



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO**  
**FACOLTÀ DI SCIENZE AGRARIE E ALIMENTARI**

Corso di laurea triennale in  
Valorizzazione e tutela dell'ambiente e del territorio montano

**RINNOVAZIONE POST-INCENDIO IN BOSCHI DI LATIFOGLIE PREALPINI:  
IL CASO DEL PARCO REGIONALE DEL CAMPO DEI FIORI**

Relatore:

Prof. Giorgio Vacchiano

Tesi di laurea di:

Giacomo Ghiggini

Matricola n° 907224

Anno accademico 2021/2022



## Indice

<b>Riassunto .....</b>	<b>4</b>
<b>1.Introduzione.....</b>	<b>6</b>
1.1 Ecosistema forestale .....	6
1.2 Incendi boschivi.....	8
1.3 Ricostituzione boschiva post-incendio .....	10
1.4 Obbiettivi .....	13
<b>Capitolo 2: Materiali e metodi.....</b>	<b>14</b>
2.1 Inquadramento territoriale e area di studio: Parco Naturale Regionale Campo dei Fiori.....	14
2.2 Clima dell'area di studio.....	15
2.3 L'incendio al Parco del Campo dei Fiori .....	18
2.4 Metodologia e strumenti.....	19
2.4.1 Composite Burn Index .....	22
2.4.2 Metodo statistico: ANOVA.....	25
<b>Capitolo 3: risultati .....</b>	<b>27</b>
3.1 Analisi descrittiva della composizione forestale .....	27
3.2 Rinnovazione forestale .....	28
3.4 Severità dell'incendio.....	30
3.5 Relazione tra rinnovazione forestale e severità dell'incendio.....	31
<b>Capitolo 4: Discussioni .....</b>	<b>33</b>
4.1 Interventi prioritari.....	36
<b>Capitolo 5: Conclusione.....</b>	<b>39</b>
<b>Bibliografia .....</b>	<b>40</b>

## Riassunto

L'elaborato di tesi ha come oggetto di studio la valutazione della capacità di rinnovazione del bosco in seguito a un incendio avvenuto a cavallo dei mesi ottobre e novembre dell'anno 2017 nelle foreste del Parco Regionale del Campo dei Fiori. L'obiettivo principale consiste nel determinare la rinnovazione post-incendio, in relazione con la severità del disturbo e di valutare i possibili interventi per permettere la ricostituzione boschiva. A tale scopo sono stati svolti rilievi in campo durante il mese di giugno 2021, su una superficie di circa 129 ettari, suddivisa in 78 plot. Per ogni plot sono stati analizzati gli individui presenti nell'area, la rinnovazione dell'anno o affermata e mediante il *Composite Burn Index* (CBI) si è cercata di definire la severità dell'incendio per ogni area campionata in modo tale da poter determinare anche una priorità nel tempo degli interventi di gestione forestale. Dopo aver analizzato brevemente le particolari condizioni meteorologiche che hanno favorito lo sviluppo dell'incendio vengono quindi elaborati in maniera descrittiva ma anche statisticamente i dati rilevati, attraverso il metodo ANOVA. Successivamente in questo studio si cerca di valutare come fattori quali pendenza, quota e severità possano interagire con la ripresa del bosco e quindi influenzarla. I dati elaborati hanno rappresentato come solo in due plot il valore della severità sia risultato massimo, mentre in più del 90% dell'area d'indagine i valori 1 e 2 di severità sono i più diffusi. Parallelamente alla severità dell'incendio, la rinnovazione, soprattutto per quanto riguarda *Fagus sylvatica* sta partecipando in maniera attiva alla ripresa dell'ecosistema forestale. Inoltre, l'analisi della varianza ad un fattore (ANOVA) ha espresso tramite il valore di significatività, e di conseguenza tramite il confronto tra la differenza delle medie, quale dei fattori sopra descritti (pendenza, quota e severità) stia influenzando maggiormente sulla rinnovazione post-incendio. I risultati hanno descritto come nel caso della rinnovazione di faggio l'aumentare della quota incida positivamente sulla sua affermazione, al contrario, nel caso di *Castanea sativa* si è osservato l'opposto, ovvero all'aumentare della quota la differenza tra le medie ha dimostrato come

questo fattore agisca negativamente sulla sua rinnovazione. Risultati confermati anche dalla divisione per tipo forestale dell'area oggetto d'indagine dove la Faggeta montana è prevalente sopra i 900 m s.l.m., mentre i Castagneti dei substrati carbonatici dei suoli mesolitici trovano largo spazio nelle quote inferiori a 850m s.l.m., fattore che determina quindi le migliori condizioni sia per le piante madri portatrici di semi, sia per la fase di germinazione e quindi successiva affermazione della rinnovazione. Per quanto riguarda gli altri fattori, come pendenza e severità, il valore di significatività è risultato maggiore di 0,05, definendoli quindi ininfluenti sulla rinnovazione delle tre specie considerate. Il lavoro si conclude con la proposta di alcune misure forestali che possano permettere alla rinnovazione di trovare sempre di più le condizioni adatte al loro sviluppo e di conseguenza poter permettere la ricostituzione boschiva dell'area colpita dall'incendio.

# 1.Introduzione

## 1.1 Ecosistema forestale

"Un ecosistema forestale può essere definito su una gamma di scale. È un complesso dinamico di comunità di piante, animali e microrganismi e il loro ambiente abiotico che interagiscono come unità funzionale, in cui gli alberi sono una componente chiave del sistema. Gli umani, con le loro esigenze culturali, economiche e ambientali sono parte integrante di molti ecosistemi forestali ". (convenzione sulla diversità biologica, 1992)

La vita stessa e l'intera economia umana dipendono dai beni e dai servizi forniti dai sistemi naturali della terra. Un ambiente forestale, indipendentemente dalla consapevolezza di chi ne riceve beneficio, svolge le sue numerose e insostituibili funzioni che possono essere di tipo produttivo, sociale ed ecologico (Bawa e Les Kaufman, 1997; Santolini 2010)

Infatti, il benessere delle persone dipende in gran parte dalla capacità di saper sfruttare al meglio i servizi ecosistemici offerti dalle foreste. Le principali funzioni che descrivono questi servizi sono definite come produttive, per quanto riguarda l'approvvigionamento primario di legname e di materiale forestale non legnoso. Altrettanto importanti, le funzioni ecologiche, sono molteplici e comprendono la capacità di protezione che le foreste esplicano contenendo fenomeni di dissesto idrogeologico, localizzati su versanti e pendii, di prevenzione, mitigando i fenomeni di franamento ed erosione superficiale e di difesa per quanto riguarda il consumo di suolo e la sua valorizzazione. Sempre riguardo alle funzioni ecologiche delle foreste, in maniera estremamente attiva esse partecipano ai cicli biogeochimici, come quelli di carbonio e azoto e nel ciclo dell'acqua. Inoltre, risulta fondamentale il ruolo dell'ecosistema forestale nei cambiamenti climatici: le foreste sono la principale fonte di stoccaggio di CO<sub>2</sub> del pianeta e giocano un ruolo fondamentale nella prevenzione dei fenomeni di surriscaldamento globale attraverso la fissazione di carbonio e azoto (Marchetti, 2011). Tutto questo grazie

al processo di fotosintesi che permette all'ecosistema forestale di fissare il carbonio, anche per periodi molto lunghi, nel suolo, nella necromassa e in particolare nella biomassa. Processo influenzato da una corretta gestione forestale mirata ad interventi attuanti per favorire l'accumulo di anidride carbonica. Questi interventi vengono eseguiti direttamente in campo, per esempio attraverso processi mirati di rimboschimento, ma anche in una seconda fase grazie al successivo utilizzo sostenibile della biomassa legnosa come fonte energetica. Infine, le foreste, ricoprono anche un'importante funzione sociale, in quanto garantiscono un'elevata fonte di lavoro e quindi di reddito e benessere per i lavoratori addetti al settore legno.

In Italia, la superficie del patrimonio forestale, per la prima volta dopo due secoli, ha superato quella agraria (inventario dell'uso delle terre d'Italia) raggiungendo quota 12 milioni di ettari e coprendo circa il 38% della superficie nazionale. Dato che tutt'oggi è in continua crescita per via del progressivo abbandono dei territori di montagna e collina. Per questo, se gestita correttamente, la foresta è in grado di svolgere un ruolo primario nello stoccaggio di CO<sub>2</sub>. Le foreste italiane immagazzinano circa 1,2 miliardi di tonnellate di carbonio, pari a 4 miliardi di tonnellate di CO<sub>2</sub>, assorbendo in maniera attiva circa 170.000 tonnellate di CO<sub>2</sub> anno che corrisponde a quasi il 20% delle emissioni complessive (APAT 2022).

Le azioni umane, come far fronte al crescente fabbisogno di terre da destinare a un'agricoltura e una zootecnia sempre più intensive, stanno determinando un profondo cambiamento al capitale naturale della Terra, mettendo così a dura prova sia l'ambiente sia la capacità del pianeta di garantire la vita alle generazioni future. Oltre alle azioni di origine antropica, stanno aumentando sempre di più le criticità dovute ad eventi naturali, per effetto diretto del cambiamento climatico. Eventi come tempeste di vento, importanti attacchi patogeni e soprattutto incendi boschivi.

