



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

**Dipartimento di territorio e sistemi agro-forestali (TESAF)**

Corso di Laurea magistrale in Scienze Forestali e Ambientali

“Analisi del comportamento della rinnovazione naturale a seguito della tempesta Vaia: un caso studio nella Piana di Marcesina (VI)”

Relatore Prof.: Mario Pividori

Correlatore Prof.: Emanuele Lingua

Laureanda/o Varotto Matteo

Matricola n. 2062791

ANNO ACCADEMICO 2023/2024



## Sommario

|  |    |
|--|----|
| <b>1 INTRODUZIONE</b> .....  | 7  |
| <b>2 STATO DELL'ARTE</b> .....   | 8  |
| <b>2.1 Le tempeste europee</b> .....   | 8  |
| <b>2.2 La tempesta Vaia</b> .....  | 11 |
| <b>2.3 La rinnovazione naturale a seguito degli schianti da vento</b> .....                                    | 12 |
| <b>2.4 Principali caratteristiche delle specie forestali osservate nel lavoro</b> .....                        | 13 |
| 2.4.1 Abete rosso.....   | 13 |
| 2.4.2 Abete bianco.....  | 14 |
| 2.4.3 Faggio.....  | 15 |
| 2.4.4 Sorbo degli uccellatori .....  | 16 |
| 2.4.5 Betulla.....   | 17 |
| 2.4.6 Salicome.....  | 17 |
| 2.4.7 Larice.....  | 18 |
| <b>3 INQUADRAMENTO DELL'AREA</b> .....   | 19 |
| <b>3.1 L'Altopiano dei Sette Comuni</b> .....  | 19 |
| <b>3.2 Aspetti forestali</b> .....   | 20 |
| <b>3.3 La Grande Guerra e i boschi dell'Altopiano</b> .....  | 22 |
| <b>3.4 La tempesta Vaia e l'Altopiano dei Sette Comuni</b> .....   | 23 |
| <b>3.5 La Piana di Marcesina</b> .....   | 24 |
| <b>3.6 L'area di studio</b> .....  | 29 |
| <b>4 MATERIALI E METODI</b> .....  | 30 |
| <b>4.1 Raccolta dati in campo</b> .....  | 30 |
| <b>4.2 Elaborazione statistica dei dati</b> .....  | 32 |
| 4.2.1 La numerosità delle piante .....   | 32 |
| 4.2.2 Distinzione tra specie pioniere e definitive .....   | 32 |
| 4.2.3 Andamento spaziale della rinnovazione.....   | 32 |
| 4.2.4 L'effetto delle piste di esbosco sulla rinnovazione naturale .....                                       | 33 |
| 4.2.5 Gli effetti delle condizioni micro-stazionali sulla possibilità di insediamento della rinnovazione ..... | 33 |
| 4.2.6 L'effetto della morfologia del terreno sull'insediamento della rinnovazione.....                         | 33 |
| <b>5 RISULTATI E DISCUSSIONE</b> .....   | 34 |
| <b>5.1 Specie pioniere e definitive</b> .....  | 37 |
| <b>5.2 Il comportamento della rinnovazione delle specie pioniere</b> .....                                     | 38 |
| <b>5.3 Il comportamento della rinnovazione delle specie definitive</b> .....                                   | 40 |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>5.4 Numero di piante per ognuna delle tre zone di suddivisione .....</b>                               | <b>41</b> |
| <b>5.5 Andamento spaziale delle sette specie forestali .....</b>  | <b>42</b> |
| 5.5.1 Andamento spaziale di tutte le specie .....   | 42        |
| 5.5.2 Andamento spaziale dell'abete rosso .....   | 43        |
| 5.5.3 Andamento spaziale dell'abete bianco .....  | 47        |
| 5.5.4 Andamento spaziale del larice.....  | 51        |
| 5.5.5 Andamento spaziale del sorbo degli uccellatori.....   | 53        |
| 5.5.6 Andamento spaziale del salicome .....   | 55        |
| 5.5.7 Andamento spaziale del faggio.....  | 60        |
| 5.5.8 Andamento spaziale della betulla .....  | 64        |
| <b>5.6 L'effetto delle piste di esbosco sulla rinnovazione.....</b>                                       | <b>66</b> |
| 5.6.1 Le piste di esbosco.....  | 66        |
| 5.6.2 L'effetto delle piste di esbosco nei ventuno transetti.....   | 68        |
| 5.6.3 L'effetto delle piste di esbosco nei tre transetti di controllo .....                               | 69        |
| <b>5.7 Analisi sulla correlazione tra le condizioni micro-stazionali e la rinnovazione post-Vaia.....</b> | <b>73</b> |
| <b>5.8 Analisi sulla correlazione tra le condizioni micro-stazionali e la rinnovazione Pre-Vaia .....</b> | <b>74</b> |
| <b>5.9 L'effetto della morfologia del terreno sull'insediamento della rinnovazione forestale .....</b>    | <b>75</b> |
| <b>6 CONCLUSIONI .....</b>  | <b>77</b> |

## RIASSUNTO

Il 29 ottobre del 2018 una tempesta denominata Vaia ha abbattuto milioni di m<sup>3</sup> di legname cambiando radicalmente lo scenario di molte foreste del Nord-Est italiano. Come a seguito di ogni tempesta da vento, gli schianti hanno creato le condizioni ottimali per l'instaurarsi di una nuova generazione di piante forestali e per lo sviluppo di quelle sottoposte al vecchio popolamento che ora godono di ottime condizioni per la crescita. In questo lavoro si è andati a studiare il comportamento della rinnovazione naturale a seguito della tempesta in un'area di circa nove ettari situata nella Piana di Marcesina, nell'Altopiano dei Sette Comuni. In particolare, sono stati analizzati: la quantità di rinnovazione presente, distinta poi in pre e post-Vaia; l'andamento spaziale delle varie specie a partire dal margine boschivo sino alla strada forestale; l'effetto delle piste di esbosco sulla possibilità di insediamento della rinnovazione; gli effetti sulla rinnovazione delle condizioni micro-stazionali come la copertura erbacea, arbustiva e la presenza di necromassa. Come riportato anche in letteratura si è trovata una notevole quantità di nuove piantine nei pressi del margine del bosco, soprattutto di abete rosso. In particolare, è stato osservato un andamento negativo dal confine dello schianto alla strada forestale per specie definitive come abete rosso e abete bianco ed un andamento abbastanza uniformemente distribuito o positivo per specie pioniere come sorbo degli uccellatori, betulla, larice e salicome. Le piste di esbosco create dal passaggio dei macchinari quali harvester e forwarder hanno impattato sia sulla rinnovazione pre-Vaia che post mentre alcune condizioni micro-stazionali hanno avuto una certa influenza nell'insediamento della rinnovazione.

## ABSTRACT

On 29th October 2018 a huge storm called Vaia occurred in the Northeast of Italy, destroying many m<sup>3</sup> of wood and changing the forest scenario. As common after windstorm, new generation of young plants starts growing as well little plants hidden by the past stand. This work was made to study the behaviour of the natural regeneration after the Vaia storm in a specific area of 8,8 hectares located on the “Piana di Marcesina”, in the Asiago plateau. In particular, it was analysed: the amount of regeneration exists, divided in pre and post-Vaia; the plants trend between the crash border and the forest road; the effect to the regeneration provided from skidding roads and the effect of micro-station conditions for instance grass, shrubs and dead wood canopy. As mentioned in literature, it was observed a huge number of plants closed to the border, especially of Norway spruce. It was observed a negative trend from the border to the forest road for species like norway spruce and silver fir while a positive or uniform trend was shown from species like rowan, beech, willow and birch. Skidding roads made by forest machine, such as harvester and forwarder, has influenced plants regeneration while different micro station characteristics affected the presence of Vaia regeneration.

## 1 INTRODUZIONE

Nell'Ottobre del 2018 la tempesta Vaia ha provocato enormi danni al patrimonio boschivo dell'Altopiano dei Sette Comuni. I boschi altopianesi, tra i migliori in termine di produzione di legname del Veneto, sono di estrema importanza per le comunità locali, per la protezione del territorio e anche per il turismo. Sin dall'avvento della tempesta, tante furono le domande sul come recuperare tutta quella porzione di territorio colpita da Vaia. Se da un lato rimboschire può sembrare la scelta più rapida per ricostituire il patrimonio boschivo, dall'altra, nuove correnti di pensiero che prediligono l'evoluzione naturale, impongono di analizzare situazione per situazione. Ad oggi, molti sono stati i rimboschimenti artificiali realizzati in diverse zone dell'Altopiano, tutti cercando di simulare l'evoluzione naturale; creando nuovi popolamenti misti e più resilienti ai cambiamenti climatici e ai disturbi come Vaia. Tuttavia, in gran parte delle zone soggette a schianto, non è stato effettuato alcun intervento di rimboschimento e la rinnovazione naturale, a quasi 6 anni dal disturbo, sta avanzando.

L'obiettivo di questa tesi è dunque quello di valutare lo stato della rinnovazione forestale a cinque anni dalla tempesta Vaia in un'area particolarmente colpita della Piana di Marcesina, situata nel comune di Eneo nell'Altopiano dei Sette Comuni. Grazie a questa analisi, sarà possibile deputare se la zona in questione necessita o meno di un intervento di rimboschimento.

## 2 STATO DELL'ARTE

### 2.1 Le tempeste europee

Le foreste europee occupano 227 milioni di ettari complessivi, pari a oltre un terzo dell'intera superficie del continente (Forest Europe 2020). Questi ecosistemi svolgono importantissime funzioni per mantenere la salubrità dell'ambiente e garantiscono all'uomo tantissimi servizi come la protezione, l'approvvigionamento di legname e i servizi ecosistemici, i quali negli ultimi anni stanno assumendo sempre più maggiore importanza e attenzione. Le nostre foreste però non sono eterne e vengono periodicamente minacciate da eventi biotici e abiotici.

Disturbi naturali come incendi, tempeste da vento, siccità, attacchi parassitari e valanghe sono eventi normali che avvengono in tutte le foreste nel mondo (Seidl et al. 2017). Essi causano la distruzione della struttura, della composizione e della funzione di un ecosistema (White et al. 1985). Grazie a questi eventi, dunque, dopo l'avvio di un nuovo ciclo naturale attraverso la ricolonizzazione, si aumenta l'eterogeneità del paesaggio, la diversità delle specie e la complessità degli ecosistemi. Ciononostante, in taluni casi, l'estensione del danno può essere notevole creando difficoltà soprattutto nelle foreste gestite provocando modificazioni importanti nel paesaggio e nella gestione forestale (Gardiner et al., 2013).

Il vento è uno dei maggiori disturbi naturali che causano danni nelle foreste di tutto il mondo (Quine et al. 2021). In Europa si stima essere causa del 53% dei danni dovuti da fattori abiotici nell'arco temporale 1950-2000, in confronto gli incendi sono causa solamente del 16% dei danni (Gardiner et al. 2013). I fattori che aumentano la probabilità di schianti da vento sono molteplici. Tra i più importanti si annovera la composizione specifica. Le conifere sono considerate più vulnerabili rispetto alle latifoglie, specialmente se si tratta di *Picea abies* L. H. Karst. (Schelhaas M.J. 2008). Altri fattori che influenzano la vulnerabilità delle piante nei confronti del vento sono l'altezza e la distribuzione diametrica del popolamento forestale. Tendenzialmente, maggiore è l'altezza di una pianta, maggiore è la sua vulnerabilità nei confronti del vento (Schelhaas M.J. 2008).

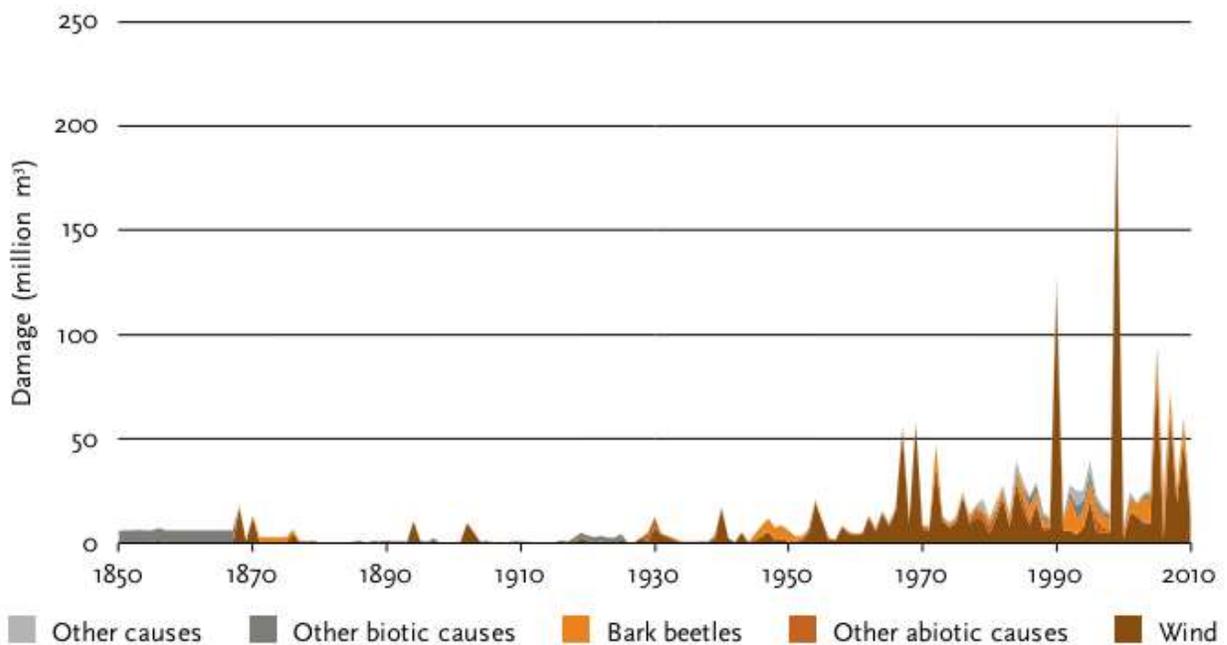


Figura 1: Totale dei danni provocati dai vari disturbi in Europa dal 1850 al 2010 (Gardiner et al. 2013)

In Europa, dal 1950 ad oggi, data da quando si hanno abbastanza dati, sono accadute circa centotrenta tempeste che hanno causato danni più o meno discreti alle foreste europee (Gardiner et al. 2013). Come per la maggior parte delle perturbazioni europee, queste tempeste presentano una direzione Ovest- Est, con i paesi europei del centro-Nord come zone più colpite, mentre quelli del Sud Europa solitamente protetti dalla catena delle Alpi che funge da barriera fisica naturale (Figura 2).

Gli ultimi eventi di un certo spessore che hanno causato ingenti danni alle foreste europee sono stati: Vivianne (1990); Lothar e Martin (1999); Gudrun (2005); Kyrill (2007) e Vaia (2018). Tutte queste tempeste hanno colpito diversi paesi europei causando danni sia economici, sia sociali e sia purtroppo in termini di vite umane (Tabella 1).

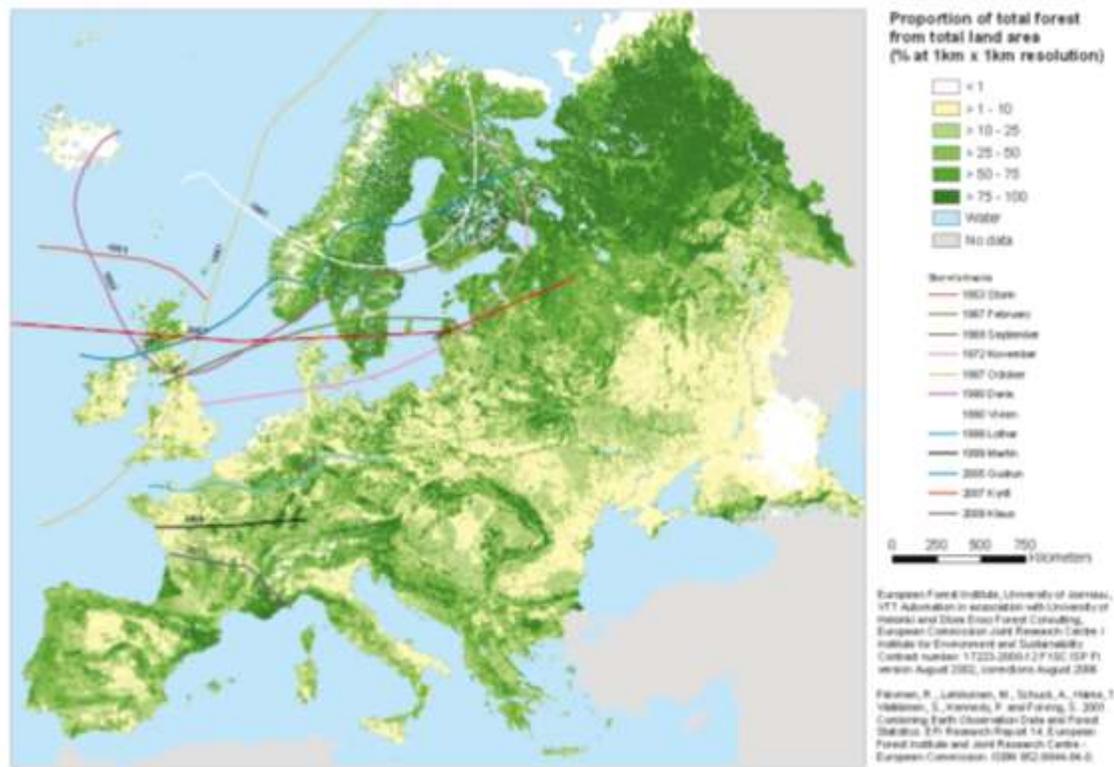


Figura 2: Traiettorie delle principali tempeste accadute in Europa dal 1950 al 2010 (Gardiner et al 2013)

| Tempesta                   | Anno | Nazione  | Morti | Metri cubi<br>atterrati<br>(m <sup>3</sup> ) | Velocità<br>massima del<br>vento (km/h) |
|----------------------------|------|--|-------|--|---|
| <b>Viviane</b>             | 1990 | Germania, Gran Bretagna, Irlanda,<br>Francia, Olanda, Belgio, Svizzera<br>(nord-est Italia solo di "coda") | 64    | 60/70<br>milioni                             | >200                                    |
| <b>Lothar e<br/>Martin</b> | 1999 | Francia, Belgio, Germania  | 140   | 240 milioni                                  | 259                                     |
| <b>Gudrun</b>              | 2005 | Irlanda, Gran Bretagna, Danimarca,<br>Norvegia, Svezia, Russia   | 7     | 75 milioni                                   | >180                                    |

|               |      |  |    |            |      |
|---------------|------|--|----|------------|------|
| <b>Kyriil</b> | 2007 | Irlanda, Francia, Belgio, Olanda, Danimarca, Svezia, Austria, Germania, Repubblica Ceca, Slovacchia, Svizzera, Polonia | 47 | 66 milioni | >250 |
| <b>Vaia</b>   | 2018 | Italia   | 14 | 12 milioni | >200 |

*Tabella 1: Principali tempeste che hanno colpito l'Europa negli ultimi decenni. (Motta et al,2018)*

Nel futuro delle foreste europee si colgono chiari segnali di vulnerabilità che potrebbero mettere a serio rischio quasi il 60% della loro biomassa totale e i motivi sono strettamente legati ai cambiamenti climatici che amplificano i disturbi delle foreste (Paknazar 2021). Secondo proiezioni future le regioni del Sud Europa saranno tra le più colpite nell'aumento di tempeste da vento (Spinoni et al. 2020). Ciononostante, non si rilevano particolari tendenze positive nei confronti della vulnerabilità delle foreste Europee in contrasto con le tempeste da vento a causa del riscaldamento globale (Forzieri et al. 2021) ma piuttosto un aumento della loro vulnerabilità a causa della crescita di superficie forestale, di biomassa per unità di superficie, di età media e altezza media dei popolamenti forestali (Motta et al. 2019).

## 2.2 La tempesta Vaia

Il 29 Ottobre del 2018 una tempesta denominata Vaia si abbattè sull'Italia settentrionale provocando ingenti danni in termini umani, idrologici, infrastrutturali e forestali. La tempesta, o meglio chiamata uragano, si è generata nel Mar Mediterraneo a causa probabilmente delle anomale alte temperature del periodo. Generandosi a Sud, contrariamente a quanto tipicamente avviene per le tempeste europee, ha colpito in maniera diretta il Nord Italia; fino ad allora piuttosto protetto dalle Alpi che in questa particolare occasione hanno agito nella maniera opposta. Le stime dei metri cubi di legname abbattuto si aggirano intorno ai 10 milioni (Pettenella et al. 2021), cifre che hanno reso Vaia la tempesta che ha provocato maggiori danni al patrimonio boschivo italiano da quando si hanno dati. Paragonando l'ammontare dei metri cubi di Vaia con quelli delle altre principali tempeste riportate in Tabella 1 possiamo notare come Vaia abbia avuto un danno in realtà limitato, ma che è bastato, soprattutto in

certe zone, a sconvolgere il paesaggio e l'economia locale. Diversi sono i fattori che possono aver favorito la caduta delle piante: Le condizioni meteorologiche, le condizioni stagionali, la topografia e la struttura del popolamento forestale. Storicamente in Italia vi sono zone dove per l'insieme di tutti questi fattori, i popolamenti forestali risultano sensibili ai danni da vento (Motta et al.,2019). Tra queste zone si può sicuramente annoverare anche l'Altopiano dei Sette Comuni, dove il tema della mono specificità delle peccete piantate dopo la Grande Guerra è tema discusso da molto tempo.

### 2.3 La rinnovazione naturale a seguito degli schianti da vento

Gli schianti da vento provocano, a seconda dell'intensità del vento, la distruzione della copertura vegetale di una determinata area modificandone le caratteristiche ambientali (Ulanova 2000, Mitchell 2013). La creazione di questi "gap" permette alla luce solare di arrivare in maniera diretta al suolo forestale, facilitando l'arrivo delle sementi o la germinazione di quelle già presenti rimaste per anni in fase di quiescenza. Differenti disponibilità di luce ed eterogeneità delle condizioni micro-stazionali influenzano il tipo di rinnovazione che si andrà ad insediare nel soprassuolo forestale negli anni seguenti lo schianto (Kuuluvainen et al. 2003). Anche la creazione di soli piccoli gap può favorire l'instaurarsi della rinnovazione, soprattutto nei pressi del legno morto e dello sradicamento delle radici (Hörnberg et al. 1997). Oltre agli effetti diretti, disturbi come gli schianti, provocano anche effetti indiretti verso un cambio della vegetazione preesistente a causa del cambiamento del microclima locale (Peterson & Pickett 1995). Moltissimi altri sono i fattori che possono influenzare l'insediamento della rinnovazione; tra questi sicuramente la potenzialità di produzione di seme degli alberi rimasti in piedi e quindi la loro fase di maturazione e la loro condizione fitosanitaria. Altro fattore importante è il suolo. Yli-Vakkuri (1961) osservò che la capacità di germinazione e la sopravvivenza delle giovani piantine è maggiore nei terreni minerali smossi piuttosto che nei suoli indisturbati; caratteristica che dunque potrebbe favorire la rinnovazione naturale nei pressi degli alberi schiantati. Anche la micro-topografia del sito può avere rilevanti effetti sulla rinnovazione (Peterson et al. 1990). A testimonianza di ciò, Timo Kuuluvainen (2004) osservò che la rinnovazione di abete rosso, in un'area schiantata in condizioni boreali, risiedeva principalmente nelle zone di displuvio più sopraelevate. Ciò probabilmente a causa della maggiore competizione con l'abbondante vegetazione presente nelle zone più basse che dunque favorisce la presenza di rinnovazione nei siti più elevati (Jäderlund 2001). Per quanto concerne invece il tipo di rinnovazione, essa può dipendere da due fattori principali: la presenza di rinnovazione

preesistente e la dimensione dello schianto. Riguardo la rinnovazione preesistente un esempio lampante proviene dall'abete rosso. Grazie alla capacità delle giovani piante di rimanere ombreggiate per lunghi periodi sotto forma di piccole piante (San-Miguel-Ayanz J et al, 2016), a seguito della rimozione delle dominanti a causa del vento, esse trovano condizioni di luce favorevoli cominciando a crescere piuttosto velocemente (Tsvetanov et al, 2016). Così facendo la composizione del futuro popolamento avrà quasi sicuramente una quota parte di specie identiche a quelle che occupavano il passato soprassuolo. Se invece lo schianto è di notevoli dimensioni allora la rinnovazione può essere dominata dalle specie pioniere (Tsvetanov et al, 2016).

Negli ultimi anni la conoscenza dei meccanismi che regolano la rinnovazione naturale, e quindi la ricolonizzazione del bosco a seguito di eventi calamitosi, sta assumendo sempre maggiore importanza. Spesso scelte gestionali attuali mirano ad un incremento della rinnovazione naturale e sempre meno ad una scelta di rimboschimento artificiale.

## 2.4 Principali caratteristiche delle specie forestali osservate nel lavoro

### 2.4.1 Abete rosso

*Picea abies* è una delle specie forestali più diffuse e utilizzate a livello europeo. È una conifera che può raggiungere i 300 anni o più di età, altezze sino a 60m e diametri intorno ai 150cm (J.E. Eckenwalder, 2009). Le sue origini sono le foreste boreali finno-scandinave ma si trova anche nelle zone sub-alpine e nell'Est Europa sino agli Urali, dove spesso si incrocia con il *Picea obovata Ledeb.* (Farjon et al. 2013). È una specie monoica con fiori unisessuali che appaiono intorno ai 20 anni di età negli individui isolati e a 30-40 anni nelle peccete dense. I coni, di forma cilindrica, sono lunghi intorno ai 10-15 cm, di colore verde in seguito ad emissione e marroni a maturità. In Autunno, quando sono secchi, disperdono in natura una grande quantità di piccoli semi alati (San-Miguel-Ayanz J et al. 2016). L'abete rosso dimostra apprezzare un clima continentale ma grazie alla sua plasticità sopravvive anche in ambiente oceanico, purché non vi siano venti salsi (Horgan et al. 2003). Predilige terreni acidi, dotati di un buon spessore di humus e a causa dell'acidità dei suoi aghi è una specie che tende ad acidificare il terreno ove cresce (L. Augusto 2002). È una pianta colonizzatrice secondaria che può comportarsi sia da pioniera che da definitiva (San-Miguel-Ayanz J et al. 2016). In natura può formare popolamenti puri o consociazioni con il Larice alle alte quote, o con Abete bianco e Faggio alle quote medie (Del Favero 2004). È dotato di un apparato radicale piuttosto superficiale che lo rende suscettibile agli schianti da vento e alla siccità. È

spesso soggetto ad attacchi parassitari, soprattutto da *Ips typographus*, scoltide che attacca esemplari già indeboliti a seguito di tempeste, periodi siccitosi o indebolimento da parassiti secondari quali *heterobasidium annosum* e *Armillaria mellea*. Un altro parassita degno di nota è l'*Hylobius abietis*, un coleottero curculionide che è responsabile della morte di moltissime giovani piantine di picea (J. I. Barredo, et al. 2015). Il legno di abete rosso è usato per tantissime finalità: materiale da costruzione, pasta da carta, biomassa, legno di risonanza e molto altro. Grazie alla sua molteplicità di utilizzo è stato, soprattutto nel secolo scorso, il prescelto nei rimboschimenti o comunque favorito nelle operazioni selvicolturali rispetto ad altre specie. Il suo vasto utilizzo, anche al di fuori del suo areale, ha portato oggi ad avere grandi superfici di peccete coetanee e monospecifiche spesso fortemente suscettibili ad eventi biotici e abiotici.

Nell' Altopiano di Asiago l'abete rosso è la pianta che domina su gran parte della superficie forestale, in particolare in quella produttiva. Le sue formazioni sono perlopiù di origine artificiale, piantate tutte intorno agli anni 20' del secolo scorso a seguito della Grande Guerra con sementi provenienti dalla Val di Fiemme (Zovi 2017).

#### 2.4.2 Abete bianco

*Abies alba* Mill. è una conifera sempreverde che può superare i 60m di altezza e durare, in condizioni ottimali, anche 500/600 anni (San-Miguel-Ayanz J et al. 2016). È una pianta dal clima oceanico, amante dunque di piogge frequenti (700-1800 mm annui) e alti tassi di umidità (J. Senn 2003). I fiori appaiono solo dopo i quarant'anni di età e la disseminazione è di tipo anemocora. La sua diffusione geografica è concentrata nell'Europa centro-meridionale e frequenti solo le ibridazioni con altri abies. L'abete bianco risulta essere piuttosto tollerante nei confronti di diverse condizioni di suolo, trovandosi adeguatamente anche in terreni con contenuto alcalino. Predilige terreni profondi e umidi ma non eccessivamente ricchi d'acqua (San-Miguel-Ayanz J et al. 2016). Come l'abete rosso, a causa degli aghi, viene considerata una specie acidificatrice del terreno (M. Ruosch et al. 2015). I suoi principali fattori limitanti sono la mancanza di adeguate temperature estive, siccità e gelate primaverili tardive. È una specie definitiva, fortemente tollerante l'ombra e può rimanere sotto la copertura delle piante dominanti per decenni. I pareri riguardo al suo comportamento nel futuro sono contrastanti ma sembra osservarsi un suo aumento generale grazie all'innalzarsi delle temperature. Allo stesso tempo, però, i

periodi siccitosi, sempre più frequenti negli ultimi anni, lo stanno ponendo maggiormente sotto stress causando attacchi parassitari da scolitidi e funghi come *Armillaria mellea* ed *Heterobasidium annosum* (San-Miguel-Ayanz J et al. 2016). Raramente forma popolamenti puri ed è più comune trovarlo in contesti misti assieme a *Picea abies* e *Fagus sylvatica* con la quale forma dei consorzi misti piuttosto stabili e resilienti (Del Favero 2004). Per anni disprezzato a causa del suo odore da fresco, oggi rappresenta una potenziale risorsa per l'adattamento delle foreste ai cambiamenti climatici e per l'aumento della biodiversità dei boschi europei.

