 4.

In questo gruppo vegetazionale si nota la rilevante presenza del *Pinus mugo* a cui è stato assegnato il massimo indice di copertura(5). Il pino mugo, a portamento prostrato, predilige i suoli detritici parzialmente consolidati, ghiaioni o di conoidi di deiezione presenti in questa valle. La specie arbustiva dominante è *Erica carnea*, pianta basifila perenne con fusto strisciante e legnoso non più alta di 40 cm che si adatta anch'essa molto bene a suoli aridi e detritici.

4.2.3.2 Diffusione specie

Nel grafico 5 vengono riportate le specie rare e comuni determinate nel cluster 4.

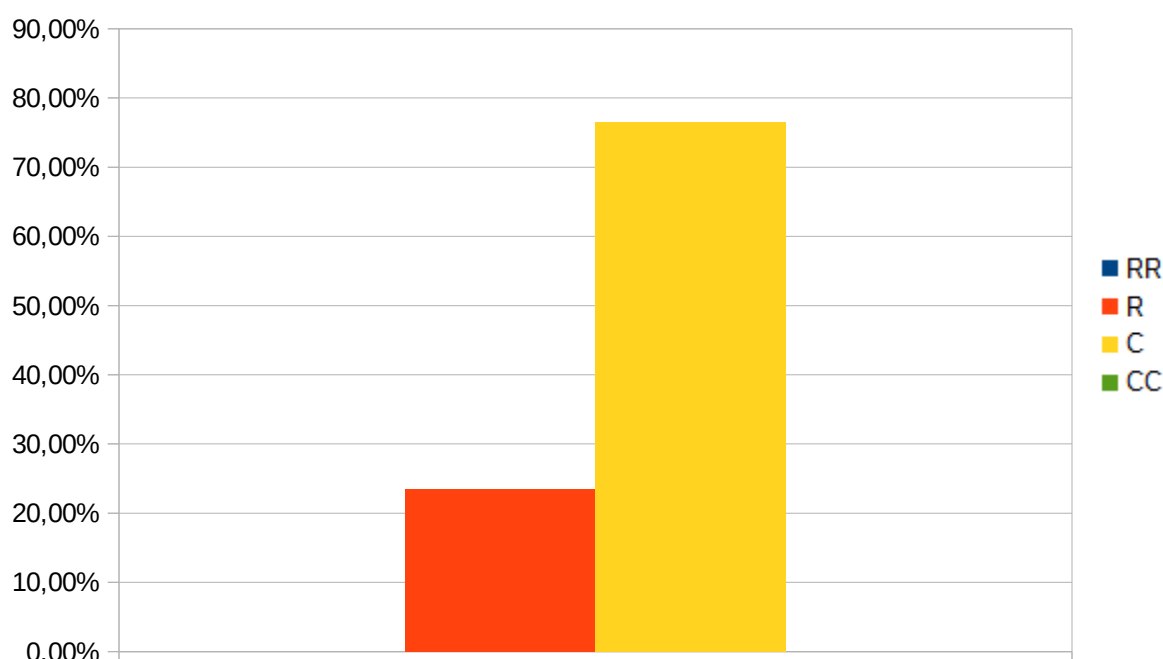


Grafico 4: Percentuali di diffusione delle varie tipologie di frequenza riscontrate nel cluster 3.

Su un totale di 17 specie rilevate, le specie comuni rappresentano la maggioranza (76,47%) mentre quelle rare sono solamente due (*Erica carnea* e *Euphrasia spp.*) e costituiscono il 23,53%. Non sono state quindi riscontrate specie molto rare e molto comuni.

4.2.3.3 Valore pastorale

Il cluster 4 ha un basso valore pastorale che corrisponde a 11,4. Le specie foraggere sono scarse e quelle che prevalgono (*Pinus mugo*, *Erica carnea* e *Calamagrostis varia*) hanno un indice foraggero nullo.

