



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

FACOLTÀ DI AGRARIA

Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali

Corso di Laurea in Tecnologie Forestali e Ambientali

Tesi di Laurea Triennale

**ANALISI DELLA NECROMASSA NELLA RISERVA
FORESTALE DI LUDRIN (TN). QUANTITA',
DISTRIBUZIONE E VARIAZIONE NEL TEMPO**

Relatore:

Dott. Daniele Castagneri

Correlatore:

Dott.ssa Roberta Berretti

Laureanda: Greta Stagnoli

Matricola: 1224123

Anno accademico 2021/2022

INDICE

Riassunto	4
Abstract	5
1.INTRODUZIONE	6
1.1. <u>Funzioni della necromassa</u>	6
1.2. <u>Necromassa e biodiversità</u>	8
1.3. <u>Lo studio della necromassa in ambito forestale</u>	11
1.4. <u>Il processo di decomposizione</u>	12
1.5. <u>Valori della necromassa a livello nazionale e internazionale</u>	14
2.OBIETTIVO	15
3.MATERIALI E METODI	16
3.1. <u>Descrizione del sito</u>	16
3.2. <u>Gestione dei rilievi</u>	20
3.3. <u>Rilievo della necromassa</u>	21
3.4. <u>Stima del volume ad ettaro della necromassa</u>	26
4.RISULTATI	29
4.1. <u>Necromassa totale</u>	29
4.2. <u>Composizione del volume</u>	30
4.3. <u>Frequenza delle aree e volume nelle classi volumetriche</u>	31
4.4. <u>Distribuzione del volume nelle classi di decomposizione</u>	33
5.DISCUSSIONI	35
5.1. <u>Discussione generale sui dati</u>	35
5.2. <u>Comparazione monitoraggio 2006</u>	36
5.3. <u>Comparazione con studi precedenti</u>	40
6.CONCLUSIONE	42
7.BIBLIOGRAFIA	44
8.SITOGRAFIA	45
Ringraziamenti	46

Riassunto

Il ruolo della necromassa per la conservazione della biodiversità è stato negli ultimi anni ampiamente riconosciuto. Infatti la massa legnosa morta è una componente importante nel funzionamento degli ecosistemi forestali, poiché svolge un ruolo rilevante nelle catene trofiche, nella rigenerazione naturale delle foreste, nei cicli dei nutrienti e nello stoccaggio del carbonio.

In questo elaborato si riportano i risultati ricavati dai rilievi effettuati sulla necromassa nel 2022 nella Riserva di Ludrin, nel Comune di san Lorenzo-Dorsino (TN). Inoltre si andranno ad analizzare, quantitativamente e qualitativamente, i dati della necromassa per determinare la sua distribuzione e la variazione temporale, mettere in luce le possibili differenze tra lo stato attuale della riserva (anno 2022) e quello presente durante i monitoraggi del 2006. Si valuterà anche la diversa quantità e qualità di necromassa nei siti colpiti dalla tempesta VAIA, rispetto a quelli non colpiti dalla tempesta. I risultati verranno infine confrontati con i dati di necromassa in bibliografia relativi a foreste temperate europee.

Il rilievo della necromassa è stato effettuato per 22 aree su una superficie di 26.5 ha posta ad una quota media di 1280 m s.l.m. Il soprassuolo forestale si presenta come una fustaia mista di abete bianco e abete rosso con presenza di faggio e larice.

I rilievi sono stati effettuati con il metodo LIS (line intersect sampling) per il calcolo della necromassa relativa ai tronchi a terra (log) mentre dei transect rettangolari sono stati utilizzati per stimare la componente della necromassa costituita da piante morte in piedi (snag) e delle ceppaie (stump).

Si è rilevato un volume medio all'ettaro di necromassa pari a $203 \text{ m}^3/\text{ha}$, con una composizione prevalentemente formata da log, successivamente snag e infine stump, con un'influenza maggiore all'interno della prima classe di decomposizione. In generale si è osservato un aumento notevole della necromassa rispetto ai monitoraggi precedenti, causato prevalentemente dalla tempesta VAIA.

Abstract

The role of deadwood on biodiversity conservation has been widely recognized in recent years. In fact, the deadwood mass is an important component in the functioning of forest ecosystems, since it plays an important role in the trophic chains, in the regeneration in the natural forest, in the nutrient cycles and in the overall storage of carbon.

In this script, the data of the deadwood will be analyzed quantitatively and qualitatively to determine its distribution and temporal variation, highlighting the possible differences between the current state of the reserve (year 2022) and that present during the 2006 monitoring. We will also evaluate the different quantity and quality of necromass in the sites affected by the VAIA storm, compared to those not affected by the storm. Finally, the results will be compared with the necromass data in the bibliography relating to European temperate forests.

The measurement of deadwood was carried out in the area of the Ludrin reserve, in the Municipality of San Lorenzo-Dorsino (TN), with an area of 26.5 ha located at an average altitude of 1280 m s.l.m.. The forest stand looks like a mixed high forest of white fir and spruce with the presence of beech and larch.

The monitoring was carried out with the LIS method (line intersect sampling) for the calculation of deadwood produced by the trunks on the ground (log) while the rectangular transects were used to estimate the component of the deadwood of standing dead plants (snag) and of the stumps.

A volume of deadwood equal to $203 \text{ m}^3/\text{ha}$, with a composition mainly consisting of logs, subsequently snag and finally stump, with a greater influence within the first class of decomposition. In general, a notable increase in necromass was observed compared to previous monitoring, mainly caused by the VAIA storm.

1.INTRODUZIONE

1.1 Funzioni della necomassa

Il ruolo della necromassa per la conservazione della biodiversità è stato negli ultimi anni ampiamente riconosciuto. Infatti, il legno morto è una componente importante nel funzionamento dell'ecosistema forestale, poiché svolge un ruolo rilevante nell'ambito della biodiversità, nelle catene trofiche, nella rigenerazione naturale delle foreste, nei cicli dei nutrienti e nello stoccaggio complessivo del carbonio (Castagneri et al. 2010). Quest'ultimo ha portato sempre più interesse soprattutto nell'ambito dei cambiamenti climatici. La capacità degli ecosistemi forestali di trattenere carbonio è collegata alla quantità di biomassa legnosa sia viva sia morta, oltre che alla sostanza organica del suolo e della lettiera. Questo determina importanti relazioni causali che conferiscono importanza all'accumulo di necromassa negli ecosistemi forestali sia per l'ecologia di essa sia per la gestione degli ecosistemi.

La necromassa è importante anche per il processo di rinnovazione. Ad esempio ceppaie (stump), rami e tronchi caduti a terra (log) e tronchi morti in piedi (snag) sono degli importanti siti di insediamento per la rinnovazione, soprattutto in alcune specie. Queste diverse tipologie di necromassa favoriscono i semenzali, in quanto sono più alte dello strato erbaceo. Le plantule dunque possono sfuggire alla competizione e hanno una superficie meno ampia su cui si può depositare la neve. Inoltre per la loro composizione fisica e chimica gli elementi della necromassa forniscono, almeno nelle fasi successive di decomposizione, un letto di semina favorevole (Motta et al. 2006) (Figura 1). Una specie particolarmente legata a questo tipo di rinnovazione è l'abete rosso (*Picea abies* (L.) H.Karst). Non sempre però gli attecchimenti di questi semi porteranno ad una vita duratura; a volte, infatti, la rinnovazione può avvenire sulle ceppaie (Figura 2), di conseguenza le radici dell'abete sono sostenute solamente dalla ceppaia su cui ha attecchito. Man mano che essa si degraderà la pianta non sarà più sorretta e sarà quindi destinata a cadere e soccombere.



Figura 1: rinnovazione di abete rosso su LOG

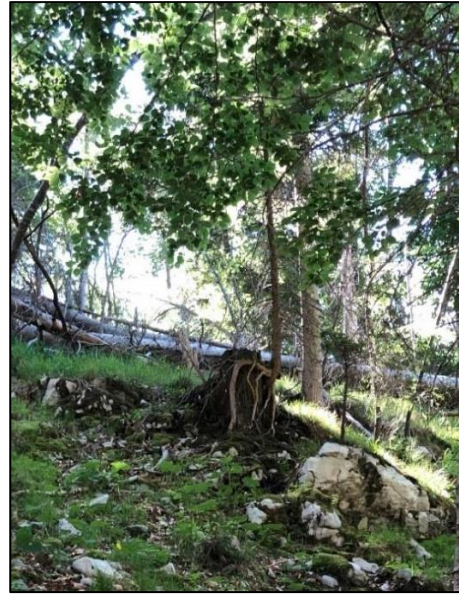


Figura 2: rinnovazione di abete rosso su STUMP

Esistono diversi fattori che possono influenzare quantitativamente e qualitativamente la necromassa. In primis le caratteristiche della topografia che a loro volta influenzano il clima, il suolo, le specie forestali e la loro dinamica, la gestione e i processi di decomposizione e, di conseguenza, l'accumulo di legno morto. Riguardo alla composizione specifica del popolamento forestale uno studio condotto nel 2007 da Brassard e Chen ha dimostrato che le specie *Picea abies* (L.) e *Abies alba* (Mill.) producono una maggiore quantità di necromassa rispetto a *Fagus sylvatica* (L.) in condizioni ambientali simili. Inoltre, per avere un aumento di essa in condizioni naturali, sono importanti perturbazioni ricorrenti, su piccola scala, che garantiscono un ripristino continuo di necromassa o eventi catastrofici sostitutivi del popolamento (Motta et al. 2006). Accumuli di necromassa molto elevati quindi possono essere prodotti nelle foreste da disturbi naturali, come tempeste, e questi dipendono essenzialmente da quattro fattori: condizioni meteorologiche, condizioni del sito, topografia e caratteristiche degli alberi e dei popolamenti. Gli schianti da vento, come molti disturbi naturali, provocano danni economici e sono dei fattori di rischio per la popolazione ma, dal punto di vista ecologico, rappresentano un nuovo importante inizio ed un'opportunità per l'ecosistema (Motta et al. 2018).

1.2 Necromassa e biodiversità

La necromassa è un importante indicatore di biodiversità. Il legno morto infatti viene sfruttato da molti microorganismi saprofiti e organismi decompositori. Gli elementi di necromassa vengono utilizzati anche dalla fauna di dimensioni maggiori presente in foresta; infatti, queste strutture sono tali solo se le particolarità morfologiche possono essere attribuite a dei legami diretti e accertati con specie associate (Larrieu et al. 2018). Questi ambienti vengono creati grazie all'azione biotica e abiotica sulla massa legnosa morta (Figure 3 e 4). Queste modifiche della struttura possono essere date dalla caduta di un masso che può lesionare la corteccia, un fulmine che può colpire un albero e creare una crepa nel legno o un picchio che può scavare una cavità per la nidificazione (Figura 5). Possono quindi dare origine a rifugi, luoghi di nidificazione, letargo, aree fondamentali per migliaia di specie. Ogni singolo dendro-microhabitat presenta condizioni molto specifiche in funzione alla sua dimensione, forma, posizione sul tronco, grado di decomposizione del legno ed esposizione alla luce solare. In base a queste caratteristiche ogni specie può preferire tipologie diverse di dendrotelmi. L'abbondanza quindi di microhabitat di una stessa tipologia rappresenta una garanzia di continuità di utilizzo per la specie a esso associata; quindi, è importante capire quali sono i microhabitat più importanti per l'ecosistema forestale e cercare di preservarli, per incrementare la resilienza attraverso una maggiore quantità di specie all'interno di esso. Elevate quantità di legno morto e di alberi senescenti portatori di microhabitat sono elementi caratteristici delle foreste naturali, in particolare di quelle vetuste. Questi elementi sono invece generalmente rari o assenti nelle foreste gestite (Bütler et al. 2022).