#### 2.4.3 Faggio

*Fagus sylvatica* L. è una latifoglia comunemente diffusa in quasi tutta Europa. Il suo areale si estende dalla Sicilia, limite meridionale, al sud della Norvegia, limite Nord, (Fang et al., 2006). La sua altezza massima si aggira intorno ai 40m e può durare anche 150/300 anni, con buone crescite sino agli ultimi anni (San-Miguel-Ayanz J et al. 2016). È una specie monoica, con fiori maschili e femminili sullo stesso ramo. Produce un'abbondante pasciona ogni 6-8 anni; i suoi frutti, chiamati faggiole, sono edibili e rappresentano un'importante fonte trofica per molte specie di roditori e uccelli, che ne fungono da vettore. La disseminazione può essere dunque sia zoocora che barocora. È pianta molto plastica per quanto riguarda il tipo di suolo, adattandosi da ph 3,5 a 8,5 (San-Miguel-Ayanz J et al. 2016), ciononostante, predilige terreni calcarei. Essendo specie oceanica necessita di piovosità ben distribuita ed alta umidità, non sopporta però terreni eccessivamente ricchi d'acqua o con problemi di ristagno. Resiste abbastanza bene alle basse temperature ma teme le gelate tardive primaverili. Ha bisogno di almeno 140 giornate di stagione vegetativa, motivo per il quale non si spinge in Scandinavia (Magri D. 2008). Il suo legno è molto duro e viene utilizzato per diverse finalità: mobilio, costruzione, carbone, legna da ardere e molto altro. In natura forma popolamenti puri oppure è riscontrabile nei consorzi misti con abete rosso e abete bianco, nelle zone medio alte, e con *Acer pseudoplatanus* L. e *Ostrya carpinifolia* Scop. nelle zone submontane (Del Favero, 2004). Spesso viene trattato in forma di ceduo con turni brevi (25/30 anni) per impedire la perdita di capacità pollonifera (Del Favero, 2004). In Altopiano di Asiago il suo trattamento selvicolturale storico è il ceduo a sterzo, con turni di 10/12 anni per consentire alla popolazione di favorire dell'uso civico per l'approvvigionamento della legna da ardere. Non presenta particolari avversità se non la diffusa presenza di galle fogliari di *Mikiola Fagi*, un

piccolo dittero fitofago, e cancri dovuti a specie del genere *Diplodia*. Con il cambiamento climatico le zone estreme del suo areale potrebbero mutare. Probabilmente, si osserverà una sua diminuzione al limite Sud ed una avanzata verso Nord a causa del riscaldamento di quest'ultime (K. Kramer, et al. 2010).

#### 2.4.4 Sorbo degli uccellatori

*Sorbus aucuparia L.* è una latifolia dalle piccole dimensioni diffusa largamente dal Sud Europa sino alla Scandinavia (San-Miguel-Ayanz J et al. 2016). La sua altezza massima si aggira intorno ai 15-20m nei siti fertili, mentre in quelli più poveri può assumere sembianze da arbusto (Raspè et al. 2000). È una specie pioniera dalla vita relativamente breve, solitamente non raggiunge mai i 100 anni di età. Ciononostante, rispetto ad altre pioniere, possiede una discreta tolleranza nei confronti dell'ombra ed è facile da riscontrare nel piano dominato delle peccete (S.Zebre et al. 2001). È una specie monoica con numerosi fiori ermafroditi bianchi riuniti in vistose infiorescenze che fioriscono intorno a Maggio/Giugno (P. S. Savill 2013). I frutti, bacche rosse, appaiono intorno ad Agosto/Settembre ma possono rimanere attaccate alla pianta per quasi tutto l'inverno; rappresentando dunque una delle più importanti fonti trofiche per numerose specie dell'avifauna. Le bacche sono molto nutrienti, in particolare di vitamina C e ricche di antiossidanti. La disseminazione è zoocora, i semi dentro alle bacche sono resistenti al tratto digestivo degli uccelli che, defecando, li disperdono nell'ambiente. Predilige terreni acidi, con pH intorno a 7; non sopporta i ristagni idrici ma nemmeno terreni secchi (San-Miguel-Ayanz J et al. 2016). È una specie che tollera le alte temperature estive purché non accompagnate da stress idrico ma resiste molto bene anche al freddo e al ghiaccio (Raspè et al. 2000). Possiede un legno duro e tenace ma non durevole che può essere utilizzato per mobilio e artigianato in genere (P. S. Savill 2013). Grazie alle sue radici avventizie è una specie usata nell'ingegneria naturalistica per consolidare sponde e versanti. Non presenta particolari avversità dal punto di vista parassitario se non la possibilità di essere attaccato da specie del genere *Lymantria* e dal comune *Heterobasidium annosum*. A causa del riscaldamento globale il suo areale Nord si sta espandendo mentre ci si aspetta un suo calo nel futuro in Europa meridionale e centrale. (San-Miguel-Ayanz J et al. 2016).

#### 2.4.5 Betulla

*Betula pubescens Ehrh.* è una latifoglia di ridotta grandezza che cresce prevalentemente nelle regioni boreali ma anche nelle zone montuose dell'Europa centrale e delle Alpi (San-Miguel-Ayanz J et al. 2016). Raggiunge altezze di circa 20m ed un'età raramente superiore ai 100 anni (K. Shaw et al. 2014). È una specie eliofila e poco esigente in termini di condizioni di suolo. Nelle regioni boreali la si può trovare come specie principale anche in boschi puri e al limite della tree line, mentre alle nostre latitudini si comporta maggiormente da pioniera grazie soprattutto ai suoi semi molto leggeri (M. D. Atkinson 1992). È una pianta monoica con fiori unisessuali; i maschili riuniti in amenti lunghi con dispersione del polline la primavera successiva, mentre i femminili sono amenti più piccoli che si trasformano in frutti dalla quale si disperdono centinaia di semi alati (A. Praciak et al. 2013). La disseminazione è dunque barocora ma che avviene in maniera abbondante ogni 2-3 anni (San-Miguel-Ayanz J et al. 2016). Dal punto di vista delle caratteristiche pedologiche non è una specie particolarmente esigente, tollera i terreni acidi e le situazioni povere di nutrienti (A. F. Mitchell et al. 1974) ma è suscettibile al vento e alla siccità. Dal punto di vista produttivo rappresenta una delle più importanti specie da legno duro del mercato nordico. Viene usata prevalentemente come legna da ardere o pasta da carta ma anche da biomassa. Alle nostre latitudini, non essendoci una sua presenza particolarmente elevata, assume un ruolo importante nella protezione e nella diversificazione delle specie. Il suo legno, molto duro, può essere utilizzato anche per l'intaglio e la produzione di utensili legnosi. Dal punto di vista fitosanitario, le foglie sono spesso attaccate da insetti minatori che ne compromettono la vitalità, esponendo la pianta ad attacchi secondari come da funghi del genere *Poliporus* (Green et al. 2007). Le giovani piante possono essere attaccate dall' *Hylobius abietis*, soprattutto se la betulla si trova in popolamenti misti con abete rosso.

#### 2.4.6 Salicone

*Salix caprea L.* è una piccola latifoglia diffusa largamente in tutta Europa e parte dell'Asia. L'epiteto scientifico deriva dal fatto che le sue foglie, edibili, venivano usate come foraggio per i caprini. È una pianta dalla vita breve, talvolta arbustiva e talvolta arborea, solitamente alta 10m e che occasionalmente raggiunge i 40 cm di diametro (Kuusinen 1995). È una specie pioniera, fortemente eliofila e dal rapido accrescimento. È una pianta dioica con fioritura precoce e anticipata rispetto all'emissione fogliare (Kay, Q. O. N. 1985). La sua fioritura è particolarmente importante per le specie

impollinatrici in quanto ricca di polline e nettare e dato che rappresenta una delle prime fioriture forestali. Viene quindi considerata una specie mellifera. Il salicome è una pianta che predilige terreni calcarei ma che si adatta bene a quasi tutte le situazioni di condizioni pedologiche (San-Miguel-Ayanz J et al. 2016). Lo si trova spesso nei popolamenti di abete rosso con betulla e sorbo, favorito soprattutto dalla creazione di gap provocati dai disturbi naturali (Nummi et al. 2013). In Nord Europa viene usato largamente per le short-growth plantations per la produzione di biomassa e legna da ardere. La sua presenza inalza la biodiversità in quanto ospitante molte specie di licheni e muschi (Gu et al. 2001).

#### 2.4.7 Larice

*Larix decidua* Miller. è una conifera caducifoglia diffusa in Europa centrale e dell'Est (Coutinho et al. 2010). Può raggiungere altezze intorno ai 50m, diametri superiori al metro e un'età massima vicina ai 1.000 anni nei siti dove cresce lentamente (Farjon et al. 2018). È una specie monoica; i coni maschili sono di colore giallo mentre quelli femminili sfumano dal rosa al rosso. I coni rimangono attaccati alla pianta anche per dieci anni e quando vecchi cadono (San-Miguel-Ayanz J et al. 2016). È una specie pioniera ed eliofila che colonizza substrati disturbati da eventi calamitosi come frane e valanghe. Nell'arco alpino si trova in maniera naturale alle alte quote sopra i 1800m s.l.m. sino al limite del bosco. In basso condivide lo spazio con abete rosso e abete bianco mentre più in alto con *Pinus cembra* L. e *Pinus mugo* Turra, ma può comunque formare popolamenti puri, spesso radi (Del Favero 2004). Grazie al suo alto valore economico spesso viene piantato a quote più basse dove però dura di meno ed è maggiormente suscettibile ad attacchi fungini e di *Zeiraphera diniana* (San-Miguel-Ayanz J et al. 2016). Ad alta quota svolge una grande funzione di protezione ma spesso può sopperire a causa della caduta di massi (Dorren et al. 2005). Grazie alla sua longevità e alla durabilità del legno è considerata come pianta ottima per la dendrocronologia. Il suo legno è molto apprezzato per la costruzione, soprattutto per tutti quei materiali che necessitano di resistenza in acqua.

### 3 INQUADRAMENTO DELL'AREA

#### 3.1 L'Altopiano dei Sette Comuni

L'Altopiano Dei Sette Comuni, chiamato anche Altopiano di Asiago, è un vasto altopiano situato sulle Prealpi Venete in provincia di Vicenza.

Il suo nome deriva dal fatto che è formato da sette comuni: Asiago, Gallio, Foza, Roana, Rotzo, Enego, Lusiana-Conco (recentemente unificati). Il territorio dell'Altopiano si estende in un'ampia zona delle Prealpi venete, racchiuso dalla Valle del Centa e la Valle dell'Astico sul fronte occidentale, dalla Val di Sella e la Valsugana a nord, dal fiume Brenta ad est, mentre sul versante meridionale degrada verso la pianura vicentina attraverso una stretta fascia di rilievi ed avvallamenti collinari (Regione del Veneto 2020). Per quanto riguarda la geologia, l'Altopiano è un territorio fortemente carsico che poggia su un basamento costituito da dolomia, mentre gli strati superiori sono formati da calcari grigi ai quali localmente si aggiungono il rosso ammonitico, il biancone e la scaglia rossa. Proprio per sua conformità carsica, i terreni dell'Altopiano sono piuttosto asciutti (salvo eccezioni), e l'acqua di precipitazione si infiltra nel terreno e discende nel fiume Brenta nei pressi delle grotte di Oliero.

Il clima è suddivisibile in tre tipologie, temperato fresco nei territori sino a 1700 m s.l.m.; temperato freddo dai 1700 ai 1900 m s.l.m. e freddo al di sopra sino alle vette. Dal punto di vista pluviometrico si registrano valori di piovosità medi annui intorno ai 1400- 1500 mm con due massimi e due minimi annui; i picchi massimi a Maggio e a Novembre e i picchi minimi a Gennaio e Luglio (Barbi A. et al. 2013).

L'Altopiano si sviluppa per una superficie di oltre 600 km<sup>2</sup> entro un intervallo altimetrico compreso tra i 600 e i 2.300m s.l.m.. Osservando il territorio dall'alto si possono inoltre distinguere due piani. Un primo, situato a quote comprese tra 1.000 e 1.100m s.l.m., che rappresenta la conca centrale dove si sono sviluppati la maggior parte dei centri abitati, ed un secondo, situato ad una quota compresa tra i 1.500 e 2.300 m s.l.m., che rappresenta la zona alta dell'Altopiano, quasi totalmente incontaminata, luogo di aspre battaglie del passato e sede ora di fauna e flora pregiata. Quest'ultimo è anche il luogo dove vi si trovano le cime più rilevanti delle Prealpi Venete, rappresentate da Cima Portule (2.320m s.l.m.) e Cima Dodici (2.337m s.l.m.) (Regione del Veneto 2020).

### 3.2 Aspetti forestali

Il patrimonio boschivo ricopre circa il 66 % del territorio altopianese, corrispondente ad una superficie di circa 30.911 ettari. Il territorio dell'Altopiano parte dal piano collinare nei pressi della vicina pianura vicentina, sino alle modeste cime che fanno da confine con la Valsugana. Questa sua conformazione permette la presenza di ben 22 tipi forestali, suddivisi in 12 categorie (Corona P et al. 2010).

| <b>Tipologia forestale</b>                    | <b>Superficie occupata (ha)</b> |
|---|---------------------------------|
| Abietetto esomesalpico montano                | 4.776                           |
| Aceri-frassineti tipici                       | 81                              |
| Arbusteto                                     | 217                             |
| Castagneto dei substrati magmatici            | 6                               |
| Castagneto dei suoli mesici                   | 13                              |
| Faggeta altimontana                           | 143                             |
| Faggeta altimontana tipica esalpica           | 6.031                           |
| Faggeta altimontana tipica esomesalpica       | 958                             |
| Faggeta submontana con ostria                 | 1.338                           |
| Faggeta submontana dei suoli mesici           | 63                              |
| Formazioni antropogene di conifere            | 3.943                           |
| Lariceto primitivo                            | 5                               |
| Lariceto tipico                               | 2.279                           |
| Mugheta microterma                            | 1.746                           |
| Orno-Ostrieto primitivo                       | 46                              |
| Orno-Ostrieto tipico                          | 1.042                           |
| Ostrio-Querceto tipico                        | 49                              |
| Pecceta dei substrati carbonatici altimontana | 3.101                           |
| Pecceta secondaria montana                    | 5.007                           |
| Pineta di pino silvestre esalpica tipica      | 39                              |
| Robinieto                                     | 25                              |
| Salici e altre forme riparie                  | 4                               |

|               |               |
|---------------|---------------|
| <b>TOTALE</b> | <b>30.911</b> |
|---------------|---------------|

Tabella 2: Distribuzione del patrimonio boschivo (Corona P et al, 2010).

La pianificazione forestale è stata attuata sin dagli anni 30' e allo stato attuale ogni comune dell'altopiano è regolato da piani di riassetto forestale, rinnovati ogni 10 anni. (Corona P et al. 2010). La principale funzione attribuita alle particelle di riassetto è quella produttiva (17.650 ettari), mentre tre volte inferiore risulta la superficie classificata a funzione protettiva. I boschi produttivi sono localizzati prevalentemente nella piana centrale e nelle zone a Sud mentre le particelle protettive o con funzione ambientale sono quasi tutte riscontrabili nelle zone alte a Nord (Figura 3).

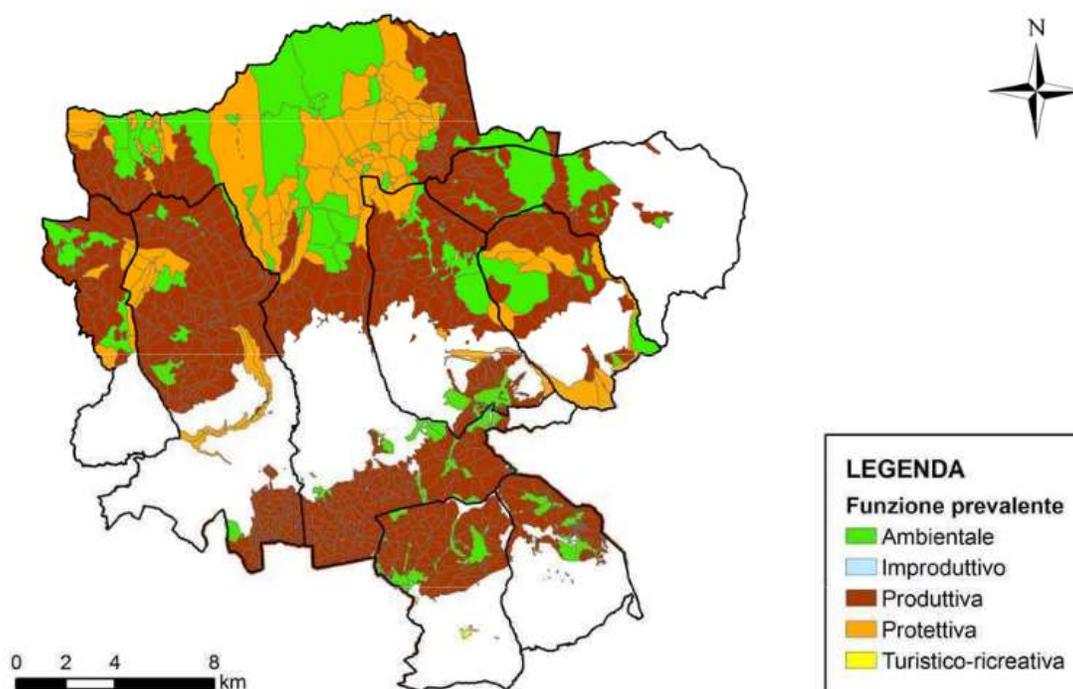


Figura 3: Funzione prevalente attribuita alle particelle (Regione del Veneto 1999)

La provvigione dei boschi altopianesi ammonta a circa 3.665.000 m<sup>3</sup> mentre la provvigione media si attesta intorno ai 187 m<sup>3</sup>/ha per le particelle produttive e 94 m<sup>3</sup>/ha per le particelle a funzione protettiva (Corona P et al. 2010). Essendo il bosco dominato prevalentemente da conifere, la fustaia è

la forma di governo più diffusa mentre il ceduo è usato perlopiù nelle faggete con finalità di legna da ardere.

Dal punto di vista selvicolturale, sino agli anni 70' l'approccio era indirizzato verso la produzione, con riprese annue importanti che non permisero grandi crescite della provvigione. Successivamente, vi fu' un cambio di rotta, dettato da pensieri dell'epoca, verso una selvicoltura molto più naturalistica, facendo calare in maniera notevole le riprese, valorizzando maggiormente l'aspetto ambientale e turistico. Questa politica ha permesso da un lato un incremento notevole delle provvigioni, dall'altro un invecchiamento di alcune particelle mature o stramature che rendono la pianificazione futura piuttosto difficile.

Gli elementi storici che hanno caratterizzato l'evoluzione dei boschi altopianesi sono stati Tre: l'allevamento ovino con il quale quasi totale abbandono ha portato alla scomparsa dei pascoli ad alta quota, ora invasi dal pino mugo, attualmente oggetto di discussione per una sua utilizzazione per il recupero dei pascoli; la Grande guerra e la recente tempesta Vaia e l'attacco da *Ips Typographus*.

### 3.3 La Grande Guerra e i boschi dell'Altopiano

Uno degli avvenimenti che più ha influenzato il patrimonio boschivo e il paesaggio altopianese è stata la Prima Guerra Mondiale che, scoppiata proprio in Altopiano con un colpo di cannone sparato dal Forte Verena il 24 Maggio del 1915, ha distrutto gran parte dei boschi e cambiato radicalmente le sembianze del territorio. Prima della Grande Guerra l'Altopiano era formato da 22.860 ettari di bosco, di cui 18.660 ad alto fusto, composti principalmente da abete rosso e abete bianco; mentre 4.200 ettari di ceduo quasi esclusivamente di faggio (Zovi 2017). La proprietà era per lo più comunale (il 91% dell'alto fusto) e, secondo una stima dell'epoca, prima della guerra si tagliavano non meno di 35.000 m<sup>3</sup> all'anno di legname da opera. I dati sulla perdita di patrimonio boschivo furono impietosi: il 35% del bosco sparì completamente, il 49 % risultò fortemente danneggiato e solo il rimanente 15 % rimase indenne (Zovi 2017). Successivamente al conflitto, intorno agli anni 20', partì un'intensa campagna di rimboschimento con un duplice scopo: risanare il patrimonio boschivo e fornire lavoro alle genti dell'Altopiano. Dal 1925, le piantine, una volta pronte e giudicate idonee in vivaio, furono trapiantate fino a quando, nel 1933, si poté decretare che tutta la superficie persa era stata recuperata. In tutto furono piantati circa 10 milioni di alberi con una densità iniziale di 2.500 piante ad ettaro, poi "diradate" dalla mortalità naturale (Zovi

2017). I rimboschimenti post bellici sono stati realizzati quasi totalmente in forma pura con abete rosso e solo sporadico fu l'utilizzo di altre specie come larice, *Pinus sylvestris* L., *Pinus nigra* J.F.Arnold e pino cembro. L'utilizzo dell'abete bianco e di latifoglie come faggio, acero di monte e *Tilia cordata* Mill., cominciò solo a partire dagli anni 60' e solo dagli anni 80' le latifoglie cominciarono ad essere introdotte in maniera significativa (Corona P. et al. 2010).

### 3.4 La tempesta Vaia e l'Altopiano dei Sette Comuni

Il 29 Ottobre del 2018 la tempesta Vaia si abbattè anche sui boschi dell'Altopiano lasciando a terra, secondo successive stime, circa un milione di m<sup>3</sup> di legname di cui quasi 350.000 nella sola Piana di Marcesina; in assoluto la zona più colpita dell'Altopiano dei Sette Comuni. Le formazioni più colpite sono state le peccete monospecifiche e coetaneiformi che si trovavano nella direzione favorevole del vento, come le vallate della Val d'arsa, Val Gadena e le Melette di Gallio, con schianti di estese superfici. Poche furono le altre specie coinvolte ad eccezione di qualche faggio stroncato. Spesso, non è raro osservare porzioni schiantate con al centro esemplari sorprendentemente in piedi di abete bianco o faggio. Probabilmente la composizione e forma dei boschi altopianesi hanno contribuito ad accentuare gli effetti del vento: infatti, dove la struttura risultava essere più eterogenea, il bosco ha risposto decisamente meglio subendo meno danni, anche se risulta difficile poter valutare l'efficacia di un tipo di trattamento selvicolturale rispetto ad un altro di fronte ad un vento a quelle soglie di intensità (Gardiner et. al 2013).

La tempesta Vaia non sconvolse solo il patrimonio boschivo e il paesaggio ma bensì tutto il settore forestale locale: le ditte altopianesi dovettero adeguarsi al nuovo materiale da raccogliere con l'acquisto di costosi e potenti macchinari e manodopera da formare alla particolare situazione; il prezzo del legname calò drasticamente a causa dell'immissione nel mercato di ingenti quantità di materiale; i comuni si videro azzerare le riprese per moltissimi anni e il legname fu svenduto ad acquirenti esteri. Cambiò dunque il modo di lavorare in bosco. Le enormi superfici di schianti furono raccolte da macchinari sino ad allora poco conosciuti alle nostre latitudini, chiamati harvester e forwarder; macchinari che da un lato hanno migliorato le condizioni lavorative in bosco ma dall'altro hanno inevitabilmente impattato nel territorio con segni ancora tangibili.

### 3.5 La Piana di Marcesina

La Piana di Marcesina è un esteso altopiano collocato a Nord-Est della conca principale asiaghese, situato per lo più nel comune di Enego (VI) (Figura 5). Chiamata anche Finlandia d'Italia per la sua conformità, per i suoi boschi e per le sue temperature gelide invernali, è luogo dove sono situate buona parte delle malghe altopianesi. L'altezza media della piana si aggira intorno ai 1350m s.l.m.. L'esteso altipiano è delimitato ad Ovest da rilievi modesti quali il monte Cimon di Campocavallo (1514m s.l.m), il Pontecche (1658m s.l.m) e i Frattoni del Conte (1522m s.l.m); ad Est dai crinali della Forcellona (1483m s.l.m) e di Col del Lovo (1512m s.l.m) e dai rilievi di monte Chempele e Lisser, rispettivamente 1547 e 1633 m s.l.m. (Novello 2018). Dal punto di vista geomorfologico la Marcesina risulta tributaria della Val Gadena, una valle profondamente incisa che, da rivolo nel tratto superiore, si trasforma in un profondo canyon che sbocca sulla Valsugana. Nel centro della piana sono situate le più grandi e importanti torbiere del vicentino, conosciute con il nome di "Palù di San Lorenzo" (Figura 4) e "Palù di sotto". Queste due situazioni particolari sono dovute alla presenza di residui morenici che ne hanno determinato la formazione. Presentano un'estensione di 7 ettari (San Lorenzo) e 3 ettari (Palù di sotto) e racchiudono al loro interno una grande quantità di biodiversità vegetale ed animale. Nelle stazioni comprese tra i 1200 ed i 1600 m s.l.m., tipiche dell'area compresa tra Marcesina e Valmaron, si affermano suoli bruni calcarei, caratteristici degli abieteti. Qui, spesso, l'acidificazione superficiale dipende dall'humus di aghifoglia ed è favorita dalla predominante microtermia (Novello 2018). La litologia carsico-carbonatica, così come in quasi tutto l'Altopiano, ha provocato l'assenza di corsi d'acqua perenni. L'unico scorrimento superficiale è rappresentato da rivoli provenienti dalle due torbiere. Dal punto di vista climatico la Piana di Marcesina si trova nella regione mesalpica con temperature medie giornaliere intorno ai 4.1 gradi centigradi. Il mese più caldo è quello di Luglio, con temperature medie intorno ai 14 gradi, mentre il più freddo è Gennaio con medie di circa -6.5 gradi centigradi. Sino a qualche anno fa, prima del posizionamento di alcune stazioni meteo nelle doline più a nord, Marcesina era considerato il luogo più freddo d'Italia, con temperature minime invernali anche di -30 gradi. Dal punto di vista delle precipitazioni, il regime è di tipo sub-equinoziale con un massimo in primavera ed uno in autunno e minimi in inverno. Piuttosto variabile risulta invece l'estate, soprattutto grazie all'effetto bacino creato dalla piana. La cumulata delle precipitazioni si aggira intorno ai 1500 mm annui ma con un'ampia variabilità negli anni. La stazione nivometrica situata nella piana registra in media 108 giorni piovosi annui, con 6 mesi di copertura nevosa (Novembre-Aprile). Degno di

nota è stato l'inverno del 2008 con una cumulata nevosa tra i 7 e i 9 metri con un accumulo persistente di 2m lungo tutta la stagione invernale che ha provocato notevoli schianti da neve dovuti alla sua abbondante caduta precoce.



