

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA  
DIPARTIMENTO TERRITORIO E SISTEMI AGRO-FORESTALI

Corso di laurea magistrale in Scienze forestali e ambientali

## Strategie di breve-medio periodo per i piazzali di stoccaggio di legname in Trentino

Relatore  
Prof. Stefano Grigolato  
Correlatore  
Dott. Stefano Montibeller

Laureando  
Alberto  
Vincenzetti  
Matricola n.  
1239107

ANNO ACCADEMICO 2021-2022



# Indice

Riassunto .....	v
Abstract.....	vi
1. Introduzione .....	7
1.1 La tempesta Vaia.....	7
1.2 Il Piano d'Azione della Provincia autonoma di Trento.....	8
1.3 I piazzali di stoccaggio legname e il loro ruolo.....	8
1.3.1 Piazzali di stoccaggio locali.....	8
1.3.2 Piazzali strategici .....	9
1.4 Obbiettivi.....	10
2. Stoccaggio del legname .....	12
2.1 Stoccaggio temporaneo.....	12
2.2 Stoccaggio del legname schiantato .....	12
2.2.1 Premessa.....	12
2.2.2 Metodi di stoccaggio.....	13
3. Piazzali di stoccaggio umido in Trentino .....	28
3.1 Casi studio stoccaggio umido .....	28
4. Materiali e metodi .....	29
4.1 Analisi di rete e logistica.....	29
4.1.1 Distanze dalla rete stradale principale e dai piazzali strategici .....	29
4.1.2 Tempi di percorrenza e costi di noleggio.....	31
5. Risultati .....	32
5.1 Valutazione della dislocazione dei piazzali .....	37
6. Discussioni .....	42
7. Conclusioni.....	44
8. Allegati .....	45
8.1 Piazzale di Novaledo.....	45
8.1.1 Caratteristiche costruttive dell'impianto .....	46
8.1.2 Consumi e costi del piazzale .....	48
8.2 Piazzale di Predazzo.....	49
8.2.1 Caratteristiche costruttive dell'impianto .....	51
8.2.2 Consumi e costi del piazzale .....	53
8.3 Tipologie di trasporto di legname .....	54
8.3.1 Trasporto su autocarri non convenzionali.....	54
8.3.2 Trasporto su ferrovia.....	55
8.3.3 Trasporto su nave.....	57

Bibliografia .....	59
Sitografia .....	60
Indice delle figure.....	61
Indice delle tabelle.....	63

## Riassunto

Il presente lavoro di tesi ha l'obiettivo di analizzare lo sviluppo dei piazzali forestali realizzati nel territorio della Provincia autonoma di Trento a seguito della tempesta Vaia. Queste opere sono state progettate per migliorare la ricostituzione dei boschi abbattuti e per contrastare l'infestazione da parte di insetti scolitidi quali bostrico (*Ips Typographus L.*).

Tali infrastrutture vengono suddivise in base alle dimensioni, alla localizzazione e alla funzione in piazzali locali e in piazzali strategici. Questi ultimi possono stoccare grandi quantitativi di legname grazie a diversi metodi di conservazione a lungo termine, il più utilizzato dei quali è il sistema di stoccaggio umido tramite impianto di irrigazione. Grazie ai riferimenti bibliografici sono disponibili linee guida relative alle caratteristiche costruttive del piazzale di deposito, alla pianificazione logistica dei flussi di legname e alla progettazione dell'impianto irriguo per poter realizzare un piazzale di stoccaggio umido.

Attraverso l'utilizzo del software QGis sono state analizzate le distanze tra i piazzali locali e i piazzali strategici, sono stati calcolati i tempi di percorrenza dei tratti su strada forestale e su strada principale per ogni Ufficio Distrettuale Forestale (UDF). I risultati ottenuti hanno permesso di capire la distribuzione dei piazzali forestali in ciascun distretto e nel territorio provinciale.

Lo studio serve a capire quali strategie di gestione logistica dei piazzali applicare al territorio facendo riferimento allo scenario evolutivo delle infestazioni del bostrico nel breve e medio periodo. Inoltre, grazie ai due casi studio approfonditi in questo lavoro, si analizza come poter migliorare la gestione dei piazzali strategici e la conservazione del legname tramite l'impianto di bagnatura.

## Abstract

The aim of this thesis is to analyse the development of forestry yards in the Autonomous Province of Trento following the Vaia storm. These works were designed to improve the reconstitution of felled forests and to counteract infestation by scolioid insects such as the bark beetle (*Ips typographus* L.).

