



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI MILANO



Analisi degli interventi di ripristino forestale nel Comune di Valdisotto (SO)

RELAZIONE 2025



1	INTRODUZIONE	1
2	Interventi nelle aree BOS 1, BOS 2, SRA 1 e RIM 2	1
3	Interventi nelle aree delle particelle VS43 (LXC) e VS45 (PEC)	6
4	Rilievi 2025: disegni di campionamento e modalità	11
4.1	Aree di intervento 2024 (BOS 1, BOS 2, SRA 1 e RIM 2)	11
4.2	Aree di intervento 2025: RIM1 (particella 33) e RIM2 (particella 39)	12
4.3	Aree di intervento 2025: LXC e PEC.....	14
5	Metodi di campionamento ed analisi	19
6	Risultati aree di intervento 2024 - Aree BOS 1, BOS 2, SRA 1 e RIM2	23
6.1	Analisi della variazione della copertura del suolo	23
6.2	Analisi sulla provvigione reale	26
6.3	Necromassa	27
6.4	Rinnovazione.....	30
6.4.1	Stato della rinnovazione nelle aree di intervento selvicolturale del 2024 .	30
6.4.2	Stato della rinnovazione nell'area RIM 2.....	35
6.4.3	Confronto dello stato della rinnovazione naturale tra il 2024 ed il 2025 nell'area RIM 2	39
6.5	Sintesi generale dello stato della rinnovazione per le aree di intervento del 2024	41
6.6	Carbonio stoccato nelle piante vive e nella necromassa forestale.....	42
6.7	Analisi fitosociologica, della diversità della componente erbacea e delle coperture del suolo.	43
6.8	Analisi sulla provvigione reale	49
6.9	Necromassa	51
6.10	Rinnovazione.....	55
6.11	Carbonio stoccato nelle piante vive e nella necromassa forestale.....	60
7	Baseline aree di intervento 2025 - Aree RIM1 (33) e RIM2 (39).....	61
8	Contenuto di carbonio (C%) e conducibilità idraulica satura (K_s)	62

9	Discussione dei risultati	65
	Bibliografia.....	68
	Appendice	69
	Riepilogo delle principali variabili.....	69

1 INTRODUZIONE

A proseguo del precedente elaborato, il presente rapporto definirà lo stato dei rilievi sulle aree analizzate nel 2024 (BOS 1, BOS 2, SRA 1 e RIM 2), soffermandosi in particolare sui cambiamenti del soprassuolo avvenuti a seguito degli interventi di taglio ed esbosco parziale o di rimboschimento artificiale nel corso del 2025.

Il 2025 ha visto l'espansione dello studio a due nuove aree interessate da interventi selvicolturali, poste nelle particelle forestali 43 e 45 del Comune di Valdisotto.

2 Interventi nelle aree BOS 1, BOS 2, SRA 1 e RIM 2

Le aree BOS 1, BOS 2, SRA 1 e RIM 2 (Figura 1) sono state oggetto di studio della condizione pre-intervento durante l'estate 2024, ed hanno visto il concretizzarsi degli interventi selvicolturali alla fine dello stesso anno.

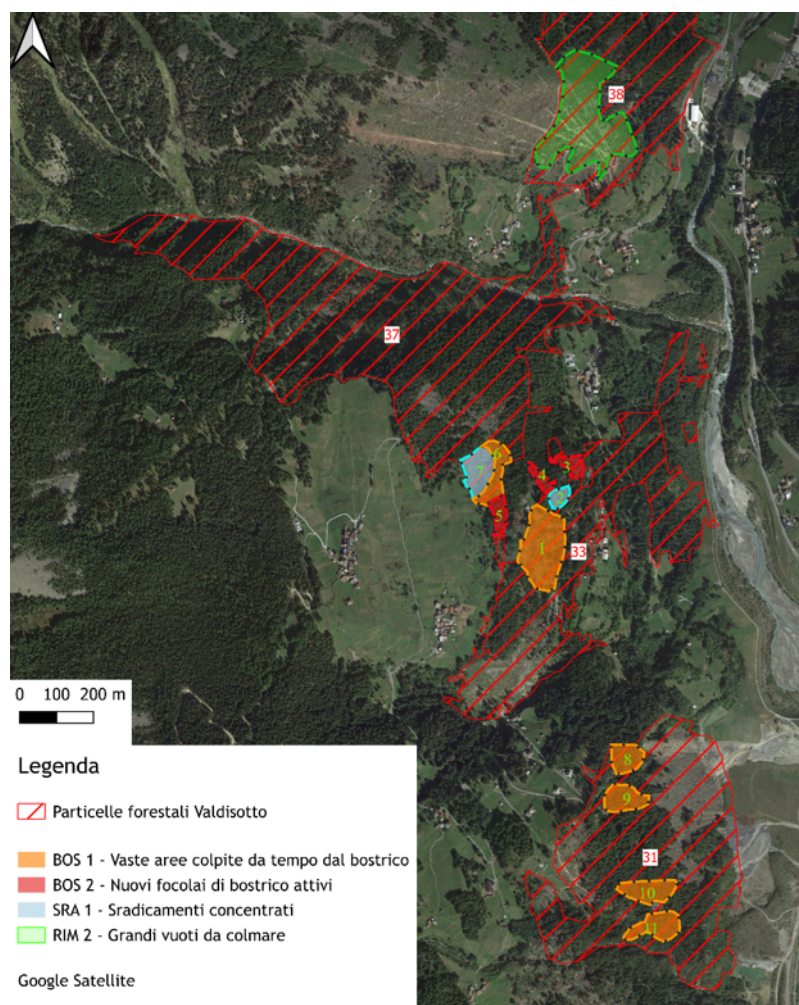


Figura 1 Aree di intervento e rimboschimento 2024

Queste aree, il cui inquadramento si rimanda al rapporto del 2024, sono sostanzialmente delle porzioni delle particelle forestali assestate (31, 33 e 37) di proprietà del Comune di Valdisotto, afferenti alla pecceta montana dei substrati silicatici dei suoli mesici. La struttura è generalmente monoplana o biplana, a testimonianza di un soprassuolo coetaneo (dove presente), che può essere inquadrato nella fase di fustaia, salvo piccoli gruppi in fase di perticaia e di spessina. In queste aree si concentra l'effetto di vari disturbi biotici ed abiotici che hanno determinato un notevole incremento della mortalità negli ultimi anni. Sulla base del tipo di disturbo e della sua intensità, il Consorzio Forestale Alta Valtellina ha stilato dei progetti di taglio e dei progetti di rimboschimento. La suddivisione in diverse aree omogenee ha questo significato:

- BOS 1, aree colpite da tempo dal bostrico. In queste aree *Ips typographus* ha compiuto diverse generazioni per diversi anni, determinando la morte la quasi totalità dei soggetti di abete rosso.
- BOS 2, nuovi focolai di bostrico, il quale sta determinando il deperimento del soprassuolo seppur il livello di mortalità non sia comparabile con le aree BOS1.
- SRA 1, aree con sradicamenti concentrati non bonificati. In sostanza, sono aree con sradicamenti e stroncamenti derivanti dall'evento calamitoso della Tempesta Vaia.

Le aree incluse nel gruppo BOS 1 erano caratterizzate da infestazioni di bostrico presenti da tempo, sviluppatasi a partire da nuclei di piante schiantate o fortemente indebolite in seguito alla tempesta Vaia. In questi contesti il soprassuolo risultava ampiamente compromesso, con una marcata presenza di piante morte in piedi e una ridotta capacità di svolgere le funzioni ecologiche e protettive tipiche della copertura forestale. L'intervento ha previsto lo sgombero del soprassuolo danneggiato, finalizzato a interrompere la continuità del materiale idoneo allo sviluppo del parassita e a ridurre la pressione infestante sulle aree limitrofe. Il taglio non è stato totale né uniforme: una parte delle piante è stata abbattuta ed esboscata, mentre una quota del materiale legnoso è stata allestita in bosco. I tronchi rilasciati al suolo (LOG) sono stati in parte scortecciati e disposti trasversalmente od obliquamente rispetto alla linea di massima pendenza, con l'obiettivo di contenere i fenomeni erosivi superficiali e favorire la creazione di microstazioni idonee all'insediamento della rinnovazione naturale. In alcuni settori, inoltre, sono stati lasciati piccoli gruppi di piante morte in piedi (SNAG), selezionate tra soggetti nei quali il bostrico avesse già completato lo sviluppo, al fine di mantenere habitat idonei per gli antagonisti naturali del parassita e ridurre il rischio di ulteriori schianti diffusi.

Le aree attribuite al gruppo BOS 2 presentavano invece focolai di bostrico attivi, generalmente di estensione più contenuta rispetto alle aree BOS 1, ma caratterizzati da una dinamica di gradazione dell'infezione in corso con elevato potenziale di espansione. In questi casi il soprassuolo conservava ancora una parziale continuità strutturale, ma risultava localmente compromesso dalla presenza di piante già colonizzate dal bostrico e di individui in evidente stato di deperimento. L'intervento è stato impostato con una finalità prevalentemente preventiva e di contenimento della gradazione, prevedendo lo sgombero delle piante colpite e di quelle che manifestavano chiari sintomi di sofferenza, seguito dall'esbosco della maggior parte del materiale legnoso danneggiato. A supporto delle operazioni di risanamento sono state predisposte cataste esca in prossimità dei focolai attivi, con l'obiettivo di intercettare gli adulti di bostrico durante il periodo di attività e ridurre la probabilità di colonizzazione di nuove superfici. Anche in queste aree, la gestione dei residui di lavorazione è stata effettuata lasciando parte della ramaglia e del legno a terra in modo controllato, evitando il danneggiamento della rinnovazione presente e contribuendo al mantenimento della fertilità stazionale.

Le superfici incluse nel gruppo SRA 1 erano invece caratterizzate prevalentemente dalla presenza di sradicamenti concentrati, con soprassuolo discontinuo e una distribuzione irregolare delle piante residue. In tali aree il danno principale era riconducibile agli effetti meccanici del vento, mentre l'infestazione da bostrico risultava generalmente secondaria e limitata alle piante di margine o agli individui già indeboliti. L'intervento ha quindi assunto un carattere selettivo e mirato, prevedendo il taglio, l'allestimento e l'esbosco delle piante schiantate e delle piante colpite o potenzialmente suscettibili all'attacco del parassita, senza ricorrere a tagli estesi del soprassuolo residuo. L'obiettivo principale è stato quello di ridurre le condizioni di instabilità e prevenire l'innescò di nuovi focolai infestativi, favorendo al contempo la riorganizzazione naturale del bosco rimanente. Anche in queste aree, parte del materiale legnoso è stato lasciato in bosco, contribuendo alla difesa del suolo e alla creazione di condizioni ambientali favorevoli all'evoluzione della rinnovazione.

In sintesi, gli interventi realizzati mirano a ripristinare la funzionalità ecologica e protettiva dei soprassuoli danneggiati, riducendo la pressione dei disturbi secondari e creando le condizioni per una rinnovazione forestale efficace.

L'area RIM 2 (grandi vuoti da colmare) monitorata nel 2024, fa parte della particella forestale 38 del Comune di Valdisotto. Essa ha subito danni da vento nel 2018 ed è stata oggetto di sgombero totale del soprassuolo danneggiato immediatamente dopo l'evento

calamitoso. Fin da subito si è instaurata una forte competizione esercitata dalla vegetazione erbacea ed arbustiva, che ha rapidamente colonizzato le superfici libere, ostacolando l'affermazione delle giovani piante arboree. Alla luce di queste condizioni, è stato attuato un intervento di rimboschimento durante l'autunno 2024 con lo scopo di accelerare la dinamica naturale di insediamento della rinnovazione forestale, favorendo la ricostituzione di un soprassuolo stabile e funzionale.

La scelta delle specie da impiegare è stata effettuata con l'obiettivo di ridurre la predominanza dell'abete rosso, attualmente molto diffuso nella fascia altimetrica interessata, ma ritenuto particolarmente sensibile agli effetti del cambiamento climatico in questi contesti. Si è pertanto optato per una composizione specifica diversificata, che prevede la presenza dell'abete rosso in misura ridotta e il suo inserimento in consociazione con altre conifere e con un contingente significativo di latifoglie così distribuite per ogni nucleo:

- 40% *Picea abies* (abete rosso);
- 20% *Larix decidua* (Larice);
- 5% *Pinus sylvestris* (Pino silvestre);
- 35% latifoglie come *Betula spp.* (Betulla, in genere la specie “*pendula*” o “*pubescens*”), *Populus tremula* (pioppo tremulo), *Sorbus aucuparia* (Sorbo degli uccellatori), *Acer pseudoplatanus* (Acero di monte), *Acer platanooides* (Acero riccio) e *Sambucus racemosa* (Sambuco rosso).

Le proporzioni per le diverse specie in fase progettuale sono da ritenersi indicative e da adattare con la dovuta elasticità in funzione della disponibilità del materiale vivaistico.

L'intervento è impostato come rimboschimento per gruppi, prevedendo la realizzazione di nuclei di piante distribuiti nelle microstazioni ritenute più favorevoli all'attecchimento. Ogni gruppo è costituito da una specie principale, impiantata in numero prevalente, accompagnata da due o più specie accessorie in quantità minore. La densità complessiva di impianto è pari a circa 1.600 *piante/ha*, organizzate in gruppi di dimensioni e numerosità medie tali da garantire una buona copertura iniziale del suolo, mantenendo al contempo una distribuzione irregolare coerente con la dinamica naturale del bosco. In totale sono stati formati 145 gruppi georeferenziati dal Dott. For. Michele Franzini (Figura 2), contenuti mediamente 50 piante su una superficie di circa 30 m² con picchetto posto nella zona centrale.

Il materiale vegetale utilizzato deriva da materiale certificato del Vivaio ERSF di Curno ed è costituito prevalentemente da piantine in alveolo, con altezza contenuta, al fine di

garantire un corretto equilibrio tra apparato radicale e parte epigea. Questa scelta consente di ridurre lo stress da trapianto e di aumentare le probabilità di attecchimento e sopravvivenza delle piantine.

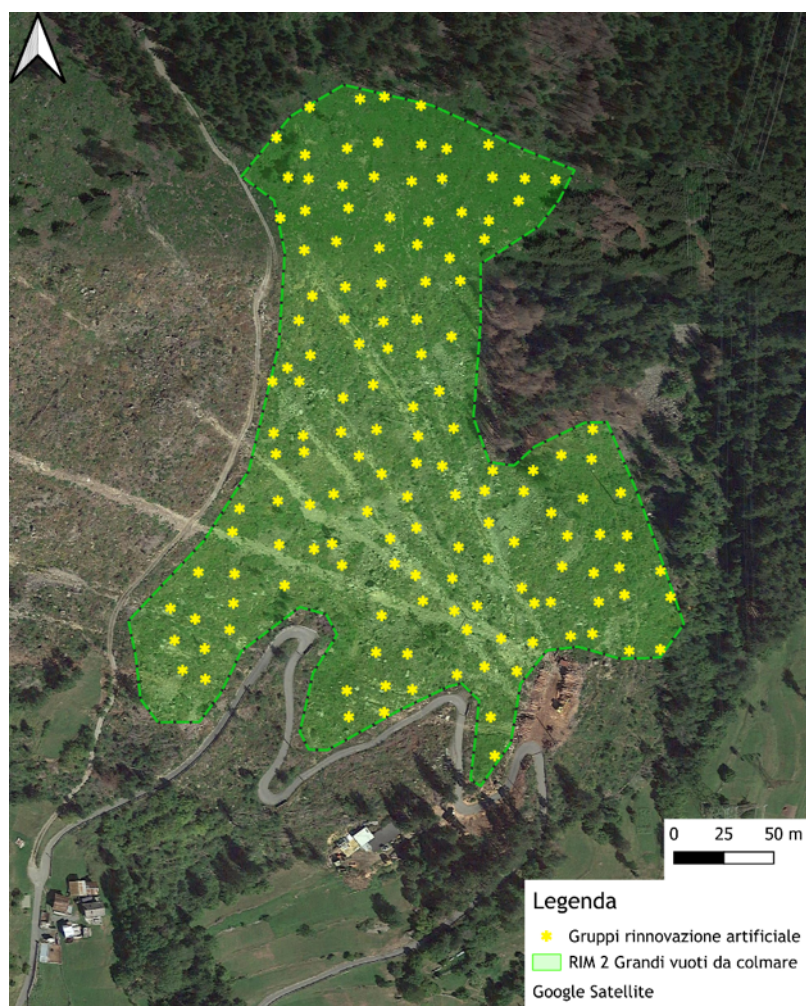


Figura 2 Localizzazione gruppi di rinnovazione artificiale

3 Interventi nelle aree delle particelle VS43 (LXC) e VS45 (PEC)



Figura 3 Ingresso nella pecceta di Suena

Le aree oggetto di primo rilievo e successivamente di taglio selvicolturale nell'anno corrente, sono identificabili dalle schede di intervento come area LXC per la porzione di particella forestale numero VS43 (Comune di Valdisotto) e PEC per la porzione di particella VS45 (Comune di Valdisotto). Esse sono ubicate sullo stesso versante (inquadramento in Figura 4), a nord rispetto alle altre aree in studio. L'area LXC si sviluppa dalla località Suena a 1550 m s.l.m. alla località Prese sita a 1800 m s.l.m. coprendo una superficie di circa 15 *ha*. Il tipo forestale della pecceta montana dei substrati silicatici dei suoli mesici occupa solo la porzione SUD di quest'area, mentre il resto di essa è afferente alla pecceta

altimontana e sub-alpina dei substrati silicatici dei suoli mesici. L'area PEC si sviluppa su una superficie di circa 9 ha distribuita tra i 1400 ed i 1650 m s.l.m. ed è contenuta nella particella forestale numero 45 del Comune di Valdisotto. La pecceta montana dei substrati silicatici dei suoli mesici è il tipo forestale che copre l'intera area.

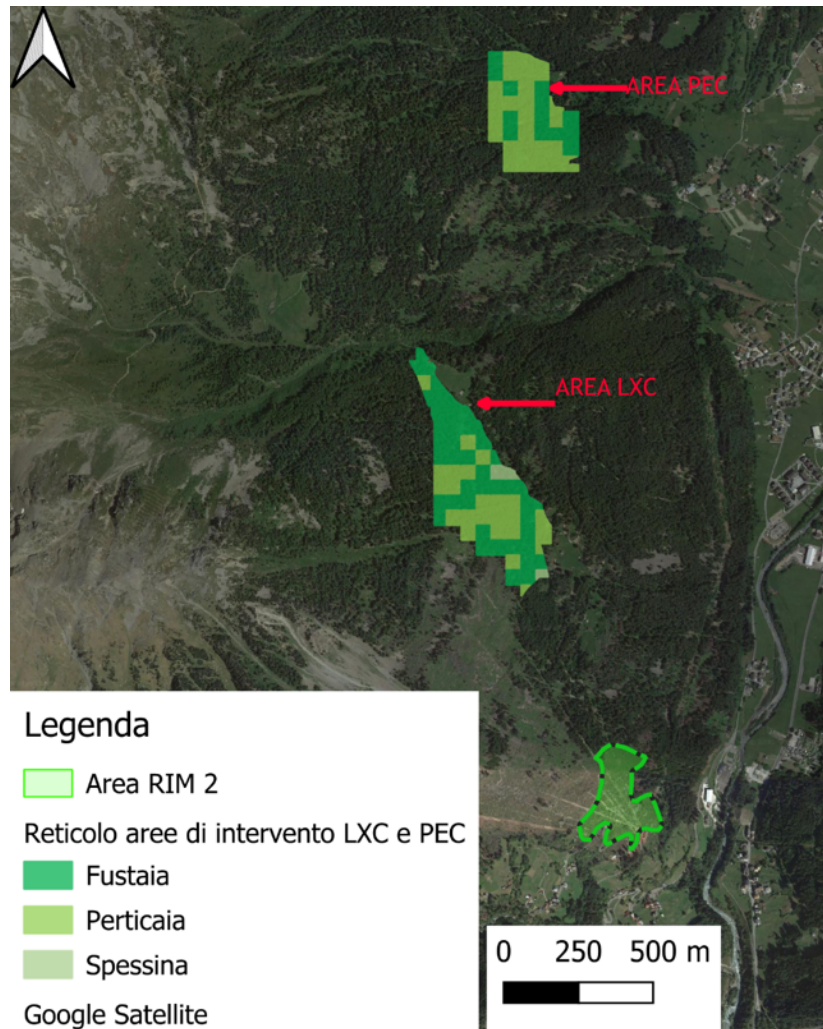


Figura 4 Inquadramento aree LXC e PEC

Nel P.A.F. del Comune di Valdisotto essa è inserita nella compresa a prevalente funzione protettiva, come la particella 43. L'area non risulta vulnerata con un'intensità paragonabile alle aree in studio nel 2024 (BOS 1, BOS2, SRA 1, e RIM 2), sia per quanto riguarda i danni primari da vento, sia per quelli secondari derivanti dalla gradazione di *Ips typographus*. Risultano comunque delle piccole aree con danni concentrati da bostrico o con nuclei che testimoniano un'iniziale infestazione di bostrico (Figura 5).



Figura 5 Sradicamento nell'area LXC

La maggioranza degli individui di peccio è comunque in buona salute, con dei valori di provvigione reale stimata elevata, come si potrà notare nella sezione riguardante l'analisi dendrometrica. L'area LXC, come l'area PEC presenta una struttura tendenzialmente monoplana con distribuzione delle età coetaneiforme per superfici omogenee. Difatti, nelle stesse aree convivono porzioni di soprassuolo allo stadio di fustaia, di perticaia e di spessina. Per completezza di informazione, i termini spessina, perticaia e fustaia indicano degli stadi di sviluppo di un soprassuolo coetaneiforme, ovvero di un insieme di piante che condividono la stessa età, quindi lo stesso stadio di sviluppo. Si parte dal novelleto, ovvero dal primo stadio che corrisponde alla fase iniziale di affermazione della rinnovazione. In questa fase i giovani alberi sono ancora di modesta altezza, generalmente compresa tra pochi decimetri e circa due metri. Si passa alla fase di spessina, caratterizzato da una copertura del suolo da parte degli alberi ormai uniformi in altezza, con chiome che cominciano a toccarsi e una competizione intensa per risorse come luce e spazi. Alla fase di perticaia gli individui raggiungono il massimo tasso di incremento ipsometrico (in

altezza) per poi crescere principalmente nel diametro dendrometrico giunti alla fase di fustaia. Nell'area LXC convivono:

- porzioni in fase di spessina su superfici estremamente limitate (circa 0.5 *ha*) e vicine alla viabilità forestale, testimonianza di probabili utilizzazioni forestali passate;
- porzioni in fase di perticaia che occupano circa 5.5 *ha*;
- porzioni in fase di fustaia, circa 9 *ha*.

Nell'area PEC, invece si trovano principalmente delle aree di perticaia (6 *ha* circa) ed in minor parte delle aree a fustaia (circa 3 *ha*).

Oltre alla variazione dello stadio di sviluppo, i soprassuoli presentavano danni da vento e nuovi focolai di *Ips typographus* concentrati solo su alcune porzioni.

Seppur l'intervento preminente fosse un taglio di diradamento, si è optato per la stratificazione dell'intervento in base alle caratteristiche di sviluppo ed alla presenza di danni dovuti ai disturbi citati. La stratificazione spaziale ha definito la suddivisione regolare con sezione quadrata e lato di 50m delle due aree di intervento. Per ogni cella, il Dott. For. Michele Franzini ha compiuto un sopralluogo per verificare lo stadio di sviluppo e la presenza di danni. Con questa suddivisione è stato possibile stabilire per ogni tipo di area l'esigenza, o meno, del miglioramento selvicolturale e modulare l'intensità dello stesso in caso di criticità come la presenza di danni.

Sono quindi state adottate modalità operative differenti in funzione dello stadio evolutivo del popolamento e degli obiettivi selvicolturali. In entrambi i casi l'intervento è stato orientato a migliorare la stabilità e la qualità del bosco, selezionando i soggetti più promettenti e garantendo loro spazi adeguati ad una crescita equilibrata, con un corretto rapporto ipso-diametrico e uno sviluppo armonico delle chiome, così da aumentare la resistenza del popolamento alle avversità biotiche e abiotiche.

Nelle spessine è stato effettuato uno sfollo, configurando quindi un intervento maggiormente selettivo. L'azione si è concentrata sull'eliminazione degli alberi malformati, deperienti o intristiti, che sottraevano luce e risorse alla rinnovazione meglio affermata e ai soggetti d'avvenire. L'obiettivo principale è stato quello di accompagnare l'evoluzione del popolamento giovanile, riducendo la competizione e favorendo una struttura più funzionale, senza compromettere la continuità della copertura forestale.

Nelle perticaie, invece, si è scelto di intervenire prevalentemente mediante un diradamento dal basso, eliminando i soggetti soppressi, deperienti o morti, con diametri

inferiori alla soglia minima e rimuovendo solo occasionalmente piante di dimensioni maggiori qualora risultassero instabili o pericolanti.

Contestualmente è stata effettuata una selezione dei candidati alla futura fustaia attraverso un diradamento dall'alto, volto a modulare la competizione tra i soggetti meglio conformati e più promettenti, senza però determinare una significativa riduzione della densità. Tale scelta è stata dettata anche dalle condizioni stazionali: l'area di Suena, nel comune di Valdisotto, è caratterizzata da una marcata pendenza e un'eccessiva apertura del soprassuolo potrebbe aumentare la vulnerabilità del popolamento ai danni da vento.

In entrambi i tipi di intervento è stata posta particolare attenzione alla conservazione degli elementi di valore ecologico, come le piante morte in piedi con cavità o nidi, rilasciate salvo casi di instabilità, e al mantenimento della diversità specifica, privilegiando le latifoglie e le specie meno rappresentate. Le operazioni sono state condotte con criteri prudenziali, evitando la potatura delle piante in piedi e limitando la sramatura ai soli rami secchi che potessero ostacolare le lavorazioni, al fine di garantire un'evoluzione equilibrata e stabile del popolamento forestale nel medio-lungo periodo.

Allo sfollo ed al diradamento è stato aggiunto l'allestimento del materiale danneggiato in caso di schianti o piante infestate da *Ips Typographus*. Per quanto riguarda le fustaie, è stato effettuato unicamente quest'ultimo intervento in caso di necessità.

L'esbosco è stato effettuato con verricello su trattore forestale solamente per le aree più vicine alla viabilità forestale, mentre per il resto del soprassuolo in caso di taglio si è optato sull'allestimento in loco del materiale derivante da diradamenti e bonifiche di soggetti danneggiati.