*Figura 4: Torbiera di San Lorenzo (Foto di Matteo Varotto, 2024)*



*Figura 5: Inquadramento della Piana di Marcesina rispetto all'Altopiano dei Sette Comuni*

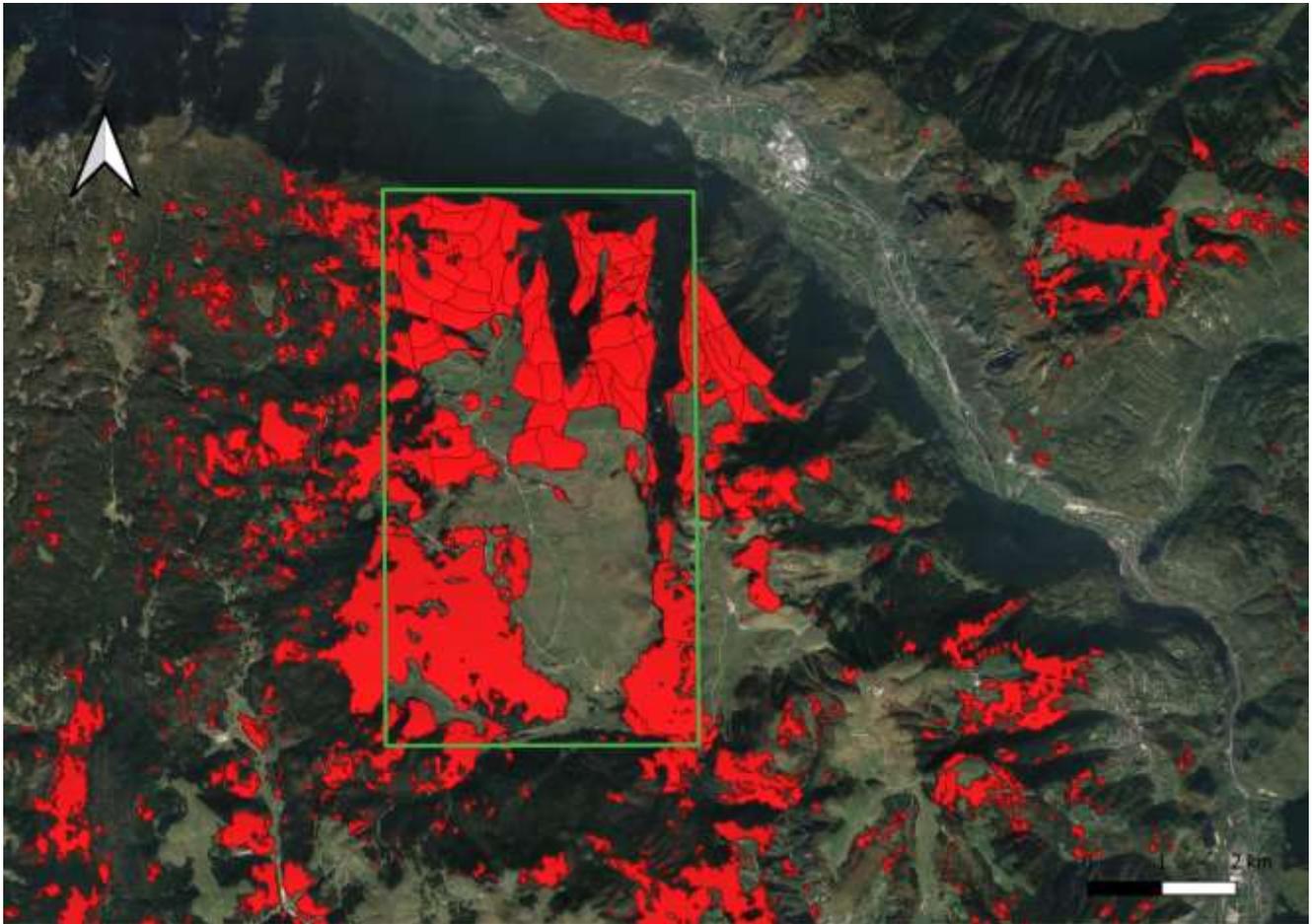
Dal punto di vista forestale, per una concomitanza tra l'azione dell'uomo e il clima piuttosto continentale, la pecceta è la formazione più largamente diffusa. Essa è frutto parzialmente del rimboschimento post bellico che ha coinvolto gran parte dell'Altopiano e per una piccola parte da un avanzamento naturale verso i pascoli della conca centrale. In particolare, i boschi nei pressi della piana, sono rappresentati dalla pecceta secondaria. Essa è la formazione più ricca provvigionalmente parlando con provvigioni di 200/400 m<sup>3</sup>ad ha ed accrescimenti intorno agli 8 m<sup>3</sup>ad ha (Novello 2018). Come da letteratura, queste peccete monospecifiche coetaniformi spesso anche a sesto regolare, sono particolarmente vulnerabili ai forti venti. Infatti, già una serie di modesti eventi, verificatisi tra il 2009 e il 2014, hanno abbattuto circa 70.000 m<sup>3</sup> di legname. Ma è nel 2018 che con la tempesta Vaia queste zone vengono pesantemente danneggiate: in un singolo evento infatti furono abbattuti 350.000 m<sup>3</sup> sono nell'area della piana. Gli schianti però, se da un lato creano un danno per molteplici funzioni antropiche, dal punto di vista dell'evoluzione naturale rappresentano una manna per l'aumento della

diversità specifica di questi popolamenti. Infatti, se all'inizio i gap originatisi favoriscono l'ingresso di specie nitrofile come *Rubus ulmifolius Schott* o il *Rubus idaeus L.*, successivamente, soprattutto nei pressi delle vecchie ceppaie, si instaura rinnovazione forestale di abete rosso, faggio, sorbo e salicene. L'insediamento di queste specie, seppur in tempi lunghi, contribuirà a diversificare la struttura, la composizione e la tessitura del popolamento (Novello 2018).

Per quanto riguarda gli interventi forestali sul popolamento, come riportato dal piano di riassetto forestale del comune di Enego, prima della tempesta Vaia erano previsti tagli ordinari nelle particelle non interessate dai vecchi schianti mentre tagli intercalari nelle particelle più colpite, con maggiore aliquota di piante deperienti o immature (perticaie, fustaie subadlute). La maggioranza di questi interventi, a seguito della tempesta, non sono e non saranno eseguiti a causa del blocco della ripresa ordinaria, sostituita prima dalla ripresa straordinaria degli schianti e ora da quella da bostrico.

Le altre specie principali presenti sono l'abete bianco e il faggio con la quale, insieme alla picea, formano i piceo-abieti-faggeti, soprattutto nel limite ovest prima di cominciare la salita verso le cime più alte. Più trascurabile risulta la presenza di larice, sorbo degli uccellatori, betulla e salicene.

La tempesta Vaia, come precedentemente detto, ha provocato ingenti danni ai boschi altopianesi, in particolare in quelli della Marcesina. La distribuzione degli schianti è stata piuttosto omogenea come visibile in Figura 6; ma anche osservando la grandezza di alcuni lotti messi all'asta negli anni successivi, alcuni dei quali presentavano quantità di legname intorno ai 43.000 m<sup>3</sup>. Letto in altre termini, un lotto di tale dimensioni rappresentava il doppio di quanto veniva tagliato in un anno in tutto l'Altopiano dei Sette Comuni. Le prime aste di legname del 2020 andarono deserte, soprattutto a causa dei lotti troppo grandi, che non permettevano alle aziende locali di potervi partecipare. Nel 2021 cominciarono ad essere assegnati i primi lotti, seppur a prezzi irrisori (anche 10 euro al m<sup>3</sup>), grazie all'entrata in scenario di grandi ditte boschive estere o italiane, in particolare della Duferco Biomasse. Vista la morfologia pressochè pianeggiante e l'omogeneità degli schianti, harvester e forwarder trovarono terreno ideale dove lavorare in maniera serrata. Tutto il materiale esboscato è stato poi stoccato in cataste lungo le strade, misurato e poi venduto. Una buona parte del legname della Marcesina è stato destinato al mercato asiatico, spedito attraverso container dal porto di Marghera. Si stima che solo nei due anni successivi alla tempesta siano passati almeno 55.000 camion solo per il trasporto del legname schiantato. (Corriere del Veneto 2022).



*Figura 6: La Piana di Marcesina e gli schianti di Vaia*

Oltre che scenario di devastazione, la Marcesina è stata tra le prime zone ad essere soggetta a rimboschimenti artificiali nelle aree schiantate. Diversi sono stati i piccoli rimboschimenti di alcuni ettari di superficie già realizzati con specie tendenzialmente più adatte e utilizzando sempre una buona quota parte di latifoglie per assistere la transizione dalle conifere. Un progetto molto più ampio, chiamato “Marcesina masterplan”, è sostenuto da Veneto Agricoltura, Comune di Enego, Regione del Veneto e Coldiretti Vicenza e prevede il ripristino di 800 ettari di foresta distrutta dalla tempesta. All’interno di questa superficie, però, non verranno solamente piantati alberi ma bensì previste zone a libera evoluzione e la creazione di nuovi pascoli in aree dove prima era bosco (Veneto Agricoltura 2022). Uno di questi rimboschimenti è stato creato esattamente nei pressi dell’area oggetto di studio di questa tesi.

### 3.6 L'area di studio

L'area dove sono stati raccolti i dati è situata a Nord- Est della Piana della Marcesina ad una quota di circa 1.350 m s.l.m, nei pressi della Torbiera di San Lorenzo. Essa si estende per una superficie di circa 8,8 ettari ed è delimitata: a Nord e ad Est da due strade forestali con divieto di accesso; a Sud da un rimboscimento artificiale recentemente realizzato; ad Ovest dal margine del bosco rimasto in piedi dopo la tempesta Vaia (Figura 5). L'esposizione è di tipo Sud-Est. Il suolo è tipicamente calcareo, l'influenza della torbiera sembra cominciare a seguito della strada forestale situata ad Est. L'area non presenta pendenze significative ma possiede un andamento sinuoso fatto di molti impluvi e displuvi. All'interno è situato l'ex cimitero del milite ignoto: un'opera commemorativa della Prima Guerra Mondiale che viene mantenuta con sfalci dell'erba nei pressi del margine fatto in massi. Il precedente soprassuolo era una pecceta sostitutiva, originaria del grande rimboscimento artificiale degli anni 20' del passato secolo. Il margine boschivo è composto prevalentemente da abete bianco, ma anche da abete rosso e qualche faggio. L'area, soggetta a schianto esteso a seguito della tempesta, ha subito l'esbosco via terra tramite harvester e forwarder già a partire dall'estate del 2019. Nei pressi della strada forestale collocata ad est, si notano segni di stoccaggio del materiale esboscato, che hanno lasciato un notevole strato di lettiera di truciolato e corteccia.



Figura 7: Inquadramento dell'area di studio

## 4 MATERIALI E METODI

La selezione dell'area di studio non ha seguito criteri particolari. È stata individuata una zona mediamente omogenea dal punto di vista topografico, adatta al lavoro di raccolta dati vista la facile accessibilità e dove nei pressi risultano presenti già alcuni rimboschimenti. Inoltre, la presenza di due strade ad "L", rende la zona circoscritta ancor più vocata allo studio. Lo sviluppo del lavoro può essere suddiviso in due parti: una prima fase con raccolta dati in campo ed una seconda che prevede l'elaborazione statistica degli stessi tramite foglio di lavoro Excel e Past (Paleontological Statistics Software)

### 4.1 Raccolta dati in campo

In campo sono stati eseguiti dei transetti lineari a partire dal margine del bosco, che rappresenta il limite dello schianto, sino alla strada principale, ad una distanza di quindici metri l'uno dall'altro. Essi sono stati suddivisi secondo due criteri; transetti classici eseguiti a quindici metri di distanza l'uno dall'altro, dall'inizio alla fine dell'area di studio; transetti realizzati all'interno dell'area ma eseguiti rispettivamente tre all'interno delle piste di esbosco create dal passaggio dei macchinari e tre appena al di fuori delle piste stesse. Per tale motivo gli ultimi sei transetti sono stati nominati a coppie di numeri uguali ma con davanti la lettera "a", che rappresenta il rilievo all'interno della pista e la lettera "b" rappresentante il rilievo appena fuori dalla stessa.

Per ogni transetto eseguito sono stati creati dei piccoli plot ad una distanza di dieci metri cadauno della dimensione di due metri per due metri dove all'interno sono stati individuati tutti i seguenti parametri tramite stima visiva:

- Presenza di impluvio o displuvio;
- Copertura arborea (%);
- Copertura arbustiva (%);
- Copertura erbacea (%);
- Suolo nudo (%);
- Rocce affioranti (%);
- Lettieria (%);
- Erba a foglia larga (%);
- Erba a foglia stretta (%).

Dopo la fase di stima dei parametri dell'area si è passati al rilievo delle piante arboree presenti, in particolare si è andato a contare il numero di piantine suddiviso per specie.

Per ogni piantina rilevata è stata fatta distinzione tra quelle cresciute prima dell'evento Vaia e quelle dopo, osservando il numero di palchi presenti sulla pianta stessa. Inoltre, è stata anche indicata la locazione o meno dei plot nelle piste di esbosco di harvester e forwarder.

Aggiuntivamente a queste informazioni sono state talvolta raccolte anche delle note relative all'intero transetto o al singolo plot. Alcuni esempi di note sono: la presenza di erba particolarmente alta in un rilievo, la presenza di una ceppaia di Vaia, la presenza di una vecchia ceppaia, la presenza di una pianta matura isolata nelle vicinanze, il tipo di lettiera, presenza di rovi e altre caratteristiche peculiari del rilievo. Alcune di queste informazioni rimarranno fine a loro stesse ma permetteranno di inquadrare meglio la situazione, altre consentiranno di eseguire confronti ben precisi come la differenza di comportamento della rinnovazione nei plot in cui è presente un'alta percentuale di erba, di rovi o di necromassa.

Gli strumenti utilizzati sono una cordella metrica da 30m, una bussola e un quaderno di campo dove sono stati riportati manualmente tutti i dati, poi trasferiti su foglio di lavoro Excel.



*Figura 8: Rilievo del numero di specie presenti nel plot (Foto di Maria Riccadonna, 2023)*

## 4.2 Elaborazione statistica dei dati

Durante i mesi invernali del 2024 i dati sono stati elaborati su foglio di lavoro Excel e tramite il software Past. L'elaborazione è suddivisibile in diversi capitoli: la numerosità delle piante, l'andamento spaziale della rinnovazione lungo i transetti, l'effetto delle vie di esbosco sulla rinnovazione forestale e gli effetti delle caratteristiche micro-stazionali sulla possibilità di insediamento della rinnovazione.

### 4.2.1 La numerosità delle piante

Al fine di ottenere una stima del numero di piante per specie e del numero totale di piante all'ettaro presenti nell'area di studio è stato sommato prima, il numero totale di piante rilevato nelle 491 aree di saggio eseguite, rapportando il valore alla superficie di un ettaro (10.000 m<sup>2</sup>); poi suddiviso per singole specie ed infine classificato a seconda della loro appartenenza a rinnovazione nata prima di Vaia (indicata come rinnovazione pre-Vaia) o a rinnovazione nata successivamente alla tempesta (indicata con il nome di rinnovazione post-Vaia).

### 4.2.2 Distinzione tra specie pioniere e definitive

Per osservare meglio il comportamento della rinnovazione naturale a seguito del disturbo, le sette specie rilevate sono state suddivise in due categorie: pioniere e definitive. È stata dunque valutata la percentuale presente delle due categorie e la tipologia di rinnovazione (pre o post-Vaia) prevalente delle stesse.

### 4.2.3 Andamento spaziale della rinnovazione

Al fine di osservare con miglior precisione la distribuzione delle piante lungo l'intera lunghezza dei transetti, l'area è stata suddivisa in tre zone. Una prima a partire dal margine del bosco sino a 40m da esso; una seconda da 40m di distanza dal margine sino a 100m ed una terza dai 100m sino alla strada principale. La scelta di tali distanze non è stata casuale ma dedotta sia dalla letteratura che dai grafici del presente studio. Infatti, in entrambe le situazioni, la maggior parte della rinnovazione naturale delle specie più importanti (abete rosso e abete bianco) è concentrata nei primi metri dopo il margine per poi quasi scomparire oltre i 100m. l'andamento delle singole specie è invece stato realizzato interamente a partire dal margine del bosco (0 metri), sino alla strada forestale (370 metri).

#### 4.2.4 L'effetto delle piste di esbosco sulla rinnovazione naturale

Al fine di valutare l'effetto delle vie di esbosco sull'insediamento della rinnovazione naturale è stato indicato per ciascun rilievo, la presenza o meno del passaggio dei macchinari. Sono inoltre stati eseguiti tre coppie di rilievi seguendo tre piste di esbosco. In particolare, ogni coppia presenta un rilievo effettuato all'interno della pista ed uno eseguito appena al di fuori. Lo scopo è dunque quello di valutare quanto la realizzazione delle vie di esbosco abbia impattato nel processo di ricolonizzazione delle specie forestali.

#### 4.2.5 Gli effetti delle condizioni micro-stazionali sulla possibilità di insediamento della rinnovazione

I vari parametri delle singole microstazioni, individuati tramite stima visiva assegnando una percentuale a seconda della loro presenza, sono stati analizzati al fine di osservare eventuali correlazioni. Usando il software statistico Past (Palentological statistics), è stato eseguito il test di correlazione tra la numerosità della rinnovazione forestale (divisa in pre e post-Vaia) e tutti i vari fattori. Per la verifica è stato utilizzato il coefficiente di Kendall's tau. La scelta di tale metodo è dovuta al fatto che la distribuzione delle variabili non era lineare e quindi il coefficiente lineare di Pearson non risultava adatto.

#### 4.2.6 L'effetto della morfologia del terreno sull'insediamento della rinnovazione

Utilizzando il software Past per eliminare eventuali outliers, è stato valutato il possibile effetto sulla rinnovazione forestale da parte della diversa morfologia del terreno, osservando il numero di rinnovazione presente nelle zone di impluvio e quelle di displuvio.

## 5 RISULTATI E DISCUSSIONE

I rilievi sono stati eseguiti nel mese di Agosto 2023, a 4 anni e 10 mesi di distanza dalla tempesta Vaia, in un'area di studio di 8,8 ha (Figura 9). In totale sono stati realizzati 21 transetti e 491 aree di saggio lineari seguendo i criteri di distanza già espletati in materiali e metodi, mentre 6 transetti e 98 aree di saggio seguendo alcune piste di esbosco per valutare il loro effetto sulla rinnovazione (Figura 10). La lunghezza dei transetti risulta variabile a causa dell'irregolarità del margine, con una lunghezza minima di centoventi metri (transetti n° 24a e 24b) e una massima di trecentosettanta metri (transetto n°4).

Le 491 aree di saggio occupano una superficie complessiva di 2.356 m<sup>2</sup>.

Le specie forestali trovate nello studio sono 7: abete rosso, abete bianco, faggio, salicione, betulla, sorbo degli uccellatori e larice (Grafico 1).

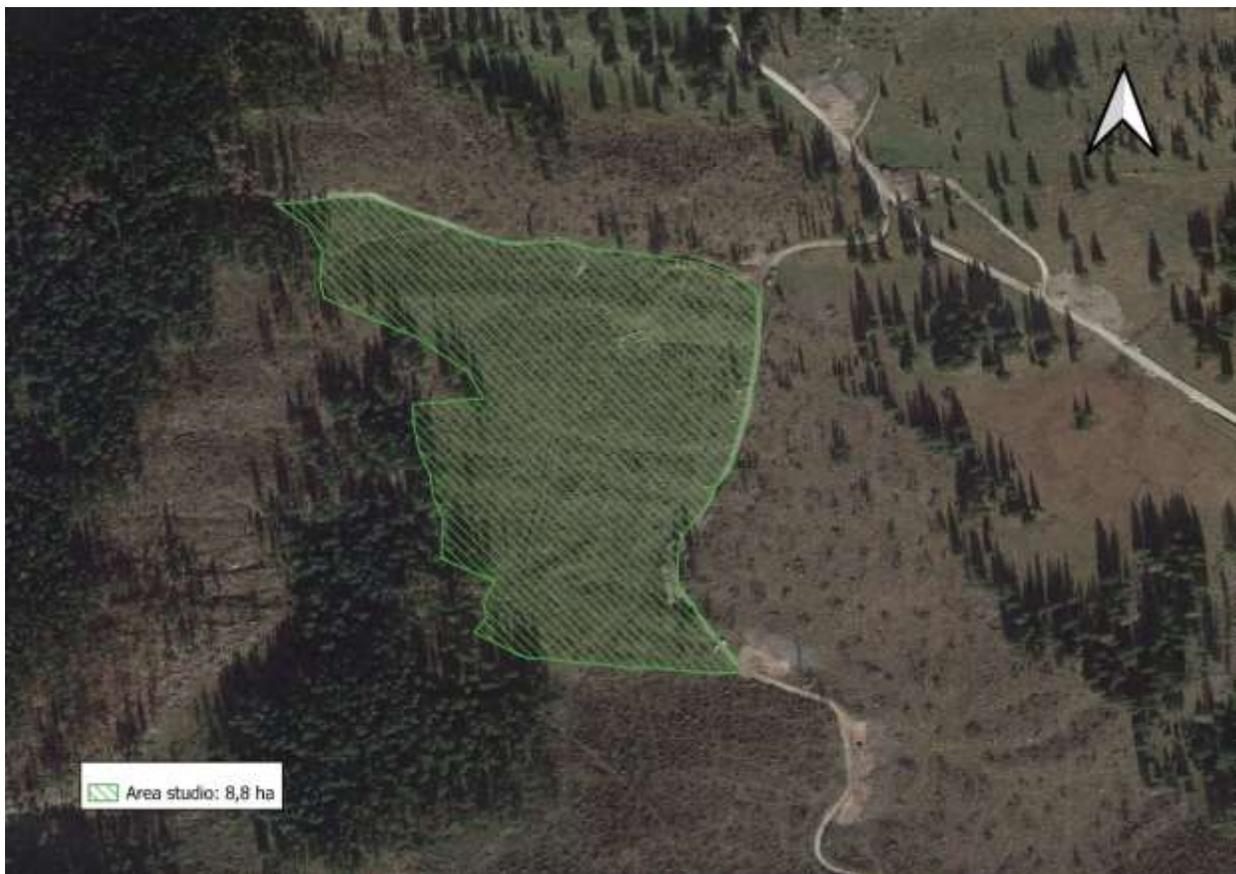


Figura 9: Superficie area di studio



Figura 10: Rappresentazione dei transetti e dei plot realizzati

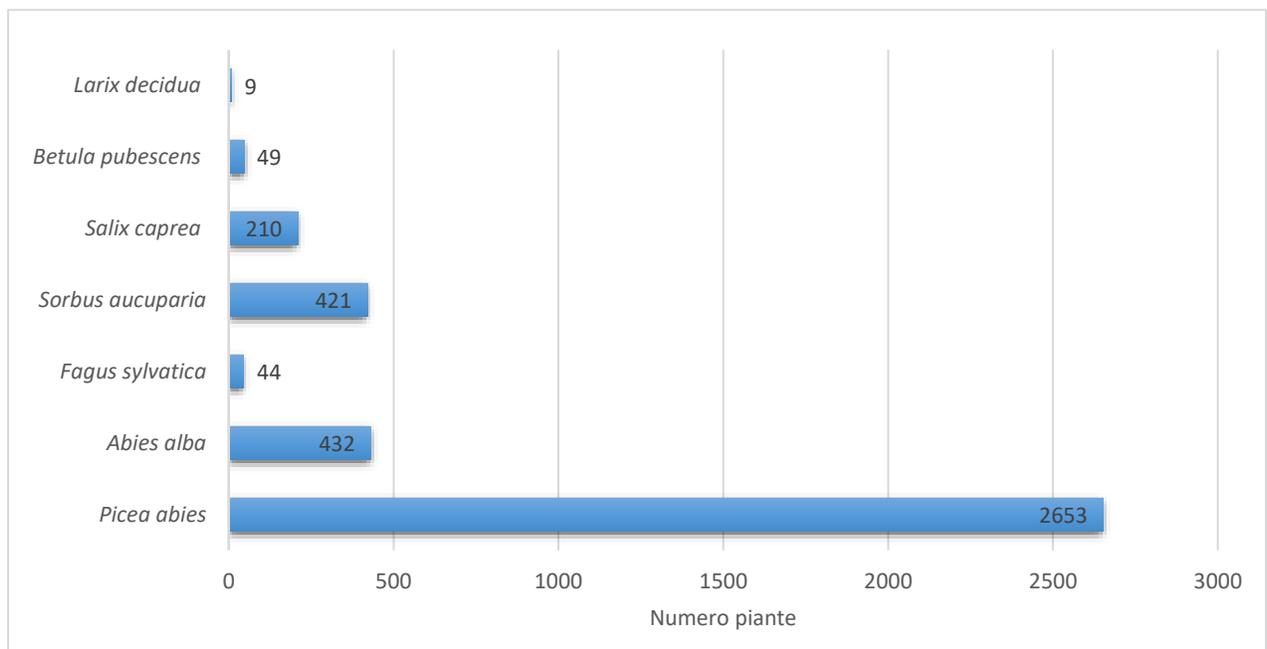


Grafico 1: Numero di piante effettivo rilevato per ogni specie

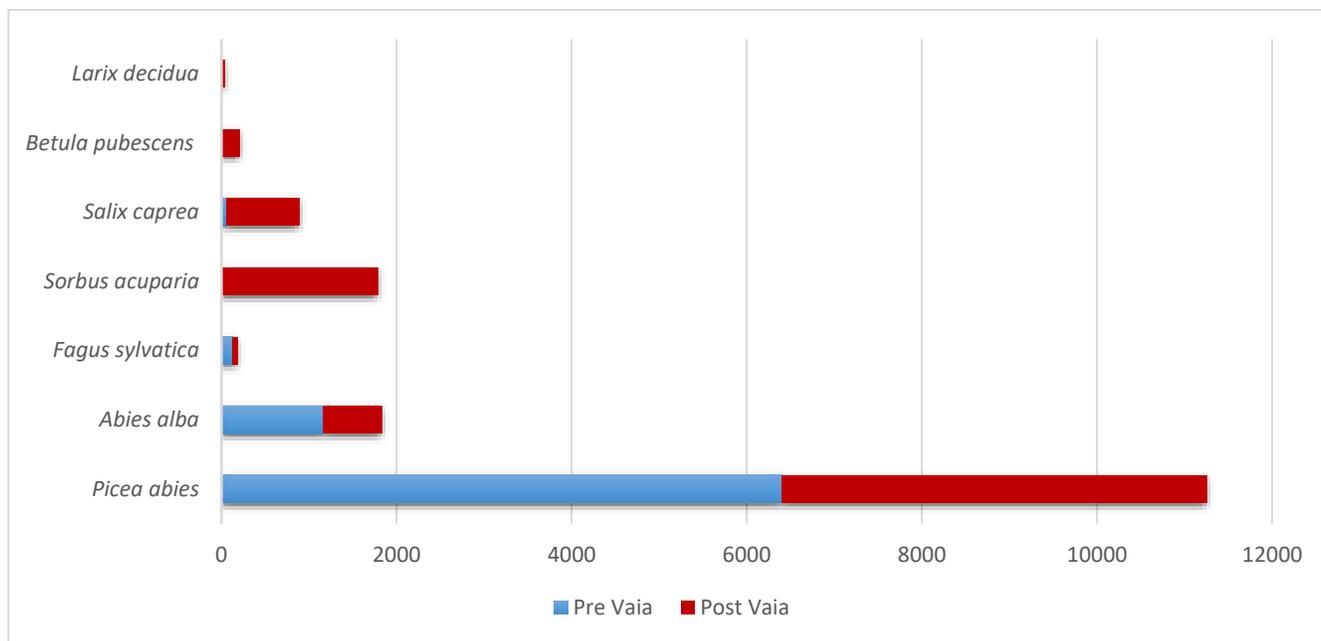


Grafico 2: Numero di piante all'ettaro suddivise in pre e post-Vaia

Complessivamente, All'interno dei 491 plot, sono state rilevate 3.818 piantine, corrispondenti a 16.205 piante ad ettaro.

Per quanto concerne la rinnovazione antecedente a Vaia, dai calcoli emergono esserci 7.750 piantine ad ettaro. La specie presente con maggiore frequenza è l'abete rosso con 6.405 unità, circa l'82% dell'intero campione. Successivamente troviamo l'abete bianco che, con 1.163 piante rappresenta il 15 % del campione. Cifre molto più contenute per faggio e salicene, che rappresentano rispettivamente l'1,6% e il 0,71%. I dati mostrano che la rinnovazione preesistente è caratterizzata principalmente da specie definitive, tolleranti l'ombra. Ciò potrebbe ricondursi alla densità ad ettaro della pecceta caduta sotto le raffiche di Vaia che non permetteva, o quasi, l'instaurarsi di altre specie. Alla lista di piante mancano sorbo, larice e betulla, specie pioniere che trovano maggiore diffusione nei terreni smossi dopo eventi come Vaia. Inoltre, nella zona circostante l'area di studio, non sono stati osservati esemplari adulti di queste ultime due specie.

Osservando invece i dati delle piante nate dopo la tempesta, in totale sono presenti 8.455 piante ad ettaro. È possibile notare la presenza di tutte e sette le specie forestali, con una maggiore equidistribuzione tra pioniere e definitive: rispettivamente 45% e 65%. Similmente alla situazione prima di

Vaia, anche qui l'abete rosso domina le statistiche con 4.856 individui ad ettaro. Questo valore può essere letto in due maniere; da un lato testimonia la forza dell'abete rosso nel rilasciare molto seme, pronto a colonizzare nuovamente gli spazi persi; dall'altro, può essere giustificato dalla presenza di un margine costituito in buona parte proprio dal peccio. Ciononostante, questo rilievo rappresenta solo una fotografia attuale di una lunga fase che poi porterà alla formazione di un bosco vero e proprio. Infatti, tutte queste migliaia di plantule di abete rosso saranno poste a stenua prova dalla competizione con lo strato erbaceo e arbustivo che presentano una crescita iniziale molto più rapida. La seconda specie per numerosità è il sorbo degli uccellatori che, presente con 1.787 individui, rappresenta la specie pioniera più diffusa tra la rinnovazione instauratasi dopo Vaia. Dati nell'ordine delle centinaia per salicome (836 individui), abete bianco (671 individui) e betulla (208 individui). Decisamente più bassi i numeri di faggio e larice, entrambi presenti in maniera irrisoria rispettivamente con 59 e 38 individui ad ettaro.

### 5.1 Specie pioniere e definitive

Per una maggiore comprensione del comportamento della rinnovazione forestale nell'area di studio, le 7 specie forestali sono state suddivise in pioniere (sorbo degli uccellatori, salicome, betulla e Larice) e definitive (abete rosso, abete bianco e faggio).

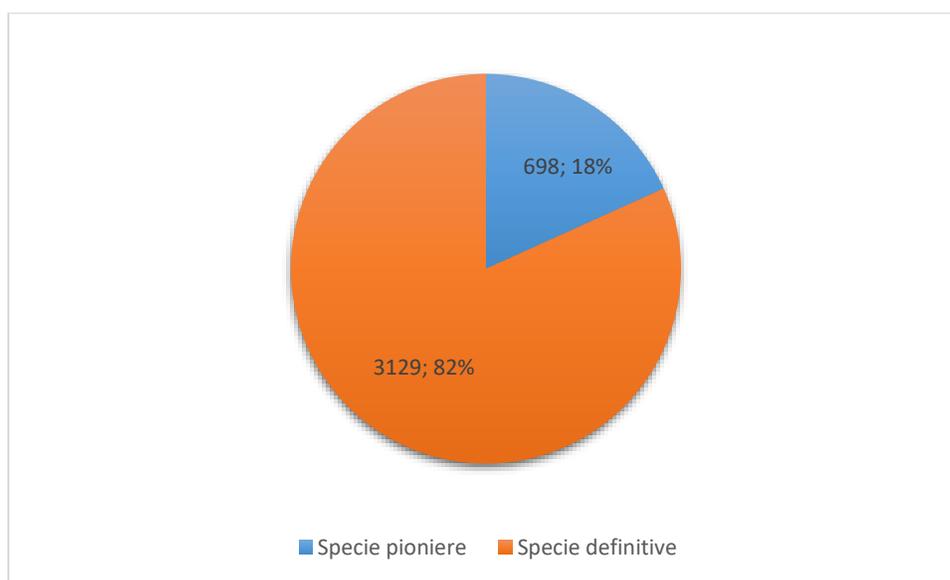


Grafico 3: Percentuale di specie pioniere e definitive presenti nel rilievo

Dividendo dunque le specie in queste due categorie possiamo osservare come la grande maggioranza delle specie presenti (82%) appartengano alla classe delle definitive, piante generalmente più tolleranti l'ombra e al termine della successione forestale. Analizzando il dato, sembrerebbe dunque che il futuro popolamento che dominerà questa zona non discosterà in maniera eccessiva da quello che era già presente prima del disturbo. Il tutto, nuovamente, se consideriamo solo la fotografia attuale che l'area di studio ci sta mostrando.