These infrastructures are subdivided according to size, location and function into local yards and strategic yards. The latter can store large quantities of timber thanks to various long-term storage methods, the most widely used of which is the wet storage system using an irrigation system. Guidelines on the construction of the storage yard, the logistical planning of timber flows and the design of the irrigation system for a wet storage yard are available from the literature references.

Through the use of QGIS software, the distances between the local yards and the strategic yards were analysed, and the travel times of the forest road and main road sections were calculated for each District Forestry Office (DFO). The results obtained made it possible to understand the distribution of forest yards in each district and in the provincial territory.

The study serves to understand which logistical management strategies of yards to apply to the territory with reference to the evolutionary scenario of bark beetle infestations in the short and medium term. In addition, thanks to the two case studies analysed in this work, we analyse how to improve the management of strategic yards and the conservation of timber by means of wetting systems.

# 1. Introduzione

## 1.1 La tempesta Vaia

Da Vivian a Lothar e da Kyrill a Klaus le tempeste che negli ultimi 30 anni hanno distrutto le foreste europee hanno abbattuto milioni di metri cubi di alberi e costretto i soggetti che operano nella filiera forestale ad adattarsi a situazioni completamente e repentinamente mutate.

Nel contesto nazionale nella notte tra il 28 e il 29 ottobre 2018 la tempesta Vaia ha colpito le foreste dell'Italia Nord-Orientale, danneggiando oltre 8 milioni di metri cubi (Motta et al. 2019) secondo le prime indicazioni.

Secondo il Terzo Report sulla tempesta Vaia della Provincia autonoma di Trento (PAT, 2020), in provincia di Trento sono stati abbattuti circa 4 milioni di m<sup>3</sup> di alberi, di cui 3,23 milioni di m<sup>3</sup> nelle aree di competenza degli Uffici Distrettuali Forestali (UDF) di Borgo Valsugana, Cavalese, Pergine Valsugana e Primiero (PAT, 2020. Stato di attuazione del Piano d'azione per la gestione degli interventi di esbosco e ricostruzione dei boschi danneggiati dagli eventi eccezionali nei giorni dal 27 al 30 ottobre 2018. Report Tecnico. Servizio Foreste – Agenzia Provinciale delle Foreste Demaniali. Provincia Autonoma di Trento. 102p).

Le forti piogge e i fenomeni di dissesto idrogeologico hanno gravemente danneggiato la viabilità forestale, complicando ulteriormente il quadro operativo in cui svolgere le attività di ripristino.



*Figura 1 Aree danneggiate e parzialmente esboscate in prossimità del Passo Manghen in Val Cadino (Giugno 2020)*



*Figura 2 Aree danneggiate e parzialmente esboscate in prossimità del Passo Manghen in Val Cadino (Giugno 2020)*

Successivamente alla tempesta Vaia il prezzo del legname è diminuito drasticamente a causa dell'eccesso di offerta e allo stesso tempo i costi di utilizzazione erano influenzati dalle condizioni operative, ed in particolare su elevati livelli se le utilizzazioni riguardavano aree impervie, con scarsa viabilità e difficoltà nell'organizzazione della logistica dei cantieri e dei trasporti.

Inoltre, a partire dal secondo semestre del 2020, il pericolo di infestazione da parte del bostrico ha reso urgente un intervento tempestivo per recuperare quanto più materiale possibile allo scopo di contenere le pullulazioni dell'insetto scolitide, limitando così i danni ai popolamenti forestali limitrofi alle aree schiantate.

## 1.2 Il Piano d'Azione della Provincia autonoma di Trento

Per affrontare l'emergenza la Provincia autonoma di Trento, ha così elaborato e poi aggiornato periodicamente il Piano d'Azione, un documento specifico per la gestione degli interventi di esbosco e ricostituzione dei boschi danneggiati.

Nel Piano di Azione del 2019 (PAT, 2020. Stato di attuazione del Piano d'azione per la gestione degli interventi di esbosco e ricostruzione dei boschi danneggiati dagli eventi eccezionali nei giorni dal 27 al 30 ottobre 2018. Report Tecnico. Servizio Foreste – Agenzia Provinciale delle Foreste Demaniali. Provincia Autonoma di Trento. 102p), si evidenziava che il quantitativo di legname danneggiato e potenzialmente recuperabile, superava le effettive capacità di stoccaggio dei piazzali di deposito tradizionali e disponibili all'epoca e dei piazzali delle segherie presenti sul territorio provinciale.