4 Rilievi 2025: disegni di campionamento e modalità

4.1 Aree di intervento 2024 (BOS 1, BOS 2, SRA 1 e RIM 2)

I rilievi svolti durante il 2025 hanno avuto come obiettivo la ripetizione delle misurazioni sulla copertura vegetale, necromassa e rinnovazione delle aree già osservate nel 2024, nell'ottica di effettuare un'analisi dello stato del soprassuolo per inventari successivi. Inoltre, è stata aggiunta la misurazione dei soggetti vivi (altezza e diametro dendrometrico), non attuata nel 2024. Effettuando un'analisi per inventari successivi, è stato fondamentale ripetere le misurazioni nelle stesse aree di campionamento. Per le aree di intervento (BOS 1, BOS2 e SRA1) il disegno di campionamento è risultato identico, mentre per l'area RIM 2 della particella 38 si è optato per lo spostamento di 15 delle 30 aree di campionamento (Figura 6).

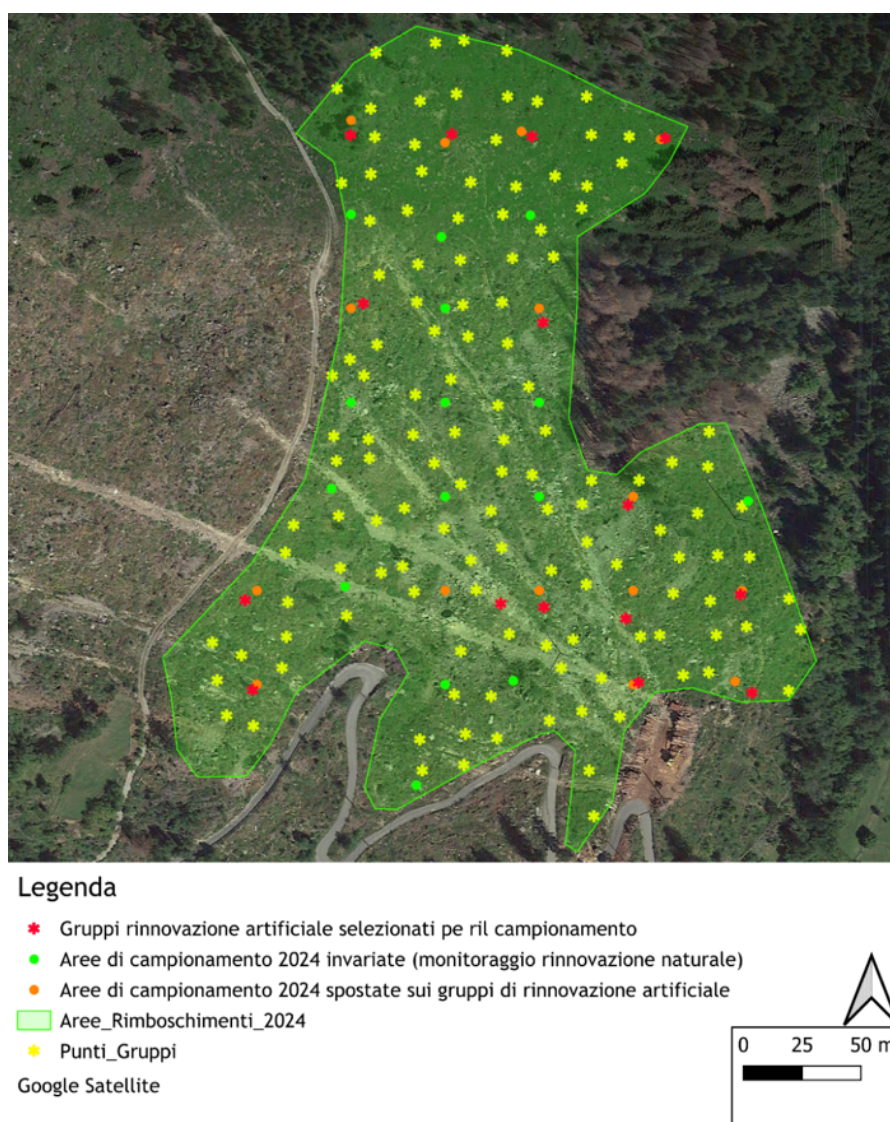


Figura 6 Rappresentazione cartografica dei rilievi 2025 in RIM2 (particella 38): aree di campionamento 2024 da spostare, spostate e punti dei nuclei di rinnovazione artificiale

Questa variazione è stata fondamentale per poter rilevare i nuclei di rinnovazione artificiale, mantenendo comunque attivo il rilevamento della rinnovazione naturale. La traslocazione dei plot per il rilevamento dei rimboschimenti è stata effettuata prediligendo i nuclei più vicini alla maglia di campionamento preesistente e verificando in campo l'idoneità. Per evitare delle distorsioni nel campionamento, anche per i nuclei di rinnovazione artificiale è stata mantenuta la stessa dimensione dell'area campione: superficie circolare da 5 metri di raggio con centro posto sul picchetto del gruppo di rinnovazione artificiale. Questo ha inevitabilmente determinato l'esclusione di qualche soggetto dal monitoraggio, ma è stato fondamentale per mantenere lo stesso disegno di campionamento. Sono inoltre stati esclusi dal monitoraggio i soggetti di *Sambucus racemosa*, in quanto il protocollo di misura stilato nel 2024 lo individua come arbusto. Il rilievo floristico e il calcolo dell'indice di diversità di Shannon in queste aree non è stato ripetuto nell'anno 2025 e sarà effettuato nel 2026. Nel report 2026 gli indici di diversità floristica e il loro trend saranno commentati e confrontati dopo un periodo minimo di 2 anni, con quelli riportati in letteratura da altri studi precedenti in aree interessate da schianti e bostrico.

4.2 Aree di intervento 2025: RIM1 (particella 33) e RIM2 (particella 39)

L'area da rimboschire situata nella particella VS33 (codice trattamento RIM1) è posta all'interno dell'area BOS1 in loc. Boscaccio. In quest'area ricadono sette delle 13 aree di campionamento dell'area 1-BOS1. La superficie totale è 1,3125 ettari (Figura 7).

Seppur non in modo paragonabile rispetto ai grandi vuoti presenti nelle aree più colpite dalla Tempesta, anche questa zona è priva di una copertura forestale che garantisca una pronta rinnovazione del bosco, a beneficio anche della protezione della strada comunale e del nucleo di abitazioni posti immediatamente a valle. Lo scopo del rimboschimento previsto è quello di velocizzare la dinamica naturale di insediamento della rinnovazione forestale.

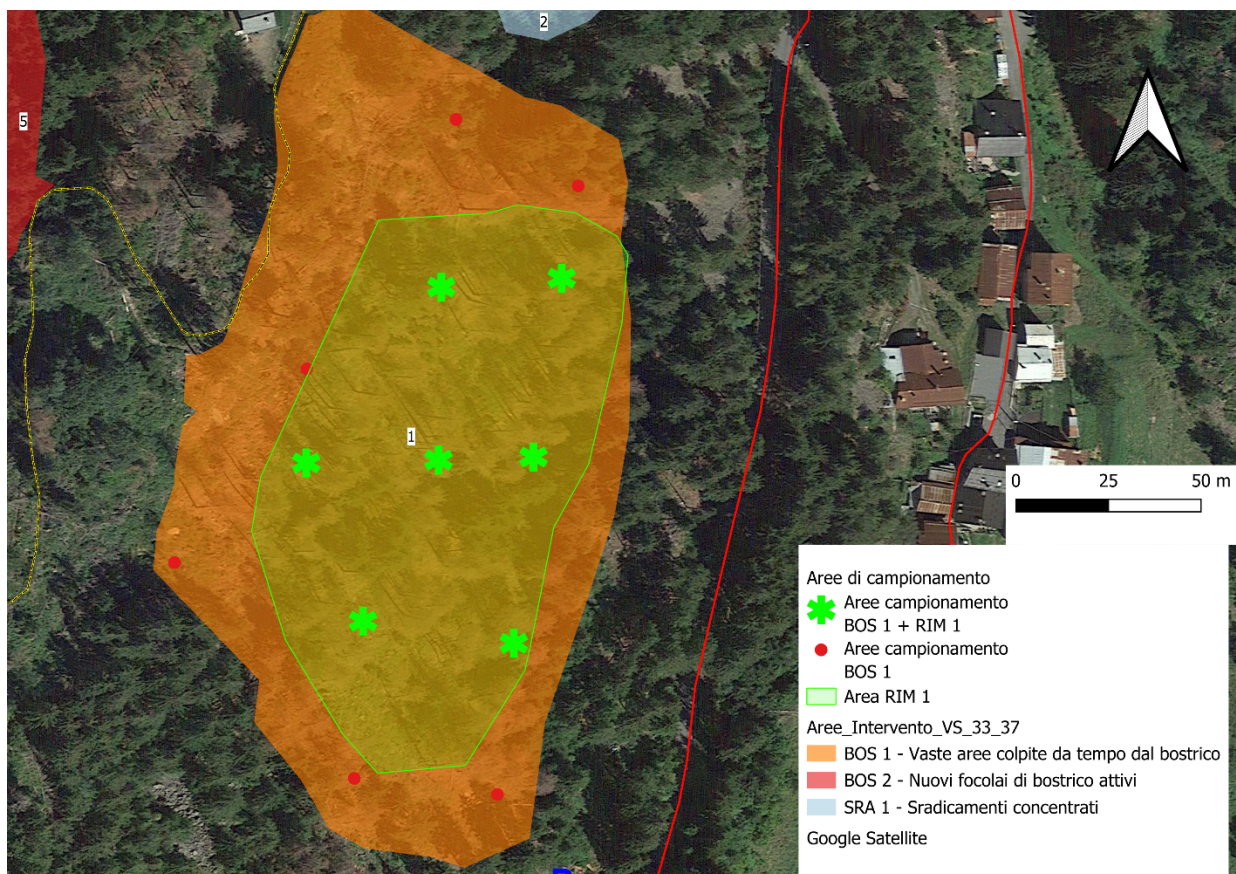


Figura 7 Area RIM1 nella particella 33 all'interno di BOS2

L'area di rimboschimento nella particella 39 (superficie: 3.0 ettari) fa parte del grande vuoto RIM2 che è stato completamente compromesso dagli schianti della Tempesta Vaia, e interessato subito dopo l'evento dalle operazioni di recupero delle piante a terra. Allo stato attuale, la superficie è priva di copertura forestale. Pur essendo passati alcuni anni dalle operazioni di recupero delle piante a terra, la rinnovazione naturale stenta ad affermarsi con successo, a causa della competizione con le specie erbacee ed arbustive che hanno rapidamente colonizzato il terreno. Lo scopo del rimboschimento previsto è quello di velocizzare la dinamica naturale di insediamento della rinnovazione forestale. Quest'area non è stata oggetto di rilievo pre intervento nell'anno 2025; per le baseline si adotteranno gli stessi valori risultanti dal rilievo 2024 dell'area RIM2 nella particella 38, appartenente al medesimo versante (Figura 8).

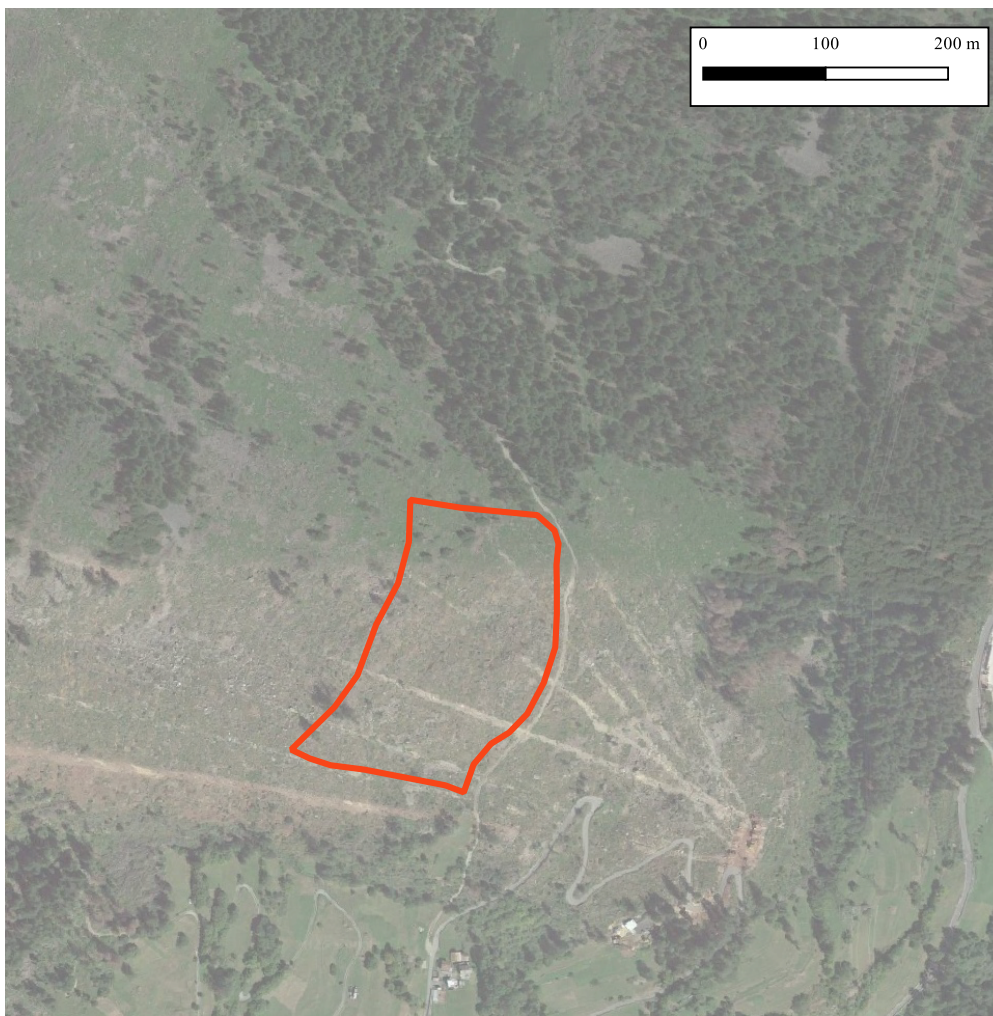


Figura 8 Area RIM2 nella particella 39, immediatamente a monte dell'area RIM2 nella particella 38 già rimboschita con gli interventi del 2024.

4.3 Aree di intervento 2025: LXC e PEC

Per le aree LXC e PEC è stata mantenuta la stessa serie di misurazioni, mentre è stato implementato un disegno di campionamento stratificato con ripartizione proporzionale, per meglio integrarlo alla diversità di interventi ed allo stato del soprassuolo.

Come già anticipato, queste aree sono caratterizzate da un soprassuolo a diversi stadi di sviluppo, con presenza o meno di danni e l'intervento di miglioramento selvicolturale è stato adattato di conseguenza. Sulla base di questo sono stati definiti degli strati, seguendo la maglia regolare del progetto formalizzato dal C.F.A.V., che tengano da conto di queste caratteristiche. Per ogni tipologia di strato è stato definito un codice univoco. Questo ha portato alla suddivisione in 8 strati per l'area LXC ed in 7 strati per la PEC (Figura 9-10 e Tabella 1).

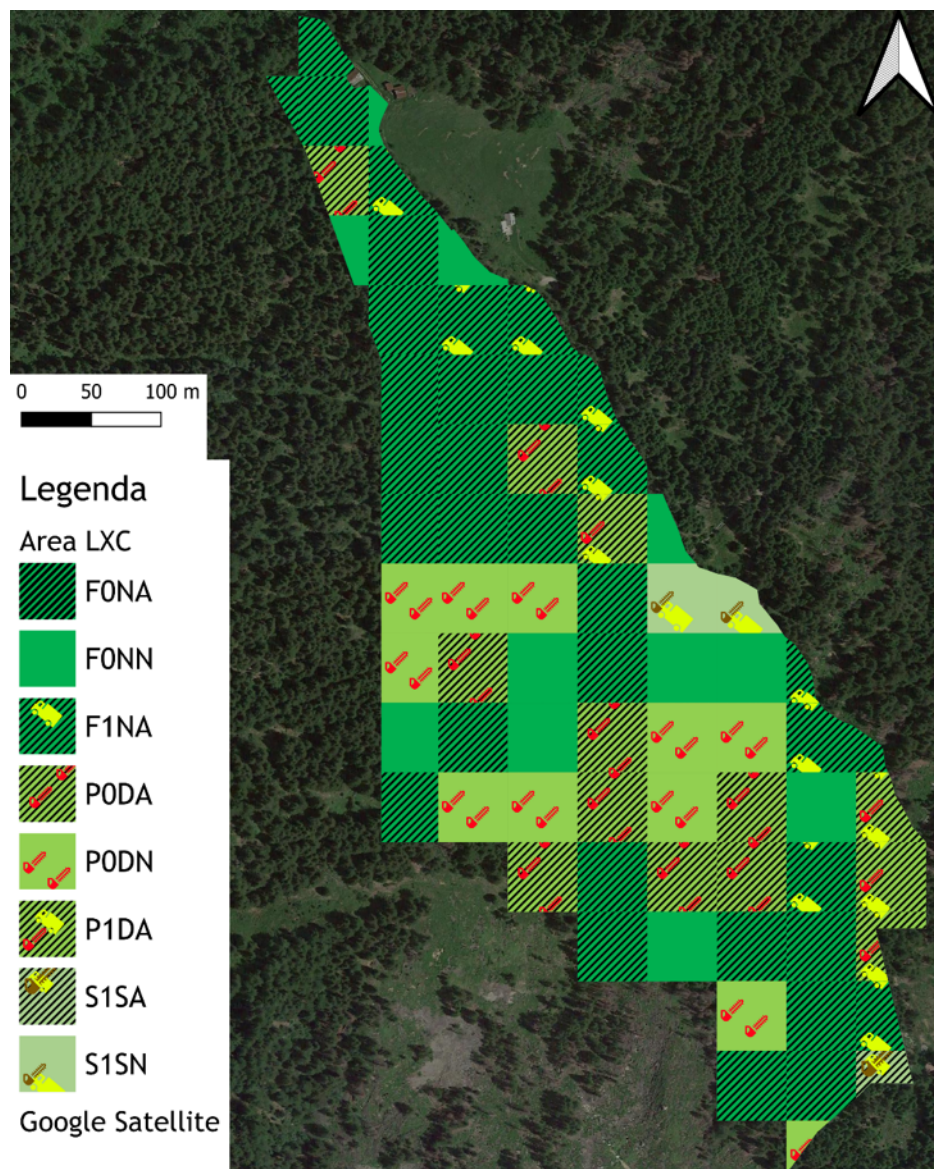


Figura 9 Stratificazione dell'area LXC

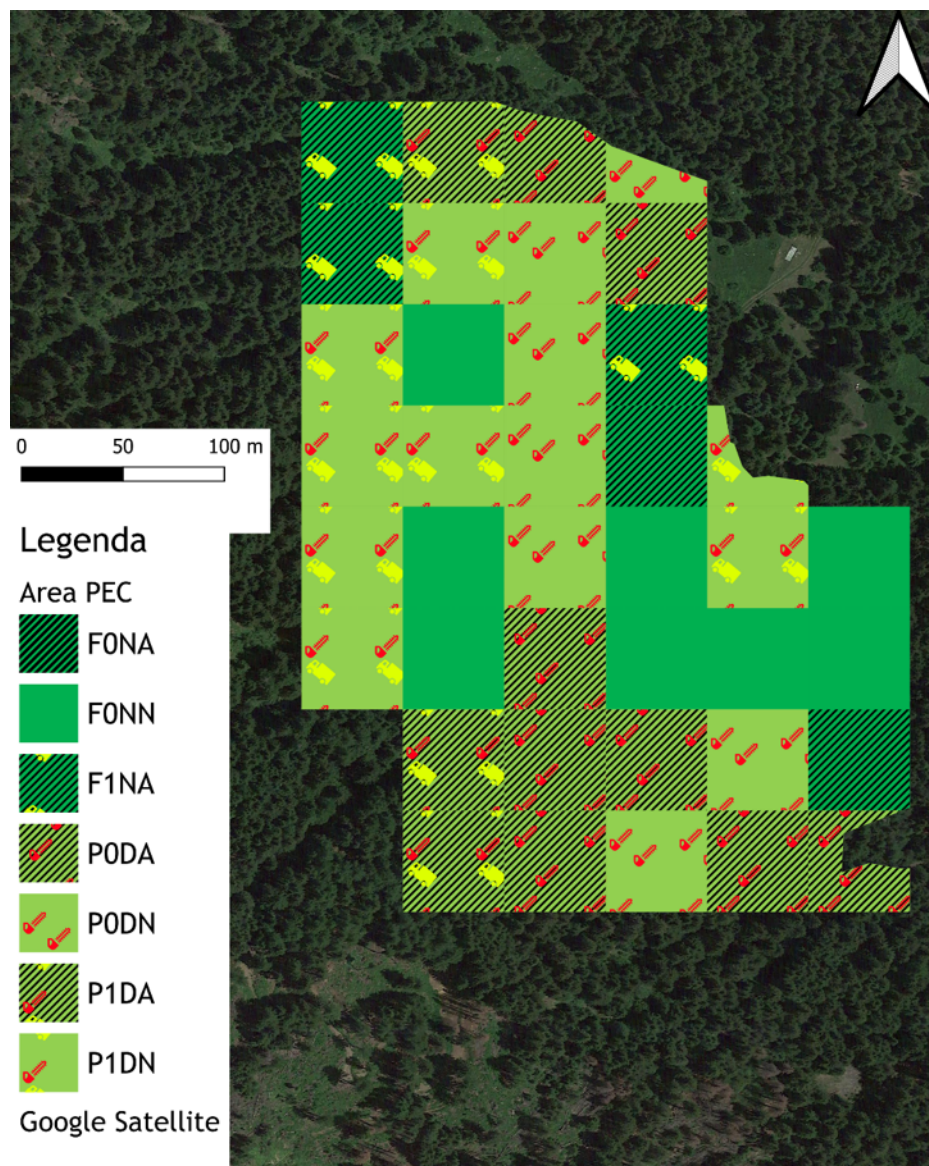


Figura 10 Stratificazione dell'area PEC

<i>CODICE AREA</i>	<i>STATO DI SVILUPPO</i>	<i>INTERVENTI</i>
<i>F0NN</i>	FUSTAIA	NESSUN INTERVENTO
<i>F0NA</i>	FUSTAIA	ALLESTIMENTO MATERIALE DANNEGGIATO SENZA ESBOSCO
<i>F1NA</i>	FUSTAIA	ALLESTIMENTO MATERIALE DANNEGGIATO CON ESBOSCO
<i>P0DN</i>	PERTICAIA	DIRADAMENTO SENZA ESBOSCO
<i>P0DA</i>	PERTICAIA	DIRADAMENTO ED ALLESTIMENTO MATERIALE DANNEGGIATO SENZA ESBOSCO
<i>P1DA</i>	PERTICAIA	DIRADAMENTO ED ALLESTIMENTO MATERIALE DANNEGGIATO CON ESBOSCO
<i>P1DN</i>	PERTICAIA	DIRADAMENTO CON ESBOSCO
<i>S1SN</i>	SPESSINA	SFOLLO CON ESBOSCO
<i>S1SA</i>	SPESSINA	SFOLLO ED ALLESTIMENTO MATERIALE DANNEGGIATO CON ESBOSCO

Tabella 1 Codifica degli strati con i quali sono state suddivise le aree LXC e PEC

Le regole per la definizione del disegno di campionamento sono state le seguenti:

- posizionamento dell'area di campionamento centralmente alla cella da campionare;
- possibilità, una volta in loco, di spostare l'area di campionamento nel caso in cui si ritenga di migliorare l'accuratezza di campionamento (soprassuolo maggiormente rappresentativo dello strato);
- prediligere il campionamento su celle intere e non di dimensione ridotta per ridurre l'effetto bordo;
- sottoporre ad aree di campionamento il 30% delle celle, oppure, effettuare almeno 2 aree campione per strato;

Sulla base di queste regole, sono stati estratte casualmente le celle da sottoporre al campionamento.

Per l'area S1SA (spessina con sfollo, allestimento materiale danneggiato ed esbosco) è stato obbligatorio effettuare due aree di campionamento in una stessa cella, essendo l'unica che compone questo strato.

In totale sono state definite 24 aree di campionamento per l'area LXC (Figura 11).

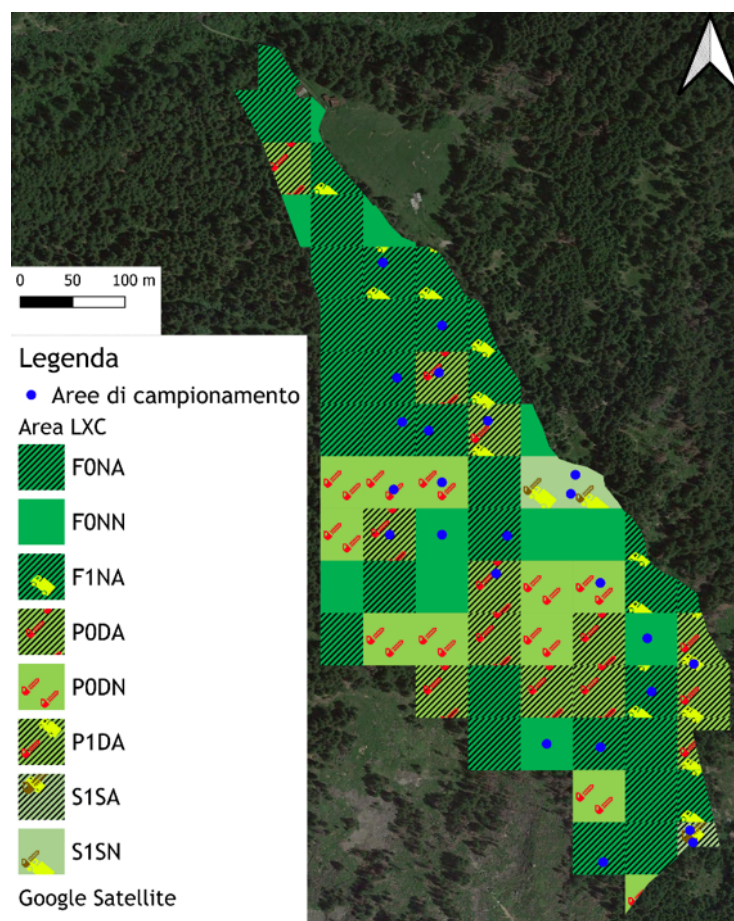


Figura 11 Stratificazione area LXC con georeferenziazione delle aree campione

Per l'area PEC sono state definite 14 aree di campionamento, le quali non hanno subito significativi riposizionamenti durante la campagna di rilevamento (Figura 12).