Figura 3: denro-microhabitat su STUMP



Figura 4: nido di volatile all'interno di SNAG



Figura 5: SNAG con cavità provocate da Picidi

Non sempre però la necromassa viene utilizzata come rifugio, ma anche come risorsa trofica, soprattutto per quanto riguarda certi tipi di insetti; un esempio specifico possono essere gli scolitidi xilofagi. Il più famoso, che in seguito a Vaia si sta espandendo nel nostro territorio, è il coleottero *Ips thypographus* (Figura 8), anche conosciuto come bostrico tipografo. La stima dei danni da esso causati in centro Europa per il 2019 è, infatti, di oltre 80 milioni di metri cubi. Uno dei principali fattori che favoriscono il rapido aumento delle sue popolazioni è proprio la presenza in bosco di massa legnosa schiantata (Figura 6) (Salvadori e Tolotti, 2020).



Figura 6: zona della riserva con schianti da VAIA

Infatti la presenza in bosco di materiale schiantato, ancora integro e umido, favorisce la proliferazione di questo insetto, portandolo dallo stato endemico a quello epidemico, condizione in cui esso diventa aggressivo e attacca anche piante in piedi ancora vitali, ma comunque danneggiate o in stress idrico, generalmente deperenti. Quest'ultimo fenomeno porta alla morte di esemplari indebolendo la loro struttura meccanica, rendendo meno sicura la stabilità generale del bosco; inoltre può portare ad una degradazione del paesaggio, rendendolo meno godibile dal punto di vista turistico. Purtroppo, lo spostamento progressivo su nuovi nuclei di piante produce danni estesi, soprattutto nelle foreste del Nord Italia, in modo rilevante in Trentino-Alto Adige, Veneto e Friuli-Venezia Giulia, zone fortemente colpite dalla tempesta VAIA (Motta et al. 2022). Questo insetto attacca prevalentemente l'abete rosso (Figura 7), in cui si sviluppa sotto corteccia, scavando gallerie complesse e intricate (Figura 9), che interrompono il flusso della linfa nei vasi floematici, portando alla morte della pianta in breve tempo.

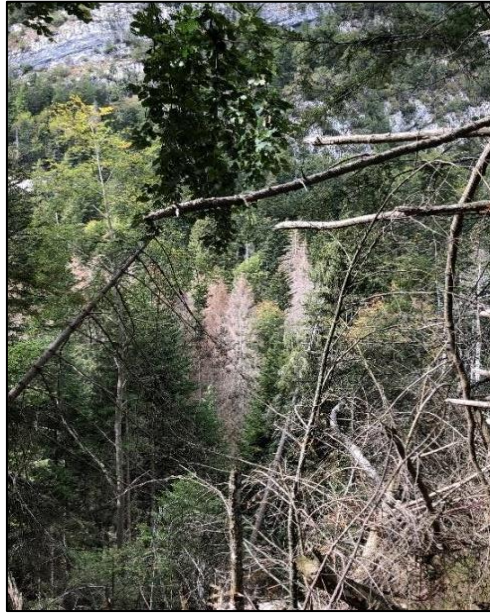


Figura 7: zona della riserva colpita da Ips thypographus



Figura 8: Ips thypographus

(immagine di forestefauna.provincia.tn.it)



Figura 9: gallerie di Ips thypographus

(immagine di forestefauna.provincia.tn.it)

1.3 Lo studio della necromassa in ambito forestale

Le connessioni tra la storia del disturbo e la struttura forestale sono fondamentali per comprendere i processi ecologici nell'ecosistema. La quantità e la qualità del legno morto possono fornire informazioni sui processi di mortalità e sul regime di disturbo. Inoltre, possono suggerire il grado di naturalità del bosco, e indicare la vicinanza allo stadio vetusto (Castagneri et al. 2010). Questo particolare stadio identifica il concetto di equilibrio o di omeostasi, cioè di uno stadio di sviluppo nel quale l'ecosistema raggiunge la massima maturità e acquisisce la capacità di autoregolarsi, identificandosi come lo stadio finale della dinamica forestale (Motta, 2008).

L'interesse per la necromassa è aumentato negli ultimi anni e la politica di gestione forestale considera il legno morto come indicatore di una gestione forestale sostenibile (Castagneri et al. 2010). L'impatto antropico sulle foreste è notevolmente diminuito rispetto agli anni comprendenti le due Guerre Mondiali, quando venivano tagliati gli alberi prima che raggiungessero grandi diametri e i residui legnosi dei tagli venivano utilizzati come combustibile.

Inoltre, alcuni interventi selvicolturali alterano la composizione delle specie arboree e la struttura forestale, riducendo l'intensità della competizione e la mortalità e rimuovendo gli alberi indeboliti che hanno il più alto potenziale di morte (Motta et al. 2006). Pertanto, le quantità di legno morto sono normalmente inferiori nelle foreste gestite rispetto a quelle non gestite.

Dai primi anni '50 però gran parte delle foreste italiane è stata sottratta alla gestione regolare. La gestione passata era concentrata su ciò che veniva estratto dalla foresta, mentre la gestione attuale enfatizza ciò che viene lasciato in questo contesto, in quanto la necromassa fornisce indicatori importanti per una corretta gestione di essa (Castagneri et al. 2010).

Negli ultimi decenni, l'organizzazione socioeconomica nelle valli e l'atteggiamento pubblico nei confronti della foresta e della selvicoltura sono cambiati radicalmente ed essa è andata verso un approccio più vicino alla natura, alla gestione forestale con l'obiettivo di sviluppare popolamenti paragonabili a quelli naturali. Attraverso queste pratiche selvicolturali possono essere modificate struttura, composizione e processi di rigenerazione con l'intento di creare o mantenere uno stock adeguato di necromassa e di promuovere una struttura simile a quella che si trova nelle foreste non gestite (Motta et al. 2006).

1.4 Il processo di decomposizione

Affinché svolga un significativo ruolo ecologico la necromassa deve però avere dimensioni sufficienti a permettere dei tempi di permanenza in foresta adeguati e lo sviluppo di diversi stadi di decomposizione.

Nel processo di decomposizione si possono differenziare tre fasi che corrispondono alla presenza di diverse specie saproxiliche:

1. una prima fase di colonizzazione, dove avviene l'invasione del legno ancora fresco da parte di saproxilici primari;
2. una fase di decomposizione, dove ai saproxilici primari si aggiungono i saproxilici secondari;
3. una fase di umificazione, nella quali le specie saproxiliche sono gradualmente sostituite da specie che vivono nel suolo (Motta, 2020).

Quindi il processo di decomposizione del legno morto avviene soprattutto tramite l'azione di funghi lignivori, batteri e insetti: la corteccia di un albero morto pian piano cade e il legno duro si ammorbidisce gradualmente fino a diventare humus. La velocità con cui avviene questo processo dipende dalla specie di albero, dall'umidità dell'aria, dall'esposizione al vento e al sole, dalla temperatura e dal contatto, rispettivamente, con la vegetazione al suolo e con il terreno umido del bosco. La degradazione del legno avviene grazie ad agenti biologici o fisici che ne modificano alcuni dei componenti organici. Questi componenti sono polisaccaridi, come cellulosa ed emicellulosa e composti fenolici, come la lignina che, essendo un composto a basso peso molecolare, prodotto durante l'invecchiamento, è facilmente utilizzata dai funghi, che tollerano grandi concentrazioni di sostanze fenoliche e hanno quindi una capacità elevata nella decomposizione della lignina (Eriksson, 1990). Oltre a questi organismi anche i fattori ambientali, cioè ossigeno, acqua e sole portano ad una frammentazione delle molecole di lignina e depolimerizzazione dei polisaccaridi. Successivamente avvengono cambiamenti microstrutturali che portano alla perdita di coesione tra gli strati della parete cellulare; seguono cambiamenti fisici come la rugosità superficiale e la rimozione preferenziale dei tessuti a bassa densità; seguita dall'erosione che viene attuata solitamente dalla pioggia. Queste reazioni chimiche e modificazioni meccaniche che si verificano nel materiale provocano effetti sul legno come cambiamento di colore e scolorimento, riscaldamento, erosione superficiale, perdita delle proprietà meccaniche del legno e perdita di peso, portandolo progressivamente a diventare parte integrante della lettiera (Figure 10 e 11) (Eriksson, 1990).



Figura 10: LOG in classe 4 di decomposizione



Figura 11: STUMP di Larix decidua

1.5 Valori di necromassa a livello nazionale e internazionale

La quantità di necromassa nei boschi cambia in base a diverse variabili che si possono manifestare all'interno del territorio, come ad esempio il regime di disturbi, la produttività del suolo, il clima e anche l'intervento antropico. Per quanto riguarda le foreste temperate old-growth o vetuste senza disturbi ad alta severità possiamo trovare valori di circa 100-400 m³ ha⁻¹. Questo valore aumenterà alla variazione dei disturbi che si possono presentare all'interno di una determinata zona o potrà diminuire se ad esempio vengono effettuati degli interventi al fine di rimuovere il legno morto.

Nelle foreste italiane si trovano 133.1 milioni di metri cubi totali di legno morto, con un valore medio per ettaro pari a 14.7 metri cubi. Questo quantitativo è maggiore nelle foreste ad alto fusto rispetto alle foreste governate a ceduo ed è maggiore nei boschi di conifere rispetto ai boschi di latifoglie. Gli alberi morti in piedi, ancora integri o troncati, rappresentano il 50.6% in volume del legno morto totale; con 67.3 milioni di metri cubi, il volume degli alberi morti è il 4.5% rispetto a quello degli alberi vivi. Il volume del legno morto grosso a terra è pari a 51.8 milioni di metri cubi, il 38.9% del totale, mentre le ceppaie residue rappresentano la frazione minoritaria, con 14.0 milioni di metri cubi, corrispondente al 10.5% (IFNC 2015).

In Europa il volume medio di necromassa all'ettaro è di 11,5 e può variare notevolmente rispetto alla zona. Infatti negli stati a sud-ovest troviamo un valore di 5,8 m³ ha⁻¹, negli stati del centro-ovest invece troviamo un valore maggiore di circa 18,4 m³ ha⁻¹.

In Europa in questi ultimi anni sono aumentate le ricerche finalizzate alla definizione di valori soglia della necromassa da rilasciare, essi sono variabili a seconda della categoria forestale e della specie o del gruppo di specie target da proteggere. Questi valori soglia sono stati indicati generalmente in 20-30 m³ ha⁻¹ per le foreste boreali, 30-40 m³ ha⁻¹ per foreste miste del piano montano e 30-50 m³ ha⁻¹ per le foreste planiziali (Motta, 2020), essi sono raccomandati per garantire una biodiversità desiderabile all'interno del territorio. La recente Legge n. 141 del 12 dicembre 2019 (conversione in legge del Decreto clima) prevede che "le regioni e le Province autonome di Trento e di Bolzano, in accordo con i principi di salvaguardia della biodiversità, con particolare riferimento alla conservazione delle specie dipendenti dalle necromasse legnose, favoriscono il rilascio in bosco di alberi da destinare all'invecchiamento a tempo indefinito" (Motta, 2020).