## 5.2 Il comportamento della rinnovazione delle specie pioniere

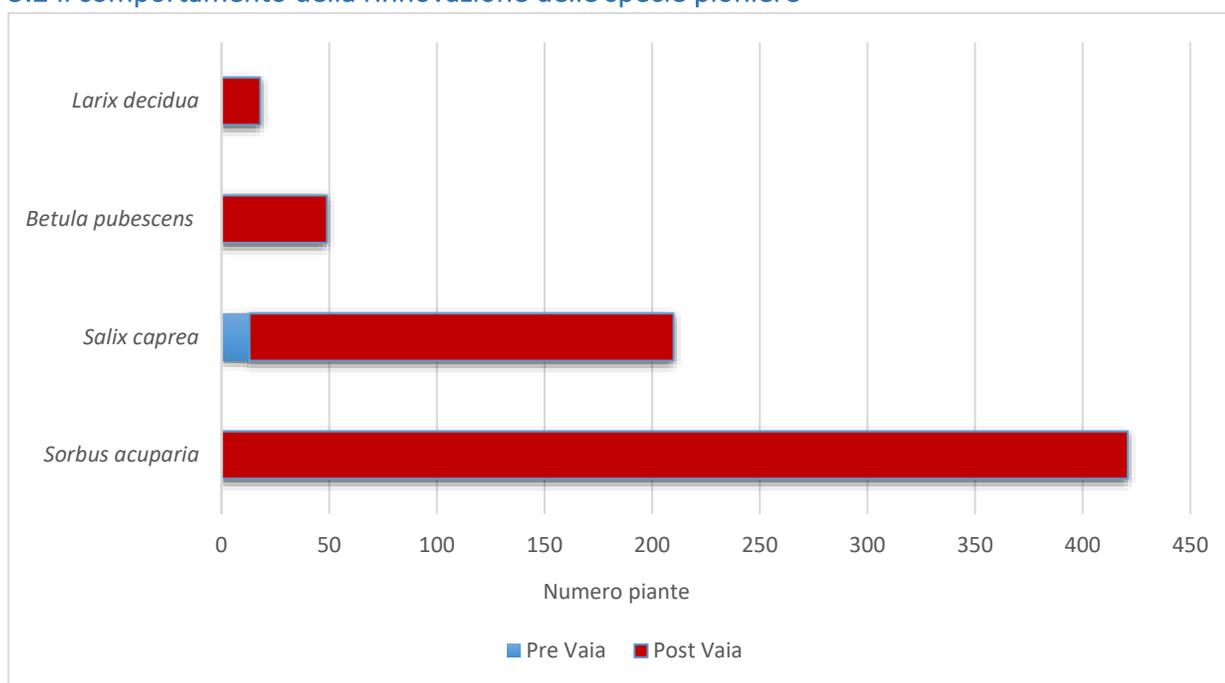


Grafico 4: Specie pioniere presenti e relativa numerosità

Salicone, larice, sorbo degli uccellatori e betulla sono tutte e quattro specie assimilabili a pioniere, adatte quindi alla colonizzazione di aree di recente soggette a disturbi naturali o antropici. Il presente grafico a torta dimostra chiaramente questa loro caratteristica anche nell'area di studio in questione, dove la tempesta Vaia ha colpito con notevole magnitudo; infatti, tutte e quattro le specie, sono presenti quasi esclusivamente come rinnovazione post-Vaia. Eccezione è fatta da qualche esemplare di salice cresciuto in qualche piccola chiara tra i vecchi pecci del passato popolamento. Il più numeroso delle quattro specie è il sorbo, con 1.787 individui ad ettaro. Questa specie, definita in inglese come

“short-lived tree specie”, risulta essere tra le principali pioniere colonizzatrici di peccete artificiali soggette a disturbi (Zerbe. S, 2000). Questa definizione proposta da Zerbe, calza perfettamente con il caso studio di questa tesi, dove una pecceta montana artificiale, piantata dopo la Prima Guerra Mondiale, è stata schiantata dalla tempesta Vaia. Lo stesso Zerbe, nel suo studio intitolato “On the ecology of Sorbus Aucuparia with special regard to germination, establishment and growth”, definisce la betulla come seconda pioniera più diffusa insieme al sorbo. Quest’ultima, contrariamente con quanto appena riportato, è presente con pochi esemplari, appena 208 ad ettaro. Il motivo di ciò può essere riscontrabile osservando il suo comportamento ecologico; Tipicamente, infatti, la betulla è una specie fortemente presente nel nord Europa, in particolare nelle foreste boreali, mentre nel Sud Europa è diffusa in maniera ridotta, a causa di estati siccitose come quelle verificatesi negli ultimi anni (Beck et al. 2016). Nel presente studio invece, la seconda specie per frequenza è il salicone. Come riportato da Enescu et al. (2016), il salicone è una specie eliofila, a rapido accrescimento, che predilige terreni calcarei; la tipologia di suolo maggiormente presente nell’Altopiano dei Sette Comuni. La specie con la minor frequenza è il larice. Il motivo della sua scarsa presenza è dovuto sia alla esistenza di poche piante madri, con conseguente ridotta probabilità di arrivo delle sementi sia a causa dell’ecologia della pianta. Il larice, infatti, forma boschi puri in un range di altitudine tipicamente compreso tra i 1800m e i 2500m s.l.m. (Da Ronch et al. 2016). Essendo l’area di studio situata ad una quota intorno ai 1350m s.l.m., è molto più comune trovarlo solo come specie accessoria.

### 5.3 Il comportamento della rinnovazione delle specie definitive

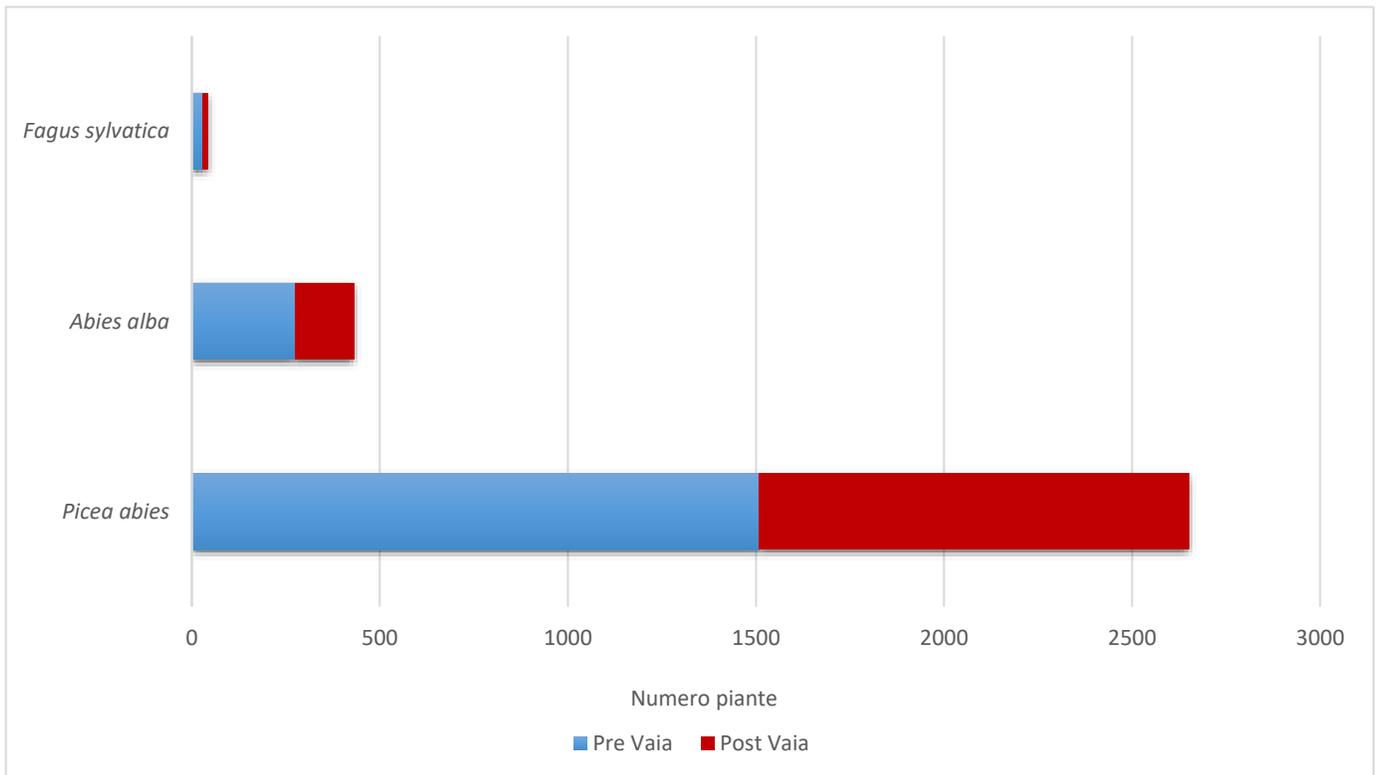


Grafico 5: Specie definitive presenti e relativa numerosità

Il grafico 5 rappresenta la percentuale di divisione tra rinnovazione prima e dopo Vaia delle tre specie definitive presenti nell'area di studio: abete rosso, abete bianco e faggio. La presenza simultanea delle tre specie fa presagire che ci si trovi nell'ambito ecologico dei piceo-abieti-faggeti, anche se quest'ultimo, il faggio, è presente solo con pochissime unità. Tale motivo è riscontrabile sia nel fatto che il consorzio misto di queste tre specie presenta fasi alterne di dominanza tra le stesse, con fasi a piceo-faggeta, piceo-abieteteto e pecceta, sia al fatto che la Piana di Marcesina, con il suo clima piuttosto rigido, risulta meno adatta a specie oceaniche come il faggio. Osservando i dati, nessuna delle tre specie risulta più abbondante come rinnovazione post rispetto alla pre-Vaia. Questo dato non sorprende, dato che trattasi di specie definitive, maggiormente adatte a rinnovare sotto una certa copertura. Fra le tre tipologie di alberi in questione l'abete rosso è quello che presenta percentuali maggiori di rinnovazione postuma al 2018, con il 44% delle piantine con età inferiore a 5 anni. La presenza di una tale quantità di pecci nati dopo il disturbo, dimostra la sua forza e la sua aggressività nella fase di rinnovazione che, grazie alla sua elevata capacità di disseminazione, si dimostra il più favorito in questa fase di

ricolonizzazione naturale post disturbo. Dati simili invece per abete bianco e faggio, rispettivamente con il 35% e il 33% di rinnovazione postuma a Vaia.

#### 5.4 Numero di piante per ognuna delle tre zone di suddivisione

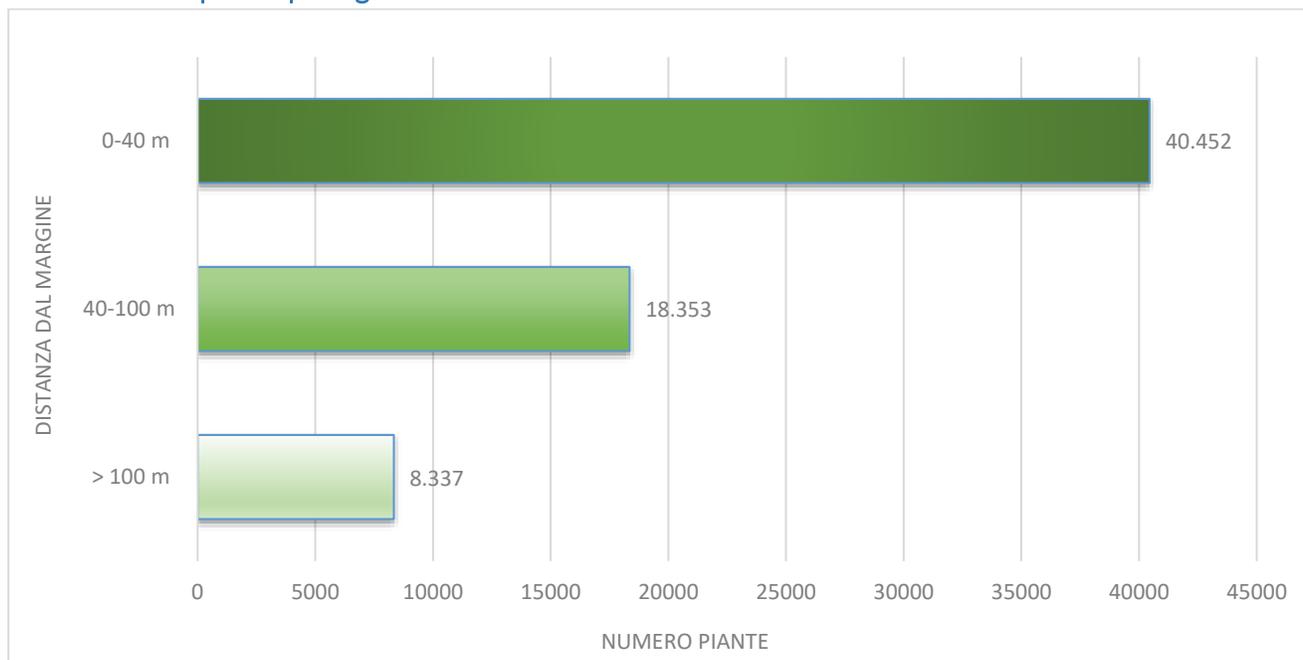


Grafico 6: Numero di piante ad ettaro nelle tre zone di suddivisione

Al fine di osservare la distribuzione della rinnovazione all'interno dell'area di studio, quest'ultima è stata suddivisa in tre zone. La scelta è stata presa sulla base di informazioni riscontrate in letteratura e osservando l'andamento delle specie principali presenti in questo studio. Da tale divisione ne risulta che a livello generale, nella fascia più vicina al margine boscato (0-40m) sono presenti 40.452 piantine, 18.353 nella seconda zona (40-100m) e 8.337 nell'ultima fascia (>100m). Prendendo come dato di confronto le 2.500 piante ad ettaro che solitamente vengono messe a dimora in un rimboscamento artificiale (Del Favero, 2004), dal punto di vista numerico sembra che nella fase attuale non vi sia alcuna carenza in nessuna delle tre zone. Inoltre, un andamento generale decrescente dimostra l'importanza che assume il margine forestale a seguito di un disturbo naturale.

## 5.5 Andamento spaziale delle sette specie forestali

### 5.5.1 Andamento spaziale di tutte le specie

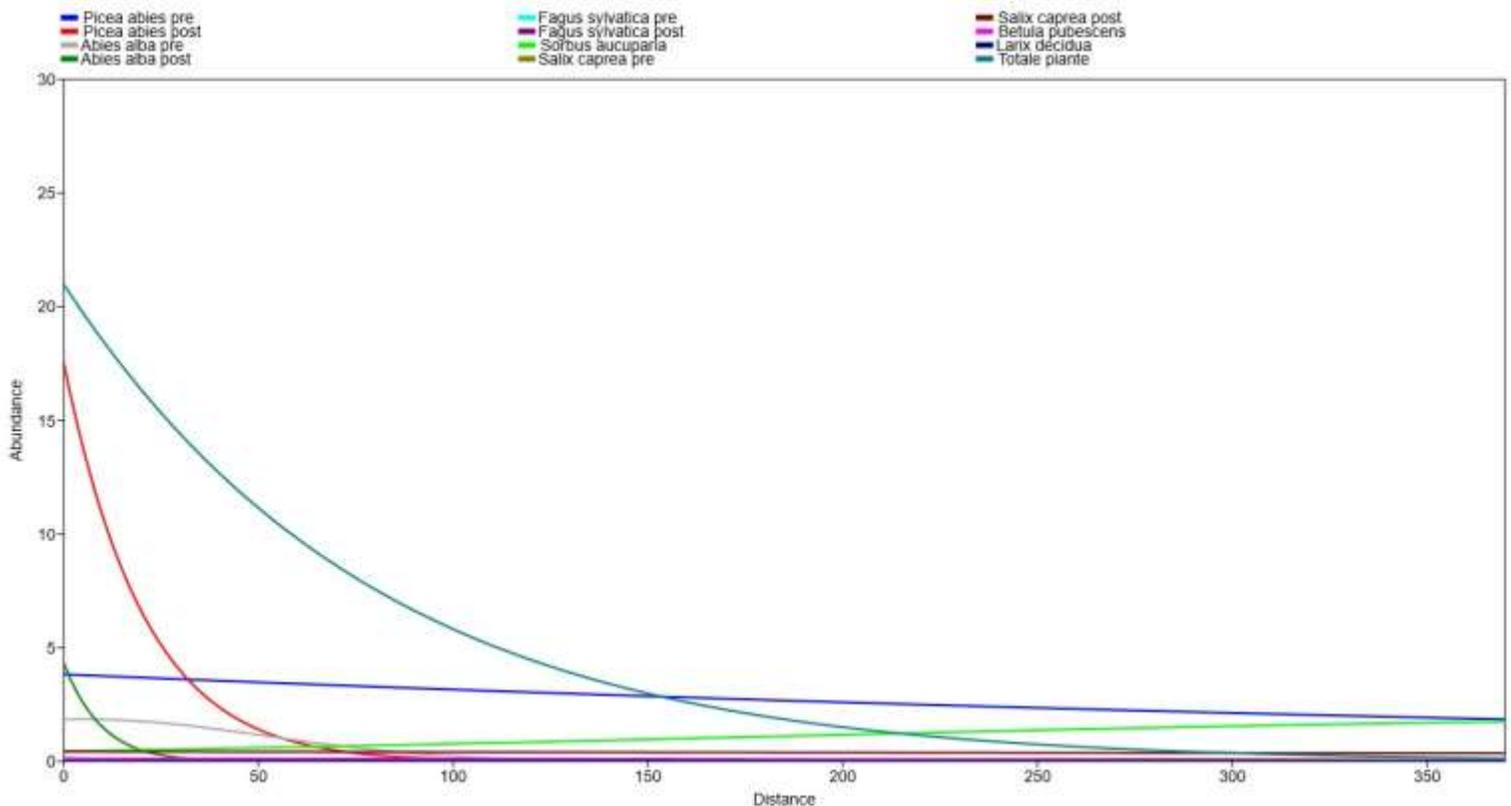


Grafico 7: Andamento spaziale di tutte e sette le specie forestali

Osservando il Grafico 7, appare chiaramente come la maggior parte della rinnovazione, sia essa pre o post-Vaia, risulti collocata nelle prime decine di metri a partire dal margine del bosco. Ciò presumibilmente grazie alla presenza di abbondanti semenzali post-Vaia nei pressi del margine boschivo e, in ridotta parte, ad un minor disturbo al suolo provocato dai macchinari. Il danno di questi ultimi, infatti, è direttamente proporzionale al numero di passaggi, che diminuiscono nei pressi del margine. Nel complesso si osserva una decrescita costante del totale delle piante a partire dal margine sino alla strada forestale (curva verde acqua).

### 5.5.2 Andamento spaziale dell'abete rosso

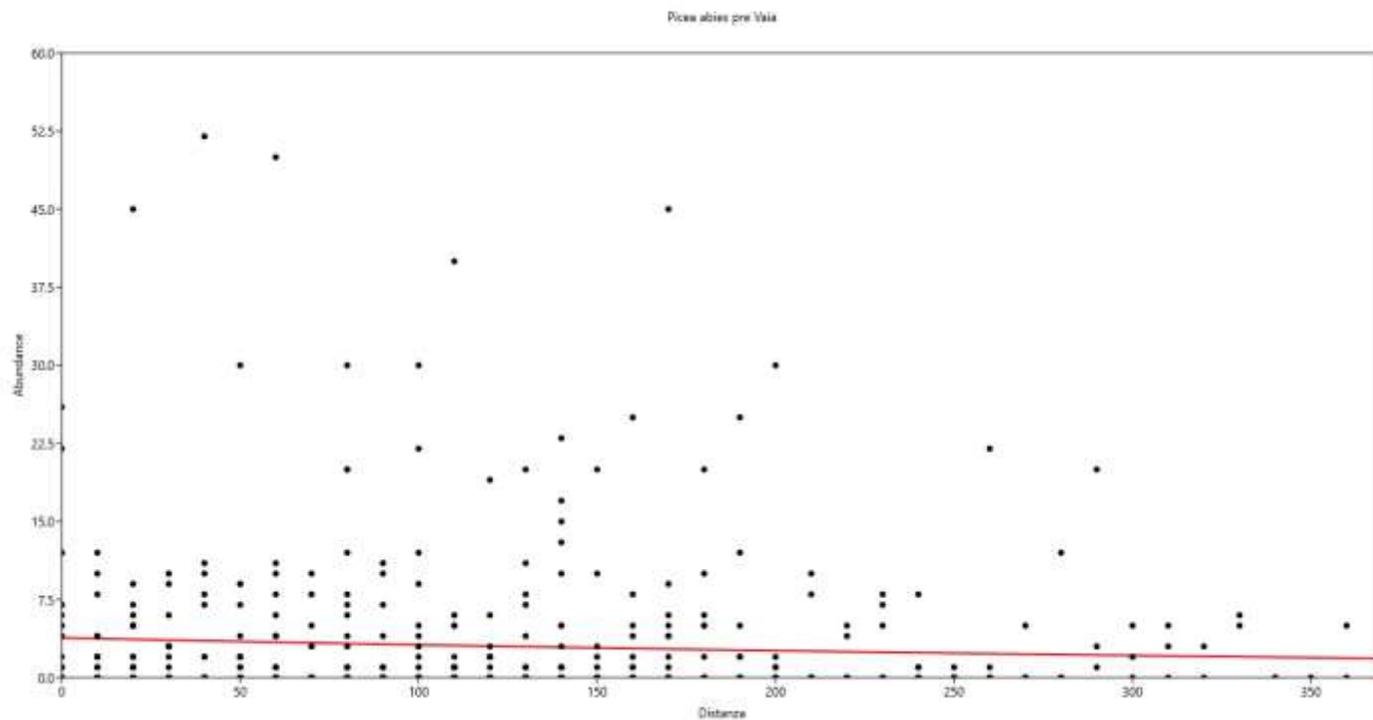


Grafico 8: distribuzione delle piante di abete rosso pre-Vaia

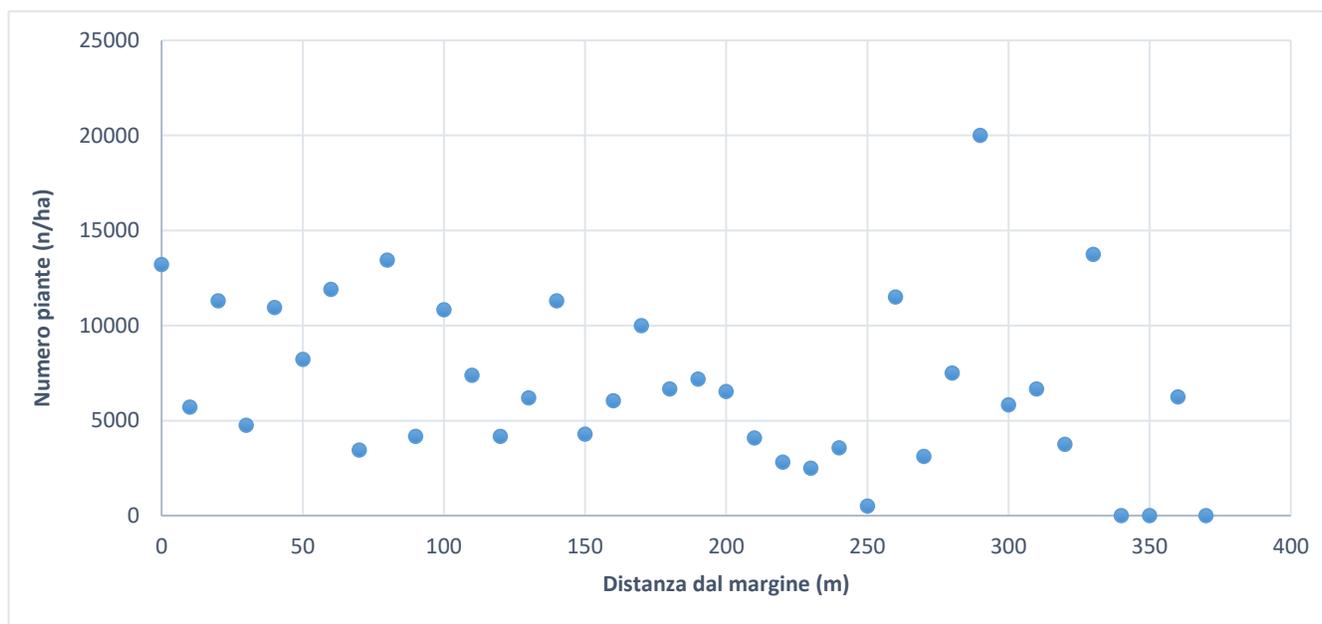


Grafico 9: Andamento medio della numerosità ad ettaro dell'abete rosso pre-Vaia

La densità della rinnovazione naturale dell'abete rosso nato prima della tempesta Vaia non presenta particolari variazioni spaziali dal margine sino alla strada. Tale comportamento dimostra che prima del 2018 la rinnovazione del peccio era piuttosto equidistribuita. La rinnovazione antecedente Vaia di abete rosso è infatti quasi sempre stata riscontrata attorno a vecchie ceppaie che rappresentano i segni degli ultimi interventi forestali ordinari eseguiti sulla particella. Nella figura 11 è possibile, infatti, apprezzare un buon nucleo di rinnovazione antecedente Vaia che, dopo aver trascorso svariati anni sottoposto al vecchio popolamento, gode ora di ottime condizioni di irraggiamento e poca competizione a livello radicale. Questa tipologia di rinnovazione, infatti, ha già vinto la competizione nei confronti dello strato erbaceo e arbustivo e può ora crescere con maggiore facilità rispetto alle piccole plantule dei semenzali post-Vaia.

Il Grafico 9 mostra l'andamento dell'abete rosso pre-Vaia in termini di densità ad ettaro mediata per il numero di plot. Complessivamente la rinnovazione di picea non dimostra aver problemi lungo tutto il gradiente di distanza.