4.2.3.4 Spettro biologico

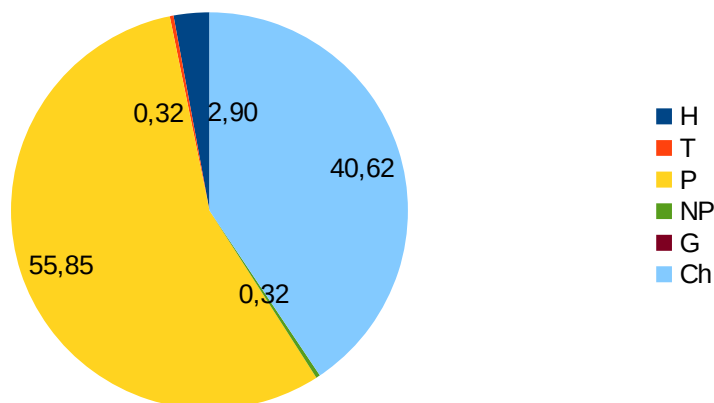


Grafico 7: Spettro biologico del cluster 4.

Nel cluster 4, i gruppi ecologici presenti sono costituiti principalmente dalle camefite (Ch) e dalle fanerofite (P), piante terrestri arbustive e arboree le cui gemme ed i cui apici vegetativi, destinati a sopravvivere alla stagione avversa, si elevano al di sopra del suolo (almeno ad una altezza maggiore di 30 cm) su fusti persistenti per vari anni. Emicriptofite (H), nano-fanerofite (NP) e terofite (T) sono presenti in percentuali inferiori e le geofite (G) sono del tutto assenti. Quest'ultimo cluster rappresenta quindi una vegetazione costituita perlopiù da piante arboree (pino mugo) e arbusti. In particolare, la descrizione del cluster corrisponde alla vegetazione presente sui ghiaioni mobili presenti ai margini dell'area di studio.

4.3 Confronto tra clusters

Nel grafico 5 viene confrontata diffusione delle specie vegetali (specie rare, molto rare, comuni o molto comuni) presenti nei cluster di vegetazione individuati.

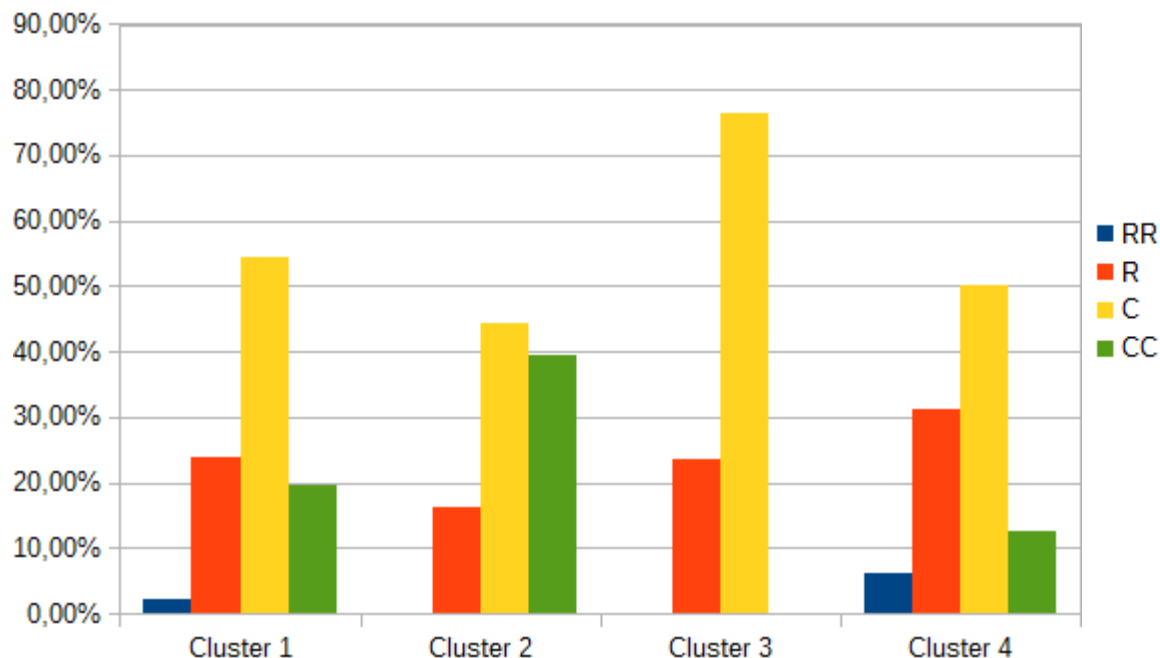


Grafico 5: Grafico delle frequenze: RR=specie molto rare, R=specie rare, C=specie comuni, CC=specie molto comuni.