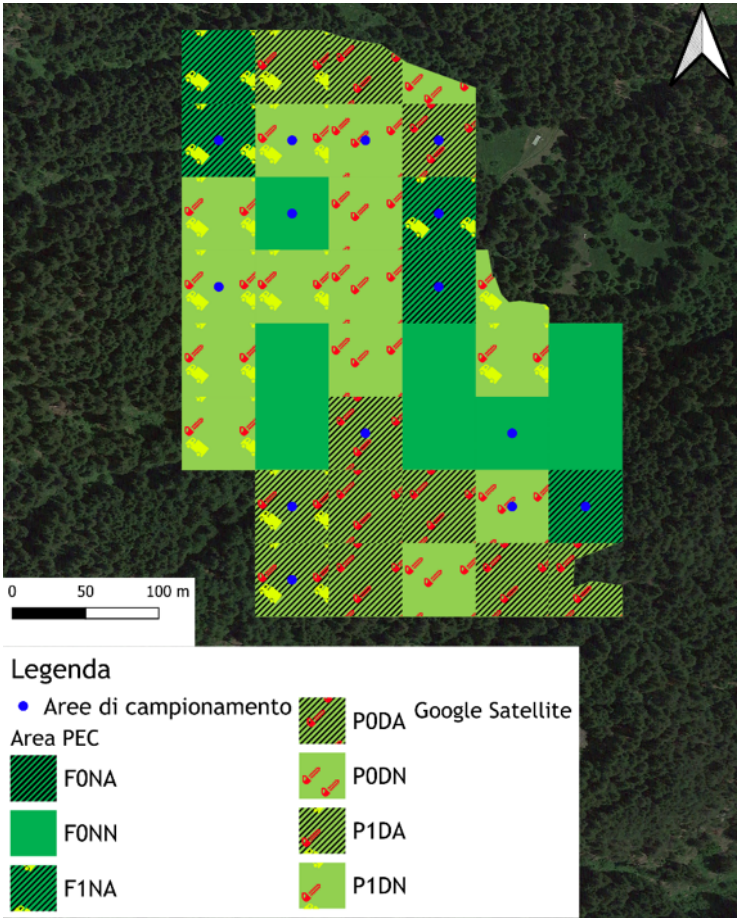


Figura 12 Stratificazione area PEC con georeferenziazione delle aree campione

5 Metodi di campionamento ed analisi

Per quanto riguarda il campionamento, si può affermare che esso ricalchi la procedura attuata nella campagna di rilievi del 2024. Si rimanda alla precedente relazione la descrizione dei metodi di misura. L'unica misurazione aggiunta è stata quella sulle piante vive, che sono state misurate con la stessa metodologia attuata per la misurazione delle piante morte in piedi (SNAG).

Nelle aree LXC e PEC, come mostrato nel precedente capitolo, il disegno di campionamento è stato parzialmente modificato, mantenendo la stessa dimensione e forma delle aree campione, ma modificando il metodo di distribuzione spaziale delle stesse, per meglio adattarsi ai diversi trattamenti.

Per la cubatura delle piante vive della specie *Picea abies*, è stato utilizzato il Sistema di Tariffe del Trentino, già applicato per le piante morte in piedi (SNAG). Per le aree BOS 1, BOS2, SRA 1 e RIM 2 è stata utilizzata la sesta tariffa (Figura 13), mentre per le aree LXC e PEC, l'analisi ipsometrica ha suggerito l'utilizzo in ordine della quarta (Figura 14) e della quinta (Figura 15) tariffa di cubatura. Per le altre specie di piante vive è stato applicato il sistema di cubatura con tavole a doppia entrata (diametro dendrometrico ed altezza) ISAFA (ISAFA, 1984).

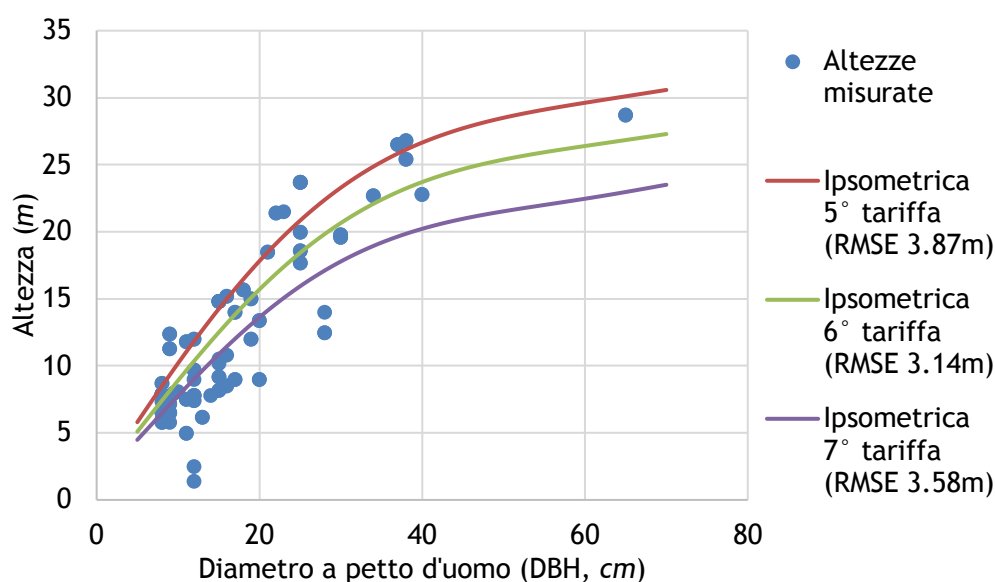


Figura 13 Definizione della miglior tariffa di cubatura per le aree BOS 1, BOS 2, SRA 1 e RIM 2

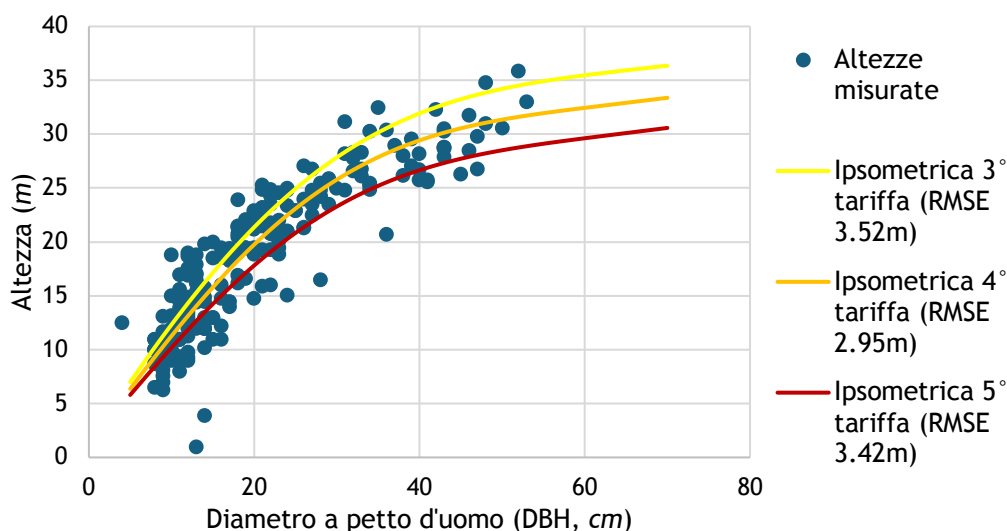


Figura 16 Definizione della miglior tariffa di cubatura per l'area LXC

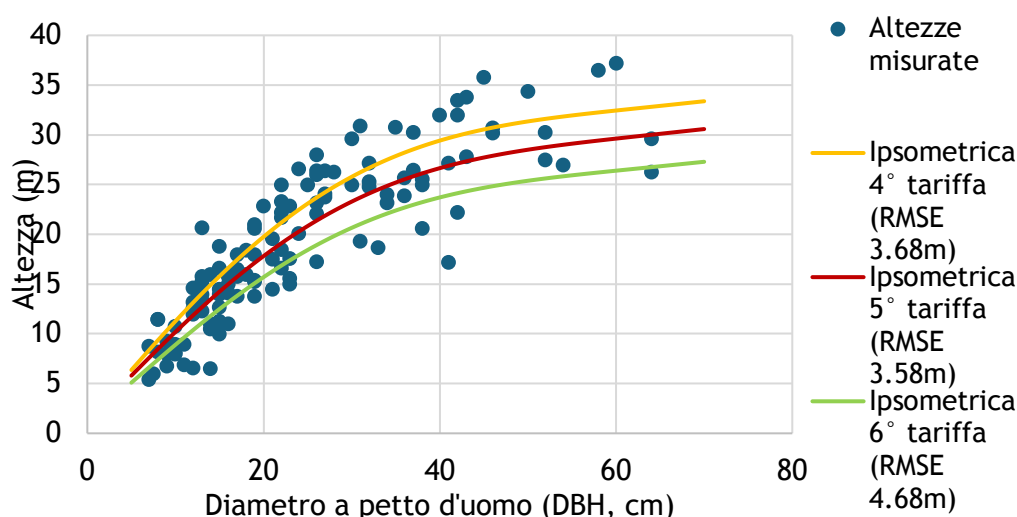


Figura 17 Definizione della miglior tariffa di cubatura per l'area PEC

A partire dai volumi cormometrici stimati sulle piante vive, piante morte in piedi (SNAG), tronchi a terra (LOG) e ceppaie (STUMP), è stata inoltre effettuata una stima del tasso di carbonio mediamente stoccato nel soprassuolo arboreo vivo e nella necromassa forestale. La conversione dei volumi in contenuto di carbonio è stata effettuata seguendo l'approccio raccomandato dalle Linee Guida IPCC (IPCC, 2006) per il settore AFOLU (Agriculture, Forestry and Other Land Use - Agricoltura, Selvicoltura e altri usi del suolo). La metodologia si basa sulla trasformazione del volume legnoso in biomassa secca ("D.M", Dry Matter) tramite la densità basale del legno (Basic Wood Density, "D"). In particolare, per ciascun elemento (pianta viva o elemento della necromassa) il carbonio è stato calcolato come prodotto tra il volume legnoso (m^3), la densità basale specifica della determinata specie ($kg\ s.s./m^3$), un fattore di correzione (per la necromassa) della densità legato allo stato di decadimento (F.C.D., in inglese D.C.F., Density Conversion Factor) e

la frazione di carbonio della biomassa secca, ovvero un coefficiente che consente di stimare la massa di carbonio contenuta nella biomassa legnosa. I valori di densità basale (Tabella 2) sono stati assegnati in modo specie-specifico sulla base della tabella 4.14 delle Linee Guida IPCC del 2006 (IPCC, 2006). Inoltre, per gli elementi della necromassa, è stata formalizzata una tabella che va a correlare le classi di decadimento del legno, basate sulle classi di Maser (Maser, Thomas, & Anderson, 1984), assumendo una progressiva riduzione della densità con l'avanzare della decomposizione (Bitunjac & Zorana, 2023). In bibliografia non sono stati trovati dei riferimenti precisi per la conversione della scala qualitativa di Maser in coefficiente di riduzione della densità del legno, quindi, seguendo con buonsenso le Linee Guida IPCC è stata creata una scala progressiva del FCD (Fattore di Correzione della Densità, Tabella 3).

La conversione della biomassa secca in carbonio è stata effettuata utilizzando una frazione di carbonio pari a 0.47. Questo è il valore generale consigliato per la biomassa legnosa come da tabella 4.3 delle Linee Guida IPCC del 2006 (IPCC, 2006).

<i>Specie</i>	<i>Densità basale ρ Kg/m³</i>
<i>Picea abies</i>	400
<i>Larix decidua</i>	460
<i>Betula spp.</i>	510
<i>Pinus spp</i>	420
<i>Populus spp.</i>	350

Tabella 2 Valori di densità basale specie specifica del legno (IPCC, 2006)

<i>Classe MASER</i>	<i>Descrizione</i>	<i>DCF</i>
1	<i>Fusto integro con rami e corteccia</i>	1
2	<i>Perdita rami fini e distacco della corteccia</i>	0.95
3	<i>Perdita rami principali, perdita quasi totale della corteccia e riduzione della consistenza dell'alburno</i>	0.85
4	<i>Fusto degradato, con alburno e durame poco consistenti</i>	0.7
5	<i>Legno fortemente marcescente con alburno e durame inconsistenti e facilmente disaggregabili meccanicamente</i>	0.55
6 (solo SNAG)	<i>Pianta svettata</i>	0.7
7 (solo SNAG)	<i>Pianta stroncata</i>	0.6

Tabella 3 Conversione delle classi di Maser sul decadimento della necromassa, in fattori di correzione della densità basale del legno (DCF)

In aggiunta a queste analisi, è stata effettuata la misurazione del contenuto di carbonio nei campioni di suolo prelevati durante la campagna di rilevamento del 2024 (quindi su

aree BOS 1, BOS 2, SRA 1 e RIM 2). Questa misurazione è stata effettuata tramite l'analisi elementare CN per micro-combustione in capsule di stagno dei campioni di suolo preventivamente macinati. I risultati validi della misurazione del contenuto di carbonio del suolo ($C\%$), sono stati associati ai risultati dell'analisi della conducibilità idraulica satura (K_s) derivanti dall'elaborazione (Vandervaere J.P., 2000) delle prove infiltrometriche, per ogni plot. Sono quindi stati eliminati i valori aberranti in quanto senza significato fisico (valori negativi) oppure il triplo maggiori del valore di distanza interquartile. I valori di conducibilità idraulica insatura (K_s) delle repliche per ciascuna area di saggio sono stati mediati. Purtroppo, per nove aree di saggio, tutte e tre le repliche hanno presentato dei valori aberranti (Tabella 4). Associando il valore medio di K_s ed il contenuto percentuale di carbonio $C\%$, è stato possibile effettuare lo studio di correlazione, per stimare il grado di relazione statistica tra queste due variabili.

	C	K_s
A1P2	OK	NO
A5P1	OK	NO
A5P2	OK	NO
A7P1	NO	OK
A7P2	NO	OK
A7P3	NO	OK
A7P4	NO	OK
A8P1	NO	OK
A8P2	NO	OK
A8P3	NO	OK
A9P1	NO	OK
A9P2	NO	OK
A9P3	NO	NO
A9P4	NO	OK
A9P5	NO	OK
A10P1	OK	NO
A10P2	OK	NO
R5	OK	NO
R15	OK	NO
R23	OK	NO

Tabella 4 Plot esclusi dall'analisi statistica

6 Risultati aree di intervento 2024 – Aree BOS 1, BOS 2, SRA 1 e RIM2

6.1 Analisi della variazione della copertura del suolo

Nell'area BOS 1 (Figura 16) si osserva una riduzione della copertura arborea, che passa dal 9% al 7%, e della copertura arbustiva che diminuisce dal 14% al 9%. Parallelamente, la copertura erbacea mostra un incremento, aumentando dal 40% al 54%. La percentuale di suolo nudo si riduce dal 22% al 15%, mentre la roccia rimane sostanzialmente stabile, con una lieve variazione dal 15% al 16%.

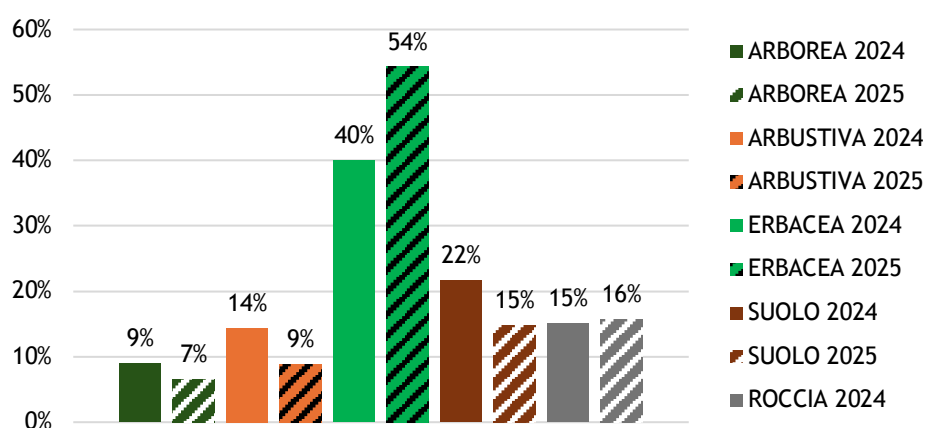


Figura 16 Variazione della copertura del suolo nell'area BOS 1

Anche nell'area BOS 2 (Figura 17) si registra una diminuzione delle componenti legnose. La copertura arborea passa dal 10% all'8%, mentre la copertura arbustiva subisce una riduzione più accentuata, dal 10% al 3%. Contestualmente, la copertura erbacea aumenta in modo consistente, passando dal 44% al 65%. La percentuale di suolo nudo diminuisce dal 28% al 16%, mentre la copertura rocciosa mostra una lieve riduzione, dal 9% all'8%.

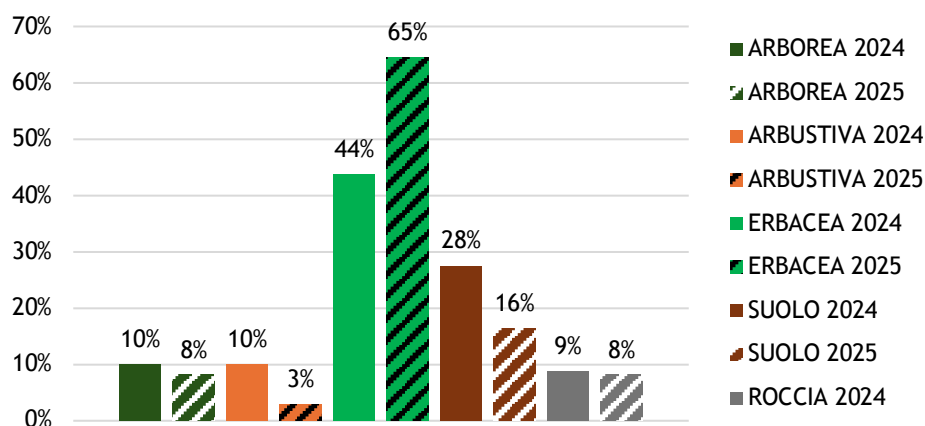


Figura 17 Variazione della copertura del suolo nell'area BOS 2

L'area SRA 1 (Figura 18) presenta un andamento differente rispetto alle aree BOS 1 e BOS 2. In questo caso si rileva un aumento della copertura arborea, che passa dal 22% al 29%, e della copertura arbustiva, che aumenta dall'8% al 12%. La copertura erbacea mostra una lieve diminuzione, passando dal 36% al 33%. La percentuale di suolo nudo si riduce in maniera marcata, dal 19% al 9%, mentre la roccia aumenta dal 15% al 18%.

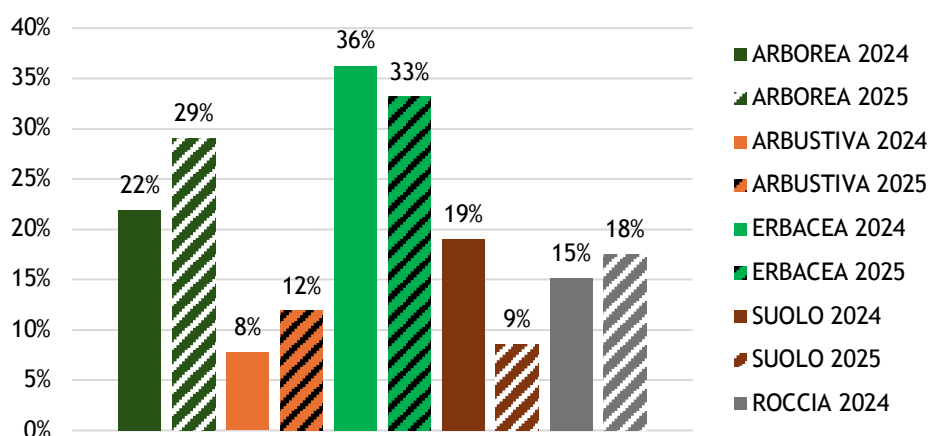


Figura 18 Variazione della copertura del suolo nell'area SRA 1

In sintesi, si evidenzia una riduzione del suolo nudo nelle aree BOS 1, BOS 2 e SRA 1 accompagnata da un aumento delle coperture vegetali.

L'area RIM 2 (Figura 19) presenta delle variazioni limitate delle coperture, con mantenimento della stessa superficie coperta dalle chiome degli alberi, dovuta all'assenza di interventi di abbattimento tra il 2024 ed il 2025.

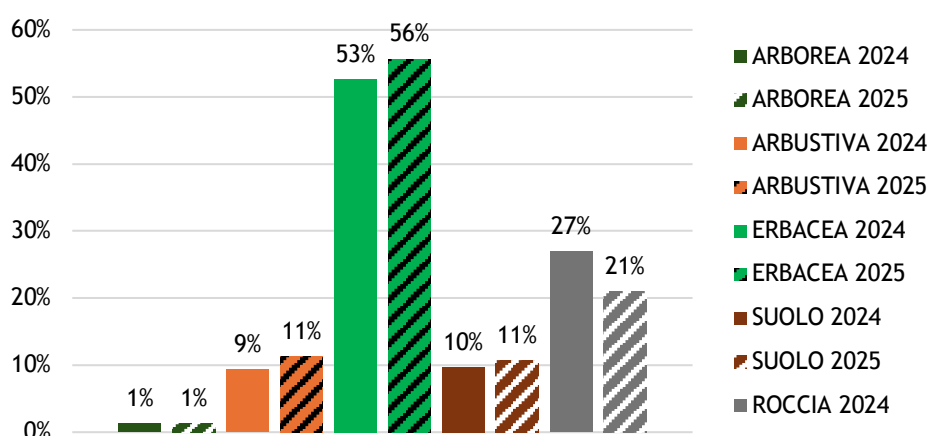


Figura 19 Variazione della copertura del suolo dell'area RIM 2

In generale, per tutte le aree di intervento del 2024 (Figura 20), si nota un aumento della copertura erbacea, accompagnata da un decremento di tutte le altre classi di copertura monitorate, esclusa la copertura arborea.

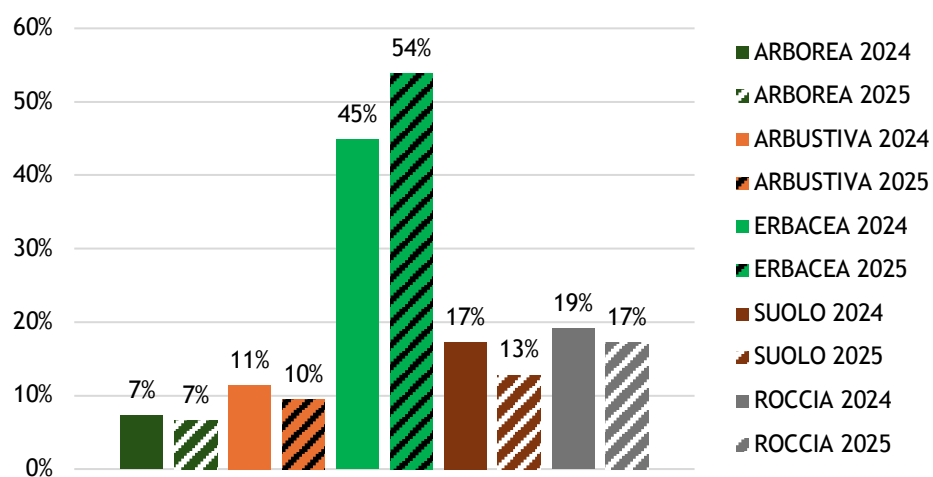


Figura 20 Variazione della copertura del suolo delle aree di intervento del 2024

6.2 Analisi sulla provvigione reale

In totale sono stati misurati 57 individui vivi sopra la soglia di cavallettamento (7.5cm), dei quali 24 nell'area BOS 1, 6 nell'area BOS 2 e 15 nell'area SRA 1, per un totale di 45 piante vive nelle aree di intervento selvicolturale del 2024. Nell'area RIM 2 sono state rilevate 12 piante vive.

	<i>SUPERFICIE (ha)</i>	<i>DENSITÀ (piante/ha)</i>	<i>PROVVIGIONE UNITARIA (m³/ha)</i>	<i>PROVVIGIONE TOTALE(m³)</i>
<i>BOS1</i>	5.6	87	12.2	67.7
<i>BOS2</i>	1.1	95	41.8	43.9
<i>SRA1</i>	1.1	239	115.5	123.6
<i>RIM2</i>	4.9	51	7.7	37.1

Tabella 5 Provvigione reale e densità nelle aree di intervento del 2024

I valori di provvigione reale (Tabella 5), ovvero il volume delle piante rilevate esteso alla superficie dello strato di riferimento, rappresentano la situazione di stress del soprassuolo. Analizzando i valori di provvigione reale unitaria e confrontandoli tra essi, solo l'area degli sradicamenti concentrati (SRA 1) supera il valore di 100 m³/ha. Molto più bassi i valori nell'area BOS 2. Nelle aree BOS 1 e RIM 2 la provvigione reale è quasi azzerata.

Lo stato medio della densità (piante/ha) per tutte le aree di intervento 2024 (BOS 1, BOS 2, SRA 1 e RIM 2) risulta pari ad 87 piante/ha, mentre la provvigione reale unitaria (m³/ha) rappresentativa di queste aree si attesta al valore di 22 m³/ha.

6.3 Necromassa

La variazione della necromassa presente nelle aree rilevate nel 2024 è notevole anche solo visionando il numero di elementi misurati nella campagna 2025 rispetto alla precedente campagna di rilievi del 2024. Pur mantenendo aggregata in quest'analisi l'area RIM 2, che non è stata oggetto di interventi, risulta comunque lampante la riduzione di piante morte in piedi (SNAG): nel 2024 erano state misurate 127 piante morte in piedi (SNAG), quest'anno 10. Sempre nel 2024 erano stati misurati 165 tronchi a terra (LOG) e 112 ceppaie (STUMP), quest'anno sono stati rilevati 286 tronchi a terra (LOG) e 228 ceppaie (STUMP).