*Figura 11: Rinnovazione di abete rosso pre-Vaia nei pressi di vecchie ceppaie (Foto di Matteo Varotto, 2023)*

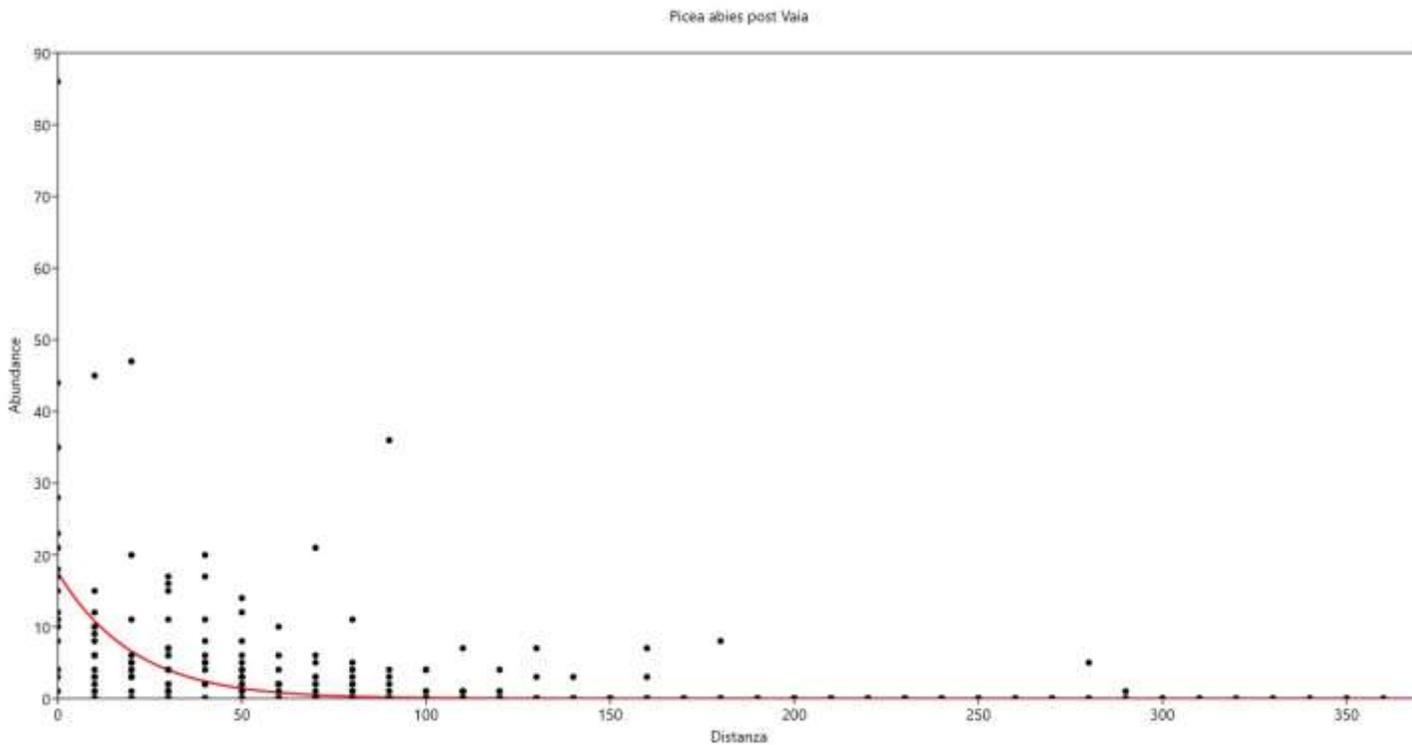


Grafico 10: Distribuzione spaziale delle piantine di abete rosso post-Vaia

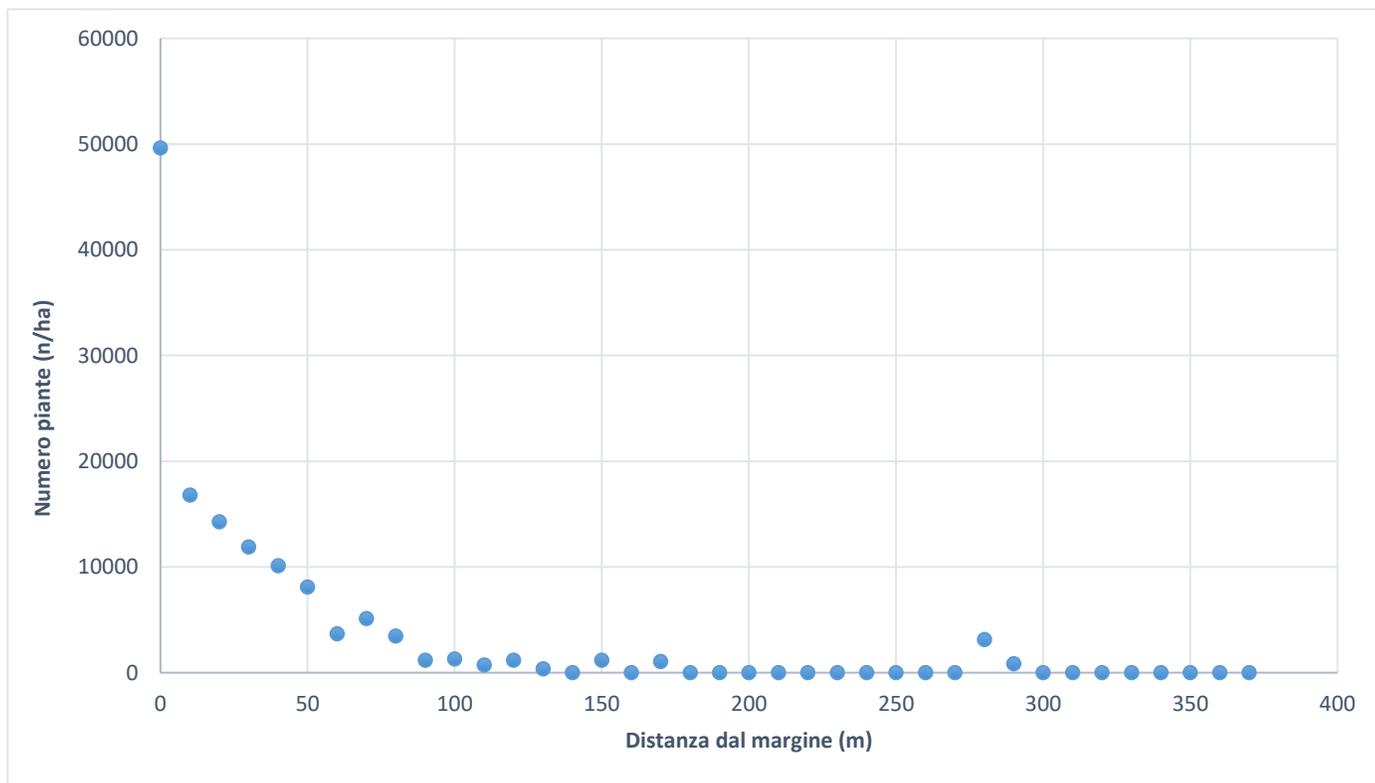


Grafico 11: Andamento medio della numerosità ad ettaro dell'abete rosso post-Vaia

Diversamente appare invece l'andamento della nuova rinnovazione, sia per quanto concerne il numero di piante all'ettaro sia per l'andamento della curva. È in particolare quest'ultima che fornisce un'indicazione molto chiara: la rinnovazione naturale di abete rosso post-Vaia diminuisce proporzionalmente all'aumentare della distanza dal margine. Essa passa da una cifra intorno a 50.000 piante ad ettaro nei primissimi plot, sino a qualche migliaio già dopo 40-50 m dal margine. Nel caso dell'abete è dunque marcata l'importanza della vicinanza delle piante madri porta-seme, situate appunto nel margine dello schianto. Come menzionato precedentemente, possiamo osservare discrepanze nel numero degli individui. Mentre nella rinnovazione antecedente Vaia, il numero massimo di piante è intorno ai 20.000, nella rinnovazione dopo Vaia è più del doppio. Ciò potrebbe essere ascrivibile al fatto che le due rinnovazioni si trovano in due fasi diverse. Quella dopo Vaia nella prima fase di semenzale molto denso con piantine dell'altezza nell'ordine di qualche cm, quella prima di Vaia invece nella fase di novellame, perciò una prima selezione dovuta alla competizione è già avvenuta.



*Figura 12: Rinnovazione di abete rosso dopo Vaia (Foto di Matteo Varotto, 2023)*

### 5.5.3 Andamento spaziale dell'abete bianco

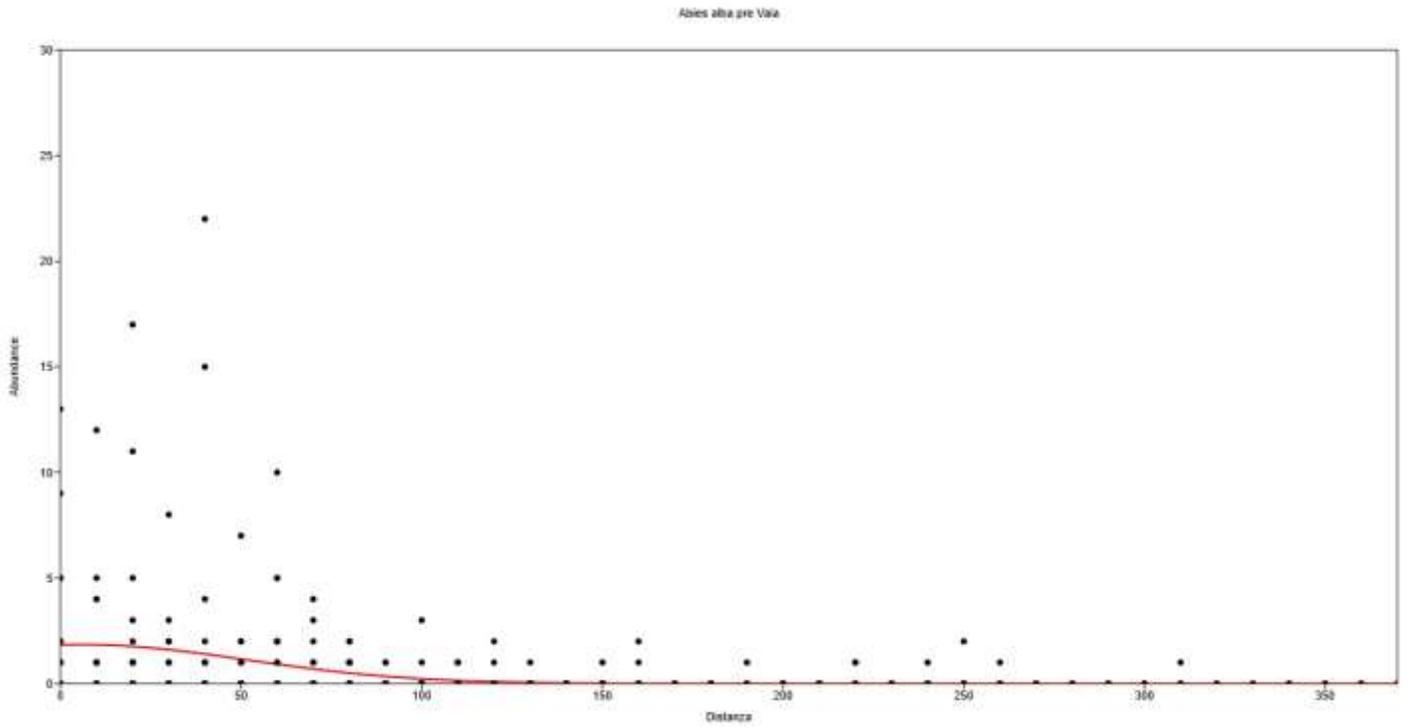


Grafico 12: Distribuzione spaziale delle piantine di abete bianco pre-Vaia

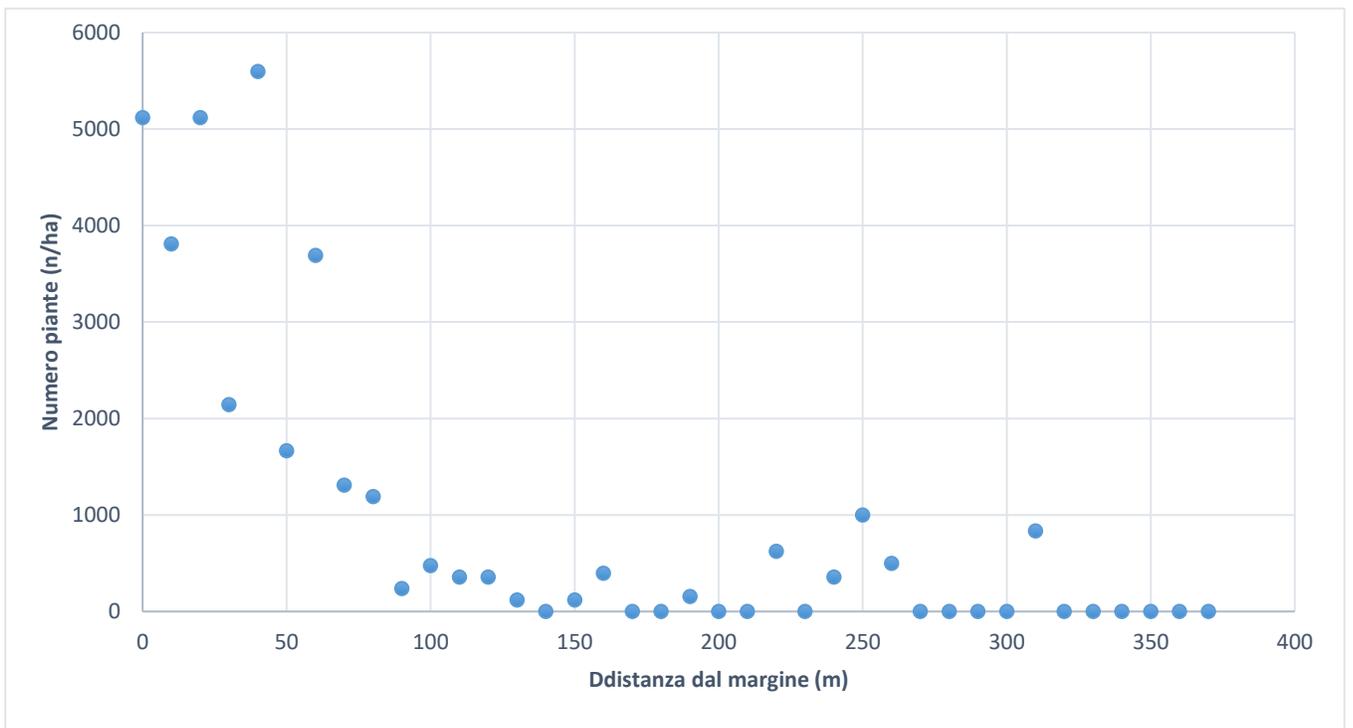


Grafico 13: Andamento medio della numerosità ad ettaro dell'abete bianco pre-Vaia

A differenza dell'abete rosso l'andamento della rinnovazione pre-Vaia dell'abete bianco mostra una tendenza negativa netta e costante in termini di densità a partire dal margine del bosco sino alla strada forestale. La ragione di ciò potrebbe essere dovuta alla passata poca esistenza di abete bianco all'interno dell'area di studio. Infatti, quest'ultimo, grazie al suo apparato radicale fittonante, è meglio resistito ai forti venti, perciò, una sua attuale assenza indica con buona probabilità un'assenza anche prima dell'evento calamitoso. Un'altra conferma a testimonianza di ciò proviene dall'osservazione del margine che, grazie alla presenza notevole di abete bianco, è resistito maggiormente.



*Figura 13: Rinnovazione di Abete bianco pre-Vaia nei pressi di una vecchia ceppaia (Foto di Matteo Varotto, 2023)*

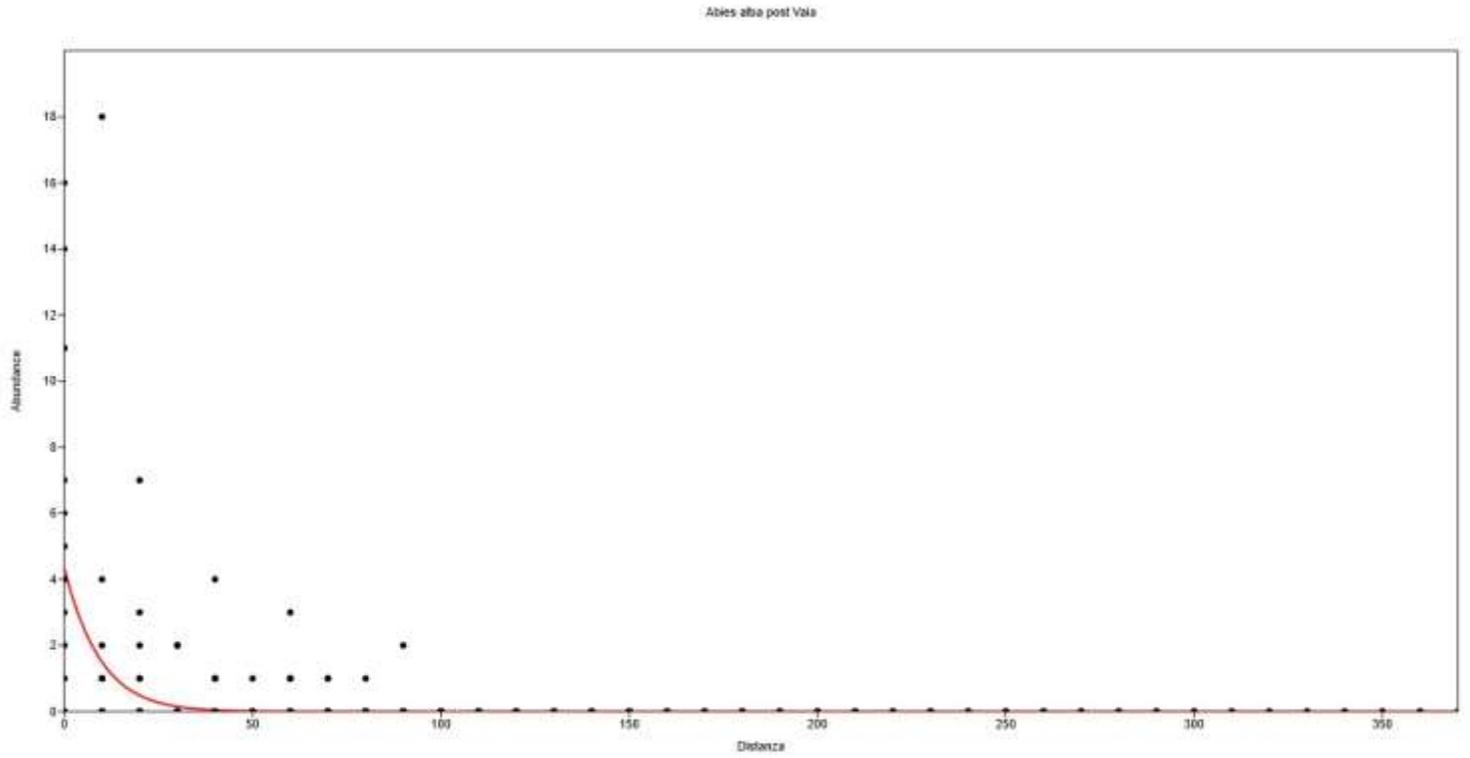


Grafico 14: Distribuzione spaziale delle piantine di abete bianco post-Vaia

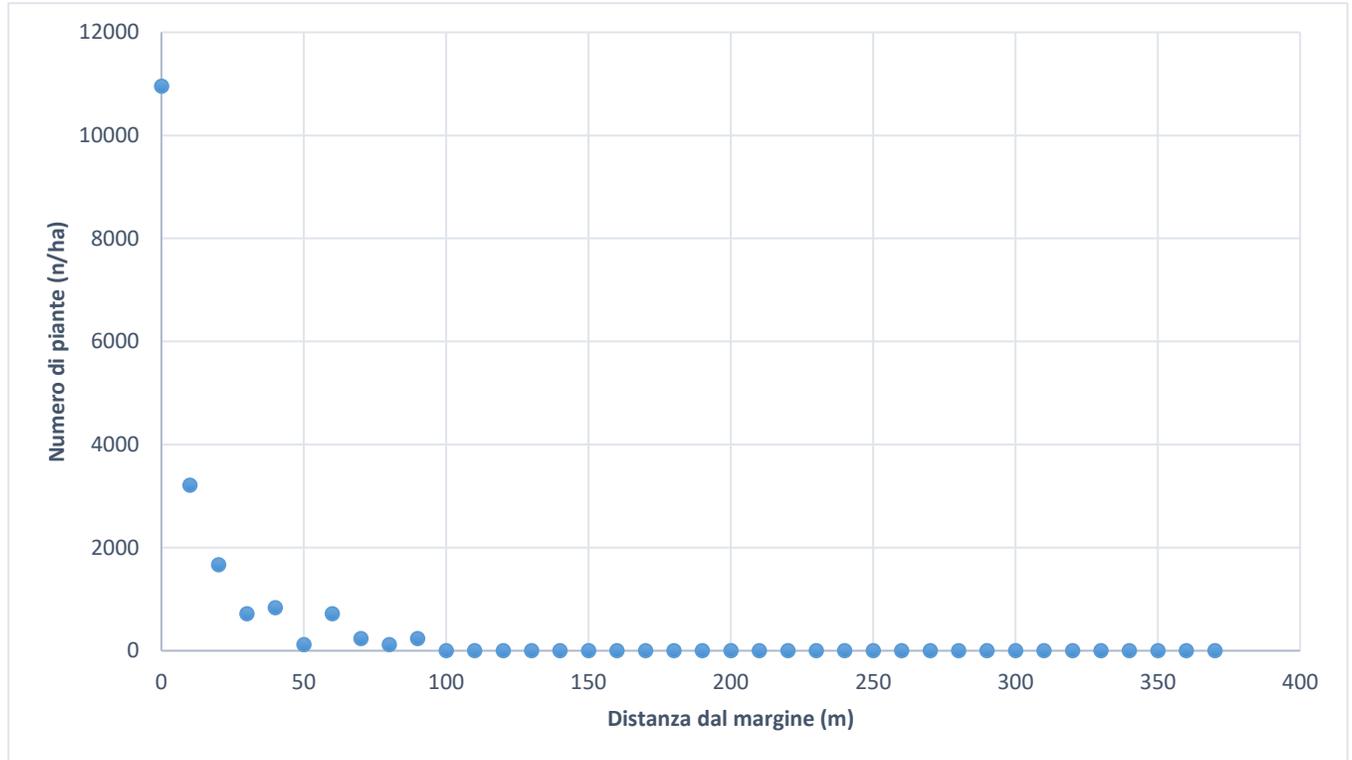


Grafico 15: Andamento medio della numerosità ad ettaro dell'abete bianco post-Vaia

L'andamento della rinnovazione post-Vaia dell'abete bianco presenta un calo netto e repentino dal margine alla strada. In particolare, si può osservare come la rinnovazione diminuisca drasticamente dopo 20-30m e scompaia del tutto dopo i 90m. osservando il Grafico 15 si nota come la rinnovazione postuma di abete bianco sia molto meno numerosa rispetto a quelle dell'abete rosso. Nei primi plot sono presenti poco più di 10.000 piante mentre nella picea erano più di 50.000. la rinnovazione di quest'ultimo sembra dunque essere molto più forte rispetto all'altra conifera, quantomeno in questa fase.



*Figura 14: Rinnovazione di abete bianco post-Vaia (Foto di Matteo Varotto, 2024)*

### 5.5.4 Andamento spaziale del larice

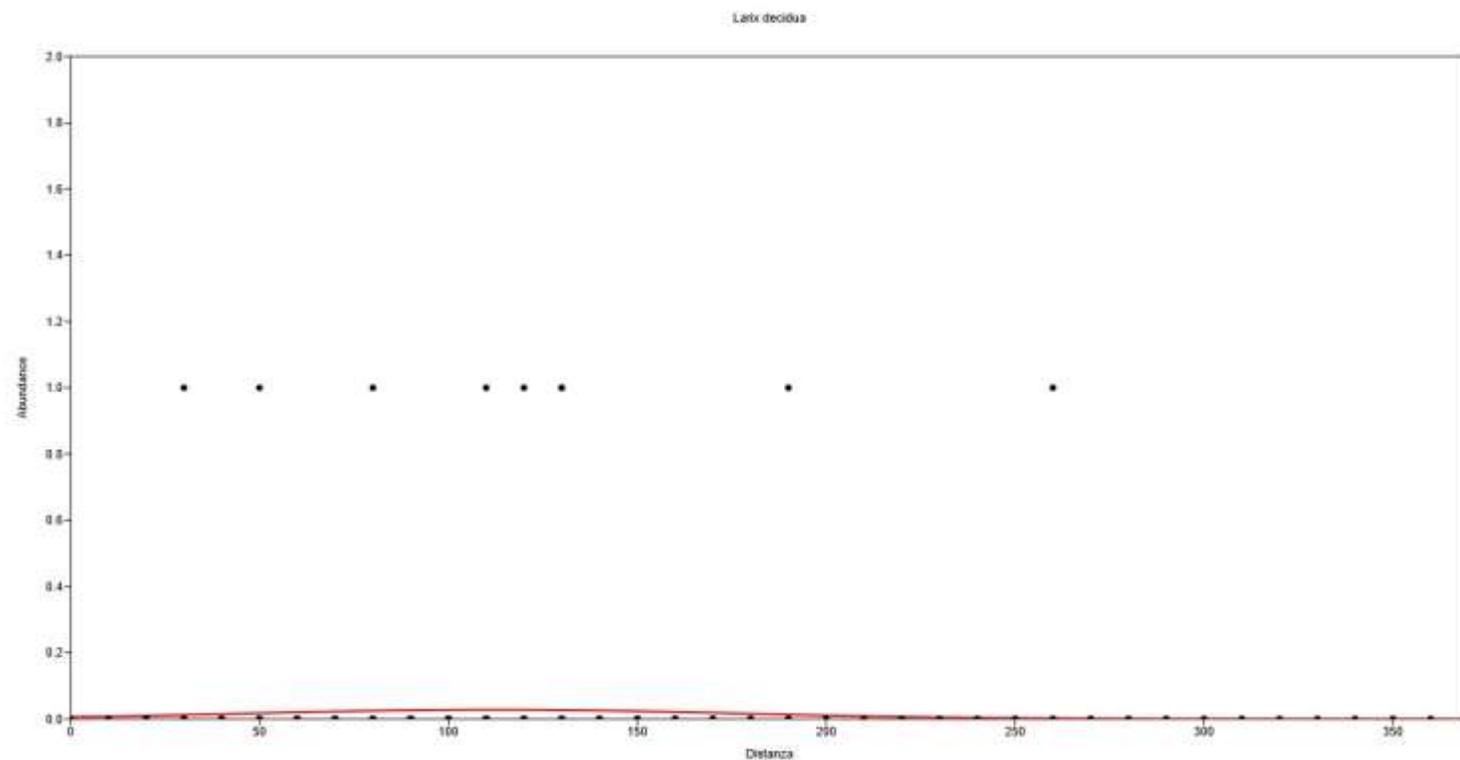


Grafico 16: Distribuzione spaziale delle piantine di larice

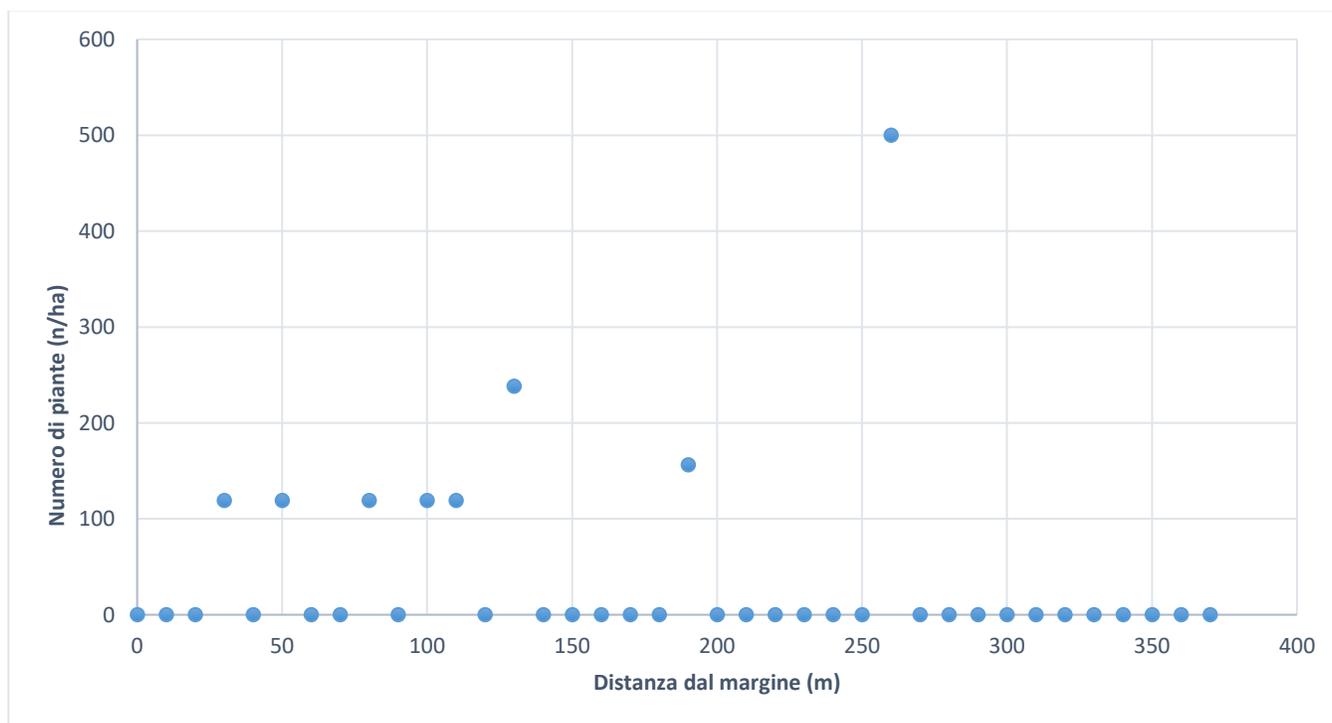


Grafico 17: Andamento medio della numerosità ad ettaro del larice

Il larice è stato rilevato solo in otto transetti su un totale di ventuno e rappresenta la specie presente con il numero minore di individui in assoluto con 38 piante ad ettaro. La totalità di queste piante è nata dopo la tempesta Vaia, aventi dunque età inferiore ai 5 anni. In tutti i transetti presente è stato osservato in singolo numero e non dimostra legami con il margine boscato.

Una ridotta presenza dal punto di vista numerico può invece essere ricondotta a due fattori: l'altitudine del sito e la ridotta esistenza di piante porta seme nelle vicinanze. Difficilmente nella Piana di Marcesina si trovano larici, quindi piante porta seme sono rare. Ciò è dovuto non solo al fatto che per decenni è stato favorito unicamente il peccio ma anche all'altitudine del sito. L'area si trova infatti ad una quota intorno ai 1350 m s.l.m.; altezza alla quale il Larice è tendenzialmente presente solo in maniera sporadica.