Questo ha messo in evidenza l'assoluta necessità di ampliare i preesistenti piazzali di stoccaggio e realizzare nuove aree di immagazzinamento dei tronchi con lo scopo di migliorare la gestione logistica del legname schiantato e sopperire alle richieste del mercato. In seguito all'approvazione del Piano sono state condotte delle ulteriori analisi per verificare l'effettiva necessità di realizzazione di queste aree di stoccaggio e dunque i relativi interventi da realizzare nelle varie aree.

## 1.3 I piazzali di stoccaggio legname e il loro ruolo

### 1.3.1 Piazzali di stoccaggio locali

I piazzali locali (o di versante) sono solitamente ubicati a metà montagna, derivano da nuove realizzazioni, allargamenti e adeguamenti di infrastrutture forestali già esistenti e generalmente occupano una superficie inferiore all'ettaro; la loro capacità di stoccaggio risulta così limitata.



Al 31 dicembre 2020 risultano operativi 80 piazzali locali (13,12 ha), di cui 28 di nuova costruzione (3,99 ha) e 52 che costituiscono allargamenti ad infrastrutture preesistenti (9,13 ha) (PAT, 2020. Stato di attuazione del Piano d'azione per la gestione degli interventi di esbosco e ricostruzione dei boschi danneggiati dagli eventi eccezionali nei giorni dal 27 al 30 ottobre 2018. Report Tecnico. Servizio Foreste – Agenzia Provinciale delle Foreste Demaniali. Provincia Autonoma di Trento. 102p).

In mappa (Figura 1) si osserva che i piazzali locali progettati e realizzati post tempesta Vaia sono situati per la maggioranza nel trentino orientale, ovvero nella parte di territorio provinciale più colpita dalla tempesta.

In particolare quelli di nuova costruzione si trovano soprattutto sui versanti della Valsugana sovrastanti la SP 31 del Passo Manghen, in Primiero e nelle valli laterali alla Val di Fiemme e alla Val di Fassa. Nelle altre aree schiantate sono stati effettuati principalmente lavori di adeguamento ed allargamento delle infrastrutture presenti.

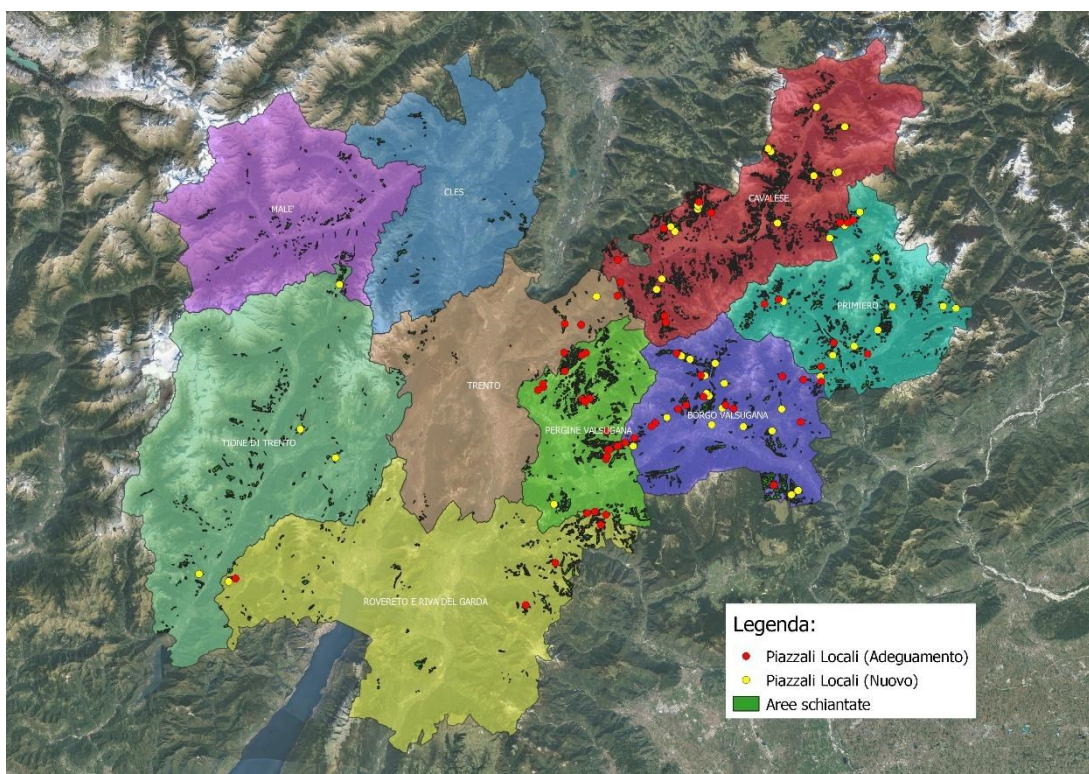


Figura 3 Localizzazione dei piazzali locali con distinzione tra quelli preesistenti la tempesta Vaia e quelli di nuova realizzazione

