



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
FACOLTÀ DI SCIENZE AGRARIE E ALIMENTARI
CORSO DI LAUREA IN
VALORIZZAZIONE E TUTELA DELL'AMBIENTE E DEL
TERRITORIO MONTANO

COMUNITA' VEGETALE, ECOLOGIA E STRATEGIA
FUNZIONALE DI *Linaria tonzigii* Lona, SPECIE STENO-
ENDEMICA DELLE PREALPI BERGAMASCHE

Relatore: Prof.ssa Annamaria Giorgi
Correlatore: Dott. Luca Giupponi

Elaborato finale di: Paolo Bosio
Matricola: 872070

RIASSUNTO

La conoscenza delle specie vegetali è di fondamentale importanza per la salvaguardia della biodiversità, in particolare di quelle specie poco comuni e/o che hanno un areale circoscritto (specie endemiche). Una di queste è *Linaria tonzigii* Lona, specie steno-endemica rara che cresce esclusivamente in alcuni ghiaioni calcarei delle Prealpi Orobie Bergamasche e di cui si hanno poche informazioni sulla sua ecologia (autoecologia e sinecologia) nonostante sia stata scoperta da più di 60 anni. Questo studio, oltre a focalizzarsi sulla morfologia della pianta, ha avuto come obiettivo l'analisi della composizione floristica della comunità vegetale di cui *Linaria tonzigii* fa parte, valutandola sulla base di rilievi fitosociologici condotti in cinque aree dove la specie era segnalata. Dai dati così ottenuti si è passati all'analisi ecologica della comunità vegetale (sinecologia) attraverso l'applicazione di indici ecologici. Analizzando la composizione floristica dei rilievi è stato possibile definire che *Linaria tonzigii* fa parte di una comunità (*Linaria tonzigii-Hornungia alpina*), costituita prevalentemente da specie basifile e xerofile, che crescono su substrato calcareo e che si presenta in due varianti che si esprimono in aree differenti. La prima si manifesta nei ghiaioni del Monte Cavallo, mentre la seconda caratterizza tutti gli altri siti analizzati (Mt. Arera, Mt. Menna, Mt. Secco e Mt. Ferrante). Inoltre, l'analisi dell'altezza dei fusti degli esemplari del Monte Cavallo ha evidenziato degli individui di *Linaria tonzigii* più alti rispetto alle altre zone, che potrebbero costituire un ecotipo differente. Un ulteriore obiettivo è stato quello di analizzare la strategia funzionale CSR di *Linaria tonzigii* utilizzando gli strumenti di analisi più recenti. Tale analisi permette di comprendere più approfonditamente l'adattamento di una specie ai fattori ambientali quali gli stress e i disturbi. Dalle analisi è risultato che *Linaria tonzigii* ha una strategia media R/CSR. Questo valore denota un adattamento al disturbo che, in questo caso, è rappresentato dall'instabilità delle rocce su cui *Linaria tonzigii* cresce. Lievi differenze di strategia sono state riscontrate per gli individui appartenenti alle differenti aree di campionamento. La strategia di *Linaria tonzigii* è stata inoltre confrontata con le strategie CSR delle piante della comunità vegetale *Linaria tonzigii-Hornungia alpina*, questo confronto è servito per avere un quadro più ampio delle strategie evolutive presenti nella stessa comunità vegetale e quindi tra piante che condividono le stesse condizioni di crescita. Inoltre, è stato possibile definire le differenze ecologiche fra *Linaria tonzigii* e altre due specie del genere *Linaria* diffuse sulle Alpi: *Linaria alpina* e *Linaria vulgaris*.

SOMMARIO

RIASSUNTO	1
1. INTRODUZIONE.....	3
1.1 <i>Linaria tonzigii</i> Lona	7
1.1.1 Morfologia	8
1.1.2 Distribuzione.....	9
1.1.3 Ecologia	12
1.2 Altre specie del genere <i>Linaria</i> presenti sulle Alpi.....	14
1.2.1 <i>Linaria alpina</i>	14
1.2.2 <i>Linaria vulgaris</i>	16
1.3 La strategia funzionale CSR.....	18
1.4 Obiettivo del lavoro	23
2. MATERIALI E METODI.....	24
2.1 Aree di campionamento.....	24
2.2 Analisi morfologica	25
2.3 Analisi fitosociologica ed ecologica.....	26
2.4 Analisi CSR	28
3. RISULTATI	30
3.1 Altezza degli individui.....	30
3.2 Comunità vegetale	32
3.3 Ecologia	36
3.4 Strategia CSR.....	37
4. DISCUSSIONE RISULTATI E CONCLUSIONI	40
RINGRAZIAMENTI	45
BIBLIOGRAFIA.....	46
ALLEGATO I – Tabella dei rilievi fitosociologici	50

1. INTRODUZIONE

Il presente elaborato finale è stato realizzato in seguito a ricerche, uscite in campo e analisi, condotte durante il tirocinio formativo svolto nel periodo estate-autunno dell'anno 2017 a conclusione del ciclo di studi in Valorizzazione e Tutela dell'Ambiente e del Territorio Montano. L'obiettivo di questo lavoro è arricchire le conoscenze relative a *Linaria tonzigii* Lona, una specie vegetale steno-endemica delle Prealpi Bergamasche, in quanto si hanno ancora poche informazioni riguardo alla sua ecologia (autoecologia e sinecologia) nonostante sia stata scoperta da più di 60 anni (Lona 1949),

La conoscenza delle caratteristiche delle specie rappresenta il primo passo per poter avviare azioni di conservazione della biodiversità, tematica attuale e di grande importanza oggetto di dibattito e azioni sia a livello locale che globale. L'estinzione di specie (vegetali e animali), può alterare le funzioni dell'ecosistema e i dei suoi servizi che sono essenziali per il benessere umano (Fedele et al. 2017). Al fine di massimizzare il successo delle azioni di protezione delle specie rare e/o minacciate, è importante avere una conoscenza approfondita delle specie interessate, specialmente per quanto riguarda la loro biologia ed ecologia. Di particolare interesse per la biodiversità, sono quelle specie che crescono solamente in una regione specifica del globo (specie endemiche), o quelle la cui presenza è estremamente localizzata in poche zone con caratteristiche particolari favorevoli alla crescita della pianta (specie steno-endemiche). Queste specie sono molto importanti in quanto arricchiscono il patrimonio ecologico dell'area in cui sono presenti e quindi dell'intero pianeta.

La comunità internazionale sta riconoscendo, ogni giorno di più, come la biodiversità occupi un ruolo fondamentale per l'equilibrio dei diversi ecosistemi. Questo riconoscimento ha portato ad un impegno internazionale per la protezione delle specie rare e/o minacciate. Nel 1992 durante la convenzione sulla diversità biologica di Rio de Janeiro è stato introdotto a livello internazionale il termine "biodiversità", a questo riguardo la comunità internazionale ha intensificato la protezione e la salvaguardia delle specie rare, minacciate ed in via di estinzione. A seguito della convenzione di Rio, sempre nello stesso anno (1992), la Comunità Europea ha emanato un suo regolamento denominato "Direttiva *Habitat*" (92/43/EEC) relativo alla conservazione degli habitat naturali e della flora e fauna spontanea (Fenu et al. 2016).

L'Italia ha recepito le direttive derivanti dalla convenzione di Rio de Janeiro due anni dopo, nel 1994 (legge 14 febbraio 1994, n° 124), tuttavia, per più di dieci anni dalla pubblicazione

della legge, non è stata redatta alcuna lista rossa (lista di specie a rischio). Il primo passo lo si è fatto a partire dal 1999 con la realizzazione di una lista aggiornata della flora vascolare italiana, completata nel 2005 (Conti et al. 2005). Successivamente nel 2008 è stata presentata la prima lista rossa prodotta dalla Società Botanica Italiana (Rossi et al. 2008). Solamente nel 2010 l'Italia si è dotata di una strategia nazionale per la biodiversità che fa capo alla strategia per la biodiversità europea, di durata decennale (2010-2020). Tale procedura, prevede la pubblicazione biennale di rapporti relativi all'attuazione della strategia. In definitiva, per quanto riguarda la conservazione della biodiversità, una reale attuazione della convenzione di Rio la si ha avuta solamente nel 2010, ossia diciotto anni dopo l'emanazione del termine biodiversità.

All'interno della direttiva habitat opera Natura 2000, che è il principale strumento della politica dell'Unione Europea per la conservazione della biodiversità. Si tratta di una rete ecologica diffusa su tutto il territorio dell'Unione, istituita ai sensi della Direttiva 92/43/CEE "Habitat" per garantire il mantenimento a lungo termine degli habitat naturali e delle specie di flora e fauna minacciati o rari a livello comunitario (www.minambiente.it). Nell'allegato II della direttiva habitat è presente *Linaria tonzigii*, una specie endemica della Lombardia. Il fatto di trovarsi in questo allegato fa sì che *Linaria tonzigii* venga considerata una specie di interesse comunitario, a cui vanno applicate le norme di salvaguardia dell'habitat in cui cresce. Inoltre, è importante sottolineare anche le normative regionali relative alla biodiversità. La regione Lombardia ha infatti emanato una sua legge regionale che si occupa delle disposizioni per la tutela e la conservazione della piccola fauna, della flora e della vegetazione spontanea (LR10/31 marzo 2008). L'articolo 7 di questo regolamento, di fatto pone dei vincoli alla raccolta di alcune specie spontanee presenti nel territorio lombardo, tra queste specie figurano anche quelle inserite nella direttiva "habitat" della comunità europea, *Linaria tonzigii* compresa.

Un ulteriore apporto alla salvaguardia della biodiversità è dato dalle numerose organizzazioni che operano a livello internazionale. Tra le più importanti si ricorda l'*International Union for Conservation of Nature* (IUCN), riconosciuta ufficialmente nel 1999 con il ruolo di osservatore dall'Assemblea generale delle Nazioni Unite. Il protocollo IUCN rappresenta lo standard ufficiale di riferimento per quanto riguarda lo stato di rischio delle varie specie vegetali ed animali, questo processo di valutazione viene chiamato: *risk assessment* e porta ad associare ad ogni specie un livello di rischio estinzione, valutato su un elevato insieme di fattori. Esistono fino a dieci livelli di rischio che vanno da specie estinte

fino a specie non a rischio passando per livelli intermedi o livelli in cui è specificata la mancanza di dati riferiti ad una determinata specie. Un ulteriore ruolo di questa organizzazione è la stesura, partendo dal risk assessment, delle liste rosse mondiali, nell'ambito del progetto *IUCN Red List of Threatened Species*. Le liste rosse sono elenchi di specie, riferiti ad un dato territorio, in cui per ogni taxon viene indicato il livello di rischio d'estinzione emerso a valle di un processo di valutazione (società botanica italiana 2013).

La IUCN promuove la redazione di numerose liste rosse a livello mondiale, evidenziando le specie, animali e vegetali maggiormente minacciate. Di particolare interesse per quanto riguarda l'Europa è la *European Red List of Vascular Plants* (Bilz et al. 2011). Questa lista europea è stata trampolino di lancio per la redazione a livello nazionale della Lista rossa della flora italiana, redatta dalla IUCN in collaborazione con la società botanica Italiana (Società Botanica Italiana 2013). La suddetta lista contiene un pacchetto (comprensivo di piante vascolari, briofite e licheni) di 197 *Policy Species*, di cui *Linaria Tonzigii* fa parte catalogata come specie a rischio (Endangered-EN) (Bilz 2011; Mangili et al. 2011; Società Botanica Italiana 2013).

Per quanto riguarda la biodiversità va detto che vi sono delle regioni nel mondo in cui si presentano dei picchi di biodiversità, ossia delle zone con un numero di specie elevato e un'alta frequenza di piante endemiche. Queste zone vengono definite, a livello internazionale, come *global biodiversity hotspot* (Società Botanica Italiana 2013). L'intero bacino mediterraneo viene considerato parte di questi hotspot, in quanto possiede una ricchezza floristica importante ed un'elevata percentuale di piante endemiche. In tale contesto va inquadrata l'importanza della flora italiana, forte di una elevata diversità cui contribuiscono oltre 7.000 *taxa* (Conti et al. 2005) e di un tasso di endemismo generale superiore al 13%, ma che in alcune regioni italiane supera nettamente la soglia del 20% della flora locale (Scoppola et al. 2005; Società Botanica Italiana 2013). L'Italia, dunque, rappresenta un interessante contesto per quanto riguarda la salvaguardia della biodiversità. Questa ricchezza floristica è dettata da due fattori principali: il primo relativo agli eventi storici che hanno fortemente influenzato il paesaggio fino addirittura a modificarlo completamente, a tale proposito si fa riferimento all'elevato livello di antropizzazione che il territorio italiano ha subito nel corso di diversi secoli come la trasformazione di aree boschive in prati e pascoli, inoltre l'allevamento e l'agricoltura che hanno plasmato un paesaggio nuovo rispetto a quello che era presente in precedenza permettendo l'insediamento di nuove specie in territori in cui prima non c'erano. Il secondo fattore, può

invece considerarsi come il più caratteristico e riguarda l'eterogeneità del territorio, in cui l'estrema variabilità di elementi orografici, geologici, paleogeografici, pedologici e climatici contribuisce a creare i presupposti ecologici per esprimere, anche su scale spaziali ridotte, una straordinaria diversificazione di habitat e comunità vegetali (Blasi 2010). In particolare per l'Italia possono essere identificate tre regioni biogeografiche: mediterranea, prealpina (oceanica) ed alpina (continentale), ed ognuna di queste regioni ha un suo peculiare patrimonio floristico.

Una pianta evolutasi in un certo clima avrà sviluppato delle caratteristiche anatomiche e fisiologiche che le permettano di sopravvivere a determinate condizioni ambientali. Il botanico danese Christen Raunkiær, ha sviluppato negli anni trenta una classificazione che tutt'oggi è una delle più utilizzate, dividendo le piante in base a determinate caratteristiche che le permettano di superare la stagione avversa, in particolar modo viene considerata la posizione delle gemme dormienti (Raunkiær 1934). Prendendo come riferimento le piante che crescono in territorio alpino, è auspicabile considerare che la maggior parte di esse si sia sviluppata proteggendo le gemme vicino al suolo se non addirittura all'interno di esso, in quanto nella stagione avversa questi tipi di piante si troveranno ad affrontare climi rigidi con ingenti quantitativi di neve. Per quanto concerne il genere *Linaria*, nel territorio italiano esistono diverse specie con caratteristiche molto differenti tra loro. Alcune di esse sono esclusive di una particolare regione biogeografica, spesso riferita al territorio alpino o comunque montano dove possono adattarsi a climi caratteristici di altitudini più elevate, in questo gruppo ritroviamo anche delle piante endemiche che crescono in territori con caratteristiche particolari, e spesso, geograficamente molto limitati. Mentre altre sono diffuse in territori più ampi e differenziati, si possono infatti trovare in tutta la penisola nelle diverse regioni. Ne è da esempio *Linaria tonzigii* che cresce solo in pochi ghiaioni calcarei delle Prealpi Lombarde nel piano subalpino ed alpino.

1.1 *Linaria tonzigii* Lona

Linaria tonzigii (conosciuta in Italia con i nomi volgari di: Linaria bergamasca, Linaria di Tonzig, Linajola Bergamasca) è una pianta rara, steno-endemica la cui presenza è stata accertata nel Parco Regionale delle Prealpi Bergamasche (Pignatti 1982; Calegari et al. 1995; Aeschimann et al. 2004; Conti et al. 2005; Martini et al. 2012; Peruzzi et al. 2014; Andreis et al. 2017). È una pianta tipicamente alpina, basifila e xerofila, la si può infatti trovare sui ghiaioni calcarei attorno ai 2000 m di altitudine. Il nome del genere deriva dal greco "*línon*" = lino e indica la somiglianza delle foglie di alcune piante del suo genere, con quelle del lino. L'anno della scoperta ufficiale di questa pianta risale al 1949 da parte del professor Fausto Lona (Lona 1949). Lo stesso professor Lona decise di dedicare il nome della specie ad un'altra importante figura in ambito botanico di quei tempi: Sergio Tonzig (1905-1998) che è stato professore dell'Università degli Studi di Milano e per anni direttore del relativo Istituto Botanico e fondatore del Centro di Studio del CNR sulla Biologia Cellulare e Molecolare delle Piante.

Data la rarità e la distribuzione geografica puntuale questa specie ha assunto anche il nome volgare di Linajola bergamasca e, per lo stesso motivo, come si può vedere nella Figura 1, viene tutt'oggi utilizzata come simbolo del gruppo Flora Alpina Bergamasca (FAB): Associazione di promozione sociale senza scopo di lucro, fondata nel 1987, avente la finalità di riunire appassionati, esperti e studiosi della flora bergamasca, con particolare attenzione a quella alpina (statuti del FAB –www.floralpinabergamasca.net).