*Figura 15: Rinnovazione di larice (Foto di Matteo Varotto, 2024)*

### 5.5.5 Andamento spaziale del sorbo degli uccellatori

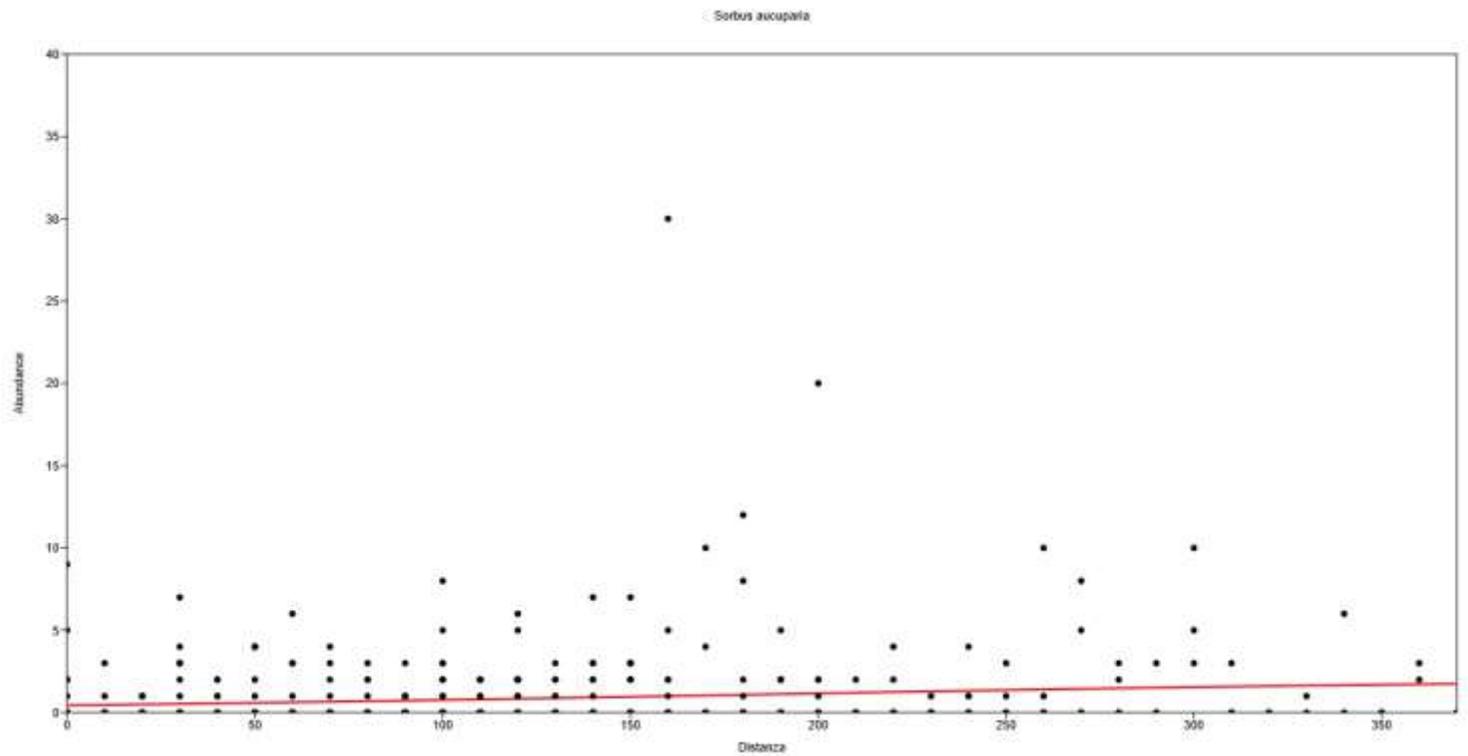


Grafico 18: Distribuzione spaziale delle piantine di sorbo

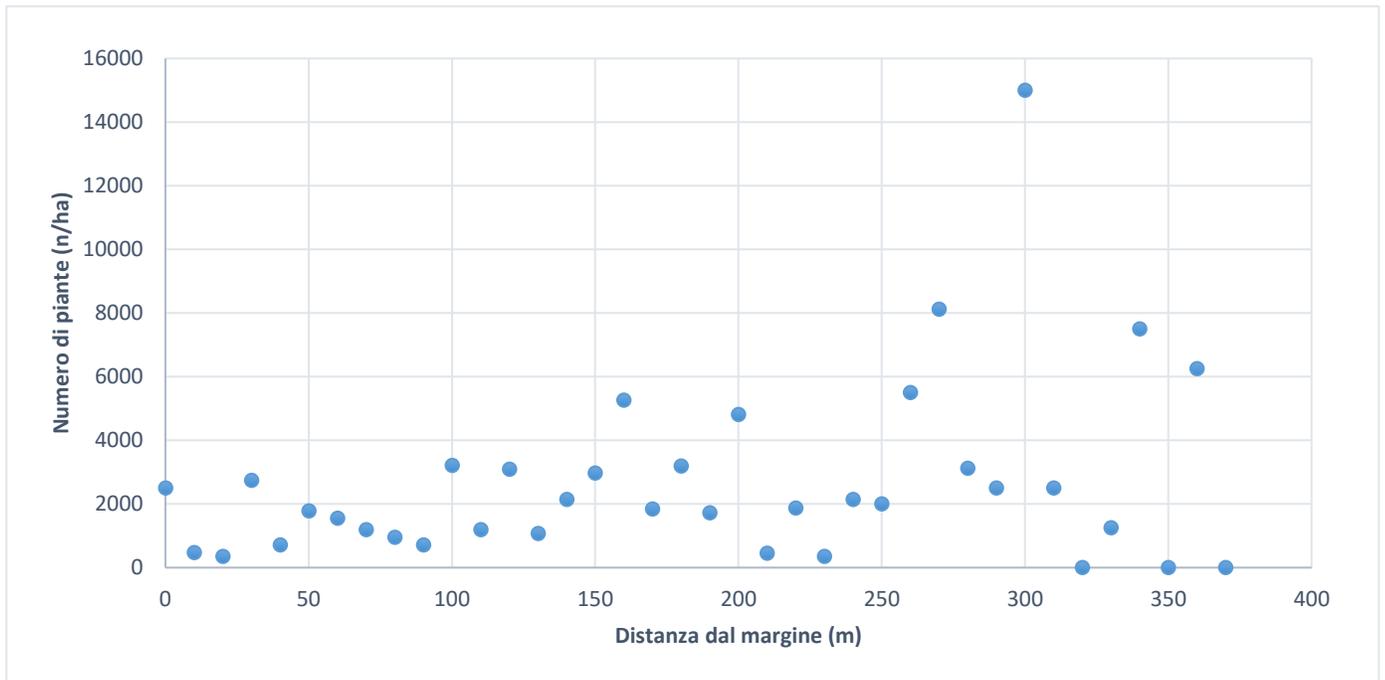


Grafico 19: Andamento medio della numerosità ad ettaro del sorbo

Il sorbo degli uccellatori rappresenta la seconda specie per numero di piante post-Vaia dopo l'abete rosso ed è presente esclusivamente come rinnovazione successiva al disturbo. Contrariamente ai grafici delle due conifere post-Vaia, la rinnovazione di sorbo è sempre presente ma con un andamento leggermente positivo dal margine dello schianto sino alla fine dei transetti. Dai dati si può dunque affermare che in questo caso non vi sono correlazioni tra il margine e la rinnovazione di sorbo anzi, quest'ultima, sembra affermarsi meglio laddove le specie definitive calano in frequenza. Dal punto di vista numerico, il sorbo sembra presentare quantitativi ad ettaro inferiori alle due conifere, con un solo picco di 5.000 piantine a 160m dal margine. Ciononostante, una sua presenza costante lungo tutta la distanza dei transetti, gli consente di assumere una notevole importanza. Inoltre, rappresenta la latifoglia con in assoluto il numero maggiore di rinnovazione; perciò, è una specie che sarà assai importante per la biodiversità del futuro popolamento.



*Figura 16: Rinnovazione di sorbo degli uccellatori nei pressi di una ceppaia di Vaia (Foto di Matteo Varotto, 2024)*

### 5.5.6 Andamento spaziale del salicene

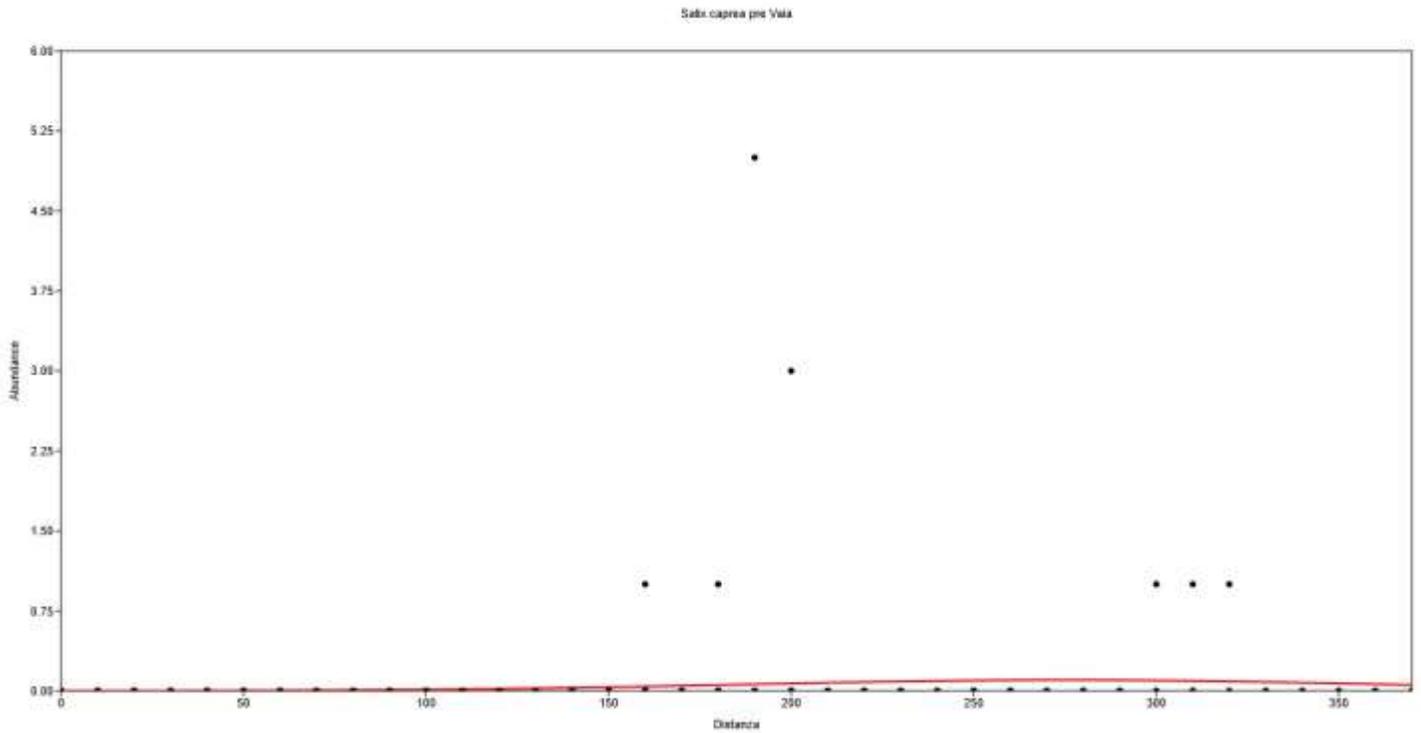


Grafico 20: Distribuzione spaziale delle piantine di salicene pre-Vaia

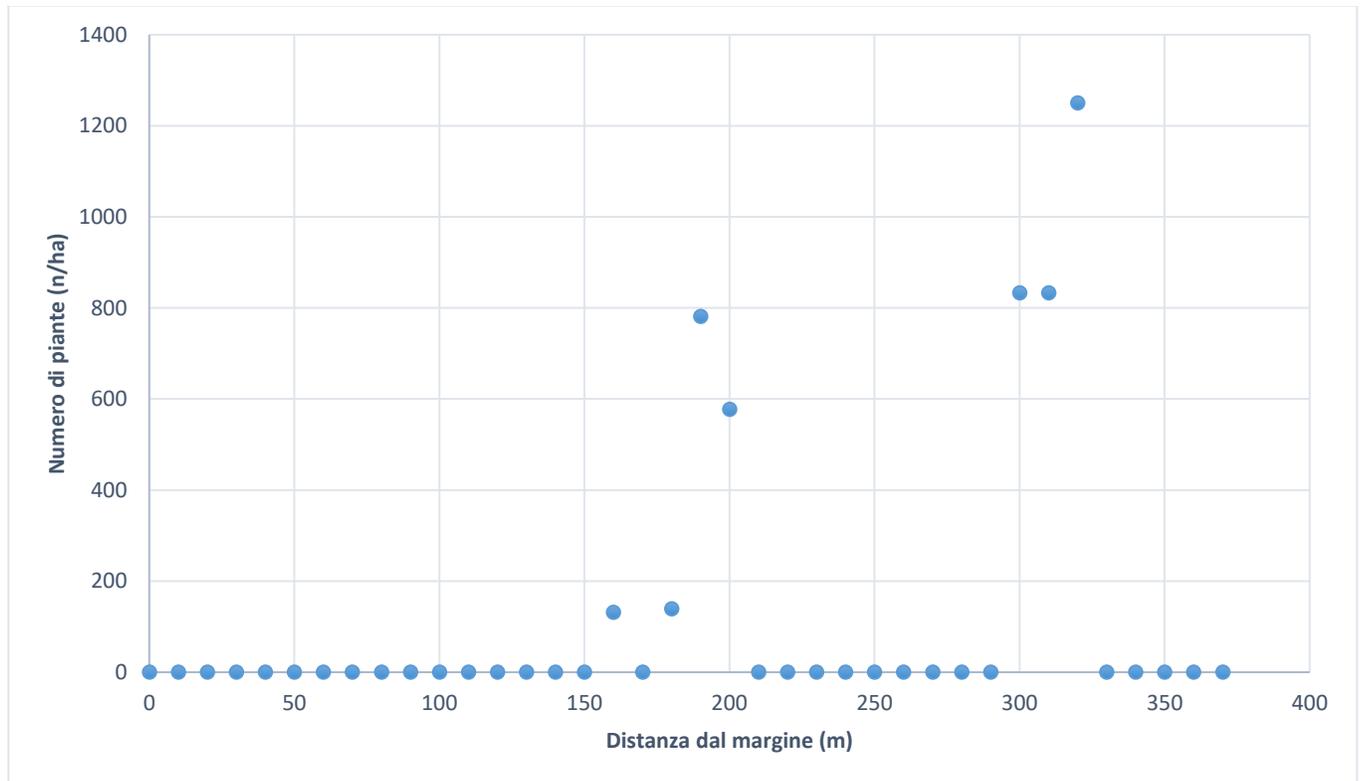


Grafico 21: Andamento medio della numerosità ad ettaro del salicene pre-Vaia

Il salicone è l'unica specie eliofila con piante anche di età superiore a sei anni e quindi nati prima della tempesta Vaia. Gli individui presenti sono stati riscontrati in spot isolati a distanze piuttosto elevate dal margine del bosco e in tutto consta in 55 piante ad ettaro. È fortemente influenzato da alcuni rilievi nei pressi del cimitero del Milite Ignoto, opera commemorativa della Prima Guerra Mondiale. Infatti, buona parte dei salici pre-Vaia sono localizzati nei transetti 4 e 5 nei rilievi adiacenti al cimitero che, rappresentando un'area di chiara con contorno in massi, potrebbe aver favorito la presenza dei salici (Figura 17).



*Figura 17: Inquadramento dell'area del cimitero dove i salici si sono insediati*



*Figura 18: Rinnovazione di salicone pre-Vaia (Foto di Matteo Varotto, 2024)*

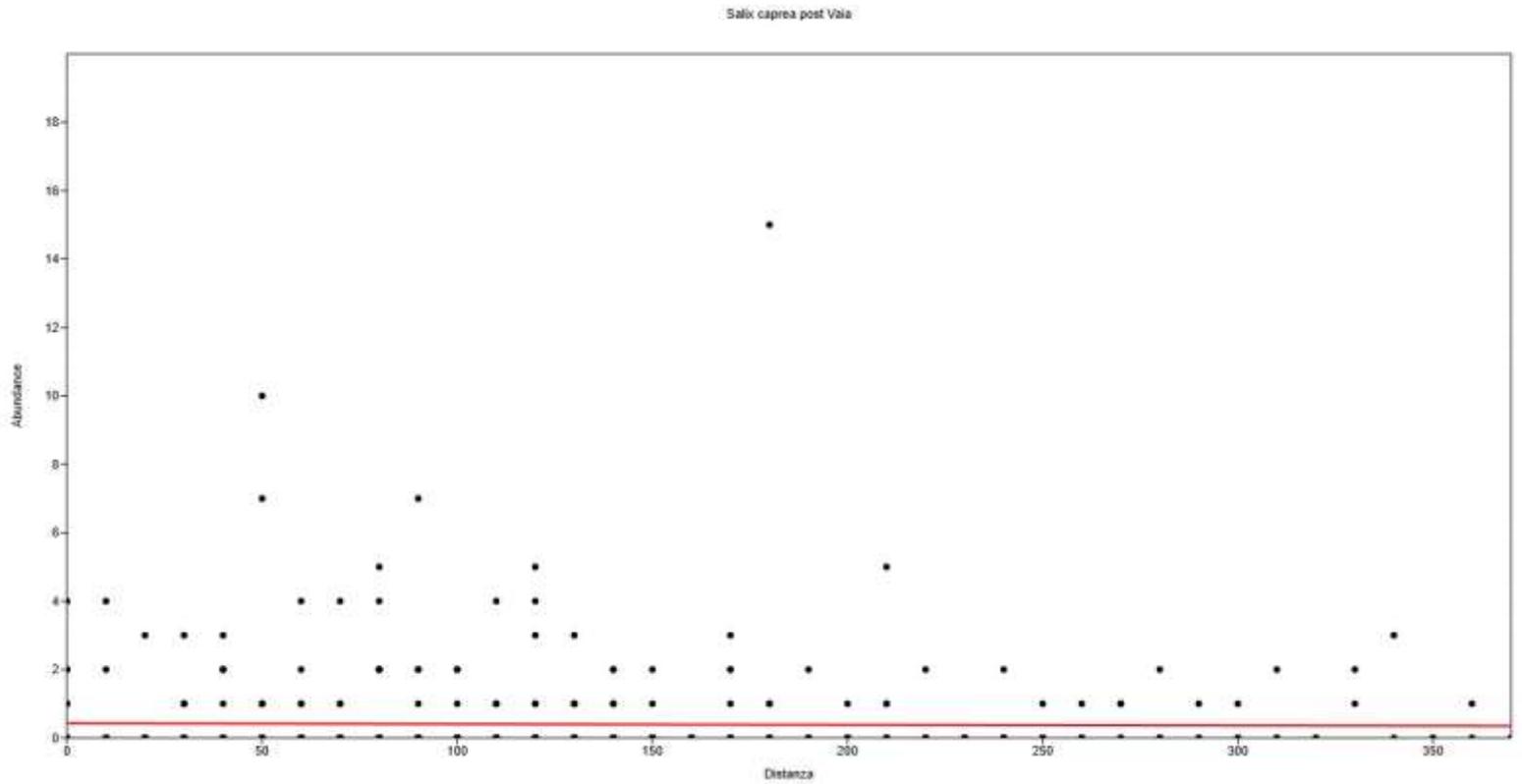


Grafico 22: Distribuzione spaziale delle piantine di salicome post-Vaia

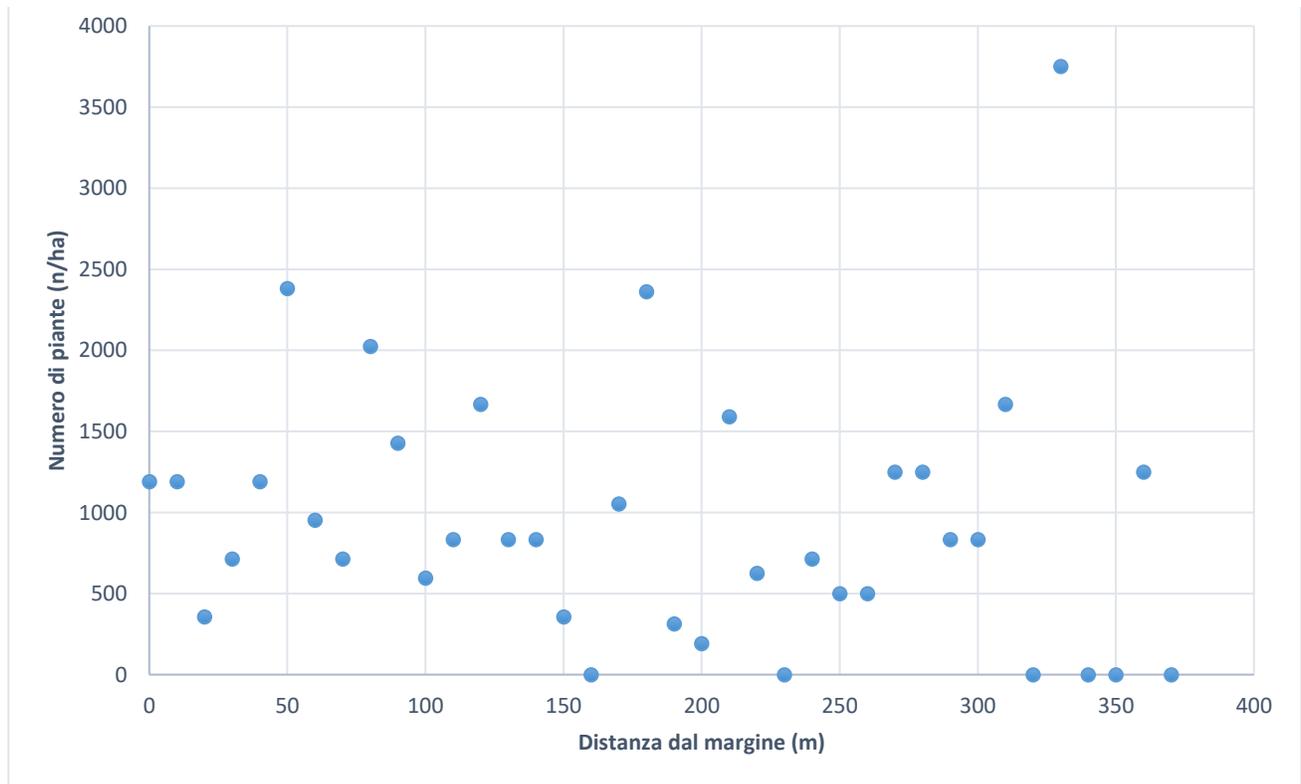


Grafico 23: Andamento medio della numerosità ad ettaro del salicome post-Vaia

La rinnovazione di salicone nata dopo il disturbo è presente in maniera molto più consistente rispetto a quella già esistente prima della tempesta. In totale consta in 836 piante ad ettaro, rappresentando la seconda latifoglia, e pioniera, per consistenza numerica. Osservando la sua distribuzione spaziale lungo i transetti non si riscontrano particolari legami con il margine boschivo, così per come tutte le pioniere. Nel Grafico 23 si nota comunque una sua presenza minore nella seconda parte dei transetti, probabilmente a causa delle condizioni stazionali e del numeroso passaggio dei macchinari che ha interessato la zona più prossima alla strada. Nonostante sia la seconda specie pioniera per diffusione, il suo quantitativo non risulta particolarmente significativo.



*Figura 19: Rinnovazione di salicone post-Vaia nei pressi di una ceppaia (Foto di Matteo Varotto, 2024)*

### 5.5.7 Andamento spaziale del faggio

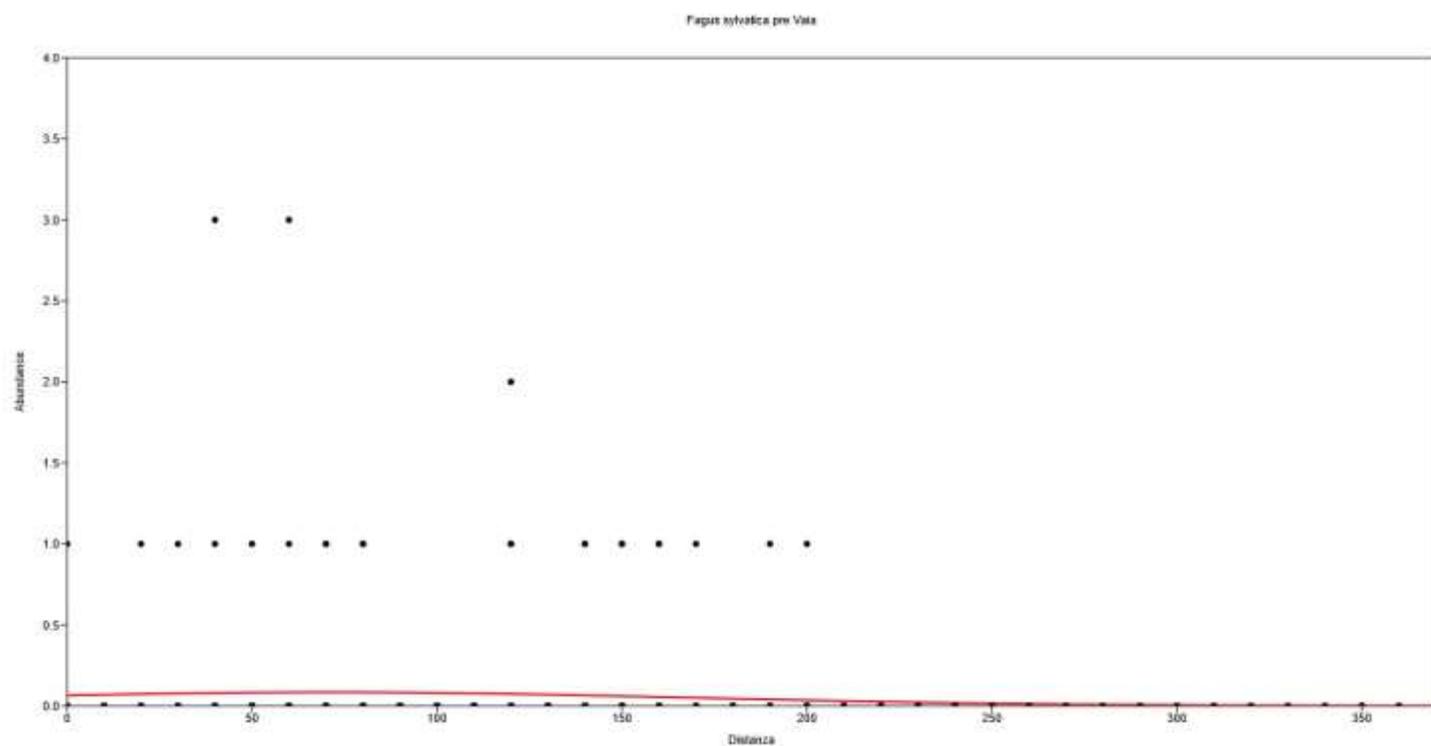


Grafico 24: Distribuzione spaziale delle piantine di faggio pre-Vaia

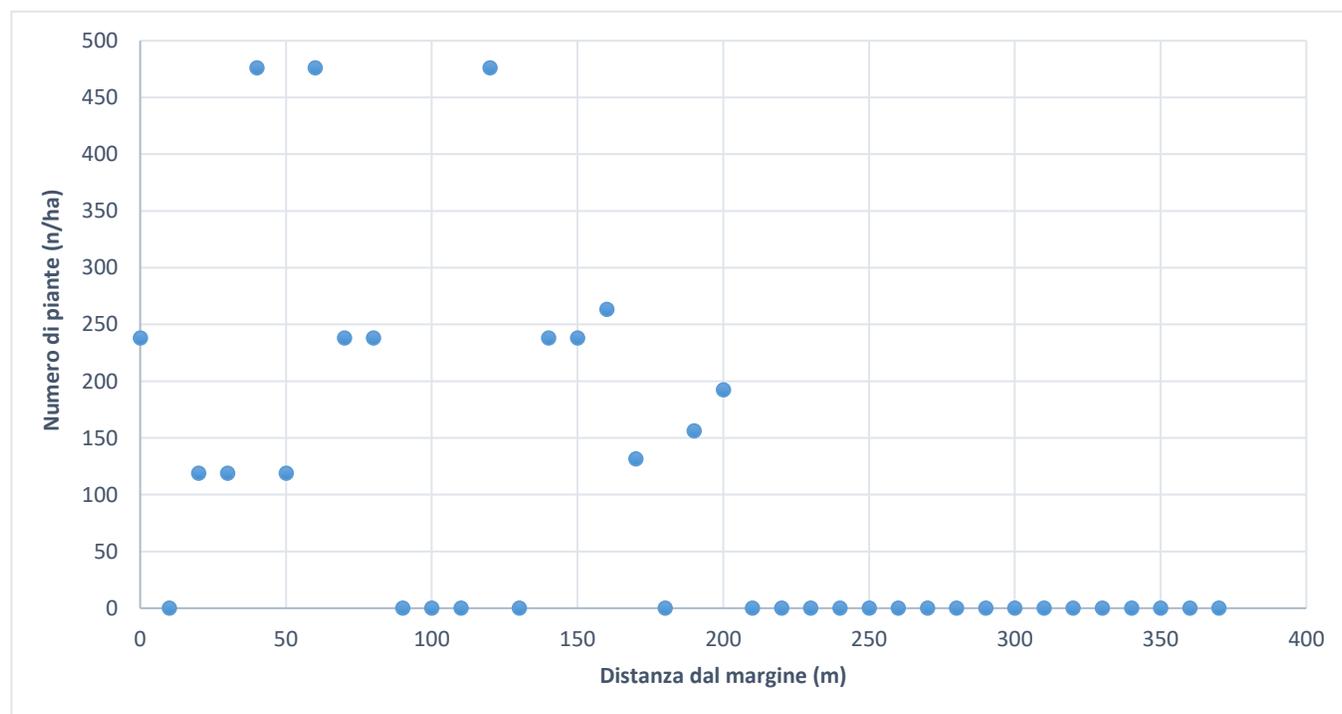


Grafico 25: Andamento medio della numerosità ad ettaro del faggio pre-Vaia

Il faggio è presente come rinnovazione prima di Vaia in 13 transetti su un totale di 21. Le piante rilevate sono state poche (30), corrispondenti a 127 piantine ad ettaro. Una sua presenza così sporadica rende difficile trarne un andamento, piuttosto costante sino a 200m dal margine, distanza dal quale scompare completamente. Per il suo andamento è possibile adottare lo stesso ragionamento effettuato per l'abete bianco pre-Vaia: essendo in generale pianta non particolarmente colpita dalla tempesta, una sua assenza ora fa presagire una stessa anche prima del disturbo. Un' osservazione degna di nota è la presenza di molte piante brucate dai cervidi che probabilmente utilizzano la pianta come fonte trofica primaverile.