Cluster 1= prateria con impianti di pino mugo e larice;

Cluster 2= prateria a trifoglio ladino e achillea millefoglie;

Cluster 3= ghiaione calcareo;

Cluster 4= mugheta.

Dal grafico si nota che i cluster hanno una percentuale molto simile di specie comuni; le specie molto comuni si riscontrano in 3 cluster su 4 ma in una discreta percentuale per i cluster 1 e 3 mentre il cluster 2 raggiunge una percentuale del 39,5 %; tutti i cluster presentano specie rare in una percentuale media di circa 23 % ; ed infine le specie molto rare sono presenti in basse percentuali solo nei cluster 1 e 3.

4.4 Confronto dei valori pastorali

I cluster 1 e 2 che accorpano vegetazioni erbacee, presentano entrambi elevato valore pastorale, specialmente se confrontati con i cluster 3 e 4. Il gruppo vegetazionale 2 infatti, è costituito da un buon numero di specie foraggere e può essere dunque definito come un buon pascolo. Il gruppo 1, ha invece un valore pastorale molto più basso poiché contiene poche specie foraggere, potrebbe quindi essere definito un pascolo magro. Il cluster 3, costituito da ghiaione e suolo sterile, ha un valore

pastorale bassissimo (per questo non può essere definito un pascolo). Infine, il cluster 4, la mugheta, ha un basso valore foraggero.

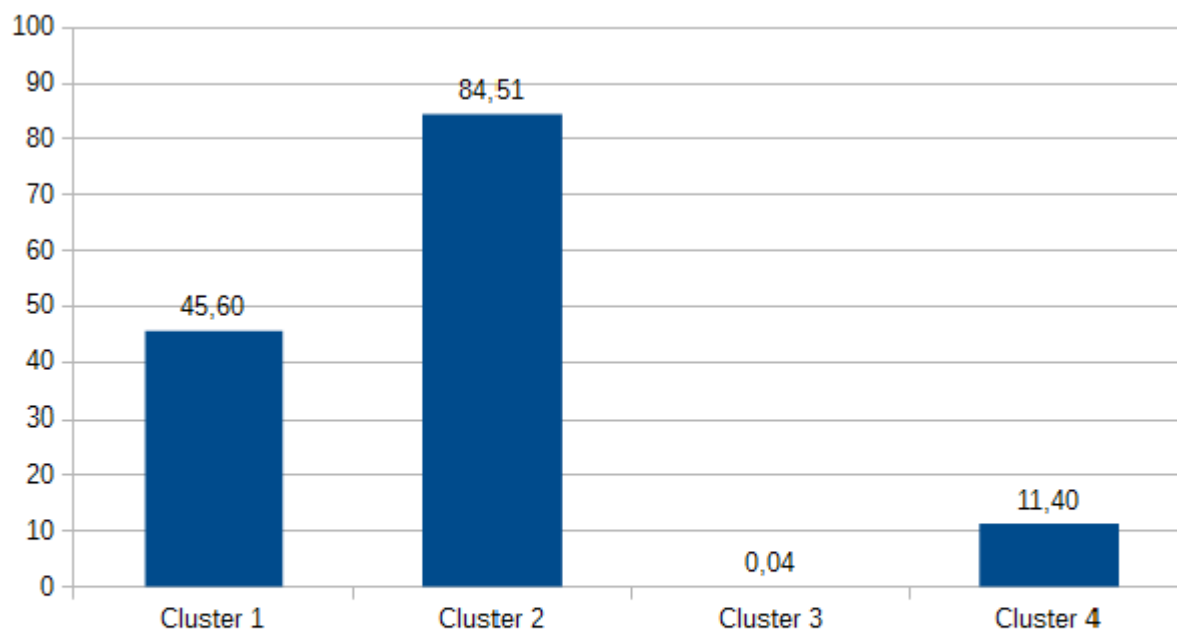


Grafico 7: Valori pascolivi dei quattro cluster.

- Cluster 1= prateria con impianti di pino mugo e larice;
- Cluster 2= prateria a trifoglio ladino e achillea millefoglie;
- Cluster 3= ghiaione calcareo;
- Cluster 4= mugheta.