2. OBIETTIVO

In questo elaborato si andranno ad analizzare, in termini quantitativi e qualitativi, i dati della necromassa al fine di determinare la sua distribuzione e la variazione temporale, evidenziando le possibili differenze tra lo stato attuale della riserva (anno 2022) e quello presente durante i monitoraggi del 2006. Si valuterà anche la diversa quantità e qualità di necromassa nei siti interessati dalla tempesta VAIA, avvenuta nel 2018, rispetto a quelli non colpiti dalla tempesta. I risultati verranno infine confrontati con i dati di necromassa in bibliografia relativi a foreste temperate europee.

3. MATERIALI E METODI

3.1 Descrizione del sito

Il sito oggetto di questo studio è la Riserva forestale di Ludrin (Figura 12). Essa si colloca nelle Alpi italiane orientali, più precisamente nel Centro-Ovest del Trentino-Alto Adige nei pressi del Parco Naturale Adamello-Brenta. In dettaglio la Riserva si trova ad un'altitudine di 1280 m s.l.m. ed è compresa tra il Lago di Molveno a est e le imponenti Dolomiti di Brenta a ovest, ed è situata nel Comune di San Lorenzo-Dorsino (TN) (Figure 16 e 17).

Il regime pluviometrico di questa zona è caratterizzato da estate e autunno che ricevono una quantità di precipitazioni molto simili, mentre il massimo mensile può cadere in un mese estivo, spesso giugno, o autunnale, prevalentemente ottobre (Fazzini, 2005).

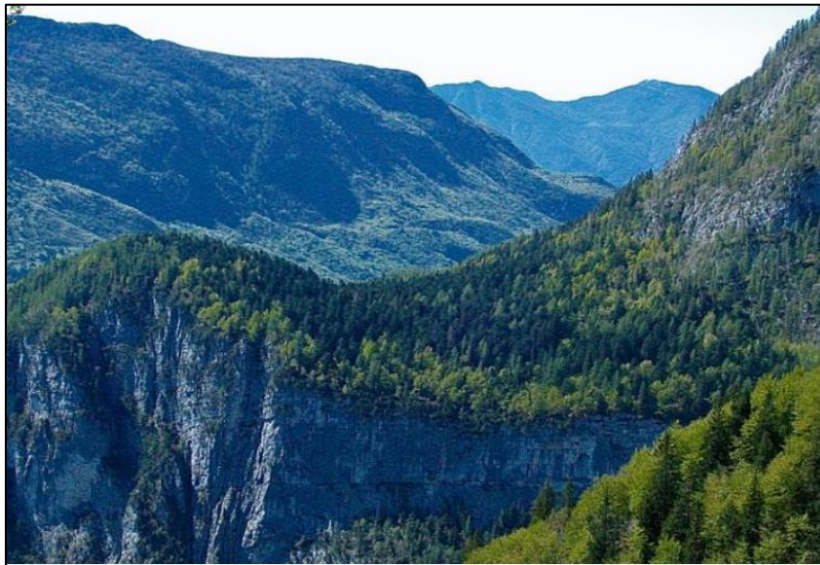


Figura 12: foto aerea della riserva forestale di Ludrin (Motta, 2020)



Figura 13: vista del Lago di Molveno dalla riserva



Figura 14: esemplare di Laburnum anagyroides

L'area è posizionata sul confine tra la particella 37 e la particella 38 del piano di assestamento del Comune di San Lorenzo in Banale e ha un'area complessiva di 26,5 ha. Il soprassuolo forestale si presenta come una fustaia mista di abete bianco (*Abies alba* Mill.) e abete rosso con presenza di faggio (*Fagus sylvatica* L.), larice (*Larix decidua* Mill.) e sorbo montano (*Sorbus aria* (L.) Crantz), in qualche zona più rada e con più radiazioni solari, su alture principalmente, sono presenti piccoli insediamenti di maggiociondolo (*Laburnum anagyroides* Medik), sorbo dell'uccellatore (*Sorbus aucuparia* L.). In quanto "riserva forestale" essa non subisce interventi antropici diretti dall'anno 1962 (Castagneri et al. 2010). Grazie a questa caratteristica non è definibile come vera e propria foresta vetusta ma presenta delle caratteristiche di vetustà (Motta et al. 2022). Come molte altre zone del Trentino-Alto Adige, anche la Riserva forestale di Ludrin è stata interessata dall'evento meteorologico estremo denominato VAIA nel 2018, quindi la zona è caratterizzata da diverse aree di schianto.



Figura 15: zona della riserva senza schianti

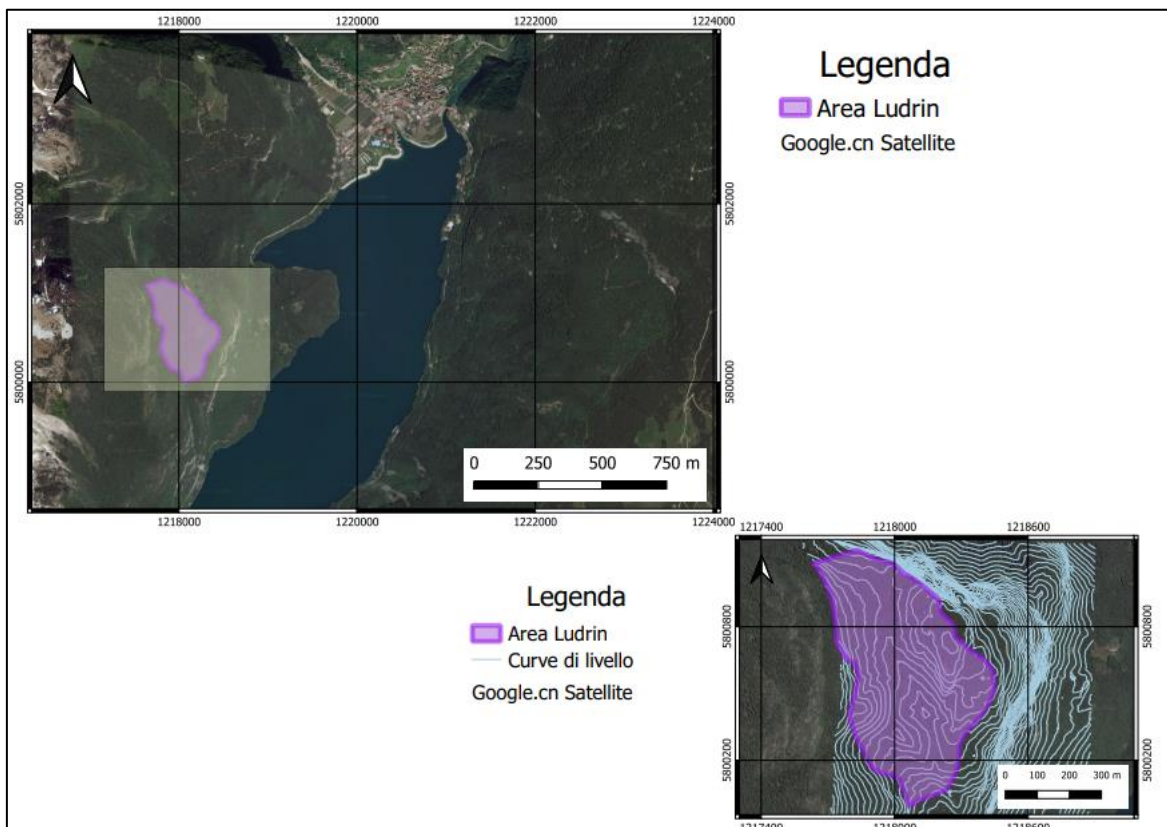


Figura 16: inquadramento area della riserva

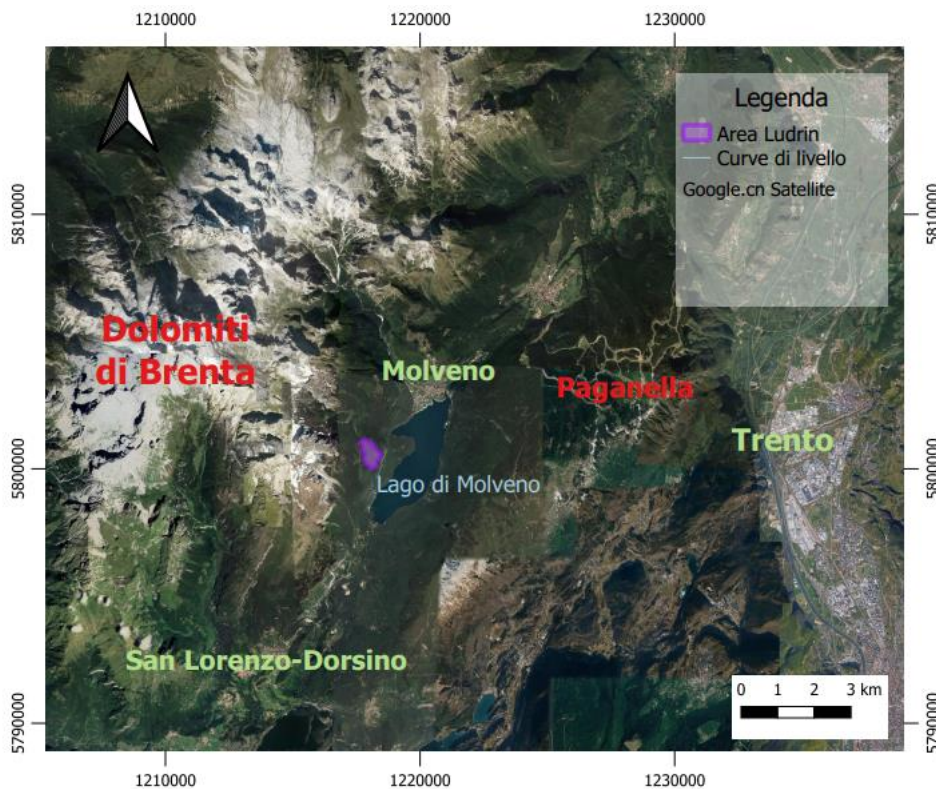


Figura 17: Inquadramento area della riserva

Nel monitoraggio precedente la superficie è stata ripartita in 23 aree quadrate (Figura 19), di dimensioni 100x100 m. I punti di campionamento sono stati identificati con il centro dell'area quadrata e segnalati sul terreno attraverso picchetti di legno a testa colorata di rosso e con numerazione progressiva fissando delle placchette numeriche tramite chiodi sulle piante circostanti (Figura 18), calcolando la distanza di ognuna, con azimuth e metri, dal centro. I singoli picchetti sono stati utilizzati sia come origine delle aree di saggio circolari per il rilievo della struttura, sia come origine dei transect per stimare la necromassa.