La ripartizione dei volumi stimati nelle aree di campionamento (Figura 22), se confrontata con quella stimata nel 2024 (Figura 21) sottolinea la netta riduzione di volume rappresentato dalle piante morte in piedi, a testimonianza delle operazioni di sgombero parziale delle stesse.

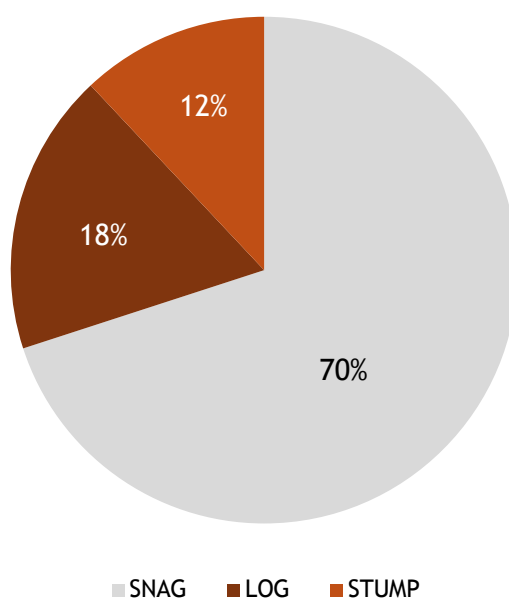


Figura 21 Ripartizione dei volumi stimati nelle aree campione (2024)

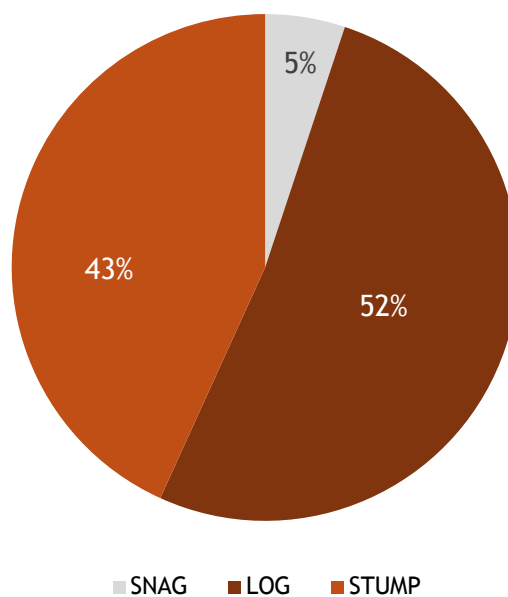


Figura 22 Ripartizione dei volumi stimati nelle aree campione (2025)

La riduzione delle piante morte in piedi si riflette sui volumi unitari (per ettaro). Tutte le aree di intervento hanno subito una forte variazione (Figura 23), in particolare BOS 1, dove comunque è stato lasciato volutamente qualche individuo morto in piedi, per il mantenimento dei microhabitat utili all'avifauna ed agli organismi saproxilici (organismi che si nutrono del legno in decomposizione). Nell'area SRA 1 l'azzeramento della componente di piante morte in piedi è dovuto all'abbattimento dei pochi individui rimasti successivamente ai numerosi sradicamenti, risultato della Tempesta Vaia. I tronchi a terra (LOG) sono aumentati nelle aree BOS 1 e BOS 2, in quanto parte degli individui morti in piedi sono stati allestiti sul letto di caduta e non esboscati, in modo tale da compensare la brusca variazione di necromassa presente, mitigare l'effetto degli agenti erosivi e ridurre l'esposizione della rinnovazione naturale agli animali selvatici. L'area SRA1 detiene la maggior concentrazione di necromassa rappresentata dai tronchi a terra, i quali ormai sono per buona parte inglobati nello strato erbaceo ed arbustivo.

Le variazioni delle categorie di necromassa nell'area RIM 2 sono trascurabili, in quanto dovute principalmente allo spostamento di metà delle aree di campionamento.

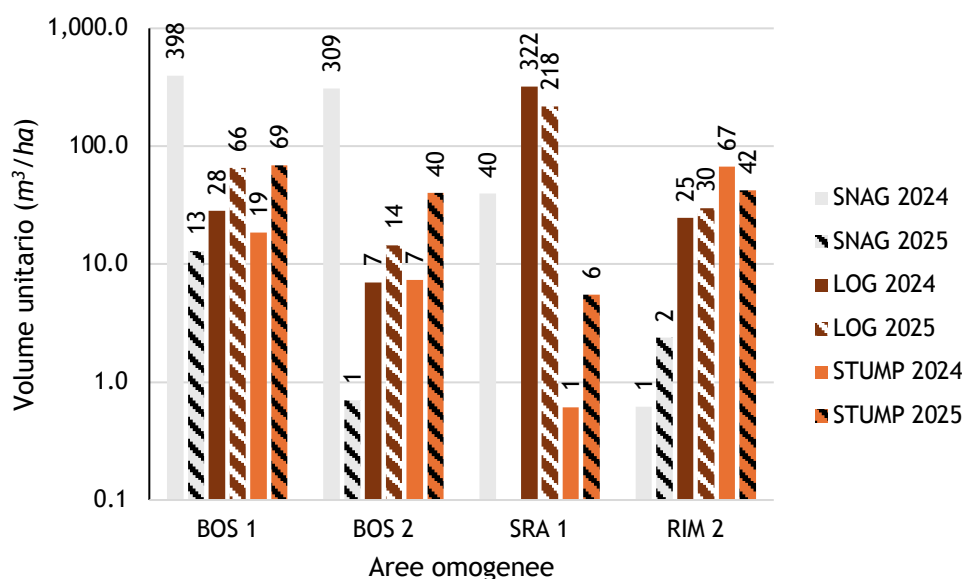


Figura 23 Volumi unitari della necromassa: confronto tra l'anno 2024 ed il 2025

Accorpando tutte le aree di intervento selvicolturale (Figura 24), si conferma la riduzione della densità di necromassa rappresentata dalle piante morte in piedi (SNAG), un sensibile aumento dei tronchi a terra (LOG) ed un marcato aumento delle ceppaie (STUMP).

In maniera ancor più sintetica, il volume unitario di necromassa è stato portato da 417 m³/ha del 2024 a 145 m³/ha. Estendendo questi valori alla superficie totale delle aree di intervento BOS 1, BOS 2 e SRA 1, il volume totale di necromassa è passato da 3200 m³ a 1116 m³. In termini relativi, si tratta di un calo del volume di necromassa pari al -65%.

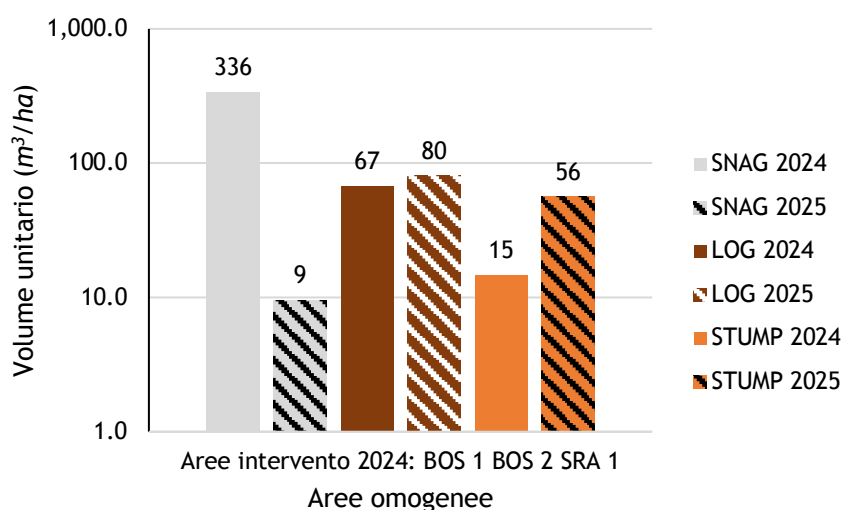


Figura 24 Variazione dei volumi unitari di necromassa nelle aree di intervento 2024

Lo stato medio del volume unitario di necromassa (m³/ha) per tutte le aree di intervento 2024 (BOS 1, BOS 2, SRA 1 e RIM 2) risulta pari a 117 m³/ha, mentre il volume totale si

stima essere pari a 1469 m³. Si tratta, in generale per le aree di intervento del 2024 (BOS 1, BOS 2, SRA 2 e RIM 2), di un decremento del volume unitario di necromassa pari a 174 m³/ha.

6.4 Rinnovazione

La rinnovazione è l'elemento centrale degli interventi selvicolturali svolti a Valdisotto. Per questo motivo, essendo le aree analizzate nel 2024 in parte sgomberate dal materiale danneggiato, senza attuazione di un'attività di rimboschimento, si preferisce presentare i risultati suddividendo tra aree di intervento selvicolturale (BOS 1, BOS 2 e SRA 1) e aree dei rimboschimenti (RIM 2). Inoltre, per le prime verrà effettuata la presentazione dei risultati di quest'anno (2025) ed il confronto tra le condizioni del 2024 e quelle del 2025. Successivamente verrà analizzata l'area dei rimboschimenti, in questo caso suddividendo ulteriormente tra il monitoraggio della rinnovazione naturale e quello dei nuclei di rimboschimento.

6.4.1 Stato della rinnovazione nelle aree di intervento selvicolturale del 2024

Il rilevamento della rinnovazione naturale presente nelle aree BOS 1, BOS 2 e SRA 1 nel 2025, ha portato alla misurazione e classificazione di 871 soggetti suddivisi in 6 specie. Essa è composta principalmente da *Picea abies*, *Betula spp.*, *Sorbus aucuparia* e *Populus tremula*, che insieme rappresentano il 98% dei rilevamenti (Figura 25).

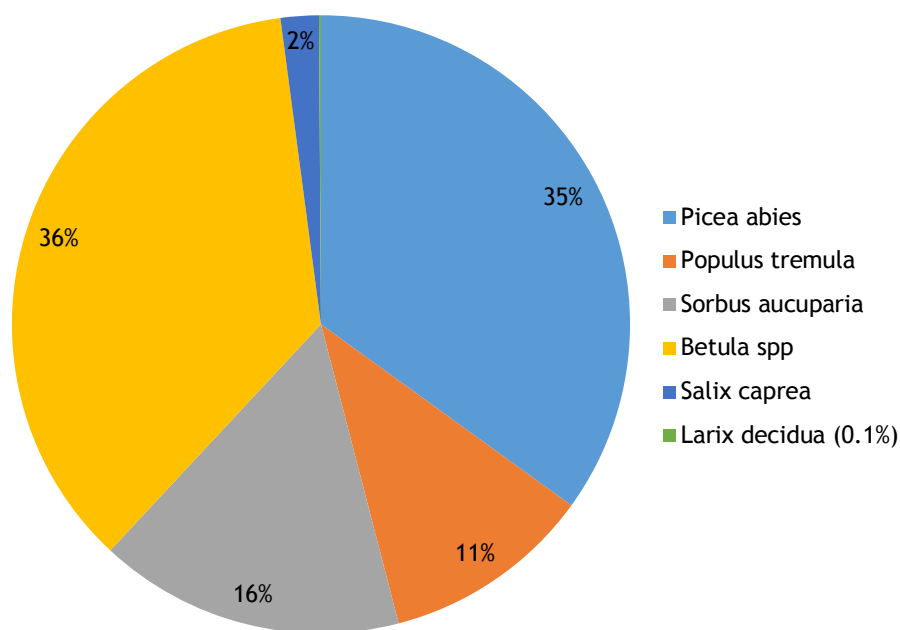


Figura 25 Composizione specifica della rinnovazione forestale naturale nelle aree di intervento 2024 (anno 2025)

Da notare che *Betula spp.* non viene più suddivisa nella specie “*pendula*” e “*pubescens*” per la difficoltà nel riconoscimento, soprattutto dei soggetti più giovani.

Rispetto alla situazione osservata nel 2024 (Figura 26), non è stata rilevata *Pinus cembra*, comunque minoritaria (solo due soggetti rilevati nel 2024). In sostanza si riconfermano le quattro specie principali, seppur con un significativo decremento di *Populus tremula* (-10%) e di *Sorbus aucuparia* (-5%) ed un aumento di *Betula spp.* (+14%).

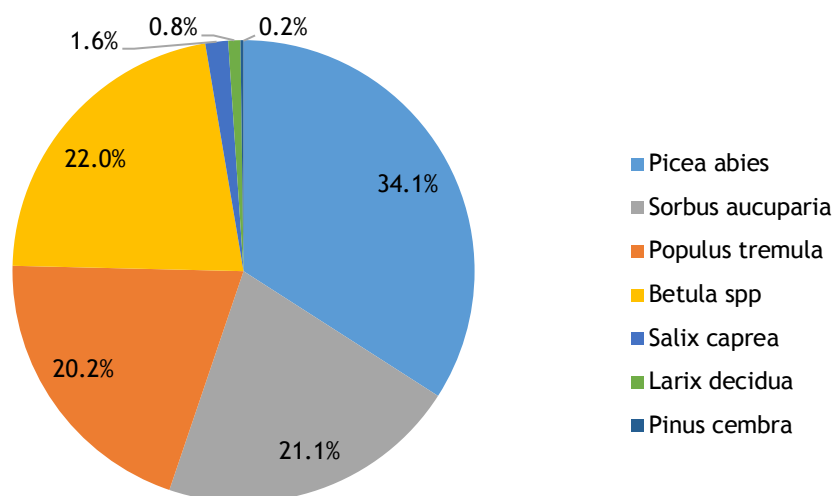


Figura 26 Composizione specifica della rinnovazione forestale naturale nelle aree di intervento 2024 (anno 2024)

La densità complessiva della rinnovazione relativa a queste aree risulta pari a 2181 piante/ha, rispetto alle 2372 piante/ha rilevate nel 2024. Si tratta di un calo della densità pari a 191 piante/ha (-8%). Suddividendo la densità per le quattro classi di altezza (Figura 27), la maggior parte delle piante appartiene alla prima classe (C1, altezza inferiore ai 10 cm) ed alla seconda classe di altezza (altezza tra gli 11 cm ed i 50 cm). Ben inferiori le densità delle classi di altezza successive (C3, tra i 51 cm ed i 130 cm e C4, superiori a 130 cm). Rispetto al 2024, il calo è avvenuto per le piante della classe di altezza più bassa (C1), con aumento della densità per le classi intermedie.

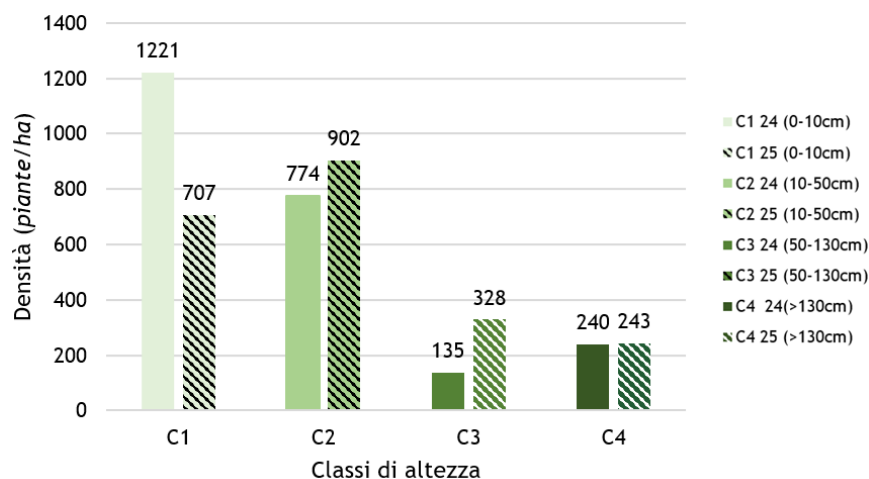


Figura 27 Densità della rinnovazione naturale nelle aree di intervento 2024 distribuita nelle quattro classi di altezza e confrontabile tra il rilevamento 2024 ed il 2025

Contribuiscono alla densità della prima classe di altezza (Figura 28) le piante di *Picea abies* (350 piante/ha) e *Sorbus aucuparia* (184 piante/ha), mentre, la seconda classe di altezza è composta *in primis* dall'elevata densità di *Betula spp.* (514 piante/ha) ed in minor parte *Picea abies* (184 piante/ha).

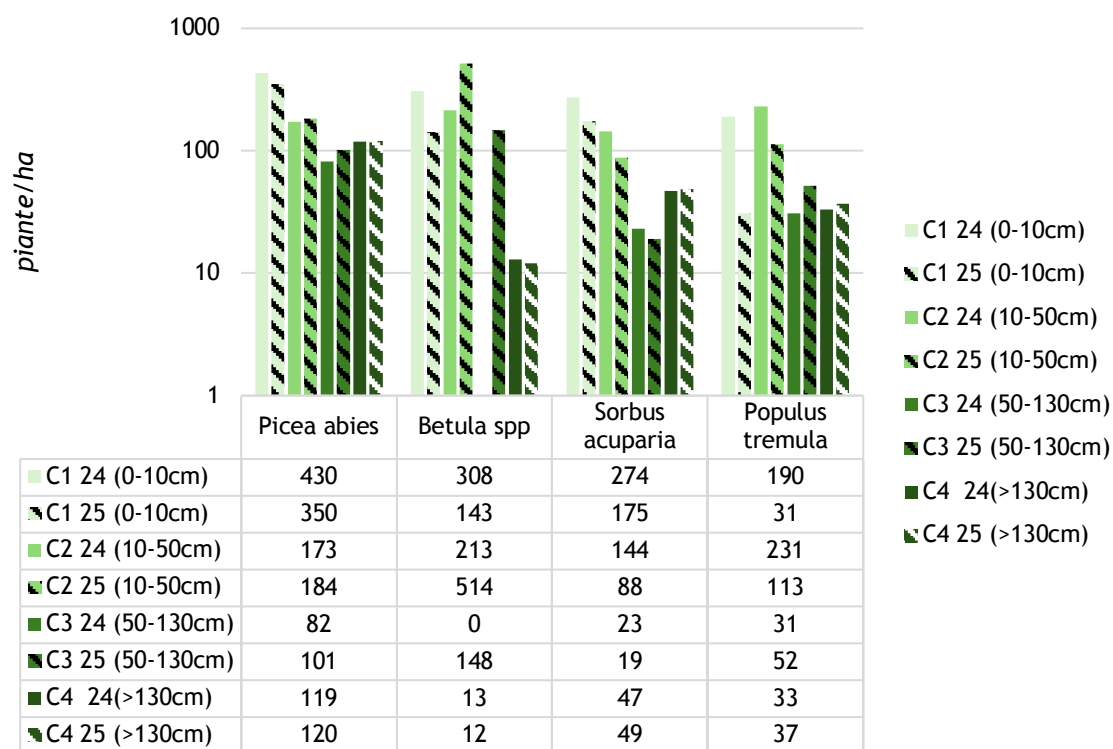


Figura 28 Frequenza delle classi di altezza delle quattro specie principali (piante/ha) confrontata tra la situazione del 2024 e quella del 2025

La Figura 27 consente inoltre di effettuare un confronto tra la situazione rilevata nel 2024 e quella del 2025. Sostanzialmente, *Populus tremula* nella classe “C1” presenta il maggior decremento, perdendo 159 piante/ha, una riduzione dell’84%. La maggior crescita è rappresentata dalla seconda classe di *Betula spp.*, con un incremento di 301 piante/ha, pari al 141%. *Populus tremula* riduce la sua densità anche nella seconda classe in maniera marcata, abbassando il valore di 118 piante/ha, il 51% di riduzione. *Picea abies* riduce la sua densità nella prima classe di altezza, mentre aumenta in maniera sensibile nelle due classi centrali.

Con la campagna di rilievi del 2025, è stato introdotto il controllo dello stato di vigoria delle piante afferenti alla rinnovazione (Figura 29). Per le aree di intervento del 2024 sono state in genere rilevate delle piante vigorose e con assenza di danni (classe vigoria “V1”). Il 21% delle giovani piante rientra nella categoria V2, ovvero piante che presentano leggeri danni, dovuti in genere a piccole aree necrotiche sulle lamine fogliari o asportazione parziale di esse per brucamento.

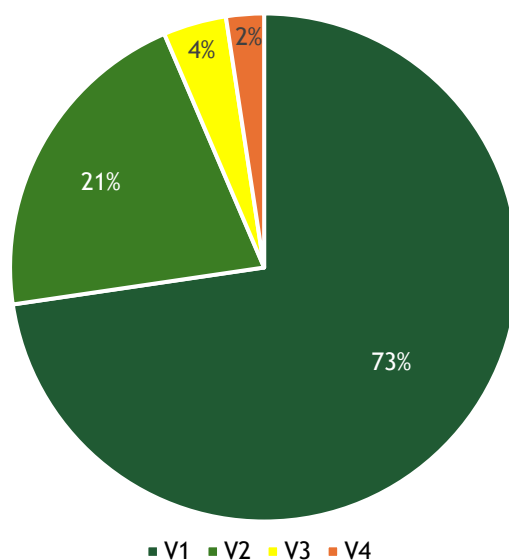


Figura 29 Ripartizione dello stato di vigoria relativo alla rinnovazione naturale delle aree di intervento 2024

6.4.2 Stato della rinnovazione nell'area RIM 2.

Nell'area RIM 2, per quanto riguarda le 15 aree di campionamento destinate al monitoraggio della rinnovazione naturale, sono stati misurati 246 individui, mentre nelle altrettante 15 aree di campionamento, destinate al monitoraggio di una parte dei nuclei di rinnovazione artificiale, sono stati rilevati 395 individui.

Le principali specie che compongono la rinnovazione naturale sono *Populus tremula*, *Salix caprea* e *Picea abies* (Figura 30).

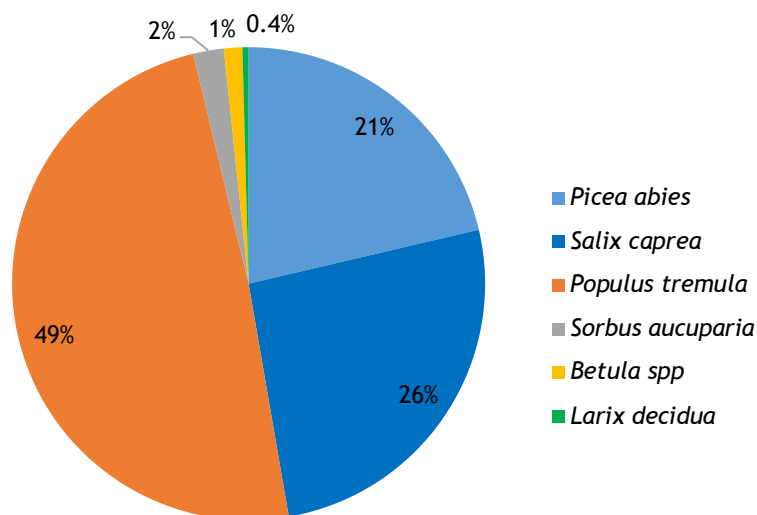


Figura 30 Composizione specifica della rinnovazione forestale naturale nell'area RIM 2

Il monitoraggio dei nuclei di rinnovazione artificiale (Figura 31), che comunque potrebbero contenere anche individui afferenti alla rinnovazione naturale, ha invece riscontrato una composizione più ricca, ma dominata da *Picea abies*, che assieme a *Larix decidua* e *Salix caprea* compongono esattamente il 75% dei rilevamenti.

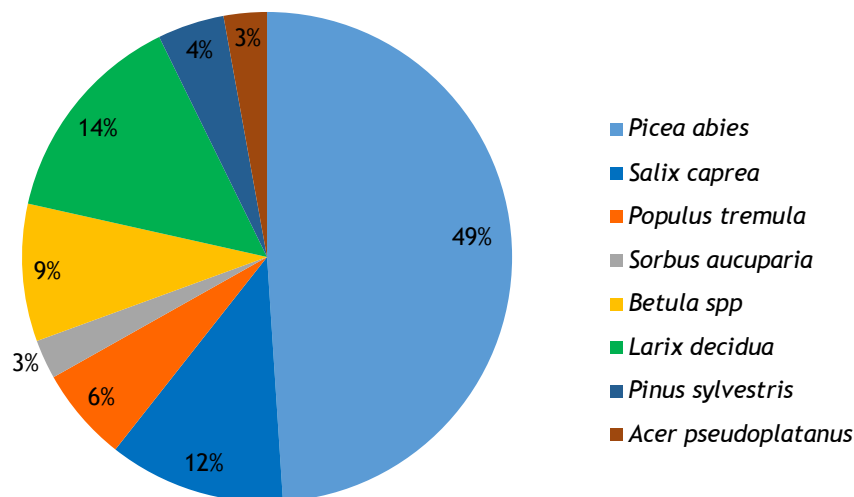


Figura 31 Composizione specifica della rinnovazione forestale artificiale nell'area RIM 2

La distribuzione generale per classi di altezza della rinnovazione naturale (Figura 32) è uniformemente ripartita dalla seconda alla quarta classe di altezza, quindi si hanno principalmente individui con altezza compresa tra gli 11 cm e gli oltre 130 cm.

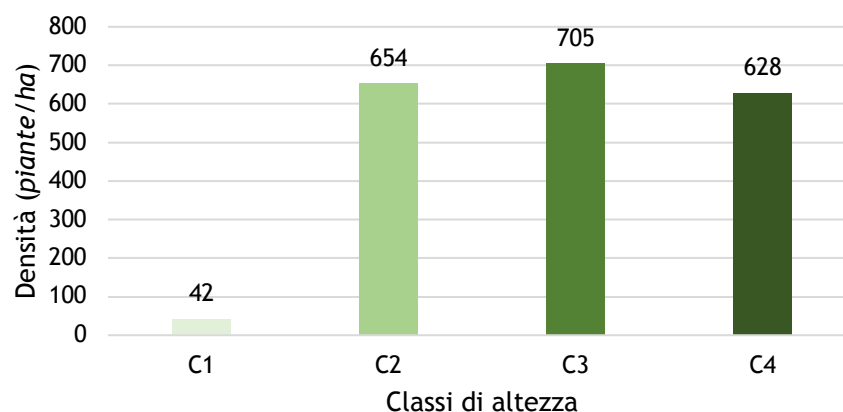


Figura 32 Densità della rinnovazione naturale nell'area RIM 2 distribuita nelle quattro classi di altezza

La distribuzione del novellame nelle quattro classi di altezza suddivisa per specie (Figura 33) è abbastanza progressiva per *Picea abies*, mentre *Populus tremula* mostra una certa omogeneità in tutte le classi a parte la prima (C1, 0-10 cm) e *Salix Caprea* invece non presenta nessun individuo nella prima classe di altezza, con una certa concentrazione nella seconda classe (C2, 11-50 cm). *Sorbus aucuparia* non presenta individui rilevati nella prima e nella quarta classe di altezza (C4, > 130 cm). Per le altre due specie, la densità di individui cala drasticamente, con due classi di altezza rilevate per *Betula spp*, ed una sola per *Larix decidua*.