## 1.2 Incendi boschivi

Un incendio boschivo è un fuoco che tende ad espandersi su aree boscate, cespugliate o arborate, comprese eventuali strutture e infrastrutture antropizzate che si trovano all'interno delle stesse aree, oppure su terreni coltivati o incolti e pascoli limitrofi alle aree (art. 2 della Legge n. 353 del 2000). Questo fenomeno, in biologia, viene inteso come “disturbo” cioè un cambiamento delle condizioni ambientali tale da provocare uno stravolgimento della struttura e della composizione dell'ecosistema forestale.

Gli effetti degli incendi sull'ecosistema possono avere tempi di risposta differenti (Fox et al. 1987):

- A breve termine: sono tutti gli effetti riscontrabili dopo pochi mesi-anni dall'evento che portano ad un cambiamento nella struttura, successione e composizione della vegetazione. Ne sono esempi il danneggiamento o la morte delle piante, il consumo di combustibile, la produzione di fumo e il riscaldamento del suolo.
- A lungo termine: insieme degli effetti riscontrabili dopo diversi anni dall'incendio, sono il risultato degli effetti indiretti del fuoco, che causano cambiamenti nella vegetazione di una regione e che portano ai fire mosaic (mescolanza di popolazioni).

Altre tipologie di “disturbi” naturali in ambito forestale possono essere tempeste di vento, cambiamenti repentini di temperatura e l'alternarsi di lunghi periodi di siccità con periodi di elevata precipitazione. Perché il fenomeno di incendio abbia inizio è necessaria un'ignizione, ovvero una somministrazione di calore sufficiente ad innescare la combustione con un livello tale da autosostenersi. Tale azione costituisce il fattore determinante l'incendio ed è analizzata nella ricerca delle cause di incendio. Successivamente avremo un fenomeno di propagazione che è un evento dinamico fortemente legato alle condizioni ambientali.

Il fuoco è uno dei principali fattori in grado di modellare il paesaggio nonché una delle componenti naturali che determina l'esistenza di alcuni tipi di vegetazione quali la macchia mediterranea o i chaparral californiani. Fin da epoche remote l'uomo ha utilizzato il fuoco per migliorare il proprio stile di vita e rendere l'ambiente più adatto alle sue esigenze. L'impiego dell'incendio per ampliare i pascoli e rendere coltivabili superfici coperte da foreste era una pratica diffusa in tutta la zona alpina specialmente durante l'ultimo millennio (Reisigl & Keller, 1990; Andreis, 1993; Tinner *et al.*, 1999) anche se, come evidenziato da recenti studi palinologici, tale attività era praticata nel territorio lombardo già 6.800 anni fa (Ravazzi *et al.*, 2007).

Per quanto riguarda l'Italia, rispetto al passato, la frequenza con cui gli incendi boschivi si stanno manifestando è estremamente allarmante. E tutto ciò è dovuto in maggioranza alla scarsità di precipitazioni che sta causando lunghi periodi di siccità che oltre a rendere i boschi aridi ha un impatto diretto sulla vegetazione che in situazioni di stress idrico risulta maggiormente suscettibile in caso di "disturbo" naturale. Nel nostro paese dal 1970 al 2017 sono bruciati 1.000 km<sup>2</sup> ogni anno fra boschi ed altre tipologie di vegetazione per un totale di quasi 50.000 km<sup>2</sup> che corrispondono ad un terzo della superficie nazionale. Il 2017 è stato l'anno peggiore degli ultimi 20 anni, in quanto sono bruciati circa 140.392 ha di territorio forestale italiano (European Forest Fire Information System), principalmente a causa di un lungo periodo di siccità.

Anche in provincia di Varese, situata nella zona nord-ovest della Lombardia il 25 ottobre 2017 è scoppiato un grave incendio che si è protratto fino alla settimana successiva. Probabilmente di origine dolosa, è stato innescato nella parte bassa del versante, ma l'elevato grado di disseccamento del materiale vegetale, unito al vento, hanno permesso una rapida espansione su tutto il versante sud del massiccio del Campo dei Fiori.

Ad oggi, dopo circa 4 anni dall'incendio, è importante verificare come la vegetazione e la sua rinnovazione stiano rispondendo mediante un processo di ricostituzione boschiva post-incendio.

### 1.3 Ricostituzione boschiva post-incendio

La ricostituzione vegetale è un processo di ricolonizzazione, che si realizza spontaneamente nel caso in cui il soprassuolo abbia subito un trauma, parziale o totale, dovuto ad un evento catastrofico (Piuksi, 1997), cioè ad un evento capace di modificare notevolmente l'equilibrio del popolamento.

L'approccio gestionale, per quanto riguarda le misure selvicolturali di ricostituzione boschiva, va modulato in maniera da evitare di forzare in modo innaturale l'evoluzione delle biocenosi, la cui intrinseca dinamica tende a formare un sistema alla ricerca di nuovi equilibri in connessione con le modificazioni subite dopo l'evento distruttivo (Ciancio e Nocentini, 1996).

Le tipologie di interventi e i tempi necessari alla ricostituzione delle comunità vegetali dipendono principalmente dal tipo di incendio, dal comportamento del fuoco e dagli effetti che il fronte di fiamma ha avuto sulla vegetazione, oltre che alle condizioni edafiche, climatiche e stazionali (Carle, 1974). Dopo un incendio, nella maggior parte dei casi, la vegetazione presente si riafferma in maniera spontanea, secondo un processo definito di ricostituzione passiva (Biederman, 1998), dove le tempistiche dipendono dalla resilienza della copertura vegetale del soprassuolo. La ricostituzione passiva è tendenzialmente la forma predominante nelle zone percorse da incendio; tuttavia, vi sono numerose situazioni in cui, per le ampie superfici distrutte oppure ancora a causa delle condizioni stazionali sfavorevoli, la copertura forestale è in grado di affermarsi solo in tempi molto più lunghi. In questi casi è opportuno prevedere, nel minor tempo possibile e in un contesto di pianificazione territoriale, un intervento di ripristino della copertura forestale (ricostituzione attiva), che ne consideri sia la struttura sia la funzione e che favorisca una più rapida successione secondaria del soprassuolo. Le specie che presentano particolari adattamenti nei confronti del passaggio del fuoco sono dette pirofite e possono essere definite in attive o passive. Le specie attive hanno la forza di ricacciare con vigore dopo il disturbo, pur avendo subito notevoli danni alla

parte epigea. Appartengono a questa categoria specie arboree e arbustive che sono dotate di capacità pollonifera. Le specie pirofite passive, invece, sono in grado di sopportare il passaggio del fuoco grazie a particolari caratteristiche strutturali, quali, a esempio, lo spessore della corteccia, che agisce da isolante garantendo una maggiore resistenza della pianta. Il pirofitismo passivo può manifestarsi anche con altri meccanismi, tra i quali il più frequente è quello della stimolazione della germinazione dei semi da parte del fuoco (Bovio, 1996). Sebbene il calore non sia necessario alla germinazione dei semi che sono rilasciati dalla pianta arborea e che vengono accumulati nel suolo, il processo germinativo viene stimolato a causa dell'eliminazione di alcuni fattori inibitori, quali a esempio, la presenza di copertura arborea e la competizione per le sostanze nutritive e per l'acqua da parte di piante erbacee o arbustive. Inoltre, i semi rilasciati dopo un incendio spesso cadono su un eccellente letto di semina dovuto ai nutrienti ceduti dalla cenere che ne favoriscono l'attecchimento e lo sviluppo rigoglioso. Mentre, il processo di ricostituzione attiva assume notevole importanza nelle situazioni in cui è necessario intervenire per il ripristino dell'ecosistema possono riguardare, a esempio, zone danneggiate in cui il mancato intervento può dare luogo a un'ulteriore degradazione del suolo o a un possibile innesco di fenomeni erosivi, con particolare attenzione alle zone caratterizzate da vincoli idrogeologici.

Per quanto riguarda le latifoglie, grazie all'efficace capacità pollonifera della maggior parte delle specie, già durante i primi 5 anni dal passaggio del fuoco, si afferma la successione secondaria con uno sviluppo delle parti epigee inizialmente localizzato, ma che col passare del tempo garantisce un soprassuolo sempre più simile a quello precedente. In questi casi l'azione dell'uomo è pertanto limitata all'eventuale asportazione dei polloni morti. Relativamente alle conifere, invece è necessario porre maggiore attenzione in quanto è essenziale analizzare in modo più approfondito sia l'entità del danno sia la vastità dell'incendio. In linea generale, un bosco di conifere interessato da un incendio radente d'intensità medio - bassa generalmente non presenta danni irreversibili, ma piuttosto scottature alle cortecce e talvolta la

compromissione dei rami più bassi della chioma. Possono verificarsi mortalità puntuali e localizzate che non compromettono la stabilità del popolamento circostante. Tale ultima situazione si può verificare anche in caso d'interessamento del bosco da parte del fuoco sotterraneo. Durante gli incendi di chioma passivi invece, si ha un più alto tasso di mortalità, anche se le zone distrutte sono perlopiù localizzate.

La pianificazione forestale successiva al passaggio di un incendio prevede di quantificare in maniera precisa la severità dell'incendio e la risposta della vegetazione presente.