Figura 18: targhetta identificativa dell'area

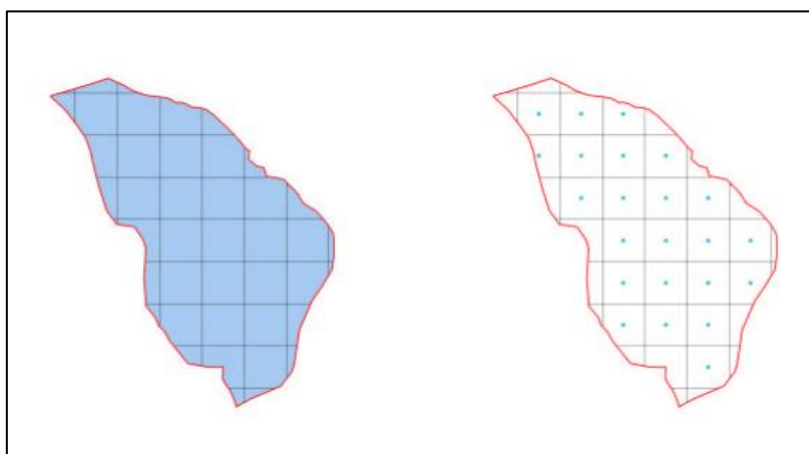


Figura 19: suddivisione in aree della riserva (Monitoraggio 2006)

3.2 Gestione dei rilievi

Nell'anno 2006 è stata effettuata una campagna di rilievi forestali. Alla luce dei risultati ottenuti nel "Monitoraggio degli ecosistemi forestali di Ludrin e Val dei Ronchi. Relazione finale della Ricerca anno 2006", (Motta et al. 2006), è stato deciso di ripetere l'attività di rilievo sul campo per osservare gli sviluppi del soprassuolo forestale 16 anni dopo, nell'anno 2022. Tale studio è stato svolto dal Dipartimento di Agronomia, Selvicoltura e Gestione del Territorio dell'Università di Torino sotto supervisione del professor Renzo Motta. I rilievi sul campo si sono svolti nella prima settimana di giugno

e nella terza settimana di settembre 2022 sotto coordinamento della dott.ssa Roberta Berretti con un gruppo di ricercatori del DiSAFA.

3.3 Rilievo della necromassa

I rilievi sulla necromassa sono stati effettuati su 22 aree. Per ogni area sono stati svolti i rilievi anche sulla componente viva, attraverso il programma "Field Map" si sono registrate le distanze, i diametri e ampiezza della chioma di ogni individuo incluso nell'area di saggio circolare di raggio 15 metri. Inoltre sono state misurate le altezze totali e di inserzione chioma di più piante di diversa classe diametrica all'interno della stessa area. Infine, è stata descritta la rinnovazione, comprendendo gli esemplari minori della soglia di cavallettamento, cioè di 7,5 cm di diametro.

La necromassa presente è stata suddivisa in tre componenti: legno morto a terra (log), piante morte in piedi (snag) e ceppaie (stump). Inoltre esse vengono classificate attraverso una scala predefinita in base alla loro decomposizione.

La metodologia di campionamento della necromassa ha seguito il metodo line intersect sampling (LIS) ed il metodo delle aree di saggio rettangolari. Il metodo LIS viene utilizzato per il calcolo della necromassa prodotta dai tronchi a terra (log) mentre le aree rettangolari, costruite sul transect, consentono di misurare la componente della necromassa costituita da piante morte in piedi (snag) e dalle ceppaie (stump).

Vengono creati due transect, uno verso Nord e uno verso Est, posti quindi reciprocamente a 90°. Quello lineare ha uno sviluppo di 50 m sul piano reale e su di questo viene costruito quello rettangolare di dimensioni 8 m x 50 m. Rispetto al primo transect che viene effettuato, in quello successivo non viene rilevata la necromassa nei primi 4 metri prossimi al centro dell'area, questo perché i due transect si sovrappongono e si andrebbero a ricontare gli stessi elementi. In alcune aree, a causa della morfologia del confine particella, non è stato possibile effettuare i transect al completo della loro lunghezza; in questo caso sulla tabella dove vengono scritti i valori viene riportata la lunghezza del transect.

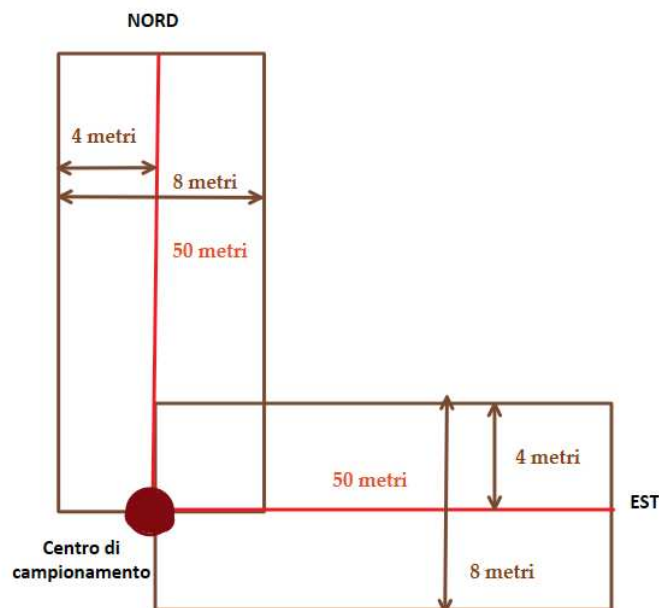


Figura 20: rappresentazione del metodo LIS

Al fine di identificare i punti di rilievo è stata utilizzata una bussola, per individuare il Nord e l'Est rispettivamente dei due transect; cordella metrica, per misurare i 50 metri; cavalletto dendrometrico per la misurazione della necromassa; vertex per verificare che snag e stump rientrassero lateralmente di 4 metri nel transect rettangolare; e infine della cartelletta con la tabella utilizzata per registrare i valori.

Per ogni componente della necromassa vengono effettuate le misurazioni in modo diverso.

- **Legno morto a terra (log)**

Per i tronchi a terra si è rilevato il diametro, nel punto di intersezione del tronco con il transect. La soglia del rilevamento è di 5 cm di diametro nel punto di cavallettamento. Inoltre si effettua la definizione dello stadio di decomposizione in funzione dell'aspetto visivo di elementi quali corteccia, rami, consistenza legno, sezione del tronco, porzione del tronco a terra.



Figura 21: cordella metrica per identificare il transect



Figura 22: zona schiantata, presenza di molti L

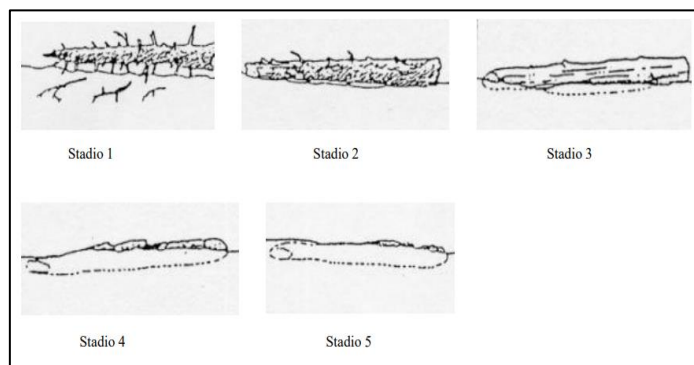


Figura 23: rappresentazione delle classi di decomposizione dei LOG

Caratteristiche log	Classe di decomposizione log				
	1	2	3	4	5
Corteccia	Intatta	Intatta	Tracce	Assente	Assente
Rametti (< 3cm)	Presenti	Assenti	Assenti	Assenti	Assenti
Tessitura legno	Intatta	Da intatta a parzialmente molle	Frammenti duri, grossi	Frammenti piccoli, molli e a blocchetti	Molle e polverosa
Forma del tronco	Circolare	Circolare	Circolare	Da circolare ad ovale	ovale
Colore del legno	Colore originale	Colore originale	Da colore originale a colore sbiadito	Da marrone chiaro a marrone sbiadito o giallastro	Da sbiadito a giallo chiaro o grigio
Porzione del tronco a terra	Tronco sollevato rispetto al punto di appoggio	Tronco sollevato rispetto al punto di appoggio ma imbarcato lievemente	Tronco imbarcato in prossimità del suolo	Tronco completamente appoggiato al suolo	Tronco completamente appoggiato al suolo

Tabella 1: classi di decomposizione dei LOG

- **Ceppaie (stump)**

Per le ceppaie si sono rilevati due diametri, quello superiore e quello di base sopra i contrafforti, insieme all'altezza compresa tra tali diametri. La soglia di rilievo è di 5 cm per il diametro superiore e di una altezza inferiore a 130 cm, oltre tale valore l'elemento viene considerato pianta morta in piedi (snag). Lo stato di decomposizione è stato definito sulla base delle cinque classi adottate.



Figura 24: cordella metrica per identificare il transect



Figura 25: STUMP e LOG

Caratteristiche stump	Classe di decomposizione stump				
	1	2	3	4	5
Corteccia	Intatta	Intatta o parzialmente staccata	In tracce	Assente	Assente
Tessitura corteccia	Intatta	Inizio decadimento, presenza di marciumi internamente	Intatta solo a blocchi, inizio distacco di parti	Assente	Assente, processo di decomposizione avanzato

Tabella 2: classi di decomposizione degli STUMP

- **Piante morte in piedi (snag)**

Per le piante morte in piedi, con soglia di rilievo di 7,5 cm, si è rilevato il diametro a 130 cm da terra e si misura la sua altezza totale se ancora integra, o del punto di troncatura. Anche in questo caso la classificazione dello stadio di decomposizione corrisponde a quello illustrato per le 5 classi di decomposizione.



Figura 26: cordella metrica per identificare il transect

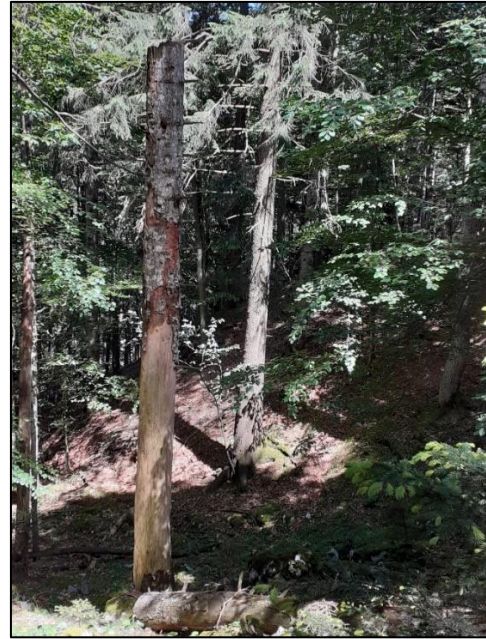


Figura 27: SNAG in classe 3 di decomposizione

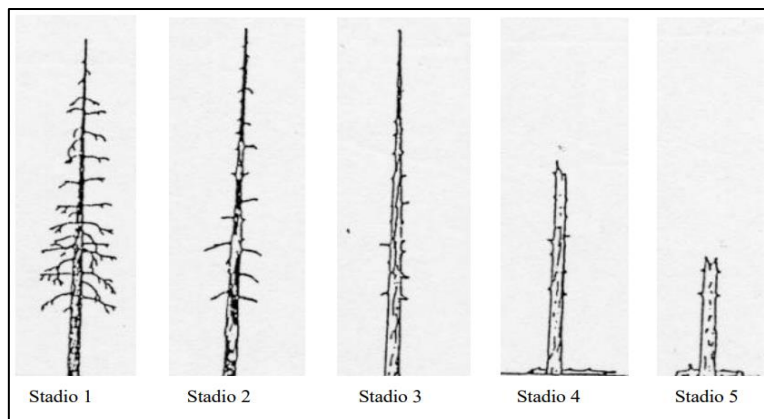


Figura 28: rappresentazione delle classi di decomposizione degli SNAG

Caratteristiche snag	Classe di decomposizione snag				
	1	2	3	4	5
Corteccia	Intatta	Presente in parte	Assente	Assente	Assente
Rami secondari	Presenti	Assenti	Assenti	Assenti	Assenti
Branche principali	Presenti	Presenti	Presenti come ridotti monconi in prossimità del tronco	Presenti come ridotti monconi in prossimità del tronco	Assenti
Tessitura legno	Compatta	Compatta	Compatta	Molle	Molle, più del 70%
Colore del legno	Colore originale	Colore originale	Da colore originale a colore sbiadito	Da marrone chiaro a marrone sbiadito o giallastro	Da marrone chiaro a marrone sbiadito o giallastro

Tabella 3: classi di decomposizione degli SNAG

3.4 Stima del volume ad ettaro della necromassa

La stima del volume della necromassa è stata effettuata utilizzando diversi metodi per le varie componenti.