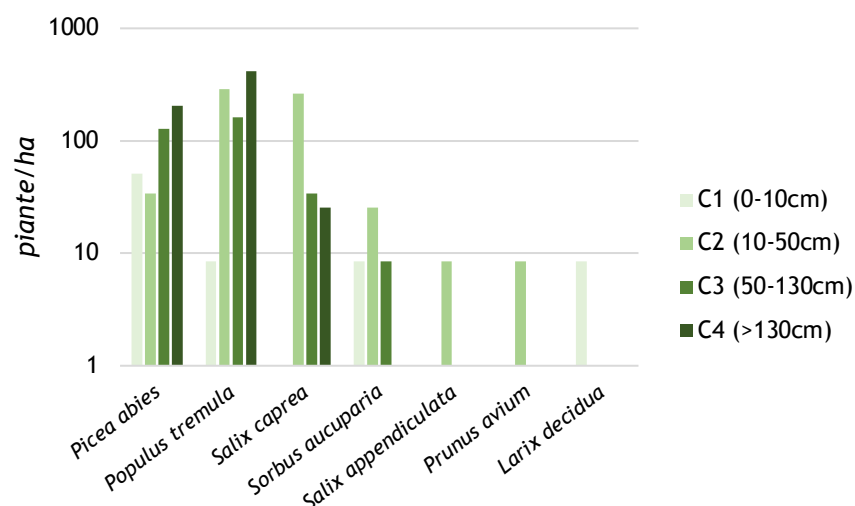


Figura 33 Densità della rinnovazione naturale nell'area RIM 2 distribuita nelle quattro classi di altezza e suddivisa per specie

La vigoria delle aree con rinnovazione naturale (Figura 34) è prettamente concentrata nella seconda classe, composta da individui leggermente danneggiati che mantengono comunque una buona vitalità. Minore risulta essere la densità di individui in piena vigoria (prima classe, "V1"). Pochi gli individui appartenenti alla quarta classe, severamente danneggiati, *in primis* dal brucamento.

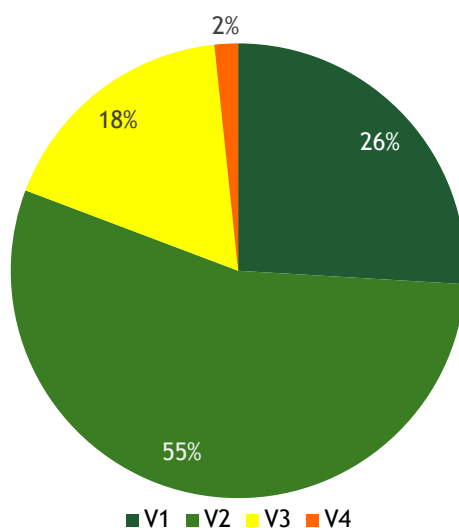


Figura 34 Ripartizione dello stato di vigoria relativo alla rinnovazione naturale dell'area RIM 2

Nei nuclei di rinnovazione artificiale si hanno delle densità maggiori per tutte le specie rilevate (Figura 35), con la seconda classe di altezza presente in maniera preponderante. La densità media dei nuclei di rinnovazione artificiale risulta difatti pari a 3276 *piante/ha* rispetto alle 2029 *piante/ha* delle aree di campionamento della rinnovazione naturale.

La densità media dei nuclei di rinnovazione artificiale non è comunque da intendere come un valore espandibile a tutta l'area. Difatti essendo noto che il rimboschimento è stato effettuato per gruppi, il valore di densità su tutta la superficie dell'area RIM 2 risulta ovviamente inferiore. La formazione dei 145 nuclei di rimboschimento ha determinato la piantumazione di 7669 piantine forestali su 4,84 ettari, pari a 1584 piantine/ha di rinnovazione artificiale considerando tutta l'area (nuclei di rimboschimento e vuoti). Assieme alla rinnovazione naturale stimata per l'area RIM 2, si può ipotizzare una densità della rinnovazione pari a 3613 piante/ha considerando tutta l'area interessata.

Al momento non è possibile effettuare una stima della sopravvivenza delle piantine messe a dimora, perché il protocollo di rilievo ha previsto il campionamento di un'area di saggio di raggio standard e non sono state intercettate tutte le piantine messe a dimora nei gruppi piantati. A partire dal report 2026, questo confronto sarà possibile sulla base della densità /ha stimata nella parte di gruppi campionata per la seconda volta, limitatamente alle specie messe a dimora durante il rimboschimento.

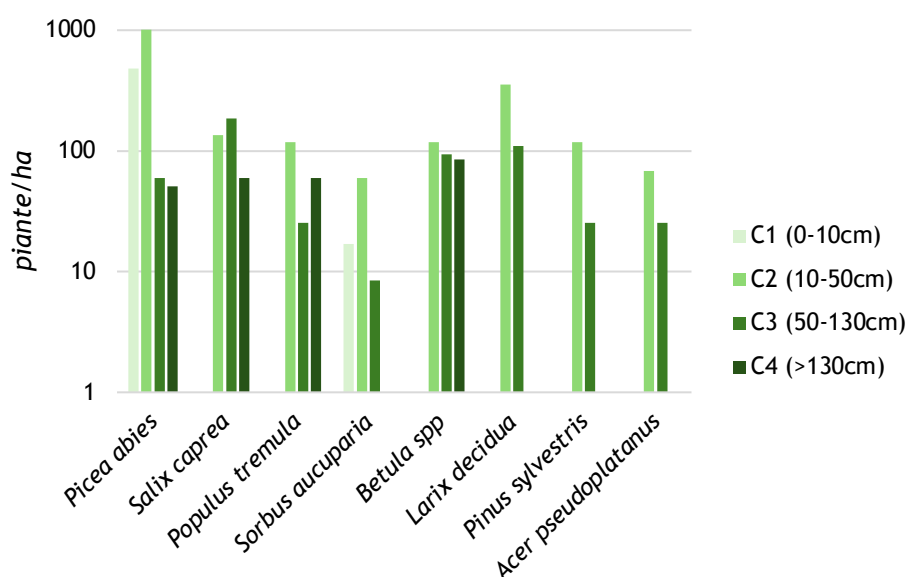


Figura 35 Densità della rinnovazione artificiale nell'area RIM 2 distribuita nelle quattro classi di altezza e suddivisa per specie

I nuclei di rinnovazione artificiale (Figura 36) sono principalmente composti da piante appartenenti alla seconda classe di altezza (11-50 cm), mentre il resto dei giovani soggetti compone in maniera omogenea la prima e la terza classe. Solo una piccola parte supera i 130 cm di altezza, posizionandosi all'interno della quarta classe.

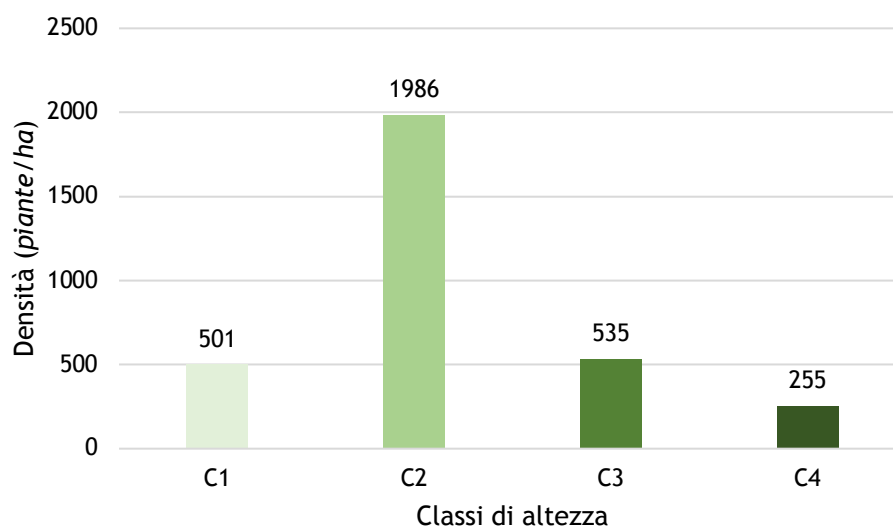


Figura 36 Densità della rinnovazione artificiale nell'area RIM 2 distribuita nelle quattro classi di altezza

Riguardo le condizioni dei nuclei di rinnovazione artificiale (Figura 37), si può notare che buona parte dei soggetti (52%) sia in piena vigoria. La gravità del danno è inversamente proporzionale alla densità, quindi il numero di piantine si riduce progressivamente nelle successive classi di vigoria.

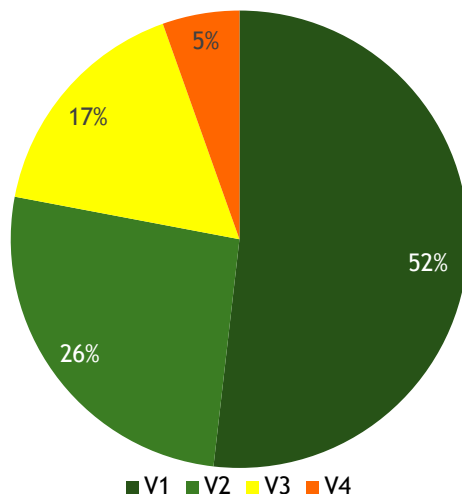


Figura 37 Ripartizione dello stato di vigoria relativo alla rinnovazione artificiale dell'area RIM 2

6.4.3 Confronto dello stato della rinnovazione naturale tra il 2024 ed il 2025 nell'area RIM 2

Concentrandosi sulle 15 aree di campionamento per le quali si può effettuare un confronto tra i due anni di rilevamento, si può affermare che la rinnovazione sia aumentata in termini di densità, passando da 1681 *piante/ha* a 2029 *piante/ha*, ma siano diminuite le

specie presenti (confronto tra Figura 38 e Figura 39). Per *Salix appendiculata* e *Prunus avium* non è stato rilevato nessun soggetto, mentre è stata rilevata la presenza di *Betula spp.*

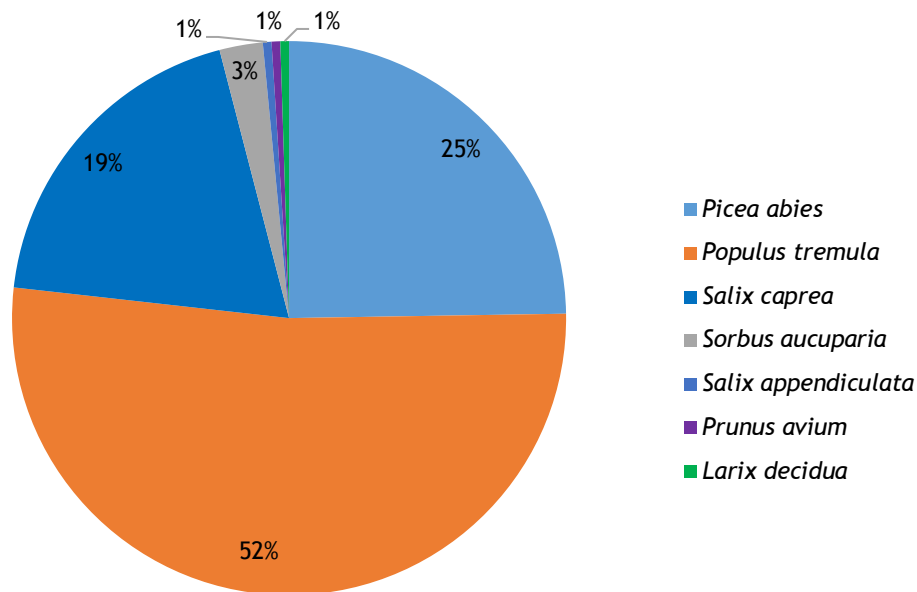


Figura 38 Composizione specifica (anno 2024) della rinnovazione forestale naturale nell'area RIM 2

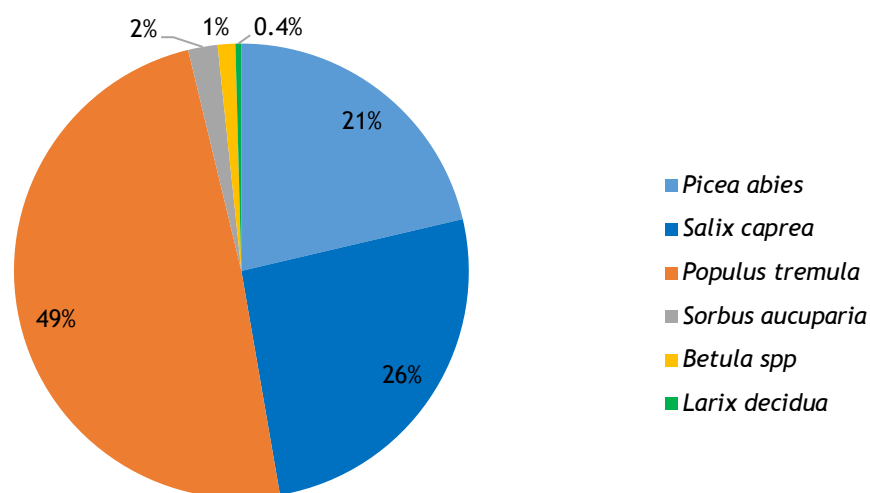


Figura 39 Composizione specifica (anno 2025) della rinnovazione forestale naturale nell'area RIM 2

Come da Figura 40 si può notare l'incremento della densità di principalmente per *Picea abies*, *Populus tremula* e *Salix caprea*. In particolare, su *Picea abies* si osserva l'aumento di tutte le classi a parte la prima, per *Populus tremula* l'incremento appartiene alla terza classe, con una modesta riduzione delle altre classi. Per *Salix caprea* anche quest'anno non si rilevano soggetti sotto i 10 cm (prima classe, C1), il quale però mostra un incremento in tutte le classi di altezza. *Sorbus aucuparia* cresce nella seconda classe di

altezza ma perde la prima classe. Per *Larix decidua* si assiste al passaggio dalla prima alla seconda classe di altezza.

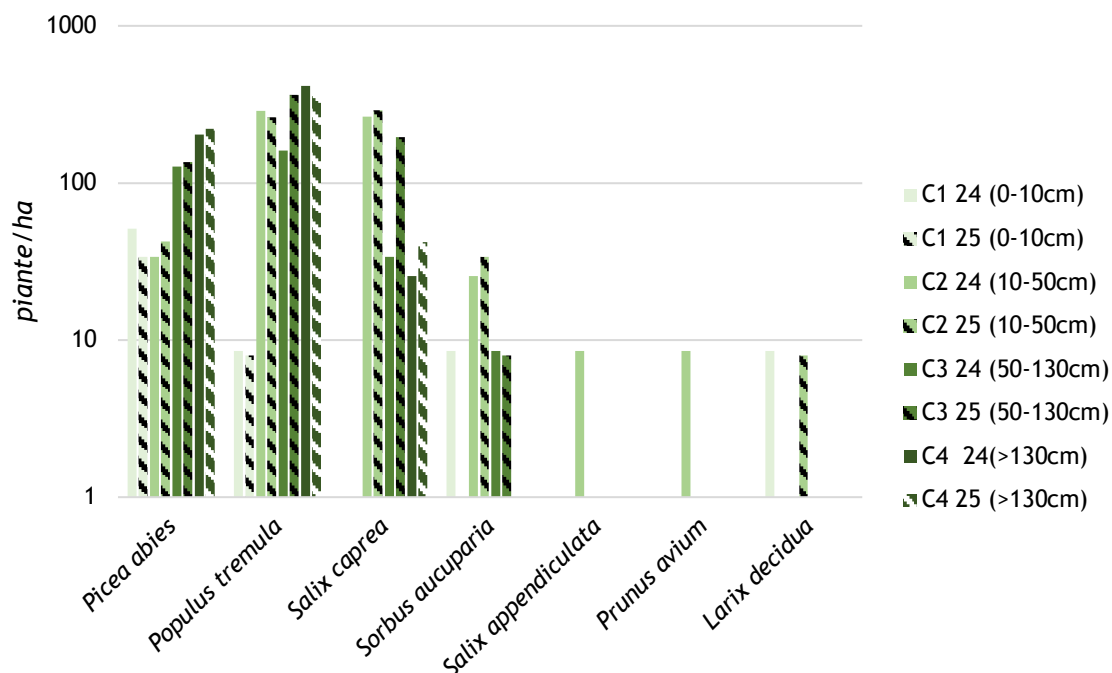


Figura 40 Frequenza delle classi di altezza delle quattro specie principali (piante/ha) confrontata tra la situazione del 2024 e quella del 2025 (RIM 2)

6.5 Sintesi generale dello stato della rinnovazione per le aree di intervento del 2024

In generale si può stimare un incremento della densità di rinnovazione (piante/ha) per tutte le aree di intervento del 2024 (BOS 1, BOS 2, SRA 1 e RIM 2) di 630 piante/ha. Difatti, il valore medio di essa è passato da 2104 piante/ha del 2024¹ a 2122 piante/ha rilevate nel 2025, con un ulteriore incremento dovuto all'effettuazione della campagna di rimboschimento nell'area RIM 2, la quale ha portato la densità di piante afferenti alla rinnovazione forestale ad un valore di 2734 piante/ha. In termini assoluti, si può stimare che per queste aree il numero totale predetto di piante sia passato da 26347 piante nel 2024 a 26567 piante nel 2025, con un ulteriore incremento dovuto al rimboschimento nell'area RIM 2, il quale ha consentito di giungere ad un numero totale di piante pari a 34236 piante.

¹ Nel report 2024 il valore era pari a 2078 piante/ha; il valore è stato ricalcolato considerando solo le 15 aree di campionamento mantenute nei settori di rinnovazione naturale dell'area RIM2 della particella 38. Per la sola area RIM2, la baseline del 2024 è da aggiornare da 1609 a 1681 piantine/ha di rinnovazione naturale.

6.6 Carbonio stoccato nelle piante vive e nella necromassa forestale

Dalla stima del carbonio stoccato, confrontando i valori di densità, si può notare che esso sia principalmente stoccato nel comparto della necromassa forestale (Figura 41). Difatti, in tutte le aree di monitoraggio del 2024 le piante vive compongono una porzione minoritaria della biomassa presente in bosco.

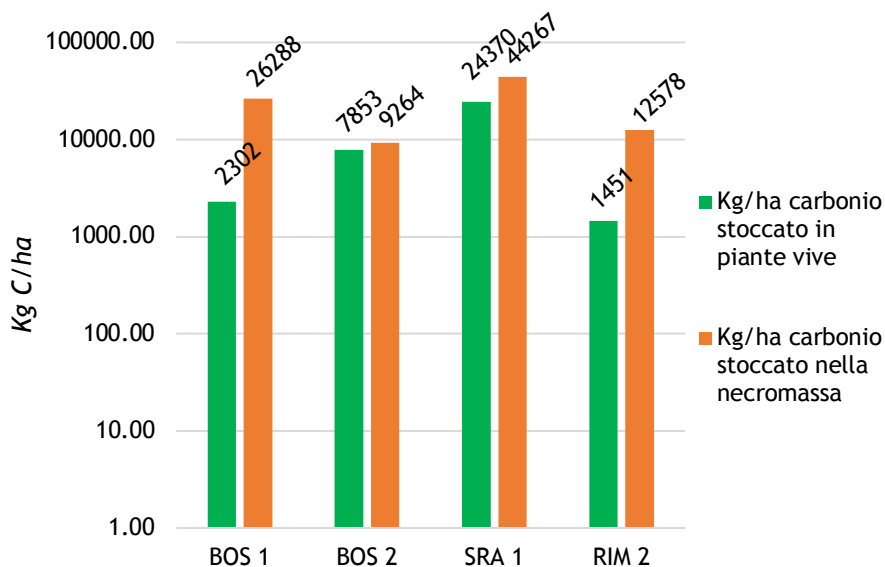


Figura 41 Volume unitario di carbonio stoccato nelle piante vive e nella necromassa forestale

Aggregando i valori delle aree di intervento BOS 1, BOS 2 e SRA 1 il carbonio stoccato nella componente viva si attesta ad un valore di densità media pari a 6141 Kg/ha mentre la necromassa è presente con una densità di carbonio stoccato di 26465 Kg/ha. Moltiplicando i valori di densità di carbonio stoccato nelle piante vive e nella necromassa per le superfici delle aree in studio si ottiene una massa stimata pari a 47098 Kg e 202989 Kg.

Per l'area RIM 2 si stima invece una massa totale di carbonio stoccato nelle piante vive pari a 7039 Kg e di 61000 Kg nella necromassa.

La Figura 42 confronta il carbonio stoccato nella biomassa epigea viva e nella necromassa nelle aree BOS1, BOS2, SRA1 e RIM2 tra il 2024 e il 2025, distinguendo le due componenti. I valori sono espressi in t C/ha e mostrano il contributo relativo della biomassa viva e della necromassa al carbon stock epigeo complessivo. La stima riguarda esclusivamente la componente legnosa epigea rilevata (viva e morta) e non comprende il carbonio contenuto nella biomassa ipogea, nella vegetazione erbacea e arbustiva, nella lettiera e nel suolo. Nel 2024 non è stato effettuato un inventario dendrometrico completo della componente arborea viva e non è quindi disponibile una stima diretta del relativo stock di carbonio. La struttura fortemente danneggiata dei soprassuoli, la ridotta copertura arborea e

l'elevatissimo volume di necromassa indicano tuttavia che, nelle aree BOS1, BOS2 e SRA1, una quota rilevante del carbonio legnoso epigeo era già stata trasferita dalla biomassa viva alla necromassa. Le misurazioni effettuate nel 2025, successivamente agli interventi, confermano valori molto bassi di carbonio nella componente viva, soprattutto in BOS1 e RIM2, e possono in prima approssimazione essere utilizzate come stima dello stock vivo pre-intervento anche per il 2024. Inoltre, i valori di carbonio nella necromassa riferiti al 2024 devono essere considerati approssimativi, poiché sono stati ricostruiti a partire dai volumi medi rilevati nel 2024, applicando i fattori di densità e decadimento applicati nel 2025 ma aggregati per componente e non specifici per ciascuna area, mentre per le ceppaie non era disponibile una distribuzione dettagliata per classe di decomposizione. Tra il 2024 e il 2025 si osserva una marcata riduzione del carbonio stoccato nella necromassa in tutte le aree, particolarmente evidente in BOS1 e BOS2, coerente con gli interventi di taglio, esbosco e allestimento del materiale morto effettuati nel periodo considerato. La biomassa epigea viva rimane invece sostanzialmente invariata e su valori molto bassi in BOS1, BOS2 e RIM2, mentre SRA1 si conferma l'area con il più elevato stock complessivo di carbonio, pur mostrando anch'essa una diminuzione rispetto al 2024 dovuta soprattutto alla riduzione della necromassa.

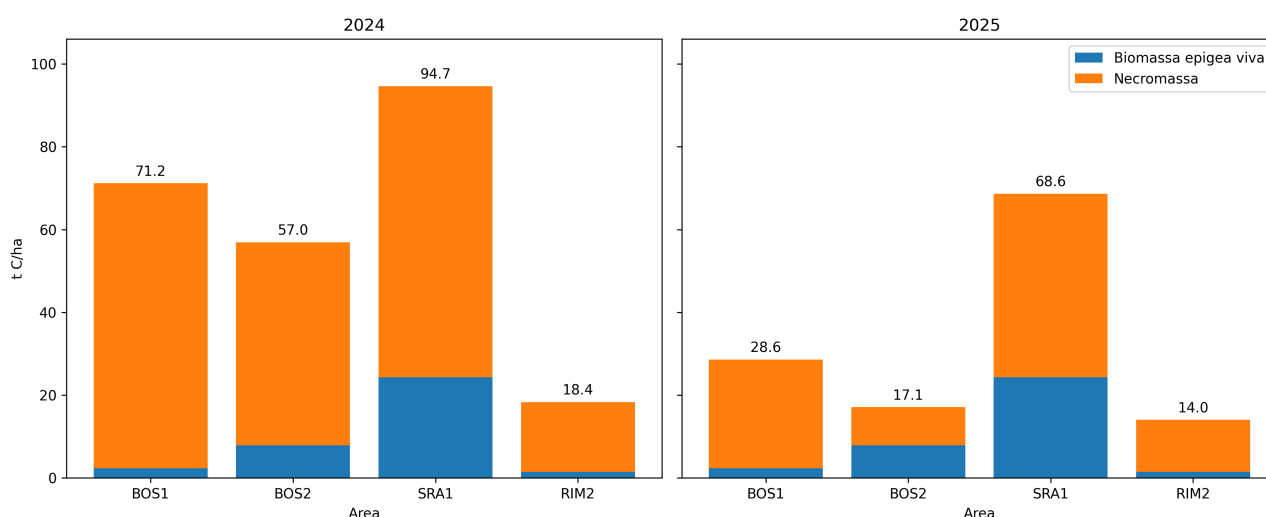


Figura 42 Carbonio stoccato nella biomassa epigea viva (blu) e nella necromassa (arancio) nelle aree BOS1, BOS2, SRA1 e RIM2 negli anni 2024 e 2025. Baseline aree di intervento 2025 - Aree LXC e PEC

6.7 Analisi fitosociologica, della diversità della componente erbacea e delle coperture del suolo.

L'analisi dei rilievi fitosociologici, basata sugli indicatori ecologici di Landolt (Landolt, 2010) pesati sulle coperture specifiche e mediati per porzione di soprassuolo, evidenzia

differenze nei valori medi degli indici ecologici tra i tre stati di sviluppo considerati: fustaia, perticaia e spessina.

Per quanto riguarda l'area LXC, gli indicatori di temperatura (T) e continentalità (K) presentano valori simili nelle tre tipologie di soprassuolo, con scarti limitati tra fustaia, perticaia e spessina. Anche l'indicatore di umidità del suolo (F) mostra valori comparabili, pur evidenziando un graduale incremento dalla fustaia alla spessina. L'indicatore di luce (L) varia in modo più marcato tra gli stati di sviluppo, risultando più elevato in fustaia e spessina e raggiungendo il valore minimo in perticaia. L'indicatore di reazione del suolo (R) assume il valore più alto in fustaia, mentre risulta inferiore in perticaia e ulteriormente ridotto in spessina.