Figura 1. Logo del gruppo Flora Alpina Bergamasca

1.1.1 Morfologia

Linaria tonzigii (Plantaginaceae) è una specie erbacea a ciclo biologico perenne, la forma biologica relativa alla classificazione di Raunkiaer è: camefita (Ch) suffrutticosa (Pignatti 1982). Le camefite (Ch) sono piante perenni e legnose alla base, con gemme svernanti poste ad un'altezza dal suolo tra i 20 ed i 30 cm. Con il termine suffrutticosa si intendono quelle camefite le cui porzioni erbacee seccano annualmente e rimangono in vita soltanto le parti legnose (Ellenberg 1967; Raunkiaer 1934). *Linaria tonzigii* porta le gemme svernanti sul fusto strisciante fra i sassi dei macereti calcarei. I rami sono ascendenti e glabri ed in media lunghi 6-12 cm. Le foglie sono glauche (di colore intermedio tra verde e grigio), di forma lanceolata (5-6 x 11-14 mm). Sono foglie carnose, in quanto la pianta ha necessità di sopravvivere su substrati poveri d'acqua e le foglie hanno funzione di riserva, hanno nervature centrali ben evidenti, sono addensate e perlopiù verticillate a tre, le inferiori patentì o riflesse, le superiori erette. Le inflorescenze sono a spiga densa e breve (2 cm); i fiori sono composti da: calice 6-7 mm tomentoso, corolla gialla 21-25 mm, e si contraddistinguono dalla presenza di uno sperone di lunghezza 10-11 mm. Il fiore è bilabiato, il labbro superiore è verticale e bilobato, quello inferiore è trilobato e smarginato, con un forte rigonfiamento vellutato che quasi chiude la fauce della corolla. I frutti sono capsule (Pignatti 1982). In Figura 2 sono riportate alcune foto di *Linaria tonzigii*.



Figura 2. A sinistra singolo fusto di *Linaria tonzigii* (Monte Ferrante, luglio 2017). A destra vista d'insieme di *Linaria tonzigii* Lona (Monte Cavallo)

1.1.2 Distribuzione

Linaria tonzigii è una specie steno-endemica delle Prealpi Bergamasche. In particolar modo c'è da sottolineare come la presenza della pianta è stata accertata solamente in poche zone delle stesse Prealpi Orobie, molte delle quali, durante la glaciazione dell'Era Quaternaria, sono state aree di rifugio per le specie. Appena scoperta la specie era ritenuta esclusiva della zona del Monte Arera (Rasetti 1980). Questa zona è ancora oggi ritenuta come il luogo classico in cui è possibile trovare *Linaria tonzigii* nonché la località in cui la pianta è maggiormente presente. Successivamente nuove ricerche e nuovi ritrovamenti hanno allargato l'areale di presenza alle cime circostanti al Pizzo Arera, tanto che già nel 1982 in "FLORA D'ITALIA" (Pignatti 1982) viene indicata come distribuzione geografica di *Linaria tonzigii* il Pizzo Arera e alcune cime circostanti (Monte Pegherolo e cima di Menna). L'area in cui la presenza di *Linaria tonzigii* è stata accertata è oggi più ampia, tuttavia la pianta cresce in luoghi isolati e puntiformi nel territorio orobico.

In base alle attuali conoscenze *Linaria tonzigii* è diffusa in tre aree principali:

- 1) Gruppo Monte Arera Corna Piana;
- 2) Monte Ferrante e massiccio della Presolana
- 3) Monte Cavallo e gruppo Pegherolo

Il primo gruppo rappresenta la zona centrale dell'areale in cui è presente, ed è costituita da diverse aree di presenza: il Pizzo Arera nel versante Sud-Ovest ed il canalone di Pian Cansaccio verso Sud, inoltre comprende anche le zone limitrofe costituite dal Monte Menna e la Corna Piana. In questa zona la si può trovare nei pressi del sentiero dei fiori, un itinerario floristico ad anello che parte dal rifugio Capanna 2000, arriva al passo Branchino e ridiscende al rifugio tramite un secondo sentiero. Sempre in questa località centrale, la presenza di *Linaria tonzigii* è stata accertata anche spostandosi verso Ovest fino a raggiungere il Monte Vaccaro ed il Monte Secco.

La zona più Orientale, relativa al secondo punto, è costituita dal massiccio della Presolana, e del vicino Monte Ferrante. In queste località la presenza è limitata a pochi esemplari. Per quanto riguarda la Presolana è stata individuata nei pressi del sentiero della Porta sul versante Nord a 2290 m.s.l.m. Relativamente al Monte Ferrante, la si può, invece, trovare sui macereti del versante orientale sopra il rifugio Albani, nonché nei macereti situati sul versante Sud, in Valle di Mezzo e a Nord-Ovest in Valle Scura. In particolare, per quanto riguarda il versante Nord-Ovest la si può facilmente individuare, in un numero estremamente esiguo di esemplari, a ridosso del sentiero CAI n°220 delle Orobie orientali.

Infine, vi è la terza area che equivale alla zona più occidentale nonché quella più settentrionale ed è rappresentata dal Monte Cavallo e dal gruppo Pegherolo, più in particolare nei macereti sui versanti Est e Nord-Est, e Sud-Est. (Valoti 1996; Bendotti 1996; Pignatti 1982; Brissoni 1983; Crescini et al. 1985; Tagliaferri 1992; Martini et al. 2012; Giupponi e Giorgi 2017). Le cime relative alle tre aree principali sono visibili nelle foto di Figura 3.

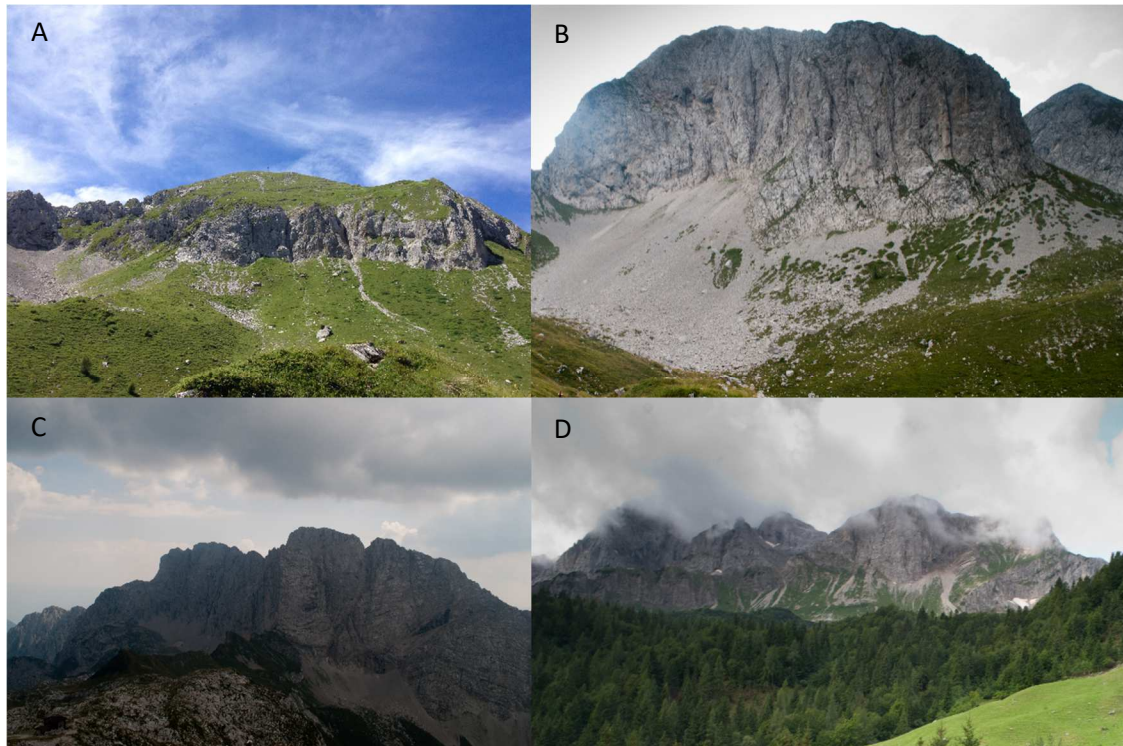


Figura 2. A. Mt. Cavallo; B. Mt. Ferrante; C. Massiccio della presolana; D. Mt. arera.

Considerando le caratteristiche geologiche, orografiche ed ambientali del territorio orobico, è possibile ipotizzare che questa specie possa trovarsi anche in altre zone in cui non è stata ancora riscontrata la presenza, in particolare: nei pressi della cima Fop, la quale si trova proprio in mezzo alle due cime, Arera e Monte Secco, nelle quali *Linaria tonzigii* è presente in gran quantità. Nei pressi di cima Leten e cima Valmora. Inoltre, un'ulteriore ipotesi, che ad oggi non è stata ancora verificata, è relativa alla presenza in alta Val di Scalve in particolare nei macereti del Pizzo Camino e passo dei Campelli dove la *Linaria tonzigii* non è stata ancora ritrovata (Valoti 1996), se dovesse essere presente in questi posti, l'areale di presenza si amplierebbe verso Ovest. In Figura 4 è riportato il territorio delle Prealpi Orobie bergamasche con evidenziati i punti di presenza di *Linaria tonzigii* sopra citati.

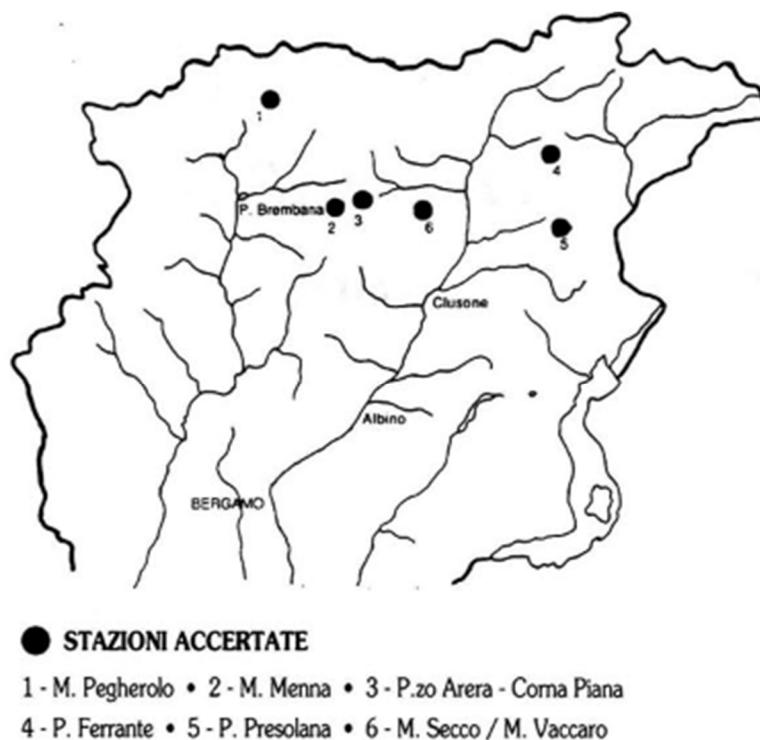


Figura 4. Distribuzione territoriale di *Linaria tonzigii* Lona nel territorio bergamasco (Valoti 1996)

Questa pianta è oggi riconosciuta come specie minacciata, e come già detto, negli ultimi anni i regolamenti di protezione, a partire da quelli internazionali fino ad arrivare ai regionali, sono aumentati. Tuttavia, in passato *Linaria tonzigii*, ha dovuto affrontare un grosso pericolo relativo all'antropizzazione ed in particolar modo al turismo invernale. Nella località del Pizzo Arera, alla fine degli anni '70, vennero costruiti degli impianti sciistici ed una strada per aumentare il turismo della zona. Lo sfruttamento da parte dei turisti, di queste opere è durato poco, in quanto la mancanza di neve ha portato rapidamente alla chiusura e successivamente, parecchi anni dopo, allo smantellamento dei piloni portanti, che erano stati causa di un notevole impatto ambientale. La vita di queste opere è stata limitata a pochi anni, tuttavia la costruzione di questi impianti ha inciso fortemente sulla flora della zona.

Un'altra area che ha risentito e risente tuttora del turismo invernale è il gruppo Presolana-Monte Ferrante. In questa zona è presente il comprensorio sciistico di Colere, i cui impianti si spingono fino a 2250 m.s.l.m. arrivando molto vicini alle zone in cui è presente *Linaria tonzigii*. Negli ultimi anni, le difficoltà di questo comprensorio hanno portato alla creazione di progetti per connettere le piste di Colere ad altri comprensori della Val Seriana, queste opere sarebbero deleterie per la flora della zona, considerando anche che nei luoghi in

questione la presenza di *Linaria tonzigii* è già critica con un numero di esemplari molto limitato. Ad oggi questi progetti sono stati accantonati per la mancanza di neve dovuta al cambiamento climatico, ma la presenza del comprensorio resta una minaccia concreta alla sopravvivenza di *Linaria tonzigii*.

1.1.3 Ecologia

Per quanto riguarda l'ecologia di *Linaria tonzigii* bisogna prendere in considerazione le caratteristiche del territorio nella quale la pianta cresce. Come già detto *Linaria tonzigii* è tipica dei ghiaioni calcarei presenti nel piano altitudinale subalpino e alpino ad un'altitudine compresa fra 1800-2500 m.s.l.m.. L'elevata altitudine nella quale si può ritrovare *Linaria tonzigii* la porta ad essere identificata come una pianta di tipo alpino-nivale, questa condizione fa sì che il suo periodo vegetativo sia limitato dalle condizioni climatiche. In particolare la ripresa vegetativa avviene nel mese di maggio, la fioritura nel periodo tra giugno e luglio, mentre a fine luglio la pianta termina il suo ciclo di sviluppo con la dispersione dei semi.

Gli indici di Landolt sono uno degli strumenti più utilizzati per l'analisi ecologica delle specie vegetali e per *Linaria tonzigii* sono Quelli espressi nella Tabella 1.

T	K	L	F	R	N	H	D
1,5	3	4	2	5	2	1	5

Tabella 1. Indici di Landolt per *Linaria tonzigii* (T. Temperatura; K. Coninentalità; L. Luminosità; F. Umidità; R. pH; N. Nitrofilia; H. Humus; D. aerazione del suolo).

Va detto che nei luoghi in cui è presente *Linaria tonzigii* si ha un clima di sublitoraneo prealpino caratterizzato da precipitazioni abbondanti (oltre i 1000 mm annui) distribuite principalmente nei periodi equinoziali con un picco anche in estate (temporali). Tuttavia, nonostante le intense precipitazioni, nelle aree di crescita di *Linaria tonzigii* vi è aridità edafica dovuta al substrato roccioso calcareo che non trattiene l'acqua. Questa caratteristica la si può associare alla conformazione delle foglie di *Linaria tonzigii*, che come si può vedere dalla morfologia della pianta, sono di aspetto carnoso, questo aspetto non è trascurabile in quanto la pianta utilizza le foglie per immagazzinare l'acqua e quindi resistere su un substrato arido.

Un altro fatto estremamente importante per *Linaria tonzigii* è il substrato sul quale si sviluppa. Questa pianta, infatti, per crescere necessita di rocce della formazione del calcare di Esino: una formazione carbonatica sviluppatasi nel medio-triassico, la cui presenza a livello superficiale e relativa a sole poche zone delle Alpi che si trovano più precisamente sulle Prealpi Lombarde (Berra 2012) come è possibile notare dalla Figura 5. Tra le zone in cui il calcare di Esino affiora, figurano anche quelle in cui vi è la presenza di *Linaria tonzigii*. Questa sua caratteristica la porta ad essere inquadrata come pianta strettamente calcofila, ossia che necessita di substrato carbonatico, dunque a pH basico.

Riguardo alla composizione floristica di *Linaria tonzigii* i dati a disposizione sono molto limitati, per questo motivo risulta difficile conoscere la sua sinecologia, ossia quei rapporti che intercorrono tra l'ambiente e gruppi di specie di individui, quali associazioni, raggruppamenti e biocenosi.

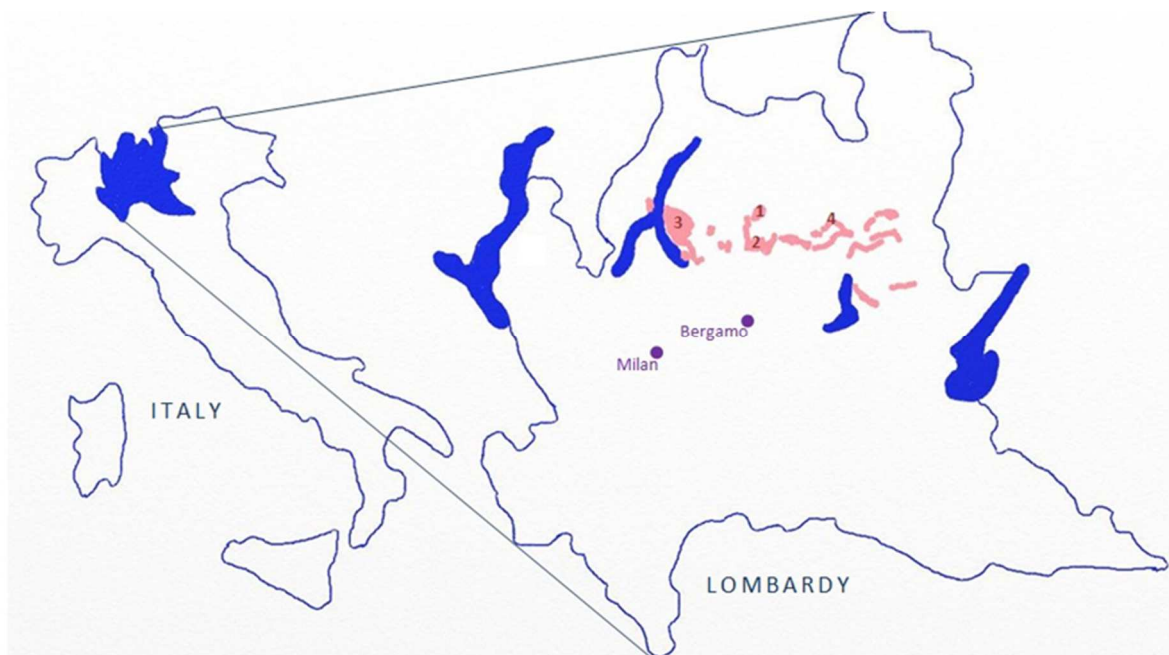


Figura 5. Estensione della formazione del calcare di Esino lungo la fascia Prealpina Lombarda, 1. Mt. Pegherolo; 2. Mt. Menna; 3. Le Grigne; 4. Presolana.