Per i **log**, attraverso il metodo LINE INTERSECT SAMPLING, si stima il volume del legno morto a terra correlando questo alla frequenza delle intersezioni rilevate lungo il transect per ogni classe diametrica assieme alla lunghezza di questo. Attraverso l'equazione di Van Wagner si ricava il volume ottenuto che viene riferito all'ettaro e la formula ipotizza che i tronchi a terra siano cilindrici, orizzontali rispetto al suolo e casualmente orientati sul terreno. Si utilizza quindi la seguente formula:

$$V_{log} = n \cdot d^2 \cdot \pi^2 \cdot 10^4 / 8t \quad (1)$$

Dove:

- V_{log} = volume totale all'ettaro del legno morto a terra di diametro d ;
- n = numero delle intersezioni del legno morto a terra di diametro d ;
- t = lunghezza totale del transect lineare.

Per gli **stump** la forma è stata approssimata a quella di un tronco di cono, questa approssimazione della forma della ceppaia porta ad una sottostima del probabile volume reale della necromassa poiché si esclude il volume prodotto dai contrafforti e dall'apparato radicale. Il volume è stato calcolato secondo l'equazione:

$$V_{stump} = \pi \cdot h / 3 \cdot [R^2 + r^2 + (R \cdot r)] \quad (2)$$

Dove:

- V_{stump} = volume ad ettaro;
- h = altezza della ceppaia;
- R = raggio maggiore della ceppaia;
- r = raggio minore della ceppaia.

Per gli **snag** interi la stima del volume di questa componente è stata effettuata con la stessa metodologia adottata per la componente arborea. Per il calcolo del volume

vengono utilizzate le nuove tariffe del Trentino, utilizzando la tariffa III. Per prima cosa si effettua il calcolo dell'altezza con la formula fornita dal modello ipsometrico, successivamente si calcola il volume attraverso la formula del modello volumetrico. Dopodiché si trasforma il valore del volume all'ettaro.

Modello Ipsometrico abete rosso:

$$H=1.3+b_1*D+b_2*D^2+b_3*D^3+b_4*D^4+b_5*D^5 \quad (3)$$

Dove:

- **H** = altezza totale, da curva ipsometrica;
- **D** = diametro a petto d'uomo (1.30 metri), da rilievo.
- $b_1 = 1,158748$
- $b_2 = -0,0025477$
- $b_3 = -0,000360$
- $b_4 = 0,000005$
- $b_5 = 0,000000$

Modello volumetrico abete rosso:

$$a * (D-3,69465)^b * H^c \quad (4)$$

Dove:

- **H** = altezza totale, da curva ipsometrica;
- **D** = diametro a petto d'uomo (1.30 metri), da rilievo;
- **a** = 0,000177
- **b** = 1,564254
- **c** = 1,051565

Per quanto riguarda gli **snag** troncati il procedimento per ricavare il volume è differente; infatti, inizialmente si deve trovare il diametro di troncatura, che attraverso l'equazione di rastremazione, a partire dal diametro a 1.30 metri di altezza, permette di risalire al diametro nel punto di troncatura. Successivamente si ipotizza lo snag come tronco di cono, e conoscendo diametro maggiore, minore e altezza, si può applicare la stessa formula utilizzata per gli stump. L'equazione di rastremazione si ricava dalla "Funzione

di profilo del tipo parabolico”: una funzione empirica che definisce il rapporto tra il diametro a petto d’uomo ed un diametro ad altezza nota.

$$\frac{d}{D} = a_0 + a_1 \cdot \left(\frac{h}{(H)+a_2 \cdot \left(\frac{h}{H}\right)^2} \right) \quad (5)$$

che attraverso la formula inversa ha permesso di calcolare il diametro all’altezza di troncatura:

$$d = \left[a_0 + a_1 \cdot \left(\frac{h}{(H)+a_2 \cdot \left(\frac{h}{H}\right)^2} \right) \right] \cdot D \quad (6)$$

Dove:

- **h** = altezza di troncatura, da rilievo sul campo;
- **H** = altezza totale, da curva ipsometrica;
- **D** = diametro a petto d’uomo (1,3 metri), da rilievo;
- $a_0 = 1,0835$
- $a_1 = -0,6421$
- $a_2 = -0,4118$

Al contrario dei log, le formule di snag e stump non sono già rapportate all’ettaro, quindi per fare ciò si deve moltiplicare il volume calcolato dalle formule precedenti per 10000, metri quadrati all’interno di un ettaro, e dividere per i metri quadrati che compongono le dimensioni del transect, come ad esempio nel più comune dei casi 50 m x 8 m o 46 m x 8 m.

La tabella di calcolo viene strutturata nel seguente modo:

Area di saggio	Transect (N o E)	Progressivo elemento	Specie	Tipo di elemento	Diametro 1 (m)	Diametro 2 (m)	Altezza (m)	Classe di decomposizione	Volume (m³)	Volume (m³/ha)
2	Nord (50 m)	1		LOG	0,08			4		1,579
	Nord (50 m)	2		STUMP	0,24	0,350	0,25	5	0,0173	0,432
	Nord (50 m)	3		STUMP	0,13	0,330	0,62	5	0,0274	0,684
	Nord (50 m)	4		LOG	0,13			4		4,170
	Nord (50 m)	5	PA	SNAG	0,08	0,062	4,00	3	0,0158	0,395
	Nord (50 m)	6	PA	SNAG	0,08	0,058	4,50	3	0,0169	0,423
	Nord (50 m)	7		STUMP	0,26	0,300	0,30	4	0,0185	0,462
	Nord (50 m)	8		STUMP	0,22	0,260	0,30	5	0,0136	0,340
	Nord (50 m)	9		STUMP	0,08	0,090	0,54	2	0,0031	0,077
	Nord (50 m)	10		LOG	0,16			4		6,317
	Nord (50 m)	11		STUMP	0,09	0,100	0,57	4	0,0040	0,101
	Nord (50 m)	12		LOG	0,34			3		28,523
	Nord (50 m)	13	PA	SNAG	0,11	0,110	1,60	4	0,0152	0,380
	Nord (50 m)	14		LOG	0,21			4		10,881

Tabella 4: esempio tabella di calcolo dell’area 2, transect Nord

Calcolati i volumi per ogni area essi vengono sommati e mediati in quanto le formule si riferiscono alla dimensione del transect e quindi il risultato per ognuno di essi è già una stima all'ettaro.

4. RISULTATI

4.1 Necromassa totale

	Volume (m ³)
Volume LOG	3557,7
Volume SNAG	818,8
Volume STUMP	105,1
Volume totale	4481,6

Tabella 5: volume complessivo necromassa

	Volume (m ³) medio ad ha	Deviazione standard
LOG	136,8	194
SNAG	37,2	41
STUMP	4,4	6
TOTALE	203,7	231

Tabella 6: medie dei volumi per elemento e loro deviazione standard

La necromassa presente nell'area raggiunge un volume di 4481,6 m³, paria al 38,8% della massa legnosa totale presente (viva più morta) ed al 63,4% della sola biomassa viva.

Come si può evincere dalla tabella 6 nella riserva di Ludrin si otterrà un valore medio all'ettaro di necromassa di 203 m³/ha. È stata anche valutata la deviazione standard dei valori in quanto rappresenta uno dei modi per esprimere la dispersione dei dati intorno ad un indice di posizione che può essere, ad esempio, la media aritmetica o una sua stima. Nel nostro caso si possono osservare valori di deviazione standard maggiori della media. Si osserva una deviazione standard di 194 nella componente LOG, una deviazione standard di 41 nella componente SNAG, una deviazione standard di 6 nella componente STUMP e infine una deviazione standard di 231 per il totale.

La maggior parte della necromassa rilevata è composta da abete rosso e abete bianco, soprattutto per i LOG, invece per gli SNAG e STUMP il riconoscimento della specie non è stato possibile per l'assenza di corteccia nel primo caso e l'alto grado di decomposizione nel secondo.

4.2 Composizione del volume

	Volume (m ³) medio ad ha
LOG	136,8
SNAG	37,2
STUMP	4,4

Tabella 7: volumi per ogni componente della necromassa



Figura 29: grafico sulle percentuali di volume delle componenti della necromassa

La tabella 8 mostra la quantità di volume medio all'ettaro che si può trovare per ogni componente della necromassa, quindi 136,8 m³/ha per i log, per gli snag 37,2 m³/ha e 4,4 m³/ha per gli STUMP. Nel grafico sottostante si osservano gli stessi valori trasformati in un contributo percentuale rispettivamente del 77% per i log, del 21% per gli snag e del 2% per gli stump. In entrambi i casi si può osservare che la componente con il valore maggiore e che occupa, in modo preponderante, il volume di necromassa sono i tronchi a terra (log), successivamente gli alberi morti in piedi (snag) ed infine le ceppaie (stump).