4.5. Spettri biologici

Allo scopo di confrontare gli spettri biologici di ciascun cluster è stato realizzato il grafico che segue (Grafico 8).

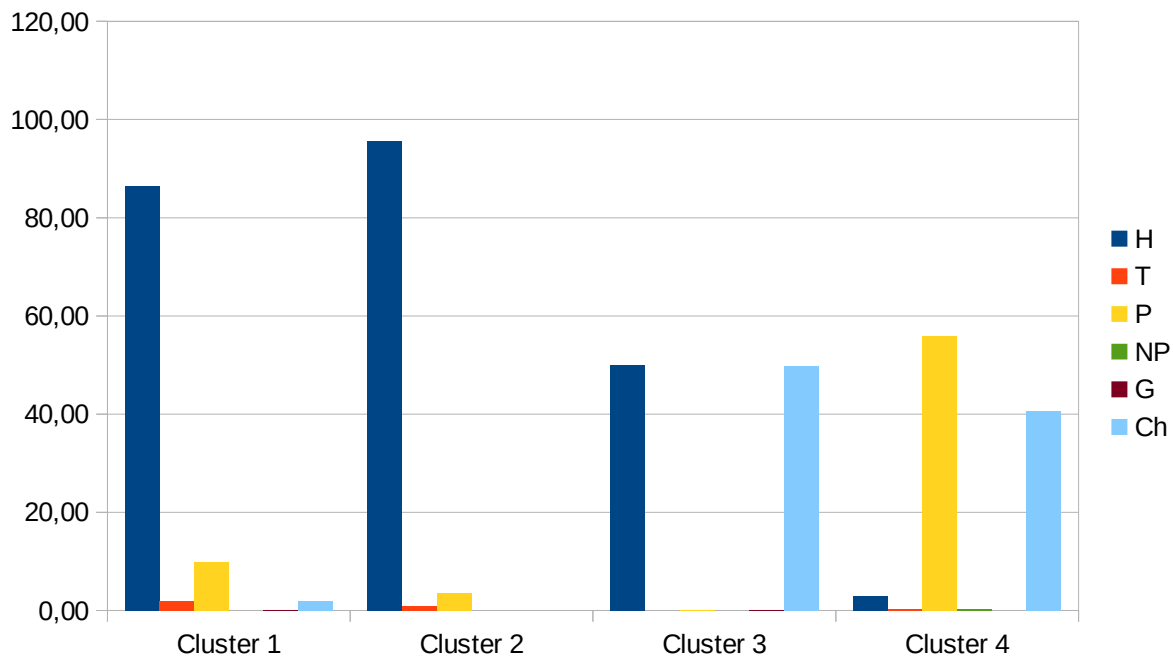


Grafico 8: Spettri biologici a confronto.

Cluster 1= prateria con impianti di pino mugo e larice;

Cluster 2= prateria a trifoglio ladino e achillea millefoglie;

Cluster 3=ghiaione calcareo;

Cluster 4= mugheta.

Dal grafico possiamo osservare che i cluster 1 e 2 sono, oggi, dei pascoli per via dell'elevata presenza di emicriptofite; mentre i cluster 3 e 4 non hanno caratteristiche congruenti all' ambiente "pascolo". Quest'ultimo cluster rappresenta, però, la vegetazione spontanea dell'area di studio.

5. DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

I risultati ottenuti da questo lavoro hanno fornito interessanti informazioni sulla vegetazione presente nell'area di studio che mi hanno permesso di formulare alcune considerazioni sull'efficacia dei lavori effettuati.