1.2 Altre specie del genere *Linaria* presenti sulle Alpi

Per questo studio, oltre alla *Linaria tonzigii* sono state prese in considerazione anche diverse specie di *Linaria*, in particolare *Linaria alpina* e *Linaria vulgaris*. L'analisi di queste specie è stato fatto come termine di paragone con la *Linaria tonzigii* per poter avere un quadro più ampio all'interno dello stesso genere. A tal proposito è stata considerata *Linaria alpina*, che occupa una nicchia ecologica per certi aspetti simile a quella di *Linaria tonzigii*, cresce infatti ad altitudini elevate su tutto l'arco alpino e in certe regioni della catena appenninica ma prevalentemente su substrati acidi. L'altra specie che è stata presa in considerazione è, invece, *Linaria vulgaris*. In questo caso si tratta di una pianta con caratteristiche ecologiche differenti, presente in tutta l'Italia peninsulare a basse altitudini, raramente cresce oltre 1500 m.s.l.m. Nei paragrafi seguenti vengono descritte le due specie sopracitate.

1.2.1 *Linaria alpina*

Linaria alpina (L) Miller. è morfologicamente simile alla *Linaria tonzigii*, anch'essa è di tipo erbaceo a ciclo biologico perenne. La forma biologica relativa alla classificazione di Raunkiaer è: emicriptofita scaposa (H scap.) (Pignatti 1982) ossia: pianta erbacea perenne o biennale che durante la stagione sfavorevole porta le gemme a livello del suolo, protette dalla lettiera o dalla neve. Generalmente le foglie basali restano vive d'inverno ed insieme agli organi morti della pianta, vanno a proteggere le gemme. Con il termine scaposa indica la presenza di un asse floreale eretto e spesso privo di foglie (Ellenberg 1967; Raunkiaer 1934). Lo scapo ha un'altezza da 2 a 8 cm è glabro e di colore grigio-ceruleo (Figura 6). Il fusto è prostrato o ascendente, gracile e fragile. Le foglie sono lineari subspatolate (2-3 x 5-7mm), densamente embriciate, quando si trovano all'apice dei getti sterili formano delle pseudorosette. I fiori sono raccolti in un breve racemo (1cm) denso. I peduncoli misurano 2-4 mm e alla fruttificazione 6-12 mm. Il calice misura 3-5 mm. La corolla è bilabiata 15-20 mm con uno sperone di 6-7 mm di color violetto cupo e con due chiazze arancioni sul labbro inferiore, più raramente biancastra e quasi concolore. La capsula è di dimensioni 3-5mm, lunga almeno il doppio del calice. I semi sono alati (Pignatti 1982; Aechimann 2004). La presenza di questa pianta in Italia è relativa al Sud Europa, ed in particolare cresce solo a livello montano. In Italia la si può ritrovare su tutto l'arco alpino e nella parte centrale degli

appennini, la si può inoltre trovare nel resto dell'Europa sulle altre catene montuose quali Carpazi e Pirenei. Gli indici di Landolt per *Linaria alpina* sono quelli riportati in Tabella 2.

T	K	L	F	R	N	H	D
1,5	4	5	3,5	4	2	1	5

Tabella 2: Indici di Landolt per *Linaria alpina* (T. Temperatura; K. Coninentalità; L. Luminosità; F. Umidità; R. pH; N. Nitrofilia; H. Humus; D. aerazione del suolo).

Questa pianta cresce su ghiaioni, pietraie, materiale detritico ed anche su vecchi ruderi a quote relativamente elevate, in particolare la si può trovare nelle fasce alpina e nivale per la precisione ad altitudini comprese tra i 2000 m.s.l.m e i 3000 m.s.l.m. ed in certi casi può arrivare a toccare i 3500 m.s.l.m., il substrato preferito è calcareo ma la si può trovare anche su substrato siliceo con pH neutro-basico, non necessita di un elevato livello di nutrienti nel terreno, mentre a differenza della *Linaria tonzigii*, necessita di umidità nel suolo abbastanza elevata. (Aeschimann 2004). In Figura 6 sono rappresentati tre esemplari di *Linaria alpina* in fioritura.



Figura 6. *Linaria alpina*. Foto di *Linaria alpina* a & c esemplari fotografati in Val Miller (Adamello, luglio 2017); b. esemplare della Val Sambuzza (Orobic Bergamasche, luglio 2017).

1.2.2 *Linaria vulgaris*

Conosciuta con il nome di Linaria comune (o Linajola comune) la *Linaria vulgaris* Miller è quella più diffusa tra le specie *Linaria* menzionate in questo elaborato e come le altre elencate in precedenza anche *Linaria vulgaris* è una pianta di tipo erbaceo a ciclo biologico perenne. Come la *Linaria alpina* è classificata da Raunkiaer come Hemicriptofita scaposa (H scap.) (Pignatti 1982): pianta erbacea perenne o biennale che durante la stagione sfavorevole porta le gemme a livello del suolo, protette dalla lettiera o dalla neve. Generalmente le foglie basali restano vive ed insieme agli organi morti della pianta, vanno a proteggere le gemme. Con il termine scaposa indica la presenza di un asse floreale eretto e spesso privo di foglie (Ellenberg 1967; Raunkiaer 1934)

La pianta presenta un rizoma ipogeo strisciante sul quale si differenziano le gemme, la parte aerea del fusto è invece eretta e ramosa, peloso-ghiandolosi in alto, (l'altezza dello scapo è 30-80 cm). Le foglie sono alterne, lineari di dimensioni 1-1.15 x 35-50 mm. Sono inoltre con una singola nervatura ed acute. I fiori sono eliotropici (si direzionano verso il sole), sono pedunculati, accompagnati da brattee lineari, formano un grappolo prima conico, poi allungato. Tutta l'infiorescenza è pelosa con ghiandole frammiste ai peli. La corolla giallo zolfo, lunga 25÷30 mm, ha labbro superiore bilobato, labbro inferiore con un forte rigonfiamento di colore giallo-arancio che chiude la fauce della corolla e un lungo sperone ricurvo (1 cm). Gli stami sono 4 inseriti sul tubo corollino; l'ovario è supero sincarpellare (più carpelli saldati insieme). I frutti sono capsule biloculate ovoidi, che contengono una gran quantità di piccoli semi piatti, di colore bruno scuro con un'ala circolare cartacea (Conti 2005; Pignatti 1982; Triska 1990; Jauzein 1995). Questa pianta trovandosi ad altitudini poco elevate, può avere periodi di fioritura abbastanza ampi rispetto alle altre *Linaria* sopracitate, in particolare la fioritura può andare da maggio fino a settembre compreso.

Il fatto di essere la più diffusa è dato dalle sue caratteristiche di crescita, è una pianta in grado di occupare diverse regioni biogeografiche, la si può trovare su tutto il territorio italiano ad altitudini che vanno dal livello planiziale fino al livello montano in particolare fino a 1500 m.s.l.m. Come substrati di crescita predilige terreni incolti in zone ruderali, ma può occupare anche diverse altri tipi di terreni come macerie, massicciate ferroviarie, suoli aridi e soleggati ed anche campi coltivati, inoltre la si può facilmente trovare a bordo strada.

A livello ecologico gli indici di Landolt mostrano la situazione presente nella Tabella 3.

T	K	L	F	R	N	H	D
3,5	3	4	2	3	4	3	3

Tabella 3: Indici di Landolt per *Linaria vulgaris* (T. Temperatura; K. Coninentalità; L. Luminosità; F. Umidità; R. pH; N. Nitrofilia; H. Humus; D. aerazione del suolo).

Linaria vulgaris è una pianta molto adattabile, per quanto riguarda il substrato può crescere sia su suoli calcarei che silicei, con reazione neutra. Due fattori che favoriscono la diffusione della *L. vulgaris* sul territorio nazionale, sono la sua necessità di composti azotati, infatti per crescere al meglio il livello di azoto nel suolo deve essere moderato. Il secondo fattore importante è l'umidità del suolo di cui necessita: è più adattata a terreni secchi (Aeschimann 2004; Pignatti 1982).

Dunque, in sintesi, *Linaria vulgaris* cresce bene su suoli secchi e poco ricchi di nutrienti, ciò la porta ad essere una pianta facilmente adattabile a zone che hanno ricevuto un forte impatto da parte dell'attività umana. Da questa descrizione è facile ipotizzare come questa pianta si sia maggiormente diffusa in zone fortemente antropizzate, molto frequenti sul territorio italiano, a questo proposito la si può osservare frequentemente viaggiando in auto, sui cigli delle carreggiate, ma anche a ridosso dei binari del treno ed in altre zone in cui la mano dell'uomo ha modificato completamente il paesaggio naturale e rurale. In Figura 7 è possibile vedere due esemplari di *Linaria vulgaris*.



Figura 7. *Linaria vulgaris*. A sinistra foto delle inflorescenze, a destra foto d'insieme (www.floraitaliae.actaplantarum.org).

1.3 La strategia funzionale CSR

Nel corso degli anni, numerosi biologi e botanici hanno cercato di trovare delle classificazioni funzionali per le specie vegetali esistenti. Tra tutte una di quelle che ha avuto maggior successo è la classificazione di Raunkiaer, che come già detto, va a considerare la posizione delle gemme. Altri metodi vanno invece a considerare l'architettura, la fenologia, la forma delle foglie delle diverse piante, ma anche l'ambiente climatico in cui esse vivono. Tuttavia, questi metodi non sono sufficienti per comprendere i processi vegetativi e l'ecosistema in cui un determinato individuo vive.

Nel 1974, per mano di un ecologista inglese, il professor John Philip Grime nasce la classificazione CSR (*Competitor, Stress tolerator, Ruderals*) (Grime 1974). Questo tipo di classificazione nasce sulla base degli adattamenti acquisiti delle specie vegetali nei confronti dell'ambiente e degli effetti sui processi ecosistemici, senza ricorrere alla tassonomia (Luzzaru et al. 2005).

I fattori esterni che limitano l'incremento del materiale vivo o morto degli organismi vegetali presenti in qualsiasi habitat, si possono classificare sostanzialmente in due categorie. La prima delle due può essere definita come stress, ed è determinata da quei fenomeni che causano una limitazione dell'attività fotosintetica come ad esempio: carenza di luce, acqua, e nutrienti minerali o temperature sub-ottimali. La seconda categoria è invece definita come disturbo, ed è associato alla totale o parziale perdita, da parte del vegetale, di biomassa, tale disturbo può essere causato da: attività di animali, patogeni, uomo, ma anche da danni ambientali quali danni da vento, gelo, erosione o fuoco (Grime 2001). Combinando questi due fattori esterni che influenzano gli organismi e che sono caratteristici per ogni habitat, è possibile determinare diversi adattamenti, in particolare si definiscono tre diverse strategie funzionali esposte in Tabella 4.

In habitat poco disturbati con elevata capacità da parte delle piante di produrre biomassa, si avrà la presenza di piante competitive (C) che devono sopravvivere a discapito delle piante vicine. Con il termine competizione si intende la tendenza delle piante ad utilizzare quantità di luce, nutrienti minerali, molecole di acqua o volumi di spazio, a discapito di altri organismi che ne condividono l'area di crescita (Grime 2001).

L'habitat nei quali il livello di produttività della pianta è limitato a causa dello stress, ma l'intensità dei disturbi è bassa, sono caratterizzati dalla presenza di piante denominate stress-tolleranti (S), ossia quelle piante che, come si evince dal nome, riescono a sopportare livelli di stress elevati. Queste piante riescono perciò ad accrescere la loro biomassa in condizioni

di risorse limitate. Le piante che crescono in territorio alpino sono spesso stress-tolleranti, in quanto devono sopravvivere a condizioni di basse temperature, e spesso anche di limitata quantità di nutrienti.

Il terzo livello di classificazione è dettato da quegli habitat in cui il disturbo è elevato mentre lo stress è molto limitato, quindi il guadagno in biomassa è notevole. Le piante che resistono bene a questi disturbi sono definite ruderali (R). La caratteristica di queste piante è quella di recuperare velocemente lo stato precedente il disturbo, dunque sono resilienti.

Vi è un'ulteriore combinazione che riguarda alti livelli di stress e di disturbo, in questo caso non vi è alcuna strategia possibile in quanto in questi tipi di habitat è più plausibile un ripristino rapido della vegetazione talvolta partendo da zero (Grime 2001).

Intensità del disturbo	Produttività	
	Alta	Bassa
Bassa	Competitori	stress-tolleranti
Alta	Ruderali	nessuna strategia possibile

Tabella 4. Basi per l'identificazione delle tre strategie di adattamento delle piante secondo Grime (1974, 1977, 2001)

Per sopravvivere in un determinato ambiente, ogni singola pianta ha sviluppato una risposta adattiva investendo le proprie risorse tra la capacità di competere, tollerare lo stress o sopravvivere al disturbo. Secondo Grime (1974, 1977, 2001) le forme di selezione naturale che sono verificate nel tempo sono essenzialmente di tre tipi:

C-selection (competitive), ha portato alla selezione di individui che tendono a massimizzare la propria crescita per trovarsi uno spazio. Questa strategia è tipica di habitat produttivi ed indisturbati. Le piante reagiscono alla competizione con ampi e rapidi cambiamenti nella superficie radicale e fogliare, sfruttando molte risorse energetiche, che in habitat costantemente improduttivi andrebbero ad esaurirsi rapidamente causando la morte della pianta.

S-selection (stress-tolleranti), sono le uniche che hanno sviluppato adattamenti morfologici per colonizzare habitat poco o per nulla produttivi a causa di costanti condizioni abiotiche sfavorevoli. Questi individui tendono a ridurre il proprio vigore vegetativo e

riproduttivo, per sopravvivere in condizioni di stress ambientali, esaurimento delle risorse o entrambe.

Infine, le specie R-selection (ruderali), si sono evolute adattandosi ad habitat instabili ma produttivi. Queste piante sono associate ad un ciclo vitale relativamente breve con una produttività di semi molto elevata. In habitat improduttivi, questo tipo di piante non sono riuscite ad affermarsi in quanto la bassa produzione di semi non riesce a compensare l'elevata mortalità (Grime 2001).

Questi tipi di selezione rappresentano gli estremi di selezione, utili per definire i limiti dettati dal tipo di habitat, tuttavia, nella maggior parte dei casi la strategia adottata è frutto di un compromesso tra i diversi tipi di selezione, in quanto la pianta si è evoluta in particolari condizioni di stress e disturbo. Per questo motivo il metodo CSR trova la sua più esplicita rappresentazione in quello che è definito il diagramma triangolare CSR di Grime mostrato in Figura 8. Una rappresentazione grafica che descrive i vari equilibri possibili tra i tre livelli di selezione: competizione, stress e disturbo. Posizionandosi sui rispettivi angoli si definiscono le piante puramente competitive (vertice superiore), ruderali (vertice sinistro) e stress tolleranti (vertice destro). Spostandoci invece lungo il resto del triangolo è possibile definire altri quattro tipi di strategie secondarie che nascono in relazione a particolari equilibri. Queste quattro strategie secondarie sono:

Competitive-ruderali (CR) – Sono specie adattate ad habitat in cui vi è bassa incidenza di stress e la competizione viene limitata da una moderata intensità di disturbo (pascoli fertili e prati).

Stress-tolleranti–Competitive (CS) – Sono specie adattate ad habitat relativamente stabili, sottoposti a moderate intensità di stress (bosco o macchia su terreni sterili).

Stress-tolleranti–Ruderali (SR) – Sono specie adattate ad habitat moderatamente disturbati e improduttivi (affioramenti di roccia, fessure delle rocce e pareti).

Piante a strategia CSR – Sono specie evolute in habitat nel quale il livello di competizione è ristretto da moderate intensità di stress e disturbo (Grime 2001; Pierce et al. 2017).