La conoscenza della capacità di risposta della rinnovazione post-incendio, legata anche ai diversi fattori morfologici, in boschi di latifoglie in seguito a un disturbo naturale come l'incendio boschivo permette di organizzare al meglio le strategie di gestione forestale per quanto riguarda gli interventi di rimboschimento, ricostituzione vegetale e soprattutto di lotta agli incendi. Gli obiettivi di questo studio sono:

- Determinare la risposta della rinnovazione in funzione dei diversi parametri analizzati in campo quali: quota, pendenza, specie e severità di incendio.
- Attribuzione delle diverse funzioni del bosco e descrizione di interventi pratici per favorirne la ripresa.

## 1.4 Obbiettivi

Nella tesi oggetto di studio l'obbiettivo si basa sulla valutazione della rinnovazione post-incendio delle principali specie forestali dell'area d'indagine in relazione ai diversi valori di severità osservati per ogni punto di campionamento. Studio effettuato a seguito del disturbo avvenuto del 2017 presso il Parco Naturale Regionale del Campo dei Fiori, dove circa 374 ettari sono bruciati a causa di un incendio di origine dolosa, durato poi 9 giorni favorito da condizioni metereologiche sfavorevoli come alta intensità del vento e scarsità di precipitazioni.

Fondamentale quindi determinare degli interventi pratici e prioritari per permettere alla rinnovazione di affermarsi e di conseguenza favorire il processo di ricostituzione boschiva naturale, affiancandolo a una selvicoltura sostenibile così da permettere all'ecosistema forestale di riacquisire le sue funzioni produttive, ecologiche e sociali.

## Capitolo 2: Materiali e metodi



### 2.1 Inquadramento territoriale e area di studio: Parco Naturale Regionale Campo dei Fiori

Il Parco Regionale Naturale del Campo dei Fiori è stato istituito secondo la legge regionale n.17 nel 1984 e successivamente ampliato nel 2009, si estende circa per 6.300 ha, coprendo il territorio di 2 comunità montane e 17 comuni. Situato a pochi chilometri a nord della città di Varese è delimitato a nord dalla Valcuvia, a est dalla Valganna e a sud dalla città di Varese. Il territorio è compreso all'interno delle Prealpi varesine ed è formato da due massicci montuosi, rispettivamente il Campo dei fiori e il Martica-Chiusarella. Fra i due massicci si crea la Valle della Rasa, percorsa dal fiume Olona il quale trova in questa valle tre delle sue sei sorgenti. Entrambi i massicci sono formati da rocce calcaree di natura carbonatica in cui l'azione erosiva dell'acqua ha permesso lo sviluppo di fenomeni carsici, costituendo un complesso di 130 grotte, con un'estensione complessiva di circa 30 km. I boschi del Campo dei Fiori sono caratterizzati nella parte più elevata da una prevalenza di *Fagus sylvatica* alternata a rimboschimenti di conifere, mentre sotto i 600 m s.l.m. il faggio si sostituisce al castagno (*Castanea sativa*), ampiamente utilizzato in passato nell'economia locale. Altre specie presenti nelle zone ben esposte in co-dominanza con le specie sopra citate sono la betulla (*Betula pendula*) e il frassino (*Fraxinus excelsior*), mentre nelle zone più umide ma comunque soleggiate, soprattutto nelle vicinanze di alvei torrentizi, si trova il tiglio (*Tilia cordata*), il ciliegio selvatico (*Prunus avium*) e l'acero montano (*Acer pseudoplatanus*).

L'area oggetto d'indagine, di estensione di circa 129 ettari, è localizzata sul versante meridionale del Campo dei Fiori, a una quota variabile tra 640 e 1.120 m s.l.m., con esposizione prevalente a sud.

## 2.2 Clima dell'area di studio

L'analisi delle variazioni dei trend dei principali fattori meteorologici quali, temperature medie annue, qualità delle piogge e della distribuzione degli eventi negli ultimi cinquanta anni, ci permettono di comprendere il cambiamento climatico in atto. Nella figura 2, evidenzia in rosso l'andamento della temperatura media annua degli ultimi 50 anni e con la retta tratteggiata evidenzia un trend di crescita delle temperature di circa  $0,44^{\circ}\text{C}$  ogni dieci anni.

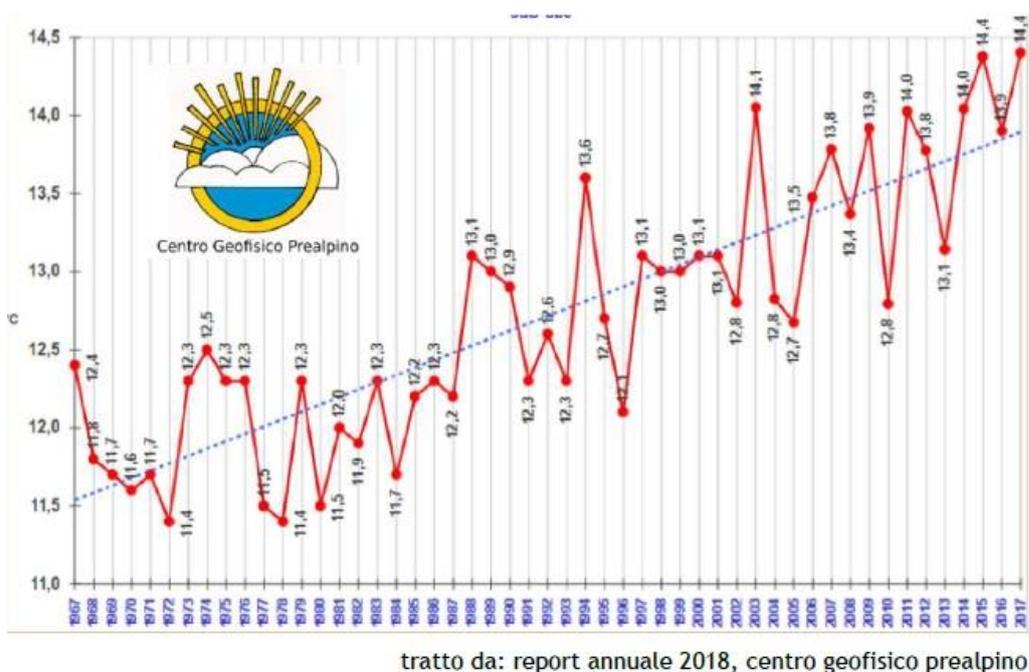
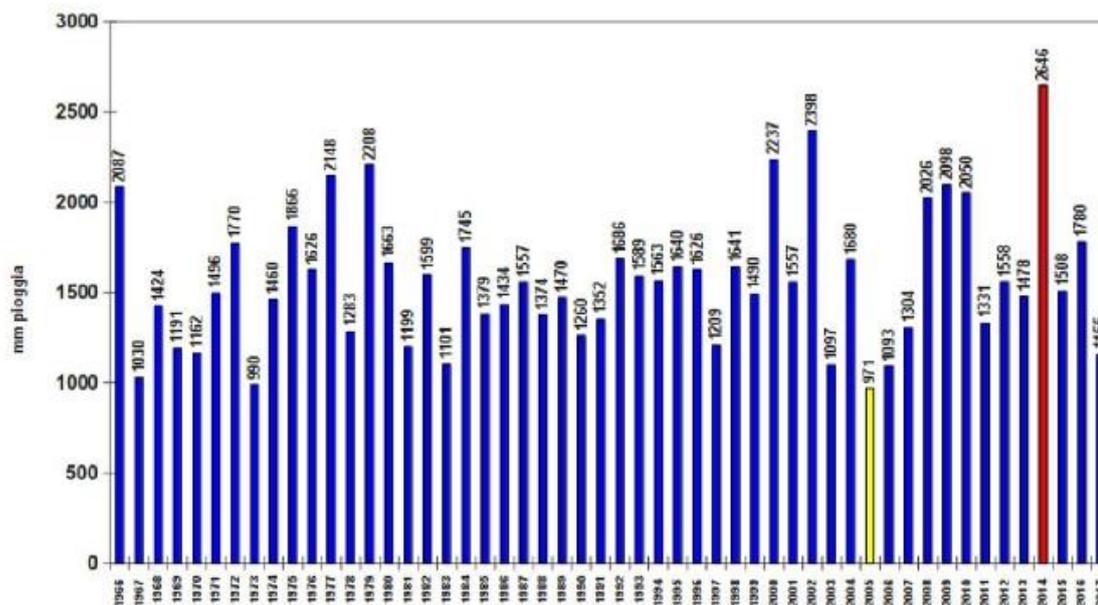


Figura 1: Temperatura media annua dal 1967 al 2017

La figura 3 rappresenta l'istogramma delle precipitazioni medie dal 1967 al 2017. Si nota che il dato minimo registrato di precipitazione risale al 2005 con circa 971 mm in un anno, mentre il dato massimo avviene a una distanza di 10 anni, nel 2014 con 2646 mm.