L'area era (prima degli interventi) popolata da mugheta, oggi presente nel territorio limitrofo alla sezione in esame (cluster 4). Dopo la realizzazione del canale, si era considerato di realizzare un intervento atto a rinaturalizzare l'area, mitigando gli impatti attraverso tecniche di rivegetazione; pratiche eseguite tenendo solamente conto dei principi base dell'ingegneria naturalistica e probabilmente senza considerare le caratteristiche botanico-ambientali dell'area. Spesso infatti, i criteri di ripristino ambientale si basano sull'utilizzo di specie arboree "standard" come ad esempio i salici che, pur avendo ottime caratteristiche di adattamento, attecchimento e sviluppo (emettono in fretta forti radici in grado di stabilizzare il terreno), hanno un limite altitudinale tra i 600 m e i 1800 m di quota. Queste piante, ad elevate altitudini e in zone poco adatte alla loro crescita, vanno quindi incontro a sofferenza e morte, proprio come si è visto nel caso in esame (cluster 1 e 2). Anche l'utilizzo di specie montane aventi limiti altitudinali più altevati come per esempio *Larix decidua*, non sempre corrisponde alla scelta più adatta infatti la vegetazione delle aree adiacenti all'area di studio presenta pochissimi larici; questo potrebbe essere dovuto anche al fatto che la zona della Val Fraele è molto ventosa, e presenta substrato calcareo (non troppo adatto per il larice). L'unico arbusto che non ha mostrato sofferenza o morte è stato il pino mugo, pianta molto diffusa in questo settore che, bassa ed elastica, sopporta bene il vento e il suolo povero, calcareo e ricco in scheletro. Possiamo quindi giungere a considerare che *Salix purpurea* e *Larix decidua* non sono state specie adatte a riforestare l'area di studio e che l' utilizzo di queste specie non è stato di grande successo dato che stanno deperendo, mentre ha avuto più successo l'introduzione di pino mugo dalle aree limitrofe che è attecchito meglio. Sfortunatamente però il pino mugo non ha potuto colonizzare l'intera area in quanto, durante i lavori di sistemazione, è stata apportata terra fine e concime creando condizioni poco idonee alla propagazione del pino mugo che invece esige substrati poveri rocciosi e/o ghiaiosi.

Visti gli obiettivi del gestore dei lavori (ripristinare un'area fortemente antropizzata) l'intervento più idoneo da effettuarsi era quindi valutare meglio le specie arboree da

piantumare e il materiale terroso da apportare tenendo conto degli aspetti territoriali, in particolar modo degli aspetti climatici e pedologici. L'analisi botanico-ambientale effettuata in questo studio, se condotta prima della progettazione degli interventi, avrebbe potuto suggerire una migliore strategia di azione e, probabilmente, ridurre i costi di intervento.

La morte della maggior parte dei salici piantumati durante la realizzazione delle opere ha prodotto come risultato la creazione di praterie con specie erbacee da pascolo (cluster 1 e 2), la maggior parte delle quali inserite con la semina, come ad esempio: *Achillea millefolium*, *Alchemilla vulgaris*, *Anthyllis vulneraria*, *Campanula cochlearifolia*, *Festuca rubra*, *Festuca curvula*, *Leontodon hispidus*, *Lotus corniculatus*, *Medicago lupulina*, *Onobrychis viciifolia*, *Phleum alpinum*, *Pimpinella saxifraga*, *Plantago lanceolata*, *Trifolium repens* e *Trifolium pratense*. Tali praterie senza più arbusti (probabilmente non desiderate dai pianificatori dei lavori) sono l'attuale risultato delle risposte del sistema al tipo di intervento svolto in quell'ambiente. I valori restituiti dal calcolo del valore pastorale hanno confermato la presenza di pascoli nelle aree dove è presente la vegetazione del cluster 1 e 2. Il cluster 1, comprende una superficie totale di 75 m² e, considerando il rispettivo valore pastorale di 45.60, può essere definita come un'area discreta pascoliva. Il cluster 2, con una superficie totale di 145 m², spicca per il suo elevato valore pastorale che corrisponde a 84.51 e che, tenendo conto dell'estensione dell'area di questo gruppo vegetazionale e della variegata composizione floristica, determina la presenza di un buon pascolo. Sarebbe opportuno valutare l'utilità di tali pascoli, ovvero capire se tali superfici vengono utilizzate per il pascolo durante il periodo estivo. Nonostante la superficie del pendio abbia un'estensione limitata, dai rilievi effettuati (nel periodo estivo) ho potuto constatare la presenza di deiezioni ovi-caprine. Si ipotizza perciò che nei periodi estivi ci sia un pascolo di bestiame domestico e/o selvatico.

In conclusione l'area di studio non è stata naturalizzata ricreando le condizioni naturali precedenti al disturbo (la muggheta) ma i lavori svolti hanno portato ad avere alcune aree con praterie aventi sparsi esemplari di pino mugo e aree che presentano praterie che possono essere adibite al pascolo, specialmente per quello ovi-caprino.