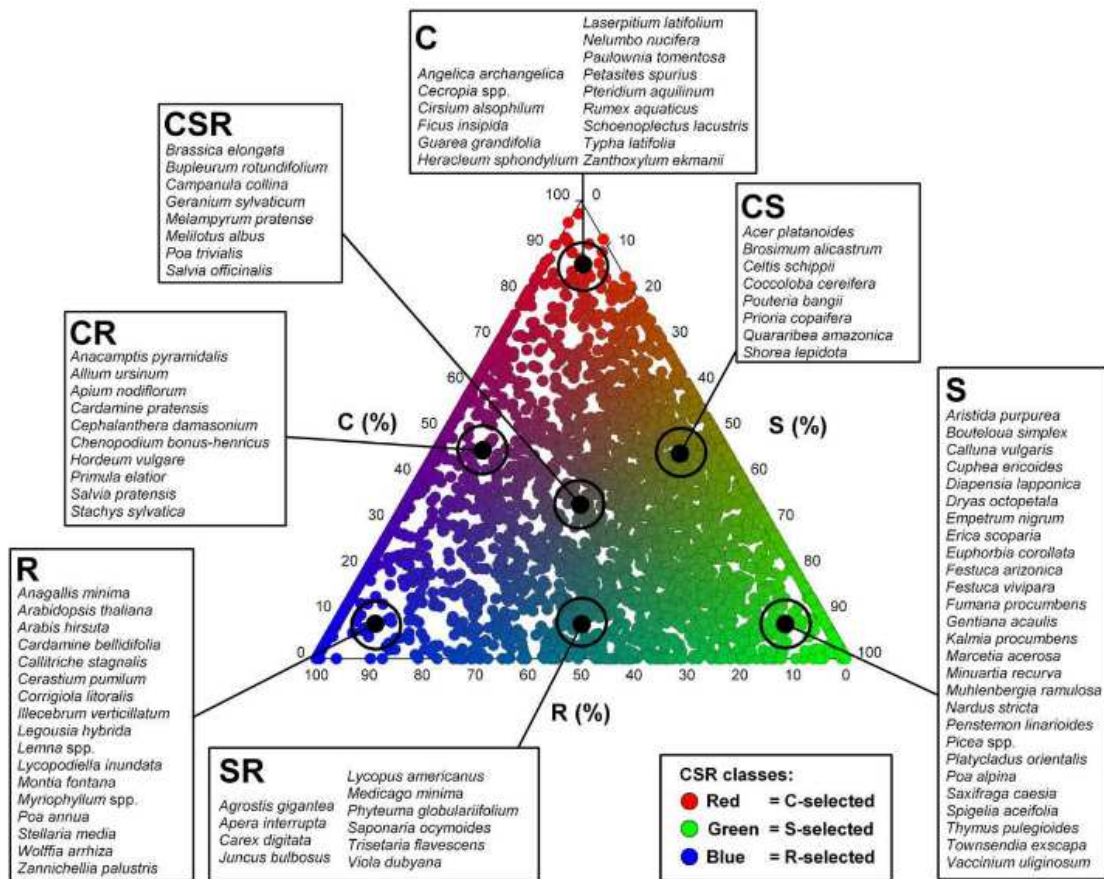


Figura 8. Classificazione CSR di alcune piante presenti nel mondo (Pierce et al. 2017)

Nell'arco degli anni numerosi studi hanno cercato di determinare il metodo di analisi più appropriato per definire tale posizione, ne sono stati sviluppati diversi, ognuno dei quali con determinati svantaggi e testati solamente su organismi vegetali presenti nelle zone di studio. Inoltre, questi metodi si basano sull'analisi di numerosi tratti misurati sia in campo che in laboratorio, tuttavia non sempre la misura di questi parametri è fattibile o attuabile in tempi brevi. A questo proposito, recentemente, è stato introdotto un nuovo metodo basato sull'analisi di un numero di elementi molto limitato (Pierce et al. 2007, 2017).

Questo metodo si basa sulla variazione di peso e dimensioni delle foglie, a differenza di molti altri parametri che possono essere misurati (come ad esempio l'altezza), quello relativo alle foglie è comune a tutti i vegetali, da quelli erbacei a quelli arborei, passando per lianose, piante acquatiche e tutti gli altri tipi. Per la misura fogliare, il fatto di essere un carattere universale, comporta la possibilità di utilizzo del metodo di Pierce (2017) a livello globale

su una vasta gamma di organismi vegetale. Tale metodo prende in considerazione tre caratteri delle piante facilmente misurabili:

- 1) *Leaf Area* (LA): rappresenta la misura della superficie della lamina fogliare completamente distesa, espressa in mm^2 . Correlato a questo parametro vi sono: il tasso di assorbimento fotosintetico e la traspirazione, che sono direttamente influenzati dall'area della foglia stessa. Questo parametro è spesso associato anche al clima di una determinata area, che va ad influenzare, a livello evolutivo, le dimensioni dell'apparato fogliare.
- 2) *Leaf Dry Weight* (LDW) e il peso secco della foglia, viene espresso in milligrammi.
- 3) *Leaf Fresh Weight* (LFW) è il peso della foglia fresca, misurato entro poche ore dalla raccolta, avendo un valore maggiore rispetto a LDW viene espresso in grammi.

Dividendo LDW per LFW si ricava quello che è denominato *Leaf Dry-Matter Content* (LDMC) ossia il contenuto di sostanza secca, espresso in $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$. Questo valore permette di determinare la strategia di crescita della pianta, Alti valori di LDMC sono tipici di specie a crescita lenta, che necessitano di più tempo per costruire tessuti più ricchi di sostanza secca. Inoltre questo valore tende ad aumentare al diminuire della SLA (Specific Leaf Area), in quanto foglie più compatte hanno una densità dei tessuti fogliari maggiore e quindi un maggior contenuto in sostanza secca. Inoltre, è stata evidenziata una correlazione negativa con la velocità di crescita relativa (*Relative Growth Rate* – RGR) e con la decomponibilità della lamina fogliare, ed una correlazione positiva con la durata di vita delle foglie, e la ritenzione dei nutrienti. Molti studi hanno sottolineato che la LDMC è notevolmente meno variabile rispetto ad altri parametri, poiché risulta indipendente dallo spessore della foglia e dalle caratteristiche dei tessuti. Per questo motivo, rappresenta una misura valida nell'interpretazione di allocazione ed utilizzo delle risorse da parte delle piante (Pierce et al 2013; Pierce et al 2007). I valori di LA, LDW, LFW inseriti in un foglio di calcolo (strategy) sviluppato da Pierce et al (2017) permettono molto semplicemente di ricavare la strategia funzionale CSR di una specie, In Figura 9 viene mostrato un esempio del relativo foglio di calcolo.

Per quanto riguarda *Linaria tonzigii* non si conosce ancora la sua strategia funzionale CSR.

StrateFy /strate'fai/ verb (-ies, -ied) (esp. as *stratified adjective*) to arrange in ecological strategies.

HOW TO StrateFy: Either measure leaf traits (LA, LFW and LDW) and input these into columns D - F, or cut and paste LA, LDMC and SLA data directly into columns J - L
 Paste or input your species names and info in these columns (A, B, C) here (D, E, F)

data input

calculated traits

traits for CSR analysis

CSR analysis output

CSR ternary coordinates
 C : S : R

CSR coordinates united into triplets
 C : S : R

Tertiary CSR strategy classification

species binomial	family	notes	LA leaf area (mm ²) [single-sided leaf area with petiole]	LFW leaf fresh weight (mg) [saturated, fresh]	LDW leaf dry weight (mg) [after oven drying to constant weight]	LSI leaf succulence index (g water dm ⁻²)	LWC leaf water content (% of fresh weight)	LMA leaf mass per area (g m ⁻²)	LA leaf area (mm ²)	LDMC leaf dry matter content (%)	SLA specific leaf area (mm ² mg ⁻¹)	C (%)	S (%)	R (%)	C : S : R	Strategy class
<i>Linaria tonzigii</i>	Ferrante	1	68,0	34,2	5,5	4,2	83,9	80,9	68,0	16,1	12,4	23,6	0,0	76,4	24 : 0 : 76 %	
<i>Linaria tonzigii</i>	Ferrante	2	66,0	34,8	5,6	4,4	83,9	84,8	66,0	16,1	11,8	27,1	0,0	72,9	27 : 0 : 73 %	
<i>Linaria tonzigii</i>	Ferrante	3	67,0	33,8	4,3	4,4	87,3	64,2	67,0	12,7	15,6	13,3	0,0	86,7	13 : 0 : 87 %	
<i>Linaria tonzigii</i>	ferrante	4	62,0	28,2	4,3	3,9	84,8	69,4	62,0	15,2	14,4	14,3	0,0	85,7	14 : 0 : 86 %	
<i>Linaria tonzigii</i>	Ferrante	5	50,0	19,2	2,9	3,3	84,9	58,0	50,0	15,1	17,2	7,6	0,0	92,4	8 : 0 : 92 %	
<i>Linaria tonzigii</i>	Ferrante	6	64,0	27,3	4,8	3,5	82,4	75,0	64,0	17,6	13,3	13,4	24,6	62,0	13 : 25 : 62 %	
<i>Linaria tonzigii</i>	Ferrante	7	56,0	24,7	4,1	3,7	83,4	73,2	56,0	16,6	13,7	14,2	0,7	85,1	14 : 1 : 85 %	
<i>Linaria tonzigii</i>	Ferrante	8	56,0	19,9	3,1	3,0	84,4	55,4	56,0	15,6	18,1	8,4	0,0	91,6	8 : 0 : 92 %	
<i>Linaria tonzigii</i>	Ferrante	9	33,0	11,5	2,5	2,7	78,3	75,8	33,0	21,7	13,2	1,9	63,9	34,2	2 : 64 : 34 %	
<i>Linaria tonzigii</i>	Ferrante	10	38,0	10,5	2,0	2,2	81,0	52,6	38,0	19,0	19,0	2,7	29,7	67,6	3 : 30 : 68 %	
		somma e peso tot	560,0	244,1	38,5	3,7	84,2	68,8	560,0	15,8	14,5	51,3	0,0	48,7	51 : 0 : 49 %	
		diviso 10	56,0	24,4	3,9	3,7	84,2	68,8	56,0	15,8	14,5	12,3	0,0	87,7	12 : 0 : 88 %	

Figura 9. Foglio di calcolo (stratefy) sviluppato da Pierce et al (2017).

1.4 Obiettivo del lavoro

In base a quanto sopraesposto e alle criticità riguardanti la conoscenza di *Linaria tonzigii* il presente lavoro ha dunque l'obiettivo di:

- Analizzare la composizione floristica della comunità vegetale di cui *Linaria tonzigii* fa parte;
- Analizzare l'ecologia di tale comunità vegetale (sinecologia)
- Valutare la strategia funzionale CSR di *Linaria tonzigii* e confrontarla con quella di altre specie del genere *Linaria* diffuse sulle Alpi.

2. MATERIALI E METODI

Durante il tirocinio svolto nell'estate 2017 è stato possibile effettuare un'analisi fitosociologica relativa alle zone con la presenza di *Linaria tonzigii*. Inoltre, sono stati prelevati ed analizzati campioni di foglie relative ad altre specie del genere *Linaria*, utili per il confronto nella strategia funzionale CSR con *Linaria tonzigii*. Sono state effettuate delle uscite in campo nelle varie aree di campionamento. Per ogni area si è proceduto a determinarne la comunità vegetale presente, a reperire dati morfologici relativi a *Linaria tonzigii* ed infine a recuperare materiale fogliare per l'analisi CSR eseguita successivamente in laboratorio.

2.1 Aree di campionamento

Tutte le aree visitate durante il tirocinio fanno parte del parco regionale delle Orobie Bergamasche e sono relative alle diverse zone in cui *Linaria tonzigii* è presente. In particolare modo ci si è soffermati sulla zona orientale relativa al Monte Ferrante e al massiccio della Presolana, e sulle zone comprese tra il Monte Secco e la cima Vaccaro. I dati recuperati in queste località sono stati successivamente integrati con i dati relativi al gruppo monte Arera e Corna Piana ed a quelli del Monte Cavallo e del gruppo Pegherolo (Figura 10)

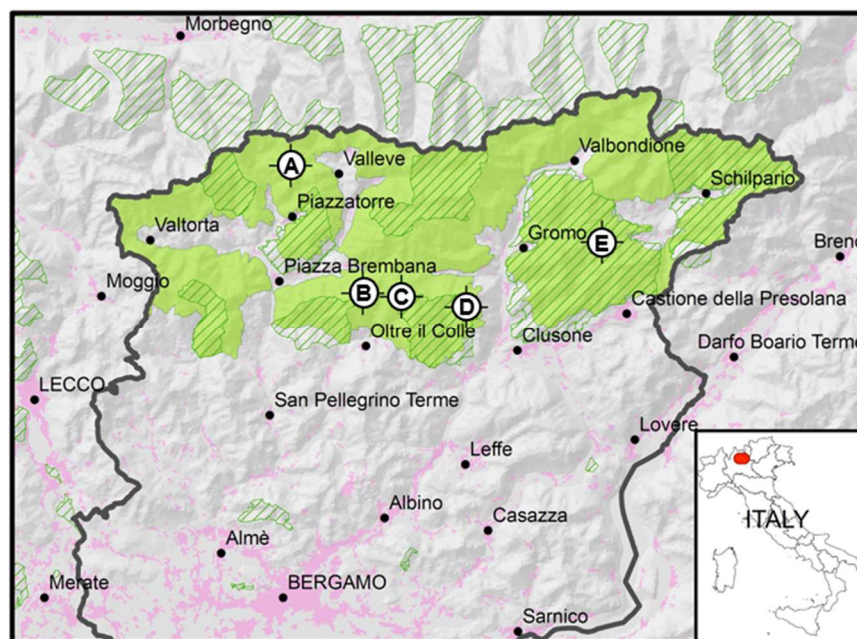


Figura 10. Aree di campionamento (A, Mt. Cavallo; B, Mt. Menna; C, Mt. Arera; D, Mt. Secco; E, Mt. Ferrante).

In Figura 11 è possibile vedere le temperature e le precipitazioni mensili relative alla stazione meteorologica situata nella zona di analisi del Monte Arera ad una altitudine di 1950 m.s.l.m. Per l'analisi delle altre due specie di *Linaria*: *L. alpina* ed *L. vulgaris* sono stati prelevati altri campioni 3 per la prima specie e 2 per la seconda. In particolare, la *Linaria alpina* è stata ritrovata nelle zone della Val Sambuzza, del passo Cristallo (gruppo Adamello) e nei pressi del rifugio Tonolini (gruppo Adamello). *Linaria vulgaris* è stata recuperata nei pressi della stazione di Edolo e lungo il fiume Oglio sempre nel comune di Edolo.

Mese	T (°C)	P (mm)	PE (mm)
Gen	-3	17,7	0
Feb	-2,6	32,7	0
Mar	0,3	38,2	4,6
Apr	3	71,6	29,4
Mag	5,2	219,2	50,9
Giu	9,9	268,5	83,7
Lug	12,3	229,5	100,2
Ago	12,2	230,2	92
Set	9,1	203	62,8
Ott	4,9	177,2	35,5
Nov	2,2	254,3	16,2
Dic	-0,8	47,6	0
Anno	4,4	1789,6	475,3

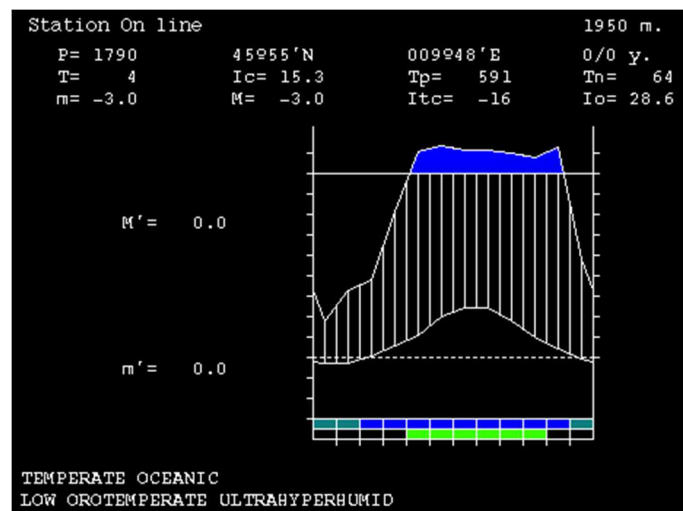


Figura 11. temperature (T), precipitazioni (P) e potenziale evapotraspirazione (PE) ricavate dalla stazione meteorologica del Monte Arera (centro meteo Lombardo). A destra il diagramma Ombrotermico relativo ai dati in tabella. La PE ed il diagramma sono stati generati usando lo strumento di diagnosi online proposto da Rivas-Sáenz (Rivas-Martínez & Rivas-Sáenz 2009).

2.2 Analisi morfologica

Una prima analisi è stata effettuata sulla morfologia dei diversi individui di *Linaria tonzigii* presenti nelle varie aree di campionamento, in particolar modo ci si è soffermati sulla misura dell'altezza dei fusti recanti le inflorescenze (racemi), utilizzando un nastro metrico. Per analizzare le eventuali differenze morfologiche delle varie popolazioni i dati sono stati analizzati tramite ANOVA e il test Tukey Honestly Significant Difference (HSD). L'analisi statistica è stata condotta utilizzando il software R 3.3.2 (R Core Team 2015).

2.3 Analisi fitosociologica ed ecologica

Per ogni area di studio sono stati effettuati dei rilievi fitosociologici al fine di raccogliere dati sulla comunità vegetale di *Linaria tonzigii*. Una volta raggiunta l'area di analisi, si è proceduto a catalogare tutte le specie vegetali presenti, in modo da avere un quadro completo delle specie vegetali che crescono nel giro di 9 m² rispetto a *Linaria tonzigii*. I rilievi sono stati condotti secondo il metodo Braun-Blanquet (1964) (Figura 19). Le diverse specie vegetali sono state identificate utilizzando le chiavi dicotomiche di Pignatti (1982) inoltre per ogni specie è stata stimata la copertura in accordo con la scala di abbondanza/dominanza di Braun-Blanquet (1964). I rilievi sono stati analizzati statisticamente usando il software R 3.3.2 (R Core Team 2015) eseguendo la cluster analysis (usando l'indice di Jaccard ed il *Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean* (UPGMA)) al fine di individuare le differenze floristiche fra i rilievi.