Per quanto riguarda la nitrofilia (N), i valori medi risultano maggiori in fustaia, con una diminuzione in perticaia e un valore intermedio in spessina. L'indicatore di humus (H) mostra valori elevati in tutte le tipologie di soprassuolo, con un massimo in perticaia, seguito da spessina e fustaia.

L'indicatore di granulometria (D) presenta il valore medio più alto in fustaia, mentre in perticaia e spessina i valori risultano inferiori e tra loro simili.

I valori medi degli indicatori ecologici di Landolt differenziano i tre stati di sviluppo del soprassuolo. Tali differenze possono essere verificate graficamente in Figura 43.

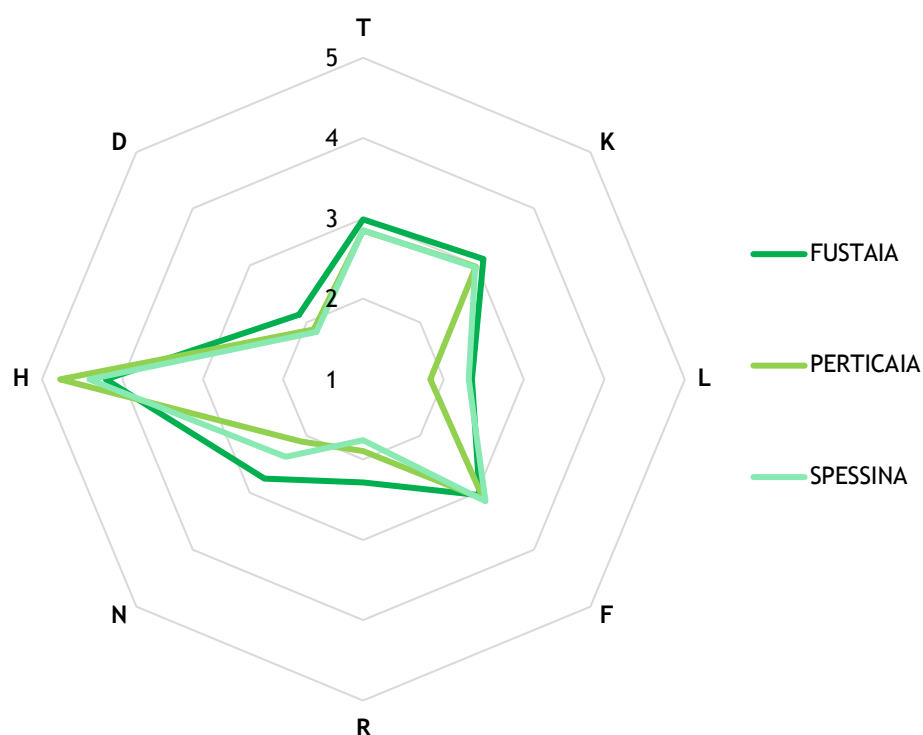


Figura 43 Radar degli indici di Landolt [1;5] con il punteggio per tipologia di disturbo dell'area LXC

Nell'area PEC, gli indicatori di temperatura (T) mostrano valori simili tra i due stati di sviluppo, con un lieve incremento in perticaia rispetto alla fustaia. L'indicatore di continentalità (K) presenta una differenza più marcata, risultando sensibilmente più elevato in perticaia rispetto alla fustaia.

L'indicatore di luce (L) assume valori maggiori in perticaia rispetto alla fustaia, mentre l'indicatore di umidità del suolo (F) risulta più elevato in fustaia e diminuisce in perticaia. Anche l'indicatore di reazione del suolo (R) mostra un incremento evidente passando dalla fustaia alla perticaia.

Per quanto riguarda la nitrofilia (N), i valori medi risultano leggermente più alti in perticaia rispetto alla fustaia. L'indicatore di humus (H) presenta invece il valore massimo in fustaia, con una riduzione significativa in perticaia.

L'indicatore di granulometria (D) risulta più elevato in fustaia, mentre in perticaia assume valori inferiori.

Per l'area PEC, i valori medi degli indicatori ecologici di Landolt presentano una certa variazione tra i due stati di sviluppo del soprassuolo nell'area PEC come si può notare in Figura 44.

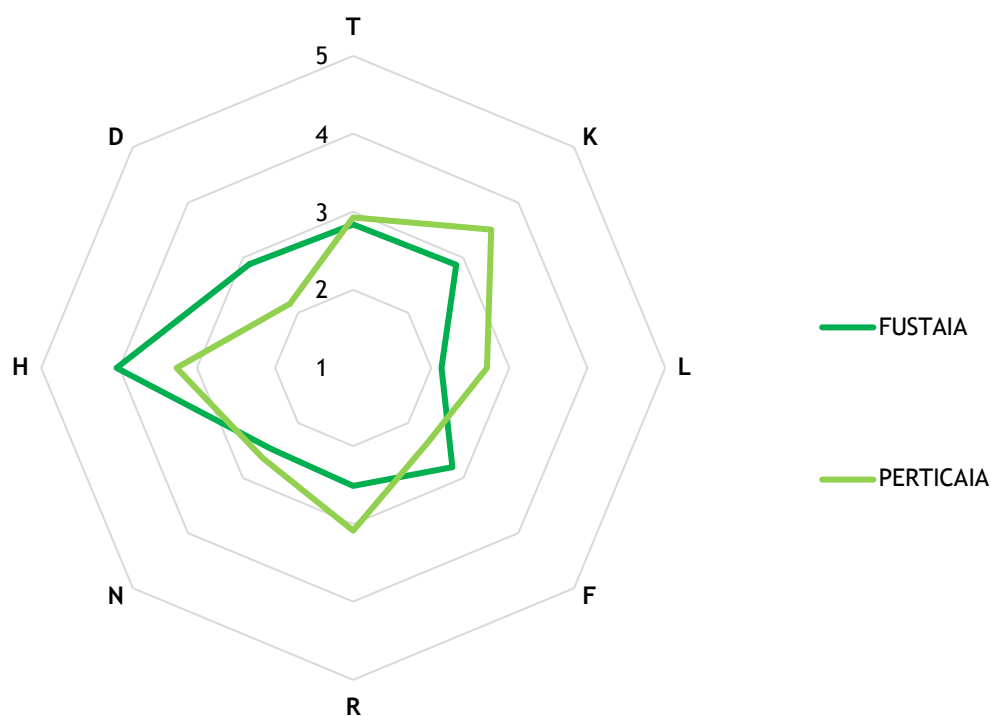


Figura 44 - Radar degli indici di Landolt [1;5] con il punteggio per tipologia di disturbo dell'area PEC

La ricchezza di specie erbacee ed arbustive nell'area LXC (Figura 45) mostra valori complessivamente più elevati in fustaia, con un'ampia variabilità tra i rilevamenti. I valori

osservati spaziano da un minimo di 4 specie a un massimo di 18 specie per plot. La perticaia dell'area LXC presenta valori generalmente inferiori e più concentrati, con un intervallo compreso tra 1 e 10 specie. La spessina di quest'area assume valori intermedi, con un numero di specie variabile tra 6 e 14.

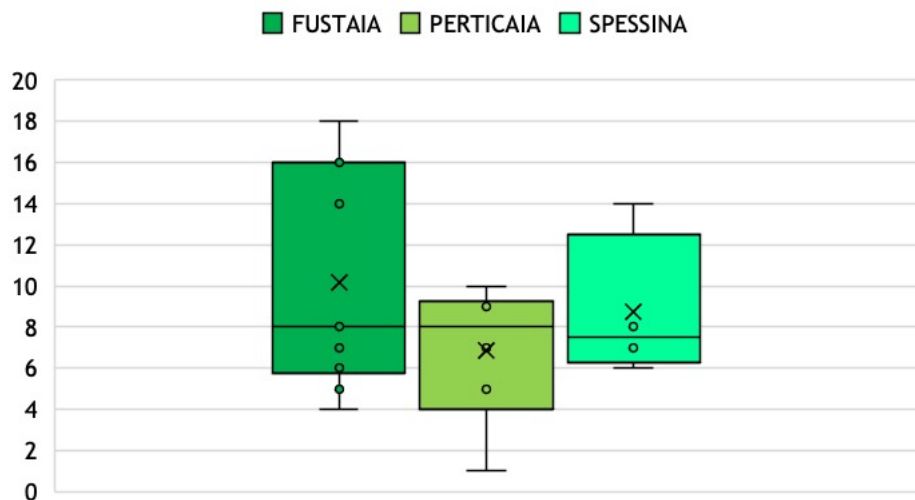


Figura 45 Boxplot del numero di specie (abbondanza) dell'area LXC

In totale, nell'area LXC sono state rilevate 62 specie erbacee.

Sempre nell'area LXC, l'indice di diversità di Shannon (H) evidenzia un andamento analogo (Figura 46). In fustaia si osservano i valori più elevati, con un ampio range che va da valori molto bassi fino a valori superiori a 2,4. La perticaia presenta valori generalmente inferiori, con alcuni rilievi caratterizzati da valori pari a zero. La spessina mostra valori intermedi, con una variabilità più contenuta rispetto alla fustaia.

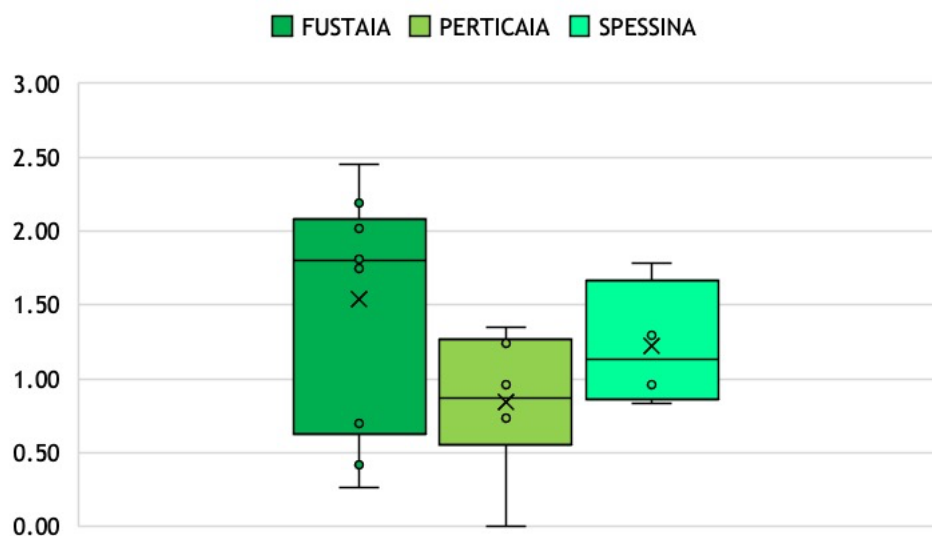


Figura 46 Boxplot dell'indice di Shannon [0; +∞] per l'area LXC

Per l'area PEC In fustaia, la ricchezza specifica varia tra 4 e 13 specie erbacee (non sono state rilevate specie a portamento arbustivo) per plot (Figura 47). In totale sono state rilevate 29 specie erbacee. I valori dell'indice di Shannon (Figura 48) risultano compresi tra 0 e 2,32, evidenziando una variabilità marcata tra i rilievi considerati. In perticaia, la ricchezza di specie erbacee risulta più contenuta, con valori compresi tra 1 e 10 specie per plot. L'indice di Shannon assume valori compresi tra 0 e 1,69.

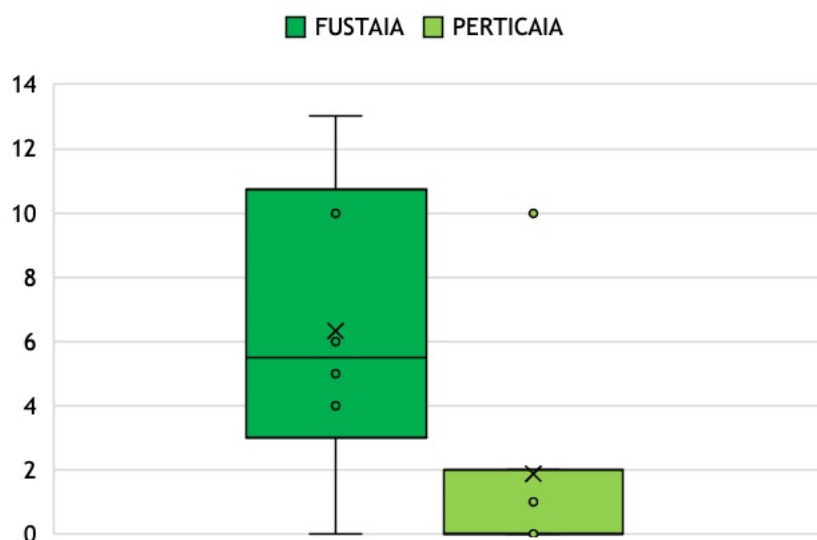


Figura 47 Boxplot del numero di specie (abbondanza) dell'area PEC

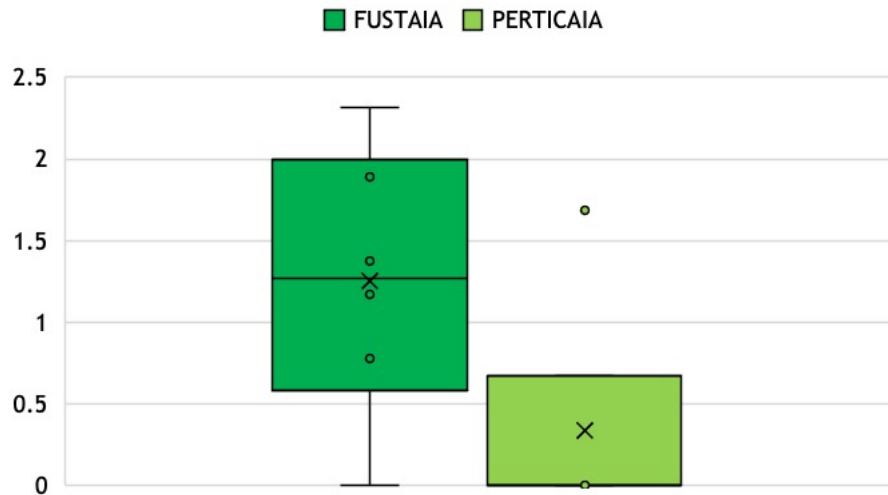


Figura 48 Boxplot dell'indice di Shannon [0; +∞] per l'area PEC

Per semplificare l'analisi, le coperture delle due aree vengono rappresentate accorpando i valori medi di tutte le aree di saggio, senza suddivisione per stato di sviluppo del soprassuolo. L'area LXC (Figura 49) è caratterizzata da una copertura del suolo nettamente dominata dallo strato arboreo, che rappresenta il 66% della superficie complessiva. Questo valore indica la presenza di un soprassuolo continuo e strutturato, in grado di esercitare un ruolo rilevante nella protezione del suolo e nella regolazione dei processi ecologici locali. La copertura erbacea costituisce il 14% della superficie. La quota di suolo nudo è pari al 19% e risulta relativamente contenuta, indicando una discreta continuità della copertura vegetale. Le componenti arbustiva e di roccia madre risultano marginali, allo 0.5% ed all'1% della superficie.

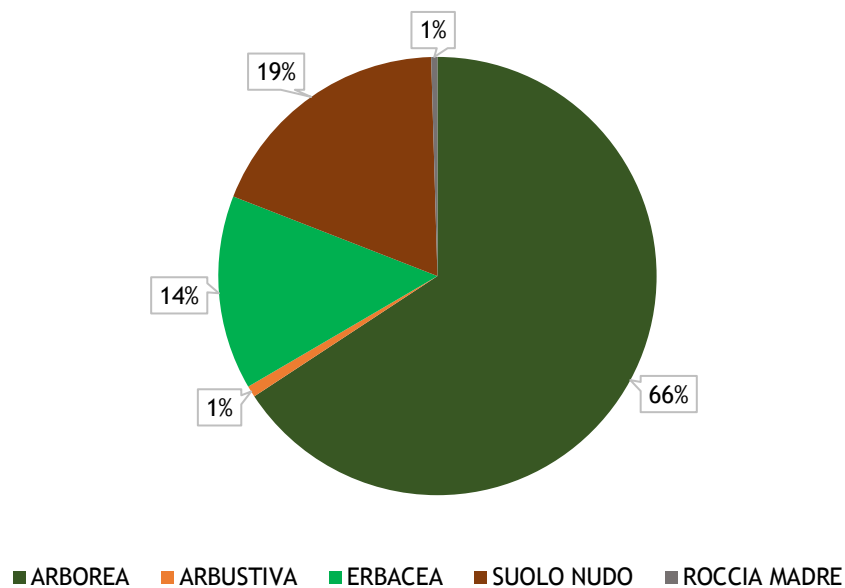


Figura 49 Ripartizione della copertura del suolo nell'area LXC

Nell'area PEC la copertura del suolo è caratterizzata da una netta prevalenza dello strato arboreo, che interessa il 73% della superficie complessiva. Lo strato erbaceo copre il 5% dell'area, mentre il suolo nudo rappresenta il 12% della superficie totale. La quota di roccia affiorante è pari al 10%.

La Figura 50 riporta la ripartizione percentuale delle diverse tipologie di copertura del suolo rilevate nell'area PEC, evidenziando la distribuzione relativa delle componenti arborea, erbacea, suolo nudo e roccia.

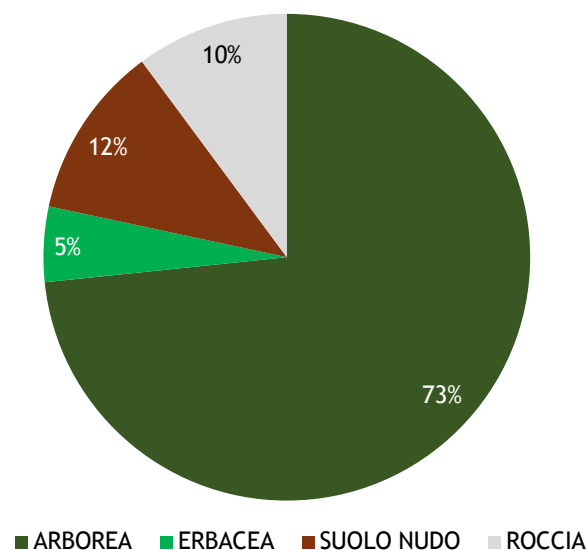


Figura 50 Ripartizione della copertura del suolo nell'area PEC

6.8 Analisi sulla provvigione reale

La stima del volume relativo al soprassuolo arboreo vivo dell'area LXC (Tabella 6) denota valori di provvigione e di densità elevati, sia per le porzioni di bosco nella fase di fustaia (F0NN, F0NA ed F1NA) che nella fase di perticaia (P0DN, P0DA e P1DA).

La provvigione risulta elevata, soprattutto nelle porzioni in fase di fustaia non danneggiate (F0NN), per le quali non sono previsti interventi.

Le superfici in fase di spessina, presentano elevata densità, ma una minore provvigione unitaria, dovuta alle ridotte dimensioni dei soggetti arborei.

	<i>SUPERFICIE (ha)</i>	<i>DENSITÀ (piante/ha)</i>	<i>PROVVIGIONE REALE UNITARIA (m³/ha)</i>	<i>PROVVIGIONE REALE TOTALE (m³)</i>
F0NN	2.1	976	798	1650
F0NA	5.5	673	584	3187
F1NA	1.6	573	654	1063
P0DN	2.5	1528	427	1051
P0DA	2.2	1231	549	1200
P1DA	0.8	1719	684	546
S1SN	0.4	1019	259	97
S1SA	0.1	1655	125	12

Tabella 6 Provvigione reale dell'area LXC

Nell'area PEC (Tabella 7), i valori di provvigione reale unitaria delle porzioni in fase di fustaia sono ben superiori, pur con densità inferiori, rispetto all'area LXC. Nelle porzioni di soprassuolo in fase di perticaia la situazione è opposta, salvo per le perticaie senza interventi previsti (P0DN), che presentano una provvigione doppia rispetto all'area LXC.

	<i>SUPERFICIE (ha)</i>	<i>DENSITÀ (piante/ha)</i>	<i>PROVVIGIONE REALE UNITARIA (m³/ha)</i>	<i>PROVVIGIONE REALE TOTALE (m³)</i>
F0NN	2.0	764	1118	2235
F0NA	0.5	637	1054	527
F1NA	0.8	446	1010	758
P0DN	1.6	1592	826	1321
P0DA	1.9	1082	326	612
P1DA	0.7	1146	484	363
P1DN	1.9	1082	362	676

Tabella 7 Provvigione reale dell'area PEC

6.9 Necromassa

Nell'area LXC sono stati misurati 126 elementi afferenti alla necromassa forestale, rappresentati da 10 piante morte in piedi (SNAG), 32 tronchi a terra (LOG) e 84 ceppaie (STUMP). La ripartizione del volume (Figura 51) è prettamente sbilanciata verso i tronchi a terra (LOG).

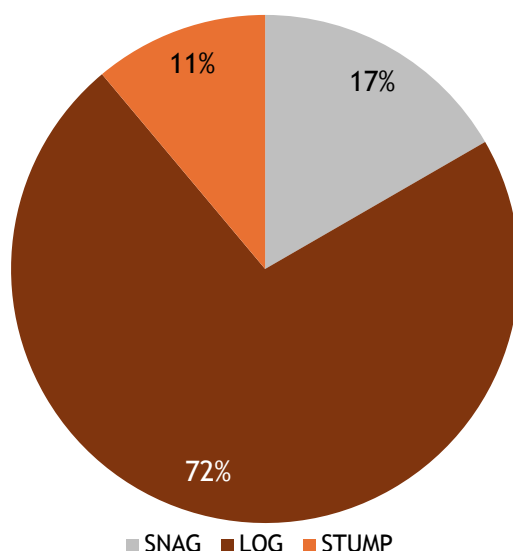


Figura 51 Ripartizione dei volumi stimati nelle aree campione LXC

Suddividendo l'area in base allo stato di sviluppo (Figura 52), si può notare come la necromassa sia concentrata soprattutto nelle aree in fase di fustaia e perticaia. Nelle spessine non sono presenti alberi morti in piedi (SNAG) ed il volume di tronchi a terra (LOG) assume un valore di volume unitario trascurabile.

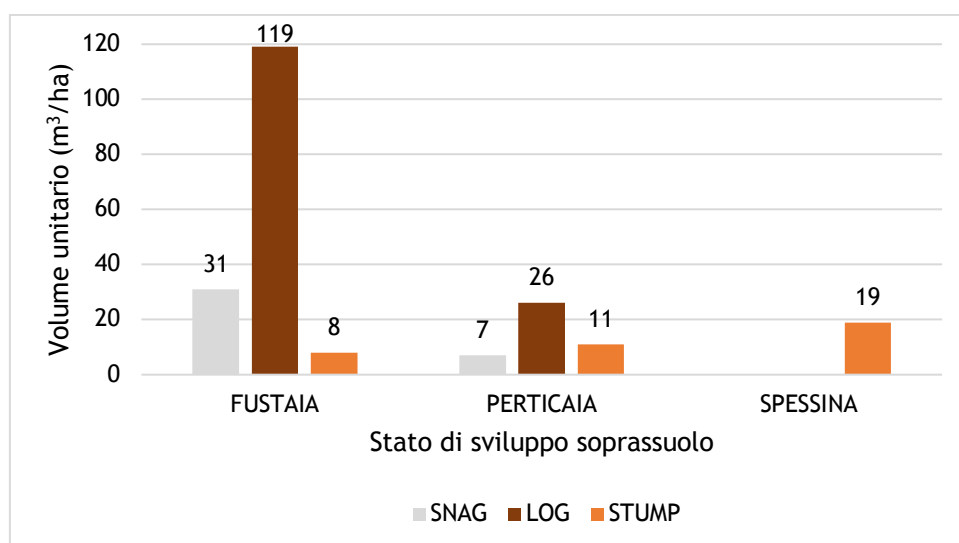


Figura 52 Ripartizione dei volumi unitari di necromassa suddivisi in base allo stato di sviluppo del soprassuolo (area LXC)

Attuando un'ulteriore suddivisione (Tabella 8 e Figura 53) in base alla presenza o meno di diradamenti o sfolli, ed allo sgombero del materiale danneggiato (con o senza esbosco), si può notare che le aree dove è stato definito quest'ultimo tipo di intervento selvicolturale (F0NA, F1NA e P0DA) siano effettivamente quelle con maggior concentrazione di tronchi a terra (LOG). La porzione di soprassuolo in fase di spessina con materiale danneggiato (S1SA) contiene effettivamente dei tronchi a terra, ma con un volume unitario veramente basso e non apprezzabile a livello grafico ($0.02 \text{ m}^3/\text{ha}$).

	<i>SUPERFICIE (ha)</i>	<i>VOLUME TOTALE SNAG (m³)</i>	<i>VOLUME TOTALE LOG (m³)</i>	<i>VOLUME TOTALE STUMP(m³)</i>	<i>VOLUME NECROMASSA (m³)</i>
F0NN	2.1	14	11	9	33
F0NA	5.5	239	1045	39	1323
F1NA	1.6	0	30	21	51
P0DN	2.5	9	0	33	41
P0DA	2.2	6	113	18	138
P1DA	0.8	11	27	10	48
S1SN	0.4	0	0	7	7
S1SA	0.1	0	0.02	2	2

Tabella 8 Cubatura della necromassa dell'area LXC

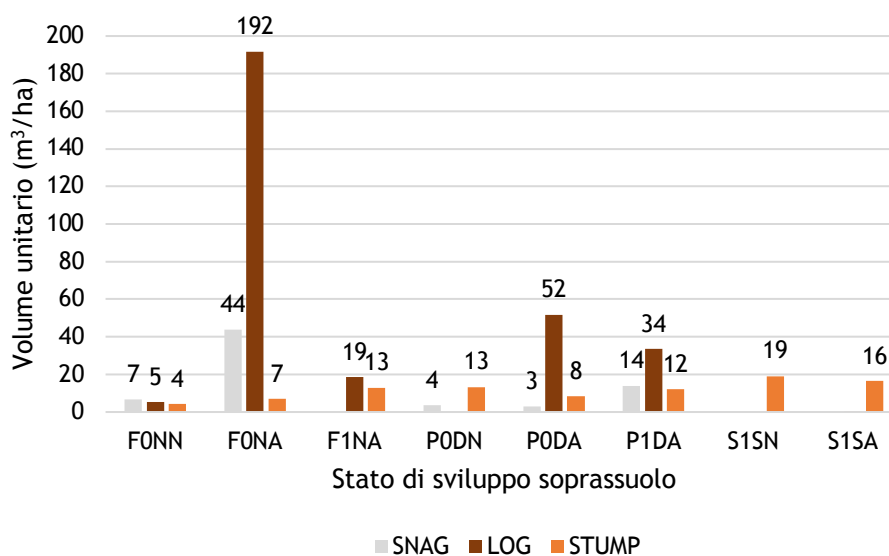


Figura 53 Ripartizione dei volumi unitari di necromassa in base allo stato di sviluppo e tipologia di interventi (area LXC)

Nell'area PEC sono stati misurati 49 elementi afferenti alla necromassa forestale, rappresentati da 13 piante morte in piedi (SNAG), 5 tronchi a terra (LOG) e 31 ceppaie

(STUMP). Il volume campionato in questo caso è rappresentato in maggioranza dalle piante morte in piedi come da Figura 54 (SNAG).