La situazione attuale è il risultato di interventi che, a mio avviso, potevano essere meglio pianificati, infatti se l'obiettivo era quello di mitigare l'impatto antropico, ricreando la muggheta, non si capisce il perché sia stato apportato materiale terroso e seminate piante foraggere, al contrario se l'obbiettivo fosse stato quello di intervenire

con la creazione di un pascolo, non si spiega l'impianto del pino mugo e delle altre piante arboree e arbustive.

Per poter ricostruire la mugheta probabilmente sarebbe stato meglio non apportare terreno fertile ed evitare di seminare piante foraggere, mentre sarebbe stata buona cosa favorire la propagazione del pino mugo (mediante semine e/o piantumazioni) sulla ghiaia come già avviene naturalmente in loco in ambienti simili. Infatti in aree adiacenti l'area di studio sono presenti conoidi di detrito in cui si osserva una rapida ripresa e colonizzazione spontanea da parte del pino mugo senza alcun tipo di intervento antropico (Figura 32).



Figura 32: Mugo che sta crescendo lungo il conoide di detrito.

Viceversa se ci fosse stata l'intenzione di creare un'area da adibire al pascolo sarebbe stato doveroso apportare più terra fine, seminare piante foraggere ed evitare l'impianto di alberi e/o arbusti che non sono appetibili dal bestiame.

Alla luce di queste considerazioni è evidente come chi si occupa dei ripristini ambientali dovrebbe avere ben chiari gli obiettivi che intende perseguire e considerare le analisi ecologico-ambientali prima di pianificare i lavori. Ciò potrebbe facilitare la progettazione dei lavori, ridurre i tempi di raggiungimento degli obiettivi finali e, in taluni casi, potrebbe tradursi in minori investimenti economici.

6. Ringraziamenti

Ringrazio la Relatrice Annamaria Giorgi e il Correlatore Luca Giupponi per il supporto, la disponibilità e la collaborazione.

Un ringraziamento va ai miei fratelli, Chiara e Paride, per il grande aiuto che in questi anni non mi hanno mai fatto mancare.

Grazie ai miei genitori che nonostante i sacrifici, mi hanno permesso di raggiungere questo traguardo.

Ringrazio le mie amiche per essere cresciute insieme a me condividendo, anche se lontane, il percorso universitario.

Ed infine ringrazio Gabriele, per aver speso insieme a me molte sere dopo il lavoro, davanti al pc, a sistemare la tesi e per avermi sempre incitata a non mollare mai, anche nei momenti di sconforto.

7. Bibliografia

- Blasi C. & Paoletta A. (1992), *“Progettazione ambientale. Cave, fiumi, strade, parchi, insediamenti”*. Carocci (RM).
- Cattaneo D. (2014), *“Dispense del corso di Pianificazione Ecologica del Territorio”*. Università degli Studi di Padova, Padova (PD).
- Fumagalli L., Gasperi M., Canclini M. (2004), *“Valdidentro Storia Paesi Gente”*. Alpinia, Bormio.
- Gusmeroli F. (2004), *“I pascoli dell'Alta Valtellina. Guida pratica alla loro conoscenza”*. Comunità Montana Alta Valtellina, Comune di Livigno, Fondazione Fojanini di Studi Superiori, Stampa Tipolitografia Bettini, SO.
- Gusmeroli F. (2005), *“Prati, Pascoli e Paesaggio alpino”*. SoZooAlp c/o Fondazione Edmund Mach Istituto Agrario di San Michele all'Adige (TN).
- Pignatti S. (1982), *“Flora d'Italia”*. Edagricole, Bologna.
- Pirola A., Faifer D., Gironi F., Pirovano A. (2000) *“Le Valli del Parco Nazionale dello Stelvio in Lombardia”*. Consorzio del Parco Nazionale dello Stelvio - Comitato di Gestione per la Regione Lombardia, Bormio, SO.
- Turetti P. (1997) *“Escursioni – Parco dello Stelvio Alta Valcamonica e Alta Valtellina”*. Cierre Edizioni (VR) .

8. Sitografia

Servizio idrografico ARPA Lombardia. <http://idro.arpalombardia.it/pmapper-4.0/map.phtml>.