L'analisi ecologica della comunità vegetale (sinecologia) di *Linaria tonzigii* è stata eseguita applicando gli indici ecologici di Landolt et al. (2010).

La possibilità di utilizzare le piante come indicatori delle condizioni ambientali è stata proposta da molti Autori, già nelle fasi iniziali della ricerca ambientale (Pignatti 2001, Landolt et al. 2010).

Il sistema di indici di Landolt nasce in Svizzera nel 1977 ed essendo basato sulla flora presente nel territorio elvetico, trova la sua più spontanea applicazione per la vegetazione presente nell'arco alpino e prealpino fino poi ad arrivare ad essere utilizzata in tutto il territorio italiano a discapito di altri indici (come quelli di Elleberg 1967) che nascevano sulla base delle analisi su vegetazione e condizioni differenti rispetto a quelle dell'arco alpino e del territorio italiano. Tramite gli indici ecologici è possibile definire le caratteristiche di un certo organismo vegetale, successivamente incrociando i dati di diverse specie vegetali presenti in un dato territorio, diviene possibile arrivare ad una buona analisi delle condizioni ambientali del territorio stesso (Landolt et al. 2010; Pignatti 2001).

Gli indici di Landolt che sono stati utilizzati in questo lavoro sono 8 ed ognuno di essi ha un possibile valore che varia da 0 a 5. Inoltre, per diversi indici esiste il valore "X" che sta ad indicare che la pianta è indifferente ad una particolare variabile ambientale. Di seguito vengono descritti nel dettaglio gli indici ecologici di Landolt et al. (2010) utilizzati:

F = Indice di umidità (*Feuchtezahl*): esprime il valore medio di umidità del suolo da suoli aridi (1) a suoli inondati (5).

R = indice di pH (*Reaktionszahl*): valuta la reazione ionica del suolo e varia da substrati molto acidi (1) a substrati alcalini (5) per questo indice è stato aggiunto il livello X per piante indifferenti al pH.

N = indice di nitrofilia (*N-zahl*): si basa sul contenuto di azoto assimilabile (NH₄, NO₃) e varia da suoli molto poveri in azoto (1) a suoli fertilizzati con eccesso di azoto (5). Anche a questo indice è aggiunto il valore X per piante indifferenti al tasso di nitrofilia.

H = indice di humus (*Humuszahl*): indica la quantità di humus nella rizosfera e varia da suoli poveri (1) a suoli pingui (5). Per questo indice il valore X viene espresso per piante indifferenti alla quantità di humus.

D = indice di aerazione (*Dispersitätszahl*): prende in considerazione la granulometria del substrato e conseguentemente il suo grado di aerazione. Varia da rocce, scogliere e muri (5) a ghiaie incoerenti (4) a suoli sabbiosi (3), limosi (2), argillosi (1). Viene aggiunto il valore X per piante indifferenti alla granulometria.

L = indice di luminosità (*Lichtzahl*): varia da situazioni di piena ombra in sottoboschi chiusi (1) a piena luce in aperta campagna (5).

T = indice di temperatura (*Temperaturzahl*): descrive un gradiente termico che va dalle specie di clima freddo, delle zone boreali e delle montagne (1) a specie di clima caldo mediterraneo (5).

K = indice di continentalità (*Kontinentalitätszahl*): è basato sulla corologia delle specie indagate variando da specie oceaniche delle coste atlantiche (1) a specie continentali delle zone interne dell'Eurasia (5);

2.4 Analisi CSR

La strategia CSR di *Linaria tonzigii* è stata analizzata seguendo il metodo di sviluppato da Pierce et al. (2017). Per ognuna delle cinque aree analizzate, sono stati raccolte dieci foglie ben espanse, su diversi individui, in modo da omogeneizzare il campione su tutta l'area. Le foglie prelevate sono state poste in un panno umido e depositate in laboratorio, all'oscurità e ad una temperatura di 4°C per una notte intera. Il giorno seguente è stato possibile misurare il livello di LFW (*leaf fresh weight*) dei differenti campioni saturi di acqua, pesandoli su una bilancia analitica di precisione (Precisa XB 220A). Successivamente si è proceduto con la misura della LA (*leaf area*) utilizzando uno scanner digitale ed il software ImageJ 1.50i. Infine i campioni sono stati collocati all'interno di una piastra Petri e posti in stufa ad una temperatura di 105°C per 24h, in questo modo è stato possibile, tramite un ulteriore pesata su bilancia di precisione, determinare il valore LDW (*leaf dry weight*). Inserendo i tre valori ne foglio di calcolo "strateFy" (Pierce et al. 2017) si ha come risultato le tre coordinate relativi alla strategia CSR, che possono essere poste nel triangolo CSR di Grime (1974). Per effettuare l'ultima operazione descritta, i dati ottenuti sono stati proiettati nel grafico utilizzando il pacchetto "ggplot2" del software R.3.3.2 (R Development Core Team 2015). La stessa procedura descritta sopra è stata utilizzata per calcolare le strategie CSR di *Linaria alpina* e *Linaria vulgaris*, i dati ricavati sono stati utilizzati come paragone con *Linaria tonzigii*. Un ulteriore confronto è stato fatto tra la strategia di *Linaria tonzigii* e quelle delle altre specie facenti parte della comunità vegetale, di cui erano già conosciute le strategie CSR (Pierce et al. 2017).

La Figura 12 riporta alcune foto dei rilievi e delle analisi su *Linaria tonzigii*, effettuati durante il tirocinio nel mese di luglio 2017.

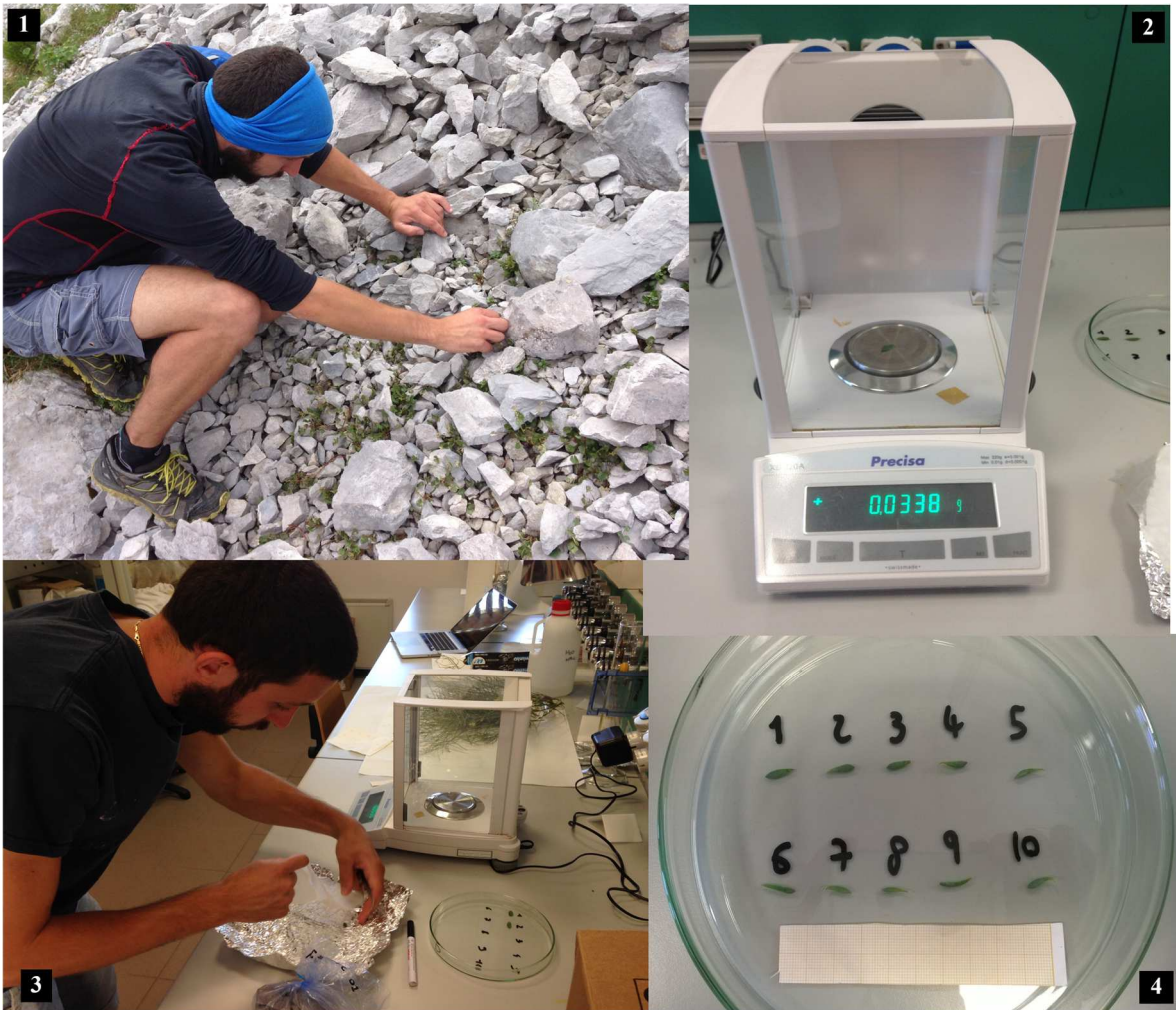


Figura 12. (1) foto dei rilievi effettuati in campo; (2) pesatura delle foglie per ricavarne i valori di LFW; (3) posizionamento delle foglie nella piastra Petri; (4) campioni di foglie da per la misura della LA, pronti per essere posti in stufa.

3. RISULTATI

Sono stati svolti 25 rilievi fitosociologici, distribuiti in 5 aree di studio presenti nel territorio del Parco delle Orobie Bergamasche. Nello specifico: 7 al Monte Cavallo, 5 al Monte Menna, 7 al Monte Arera, 3 al Monte Secco ed infine 2 al Monte Ferrante. L'altitudine delle zone analizzate varia da un minimo di 1850 m.s.l.m (Monte Secco) ad un massimo di 2270 m.s.l.m. (Monte Ferrante). Durante la ricerca sul massiccio della Presolana, pur essendone stata accertata la presenza (Valoti 1996; Bendotti 1996), non è stata trovato alcun individuo di *Linaria tonzigii*.

3.1 Altezza degli individui

Nel boxplot di Figura 13 vengono mostrati i valori di altezze dei racemi misurati nelle differenti località. Dall'immagine è evidente come le altezze delle piante misurate nella località del Monte Cavallo, siano notevolmente differenti, in particolare questi individui risultano generalmente più alti rispetto ai campioni misurati nelle altre località. Ciò è confermato dai risultati del test HSD (Tabella 5).

In Figura 14 sono riportati due esemplari di *Linaria tonzigii*, fotografati in due differenti località (Monte Cavallo e Monte Ferrante). Pur avendo una scala differente, si nota che gli individui fotografati sul Monte Cavallo sono più alti.

Aree di campionamento	A	B	C	D	E
A	-	0.00000	0.00000	0.00007	0.00099
B		-	0.67074	0.63225	0.99657
C			-	0.97636	0.99901
D				-	0.97933
E					-

Tabella 5. Valori di probabilità (valore p) restituiti dal test HSD di Tukey, per le altezze di tutti i racemi misurati nelle differenti aree di analisi (A, Mt. Cavallo; B, Mt. Menna; C, Mt. Arera; D, Mt. Secco; E, Mt. Ferrante). dimensione dei campioni: A = 35; B = 53; C = 130; D = 22; E = 9. In grassetto sono evidenziati i valori-p < 0.001

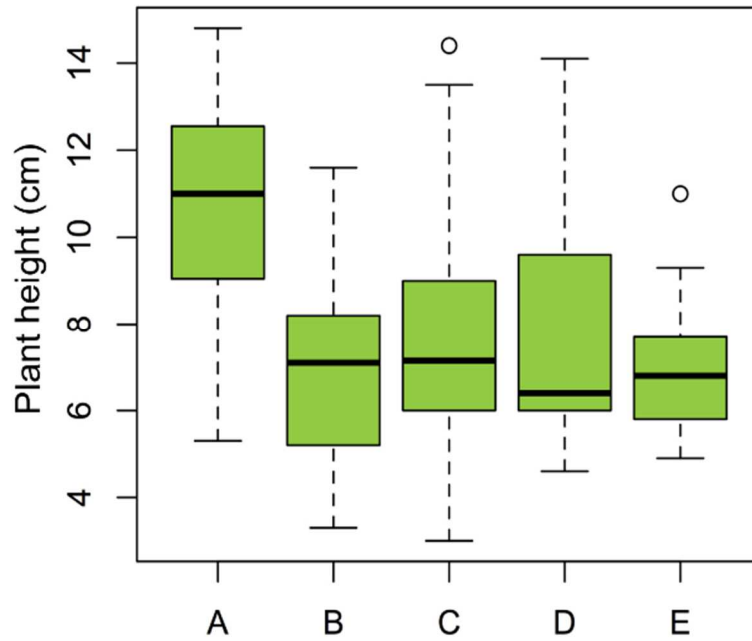


Figura 13. Boxplot delle altezze degli individui di *Linaria tonzigii* misurate nelle varie aree di campionamento (A, Mt. Cavallo; B, Mt. Menna; C, Mt. Arera; D, Mt. Secco; E, Mt. Ferrante). Dimensione dei campioni: A = 35; B = 53; C = 130; D = 22; E = 9.



Figure 14. due esemplari di *Linaria tonzigii*. 1. Mt. Cavallo, 2. Mt. Ferrante.

3.2 Comunità vegetale

Nei differenti rilievi effettuati ci si è soffermati sull'analisi della composizione floristica delle specie della comunità di *Linaria tonzigii*. Ciò ha permesso di riscontrare un totale di 76 specie, che sono state riportate in Tabella 6, ordinate a seconda della loro percentuale di presenza nei siti analizzati. In particolar modo è possibile identificare oltre a *Linaria tonzigii*, un'altra specie presente in tutti i rilievi effettuati: *Hornungia alpina*. Per questo motivo la comunità vegetale in analisi può essere definita come comunità *Linaria tonzigii-Hornungia alpina*. In Tabella 1 risulta inoltre evidente la presenza di sette specie in almeno la metà dei rilievi: *Linaria tonzigii*, *Hornungia alpina*, *Sesleria caerulea*, *Carex firma*, *Cerastium latifolium*, *Poa minor* e *Crepis jacquinii* subsp. *Kernerii*. La maggior parte delle specie presenti sono orofite (specie che vivono sui rilievi europei), che si possono trovare abbastanza di frequente sul territorio Alpino, ma oltre a queste vi è anche la presenza di diverse specie endemiche (oltre a *Linaria tonzigii*): *Viola dubyana*, *Allium insubricum*, *Galium montis-arerae*, *Campanula raineri*, *Galium baldense* and *Moehringia concarenanae*. Per maggiori informazioni sulla composizione della comunità vegetale di *Linaria tonzigii* si faccia riferimento alla tabella fitosociologica dei rilievi presente in Allegato I.