*Figura 20: Rinnovazione di faggio pre-Vaia (Foto di Matteo Varotto, 2024)*

Fagus sylvatica post Vaia

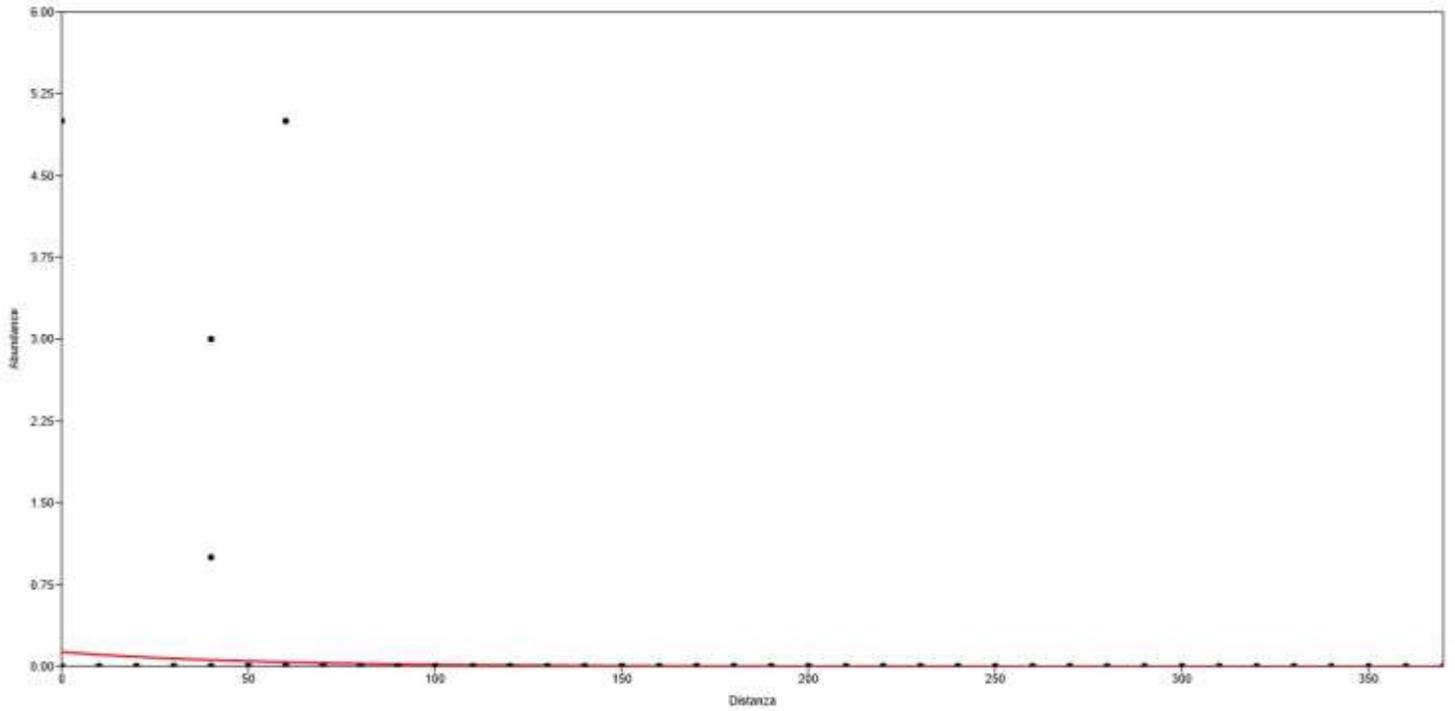


Grafico 26: Distribuzione spaziale delle piantine di faggio post-Vaia

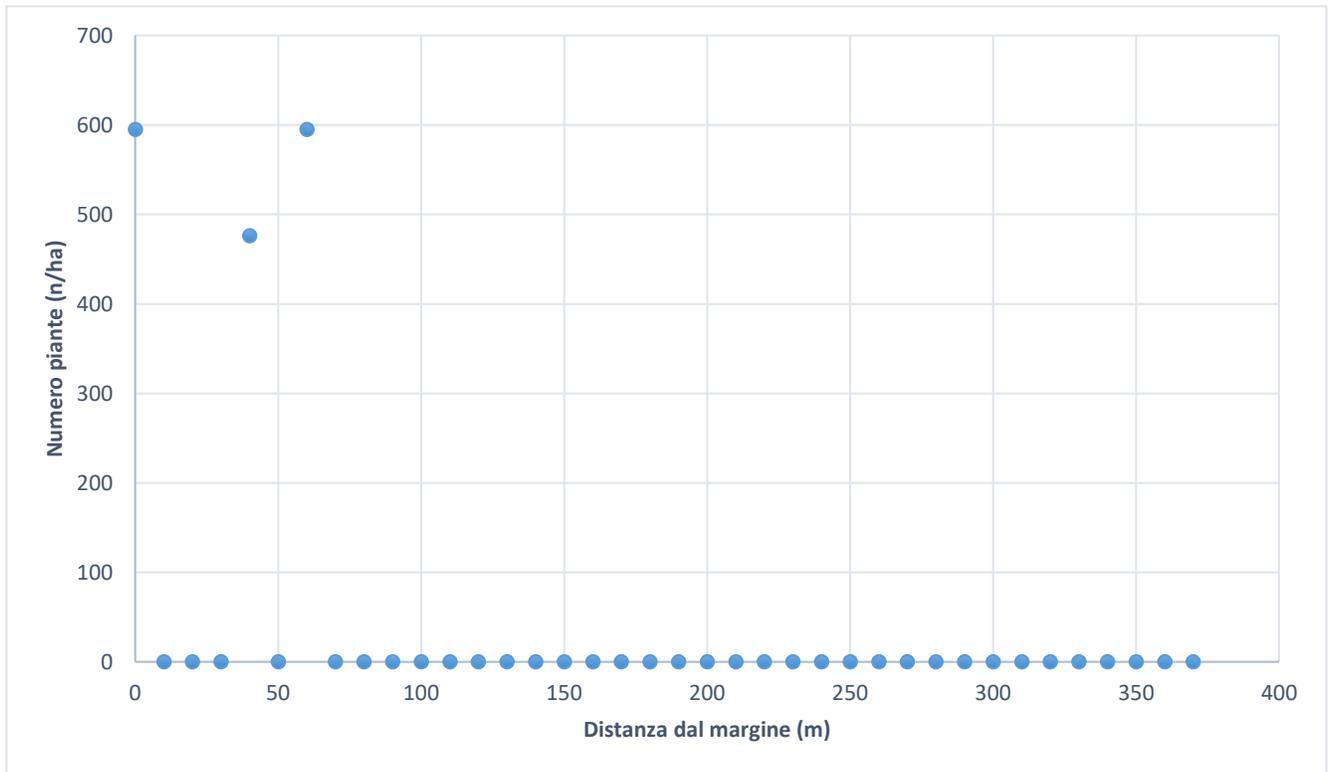


Grafico 27: Andamento medio della numerosità ad ettaro del faggio post-Vaia

Diversa è invece la situazione della rinnovazione di faggio dopo Vaia. Il totale degli individui ammonta ad appena 14, tutti collocati nei primi 50/60 m dal margine boschivo. Nonostante i pochi dati, ciò dimostra un legame con il margine, così come per le altre due specie definitive. Gli unici individui di faggio post-Vaia sono stati rilevati nei transetti 3, 4 e 21; dove erano presenti alcune piante porta seme sul margine. Dal punto di vista numerico, dunque, il faggio appare piuttosto carente in tutte le zone, dimostrandosi, probabilmente, non propriamente adatto al sito.



*Figura 21: Rinnovazione di faggio post-Vaia (Foto di Matteo Varotto, 2024)*

### 5.5.8 Andamento spaziale della betulla

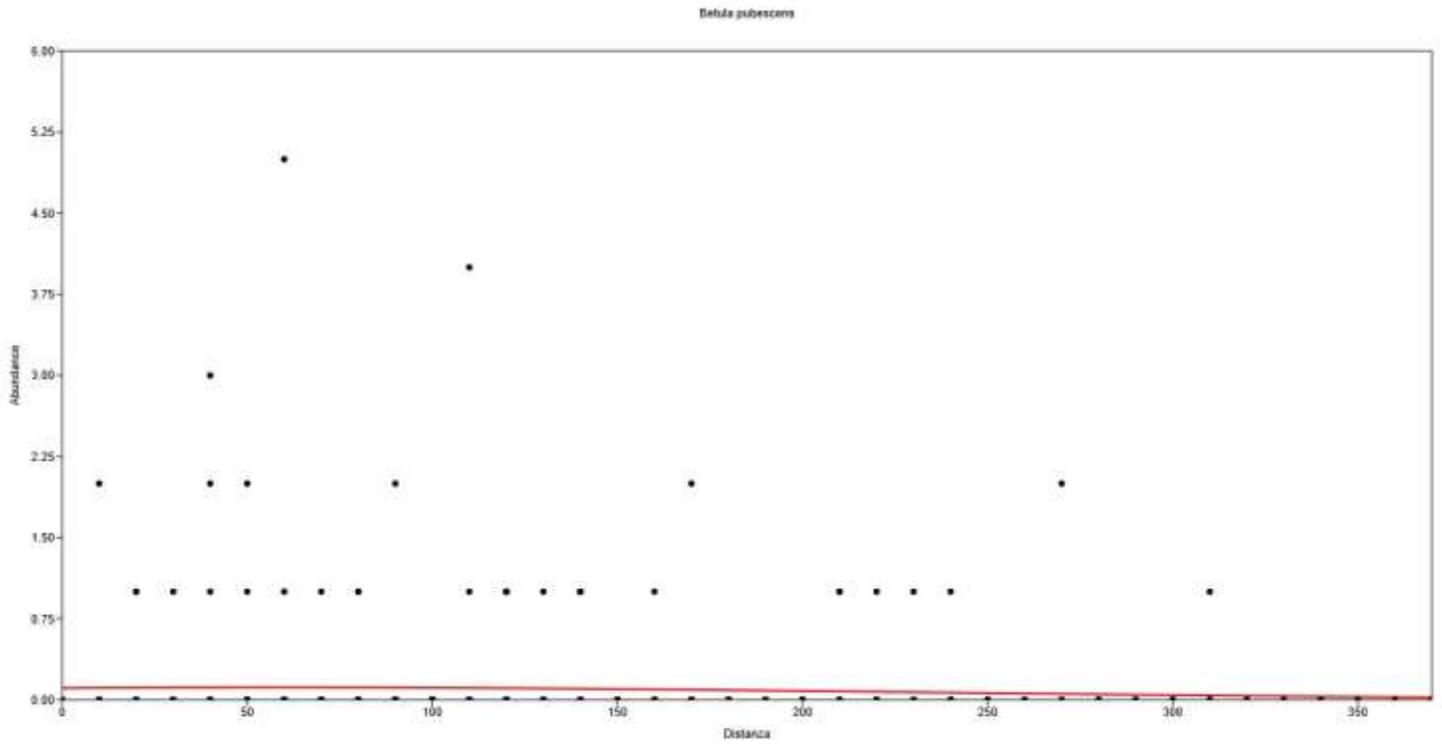


Grafico 28 Distribuzione spaziale delle piantine di betulla

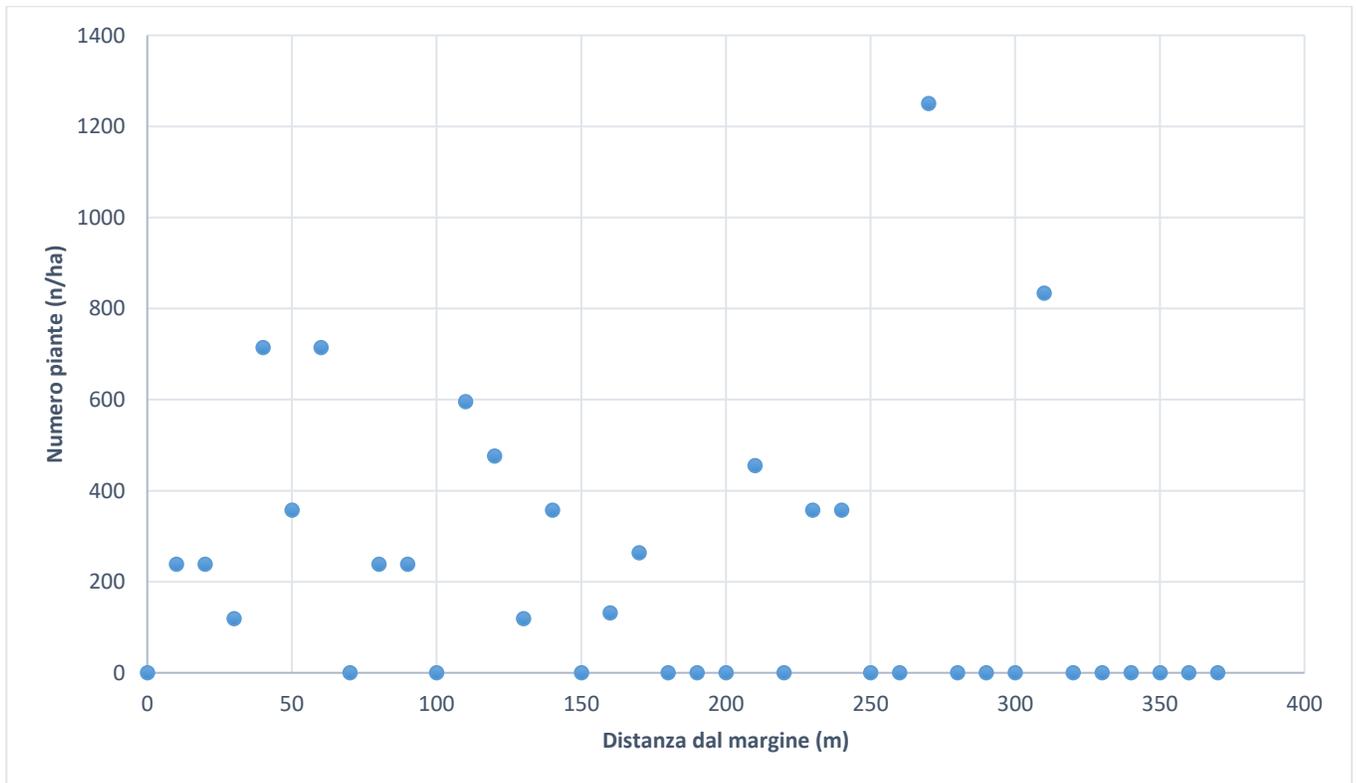


Grafico 29: Andamento medio della numerosità ad ettaro della betulla

La betulla, specie pioniera per eccellenza, è presente unicamente come rinnovazione post-Vaia, con un totale di 49 individue ad ettaro. La sua presenza è abbastanza uniforme, perciò, il suo andamento è piuttosto piatto. Così come per il salicome si può osservare una presenza minore nelle ultime zone prima della strada, probabilmente sempre a causa delle condizioni stagionali e del maggior passaggio dei macchinari di esbosco. Nel complesso, similmente al faggio, la sua consistenza numerica non risulta soddisfacente, soprattutto per una specie pioniera dalla quale, secondo letteratura, ci si aspettava una presenza maggiore dopo un disturbo come quello degli schianti di Vaia.



*Figura 22: Rinnovazione di betulla nei pressi di una ceppaia (Foto di Matteo Varotto, 2024)*

## 5.6 L'effetto delle piste di esbosco sulla rinnovazione

### 5.6.1 Le piste di esbosco

La viabilità forestale viene suddivisa in rete primaria e rete secondaria (Grigolato S. et al. 2019). La prima rappresenta tutte quelle infrastrutture che hanno subito modificazioni in termini di realizzazione e stabilizzazione del fondo e solitamente vengono attraversate da mezzi pesanti; la seconda da tutte quelle le quali il fondo è di tipo naturale e necessita solo in minima parte di manutenzione (Hippoliti G 1998). La rete viaria può essere inoltre suddivisa in permanente, quando vi è un costante utilizzo e manutenzione, oppure temporanea se usata solo momentaneamente per motivi, ad esempio, quali l'esbosco a seguito di un'utilizzazione forestale (Grigolato S. et al. 2019). Nella fase operativa a seguito della tempesta Vaia queste vie di esbosco temporanee hanno assunto un ruolo di rilievo per l'estrazione del legname dalle aree schiantate. Il materiale è stato raccolto da macchinari forestali quali harvester e forwarder proprio attraverso le piste di esbosco che hanno consentito il trasporto del legname dalla zona dello schianto sino al piazzale di stoccaggio delle cataste. Queste vie di viabilità secondaria sono poi state abbandonate, ma tutt'ora, e per molto tempo nel futuro, ne rimarranno i segni al suolo.

Come osservato da Reid et al (2011), le vie di esbosco, a causa dell'erosione superficiale, provocano la liscivazione di molti sedimenti causando non solo un possibile inquinamento fisico delle acque ma anche una notevole perdita di suolo fertile per la vegetazione. Nel caso studio di questa tesi il terreno risulta invece piuttosto pianeggiante; perciò, non è presente alcun fenomeno di run-off. Per tale motivo assume dunque grande importanza il peso dei macchinari e il solco da loro creato.

Per valutare il loro impatto sulla rinnovazione sono state seguite tre piste di esbosco e realizzati dei transetti all'interno di esse e appena al di fuori.



Figura 23: raffigurazione dei rilievi effettuati lungo le tre piste e appena al di fuori



Figura 24: Ormaia (Foto di Matteo Varotto, 2023)



Figura 25: Harvester e Forwarder nei pressi dell'area di studio (Foto di Matteo Varotto, 2024)

### 5.6.2 L'effetto delle piste di esbosco nei ventuno transetti

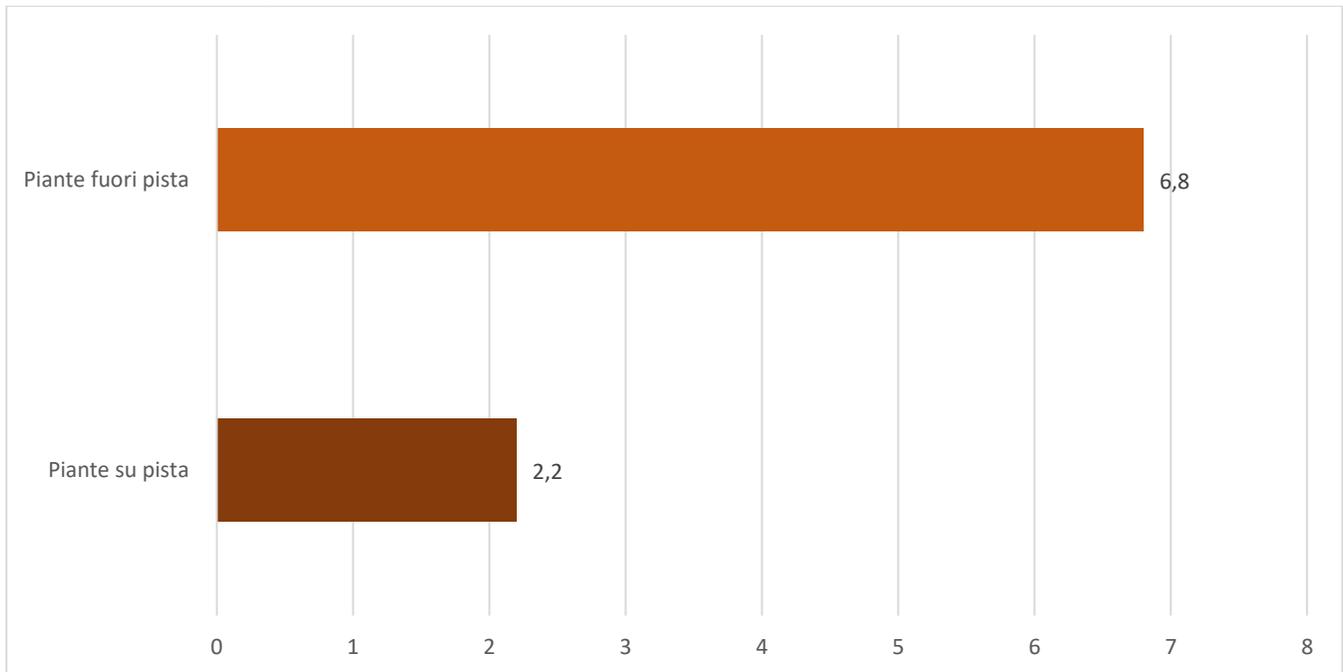


Grafico 30: Numero di piante medio presente dentro e fuori dalle ormaie

Nel grafico 30 viene riportato l'effetto delle vie di esbosco sulla numerosità media di piante per rilievo. In particolare, è stato eseguito un confronto tra il numero di piante medio presente nei rilievi ricadenti in una via di passaggio dei macchinari e quello invece risultante nei rilievi dove non è avvenuto. Dopo aver pulito il dato eliminando gli outliers, è stato riscontrato che, in media, in ogni rilievo ricadente in una via di esbosco ci sono 2,2 piantine. Nelle aree dove non è avvenuto il passaggio, invece, sono presenti 6,8 piante. Ciò sta a significare che, la presenza di una via di esbosco, influenza negativamente la numerosità di piante riscontrabile in un'area di saggio.

### 5.6.3 L'effetto delle piste di esbosco nei tre transetti di controllo

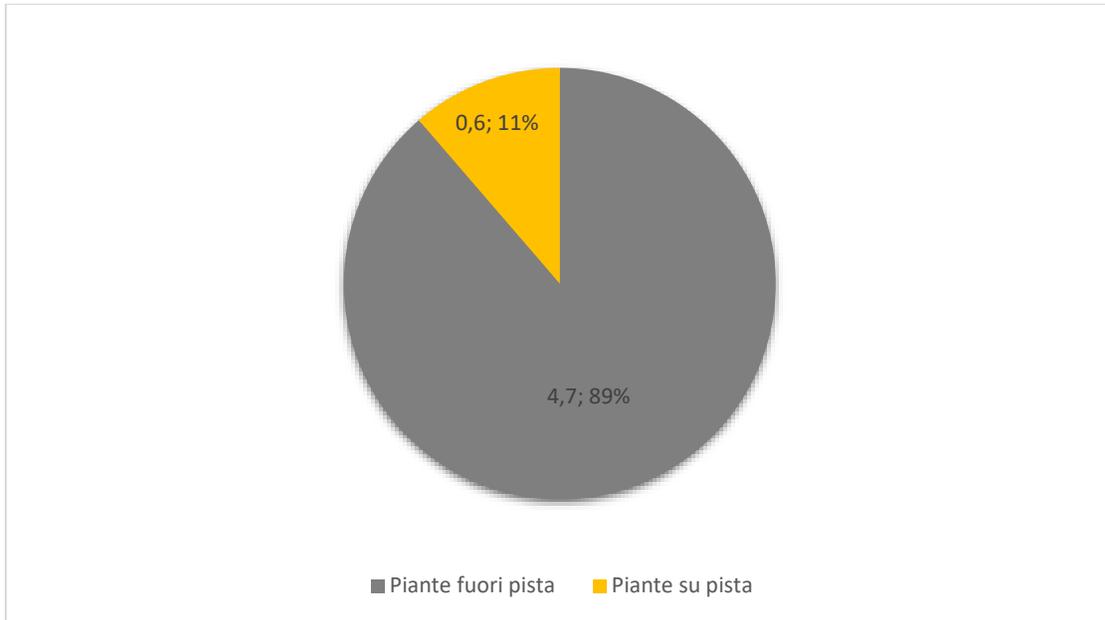
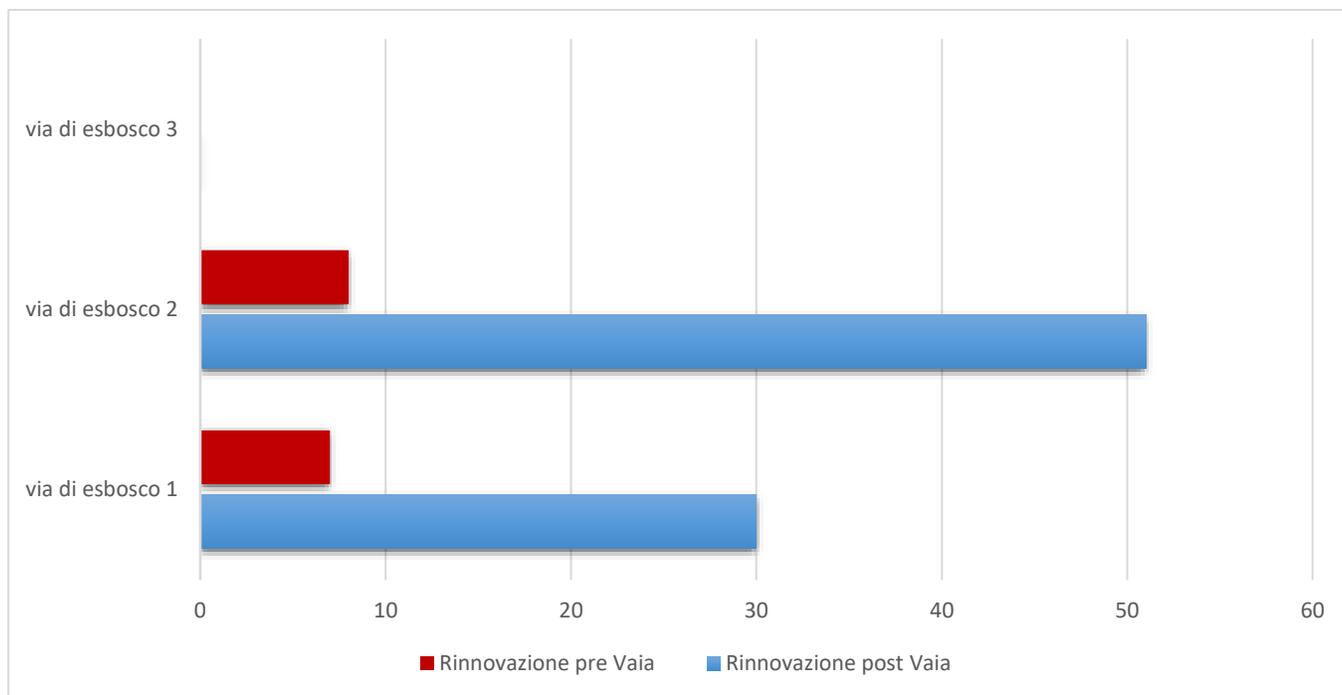


Grafico 31: Percentuale della rinnovazione fuori e dentro le piste

Il grafico a torta mostra, dopo aver eliminato dal dataset gli outliers, la distribuzione della rinnovazione distinguendo quella presente all'interno della via di esbosco e quella nel transetto fuori pista adiacente ad essa. Si nota come la maggioranza delle specie, l'89%, è concentrata nel transetto dove non è avvenuto il passaggio dei macchinari. Ciò dimostra, nuovamente, che il transito di harvester e forwarder ha avuto un impatto sensibile nei confronti della possibilità di colonizzazione del substrato da parte delle specie forestali.



*Grafico 32: Tipologia di rinnovazione presente nelle vie di esbosco*

Osservando la situazione all'interno delle piste di esbosco si nota come l'impatto sia maggiormente riscontrabile nei confronti della rinnovazione naturale presente prima della tempesta Vaia. I dati, infatti, dimostrano che la stragrande maggioranza della rinnovazione presente nelle piste di esbosco si sia insediata dopo il disturbo. In un totale di 96 piante rilevate, ben 81 è di tipo post-Vaia, quindi più dell'84 % dell'intero campione. Ciò è probabilmente dovuto al passaggio dei macchinari che, con la loro mole importante, hanno creato dei notevoli solchi, eliminando di fatto tutta la vegetazione preesistente, comprese le specie forestali. È stato inoltre osservato che la rinnovazione antecedente a Vaia presente nelle ormaie era unicamente collocata al centro della stessa, dove cingoli e ruote non hanno solcato il terreno (Figura 26). Al contrario, la rinnovazione post-Vaia, soprattutto nei pressi del margine vicino alle piante porta-seme, ha trovato del terreno vergine dove potersi insediare con una certa facilità, grazie anche alla momentanea ridotta presenza di colture erbacea o arbustiva.



*Figura 26: Ormaia con al centro rinnovazione di abete bianco pre-Vaia*

Parallelamente ai rilievi all'interno delle piste di esbosco, sono stati eseguiti una serie di rilevamenti adiacenti ad esse, al di fuori delle vie di passaggio dei macchinari forestali.