All'interno di questo grafico, il 2017 è risultato come l'anno meno piovoso degli ultimi 10 e il settimo degli ultimi 50.



tratto da: report annuale 2018, centro geofisico prealpino

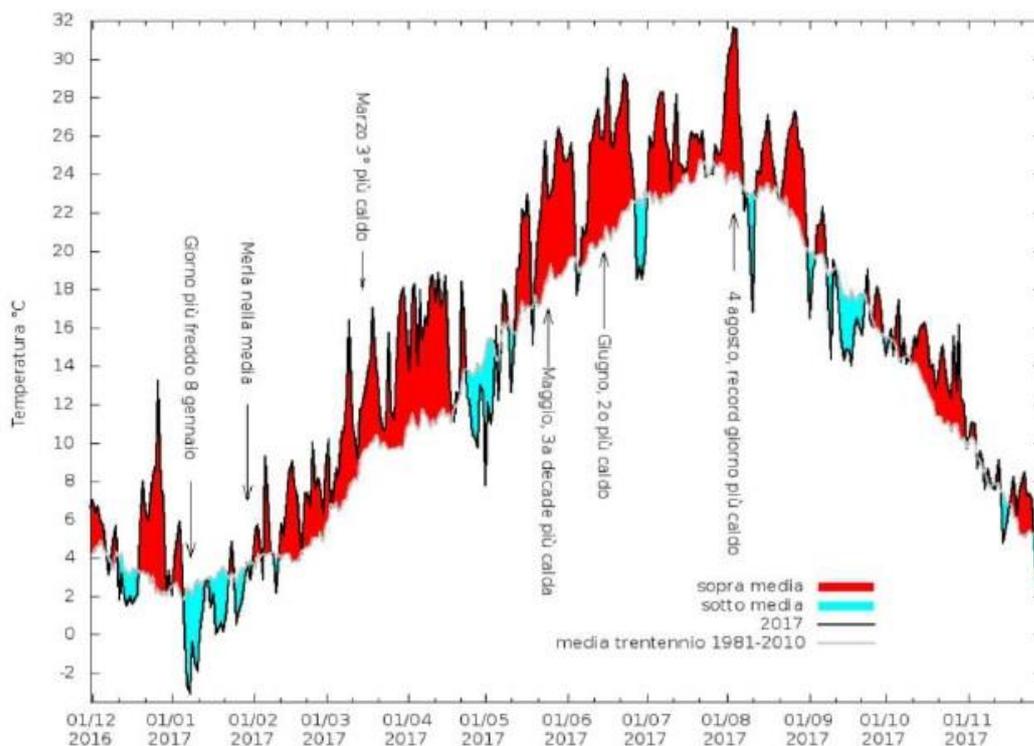
Figura 2: Temperature medie annue dal 1967 al 2017

Come è possibile notare dalla figura 4 dal punto di vista climatico, il 2017 ha fatto registrare temperature maggiori in primavera ed estate, mentre i mesi più freschi della media sono stati gennaio e settembre.

La primavera è stata la seconda più calda, con soli due decimi in più rispetto al record di temperatura media nel periodo 1967-2017, di 15.5°C stabilito nel 2011.

Il mese di maggio invece ha dato importanti variazioni: inizia con una moderata nevicata di 12 cm di neve per poi terminare con la temperatura più calda degli ultimi dieci giorni del mese con quattro giornate che superano i 30°C.

L'estate è stata la seconda più calda negli ultimi 50 anni, con una temperatura media di 25°C.



tratto da: report annuale 2018, centro geofisico prealpino

Figura 3: Media temperature anno 2017 in confronto con la media del periodo 1981-2010

Un forte periodo di siccità si è verificato dal 19 settembre al 3 novembre, in particolare ottobre è stato il secondo mese più asciutto degli ultimi 50 anni con solo 2.5 mm di pioggia. Proprio questa è stata una delle cause principali che nella seconda metà del mese ha permesso lo sviluppo di vasti incendi in molte valli del Piemonte e dal 25 di ottobre nel Parco Regionale del Campo dei Fiori.

### 2.3 L'incendio al Parco del Campo dei Fiori

Il giorno 25 un incendio viene innescato poco sopra Luvinata (VA), in località Poggio che coinvolge 5,7 ha. Nonostante il tempestivo intervento dei Vigili del Fuoco e della Protezione Civile l'incendio si è subito allargato ed ha interessato prima il comune di Luvinata e successivamente le condizioni di secco e bassa umidità descritte in precedenza, unite al forte vento, hanno favorito l'espansione del fronte di fiamma verso la parte più alta del massiccio. La colonna di fumo, chiaramente visibile per tutta la giornata dalla città di Varese, si è esaurita nel tardo pomeriggio, ma l'incendio ha proseguito a livello radente e gli interventi sono continuati fino a tarda sera. Nella giornata successiva, un secondo incendio viene innescato nella località la Rasa di Varese. Si è trattato di un incendio che per la maggior parte del tempo ha bruciato materiale combustibile al suolo: lettiera e strame interessando a tratti anche lo strato arbustivo. L'incendio ha coinvolto mediamente il lavoro di 90 volontari con presidi notturni, inoltre sono stati utilizzati mezzi antincendio come elicotteri regionali, canadair e superpuma. Un costo notevole in termini economici e di risorse. Nonostante il massiccio intervento le fiamme vengono spente solo dopo 9 giorni dalla comparsa della prima colonna di fumo. Il bilancio dei danni a carico dell'ambiente e del patrimonio forestale sono drammatici: la superficie interessata coinvolge 318 ha sul versante sud e 56 ha nella zona della Rasa per un totale di 374 ha. Le attività successive all'incendio sono volte alla stima precisa e reale della severità dell'incendio, dalle quali seguiranno interventi di messa in sicurezza dal rischio idrogeologico, della stabilità dei versanti, della fruibilità del bosco e dei sistemi ecosistemici correlati. Il passo successivo sarà valutare la vegetazione rimasta e, dopo qualche anno dall'incendio, verificare la risposta della rinnovazione da seme per poter stabilire la capacità di ricostituzione del bosco dopo il disturbo.

## 2.4 Metodologia e strumenti

Precedentemente alla fase di campo, l'area oggetto di studio è stata compartimentata per superfici omogenee a livello di copertura forestale mediante fotointerpretazione. A questo scopo si è optato per non utilizzare l'ortofoto AGEA più recente ma l'ultima disponibile prima dell'incendio del 2017, che risale all'anno 2015, con lo scopo di suddividere l'area in popolamenti omogenei. Sull'area oggetto di studio è stata sovrapposta una griglia di campionamento con nodi posti a 125m di distanza, per un totale di 78 punti.

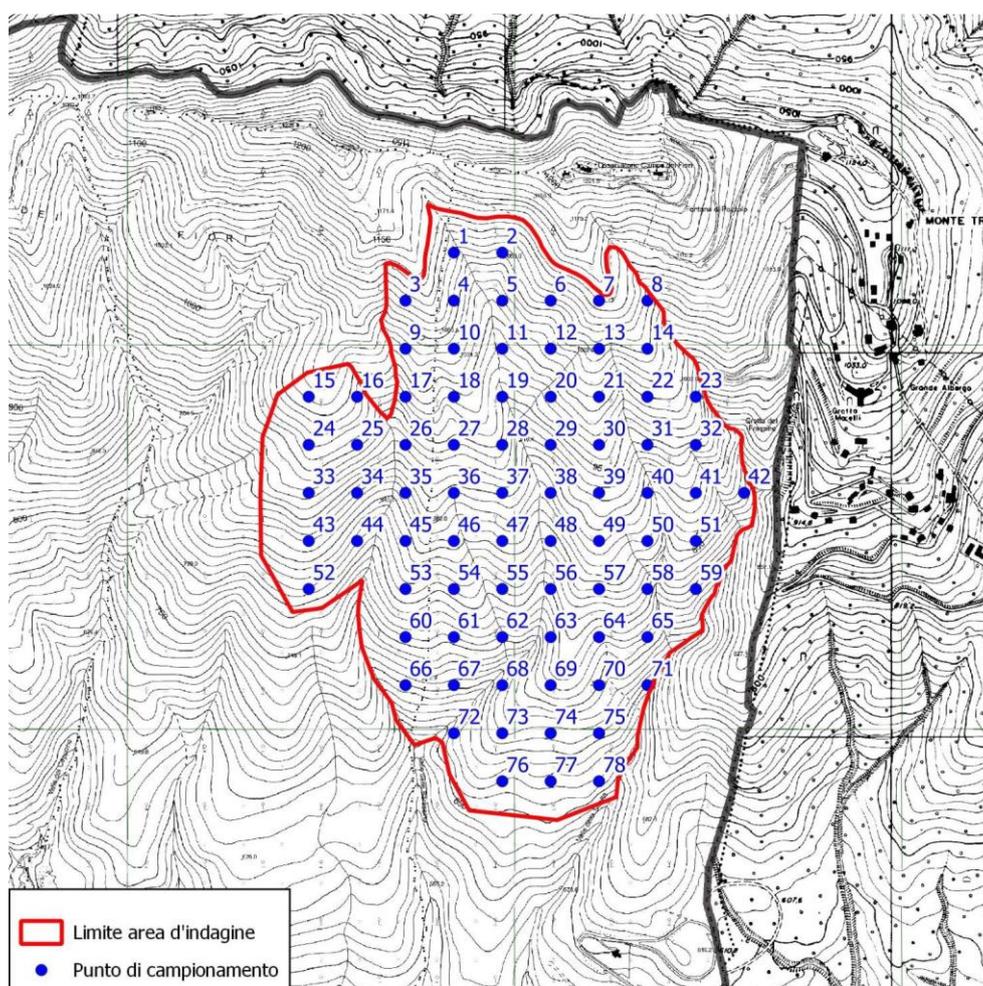


Figura 4: griglia di campionamento con nodi posti a 125m

Per il conseguimento degli obiettivi prefissati è stato necessario:

- Generare, tramite una griglia di campionamento, 78 plot totali distanti 125 m.
- Rilevare per ogni plot i seguenti parametri: tipologia forestale, età media del popolamento, specie suddivise in:
  - Sane: individui che hanno risposto in maniera positiva dopo il passaggio del fuoco
  - Compromesse: dove è possibile individuare sulle parti legnose dell'individue parti compromesse e danneggiate dal passaggio del fuoco ma che comunque non hanno determinato a oggi la morte dell'individuo
  - Morte

Individuare la presenza di rinnovazione (dell'anno e affermata), se il plot è stato interessato dall'incendio ed eventualmente la presenza di dissesti.