No	Species	Corotipo	Pres. (%)
1	<i>Linaria tonzigii</i> Lona	Endem.	100
2	<i>Hornungia alpina</i> (L.) Appel	Centro-Europ.	100
3	<i>Sesleria caerulea</i> (L.) Ard.	SE-Europ.	83
4	<i>Carex firma</i> Host	Orof. S-Europ.	79
5	<i>Cerastium latifolium</i> L.	Alpic-W-Carpatic	75
6	<i>Poa minor</i> Gaudin	Orof. S-Europ.	58
7	<i>Crepis jacquinii</i> subsp. <i>kernerii</i> (Rech. f.) Merxm.	Orof. SE-Europ.	54
8	<i>Adenostyles glabra</i> (Mill.) DC.	Orof. S-Europ.	50
9	<i>Poa alpina</i> L.	Circumbor.	50
10	<i>Acinos alpinus</i> (L.) Moench	Orof. S-Europ.	46
11	<i>Biscutella laevigata</i> L.	Orof. S-Europ.	46

12	<i>Festuca quadriflora</i> Honck.	Orof. S-Europ.	46
13	<i>Thlaspi rotundifolium</i> (L.) Gaudin subsp. <i>rotundifolium</i>	Endem. Alp.	46
14	<i>Doronicum grandiflorum</i> Lam.	Orof. SW-Europ.	42
15	<i>Minuartia austriaca</i> (Jacq.) Hayek	Endem. Alp.	42
16	<i>Campanula cochleariifolia</i> Lam.	Orof. S-Europ.	38
17	<i>Viola dubyana</i> Burnat ex Gremlí	Endem.	38
18	<i>Achillea clavennae</i> L.	E-Alp. – Dinaric	33
19	<i>Dryopteris villarii</i> (Bellardi) Woyń. ex Schinz & Thell subsp. <i>villarii</i>	Orof. S-Europ.	33
20	<i>Saxifraga aizoides</i> L.	Circumbor.	33
21	<i>Carduus defloratus</i> subsp. <i>tridentinus</i> (Evers.) Ladurner	Endem. Alp.	29
22	<i>Cystopteris alpina</i> (Lam.) Desv.	Cosmopol.	29
23	<i>Galium baldense</i> Spreng.	Endem.	29
24	<i>Athamanta cretensis</i> L.	Orof. S-Europ.	25
25	<i>Hieracium bifidum</i> Kit. ex Hornem.	Orof. S-Europ.	25
26	<i>Horminum pyrenaicum</i> L.	Orof. SW-Europ.	25
27	<i>Juncus monanthos</i> Jacq.	Artic-Alp. (Euro-Amer.)	25
28	<i>Rumex scutatus</i> L.	S-Europ.-Sudsib.	25
29	<i>Saxifraga hostii</i> subsp. <i>rhaetica</i> (A. Kern.) Braun-Blanq.	Endem.	25
30	<i>Arabis bellidifolia</i> subsp. <i>stellulata</i> (Bertol.) Greuter & Burdet	Medit.-Mont.	21
31	<i>Asplenium viride</i> Huds.	Circumbor.	21
32	<i>Campanula raineri</i> Perp.	Endem.	21
33	<i>Dryas octopetala</i> L.	(Circum) Artic-Alp.	21
34	<i>Pedicularis tuberosa</i> L.	Orof. SW-Europ.	21
35	<i>Salix retusa</i> L.	Orof. Europ.	21
36	<i>Silene vulgaris</i> subsp. <i>glareosa</i> (Jord.) Marsden-Jones & Turrill	Orof. S-Europ.	21
37	<i>Veronica aphylla</i> L.	Orof. S-Europ.	21

38	<i>Viola biflora</i> L.	Circumbor.	21
39	<i>Aquilegia einseleana</i> F.W. Schultz	Endem. Alp.	17
40	<i>Galium montis-arerae</i> Merxm. & Ehrend.	Endem.	17
41	<i>Persicaria vivipara</i> (L.) Ronse Decr.	(Circum) Artic-Alp.	17
42	<i>Rhododendron hirsutum</i> L.	Endem. Alp.	17
43	<i>Salix glabra</i> Scop.	NE-Medit.-Mont.	17
44	<i>Saxifraga exarata</i> subsp. <i>moschata</i> (Wulf.) Cavill.	Euro-Asiat.	17
45	<i>Trisetum distichophyllum</i> subsp. <i>brevifolium</i> (Host) Pign.	Orof. S-Europ.	17
46	<i>Valeriana montana</i> L.	Orof. S-Europ.	17
47	<i>Anthyllis vulneraria</i> L. subsp. <i>baldensis</i> (A. Kern.) Becker	Endem.	13
48	<i>Doronicum columnae</i> Ten.	Orof. SE-Europ.	13
49	<i>Papaver alpinum</i> subsp. <i>rhaeticum</i> (Leresche ex Greml.)	Endem. Alp.	13
50	<i>Primula glaucescens</i> Moretti	Endem.	13
51	<i>Saxifraga sedoides</i> L.	Orof. SW-Europ.	13
52	<i>Scrophularia juratensis</i> Schleich.	Orof. S-Europ.	13
53	<i>Trisetum alpestre</i> (Host) P. Beauv.	Orof. SE-Europ.	13
54	<i>Alchemilla nitida</i> Buser	Orof. S-Europ.	8
55	<i>Asperula cynanchica</i> L.	Euri-Medit.	8
56	<i>Bellidiastrum michelii</i> Cass.	Orof. SE-Europ.	8
57	<i>Daphne striata</i> Tratt.	Endem. Alp.	8
58	<i>Pedicularis rostratocapitata</i> Crantz	E-Alp.-Carpat.	8
59	<i>Thymus praecox</i> subsp. <i>polytrichus</i> (A. Kern. Ex Borbás) Ronniger	Orof. S-Europ.	8
60	<i>Allium insubricum</i> Boiss. & Reuter	Endem.	4
61	<i>Arabis alpina</i> L. subsp. <i>alpina</i>	Circum-Artic-Alp.	4
62	<i>Carex austroalpina</i> Bech.	Endem.	4
63	<i>Festuca alpestris</i> Roem. & Schult.	Endem.	4
64	<i>Galium anisophyllum</i> Vill.	Orof. S-Europ.	4
65	<i>Gypsophila repens</i> L.	Orof. S-Europ.	4

66	<i>Hieracium villosum</i> Jacq.	Orof. SE-Europ.	4
67	<i>Homogyne alpina</i> (L.) Cass.	Orof. Centro-Europ.	4
68	<i>Leontopodium alpinum</i> Cass.	Orof. Euro-Asiat.	4
69	<i>Moehringia concarenae</i> F. Fen. & F. Martini	Endem.	4
70	<i>Polystichum lonchitis</i> (L.) Roth	Circumbor.	4
71	<i>Potentilla nitida</i> L.	Subendem.	4
72	<i>Primula auricula</i> L.	Orof. S-Europ.	4
73	<i>Ranunculus alpestris</i> L.	Orof. S-Europ.	4
74	<i>Ranunculus thora</i> L.	Orof. S-Europ.	4
75	<i>Rosa pendulina</i> L.	S-Europ.-Sudsib.	4
76	<i>Saxifraga caesia</i> L.	Orof. S-Europ.	4

Tabella 6. Composizione floristica della comunità *Linaria tonzigii-Hornungia alpina* con la presenza di ogni specie nel totale dei rilievi (pres (%)).

Il dendrogramma di Figura 15 è il risultato della cluster analysis dei rilievi fitosociologici. Esso mostra il livello di differenza floristica tra i rilievi effettuati, suddivisi in 2 gruppi (Cluster “a” e Cluster “b”). il gruppo “a” racchiude al suo interno tutti i rilievi effettuati sul Monte Cavallo (A), che risultano differenti dagli altri per la costante presenza di *Doronicum grandiflorum* e *Poa alpina*. Viceversa, nel gruppo “b”, sono racchiusi tutti i rilievi effettuati nelle altre quattro aree di analisi. In questo secondo gruppo spicca la presenza di altre specie non presenti nell’area del Monte Cavallo (*Crepis jacquinii* subsp. *kernerii*, *Adenostyles glabra*, *Thlaspi rotundifolium*, *Acinos alpinus*, *Biscutella laevigata* e *Viola dubyana*). Considerando le differenze floristiche, I due gruppi sembrerebbero descrivere due varianti della stessa comunità vegetale (*Linaria tonzigii-Hornungia alpina*) .

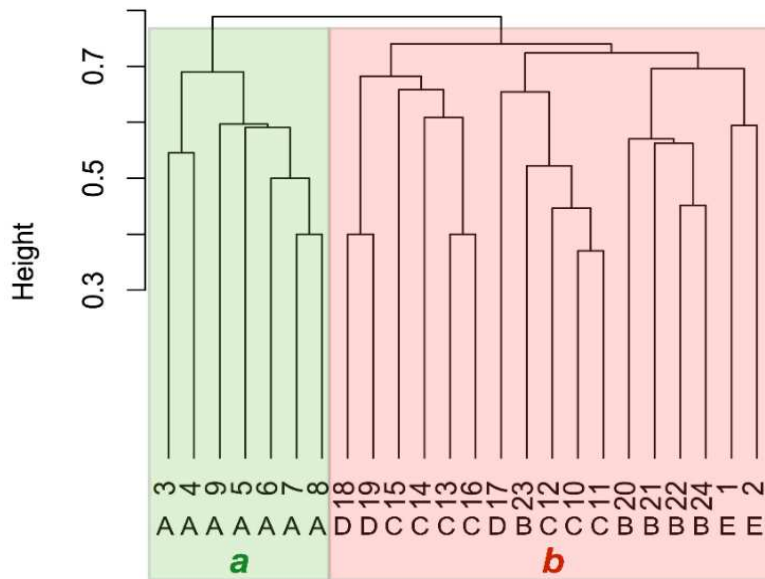


Figura 15. Dendrogramma dei rilievi. Il numero indica il codice del rilievo, mentre la lettera è relativa ad una delle cinque aree di rilievo (A, Mt. Cavallo; B, Mt. Menna; C, Mt. Arera; D, Mt. Secco; E, Mt. Ferrante). a & b sono i gruppi generati dalle analisi cluster.

3.3 Ecologia

L'analisi ecologica basata sugli indici di Landolt et al. (2010), descritti in precedenza, ha permesso di paragonare lo spettro ecologico riferito alla media degli indici di tutta la comunità floristica *Linaria tonzigii-Hornungia alpina*, con lo spettro dei valori di Landolt riferiti alla sola *Linaria tonzigii*. Dalla Figura 16 è possibile notare come i valori ecologici dell'intera comunità (sinecologia) sono molto simili a quelli relativi a *Linaria tonzigii*, il che è plausibile considerando che l'ambiente di crescita è il medesimo. In particolare, dalle analisi risulta che la comunità vegetale è costituita da piante eliofile, che crescono a quote elevate e quindi adattatesi a climi freddi (quali sono quelli alpini di alta quota), vivono su suoli sottili e poveri di nutrienti. Necessitano di un substrato a pH basico che inoltre deve essere ben areato e poco umido. Vi sono tuttavia delle differenze tra i due spettri, infatti, *Linaria tonzigii* ha una minor necessità di humus e di umidità nel suolo, ma valori più elevati di pH ed aerazione. Le differenze stanno nel fatto che tra i valori della comunità vegetali, ve ne sono alcuni relativi a piante quali ad esempio: *Carex firma* e *Dryas octopetala*, che stabilizzano i ghiaioni, favorendo la formazione di zolle più ricche in humus e sostanze nutritive ed anche più umide e meno areate, dove altre piante possono insediarsi.

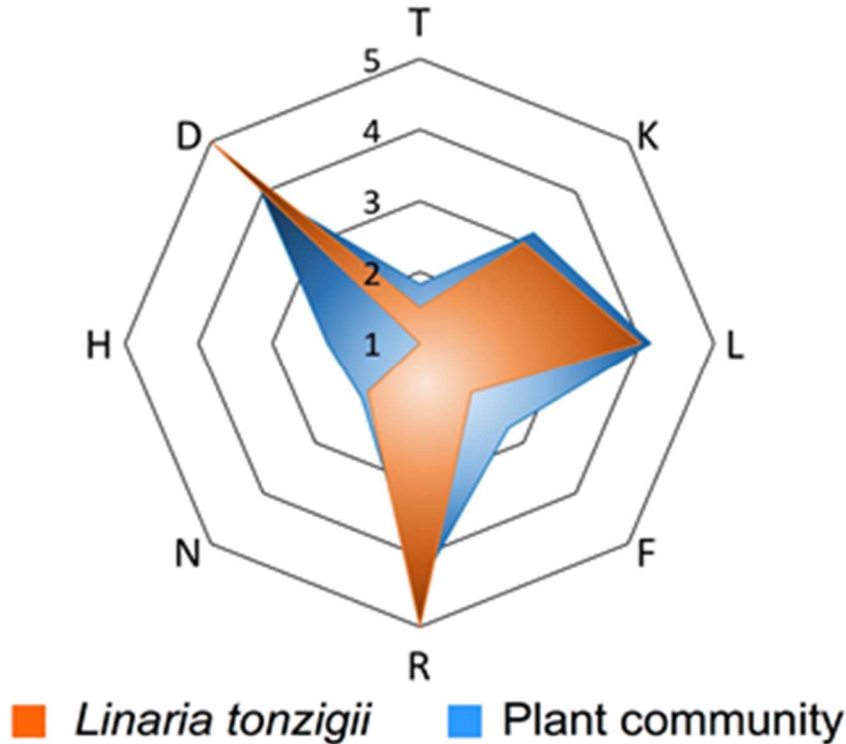


Figure 16. Grafico radar dello spettro ecologico riguardante gli indici di Landolt per *Linaria tonzigii* e la comunità vegetale presente nelle aree di rilievo. (T) Temperatura, (K) Continentalità, (L) Luce, (F) Umidità, (R) pH del suolo, (N) Nitrofilia, (H) Humus, (D) Aerazione (Landolt et al. 2010).

3.4 Strategia CSR

L'analisi dei campioni di *Linaria tonzigii* prelevati nelle differenti località ha portato alla produzione della Tabella 7, nella quale vengono mostrate le medie dei valori CSR per ogni area di analisi. I dati sono stati poi proiettati nel diagramma triangolare di Grime (1974). Dai risultati emersi si può notare che gli esemplari nelle diverse aree di analisi, hanno strategie differenti tra loro, in particolare: *Linaria tonzigii* analizzata nell'area del Monte Cavallo (A), ha una strategia R, quella che più gli si avvicina è *Linaria tonzigii* del Monte Ferrante (E) con la sua strategia R/CR, gli esemplari analizzati sul Monte Menna (B) hanno strategia SR/CSR, quelli del Monte Arera (C) R/CSR ed infine quelli del Monte Secco S/CSR. La media totale di tutti i valori analizzati risulta relativa ad una strategia R/CSR (C:S:R = 17.5 : 25.0 : 57.5).

<i>Linaria tonzigii</i>	C (%)	S (%)	R (%)	strategia
A	15,40 ± 5,49	0,00 ± 0,00	84,60 ± 5,49	R
B	23,08 ± 13,91	33,44 ± 23,43	43,48 ± 27,88	SR/CSR
C	22,38 ± 12,68	26,51 ± 32,30	51,12 ± 26,68	R/CSR
D	13,93 ± 8,34	53,27 ± 31,84	32,80 ± 28,67	S/CSR
E	12,66 ± 8,12	11,89 ± 21,49	75,45 ± 17,72	R/CR
media	17,49 ± 10,72	25,02 ± 30,07	57,49 ± 29,55	R/CSR

Tabella 7. Valori CSR di *Linaria tonzigii* per ogni area di campionamento (A, Mt. Cavallo; B, Mt. Menna; C, Mt. Arera; D, Mt. Secco; E, Mt. Ferrante) e valori medi totali. Viene indicata anche la strategia funzionale.

Nella Figura 17b sono riportati le strategie CSR conosciute, delle piante che appartengono alla comunità vegetale di *Linaria tonzigii-Hornungia alpina* ed anche la strategia media di questa comunità. Il valore medio è SR/CSR (C:S:R = 24.0 : 35.8 : 40.2) ed è leggermente differente da quello di *Linaria tonzigii* (Figura 17a). A spingere il valore medio della comunità vegetale verso la strategia S (Stress-tollerante) sono alcune specie presenti, che hanno una strategia di crescita Stress-tollerante quali: *Thlaspi rotundifolium*, *Saxifraga exarata* subsp. *moschata*, *Saxifraga caesia*, *Rhododendron hirsutum*, *Carex firma* e *Dryas octopetala*.

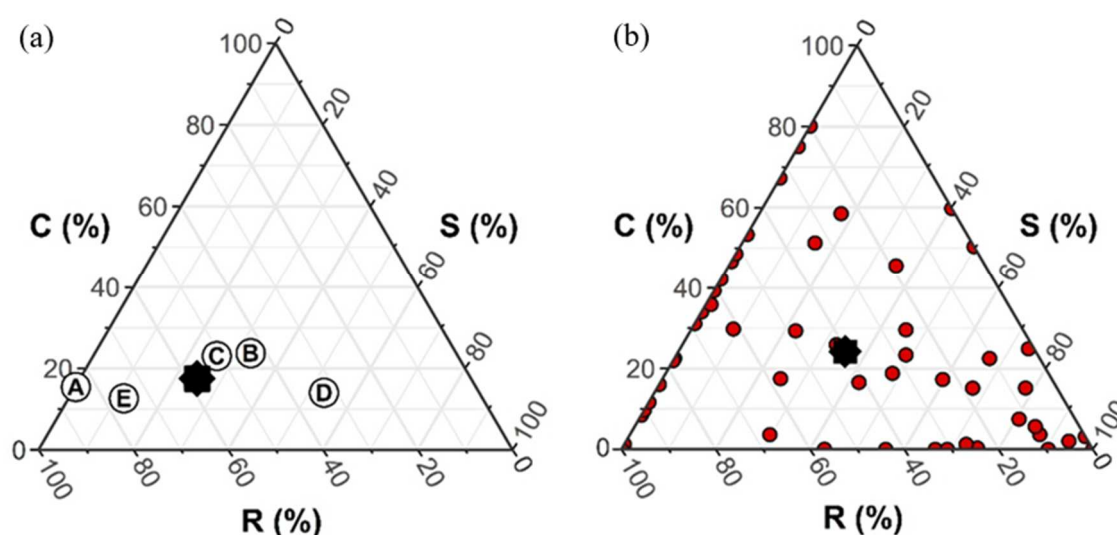


Figura 17. (a) Classificazione CSR di *Linaria tonzigii* nelle cinque aree di studio (A, Mt. Cavallo; B, Mt. Menna; C, Mt. Arera; D, Mt. Secco; E, Mt. Ferrante), la stella nera rappresenta la media. (b) Strategia CSR di tutte le piante presenti nella comunità vegetale *Linaria tonzigii-Hornungia alpina*, i punti rossi rappresentano le singole specie e il simbolo nero la media.

Inoltre, è stato possibile determinare la strategia CSR anche per *Linaria alpina* e *Linaria vulgaris*. Nella Tabella 8 sono riportati i valori medi delle analisi effettuate per entrambe le specie. Come si può notare *Linaria alpina* ha una strategia completamente Ruderale (C:S:R = 0.4 : 9.6 : 90.1). Nel grafico CSR di Figura 18, si può notare la differenza di strategia CSR per le tre specie di *Linaria* analizzate: *L. tonzigii*, *L. alpina* e *L. vulgaris*.