4.3 Frequenza delle aree e volume nelle classi volumetriche

Classi di volume (m ³ /ha)	Frequenza (n. aree)	Frequenza % n. aree
0-50	3	13,64
51-100	8	36,36
101-150	3	13,64
151-200	0	-
201-250	3	13,64
251-300	1	4,55
301-350	0	-
351-400	1	4,55
401-450	0	-
451-500	0	-
>500	3	13,64

Tabella 8: frequenza delle aree nelle classi di volumi

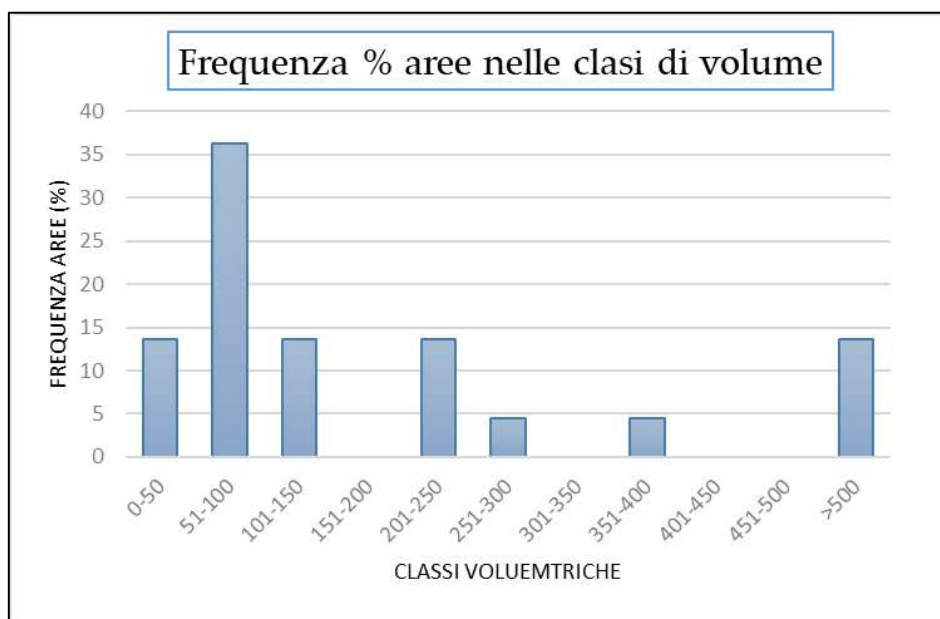


Figura 30: grafico sulla frequenza delle aree nelle classi di volumi

Dalla tabella 8 e dalla figura 30 si osserva un numero elevato di aree che ricade nella classe di volume tra i 51-100 m³/ha, più precisamente 8 aree, che in termini percentuali comprende il 36,36 %. A seguire troviamo a parità di frequenza delle aree quelle nelle classi tra i 101-150 m³/ha, 0-50 m³/ha, 201-250 m³/ha e >500 m³/ha, che hanno un'influenza ciascuna del 13,64%. Nelle classi 151-200 m³/ha, 301-350 m³/ha, 401-450 m³/ha, e 451-500 m³/ha non sono presenti aree con quei determinati parametri.

Classi di volume (m ³ /ha)	Frequenza (n. aree)	Volume (m ³)
0-50	3	97,29
51-100	8	574,3
101-150	3	408,4
151-200	0	-
201-250	3	655,6
251-300	1	285,0
301-350	0	-
351-400	1	389,8
401-450	0	-
451-500	0	-
>500	3	2071,3

Tabella 9: volume per ogni classe volumetrica

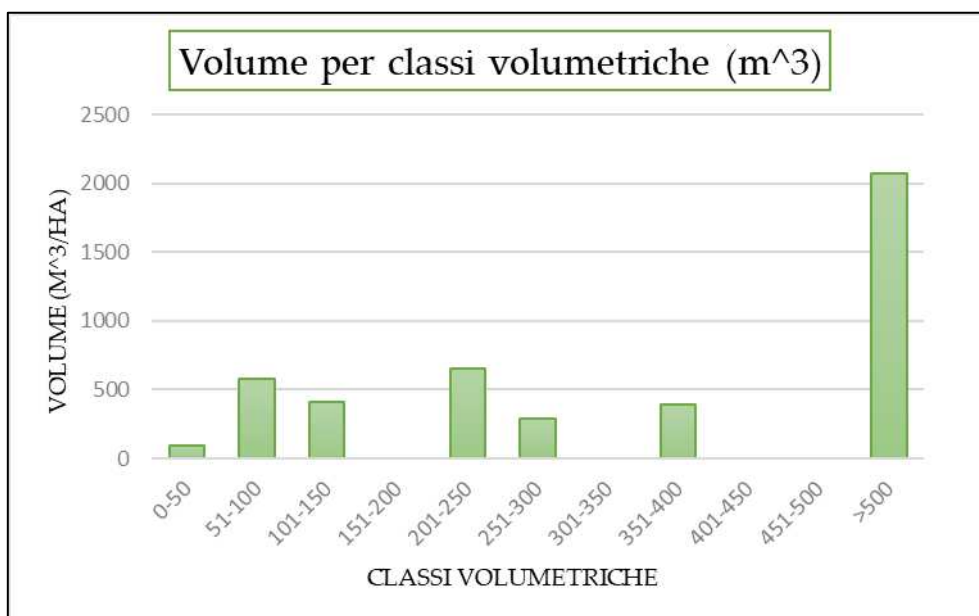


Figura 31: grafico dei volumi per ogni classe volumetrica

Dalla tabella 9 e dalla figura 31 si osserva che la maggior parte del volume, cioè 2071,3 m³, della necromassa rientra nell'ultima classe, anche se il numero di aree all'interno di questa classe sono solo tre.

4.4. Distribuzione del volume nelle classi di decomposizione

Volume per classe (m ³)			
Classe di decomposizione	LOG	SNAG	STUMP
1	2351,9	268,9	2,4
2	519,7	201,3	3,3
3	278,1	272,2	26,3
4	226,6	69,2	50,4
5	134,8	7,1	22,7

Tabella 10: volume (m³/ha) nelle classi di decomposizione

Volume % per classe				
Classe di decomposizione	LOG 2022	SNAG 2022	STUMP 2022	Totale
1	52,5	6,0	0,1	58,5
2	11,6	4,5	0,1	16,2
3	6,2	6,1	0,6	12,9
4	5,1	1,5	1,1	7,7
5	3,0	0,2	0,5	3,7

Tabella 11: volume in percentuale nelle classi di decomposizione

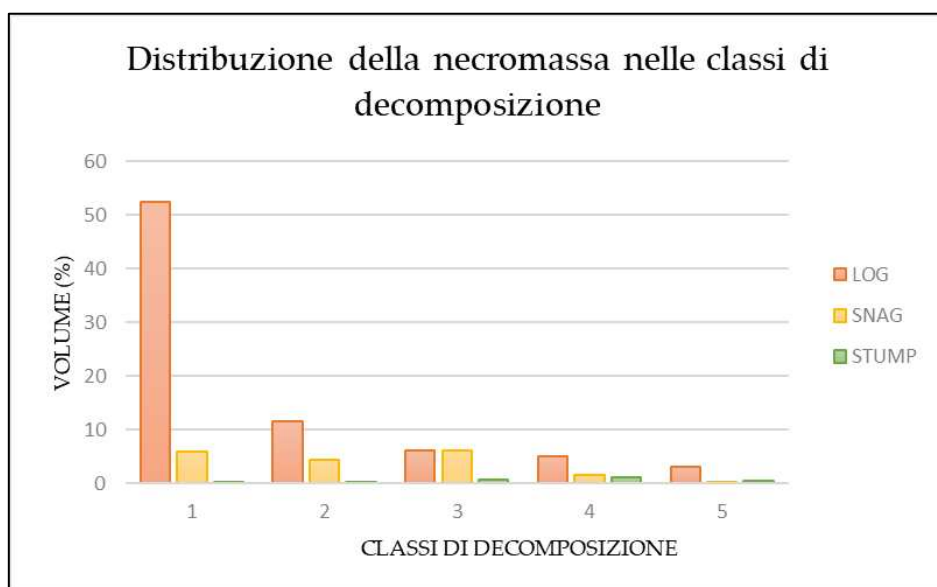


Figura 32: grafico del volume in percentuale nelle classi di decomposizione

Nella figura 32 e nella tabella 11 si possono osservare le diverse percentuali di volumi delle diverse componenti all'interno di tutte le classi di decomposizione. La maggior parte del volume della necromassa è costituita da LOG con classe di decomposizione 1,

cioè per un 52,5%. Considerando ogni singolo elemento si può constatare che i log sono di maggior importanza nelle prime classi di decomposizioni, trovando solo pochi esemplari nelle ultime due. Per quanto riguarda gli snag anche essi sono distribuiti soprattutto nelle prime classi di decomposizione, trovando il massimo della percentuale del 6,1%, nella classe intermedia. Relativamente agli stump questi si distribuiscono maggiormente nelle ultime due classi di decomposizione, rispettivamente di 1,1% nella classe del 4.

Complessivamente il 58,5% del volume è caratterizzato dal primo stadio di decomposizione, il 16,2% dal secondo stadio, il 12,9% dal terzo stadio, il 7,7% dal quarto e infine il 3,7% è contraddistinto dal quinto stadio di decomposizione.

5. DISCUSSIONE

5.1 Discussione generale sui dati

Dai dati elaborati nel capitolo precedente si può innanzitutto osservare una elevata quantità di necromassa all'interno della Riserva forestale di Ludrin. Il volume totale di essa è composto prevalentemente da trochi a terra, cioè da log; è seguito da piante morte in piedi, ovvero dagli snag e da ceppaie, gli stump (Tabella 8 e Figura 30). Potendo inoltre confrontare le deviazioni standard (Tabella 7) delle componenti si può notare che esse sono abbastanza elevate e maggiori della media stessa, questo sta a significare che i valori tra loro si discostano molto e che alcune aree sono interessate da un alto livello di necromassa ed altre meno. La causa di queste grandi fluttuazioni di valori è data dal fatto che alcune di queste aree sono zone di schianto, cioè severamente colpite dalla tempesta VAIA. Questo si può osservare anche all'interno delle varie classi di volume (Tabelle 9 e 10), in cui si verifica che nelle ultime classi sono presenti poche aree, ma esse contribuiscono in modo preponderante alla componente volumetrica. Queste aree, rispettivamente le numero 2007, 2008 e 2009 sono state interessate dalla tempesta VAIA (Figura 33). Gli schianti sono quindi recenti e questo si può osservare dal fatto che si trovino molti log di classe di decomposizione 1. Le ceppaie invece si osservano con percentuale volumetrica maggiore nelle ultime due classi di decomposizione; infatti, gran parte di esse si potrebbero collocare all'ultimo taglio effettuato nella Riserva, quindi circa 50 anni fa, e di conseguenza è trascorso molto tempo, favorendo la loro decomposizione.



Figura 33: zona della riserva con schianti

5.2 Comparazione monitoraggio del 2006

Il valore di necromassa che otteniamo nei monitoraggi del 2022 è di $203 \text{ m}^3/\text{ha}$, decisamente superiore a quello rilevato nel 2006, che era di $70 \text{ m}^3/\text{ha}$. Inoltre, la componente di necromassa principale, nel monitoraggio precedente, è data dalle piante morte in piedi (snag), secondariamente dai tronchi a terra (log) ed infine dalle ceppaie (stump) (Figura 34b); invece nei monitoraggi del 2022 la componente più importante è data dai tronchi a terra (log), secondariamente dalle piante morte in piedi (snag) e infine le ceppaie (stump) (Figura 34a). Questo fenomeno si può computare a VAIA che ha colpito la riserva con una severità abbastanza alta producendo molti schianti importanti e grandi quantità di tronchi a terra. Secondariamente troviamo le piante morte in piedi nell'ultimo monitoraggio, perché probabilmente durante questo fenomeno, la caduta di grandi esemplari all'interno del bosco ha danneggiato anche le piante del piano inferiore andando a spezzarle o danneggiarli gravemente fino a portarli alla morte, restando comunque in piedi. Le ceppaie influiscono leggermente meno negli ultimi monitoraggi rispetto al 2006, in quanto probabilmente esse sono prevalentemente di natura antropica e i tagli sono stati effettuati negli ultimi anni di gestione 60 anni fa nella Riserva, quindi sono risultate più presenti durante i rilievi del 2006, in quanto probabilmente da questi

ultimi monitoraggi al 2022 gran parte di esse potrebbero essere andate incontro a completa degradazione.