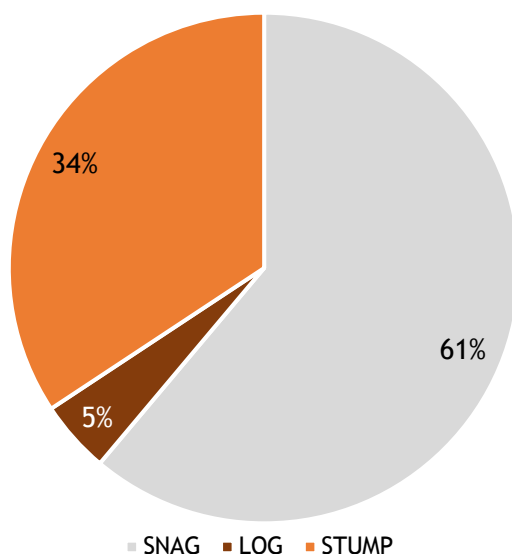


Figura 54 Ripartizione dei volumi stimati nelle aree campione PEC

Nell'area PEC non vi sono porzioni di soprassuolo nello stato di spessina. Ad ogni modo, le altre aree presentano dei valori particolarmente bassi del volume unitario di necromassa, in particolare le porzioni in fase di fustaia, per le quali non sono stati rilevati volumi di tronchi a terra (LOG) e ceppaie (STUMP) significativi (Figura 55).

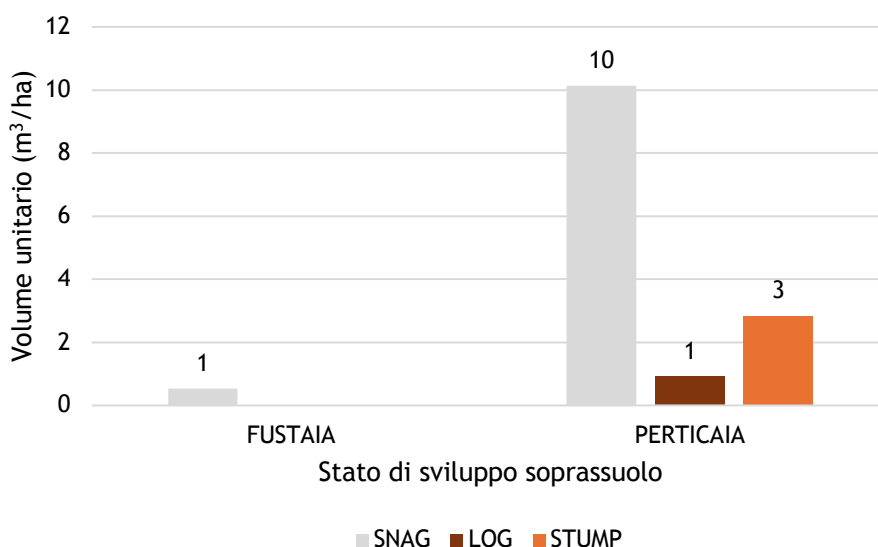


Figura 55 Ripartizione dei volumi unitari di necromassa suddivisi in base allo stato di sviluppo del soprassuolo (area PEC)

In sintesi, espandendo i volumi campionati alle aree omogenee, con stesso stato di sviluppo e stessa tipologia di intervento (Tabella 9 e Figura 56), ne risulta che le principali aree contribuenti per quanto riguarda la necromassa forestale siano le perticaie

danneggiate più vicine alla viabilità forestale, per le quali verrà effettuato lo sgombero del materiale danneggiato (P1DN) e le aree di perticaia meno accessibili, per le quali non è previsto l'esbosco e verrà effettuato solo il diradamento (P0DN).

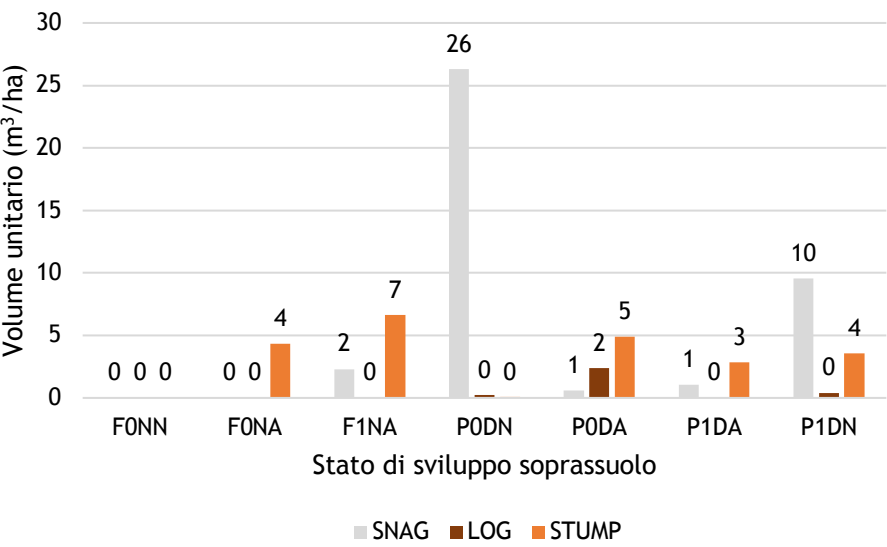


Figura 56 Ripartizione dei volumi unitari di necromassa in base allo stato di sviluppo e tipologia di interventi (area PEC)

	<i>SUPERFICIE (ha)</i>	<i>VOLUME TOTALE SNAG (m³)</i>	<i>VOLUME TOTALE LOG (m³)</i>	<i>VOLUME TOTALE STUMP(m³)</i>	<i>VOLUME NECROMASSA (m³)</i>
<i>F0NN</i>	2.0	0	0	0	0
<i>F0NA</i>	0.5	0	0	2	2
<i>F1NA</i>	0.8	2	0	5	7
<i>P0DN</i>	1.6	42	0	0.1	43
<i>P0DA</i>	1.9	1	4	9	15
<i>P1DA</i>	0.7	1	0	2	3
<i>P1DN</i>	1.9	18	1	7	25

Tabella 9 Cubatura della necromassa dell’area PEC

6.10Rinnovazione

Nelle 24 aree di campionamento dell'area LXC, sono stati rilevati 515 soggetti afferenti alla rinnovazione forestale. Nell'area PEC, con 14 aree di campionamento, sono stati misurati 18 individui.

Nell'area LXC la rinnovazione nella quasi totalità da giovani piante di *Picea abies*. Risulta presente *Sorbus aucuparia*, mentre, *Betula spp.*, *Alnus incana*, *Salix caprea* e *Pinus spp.* sono solamente delle sporadiche “compars” che insieme rappresentano solamente il 3% dei rilevamenti (Figura 57).

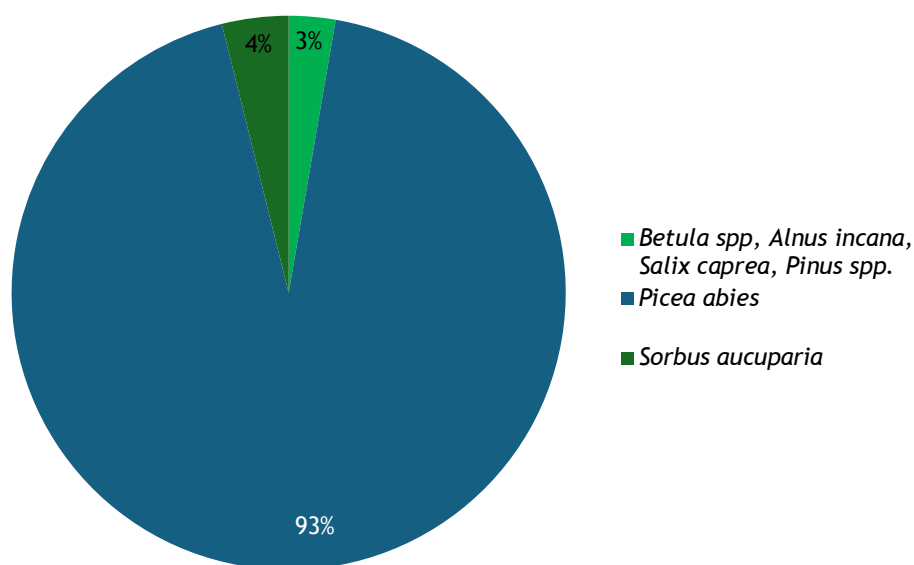


Figura 57 Composizione della rinnovazione forestale rilevata nell'area LXC

Nell'area PEC sono state rilevate meno specie, ma meglio ripartite (Figura 58). In quest'area domina i rilevamenti *Sorbus aucuparia*, anche se *Picea abies* rappresenta comunque il 43% dei rilevamenti. È stato rilevato inoltre un piccolo numero di soggetti della specie *Fraxinus excelsior*.

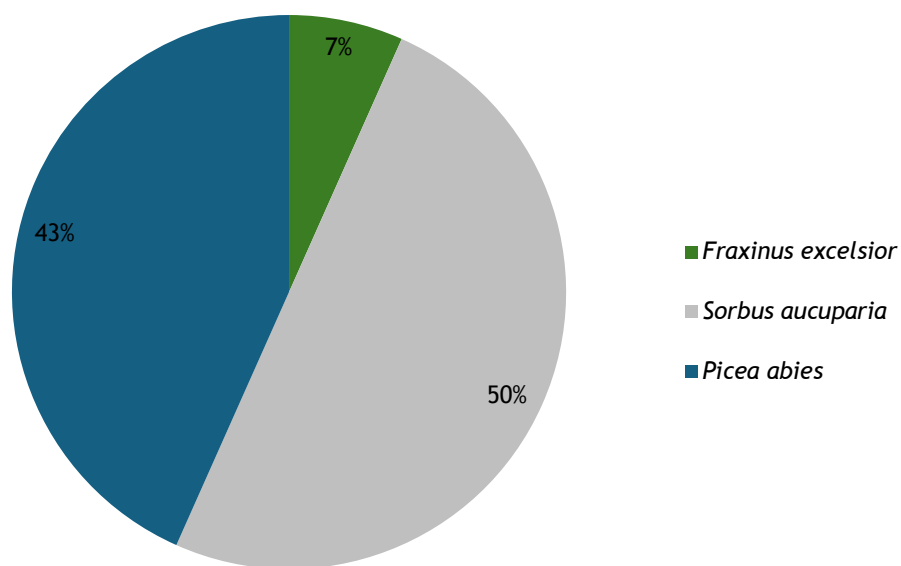


Figura 58 Composizione della rinnovazione forestale rilevata nell'area PEC

La rinnovazione dell'area LXC, presente con una densità totale pari a 2001 *piante/ha*, è composta principalmente da soggetti della prima classe di altezza (C1, 0-10 *cm*), seguita, in termini di densità, dalla seconda classe (C2, 11-50*cm*) e dalla quarta classe (C4, >130 *cm*). La terza classe di altezza (C3, 51-130 *cm*) invece presenta la minor densità (Figura 59).

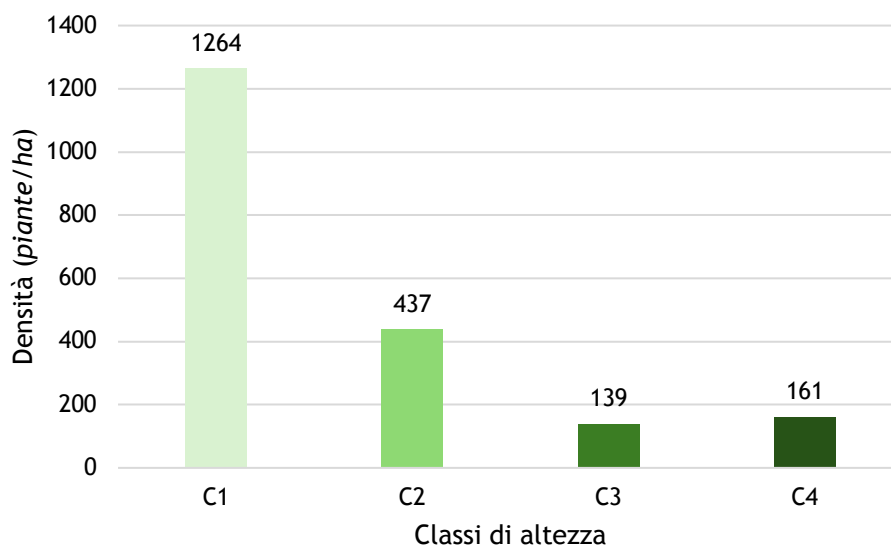


Figura 59 Ripartizione della rinnovazione forestale dell'area LXC per classe di altezza

Solo *Picea abies* comprende tutte le classi di altezza, *Sorbus aucuparia* solamente le prime due, *Betula spp.* la prima. Tutte le altre specie sono presenti in una sola classe di altezza (Figura 60).

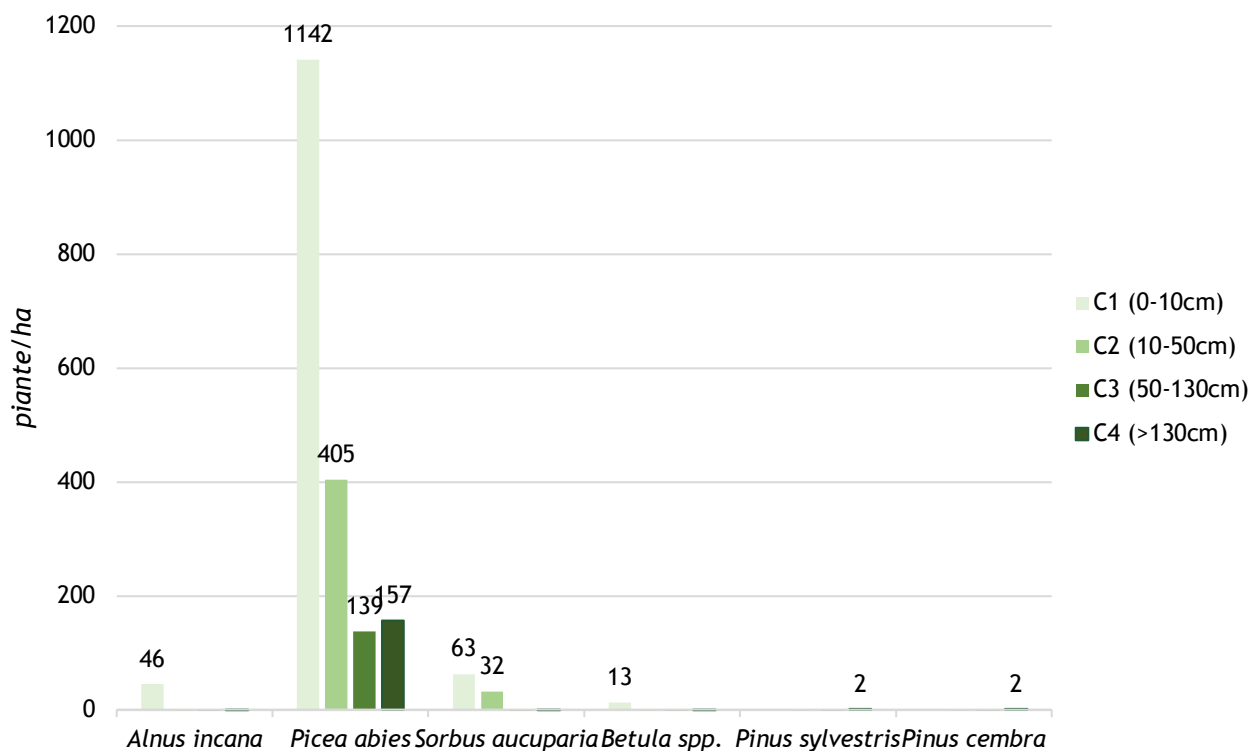


Figura 60 Ripartizione della rinnovazione forestale dell'area LXC per classe di altezza e specie

Analizzando la vigoria (Figura 61), si può notare che la quasi totalità dei soggetti sia collocato nella prima classe di vigoria, rappresentante piante in piena vigoria, senza danni riscontrati durante il rilievo.

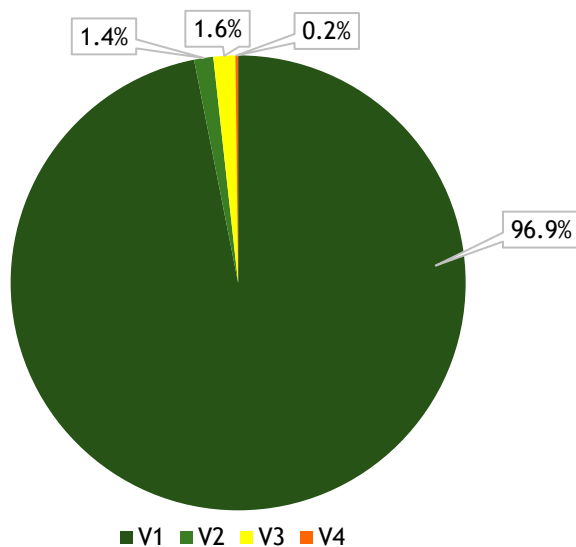


Figura 61 Stato di vigoria della rinnovazione forestale nell'area LXC

L'area PEC presenta delle densità particolarmente inferiori all'area LXC (Figura 62), con dei soggetti giovani poco sviluppati. La densità della rinnovazione è infatti pari a 304 piante/ha, ricadenti per la maggior parte nella prima classe di altezza (C1, 0-10 cm).

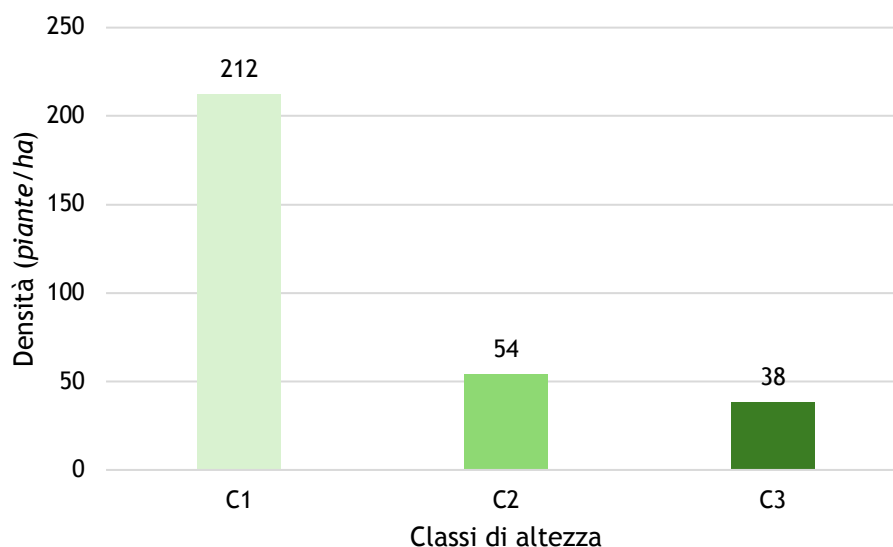


Figura 62 Ripartizione della rinnovazione forestale dell'area PEC per classe di altezza

Solamente *Picea abies* è presente nella terza classe di altezza (C3, 10-50 cm), mentre *Sorbus aucuparia* e *Fraxinus excelsior* sono rappresentati solamente da individui delle prime due classi di altezza (Figura 63).

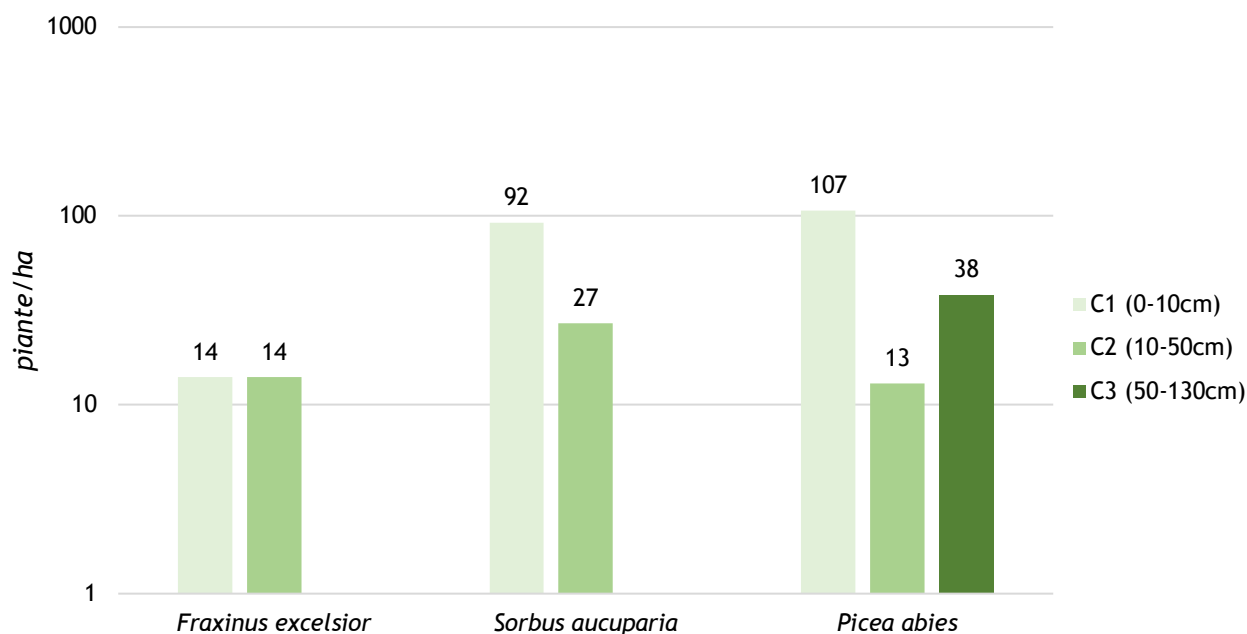


Figura 63 Ripartizione della rinnovazione forestale dell'area PEC per classe di altezza e specie

Anche per quanto riguarda la vigoria (Figura 64), le condizioni sono peggiori rispetto all'area LXC, con il 43% dei soggetti che presenta lievi danni (classe V2) ed il 10% con danni maggiori (classe V3). Nessun soggetto presenta danni particolarmente gravi o estesi da rientrare nella quarta classe di vigoria (V4).

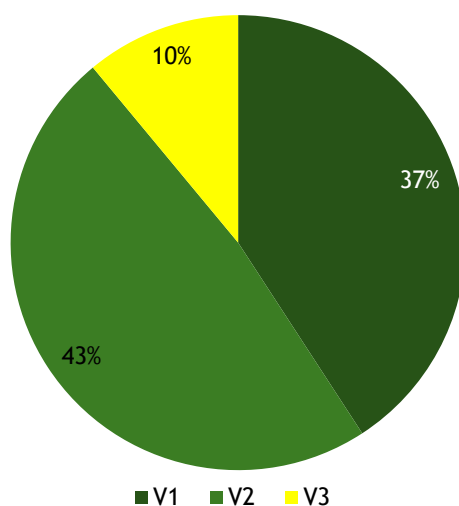


Figura 64 Stato di vigoria della rinnovazione forestale nell'area PEC

6.1.1 Carbonio stoccato nelle piante vive e nella necromassa forestale

Il carbonio stoccato risulta principalmente contenuto nel comparto della biomassa rappresentata dalle piante vive, mentre la necromassa compone una porzione minore in tutte le porzioni di soprassuolo, a prescindere dallo stadio di sviluppo. Ovviamente, le maggiori dimensioni delle piante vive e morte delle porzioni in fase di fustaia determinano dei volumi unitari maggiori e, di conseguenza, una maggior concentrazione di carbonio stoccato (Figura 65).

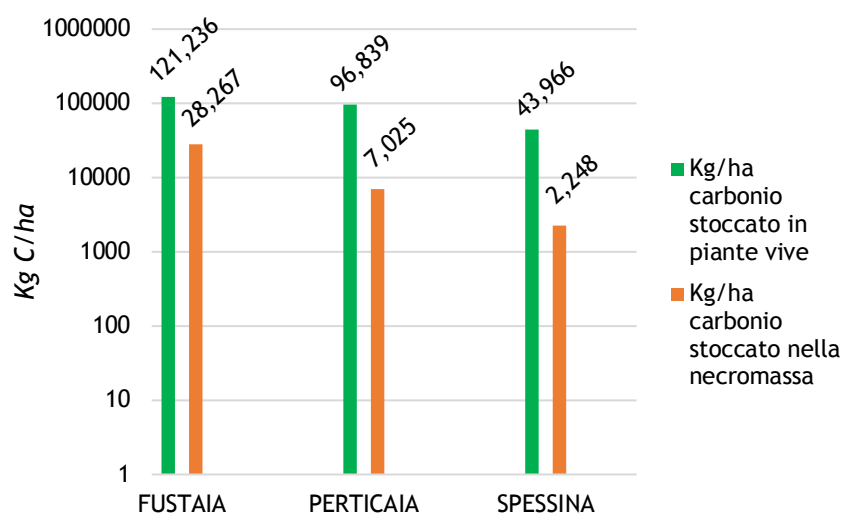


Figura 65 Volume unitario di carbonio stoccato nelle piante vive e nella necromassa forestale dell'area LXC

In particolare, nelle porzioni di soprassuolo in fase di fustaia dell'area PEC risultando limitato il volume di necromassa presente, a fronte di un'elevata concentrazione della provvigione unitaria, si ha come risultato un valore marcato di carbonio stoccato nel soprassuolo vivo (Figura 66).