Misurare pendenza, quota ed esposizione in precisi punti di campionamento situati all'interno del Parco Regionale cercando di determinare se fattori come pendenza e altitudine possano incidere significativamente sul loro sviluppo e quindi determinare le caratteristiche future del bosco.

N. PR:	Cat./Tipo for.:		Età:
Accessibilità:	Incendio:	Dissesti:	
Rinnovazione dell'anno:		Specie:	
Rinnovazione affermata:		Specie:	
Specie	G sane	G compromesse	G morte

Figura 5: Scheda utilizzata in campo per la rilevazione dei parametri

- Valutazione della severità d'incendio: è stata utilizzata la metodologia del *Composite Burn Index* (CBI). Strumento che permette la rilevazione della severità da incendio nello strato relativo al sottobosco e arbustivo.

Per spazializzare il dato della severità dell'incendio su tutta l'area d'indagine è stata effettuata una seconda compartimentazione, sulla base delle particelle per tipo forestale, mediante fotointerpretazione post-incendio (ortofoto AGEA anno 2018). Lo scopo è stato quello di frazionare i poligoni per tipo forestale in funzione della fotointerpretazione e del dato di severità rilevato nei punti di campionamento.

### 2.4.1 Composite Burn Index

La scheda di rilievo utilizzata è quella presente nella figura 6. Tramite questo metodo gli effetti del fuoco sono valutati in maniera indipendente all'interno degli strati perché i livelli verticali in una popolazione hanno componenti biofisiche diverse e livelli multipli impartiscono complessità strutturali che hanno la capacità di influenzare profondamente il comportamento del fuoco. Sebbene gli strati siano spazialmente contigui, ogni livello può avere un combustibile diverso e anche gli effetti possono essere diversi tra di loro. La scheda contiene nella parte superiore una parte riguardante le informazioni relative alla geolocalizzazione come, coordinate UTM del centro del plot, il numero del plot, l'esposizione, la pendenza, una breve descrizione della tipologia forestale e delle condizioni generali ambientali. La scheda valutativa ha una struttura gerarchica ed è divisa in 5 categorie che permettono una compartimentazione dei singoli strati che compongono l'area di indagine:

- Lo strato A è composto dal substrato, quindi i materiali di superficie inerti di roccia, terra detriti e combustibili legnosi.
- Lo strato B valuta la severità su piante erbacee e piccoli arbusti con altezza <1 m.
- Lo strato C valuta la severità per gli arbusti e gli alberi da 1 a 5 m.
- Lo strato D valuta la severità su alberi con altezza tra 5 e 20 m.
- Lo strato E valuta la severità su grandi alberi >20 m.

**BURN SEVERITY --COMPOSITE BURN INDEX (BI)**

<b>PD -Abridged</b>	Examiners:		Fire Name:	
Registration Code		Project Code		Plot Number
Field Date mmdyyy	/ /	Fire Date mmyyyy	/	
Plot Aspect		Plot % Slope		UTM Zone
Plot Radius Overstory		UTM E plot center		GPS Datum
Plot Radius Understory		UTM N plot center		GPS Error (m)
Number of Plot Photos		Plot Photo IDs		

<b>BI - Long Form</b>	% Burned 20 m Plot =	% Burned 30 m Plot =	Fuel Photo Series =				
<b>STRATA RATING FACTORS</b>	<b>BURN SEVERITY SCALE</b>						<b>ACTOR SCORES</b>
	<b>No Effect</b>	<b>Low</b>		<b>Moderate</b>		<b>High</b>	
	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	

**A. SUBSTRATES**

<b>% Pre-Fire Cover:</b>		<b>Litter =</b>	<b>Duff =</b>	<b>Soil/Rock =</b>	<b>Pre-Fire Depth (inches):</b>	<b>Litter =</b>	<b>Duff =</b>	<b>Fuel Bed =</b>	$\Sigma =$
Litter/Light Fuel Consumed	Unchanged	--	50% litter	--	100% litter	>80% light fuel	98% Light Fuel		$N =$
Duff	Unchanged	--	Light char	--	50% loss deep char	--	Consumed		$\bar{X} =$
Medium Fuel, 3-8 in.	Unchanged	--	20% consumed	--	40% consumed	--	>60% loss, deep ch		
Heavy Fuel, > 8 in.	Unchanged	--	10% loss	--	25% loss, deep char	--	>40% loss, deep ch		
Soil Cover/Color	Unchanged	--	10% change	--	40% change	--	>80% change		

**B. HERBS, LOW SHRUBS AND TREES LESS THAN 1 METER:**

<b>Pre-Fire Cover =</b>		<b>Enhanced Growth Factor =</b>						$\Sigma =$
%Foliage Altered (blk-brn)	Unchanged	--	30%	--	80%	95%	100% + branch loss	$N =$
Frequency % Living	100%	--	90%	--	50%	< 20%N	None	$\bar{X} =$
Colonizers	Unchanged	--	Low	--	Moderate	High-Low	Low to None	
Spp. Comp. -Rel. Abund.	Unchanged	--	Little change	--	Moderate change	--	High change	

**C. TALL SHRUBS AND TREES 1 TO 5 METERS:**

<b>Pre-Fire Cover =</b>		<b>Enhanced Growth Factor =</b>						$\Sigma =$
% Foliage Altered (blk-brn)	0%	--	20%	--	60-90%	> 95%	Significant branch loss	$N =$
Frequency % Living	100%	--	90%	--	30%	< 15%	<1%	$\bar{X} =$
% Change in Cover	Unchanged	--	15%	--	70%	90%	100%	
Spp. Comp. -Rel. Abund.	Unchanged	--	Little change	--	Moderate change	--	High Change	

**D. INTERMEDIATE TREES (SUBCANOPY, POLE-SIZED TREES)**

<b>Pre-Fire Cover =</b>		<b>Pre-Fire Number Living =</b>		<b>Pre-Fire Number Dead =</b>				$\Sigma =$
% Green (Unaltered)	100%	--	80%	--	40%	< 10%	None	$N =$
% Black (Torch)	None	--	5-20%	--	60%	> 85%	100% + branch loss	$\bar{X} =$
% Brown (Scorch/Girdle)	None	--	5-20%	--	40-80%	< 40 or > 80%	None due to torch	
% Canopy Mortality	None	--	15%	--	60%	80%	%100	
Char Height	None	--	1.5 m	--	2.8 m	--	> 5 m	

Post Fire: %Girdled= $\Sigma$       Felled =      %Tree Mortality =

**E. BIG TREES (UPPER CANOPY, DOMINANT, CODOMNANT TREES)**

<b>Pre-Fire % Cover =</b>		<b>Pre-Fire Number Living =</b>		<b>Pre-Fire Number Dead =</b>				$\Sigma =$
% Green (Unaltered)	100%	--	95%	--	50%	< 10%	None	$N =$
% Black (Torch)	None	--	5-10%	--	50%	> 80%	100% + branch loss	$\bar{X} =$
% Brown (Scorch/Girdle)	None	--	5-10%	--	30-70%	< 30 or > 70%	None due to torch	
% Canopy Mortality	None	--	10%	--	50%	70%	%100	
Char Height	None	--	1.8 m	--	4 m	--	> 7 m	

Post Fire: %Girdled =      %Felled =      %Tree Mortality

<b>Community Notes/Comments:</b>	<b>BI = Sum of Scores / N Rated:</b>	<b>Sum of Scores</b>	<b>N Rated</b>	<b>CBI</b>
	<b>Understory (A+B+C)</b>			
	<b>Overstory(D+E)</b>			
	<b>Total Plot (A+B+C+D+E)</b>			

% Estimators: **20 m Plot:** 314 m<sup>2</sup> 1% = 1x3 m      5% = 3x5 m      10% = 5x6 m      After, Key and Benson 1999, USGS NRMSC, Glacier Field Station  
**30 m Plot:** 704 m<sup>2</sup> 1% = 1x7 m (<2x4 m)      7% = 5x7 m      10% = 7x10 m      Versiersion 3.0 May 18, 2004

Strata and Factors are defined in FIREMON Landscape Assessment, Chapter 2, and on accompanying BI "cheat sheet". www.fire.org/firemon/lc.htm

Figura 6: Scheda rilievo metodo CBI

Nelle figure 7, 8 e 9 tre esempi di diverse severità rilevate tramite la metodologia precedentemente citata.