Linaria alpina					Linaria vulgaris				
	C	S	R		C	S	R		
1	0,51	0,00	99,49		1	13,11	30,03	56,86	
2	0,07	0,00	99,93		2	11,03	47,53	41,44	strategia
3	0,52	28,70	70,78	strategia	media	12,07	38,78	49,15	SR/CSR
media	0,37	9,57	90,07	R					

Tabella 8. Media delle percentuali CSR e relativa strategia di: *Linaria alpina* (sinistra) e *Linaria vulgaris* (destra)

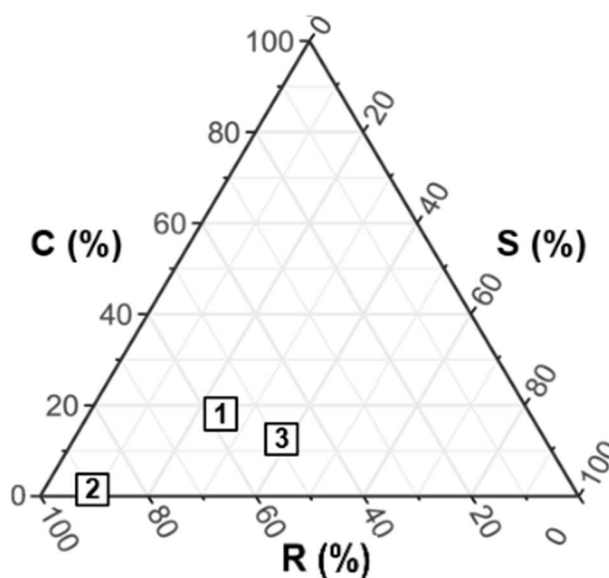


Figura 18. strategia CSR dei valori mediati di: 1. *Linaria tonzigii*, 2. *Linaria alpina*, 3. *Linaria vulgaris*.

4. DISCUSSIONE RISULTATI E CONCLUSIONI

Dai rilievi effettuati è stato possibile ottenere molteplici risultati basati sull'analisi della comunità vegetale, sulla morfologia degli individui e sull'analisi della strategia CSR di *Linaria tonzigii*. I risultati ottenuti sulla comunità vegetale hanno messo in evidenza come le specie vegetali rilevate nelle diverse aree di analisi permettono di definire la stessa comunità vegetale (*Linaria tonzigii-Hornungia alpina*) nei vari settori analizzati. Tale comunità vegetale, tuttavia, differisce per la presenza/assenza di alcune specie nelle diverse aree. In particolare, è possibile definire due varianti principali: la prima variante è relativa all'area del Monte Cavallo, mentre la seconda è comune per tutte le altre aree. Tra le specie che caratterizzano una delle due varianti, vi è la *Thlaspi rotundifolium* molto diffusa sul territorio alpino. Il fatto che la si trovi nella comunità vegetale *Linaria tonzigii-Hornungia alpina* è in coerenza con le sue esigenze di crescita che sono suoli asciutti, basici e poveri in nutrienti. Un ulteriore risultato di importanza rilevante è dettato dal numero di specie steno-endemiche che caratterizzano la composizione della comunità *Linaria tonzigii-Hornungia alpina*. Tale varietà floristica è tipica delle Prealpi Orobie Bergamasche, le quali sono caratterizzate da un substrato geologico di natura calcarea. Queste zone, durante le glaciazioni dell'era quaternaria, sono state aree di rifugio. In esse la vegetazione ha potuto sopravvivere in quanto esclusa dalla completa glaciazione che è avvenuta su gran parte delle Alpi. Per questo motivo le Prealpi Orobie sono, per numero di specie vegetali endemiche, il secondo centro più importante della catena alpina (Pawłowski 1970).

Dalle analisi morfologiche effettuate è emersa un'ulteriore differenziazione tra l'area di analisi del Monte Cavallo e le altre. I racemi recanti le inflorescenze degli individui misurati sul Monte Cavallo sono risultati nettamente più alti rispetto a tutti quelli misurati nelle altre zone. Per tale motivo è plausibile ritenere che *Linaria tonzigii* presente sul Monte Cavallo possa essere di un particolare ecotipo. Questa ipotesi è supportata dalle analisi effettuate sulla comunità vegetale che, come è già stato detto, risulta leggermente differente proprio nell'area del Monte Cavallo. Inoltre, visualizzando su una mappa le aree di campionamento, è evidente la posizione isolata del Monte Cavallo rispetto alle altre località, per la precisione il Monte Cavallo equivale all'area di ritrovamento più a settentrione. Queste condizioni, insieme al clima più freddo, può aver portato alla formazione di un diverso ecotipo, ipotesi che tuttavia andrebbe verificata con ulteriori studi.

Per quanto concerne l'analisi ecologica, è stato possibile paragonare l'ecologia di *Linaria tonzigii* con quella della comunità vegetale in cui cresce e anche con i valori di *Linaria alpina* e *Linaria vulgaris*. I risultati di questa analisi sono risultati abbastanza coerenti con l'ambiente in cui *Linaria tonzigii* è presente. Utilizzando gli indici di Landolt come strumento di analisi, il confronto con l'ecologia della comunità vegetale in cui cresce *L.tonzigii* differisce di poco, questa differenza è dettata da alcune specie stabilizzatrici dei ghiaioni, che tendono a creare un ambiente meno disturbato tale da avere livelli ecologici differenti. Paragonando gli indici ecologici di *Linaria tonzigii* con quelli di *Linaria alpina* si nota una coincidenza riferita solamente agli indici nutrizionali, ossia bassi livelli di humus e azoto e un suolo ben areato. Gli altri indici per la maggior parte dei casi differiscono di poco, ciò è dato dal fatto che anche *Linaria alpina* è una specie che cresce a quote elevate - in certi casi raggiunge i 3500 m.s.l.m - e su ghiaioni ma, rispetto a *Linaria tonzigii*, è diffusa su tutto il territorio alpino. La differenza con *Linaria vulgaris* è invece notevole, quest'ultima cresce infatti a quote più limitate dove il clima presenta temperature meno rigide, inoltre necessita di suoli più stabili e con più nutrienti.

L'analisi di *Linaria tonzigii* ha permesso di avere nuove informazioni utili per la conoscenza di questa specie, si ricorda infatti che prima di oggi non ne era conosciuta la strategia CSR. Secondo i risultati di questa analisi la strategia CSR adottata da *Linaria tonzigii* è di tipo R/CSR, questo risultato è leggermente differente dal valore "RSS" (stress-tollerante ruderale) attribuito da Landolt et al. (2010). Il risultato ottenuto permette di definire questa pianta come ruderale, ciò significa che la *Linaria tonzigii* è in grado di sopportare i disturbi. Considerando che questa pianta cresce esclusivamente sui ghiaioni, è plausibile pensare che sia il movimento delle rocce il maggior disturbo a cui *L. tonzigii* è sottoposta.

La strategia R/CSR è risultata dalla media dei valori medi per ogni area di analisi, tuttavia per ogni area è risultato un valore che si discosta dalla media totale. Analizzando tutti i dati risulta che gli esemplari presenti sul Monte Cavallo e sul Monte Ferrante hanno una maggior componente ruderale (R) e valori di competitività (C) e stress-tolleranza (S) molto limitati che nel caso estremo del Monte Cavallo risultano addirittura nulli. Per quanto riguarda le altre stazioni di analisi, il risultato su queste mostra la presenza di un buon livello di stress-tolleranza, in particolar modo si distaccano dal gruppo le piante del Monte Secco con la loro strategia S/CSR. Questa differenza potrebbe essere spiegata analizzando le altitudini e le latitudini in cui i rilievi sono stati effettuati. Il Monte Ferrante è quello in cui i rilievi sono stati effettuati all'altitudine maggiore per entrambi i campioni (2267 e 2236 m.s.l.m) mentre,

come precedentemente detto, il Monte Cavallo è il sito più settentrionale analizzato e le altitudini sono costanti attorno a 2120 m.s.l.m. Per tutti gli altri siti, i valori di altitudine sono variabili, infatti *Linaria tonzigii* è stata analizzata anche ad altitudini più basse fino a 1850 m.s.l.m. del Monte Secco. Queste differenze di altitudine possono spiegare il fattore stress-tollerante (S) che risulta molto accentuato sul Monte Secco, infatti ad altitudini più basse la pianta si trova ad affrontare condizioni climatiche differenti, che possono essere: temperature più elevate, minor quantità di neve, minor permanenza sotto la neve nei primi mesi primaverili e quindi minor disponibilità idrica durante i mesi estivi. Secondo Grime (2001) temperature sub-ottimali possono influire come fattore di stress che porta la pianta a diminuire il suo accrescimento e quindi la produzione di biomassa. Riguardo a quest'ultima analisi può arrecare preoccupazione il riscaldamento globale che può agire come fonte di stress per *Linaria tonzigii* e altre specie alpine.

Confrontando il grafico CSR relativo a *Linaria tonzigii* con quello relativo alla sua comunità vegetale (Tabella 6) risulta evidente come la strategia CSR di molte specie appartenenti alla comunità *Linaria tonzigii-Hornungia alpina* si discosta molto rispetto alla strategia di *Linaria tonzigii*, ciò dimostra che sui ghiaioni convivono specie con differenti strategie di crescita. Tuttavia, la media di questi valori non si discosta di molto dal valore medio della strategia *Linaria tonzigii*, ciò dimostra come questa strategia sia quella più usata nelle condizioni di disturbo che si hanno sui ghiaioni.

Come ultima analisi è stata paragonata la strategia CSR di *Linaria tonzigii* con le strategie di *Linaria alpina* e *Linaria vulgaris*, per avere un termine di paragone all'interno dello stesso genere tra specie differenti. Come si può notare in Figura 22, *Linaria alpina* ha una strategia puramente ruderale (R). Questo risultato è in linea con le attese, perché questa pianta cresce ad altitudini elevate e su un substrato fortemente disturbato qual è quello dei ghiaioni. *Linaria vulgaris* ha una strategia SR/CSR la si trova ad altitudini molto più basse rispetto alle altre due specie. Pensando ai luoghi in cui la si può trovare, diviene plausibile il valore risultato in analisi, infatti questa pianta cresce spesso in luoghi fortemente antropizzati e quindi disturbati come ad esempio i bordi delle ferrovie (dal quale è stato ricavato uno dei campioni analizzati), questo la caratterizza in ruderalità, mentre il livello di stress-tolleranza è definito dalle condizioni ambientali che deve affrontare, quali carenza di acqua, esposizione diretta al sole e carenza di nutrienti. Infine, per quanto riguarda *Linaria tonzigii* la strategia CSR, è già stata discussa ampiamente e paragonata alle altre due specie è possibile vederla come una via di mezzo tra le due, tuttavia le sue caratteristiche la

avvicinano maggiormente alla *Linaria alpina*, con la quale ha alcuni aspetti in comune sia dal punto di vista morfologico che ecologico.

Linaria tonzigii è solo una tra le numerose specie endemiche presenti nel territorio Italiano, si stima infatti che in Italia il tasso di endemismo per le specie vegetali sia superiore al 13% (Società Botanica Italiana, 2013) e sulle Prealpi Lombarde questo valore aumenta al 15% della flora locale (Pawlowski, 1970). Le specie endemiche rappresentano un patrimonio che non può essere trascurato perché rappresenta una fetta importante della biodiversità italiana. Per proteggere tale ricchezza floristica è necessario approfondire la conoscenza delle specie che caratterizzano il territorio italiano e delle comunità vegetali in cui esse vivono. Questo è stato l'obiettivo principale di questo studio riguardante *Linaria tonzigii*, una specie il cui interesse è accentuato dalla sua rarità ed endemicità.

Questo lavoro ha permesso di raccogliere diversi dati riguardanti *Linaria tonzigii* che saranno pubblicati (Giupponi & Giorgi 2019) sulla rivista scientifica *Eco.mont - Journal on Protected Mountain Areas Research and Management*, che si occupa della ricerca e della gestione delle aree protette in territorio montano (Figura 23).

A Contribution to the knowledge of *Linaria tonzigii* Lona, a steno-endemic species of the Orobie Bergamasche Regional Park (Italian Alps)

Luca Giupponi & Annamaria Giorgi

Keywords: *Linaria tonzigii*; endemic species; CSR strategy; ecological indices; alpine plant; Orobie Bergamasche; Lombardy

Abstract

Linaria tonzigii is a rare steno-endemic species of Community interest that grows on some limestone screes in the Orobie Bergamasche Regional Park (Italian Alps). Information is scarce regarding its ecology (and especially synecology) and its Grime's CSR functional strategy. For this reason, this research, as well as analysing the floristic composition and ecology of the *L. tonzigii* community by means of traditional methods, also evaluated the Grime's CSR strategy of this endemic species using the latest methods and tools. Analysis of the phytosociological relevés conducted in five different areas revealed that the species constitutes a single plant community (the *Linaria tonzigii*-*Hornungia alpina* community) consisting of basophile and xerophile species mostly typical of limestone screes. The analysis of the CSR strategy revealed that the mean strategy of *L. tonzigii* is R/CSR, although the species presents slightly different strategies in the different sampling areas. This article reports the first ever data regarding inter-population variation in plant functional strategies in nature and suggests that the functional variability of the species is much wider than had been thought. The analysis of plant height of *L. tonzigii* also showed that the population isolated at the northern limit of the species' distribution range has significantly taller and less stress-tolerant individuals than those in other areas, suggesting that it may be a different ecotype. This article aims to stimulate researchers to study little-known endemic species in order to protect and valorize the biodiversity of protected areas.

Profile

Protected area

Orobie Bergamasche

Regional Park

Mountain range

Alps

Country

Italy

Introduction

The conservation of biodiversity is currently an issue of great importance and the subject of debate and action both locally and globally, as the extinction of species (animals and plants) can alter the functions of ecosystems and their services which are essential for human well-being (Fedele et al. 2017). In recent decades, many steps have been taken to protect rare and/or threatened species, from both legislative and applicative points of view. One example is the strategic plan for biodiversity of the Convention of Biological Diversity (Rio Earth Summit 1992), another the Habitat Directive (92/43/EEC), which is the most important strategy for nature conservation in Europe aimed at halting biodiversity loss. There are also many activities undertaken at various levels for the protection of species of conservation interest, such as the creation of Red Lists, ecological networks, protected areas or restocking plans.

In order to maximize the success of actions to protect rare and/or threatened species, a thorough knowledge of the different aspects of the species concerned is essential, including biological and ecological issues, which are particularly important for the correct implementation of conservation activities. Despite the progress of scientific research, there is still much work to be done to understand the ecology of countless species on Earth. In particular, it is essential to en-

courage ecological studies of rare and/or threatened plants that are widespread only within a limited habitat (endemic species), or that are even extremely localized (steno-endemic species). Such species contribute to enriching and enhancing the prestige of the biological heritage of a given territory, and hence that of the whole planet.

One such example is *Linaria tonzigii* Lona (Plantaginaceae), a very rare plant which is steno-endemic to the Orobie Bergamasche Regional Park (Orobic Alps, Lombardy, Italy) (Pignatti 1982; Calegari et al. 1995; Aeschimann et al. 2004; Conti et al. 2005; Martini et al. 2012; Peruzzi et al. 2014; Andreis et al. 2017). This plant has so far been little studied, even though it was discovered over sixty years ago (Lona 1949). Currently, its presence is certain in just a few sites of the Orobic pre-Alps, many of which were refuge zones during the glaciations of the Quaternary Age: Mt. Arera / Mt. Corna Quadra group (*locus classicus*), Mt. Menna, Mt. Secco, Mt. Ferrante / Mt. Presolana group and Mt. Cavallo / Mt. Pegherolo group (Valoti 1996; Bendotti 1996; Pignatti 1982; Brissoni 1983; Crescini et al. 1985; Tagliaferri 1992; Martini et al. 2012; Giupponi & Giorgi 2017). In such areas, *L. tonzigii* consists of fragmented populations in the subalpine and alpine belt (at around 2000 m altitude), always on limestone screes of Calcare di Esino formation (Upper Anisian – Ladinian). The characteristics of this species, in particular its rarity and its limited range, meant that

Figura 23. Prima pagina dell'articolo riguardante *Linaria tonzigii* (Giupponi e Giorgi 2019)

RINGRAZIAMENTI

Vorrei ringraziare il Dott. Luca Giupponi che mi ha seguito durante il tirocinio e durante la stesura di questo elaborato finale e la Prof.ssa Annamaria Giorgi che mi ha dato la possibilità di cimentarmi in questo lavoro.

Vorrei inoltre ringraziare tutta l'UNIMONT, tutti i miei compagni di corso, tutte le persone che ho conosciuto a Edolo, specialmente quelle che mi sono state vicine nell'arco dei tre anni. Infine, vorrei ringraziare tutti i professori che mi hanno dato la possibilità di arricchire il mio bagaglio di conoscenze.