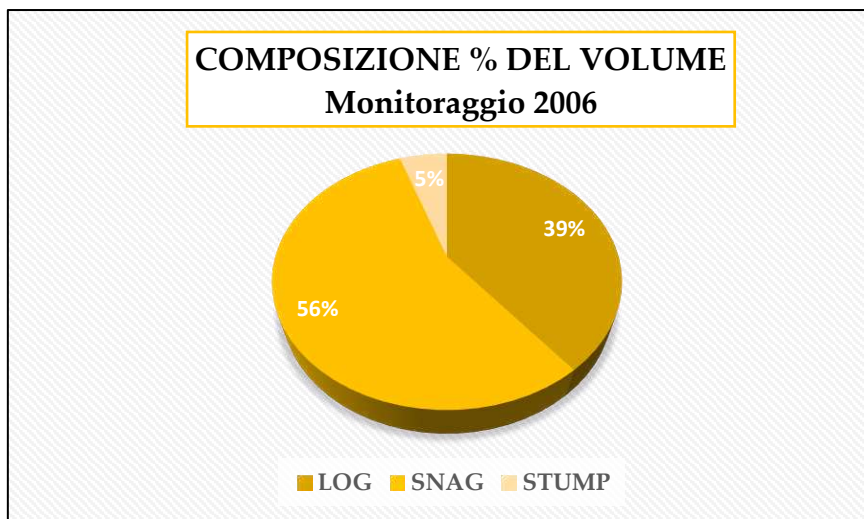


Figura 34a: Volume % componenti su un totale di $70 \frac{m^3}{ha}$ (Monitoraggio 2006)

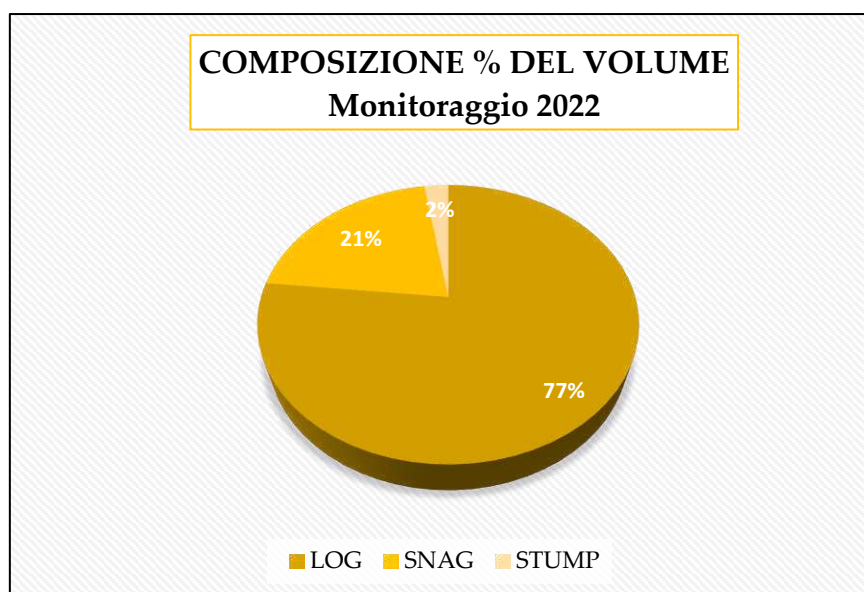


Figura 34b: Volume % componenti su un totale di $203 \frac{m^3}{ha}$ (Monitoraggio 2022)

Si sono inoltre potute confrontare le classi volumetriche in cui ricadono le aree di rilievo. Le classi considerate comprendono numeri molto maggiori rispetto a quelle del monitoraggio del 2006 perché i volumi rilevati nel 2022 sono nettamente maggiori. Nel primo monitoraggio si può osservare un equilibrio all'interno della frequenza delle aree appartenenti ad ogni classe (Tabella 12a), in cui per la maggior parte troviamo uno stesso

contributo percentuale. Nell'ultimo monitoraggio invece la frequenza si concentra nelle prime tre classi (Tabella 12b), anche se volumetricamente ha molta più influenza l'ultima in quanto sono presenti le aree con maggior volume di necromassa.

Monitoraggio 2006		
Classi di volume (m ³ /ha)	Frequenza n. aree	Frequenza % n. aree
0-20	4	17,4
21-40	4	17,4
41-60	4	17,4
61-80	4	17,4
>80	7	30,4

Tabella 12a: classi volumetriche monitoraggio 2006

Monitoraggio 2022		
Classi di volume (m ³ /ha)	Frequenza (n. aree)	Frequenza % n. aree
0-50	3	13,64
51-100	8	36,36
101-150	3	13,64
151-200	0	-
201-250	3	13,64
251-300	1	4,55
301-350	0	-
351-400	1	4,55
401-450	0	-
451-500	0	-
>500	3	13,64

Tabella 12b: classi volumetriche monitoraggio 2022

Una comparazione si può effettuare nei due monitoraggi anche per quanto riguarda la classe di decomposizione dei vari elementi della necromassa. Come ci si può aspettare nel monitoraggio del 2022 (Tabella 13) il volume di legno morto presente è per lo più concentrato all'interno della prima classe di decomposizione data dalla recente caduta di grandi piante nella riserva, causata dalla tempesta VAIA del 2018. Nel 2006 invece la componente maggiore la troviamo nella classe di decomposizione del 3 e del 4, quindi elementi di necromassa presenti da più tempo nella riserva.

Inoltre si può osservare come nel 2006 le classi di decomposizione predominanti fossero composte sia da snag che da log quasi in egual modo (Figura 36a), invece nel

monitoraggio 2022 c'è una netta predominanza da parte dei log nella prima classe di decomposizione (Figura 36b).

Volume % per classe		
Classe di decomposizione	Monitoraggio 2022	Monitoraggio 2006
1	58,5	3,7
2	16,2	20,9
3	12,9	40,9
4	7,7	28,2
5	3,7	6,1

Tabella 13: comparazione composizione nelle classi di decomposizione

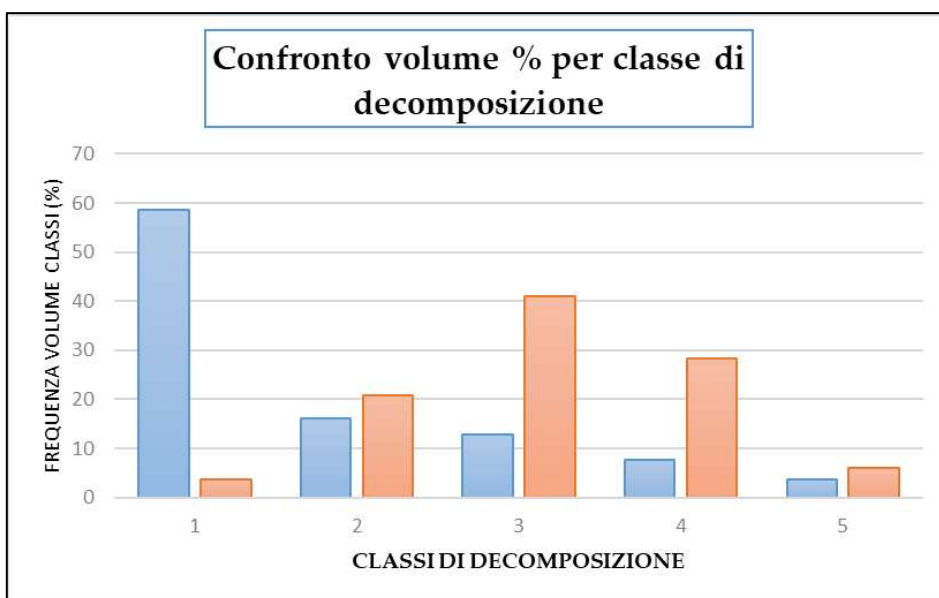


Figura 35: Confronto del volume % per classe di decomposizione nei due monitoraggi

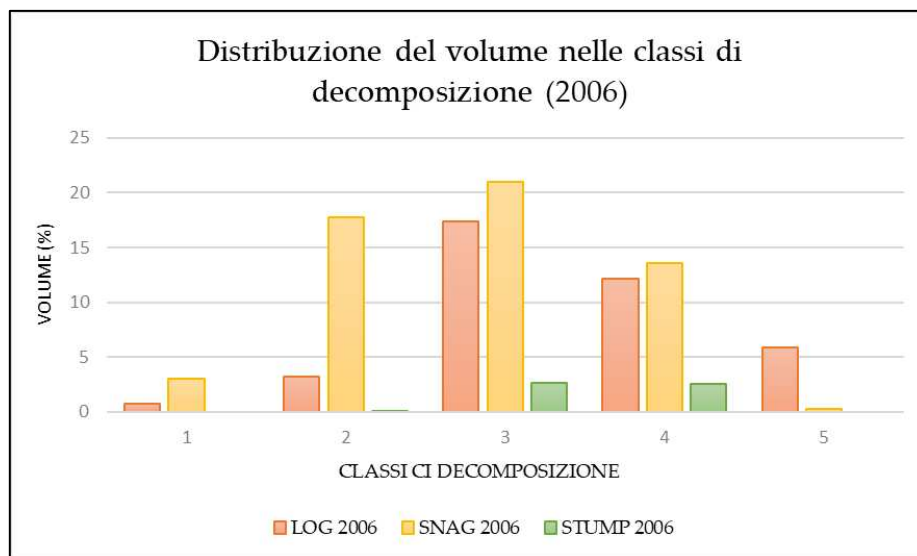


Figura 36a: grafico della distribuzione volumetrica nelle classi di decomposizione (Monitoraggio 2006)

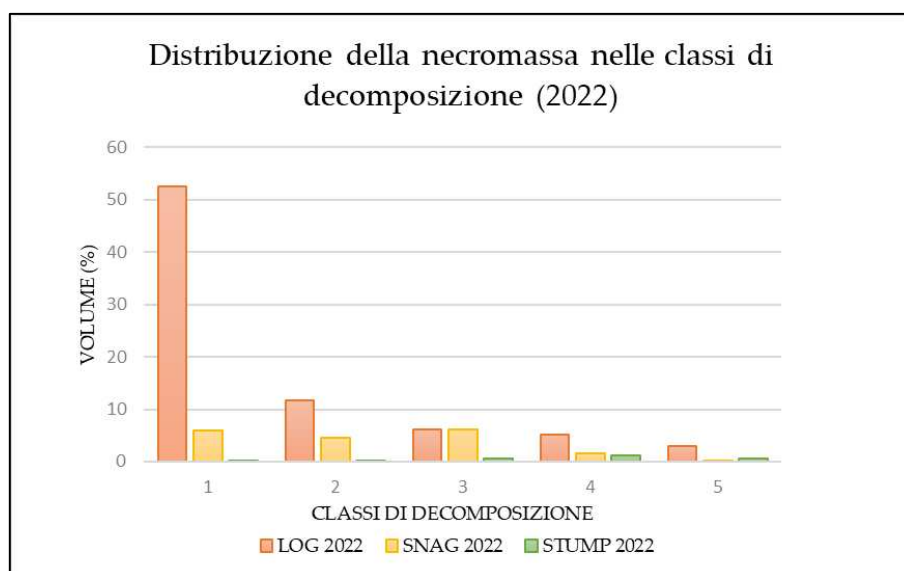


Figura 36b: grafico della distribuzione volumetrica nelle classi di decomposizione (Monitoraggio 2022)