*Figura 7: Livello severità 1 in faggeta montana*

*Figura 8: Livello severità 2 in faggeta montana*



*Figura 9: Livello severità 3 in un castagneto dei substrati carbonatici dei suoli mesolitici*

## 2.4.2 Metodo statistico: ANOVA

L'analisi della varianza (ANOVA, dall'inglese Analysis of Variance) è un insieme di tecniche statistiche facenti parte della statistica inferenziale. È un test parametrico che valuta le differenze tra le medie di due o più gruppi di dati. Si tratta di un test di ipotesi statistica che trova ampio impiego nell'ambito della ricerca scientifica e che consente di determinare se le medie di almeno due popolazioni sono diverse. Sono necessari come presupposto minimo una variabile dipendente continua e una variabile indipendente categoriale che divida i dati in gruppi di confronto. Il suo utilizzo inoltre richiede che siano soddisfatti un certo numero di requisiti, quali:

- Normalità: i dati nei gruppi devono seguire una distribuzione normale.
- Omogeneità delle varianze
- Le osservazioni sono indipendenti

Lo scopo di queste analisi è quello di determinare se fattori come pendenza, quota e severità incidono sulla rinnovazione post-incendio dell'area oggetto di studio. Il metodo statistico utilizzato è quello della varianza a un fattore.

Nel caso oggetto di studi è stata utilizzata l'ANOVA a una via, che rappresenta il tipo più semplice di analisi della varianza e serve per saggiare la differenza tra le medie di più di due campioni quando si ha una sola fonte di variabilità. Il primo passaggio è stato estrapolare da QGIS i dati di pendenza e quota per ogni punto di campionamento e inserirli in un foglio di calcolo, insieme alla severità. Il passaggio successivo è stata la formazione di tre grandi gruppi basati sulle tre specie di rinnovazione più presenti nell'area d'indagine: *Fagus sylvatica*, *Castanea sativa* e *Fraxinus excelsior*. Per ogni gruppo infine viene preso in considerazione singolarmente ciascuno dei fattori sopra citati e, grazie ai dati rilevati direttamente in campo, andremo a definire se per ognuno dei 78 plot la specie di rinnovazione considerata è presente o assente e di conseguenza a scrivere il dato relativo al fattore considerato (es. quota).

- Prima analisi: plot con rinnovazione di faggio e senza
- Seconda analisi: plot con rinnovazione di castagno e senza
- Terza analisi: plot con rinnovazione di frassino e senza

Infine, mediante gli strumenti del foglio di calcolo sarà possibile costruire la tabella, per ognuno dei tre fattori considerati, che ci permette di determinare quanto questi hanno influito a oggi sulla rinnovazione post-incendio.

Come risultato, infine avremo un valore di significatività, dove dato valore sia minore di 0,05 allora il fattore considerato incide sul dato di rinnovazione invece, nel caso in cui tale valore sia maggiore di 0,05 allora non andrà a influire in maniera significativa. Il passaggio successivo è stato, nel caso in cui il valore sia minore di 0,05, determinare attraverso la differenza tra le medie se ha un'influenza positiva o negativa.

## Capitolo 3: risultati

### 3.1 Analisi descrittiva della composizione forestale

Nell'area di indagine sono state rilevate 18 differenti specie arboree e arbustive d'interesse forestale.

Le specie più presenti nei 78 punti di campionamento sono *Castanea sativa* con una frequenza del 64% e *Fagus sylvatica* con frequenza leggermente minore pari al 40%.

Nell'area di studio, inoltre, sono stati rilevati 7 differenti tipi forestali. La composizione forestale delle aree oggetto di rilievo è risultata variabile e strettamente collegata alla morfologia del territorio, alla geopedologia del suolo, all'esposizione alla luce e all'altitudine. La maggior parte della superficie dove sono avvenuti i rilievi è risultata composta da formazioni di latifoglie, con le conifere limitate a zone di rimboschimento. La tipologia forestale più significativamente presente nei punti di campionamento è il Castagneto dei substrati carbonatici dei suoli mesolitici che comprende il 54% della superficie d'indagine. Significativa è anche la presenza della Faggeta montana dei substrati carbonatici pari al 21% e dell'Acero frassineto tipico (11%). Gli altri tipi forestali rilevati, Corileto, Aceri-frassineto con faggio, Aceri-tiglieto e rimboschimenti di conifere coprono complessivamente il 15% della superficie.

Tipo forestale	Superficie (ha)	%
Castagneto dei substrati carbonatici dei suoli mesici	69,42	54%
Faggeta montana dei substrati carbonatici tipica	26,70	21%
Aceri-frassineto tipico	13,82	11%
Corileto	6,48	5%
Aceri-frassineto con faggio	5,00	4%
Aceri-tiglieto	3,98	3%
Rimboschimenti di conifere	3,91	3%
Totale	129,30	100%

Tabella 1: Superficie divisa per tipo forestale.

Alle quote superiori, oltre i 1.050 m s.l.m., il tipo forestale più diffuso è il Corileto cui si alternano, più sporadicamente, la Faggeta montana dei substrati carbonatici tipica e i rimboschimenti di conifere. Nella fascia inferiore, tra i 950 e i 1050 m s.l.m. la Faggeta montana diventa la tipologia forestale più diffusa caratterizzata dalla presenza di esemplari centenari. In questo tipo di formazione forestale non era presente alcun sottobosco, la sostanza organica e la lettiera erano generalmente abbondanti. Faggete presenti soprattutto in prossimità di zone umide quali impluvi. Sotto i 950 m s.l.m. il Castagneto dei substrati carbonatici dei suoli mesici diventa l'ecosistema forestale predominante composto da cedui di castagno maturi, a volte con evidenti problemi sanitari legati al cancro del castagno (*Cryphonectria parasitica*), con intere branche senza corteccia, disseccate e con profonde fessurazioni. Tra i 700 e gli 800 m s.l.m. è infine presente anche un rimboschimento di conifere.

### 3.2 Rinnovazione forestale

In 71 punti di campionamento è stata rilevata rinnovazione dell'anno e in 47 di questi anche rinnovazione già affermata. Le due specie nettamente prevalenti a livello di rinnovazione sono *Fagus sylvatica* e *Fraxinus excelsor*, spesso presenti anche nei tipi forestali dove possono essere definite come specie

accessorie, come nel caso del Castagneto dei substrati carbonatici e dei suoli mesolitici.

Gli unici punti in cui è stata rilevata una severità di 3 sono il plot 54, relativo a un Castagneto e il plot 64, relativo a un rimboschimento di *Larix leptolepis* e *Picea abies*. In questi punti di campionamento la presenza di piante vitali è pressoché nulla: l'assenza di copertura arborea/arbustiva ha consentito comunque l'affermazione di rinnovazione, a tratti abbondante, di *Fraxinus excelsior* e *Fagus sylvatica* nel punto di campionamento 54, mentre nel rimboschimento (64) la rinnovazione si compone di *Larix leptolepis*, *Picea abies* e *Betula verrucosa*.



Figura 10: Rinnovazione affermata di *Picea abies* (a sinistra), *Larix Leptolepis* (al centro) e *Betula verrucosa* (a destra).

L'assenza di rinnovazione unitariamente a CBI 2 o 1 è stata rilevata in 7 punti di campionamento, tutti riconducibili al Castagneto dei substrati carbonatici e dei suoli mesolitici, 6 dei quali posti alle quote inferiori dell'area d'indagine. Caratteristica dei castagneti situati a quote minori di 600 m s.l.m. è la netta presenza di uno strato erbaceo molto diffuso a prevalenza *Pteridium aquilinum*. L'abbondante presenza di felce limita fortemente l'insediamento della rinnovazione naturale anche dove la copertura risulta più lacunosa.

### 3.4 Severità dell'incendio

Tipo forestale	CBI								Totale	
	0		1		2		3			
	Sup. (ha)	%	Sup. (ha)	%	Sup. (ha)	%	Sup. (ha)	%	Sup. (ha)	%
Castagneto dei substrati carbonatici dei suoli mesici	0,00	0%	23,00	18%	44,34	34%	2,07	2%	69,42	54%
Faggeta montana dei substrati carbonatici tipica	0,62	0%	21,01	16%	7,40	6%	0,00	0%	29,02	22%
Aceri-frassineto tipico	3,68	3%	8,12	6%	2,02	2%	0,00	0%	13,81	11%
Corileto	0,42	0%	5,62	4%	0,44	0%	0,00	0%	6,48	5%
Aceri-tiglieto	0,00	0%	2,00	2%	1,98	2%	0,00	0%	3,98	3%
Rimboschimenti di conifere	0,00	0%	0,92	1%	0,00	0%	2,99	2%	3,91	3%
Aceri-frassineto con faggio	2,10	2%	0,00	0%	0,59	0%	0,00	0%	2,69	2%
Totale	6,81	5%	60,67	47%	56,76	44%	5,06	4%	129,30	100%

Tabella 2: Distribuzione spaziale del dato di severità per le diverse tipologie forestali.