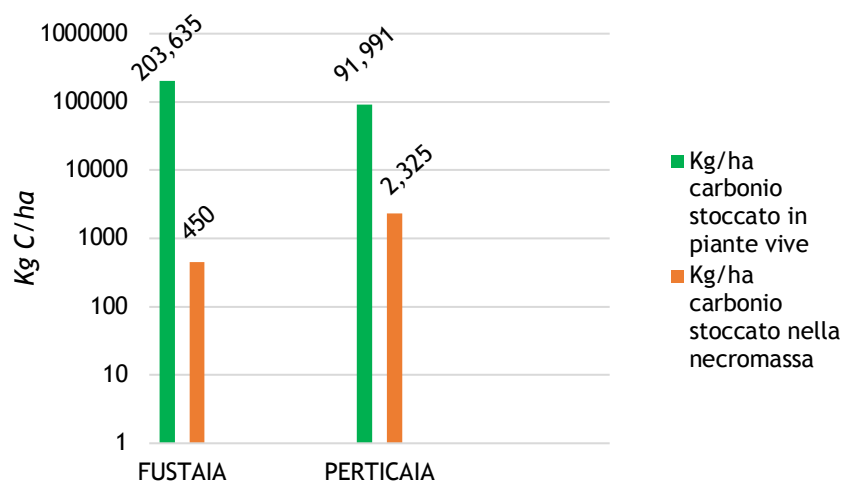


Figura 66 Volume unitario di carbonio stoccato nelle piante vive e nella necromassa forestale dell'area PEC

7 Baseline aree di intervento 2025 – Aree RIM1 (33) e RIM2 (39)

Effettuando il calcolo sulle 7 aree di campionamento incluse nell'area RIM1 della particella 33 ed estendendolo agli 1,3125 si ottiene una densità di piante appartenenti alla rinnovazione naturale pari a 1274 piante/ha. Successivamente al rilievo, il rimboschimento ha aggiunto 827 piante/ha per un totale atteso (nel 2026) di 2001 piante/ha.

La provvigione legnosa degli alberi adulti è risultata di 7,3 m³/ha; poiché nel resto dell'area più vasta BOS1 la provvigione era 28,1 m³/ha, è evidente che l'intervento di rimboschimento è stato effettuato nella zona che aveva subito la mortalità più alta.

La necromassa nell'area RIM1 della particella 33 assomma 127,8 m³/ha, di cui 71,5 m³/ha di ceppaie e 56,3 m³/ha di tronchi a terra. Rispetto all'anno 2024 il dato è in aumento (27,9 e 28,6 m³/ha rispettivamente), ma naturalmente sono stati asportati tutti gli alberi morti in piedi (275,2 m³/ha nel 2024, ora ridotti a zero). A confronto, nell'area di BOS1 non interessata dal rimboschimento, nel 2025 la necromassa totale era di 191,1 m³/ha (303 m³/ha nel 2024, comprensiva di 156,8 m³/ha di alberi morti in piedi non più esistenti).

CONTEGGI ASSOLUTI (N. PIANTE) PLOT RIM1	CLASSI ALTEZZA				CLASSI VIGORIA			
SPECIE	1	2	3	4	1	2	3	4
Picea abies	16	27	5	6	39	14	0	1
Populus tremula	4	2	0	0	3	3	0	0
Sorbus aucuparia	2	1	0	0	2	0	1	0
Betula spp	0	1	0	2	2	1	0	0
Salix caprea	0	1	1	2	4	0	0	0
	70				70			

AREA PLOT (m²)	78.5
NUMERO PLOTS RIM1	7
AREA PLOTS RIM1 (m²)	549.5
AREA RIM 1 (m²)	13125

N.PIANTE AREA RIM1	CLASSI ALTEZZA				CLASSI VIGORIA			
SPECIE	1	2	3	4	1	2	3	4
Picea abies	382	645	119	143	932	334	0	24
Populus tremula	96	48	0	0	72	72	0	0
Sorbus aucuparia	48	24	0	0	48	0	24	0
Betula spp	0	24	0	48	48	24	0	0
Salix caprea	0	24	24	48	96	0	0	0
	1672				1672			

DENSITÀ (PIANTE/HA) AREA RIM1	CLASSI ALTEZZA				CLASSI VIGORIA			
SPECIE	1	2	3	4	1	2	3	4
Picea abies	291	491	91	109	710	255	0	18
Populus tremula	73	36	0	0	55	55	0	0
Sorbus aucuparia	36	18	0	0	36	0	18	0
Betula spp	0	18	0	36	36	18	0	0
Salix caprea	0	18	18	36	73	0	0	0
	1274				1274			

Tabella 10 Valori di base della rinnovazione nell'area RIM1 della particella 33, anno 2025.

Per l'area RIM2 della particella 39, non rilevata nell'anno 2025, si possono assumere validi i livelli di base rilevati nel 2025 per l'area RIM2 della particella 38 e riportati nel Cap. 6:

- Piante vive/ha 51
- Volume piante in piedi 77 m³/ha
- Volume necromassa 139 m³/ha
- Densità rinnovazione naturale 2029 piantine/ha
- C piante vive 1451 kg/ha
- C necromassa 12578 kg/ha.

8 Contenuto di carbonio (C%) e conducibilità idraulica satura (K_s)

Le prove infiltrometriche effettuate nel 2024 hanno restituito valori estremamente bassi di infiltrazione, che inizialmente sembravano rappresentare un'anomalia. Per questo

motivo, nel 2025 le prove non sono state ripetute su tutti i punti, ma solo su un numero limitato di aree di saggio, con l'obiettivo di verificare eventuali anomalie strumentali. Gli ordini di grandezza dei tempi di infiltrazione sono risultati simili a quelli osservati nel 2024; tuttavia, la prova non è stata ripetuta sull'intera rete di punti. La ripetizione completa sarà effettuata a partire dal 2026, quando sarà disponibile una seconda elaborazione relativa ai punti già misurati nel report 2024 (Figura 67), integrata con le nuove misure nelle aree di intervento 2025 in fase post-intervento e nelle aree di intervento 2026 in fase pre-intervento.

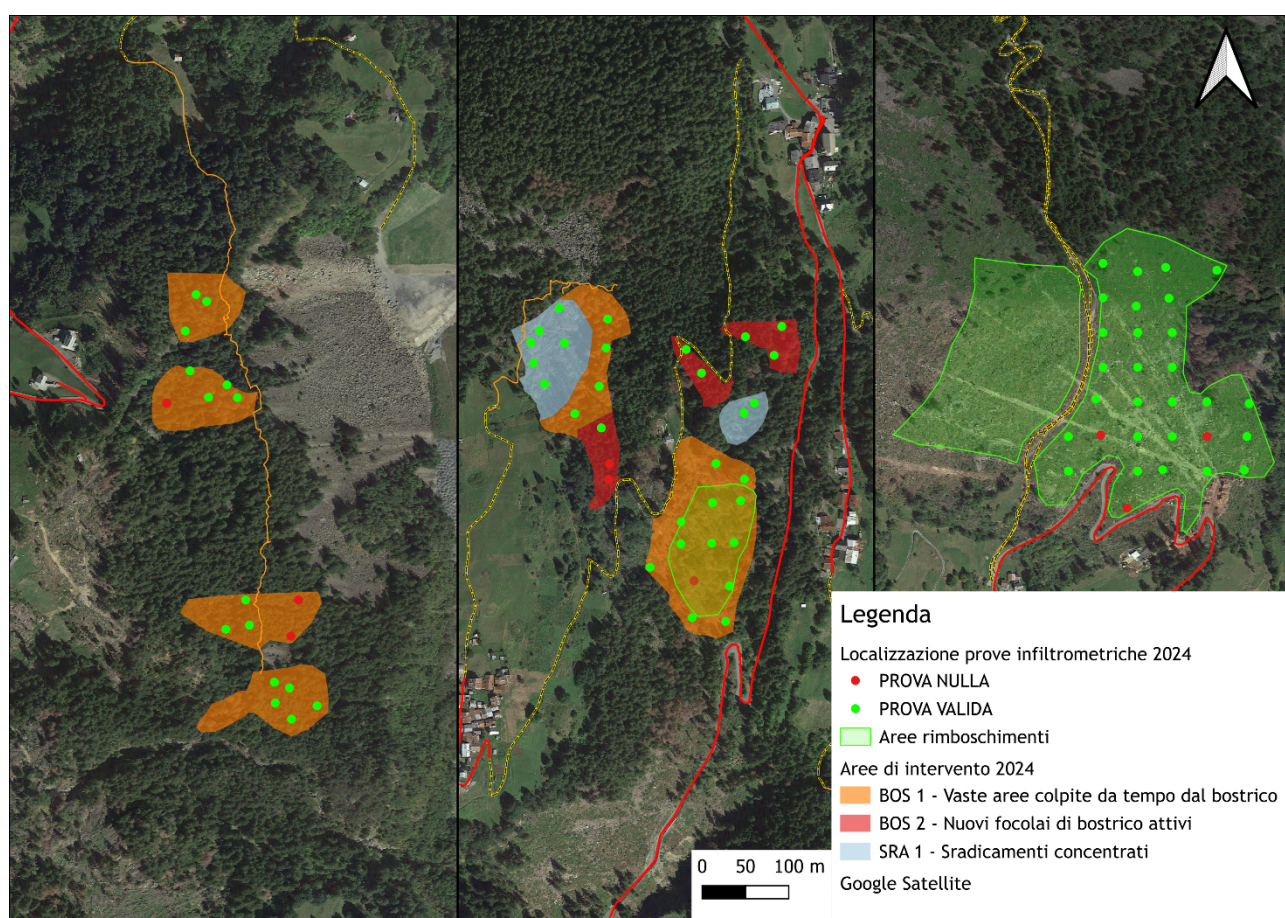


Figura 67 Collocazione dei punti per le prove di misura del coefficiente di infiltrazione K_s effettuate nel 2024 (3 repliche per plot). I colori differenziano le prove che hanno dato esito positivo da quelle scartate.

In questa sede viene quindi proposta esclusivamente una possibile relazione tra i valori rilevati nel 2024 e il contenuto di carbonio del suolo, con finalità esplorativa rispetto alle possibili cause dei valori ottenuti. Prima di stimare il grado di dipendenza di K_s da $C\%$ (contenuto percentuale di carbonio nel campione di suolo), è stato effettuato il calcolo delle principali statistiche descrittive seguito dallo studio della covarianza e della

correlazione. Nella tabella sottostante (Tabella 11) sono riportati i risultati delle statistiche descrittive. Si nota il valore medio di K molto basso, pari a 14.4 mm/h, ed un valore di $C\%$ pari a 11.8%.

		Statistica
K_s (mm/h)	Media	14.40
	Mediana	11.10
	Varianza	111.23
	Deviazione std.	10.55
	Minimo	2.44
	Massimo	45.92
	Intervallo interquartil	15.19
$C\%$	Media	11.84
	Mediana	7.62
	Varianza	119.28
	Deviazione std.	10.92
	Minimo	1.52
	Massimo	37.74
	Intervallo interquartil	11.23

Tabella 11 K_s : Statistiche descrittive

La covarianza ha un valore pari a 7.01, quindi rappresenta un'associazione tra K_s e $C\%$ con rapporto di proporzionalità diretta.

Per analizzare il livello di associazione tra queste due variabili è stato effettuato il calcolo del coefficiente di correlazione di Spearman (R_s). Non è stato implementato il coefficiente di correlazione di Pearson in quanto i campioni non hanno superato il test di normalità di Shapiro-Wilk. Nella tabella sottostante (Tabella 12) si può notare come il valore di correlazione sia basso (0.280) ma statisticamente significativo (Sign. <0.05). Ad ogni modo si tratta, come già visto nell'analisi della covarianza, di una associazione con rapporto di proporzionalità diretta.

		K_s	$C\%$
Rho di Spearman	K_s	1.000	,280
	Coefficiente di correlazione		
	Sign. (a due code)		0.026
	N	63	63
$C\%$	$C\%$	,280	1.000
	Coefficiente di correlazione		
	Sign. (a due code)	0.026	
	N	63	63

Tabella 12 Analisi di correlazione

9 Discussione dei risultati

I risultati ottenuti dalla campagna di rilevamento compiuta durante il 2025, mostrano come l'insieme di interventi selvicolturali, dinamiche di disturbo e processi di rigenerazione del soprassuolo abbiano determinato nuove variazioni delle componenti monitorate. Per le aree di intervento del 2024 (BOS 1, BOS 2 e SRA 1), come mostrato nella precedente edizione di questa relazione, il forte disturbo causato dalla Tempesta Vaia e dalla conseguenziale gradazione di *Ips typographus* ha determinato una forte riduzione della provvigione legnosa viva ed una redistribuzione di essa verso i comparti della necromassa con dinamiche di rinnovazione caratterizzate da specie pioniere come *Betula spp.*, *Sorbus aucuparia* e *Populus tremula*, tipiche delle fasi iniziali di successione ecologica (Seidl, 2014). La riduzione della copertura arborea viva e la rimozione del soprassuolo morto, ha determinato una variazione delle condizioni climatiche della stazione oggetto di studio, che si riflette in una dinamica di successione tipica delle aree soggette a disturbi di elevata intensità, nelle quali la disponibilità di luce e risorse nutritive favorisce inizialmente la colonizzazione di specie vegetali a ciclo rapido come le specie erbacee, arbustive e le arboree pioniere (Chang, 2019). L'intervento selvicolturale ha consentito la parziale rimozione del materiale danneggiato, in buona parte morto, riducendo il carico di necromassa. I rilievi sulla necromassa confermano la severità degli interventi progettati dal C.F.A.V., con una riduzione del volume di necromassa pari a 2000 m³. La restante parte di necromassa che ancora è stata rilevata durante i rilievi del 2025, rappresenta un importante serbatoio temporaneo di carbonio e un substrato chiave per la biodiversità. La necromassa stessa diventa un componente strutturale che favorisce l'insediamento di giovani alberi e la rinnovazione naturale. Rimuovere totalmente la necromassa avrebbe determinato un impoverimento dell'ecosistema in termini di microhabitat e potenziale di ricrescita (Nilsson, 2002), mentre il mantenimento di una parte del legno morto può contribuire alla protezione del suolo e al mantenimento dei cicli biogeochimici.

La variazione delle densità di rinnovazione nelle aree di intervento del 2024 (BOS 1, BOS 2 e SRA 1) riflette l'impatto del taglio fitosanitario. La netta riduzione dei soggetti appartenenti alla prima classe di altezza (C1 0-10 cm) è da imputare sia all'accrescimento, che alla mortalità dovuta alla competizione intra/interspecifica, ai disturbi naturali ed antropici. Tra questi disturbi, un elemento che potrebbe aver inciso sulla mortalità potrebbe essere la fase di abbattimento delle piante oggetto di intervento, che pur con

tutte le attenzioni attuate normalmente, potrebbe intercettare delle piante presenti nel letto di caduta. In generale, la riduzione della densità di queste aree è comunque limitata. Osservando la dinamica delle prime due classi di altezza (C1, 0-10 cm e C2, 11-50 cm) si nota un aumento che in parte potrebbe essere imputato alla crescita ipsometrica. Dall'ulteriore suddivisione per specie dell'andamento della rinnovazione, si nota che *Betula spp.* abbia avuto un notevole incremento nella seconda e nella terza classe di altezza. Se per quest'ultima classe l'aumento possa trovare riscontro nella crescita di piante presenti nel 2024, per la classe C2 si nota una dinamica di surplus. Questa dinamica si può notare effettuando un bilancio della quantità di individui rilevati per singolo plot nel 2025 e confrontandola con l'abbondanza prevista sulla base dei valori ricavati nel 2024 per la classe C2 e per la classe C1. Questo significa che certi individui, principalmente di *Betula spp.* sono probabilmente germinati nel 2025, e durante la stagione vegetativa sono cresciuti per più di 10 cm di altezza, raggiungendo entro la fine della stagione la seconda classe di altezza. Questo è probabilmente dovuto anche all'epoca di misurazione: la campagna di rilievi si è concentrata nel mese di giugno 2025 per le nuove aree di intervento, e tra agosto ed ottobre per le aree già rilevate durante il 2024. Difatti, in condizioni idonee, *Picea abies* e le principali latifoglie pioniere possono crescere in altezza nel primo anno ben più di 10 cm, superando la prima classe di altezza.

Il confronto tra rinnovazione naturale e artificiale nell'area RIM 2 indica come l'impianto controllato di piante possa incrementare rapidamente la densità di individui in piena vigoria, in modo tale che la rinnovazione artificiale possa accelerare la ricostituzione del soprassuolo in condizioni di forte competizione erbacea o alterazione del sito (Puettmann, 2009)

Le aree LXC e PEC sono caratterizzate da soprassuoli ancora strutturalmente integri che determinano delle condizioni significativamente diverse rispetto alle aree vulnerate dai disturbi naturali e dagli interventi straordinari di taglio fitosanitario. La presenza di un soprassuolo continuo e denso determina una ridotta disponibilità di luce al suolo, limitando l'affermazione delle specie pioniere a rapida crescita e favorendo invece dinamiche di sviluppo più lente (Méndez-Dewar, 2014). Questo assetto si riflette nella distribuzione della rinnovazione, che nelle aree LXC e PEC risulta generalmente meno abbondante e più discontinua rispetto alle aree post-disturbo. Tale dinamica è tipica dei soprassuoli sottoposti a disturbi di bassa intensità, nei quali la copertura residua esercita un controllo efficace sui processi di rinnovazione e successione (Puettmann, 2009).

La composizione specifica della rinnovazione nelle aree LXC e PEC risulta inoltre maggiormente allineata con quella del soprassuolo adulto, indicando una dinamica di continuità strutturale piuttosto che di riorganizzazione radicale del popolamento. Questo aspetto contrasta con quanto osservato nelle aree post-disturbo, dove la rinnovazione è dominata da specie pioniere decidue e caratterizzata da elevati tassi di crescita iniziale. Inoltre, rispetto alle aree vulnerate intensivamente dai disturbi naturali, come BOS 1, BOS 2, SRA 1 e RIM 2, si rileva un miglior stato di vigoria della rinnovazione. Essa, probabilmente per via delle condizioni microclimatiche garantite dal denso soprassuolo (minor escursione termica ed esposizione diretta alla radiazione solare incidente), risulta per buona parte in una condizione di vigoria piena. Ad ogni modo, il rilievo dello stato di vigoria non ha restituito dei valori preoccupanti per nessuna area in studio.

Dal punto di vista del carbonio stoccato, le aree LXC e PEC si distinguono per il volume unitario della biomassa viva come principale comparto di accumulo, a differenza delle aree disturbate in cui una quota rilevante del carbonio risulta temporaneamente trasferita nella necromassa. La presenza di soprassuoli maturi e strutturalmente integri consente a queste aree di mantenere un'elevata capacità di stoccaggio del carbonio nel medio periodo, evidenziando il ruolo fondamentale dei popolamenti non fortemente disturbati nel bilancio complessivo del carbonio forestale.

I comparti di carbonio osservati evidenziano una redistribuzione del carbonio verso la necromassa nelle aree fortemente disturbate (BOS 1, BOS 2, SRA 1, RIM 2), mentre nelle aree meno disturbate (LXC, PEC) il carbonio rimane principalmente immagazzinato nella biomassa viva. Questo fenomeno è coerente con studi su larga scala che mostrano come le perturbazioni influenzino profondamente i serbatoi di carbonio forestali, spesso riducendo la capacità di stoccaggio potenziale complessivo e alterando la traiettoria di accumulo di carbonio (Seidl, 2014).

Per quanto riguarda i legami fra proprietà del suolo e processi idraulici, la tendenza osservata verso una relazione positiva tra contenuto di carbonio organico e conducibilità idraulica satura è in linea con evidenze sperimentali che indicano come il carbonio organico contribuisca alla formazione di strutture del suolo più stabili, alla creazione di macropori ed alla capacità di trattenere acqua (Bronick, 2005), sebbene la relazione statistica non sia risultata particolarmente significativa.

Bibliografia

- Bitunjac, D., & Zorana, M. (2023). Dead wood volume to carbon conversion factors by decay class. *Forest Ecology and Management*.
- Bronick, C. J. (2005). Soil structure and management: A review. *Geoderma*, 3-22.
- Chang, C. C. (2019). Ecological succession in a changing world. *Journal of Ecology. British Ecological Society*, 503-509. doi:<https://doi.org/10.1111/1365-2745.13132>
- IPCC. (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories - Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use*. Kanagawa, Giappone: Institute for Global Environmental Strategies (IGES). doi:ISBN 4-88788-032-4
- ISAFA. (1984). *INVENTARIO FORESTALE NAZIONALE ITALIANO: tavole di cubatura a doppia entrata*. Trento: Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste DIREZIONE GENERALE PER L'ECONOMIA MONTANA E PER LE FORESTE.
- Landolt, E. (2010). *Flora indicativa*. Haupt Verlag.
- Maser, C., Thomas, J. W., & Anderson, R. G. (1984). *Wildlife Habitats in Managed Forests: The Blue Mountains of Oregon and Washington* (Vol. Agriculture handbook No. 533). Washington, D.C.: U.S. Department of Agriculture, Forest Service.
- Méndez-Dewar, G. &. (2014). Spatial heterogeneity of light and tree sapling responses in a temperate forest. *iForest - Biogeosciences and Forestry*, 30-39.
- Nilsson, S. G. (2002). Densities of large living and dead trees in old-growth temperate and boreal forests. *Forest Ecology and Management*, 189-204. doi:[https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(01\)00480-7](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(01)00480-7)
- Puettmann, K. J. (2009). A critique of silviculture: Managing for complexity. *Ecological Restoration*, 909.
- Seidl, R. S.-J. (2014). Increasing forest disturbances in Europe and their impact on carbon storage. *Nature Climate Change*, 806-810. doi:<https://doi.org/10.1038/nclimate2318>
- Vandervaere J.P., V. M. (2000). Transient Flow from Tension Infiltrometers: I. The Two-Parameter Equation.

Appendice

Riepilogo delle principali variabili

Si raccomanda di mantenere distinte le baseline di riferimento in funzione sia dell'anno di rilevamento sia della particella forestale interessata, evitando di confrontare direttamente dati raccolti in momenti o contesti territoriali differenti. Per ciascuna area dovranno quindi essere chiaramente indicati l'anno del primo rilievo, la particella di appartenenza e l'eventuale natura stimata o derivata per analogia dei valori utilizzati.

Tabella A1. Classi di copertura.

Area / periodo	Copertura vegetale totale	Copertura arborea	Copertura arbustiva	Copertura erbacea	Suolo nudo	Roccia
BOS1 BOS2 SRA1 RIM2 (2024)	63%	7%	11%	45%	17%	19%
BOS1 BOS2 SRA1 RIM2 (2025)	71%	7%	10%	54%	17%	13%
RIM1 (33) 2025	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
RIM2 (39) 2025	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
LXC	81%	66%	1%	14%	19%	1%
PEC	78%	73%	0%	5%	12%	10%

Nota: n.d. = non disponibile nel report 2025.

Tabella A2. Strato erbaceo ed arbustivo: abbondanza di specie e indice di diversità (Shannon).

Area / periodo	Abbondanza di specie	Indice di Shannon
BOS1 BOS2 SRA1 RIM2 (2024)	112	1,46
BOS1 BOS2 SRA1 RIM2 (2025)	n.d.	n.d.
RIM1 (33) 2025	n.d.	n.d.
RIM2 (39) 2025	n.d.	n.d.
LXC	62	1,33
PEC	29	0,25

Nota: n.d. = non disponibile nel report 2025.

Tabella A3. Strato arboreo: densità e provvigione.

Area / periodo	Densità (piante/ha)	Provvigione reale unitaria (m ³ /ha)	Provvigione reale totale (m ³)
BOS1 BOS2 SRA1 RIM2 (2024)	n.d.	n.d.	n.d.
BOS1 BOS2 SRA1 RIM2 (2025)	87	22	272
RIM1 (part. 33) 2025	n.d.	7,3	9,6
RIM2 (part. 39) 2025	51	77	231
LXC (2025)	995	648	9.757
PEC (2025)	1.032	694	6.491

Nota: n.d. = non disponibile. Nel 2024 non sono stati misurati sistematicamente diametro e altezza degli alberi vivi; non è quindi disponibile una baseline dendrometrica direttamente confrontabile con il rilievo 2025. Per RIM2 (part. 39) sono assunti i valori rilevati nel 2025 in RIM2 della particella 38, come indicato nel report. I valori totali di RIM1 e RIM2 sono ottenuti moltiplicando la provvigione unitaria rispettivamente per 1,3125 ha e 3,0 ha.

Tabella A4. Rinnovazione forestale.

Area / periodo	Densità (piante/ha)	Piante totali
BOS1 BOS2 SRA1 RIM2 (2024)	2104	26347
BOS1 BOS2 SRA1 RIM2 (2025)	2122	26567
BOS1 BOS2 SRA1 RIM2 (2025 con rimboschimento)	2734	34236
RIM1 (33) 2025	1274	1672
RIM2 (39) 2025	2029	6087
LXC	2001	30148
PEC	304	2843

Nota: per RIM2 (39), i valori 2025 sono assunti uguali a quelli di RIM2 della particella 38, come indicato nel report.

Tabella A5. Baseline del carbonio nella frazione epigea viva e morta (2024–2025).

Anno	Area	Biomassa epigea viva (t C/ha)	Necromassa (t C/ha)	Totale epigeo (t C/ha)
2024	BOS1	2,30	68,90	71,20
2024	BOS2	7,85	49,10	56,95
2024	SRA1	24,37	70,30	94,67
2024	RIM2	1,45	16,90	18,35
2025	BOS1	2,30	26,29	28,59
2025	BOS2	7,85	9,26	17,11
2025	SRA1	24,37	44,27	68,64
2025	RIM2	1,45	12,58	14,03
2025	RIM1 (33)	2,07	19,71	21,78
2025	RIM2 (39)	1,45	12,58	14,03
2025	LXC	110,01	19,78	129,79
2025	PEC	130,81	1,67	132,48

Nota: i valori della necromassa riferiti al 2024 sono approssimati; la stima riguarda esclusivamente la componente legnosa epigea e non comprende biomassa ipogea, vegetazione erbacea e arbustiva, lettiera e suolo. Per RIM1 (33), i valori 2025 del carbonio sono stimati a partire dai volumi riportati nel report; per RIM2 (39), i valori 2025 sono assunti uguali a quelli di RIM2 della particella 38, come indicato nel report. Per LXC e PEC i valori 2025 sono medie ponderate di area calcolate a partire dagli stadi di sviluppo riportati nel report 2025.