5.3 Comparazione con studi precedenti

Osservando i dati ottenuti si possono rilevare delle differenze con valori ricavati in studi e monitoraggi effettuati all'interno di altre riserve forestali. In alcune foreste delle Alpi, sia in fase di abbandono colturale e sia gestite con una selvicoltura naturalistica, i valori di necromassa raggiungono 50-60 m^3/ha (Motta et al. 2006, Castagneri et al. 2010). In questi ultimi decenni, la quantità di necromassa nelle foreste europee ed italiane è andata aumentando per la riduzione del prelievo legnoso, per una maggiore attenzione al ruolo

ecologico della necromassa ed anche per l'aumento della frequenza e dell'intensità dei disturbi naturali. Questi valori sono però molto lontani da quelli che si possono osservare nelle foreste vetuste dell'Europa centro-orientale dove il volume della necromassa può essere anche superiore a $300 \text{ m}^3/\text{ha}$. Inoltre nelle foreste italiane nell'attuale necromassa prevalgono le classi di decomposizione più basse e mancano, o sono più rari, elementi nelle classi di decomposizione più avanzate (Motta et al. 2015), in quanto la necromassa si è iniziata ad accumulare in un periodo relativamente recente ed in foreste del piano montano e subalpino il processo di decomposizione è lento e può durare diversi decenni (Motta, 2020). Nel monitoraggio effettuato nella riserva di Ludrin si sono ottenuti $203 \text{ m}^3/\text{ha}$, quindi questa riserva si colloca molto al di sopra alla media nazionale. Si può invece paragonare alle riserve dell'Europa centro-orientale sopracitate, che però possono avere anche un valore superiore a quello calcolato a Ludrin. Questo paragone però deve tenere in considerazione che la maggior parte della necromassa a Ludrin si è formata in seguito ad un disturbo ad alta severità, portando anche ad una bassa diversità di decomposizione, che ricade principalmente nelle classi più basse. Quindi i valori rilevati possono essere riconducibili ad una foresta vetusta che non è stata gestita negli ultimi 60 anni circa, ma con una netta influenza da parte di VAIA. Questi eventi però sono importanti per il mantenimento delle foreste old-growth in quanto l'accumulo di necromassa e i processi di decadimento sono importanti per il ripristino della diversità biologica (Motta et al, 2015).

5. CONCLUSIONI

L'analisi della struttura della necromassa presente all'interno della Riserva, effettuata sulla base del monitoraggio del 2022, consente di affermare che l'attuale distribuzione della necromassa è conseguenza di un disturbo naturale, la tempesta VAIA, con aree senza copertura arborea e con molto materiale di grosse dimensioni schiantato al suolo. Altre aree invece non sono state interessate da questo evento e di conseguenza presentano piante morte in piedi e tronchi a terra che sono presenti a causa di mortalità legata principalmente alla competizione tra le piante e a fenomeni di mortalità per senescenza. I valori medi all'ettaro di necromassa rilevati sono attualmente piuttosto alti se confrontati con dati relativi ad altre riserve forestali nazionali, ma bisogna considerare che questi valori sono influenzati dalla tempesta VAIA del 2018. Infatti la necromassa è prevalentemente costituita da log di classe di decomposizione bassa, quindi di recente schianto. Per la stessa causa si può notare un notevole aumento della necromassa all'interno della Riserva forestale di Ludrin rispetto al monitoraggio del 2006.

Il grande accumulo di necromassa in alcune aree all'interno della Riserva potrebbe avere dei risvolti negativi per quanto riguarda il proliferare di specie che da endemiche possono diventare epidemiche e che, come il bostrico, possano causare problemi fitosanitari portando alla morte di altri arborei, indebolendo ulteriormente piante già stressate, portando così ad un'ulteriore instabilità complessiva della foresta. Un risvolto positivo invece potrebbe essere il possibile insediamento nelle zone schiantate di una nuova rinnovazione. Queste aree con grandi quantità necromassa potranno diventare un sito favorevole all'attecchimento dei semenzali di diverse specie. Questo porterebbe ad una maggiore resilienza del popolamento che, essendo più diversificato, sia strutturalmente che specificamente, porterebbe ad una più alta resistenza e ad essere "più elastico" nel ritorno allo stato ante dopo un possibile disturbo futuro, che sia dato da fenomeni atmosferici o da agenti biotici, come patogeni o insetti. In conclusione la quantità di necromassa nella Riserva è aumentata notevolmente dal 2006, sia a causa della tempesta VAIA sia a causa delle dinamiche naturali dei popolamenti lasciati ad

evoluzione naturale per decenni. Questo potrà avere un effetto positivo sulla biodiversità, fattore che caratterizza e definisce il significato di Riserva forestale.

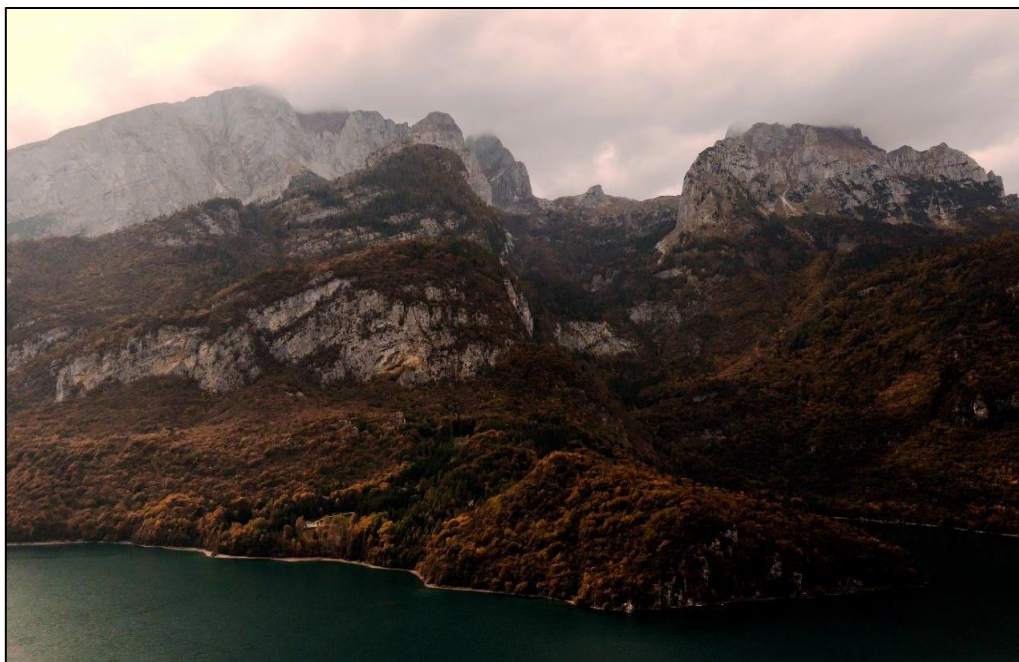


Figura 37: foto panoramica della zona della Riserva di Ludrin (in centro a sinistra), sponde del Lago di Molveno e Dolomiti di Brenta sullo sfondo

6. BIBLIOGRAFIA

- Bütler R., Lachat T., Krumm F., Kraus D., Larrieu L., 2022. *Guida da campo ai dendromicrohabitat. Descrizione e soglie dimensionali per il loro inventario*. Birmensdorf, Istituto federale di ricerca per la foresta, la neve e il paesaggio WSL. 59 p.
- Castagneri D., Garbarino M., Berretti R., Motta R., 2010. *Site and stand effects on coarse woody debris in montane mixed forests of Eastern Italian Alps*. *Forest Ecology and Management* 260, 1592–1598.
- Fazzini M., 2005. *Definizione quantitativa dei regimi pluviometrici nelle alpi orientali italiane*. *Geogr. Fir. Dinam. Quat. Suppl.* VII (2005), 155-162, 4 figg., 1 tab. IT ISSN 1724-4757.
- K.-E.L. Eriksson, 1990. *Biotechnology in the pulp and paper industry*. *Wood Science and Technology* volume 24, 79–101.
- Larrieu L., Paillet Y., Winter S., Bütler R., Kraus D., Krumm F., Lachat T.; Michel A.K., Regnery B., Vanderkerkhove K., 2018. *Tree related microhabitats in temperate and Mediterranean European forests: a hierarchical typology for inventory standardization*. *Ecological Indicators*, 84: 194–207.
- Motta R., Berretti R., Lingua E., Piussi P., 2006. *Coarse woody debris, forest structure and regeneration in the Valbona Forest Reserve, Paneveggio, Italian Alps*. *Forest Ecology and Management* 235, 155–163.
- Motta R., Berretti R., Meloni F., Castagneri D., 2006. *Monitoraggio degli ecosistemi forestali di Ludrin e Val dei Ronchi (TN). Relazione finale della Ricerca anno 2006*.
- Motta R., 2008. *Il ciclo del carbonio nelle foreste vetuste*. *Italian Society of Silviculture and Forest Ecology*. *Forest@* 5: 302-305.
- Motta R., Berretti R., Castagneri D., Dukić V., Garbarino M., Govedar Z., Lingua E., Maunaga Z., and Melon F., 2012. *Toward a definition of the range of variability of central European mixed Fagus–Abies–Picea forests: the nearly steady-state forest of Lom (Bosnia and Herzegovina)*. *Can. J. For. Res.* Vol. 41, 2011.

- Motta R., Garbarino M., Berretti R., Meloni F., Nosenzo A., Vacchiano G., 2015. *Development of old-growth characteristics in uneven-aged forests of the Italian Alps*. Eur J Forest Res (2015) 134:19–31. doi: 10.1007/s10342-014-0830-6.
- Motta R., 2020. *Why do we have to increase deadwood in our forests? How much deadwood does the forest need?* Forest@ 17: 92-100, doi: 10.3832/efor3683-017.
- Motta R., Ascoli D., Corona P., Marchetti M., Vacchiano G., 2022. *Selvicoltura e schianti da vento. Il caso della “tempesta Vaia”*. Forest@ 15: 94-98. – doi: 10.3832/efor2990-015.
- Salvadori C., Tolotti G., 2020. *Bostrico tipografo. Stato attuale e rischio di attacchi nel secondo anno post-Vaia*. Terra_Trentina (65)1, 60-62.
- *Le foreste italiane. Sintesi dei risultati del terzo Inventario Forestale Nazionale INFC 2015*.

7. SITOGRAFIA

- <https://www.isprambiente.gov.it>, visitato settembre 2022
- *Il bostrico nelle foreste di abete rosso nel Trentino* <https://forestefauna.provincia.tn.it>, visitato settembre 2022
- *Il ruolo essenziale del legno morto*, <https://www.vogelwarte.ch>, visitato settembre 2022

Ringraziamenti

Prima di tutto ringrazio la mia famiglia che mi ha sempre sostenuto e permesso di realizzare tutti i miei obiettivi e sogni in questo mio percorso di vita fino ad ora.

Ringrazio molto il Professore Castagneri e la Dottoressa Roberta Berretti per la grande disponibilità e conoscenza e per avermi dato la possibilità di prendere parte a questa bella esperienza formativa.

Ringrazio inoltre il mio ragazzo Alessandro per essermi stato sempre vicino, anche se lontano, e di avermi aiutato ad avere più fiducia in me stessa.

Ringrazio le mie amiche Angelica, Camilla, Sofia e Sonia, a cui sono molto legata da anni, con cui ho condiviso molti momenti di felicità, ma che anche in attimi più bui sono sempre riuscite ad aiutarmi e farmi sorridere.