La superficie a CBI 3 è pari al 4% dell'area totale che equivale a 5 ettari. Superficie limitata a due sole zone riconducibili, a livello di tipo forestale, al Castagneto dei substrati carbonatici e dei suoli mesolitici e ai Rimboschimenti di conifere.

Sul 44% della superficie, 57 ettari, è stato riscontrato un CBI 2. Il castagneto copre oltre 44 ettari mentre la Faggeta montana dei suoli carbonatici tipica 7 ettari.

Quasi il 47% della superficie totale, 61 ettari, è stato riscontrato un CBI 1, dove i tipi forestali più estesi sono nuovamente il castagneto con 23 ettari e la faggeta con 21 ettari.

La superficie in cui il CBI risulta 0 è pari al 5% dell'area totale, 7 ettari.

### 3.5 Relazione tra rinnovazione forestale e severità dell'incendio

Nella tabella in figura 3 sono rappresentati i dati relativi all'analisi statistica effettuata con i dati rilevati nell'area oggetto di studio sulle tre principali specie identificate.

Castanea sativa			
Fattori	quota (m)	pendenza (gradi)	severità
Media con rinnovazione	743	27,97	1,6
Media senza rinn.	895	27,08	1,5
Valore di significatività	0,005	0,80	0,65

Fraxinus excelsior			
Fattori	quota (m)	pendenza (gradi)	severità
Media con rinnovazione	869	28	1,4
Media senza rinn.	909	26	1,5
Valore di significatività	0,16	0,23	0,41

Fagus sylvatica			
Fattori	quota (m)	pendenza (gradi)	severità
Media con rinnovazione	935	27	1,4
Media senza rinn.	801	26	1,6
Valore di significatività	4,0E-07	0,57	0,3

Tabella 3: Risultati analisi statistica Anova.

Nel caso di *Fagus sylvatica* è possibile affermare che il fattore considerato che più incide sulla rinnovazione riguarda la quota. Ciò è possibile analizzando il valore di significatività che risulta minore di 0,05. Una volta verificato tale valore, il passaggio successivo consiste nell'osservare la differenza delle medie sempre del fattore considerato. Nel caso in oggetto di discussione è possibile affermare, data una differenza delle medie positiva nei confronti della rinnovazione di faggio, che la quota incide positivamente creando condizioni favorevoli al suo sviluppo. Al contrario, per quanto riguarda i valori di significatività di pendenza e severità sono risultati maggiori di 0,05, quindi è

possibile affermare che non incidono in maniera significativa sulla rinnovazione. Lo stesso è possibile affermarlo osservando le medie dei medesimi fattori che non dimostrano particolari differenze a seconda della presenza o non di rinnovazione di faggio.

Nel caso di *Castanea sativa*, il fattore che incide significativamente sulla rinnovazione è anche in questo caso la quota. Ci troviamo nel caso opposto precedentemente descritto con *Fagus sylvatica* perché in questo caso la differenza tra le medie ci descrive che la quota va incidere negativamente all'aumentare della stessa. Queste osservazioni sono state confermate anche in precedenza dalla composizione forestale dell'area oggetto di studio, dove si è potuto notare che la Faggeta montana è dominante a quote superiori di 950 m s.l.m., mentre per quanto riguarda i Castagneti dei substrati carbonatici dei suoli mesolitici più la quota diminuiva al di sotto dei 900m s.l.m. e più le condizioni diventavano favorevoli al suo sviluppo. Mentre per i fattori di pendenza e severità si ha una leggera positività nel caso di differenza tra le medie riguardo i plot con rinnovazione di castagno ma tale variazione è talmente piccola che non può essere considerata significativa, confermato anche dal valore di significatività maggiore di 0,05.

L'ultima specie analizzata è *Fraxinus excelsior*, specie molto diffusa all'intero dell'area oggetto di studi, soprattutto per la buona quantità di rinnovazione emessa nel periodo post-incendio ma che non subisce particolari influenze dai fattori considerati e dove la differenza delle medie non evidenzia relazioni, che possono essere positive o negative, sulla rinnovazione stessa.

## Capitolo 4: Discussioni

Dopo aver analizzato statisticamente i dati rilevati è possibile definire possibili evoluzioni future delle principali tipologie forestali all'interno dell'area oggetto di studi.

Nel caso delle Faggete montane è ipotizzabile una ricolonizzazione delle stesse. Osservazione dovuta dalla bassa/media severità che ha colpito l'ecosistema forestale delle faggete e nonostante il faggio non abbia caratteristiche tipiche di adattamento al fuoco, come lo spessore ridotto della corteccia o la sempre minore capacità di germogliare con l'avanzare dell'età della pianta riesce, a seconda della porzione danneggiata e quindi dalla successiva probabilità di attacco da parte di patogeni, a ritardare la mortalità fino a 20 anni dopo l'incendio (Maringer et 2016b). Questo garantisce una buona produzione di semi anche nel post-incendio, favorite da annate di pasciona dove la quantità di seme prodotto aumenta notevolmente. Inoltre, la mortalità ritardata garantisce nelle fasi critiche di affermazione della rinnovazione una buona protezione che con l'avanzare del tempo tenderà gradualmente a diminuire la copertura delle piante compromesse lasciando sempre più spazio ai giovani esemplari.

Nel caso dei Castagneti dei substrati carbonatici dei suoli mesolitici i dati sulla rinnovazione non hanno dato i risultati sperati. Su circa 47 plot situati all'interno di tale tipologia forestale solo in 5 è stata riscontrata la presenza di rinnovazione di *Castanea sativa*. I fattori determinanti tale risultato possono essere diversi:

### 1- Scarsa produzione di seme

Caratteristica importante per quanto riguarda *Castanea sativa* è la diversa quantità di semi prodotti durante più anni. Tale fenomeno prende il nome di pasciona, cioè un'annata più abbondante di fruttificazione per gli alberi seguita

da tre o quattro anni, per il castagno, dove la produzione cala drasticamente. Quindi è possibile ipotizzare un'annata di pasciona nel 2017, in concomitanza dell'incendio oggetto di studio, che oltre a aver favorito l'espansione del fuoco data la grande quantità di biomassa nel terreno ha determinato negli anni successivi una scarsa quantità di seme prodotto dagli individui maturi.

## 2- Alta predazione del seme

Altro fattore che può aver influito sulla rinnovazione del castagno è la predazione dovuta alla fauna selvatica che in una situazione di post-incendio, dove già la produzione di seme scarseggia per lo stress causato dal passaggio del fuoco, gli animali presenti nel Parco Regionale possono aver influito alimentandosi delle castagne prodotte negli anni successivi e determinando un calo della quantità di rinnovazione presente. Ipotesi che può essere confermata anche dai molti avvistamenti di gruppi di ungulati, come cinghiali o caprioli, che vivono in maniera attiva all'interno del territorio.

## 3- Stato fitosanitario del castagno

Dopo il Mal dell'inchiostro, il cancro della corteccia e dopo il cinipide del castagno che fino a oggi hanno nel tempo decimato le selve castanili, a oggi è sopraggiunta una nuova malattia, la Muffa Bruna, provocata dal fungo *Gnomoniopsis castanea*. Fungo che fortunatamente non attacca la pianta - portandola anche fino alla morte come le avversità precedenti- ma bensì il frutto, facendolo marcire e rendendolo inutilizzabile. Le castagne al momento dell'uscita da ricci si presentano perfette. Una volta aperte tuttavia la polpa interna risulta imbrunita e marcescente. Il clima influenza molto gli attacchi del patogeno: le estati particolarmente calde e scarsità di piogge -come quelle che si stanno avendo sempre più frequentemente- favoriscono il patogeno. Malattia che può aver aiutato, insieme agli altri fattori considerati, alla scarsa produzione di seme nell'area oggetto di studio.

I risultati ottenuti, nonostante i limiti dello studio, come una non completa documentazione riguardo la rinnovazione presente, dovuta a una semplice osservazione visiva per ogni punto di campionamento o alla casualità con cui sono stati definiti i plot, spesso situati in zone impervie e di non facile raggiungimento, descrivono come tramite un processo naturale, le piante madri stiano comunque dando una buona risposta dal punto di vista della produzione di seme. Tranne nel caso di *Castanea sativa*, precedentemente descritto, dove la possibilità nel corso di uno o due anni del verificarsi di un'annata di pasciona potrà garantire anche una buona ripresa dei castagneti.

Un rischio che può compromettere la continuità del processo di ricostituzione naturale è il cambiamento climatico. Rischio dovuto all'aumento delle temperature annuali, dall'alterazione delle precipitazioni e dal verificarsi di eventi meteorologici estremi che mettono a rischio le funzionalità e la salute delle foreste, esponendole ulteriormente a tempeste, periodi di siccità e incendi sempre più frequenti. Allarmante la situazione incendi che è destinata a peggiorare, con i cambiamenti climatici che causeranno sempre più spesso le condizioni che predispongono la vegetazione a bruciare.

In Italia lo stiamo già vedendo chiaramente: da quarant'anni il patrimonio forestale del nostro paese è gravemente minacciato da incendi sempre più frequenti e severi. Per scongiurare la catastrofe climatica dobbiamo agire ora, riducendo e poi azzerando le emissioni di gas serra, sia a livello nazionale sia internazionale.