BIBLIOGRAFIA

- Aeschimann, D., K. Lauber, D.M. Moser, J.P. Theurillat. 2004. *Flora alpina*. Bern-Stuttgart-Wien.
- Andreis, C., Armiraglio S, Caccianiga M., Cerabolini B., Ravazzi C. 2017. *Alpi Orobie e Prealpi Carbonatiche: un hot spot di endemicit *. Blasi, C & E. Biondi (eds.). *La flora in Italia*: 100-103. Roma.
- Bilz M., Kell S.P., Maxted N., Lansdown, R.V. 2011. *European Red List of Vascular Plants*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Berra F., Carminati E., 2012. *Differential compaction and early rock fracturing in high-relief carbonate platforms: numerical modelling of a Triassic case study (Esino Limestone, Central Southern Alps, Italy)*. *Basin Research* 24: 598–614
- Blasi C., 2010. *La vegetazione d'Italia*. Palombi & Partner s.r.l. Roma. 538 pp.
- Conti, F., G. Abbate, A. Alessandrini & C. Blasi. 2005. *An annotated checklist of Italian flora*. Roma.
- Crescini, A., F. Fenaroli & F. Tagliaferri. 1985. *Segnalazioni floristiche bresciane*. *Natura Bresciana Riv. Mus. Civ. Sc. Nat. Brescia* 20: 93-104.
- Ellenberg H., Mueller-Dombois D. 1967. *A key to Raunkiaer plant life forms with revised subdivision*. in *Ber. Geobotan. Inst. E.T.H., Stiftung Rubel*. vol. 37, pp. 56-87.
- Fedele, G., Locatelli B., Djoudi H. 2017. *Mechanisms mediating the contribution of ecosystem services to human well-being and resilience*. *Ecosystem Services*, 28, 43-54.

- Fenu G., Bacchetta G., Giacanelli V., Gargano D., Montagnani C., Orsenigo S., Cogoni D., Rossi G., Conti F., Santangelo A., Pinna M.S., Bartolucci F., Domina G., Oriolo G., Blasi C., Genovesi P., Abeli T., Ercole S. 2016. *Conserving plant diversity in Europe: outcomes, criticisms and perspectives of the Habitats Directive application in Italy*. *Biodivers Conserv*, 26,309–328.
- Giupponi L. & Giorgi A. 2017. *Mount Cavallo Botanical Path: a proposal for the valorization of an area of the Orobie Bergamasche Regional Park (Southern Alps)*. *eco.mont* 9(2): 5-15.
- Giupponi L. & Giorgi A. 2019. *A contribution of the knowledge of Linaria tonzigii Lona, a steno- endemic species of the Orobie Bergamasche Regional Park (Italian Alps)*. *Eco.mont* 11(1): 16-24 (in print). DOI: 10.1553/eco.mont-11-1s16
- Grime, J.P. 1974. *Vegetation classification by reference to strategies*. *Nature*. 250: 26-31.
- Grime, J.P. 1977. *Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory*. *Am. Nat.* 111: 1169-1194.
- Grime J.P. 2001. *Plant strategies, vegetation processes and ecosystem properties* (second edition). John Wiley & sons
- Jauzein P. 1995. *Flore des champs cultivés*. INRA. Paris.
- Landolt, E., B. Bäumler, A. Erhardt, O. Hegg, F. Klötzli, R.W. Lämmle, M. Nobis, K. Rudmann-Mayree, H.F. Schweingruber, J.P. Theurillat, E. Urmi, M. Vust & T. Wohlgemuth. 2010. *Flora indicativa. Ecological indicator values and biological attributes of the Flora of Switzerland and the Alps*. Bern-Stuttgart-Wien.
- Lona, F. 1949. *Nuova specie di Linaria rinvenuta al Pizzo Arera (Alpi Orobie)*. *Natura Riv. Sc. Nat. Ed. Soc. Ital. Sc. Nat. Milano* XL (3-4): 65-72.

- Luzzaro A., Cerabolini B., Caccianiga M., Pierce S., Andreis C. 2005. *Strategie delle piante e tipi funzionali nello studio della dinamica di vegetazione in ambiente periglaciale, informatore botanico italiano*. 37 (1, parte A).
- Mangili, F. & Rinaldi, G. 2011. *Linaria tonzigii*. *The IUCN Red List of Threatened Species*.
- Martini, F., E. Bona, G. Federici, F. Fenaroli, G. Perico, S. Danieli, G. Fantini, L. Mangili, F. Tagliaferri & E. Zanotti. 2012. *Flora vascolare della Lombardia centro-orientale*. Trieste.
- Pawłowski, B. 1970. *Remarques sur l'endémisme dans la flore des Alpes et des Carpates*. *Vegetatio* 21: 181-243.
- Peruzzi, L., Conti F., Bartolucci F. 2014. *An inventory of vascular plants endemic to Italy*. *Phytotaxa* 168: 3-75.
- Pierce S., Luzzaro A., Caccianiga C., Ceriani R.M., Cerabolini B.E.L. 2007. *Disturbance is the principal α -scale filter determining niche differentiation, coexistence and biodiversity in an Alpine community*. *Journal of Ecology* 95:698-706.
- Pierce, S., Brusa, G., Vagge, I., Cerabolini B.E.L. 2013. *Allocating CSR plant functional types: the use of leaf economics and size traits to classify woody and herbaceous vascular plants*. *Functional Ecology*. 27, 1002 –1010.
- Pierce, S., Negreiros D., Cerabolini B.E.L. et al. 2017. *A global method for calculating plant CSR ecological strategies applied across biomes world-wide*. *Funct Ecol*. 31: 444-457.
- Pignatti S. 1982. *Flora d'Italia*. Bologna. Vol 2, 542-547
- Pignatti S., Bianco P.M., Fanelli G., Paglia S, Pietrosanti S, Tescarollo P. 2001. *Le piante come indicatori ambientali. Manuale tecnico-scientifico*. ANPA Agenzia Nazionale per la Protezione dell' Ambiente

Rasetti V.F. 1980. *I fiori delle Alpi*. Roma

Raunkiaer C.C. 1934. *The Life Forms of Plants and Statistical Plant Geography*. Oxford University Press.

Reich P.B., Walters M.B., Ellsworth D.S. 1992. *Leaf lifespan in relation to leaf, plant, and stand characteristics among diverse ecosystems*. *Ecological Monographs*, 62, 365-392.

Rivas-Martínez, S. & S. Rivas-Sáenz. 2009. *Sistema de Clasificación Bioclimática Mundial. Centro de Investigaciones Fitosociológicas*, España disponibile al sito: <http://pendientedemigracion.ucm.es>

Rossi G. Gentili R. Abeli A. Gargano D. Foggi E. 2008. *Flora da conservare Iniziativa per l'implementazione in Italia delle categorie e dei criteri IUCN (2001) per la redazione di nuove Liste Rosse*, *Informatore Botanico Italiano*.

Scoppola A., Blasi C.. 2005. *Stato delle conoscenze sulla flora vascolare d'Italia*, Palombi Editore, Roma.

Società Botanica Italiana. 2013. *Lista Rossa IUCN della Flora Italiana*. Policy Species e altre specie minacciate.

Tagliaferri, F. 1992. *Segnalazioni floristiche per la Val di Scalve: 1-5*. *Natura Bresciana Ann. Mus. Civ. Sci. Nat. Brescia* 27: 99-101

Triska J. 1990. *La flora d'Europa*. Melita. La Spezia.

Valoti, M. 1996. *Distribuzione territoriale di *Linaria tonzigii* Lona (Scrophulariaceae) in Bergamasca*. *Notiziario Floristico Flora Alpina Bergamasca* 9: 13-14.

ALLEGATO I – Tabella dei rilievi fitosociologici

Area di studio	Lat N	Long E	Altitudine (m.s.l.m.)	Pendenza (°)	Esposizione (°)
A1	46°02'03"	9°41'39"	2126	38	68
A2	46°02'03"	9°41'40"	2129	40	35
A3	46°02'02"	9°41'39"	2133	44	43
A4	46°02'01"	9°41'39"	2135	34	22
A5	46°02'02"	9°41'41"	2125	38	332
A6	46°02'02"	9°41'40"	2117	41	15
A7	46°02'03"	9°41'39"	2115	32	38
B1	45°55'41"	9°45'26"	2143	37	235
B2	45°55'41"	9°45'25"	2040	34	200
B3	45°54'40"	9°45'28"	2095	30	235
B4	45°55'41"	9°45'20"	2103	39	220
B5	45°55'39"	9°45'20"	2080	30	218
C1	45°55'46"	9°49'20"	1978	34	233
C2	45°55'46"	9°49'20"	1977	40	242
C3	45°55'49"	9°48'16"	2000	38	226
C4	45°56'02"	9°48'14"	2038	42	355
C5	45°56'07"	9°48'21"	2044	34	250
C6	45°65'07"	9°48'21"	2049	42	190
C7	45°56'07"	9°48'24"	2053	45	270
D1	42,92998	9,8929	1850	37	140
D2	45,92782	9,88477	2070	16	287
D3	45,92758	9,88484	2092	29	270
E1	45°58'37"	10°01'43"	2267	35	96
E2	45°58'35"	10°01'46"	2236	32	58

A. Mt. Cavallo; B. Mt. Menna; C. Mt. Arera; D. Mt. Secco; E. Mt. Ferrante.

specie/area di studio	A1	A 2	A 3	A 4	A 5	A 6	A 7	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6	C 7	D 1	D 2	D 3	E 1	E 2	Frq (%)	
<i>Horungia alpina</i> (L.) Appel	1	1	+	+	+	1	+	r	r	+	r	r	r	r	+	+	+	+	+	+	+	r	r	+	100	
<i>Linaria tonzigii</i> Lona	+	+	1	+	+	+	+	1	+	+	+	+	+	+	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100	
<i>Sesleria caerulea</i> (L.) Ard.	r	+	.	+	.	r	+	r	r	+	+	+	+	+	r	1	r	+	+	r	.	.	+	+	83	
<i>Carex firma</i> Host	r	.	r	.	.	r	1	r	.	+	+	+	r	+	+	r	.	+	+	+	+	+	1	+	79	
<i>Cerastium latifolium</i> L.	.	+	r	+	.	.	.	+	r	r	+	+	+	r	1	+	+	+	+	.	1	+	+	.	75	
<i>Poa minor</i> Gaudin	+	+	.	+	+	.	+	+	+	.	.	.	.	.	+	+	+	+	.	+	+	.	.	.	58
<i>Crepis jacquini</i> subsp. <i>kernerii</i> (Rech. f.) Merxm.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	+	+	+	r	+	r	+	+	+	.	+	+	.	r	54
<i>Adenostyles glabra</i> (Mill.) DC.	.	.	.	r	.	.	.	r	.	.	+	1	1	+	1	+	1	.	r	.	.	.	+	+	50	
<i>Poa alpina</i> L.	+	+	+	+	r	r	+	.	.	.	.	.	r	.	+	+	.	+	.	.	.	.	r	.	50
<i>Acinos alpinus</i> (L.) Moench	.	.	.	.	.	.	.	+	+	r	+	+	+	+	+	.	.	.	.	+	.	.	+	+	46
<i>Biscutella laevigata</i> L.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	r	+	.	+	r	+	+	.	+	+	.	r	46
<i>Festuca quadriflora</i> Honck.	.	.	r	.	r	+	1	.	r	1	.	r	.	.	.	r	r	r	+	46
<i>Thlaspi rotundifolium</i> (L.) Gaudin subsp. <i>rotundifolium</i>	.	.	.	.	.	.	.	r	+	+	r	.	r	.	+	.	.	+	.	+	r	+	1	.	46
<i>Doronicum grandiflorum</i> Lam.	+	+	+	+	+	r	+	.	r	+	+	42
<i>Minuartia austriaca</i> (Jacq.) Hayek	.	.	.	1	+	+	r	.	.	.	.	.	r	+	+	+	r	.	+	.	.	.	.	.	42
<i>Campanula cochleariifolia</i> Lam.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	+	.	+	+	+	+	.	+	.	.	.	+	+	.	.	38
<i>Viola dubyana</i> Burnat ex Greml	.	.	.	.	.	.	.	+	r	+	+	r	+	r	r	.	.	.	.	r	.	.	.	.	38
<i>Achillea clavennae</i> L.	1	+	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	+	+	33
<i>Dryopteris villarii</i> (Bellardi) Woy. ex Schinz & Thell subsp. <i>villarii</i>	r	.	r	.	.	.	+	+	r	.	.	+	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	+	33
<i>Saxifraga aizoides</i> L.	+	.	+	.	+	r	+	r	+	+	33

<i>Carduus defloratus</i> subsp. <i>tridentinus</i> (Evers.) Ladurner	. . . . . + + + r + r . . r .	29
<i>Cystopteris alpina</i> (Lam.) Desv.	. . + + . r + + + +	29
<i>Galium baldense</i> Spreng.	. r . . r . . r . . r . . . r r +	29
<i>Athamanta cretensis</i> L.	. . . . . . . . . r . r r + r . . r	25
<i>Hieracium bifidum</i> Kit. ex Hornem.	. . . . . . . . . r . r + . . r . . + . . . r .	25
<i>Horminum pyrenaicum</i> L.	r r r . + . + r	25
<i>Juncus monanthos</i> Jacq.	. . . . . . . r + + . + . r +	25
<i>Rumex scutatus</i> L.	+ 1 r . 1 + +	25
<i>Saxifraga hostii</i> subsp. <i>rhaetica</i> (A. Kern.) Braun- Blanq.	. . . . + r + r + +	25
<i>Arabis bellidifolia</i> subsp. <i>stellulata</i> (Bertol.) Greuter & Burdet	. . . . . . . . . r . + r + . +	21
<i>Asplenium viride</i> Huds.	r r . . . r + +	21
<i>Campanula raineri</i> Perp.	. . . . . . . + 1 1 . + +	21
<i>Dryas octopetala</i> L.	. . . . . . + . . . . . + . . . . . + + . . . . + .	21
<i>Pedicularis tuberosa</i> L.	r r + . . . r r . .	21
<i>Salix retusa</i> L.	. . . . . . . r . . . r r . . r . + .	21
<i>Silene vulgaris</i> subsp. <i>glareosa</i> (Jord.) Marsden-Jones & Turrill	. . . . . . . . . + + + + . . . + . . . . .	21
<i>Veronica aphylla</i> L.	+ . r . . . + + + .	21
<i>Viola biflora</i> L.	. . . + . + r 1 +	21
<i>Aquilegia einseleana</i> F.W. Schultz	r r r r .	17
<i>Galium montis-arerae</i>	. . . . . . . . . . . + + + . . . . r	17
<i>Persicaria vivipara</i> (L.) Ronse Decr.	. r r r r .	17

<i>Rhododendron hirsutum</i> L.	. . . . . + r l r	17
<i>Salix glabra</i> Scop.	. . . . . . . r l + + .	17
<i>Saxifraga exarata</i> subsp. <i>moschata</i> (Wulf.) Cavill.	. . . . r r r +	17
<i>Trisetum distichophyllum</i> subsp. <i>brevifolium</i> (Host) Pign.	. . . . . . . . . . . . . . . . l . + + . . . +	17
<i>Valeriana montana</i> L.	r r l . . . r	17
<i>Anthyllis vulneraria</i> L. subsp. <i>baldensis</i> (A. Kern.) Becker	. r + . . . + .	13
<i>Doronicum columnae</i> Ten.	. r r r	13
<i>Papaver alpinum</i> subsp. <i>raeticum</i> (Leresche ex Gremli)	. l + +	13
<i>Primula glaucescens</i> Moretti	. r r r	13
<i>Saxifraga sedoides</i>	. r r +	13
<i>Scrophularia juratensis</i> Schleich.	. + + r	13
<i>Trisetum alpestre</i> (Host) P. Beauv.	. r + . +	13
<i>Alchemilla nitida</i> Buser	. r r	8
<i>Asperula cynanchica</i> L.	. r r	8
<i>Bellidiastrum michelii</i> Cass.	. r . . r . .	8
<i>Daphne striata</i> Tratt.	. r r	8
<i>Pedicularis rostratocapitata</i> Crantz	. + r	8
<i>Thymus praecox</i> subsp. <i>polytrichus</i> (A. Kern. Ex Borbás) Ronniger	. + . . +	8
<i>Allium insubricum</i> Boiss. & Reuter	. r	4
<i>Arabis alpina</i> L. subsp. <i>alpina</i>	. + .	4
<i>Carex austroalpina</i> Bech.	. r	4

<i>Festuca alpestris</i> Roem. & Schult.	. . . . . + . . . . .	4
<i>Galium anisophyllum</i> Vill.	. . . . . r	4
<i>Gypsophila repens</i> L.	. . . . . r	4
<i>Hieracium villosum</i> Jacq.	r	4
<i>Homogyne alpina</i> (L.) Cass.	. . . . . r	4
<i>Leontopodium alpinum</i> Cass.	. . . . . + . . . . .	4
<i>Moehringia concarenae</i> F. Fen. & F. Martini	. . . . . r	4
<i>Polystichum lonchitis</i> (L.) Roth	. . . . . r	4
<i>Potentilla nitida</i> L.	. . . . . + . . . . .	4
<i>Primula auricula</i> L.	. . . . . r	4
<i>Ranaunculus alpestris</i> L.	. . . . . r	4
<i>Ranunculus thora</i> L.	. . . . . r	4
<i>Rosa pendulina</i> L.	. . . . . r	4
<i>Saxifraga caesia</i> L.	. . . . . r	4

Legenda:

5: per coperture tra 80 e 100 %;

4: per coperture tra 60 e 80 %;

3: per coperture tra 40 e 60 %;

2: per coperture tra 20 e 40 %;

1: per coperture tra 1 e 20 %;

+: per coperture trascurabili;

r: per specie rare con pochissimi individui e di copertura trascurabile.