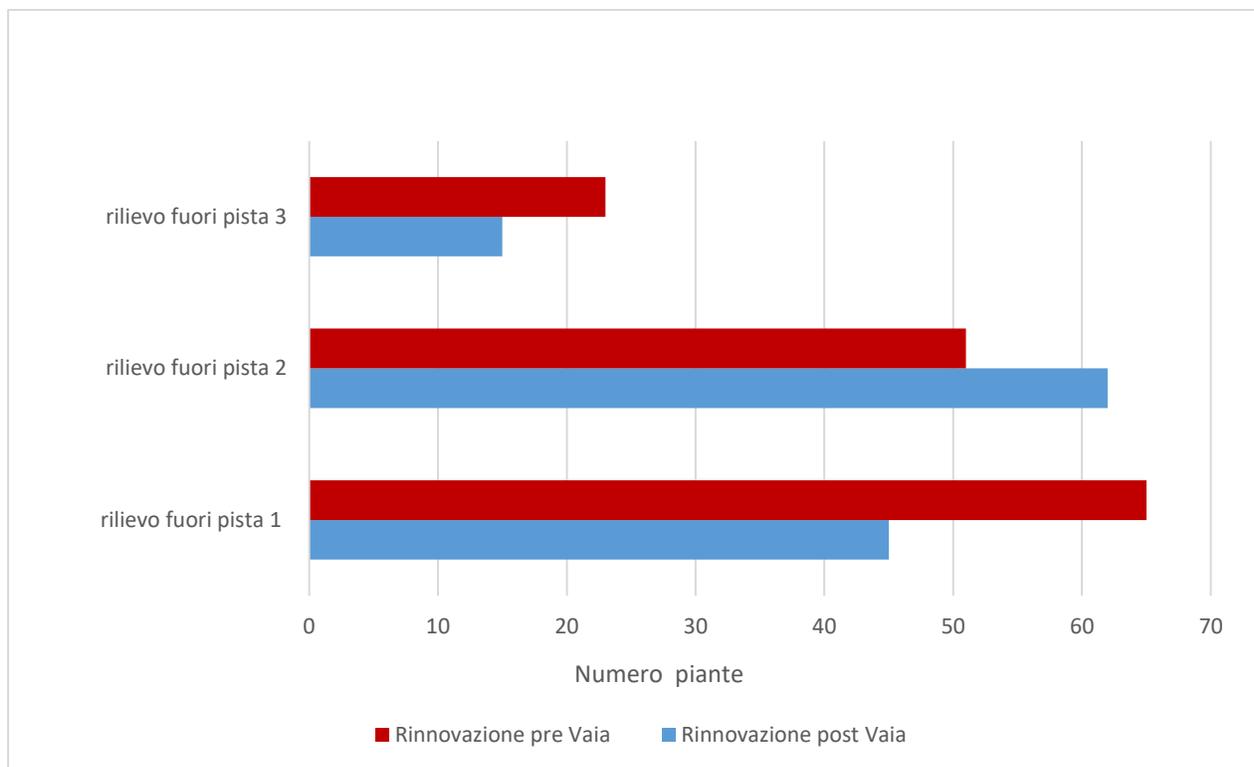


Grafico 33: Tipologia di rinnovazione presente fuori dalle piste

In un totale di 49 aree di saggio, sono state conteggiate 251 piantine tra: abete rosso, abete bianco, faggio, larice, sorbo degli uccellatori, salicome e betulla. Di 251 individui, 139, il 53%, è costituito da piante nate precedentemente alla tempesta Vaia. L'aumento di rinnovazione ante Vaia è più che tangibile, passando dal 16% al 53%. Nonostante tale aumento rimane comunque ben consolidato anche il cospetto di rinnovazione postuma a Vaia. Quest'ultima, infatti, cala dal punto di vista percentuale rispetto al totale, ma non dal punto di vista numerico, dove anch'essa subisce un aumento, passando da 81 individui a 122.

## 5.7 Analisi sulla correlazione tra le condizioni micro-stazionali e la rinnovazione post-Vaia

|                    | Kendall's tau |
|--------------------|---------------|
| % Cop. Arborea     | 0,199         |
| % Cop. Arbustiva   | 0,118         |
| % Cop. Erbacea     | 0,047         |
| % Rocce affioranti | -0,078        |
| % Suolo nudo       | -0,125        |
| % Necromassa       | -0,069        |
| % Lettieria        | -0,008        |

*Tabella 3: indici di Kendall's tau per la rinnovazione pre-Vaia*

Eseguendo test statistici, utilizzando l'indice di Kendall's tau, sono state analizzate eventuali correlazioni tra la rinnovazione nata dopo Vaia e le condizioni micro-stazionali dei plot. Nel complesso non sono state rilevate correlazioni significative, avendo quasi tutti i valori prossimi allo 0. Gli unici che hanno dimostrato una certa correlazione, anche se pur sempre scarsa, sono la copertura arborea, quella arbustiva e la percentuale di suolo nudo presente. Per le prime due si tratta di una correlazione positiva, con valori rispettivamente di 0,199 e 0,118. Ciò significa che all'aumentare di questi due fattori anche la rinnovazione tende leggermente ad essere maggiore. Opposto risulta essere il dato in riferimento alla presenza di suolo nudo dove, un valore negativo di 0,125, dimostra una bassa correlazione negativa tra i due fattori. Non risulta alcuna correlazione tra la rinnovazione post-Vaia e gli altri tre fattori: copertura erbacea, necromassa e lettiera.

La correlazione tra la copertura arborea e la numerosità di rinnovazione è probabilmente dovuta al fatto che i plot con copertura arborea si trovano nella grande maggioranza dei casi all'inizio dei transetti, nei pressi quindi del margine. Essendo i primi plot anche i punti con maggiore presenza di rinnovazione forestale, la correlazione assume dunque senso.

La correlazione tra la copertura arbustiva e la rinnovazione potrebbe invece trovare un riscontro nell'effetto protezione che, in taluni casi, gli arbusti possono offrire alla rinnovazione.

La correlazione negativa tra la percentuale di suolo nudo e la rinnovazione può essere dovuta alla presenza delle ormaie. Infatti, i plot ricadenti in esse, presentavano porzioni di suolo nudo ma raramente rinnovazione forestale, ad eccezione di casi nei pressi del margine.

L'assenza di una correlazione con la necromassa potrebbe essere causata dalla mancata distinzione tra la necromassa delle vecchie ceppaie e la necromassa delle ceppaie di Vaia. infatti, durante i rilievi, è stato osservato come nei pressi di quelle vecchie fosse presente molta rinnovazione pre-Vaia, mentre in quelle più recenti, l'eccessiva presenza di rovo ha permesso l'insediamento solo di poca rinnovazione.

#### 5.8 Analisi sulla correlazione tra le condizioni micro-stazionali e la rinnovazione Pre-Vaia

|                    | Kendall's tau |
|--------------------|---------------|
| % Cop. Arborea     | 0,231         |
| % Cop. Arbustiva   | 0,130         |
| % Cop. Erbacea     | 0,081         |
| % Rocce affioranti | -0,156        |
| % Suolo nudo       | -0,211        |
| % Necromassa       | 0,068         |
| % Lettieria        | -0,029        |

*Tabella 4: Indici di Kendall's tau per la rinnovazione post-Vaia*

Similmente a quanto rilevato per la rinnovazione post-Vaia, anche in quella già presente prima dell'evento non si osservano particolari correlazioni tra le condizioni micro-stazionali e la numerosità della rinnovazione. Una bassa correlazione positiva è stata riscontrata nei confronti della copertura

arborea (indice Kendall's tau = 0,231) e della copertura arbustiva (indice Kendall's tau = 0,130). Bassa correlazione negativa invece nei confronti della presenza di rocce affioranti (indice Kendall's tau = -0,156) e suolo nudo (indice Kendall's tau = 0,211). Nessuna correlazione nei confronti della copertura erbacea, della necromassa e della lettiera.

### 5.9 L'effetto della morfologia del terreno sull'insediamento della rinnovazione forestale

Come riportato anche in letteratura da molti autori tra cui Timo Kuuluvainen (2004), la rinnovazione forestale a seguito di un disturbo può essere influenzata dalla presenza di stazioni più elevate (displuvio) e stazioni meno (impluvio). Per tale motivo, durante la fase di raccolta dati, si è osservato se il plot fosse posizionato in un impluvio o in un displuvio.

Dei 491 plot realizzati, 245 risultano essere in una situazione di displuvio mentre 246 risultano in impluvio. I due campioni sono perciò fortuitamente comparabili con semplicità.

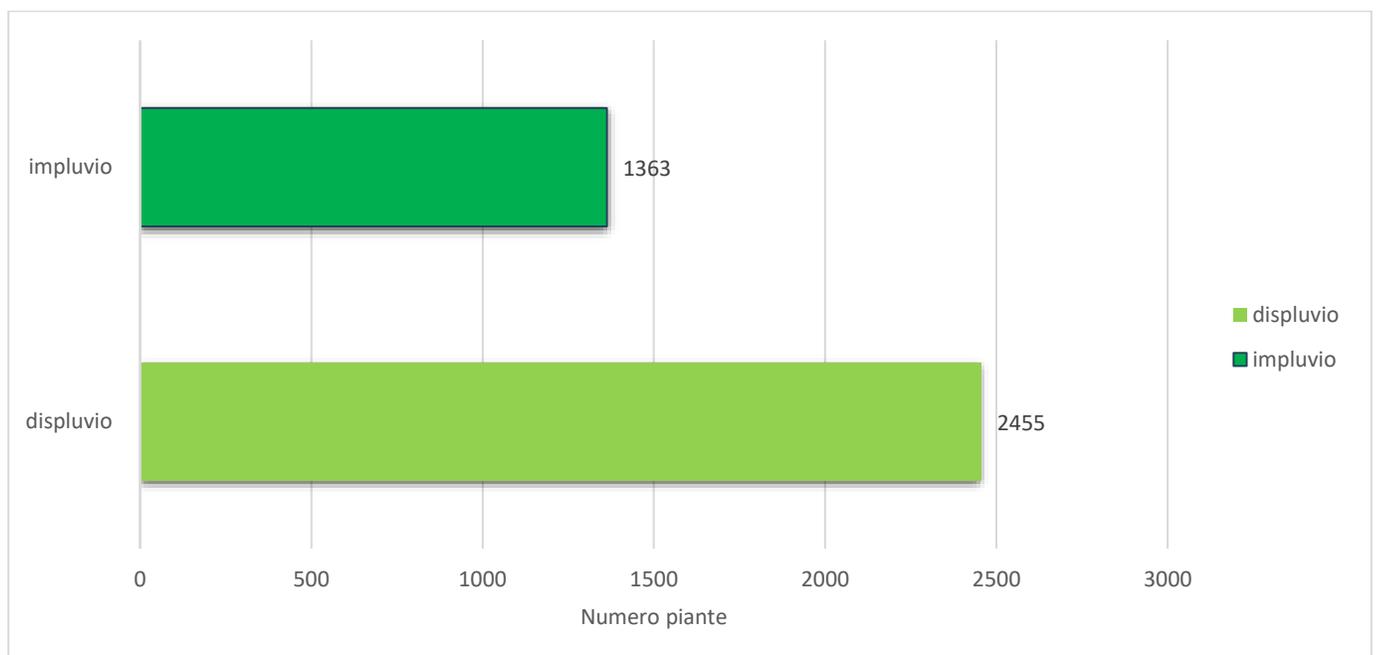
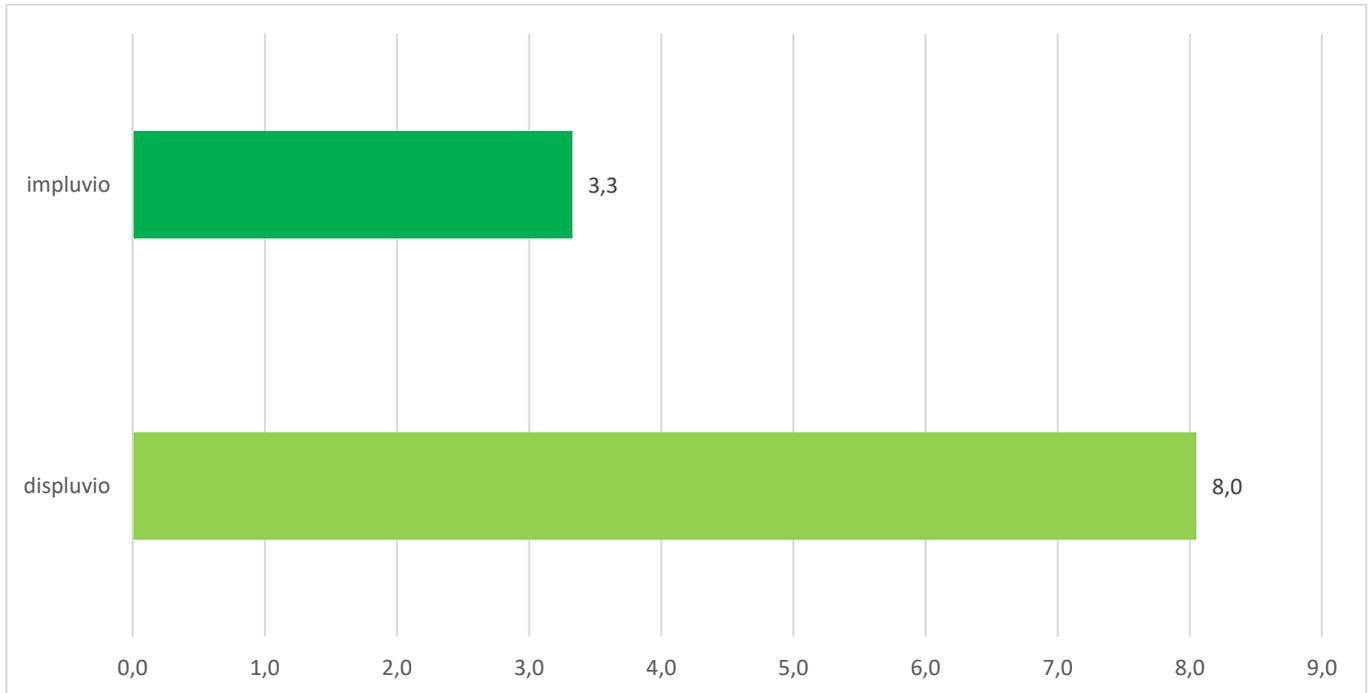


Grafico 34: Numero di piante presenti nelle aree ad impluvio e a displuvio

Osservando il Grafico 34 si nota come nei plot situati in zone di displuvio, e quindi con un miglior irraggiamento solare, il numero di piantine sia maggiore. Si passa da un valore di 1363 piante nei plot in impluvio, a 2455 in quelli in displuvio. Perciò, secondo i dati raccolti, è possibile che, come trovato

anche in letteratura, le situazioni di displuvio siano più favorevoli per la colonizzazione da parte delle specie forestali dopo un disturbo come la tempesta Vaia.



*Grafico 35: Numero di piante medio presenti nelle aree a displuvio e ad impluvio*

Al fine di eseguire una correlazione statisticamente corretta, sono stati eliminati i valori fuori norma (outliers) tramite il software Past. Togliendoli, è stato dunque possibile calcolare la media di piante presenti nei displuvi e quella negli impluvi (Grafico 35). Quest'ultimi presentano una media per plot di 3,3 piante, mentre i rilievi con caratteristica di displuvio 8. Ancora una volta è dunque possibile dedurre un effetto positivo delle posizioni sopraelevate e viceversa.

## 6 CONCLUSIONI

Gli effetti della tempesta Vaia sono stati disastrosi. L'Altopiano di Asiago è stato pesantemente colpito e la Piana di Marcesina una delle sue zone più martorate. Ora, dei quasi 42.000 ettari distrutti, ci si pone una questione, come recuperare questa enorme porzione di territorio silvo-pastorale?

Tra le diverse scelte spicca ovviamente quella della ricostituzione del patrimonio boschivo tramite rimboschimenti artificiali, spesso cofinanziati da grandi aziende o associazioni. Tuttavia, negli ultimi anni, è sempre più forte l'idea di lasciar spazio alla natura, assecondando a pieno i cicli naturali. Infatti, se da un lato il vento è causa principale di disturbo negli ecosistemi forestali, spesso è allo stesso tempo il principale artefice della diffusione delle sementi e quindi della ricolonizzazione delle aree disturbate. Ciononostante, tale scelta, deve essere preceduta da un'attenta valutazione del sito e deve sicuramente prescindere dalla presenza di rinnovazione in situ.

Dall'analisi dei dati raccolti su campo nell'area di studio è emerso esserci una quantità notevole di rinnovazione forestale. In totale sono presenti 16.205 piantine ad ettaro, tra abete rosso, abete bianco, faggio, sorbo degli uccellatori, salicene, betulla e larice. La rinnovazione nata dopo la tempesta Vaia, avente dunque età inferiore a cinque anni, è maggiore rispetto a quella nata successivamente alla tempesta (8.455 piantine rispetto a 7.750). Nel complesso nell'area è presente maggiormente rinnovazione di specie definitive (abete rosso, abete bianco e faggio), rispetto a pioniere (sorbo degli uccellatori, salicene, betulla e larice). Per quanto riguarda la prima categoria, la rinnovazione è per lo più di tipo pre-Vaia, mentre nelle pioniere è quasi esclusivamente di tipo post-Vaia, in particolare di Sorbo degli uccellatori. La specie più numerosa, che si tratti di rinnovazione pre o post-Vaia, è l'abete rosso, che rappresenta il 70% dell'intero campione, seguito da abete bianco e sorbo degli uccellatori. Questo dato, nonostante vada considerato che i semenzali con il tempo si diraderanno, dimostra che probabilmente in futuro quest'area sarà di nuovo dominata dal peccio, quindi, grazie anche ad una buona quota parte di abete bianco, sarà dunque possibile la formazione di un piceo-abieteteto. Tuttavia, una larga presenza di specie pioniere, in particolare di sorbo e salice, entrambe specie eliofile con un rapido accrescimento, fa presagire la possibilità di una fase iniziale dominata dalle specie colonizzatrici.

Come riportato in letteratura e visibile chiaramente anche nel Grafico 7, le sette specie forestali non sono distribuite equamente in termini spaziali dal margine del bosco sino alla strada. Stando ai dati dei plot, le specie definitive, la categoria presente in maggior numero, dimostrano una forte dipendenza

dal margine del bosco per quanto concerne la nuova rinnovazione; mentre una minore per quella preesistente. Quest'ultima, infatti, si è instaurata nei pressi delle vecchie ceppaie, originatesi con l'ultimo taglio selvicolturale ordinario eseguito nella particella. Diverso è invece il comportamento delle specie pioniere, che tendono ad avere una presenza più equidistribuita lungo tutto lo spazio, senza dimostrare legami con il margine del bosco.

Un fattore di rilievo che ha compromesso l'insediamento della rinnovazione sono le piste di esbosco create da harvester e forwarder. Nel complesso, mediamente, fuori dalle piste sono presenti numeri di rinnovazione quattro volte superiori a quelli presenti all'interno. È stato inoltre osservato come la loro presenza abbia influenzato soprattutto la rinnovazione pre-Vaia, distrutta dal passaggio dei macchinari. Al loro interno domina dunque la rinnovazione postuma, salvo qualche caso di specie nate al centro della pista che si è potuta salvare dal passaggio delle macchine.

Un fattore che ha invece favorito la presenza di rinnovazione è l'elevazione di alcune stazioni. Infatti, è stato osservato che nelle zone a displuvio la rinnovazione è nettamente più numerosa, a discapito delle aree ricadenti in impluvi. Non sono state osservate altre significative correlazioni con gli altri fattori presi in esame.

In conclusione, è possibile affermare che, visto il quantitativo di rinnovazione presente in questa precisa area di studio situata nella Piana della Marcesina, non vi è alcuna necessità di intervenire con un rimboschimento. Tuttavia, in altri contesti è sempre necessaria una valutazione preventiva della rinnovazione prima di adottare scelte gestionali.

## BIBLIOGRAFIA

- Regione del Veneto, Assessorato ai Trasporti a Fune Segreteria Regionale per le Infrastrutture Direzione Mobilità. PIANO REGIONALE NEVE RAPPORTO AMBIENTALE Parte III, Vicenza, ALLEGATO D.
- Corona P., Carraro G., Portoghesi L., Bertani R., Disegna M., Ferrari B., Marchetti M., Fincati G., Alivernini A., 2010 – Pianificazione forestale di indirizzo territoriale. Metodologia e applicazione sperimentale all’Altopiano di Asiago. Regione del Veneto, Università degli Studi della Tuscia, Piccoli Giganti Edizioni, Castrovillari.
- Stefan Zerbe. 2001. On the ecology of *Sorbus aucuparia* with special regard to germination, establishment and growth. *Polish Botanical Journal* 46(2): 229–239,
- Lasen C., 2017. Descrizione degli habitat dell’Alto Adige Provincia Autonoma di Bolzano, Ripartizione Natura, paesaggio e sviluppo del territorio.
- Grigolato S, Marchi E, Laschi A, Cavalli R. 2019. Riflessioni sulla viabilità forestale e opere connesse a supporto delle iniziative per la predisposizione dei decreti attuativi del Testo Unico in materia di Foreste e Filiere Forestali. *Forest@* 16: 49-55. – doi: 10.3832/efor3175-016 [online 2019-09-02]
- Hippoliti G (1998). Precisazione su alcune caratteristiche di piste e strade forestali. *Monti e Boschi* 6: 40-41
- Reid, L.M.; Dunne, T. 2011. Sediment production from forest road surfaces. Paper #G28 in DeWalle, D.R. (ed.): *Forest Hydrology (IAHS Benchmark Papers in Hydrology Series)*. International Association of Hydrological Sciences. (1984 paper reprinted from *Water Resources Research* 20(11), 1753–1761)
- Turner MG. Disturbance and landscape dynamics in a changing world. *Ecology*. 2010 Oct;91(10):2833-49. doi: 10.1890/10-0097.1. PMID: 21058545.
- Rupert Seidl<sup>1</sup>, Dominik Thom<sup>1</sup>, Markus Kautz<sup>2</sup>, Dario Martin-Benito<sup>3,4</sup>, Mikko Peltoniemi<sup>5</sup>, Giorgio Vacchiano<sup>6</sup>, Jan Wild<sup>7,8</sup>, Davide Ascoli<sup>9</sup>, Michal Petr<sup>10</sup>, Juha Honkaniemi<sup>5</sup>, Manfred J. Lexer<sup>1</sup>, Volodymyr Trotsiuk<sup>11</sup>, Paola Mairota<sup>12</sup>, Miroslav Svoboda<sup>11</sup>, Marek Fabrika<sup>13</sup>, Thomas A. Nagel<sup>11,14</sup>, and Christopher P. O. Reyer<sup>15</sup>. 2017. Forest disturbances under climate change.

- White, P.S., Pickett, S.T.A. 1985. *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*. Pickett, S.T.A., White, P.S., editors. Academic Press.
- Christopher P. Quine, Barry A. Gardiner, John Moore. 2021. Chapter Four - Wind disturbance in forests: The process of wind created gaps, tree overturning, and stem breakage, Editor(s): Edward A. Johnson, Kiyoko Miyanishi, *Plant Disturbance Ecology (Second Edition)*, Academic Press, Pages 117-184, ISBN 9780128188132
- Gardiner, B., Schuck, A., Schelhaas, M.-J., Orazio, C., Blennow, K., Nicoll, B., 2013. Living with Storm Damage to Forests. What Science Can Tell Us 3. EFI European Forest Institute. <https://doi.org/10.1007/s10342-006-0111-0>.
- Schelhaas, M.J. 2008. Impacts of natural disturbances on the development of European forest resources: application of model approaches from tree and stand levels to large-scale scenarios. *Dissertationes Forestales* 56. 28 p.
- Paknazar B. 2021. Le foreste europee sono in espansione ma aumenta anche la loro vulnerabilità. Il Bo' live
- Forzieri, G., Girardello, M., Ceccherini, G. et al. 2021. Emergent vulnerability to climate-driven disturbances in European forests. *Nat Commun* **12**, 1081.
- Motta R., Ascoli D., Corona P., Marchetti M. e Vacchiano G. 2018. Selvicoltura e schianti da vento. Il caso della “tempesta Vaia”. *Forest@* 15: 94-98
- Mitchell S.J. 2013. Wind as a natural disturbance agent in forests: a synthesis. *Forestry* 86 (2): 147-157. - doi: 10.1093/forestry/cps058
- Ulanova N.G. 2000. The effect of windthrow on forests at different spatial scales: a review. *Forest Ecology and Management* 135: 155-167. - doi: 10.1016/S0378-1127(00)00307-8
- Kuuluvainen T, Kalmari R. 2003. Regeneration microsites of *Picea abies* seedlings in a windthrow area of a boreal old-growth forest in southern Finland. *Annales Botanici Fennici* 40 (6): 401-413. [online]
- Hörnberg, G., Ohlson, M. & Zackrisson, O. 1997: Influence of bryophytes and microrelief conditions on *Picea abies* seed regeneration patterns in boreal old-growth swamp forests. — *Can. J. For. Res.* 27: 1015–1023.

- Peterson, C. J. & Pickett, S. T. A. 1995: Forest reorganization: A case study in an old-growth forest catastrophic blowdown. — *Ecology* 76: 763–774.
- Peterson, C. J. & Pickett, S. T. A. 1990: Microsite and elevational influences on early forest regeneration after catastrophic windthrow. — *J. Veg. Sc.* 1: 657–662.
- Jäderlund, A. 2001: Bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) in a boreal forest ecosystem. Effects on tree seedling emergence and growth. — *Silvestria* 188
- San-Miguel-Ayán J, De Rigo D, Caudullo G, Houston Durrant T, Mauri A. 2016. European atlas of forest tree species. Publication Office of the European Union, Luxembourg.
- svetanov N, Dountchev A, Panayotov M, Zhelev P, Bebi P, Yurukov S. 2018. Short- and long-term natural regeneration after windthrow disturbances in Norway spruce forests in Bulgaria. *iForest* 11: 675-684. - doi: 10.3832/ifor2754-011
- J. E. Eckenwalder. 2009. *Conifers of the World: The Complete Reference*. Timber Press.
- Farjon, D. Filer. 2013. *An Atlas of the World's Conifers: An Analysis of their Distribution, Biogeography, Diversity and Conservation Status*.
- T. Horgan, et al. 2003. *A guide to forest tree species selection and silviculture in Ireland*. (National Council for Forest Research and Development
- J. I. Barredo, et al. 2015. *EPPO Bulletin* 45, 273.
- Zovi D. 2017. *LA GRANDE FORESTA. Storia dei boschi dell'Altopiano di Asiago*. Asiago: Rigoni di Asiago
- L. Augusto, J. Ranger, D. Binkley, A. Rothe. 2002. *Annals of Forest Science* 59, 233.
- Del Favero. 2004. *I boschi delle regioni alpine italiane*
- J. Senn, W. Suter. 2003. *Forest Ecology and Management* 181, 151.
- M. Ruosch, et al. 2015. *Global Change Biology*.
- Fang, J. and Lechowicz, M.J. 2006. Climatic limits for the present distribution of beech (*Fagus* L.) species in the world. *Journal of Biogeography*, 33: 1804-1819.
- Magri, D. 2008. Patterns of post-glacial spread and the extent of glacial refugia of European beech (*Fagus sylvatica*). *Journal of Biogeography*, 35: 450-463.
- K. Kramer, et al. 2010. *Forest Ecology and Management* 259, 2213. The ecology and silviculture of beech: from gene to landscape

- Raspé, O., Findlay, C. and Jacquemart, A.-L. 2000. *Sorbus aucuparia* L.. *Journal of Ecology*, 88: 910-930.
- S. Zebre. 2001 *Polish botanical journal* 46, 229
- P. S. Savill. 2013. *The silviculture of trees used in British forestry*.
- K. Shaw, S. Roy, B. Wilson. 2014. *The IUCN Red List of Threatened Species*, pp. 194521/0+.
- M. D. Atkinson. 1992. *Journal of Ecology* 80, 837
- Praciak, et al. 2013. *The CABI encyclopedia of forest trees* (CABI, Oxfordshire, UK)
- F. Mitchell, P. Dahlstrom, E. Sunesen, C. Darter. 1974. *A field guide to the trees of Britain and northern Europe* (Collins)
- Green, S. and MacAskill, G.A. 2007. Pathogenicity of *Marssonina betulae* and other fungi on birch. *Plant Pathology*, 56: 242-250.
- Mikko Kuusinen. 1995. *Epiphytic Lichen Diversity on Salix caprea and Populus tremula in Old-growth Forests of Finland*. Department of Ecology and Systematics, P.O. Box 47, FIN-00014, University of Helsinki, Finland 1: 125-132
- Kay, Q. O. N. 1985. Nectar from willow catkins as a food source for Blue Tits. *Bird Study*, 32(1), 40–44.
- Nummi, Petri & Kuuluvainen, Timo. 2013. Forest disturbance by an ecosystem engineer: Beaver in boreal forest landscapes. *Boreal Environment Research*. 18. 13-24.
- Gu, W.-D., Kuusinen, M., Konttinen, T., & Hanski, I. 2001. Spatial Pattern in the Occurrence of the Lichen *Lobaria pulmonaria* in Managed and Virgin Boreal Forests. *Ecography*, 24(2), 139–150.
- Coutinho, Antonio & Aguiar, Carlos & Alves, Paulo & Silveira, Paulo & de Almeida, João & Crespi, Antonio & Honrado, Joao & Silva, Luís & Silva, Vasco. 2010. *Atlas Flora Europaeae. Distribution of vascular plants in Europe: Rosaceae (Rubus)*.
- Farjon, Aljos. 2018. The Kew Review Conifers of the World. *Kew Bulletin*. 73. 10.1007/s12225-018-9738-5.
- Dorren, Luuk & Berger, Frédéric & Hir, Céline & Mermin, Eric & Tardif, Pascal. 2005. Mechanisms, effects and management implications of rockfall in forests. *Forest Ecology and Management*. 215. 183-195. 10.1016/j.foreco.2005.05.012.

- Veneto Agricoltura. 2022. ENEGO (VI): PARTE LA RINASCITA DELLA PIANA DI MARCESINA DISTRUTTA DA VAIA. <https://www.venetoagricoltura.org/2022/11/news/enego-vi-parte-la-rinascita-della-piana-di-marcesina-distrutta-da-vaia/>

## RINGRAZIAMENTI

Per la realizzazione di questa tesi ringrazio il Prof. Pividori, il Prof. Lingua e il Dott. Marangon per il supporto fornito. Si ringrazia inoltre il Dott. For. Marco Pellegrini per l'aiuto fornito nell'individuazione dell'area di studio. Per la raccolta dei dati in campo ringrazio la mia ragazza Maria e mio padre per il supporto ricevuto.

Per questi fantastici anni accademici non posso che ringraziare i miei genitori per il supporto ricevuto, L'AUSF Padova per la famiglia che mi ha fatto trovare, il gruppo degli organizzatori di Agripol per i momenti difficili e magici che mi ha regalato e tutti gli amici incontrati durante il mio percorso.

Non posso non ringraziare gli amici dell'Erasmus in Finlandia, che mi hanno immensamente aiutato durante il periodo più bello e difficile della mia vita.

A voi tutti sono grato.