Siamo giunti però a un punto in cui non possiamo più permetterci una valutazione sommaria, controllare e salvaguardare il clima e l'ambiente implica infatti un orientamento delle scelte verso uno sviluppo sostenibile; *Carraro C.* e *Mazzai A.* affermano a tal proposito “si può dimostrare che investire in modo da controllare il cambiamento climatico è economicamente conveniente rispetto alle spese che dovremmo sostenere se, ignorando o rimandando il problema, ci dovessimo trovare, tra non più di qualche decennio, in un mondo più pericoloso, con danni da eventi meteorologici estremi sempre più frequenti e dalle risorse naturali sempre più scarse”. La soluzione ottimale potrebbe

essere quindi quella di raggiungere la consapevolezza delle nostre azioni quotidiane, spendendo anche un po' di più oggi ma con l'obiettivo di spendere meno domani, in modo tale da compromettere il meno possibile la realtà nella quale viviamo.

Di pari passo bisogna puntare sulla prevenzione e sul controllo degli incendi, partendo da una corretta e migliore gestione del territorio, a incentivare pratiche di selvicoltura preventiva ma anche migliorare gli strumenti di raccolta dati, analisi e reportistica sugli incendi.

#### **4.1 Interventi prioritari**

La pianificazione delle azioni da intraprendere in merito al ripristino delle aree percorse dal fuoco risulta particolarmente complessa in quanto l'eterogeneità dei fattori che concorrono all'evoluzione futura del soprassuolo forestale non permette di definire una metodologia univoca nelle strategie di intervento.

Per quanto concerne gli interventi nell'area d'indagine, sono state individuate 3 azioni prioritarie relative alle formazioni boscate che riguardano una superficie complessiva di 59 ettari.

1. Rimozione di parte del soprassuolo compromesso e monitoraggio della rinnovazione naturale

L'azione ha come scopo di favorire la ricostituzione dei soprassuoli compromessi dal passaggio del fuoco. Questo intervento è mirato in maniera particolare alle superfici che presentano quasi esclusivamente piante morte e soprassuoli a rischio collasso. È limitato dunque ai plot con severità massima (3) che comprende una zona complessiva di circa 5 ettari. In maniera specifica

si prevede l'asportazione parziale delle piante morte, lasciando parte della necromassa. Scelta giustificata al seguito dell'introduzione del concetto di Gestione Forestale Sostenibile, dove il ruolo del legno morto in foresta è stato enfatizzato, soprattutto sulla base delle sue capacità di fornire habitat per la vita di numerose specie di vertebrati e invertebrati, di migliorare la fertilità del suolo e di conseguenza, facilitare la rinnovazione naturale del popolamento fornendo un substrato idoneo alla rinnovazione creando anche microcondizioni di riparo favorevoli all'insediamento. Si prevede successivamente il monitoraggio della rinnovazione naturale presente per valutare eventualmente un'azione di messa a dimora di piante forestali dove questa facesse fatica a affermarsi.

## 2. Diradamento selettivo nei boschi con funzione di protezione dal dissesto idrogeologico

L'azione è finalizzata a garantire la sicurezza idraulica del bacino che ricade nell'area d'indagine. La superficie compresa in questo intervento è di circa 36 ettari. Nello specifico si prevede il taglio dei soggetti morti o non in condizioni ottimali, soprattutto se localizzati in situazioni già svantaggiate. Mentre fondamentale sarà prestare la massima attenzione agli individui giovani così da poter garantire nel tempo la presenza di rinnovazione e permettere quindi al bosco di riaffermarsi.

## 3. Monitoraggio della mortalità ritardata del faggio

Allo stato attuale nelle faggete le piante portaseme vitali hanno garantito sufficienti livelli di rinnovazione naturale. Obiettivo dell'intervento è verificare se nel breve periodo l'eventuale presenza di aree dove la mortalità del faggio prosegue richieda interventi come l'asportazione della necromassa

in eccesso, che può ostacolare la rinnovazione naturale, e l'eventuale messa a dimora di piantine forestali.

In futuro le possibili strategie di recupero del territorio percorso dal fuoco dovranno comunque sottostare alle normative nazionali vigenti; quindi, come prevede la legge quadro 353/2000 nel sito Parco Campo dei Fiori:

- Non sarà possibile la modificazione della destinazione d'uso per almeno 15, delle zone boscate e di pascolo percorse dal fuoco;
- Nelle zone boscate percorse dall'incendio saranno vietati, per 10 anni, il pascolo e la caccia;
- Saranno vietate per 5 anni attività di rimboschimento e ingegneria ambientale, finanziate con fondi statali, salvo specifica autorizzazione concessa dal Ministero dell'ambiente per aree naturali protette statali, o dalla regione, negli altri casi, per documentate situazioni di dissesto idrogeologico e nelle situazioni in cui sia urgente un intervento per la tutela di particolari valori ambientali e paesaggistici.

Le scelte di pianificazione futura dovranno affrontare due grandi temi:

- La prevenzione: la necessità di adeguare il parco a maggiori standard in termini di prevenzione antincendio
- Il recupero delle funzioni ecosistemiche e del bosco parzialmente perse

## Capitolo 5: Conclusione

Il carattere d'imprevedibilità che hanno assunto gli incendi boschivi nell'ultimo decennio impone a paesi come l'Italia sia di studiare e adottare strategie di prevenzione ma anche di saper valutare la risposta del bosco al fuoco. Un parametro fondamentale a tale scopo è quindi quello di riuscire a valutare in maniera concreta la rinnovazione presente e indicare gli interventi che ne possano favorire l'affermazione.

Il presente elaborato di tesi ha messo in evidenza come reagiscono i popolamenti tipici delle foreste delle Prealpi varesine al passaggio del fuoco e di conseguenza come a 4 anni dall'incendio l'ecosistema forestale dell'area d'indagine stia rispondendo. In particolare, lo studio si è incentrato sul valutare la risposta delle principali specie che compongono le tipologie forestali presenti nel Parco del Campo dei Fiori.

I dati raccolti e analizzati hanno evidenziato come l'ecosistema forestale stia reagendo al disturbo subito nel 2017, in particolare si evidenzia la grande quantità di rinnovazione di *Fagus sylvatica* osservata che andrà a riaffermarsi in zone dove già era presente, tramite una rinnovazione prevalentemente da seme e potenzialmente potrà cercare di colonizzare e quindi espandersi alle particelle vicine a quelle già classificate come Faggeta montana.

Più scarso il dato relativo a *Castanea sativa* che nonostante sia la tipologia forestale più diffusa, nell'area oggetto di studio, per condizioni sfavorevoli quali: esaurimento delle ceppaie, predazione delle fruttificazioni e scarse quantità di seme prodotto negli anni successivi al disturbo, sta facendo fatica a riaffermarsi e a trovare le condizioni ottimali al suo sviluppo.

## Bibliografia

Ageštam E, Ekö PM, Nilsson U, Welander NT (2003). The effects of shelterwood density and site preparation on natural regeneration of *Fagus sylvatica* in southern Sweden. *Forest Ecology and Management*. 176. 61-73.

Anderle A., Ciccacese L., Dal Bon D., Pettenella D., Zanolini E. (2002) Assorbimento e fissazione di carbonio nelle foreste e nei prodotti legnosi in Italia. APAT, Roma.

Bovio G., Camia A., Francesetti A. (2001) Ricostituzione delle aree forestali percorse dagli incendi in Piemonte, Università di Torino.

Carraro C, Mazzai A., (2015), "Il clima che cambia - Non solo un problema ambientale", Bologna. Il Mulino, 9.

Centro Geofisico Prealpino- (2018) - Report annuale anno 2017, Varese.

Ersaf - Rapporto sullo stato delle foreste in Lombardia al 31 dicembre 2016, Milano.

Fiorentini C. - (2019) - Analisi della severità dell'incendio del parco regionale del campo dei fiori, Tesi di laurea triennale, Università degli studi di Milano, Facoltà di scienze agrarie e alimentari.

Maringer J., Wohlgemuth T., Neff C., Pezzatti G., Conedera M. (2012), Post-fire spread of alien plant species in a mixed broad-leaved forest of the Insubric, region, *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 207, 19-29.

Maringer, J., Ascoli, D., Gehring, E., Wohlgemuth, T., Schwarz, M., Conedera, M., (2020) Ecologia del fuoco delle fagete in ambiente montano. *Servizi ecosistemici e misure selvicolturali post-incendio*. 65.12.

Marchetti M., Tomao A., Carbone F., Santopuoli G., Angelaccio C., Agrimi A. (2013) Boschi, alberi forestali, esternalità e servizi ecosistemici. *L'Italia Forestale e Montana*. 68, 57-73.

Piano antincendio boschivo della valle d'Aosta (2017) Attività di ripristino delle aree percorse dal fuoco, Valle d'Aosta. 149-156.

Santolini R. (2010) Servizi ecosistemici e sostenibilità. *Rivista ecoscienza*. 3, 20.

Santolini R., Morri e., Scolozzi R. (2011). Mettere in gioco i servizi ecosistemici: limiti e opportunità di nuovi scenari sociali ed economici. Ricerche per la progettazione del paesaggio. 4, 41-55.

Scherrer, D., Ascoli, D., Conedera (2012) Canopy Disturbances Catalyse Tree Species Shifts in Swiss Forests. Ecosystems 25, 199-214.