### 1.3.2 Piazzali strategici

I piazzali strategici sono situati in zone di fondovalle o limitrofi alle arterie stradali principali e occupano superfici superiori all'ettaro; in alcuni casi in questi piazzali sono stati installati impianti di irrigazione con lo scopo di tenere bagnate le pile di legname in modo tale da

preservare le proprietà tecnologiche del legno per un periodo di tempo superiore all'anno. Grazie alle caratteristiche appena descritte tali infrastrutture sono capaci di stoccare grandi quantità di legname.

Nel 2020 sono stati realizzati 8 piazzali strategici (per una superficie di 7,81 ha) di cui 3 sono di nuova realizzazione (per una superficie di 3,38 ha) e 5 sono allargamenti (per una superficie di 4,43 ha).

In mappa (Figura 2) si nota che di 81 piazzali strategici attualmente pianificati nel territorio provinciale, 37 sono privati e di essi 22 si trovano nell'UDF di Cavalese, mentre 44 sono pubblici di cui 17 si trovano nell'UDF di Borgo Valsugana e 13 nell'UDF di Cavalese (PAT, 2020. Stato di attuazione del Piano d'azione per la gestione degli interventi di esbosco e ricostruzione dei boschi danneggiati dagli eventi eccezionali nei giorni dal 27 al 30 ottobre 2018. Report Tecnico. Servizio Foreste – Agenzia Provinciale delle Foreste Demaniali. Provincia Autonoma di Trento. 102p).

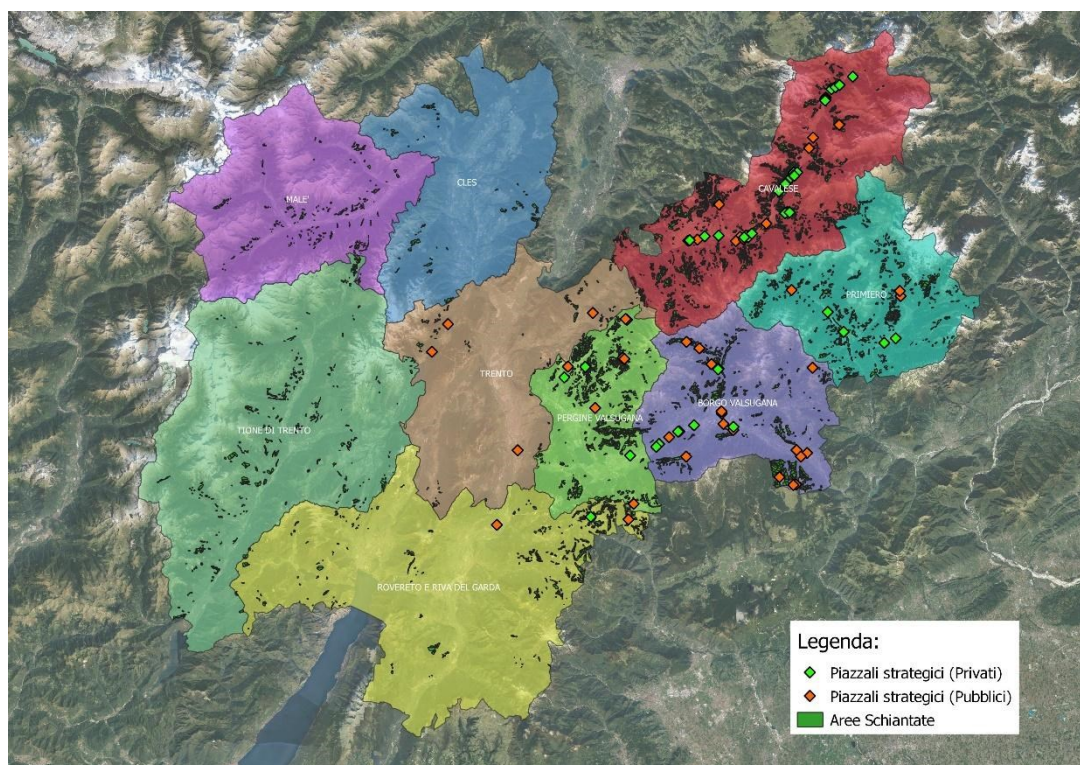


Figura 4 Localizzazione dei piazzali strategici con distinzione tra quelli privati e quelli pubblici

## 1.4 Obbiettivi

I piazzali sono opere annesse alle strade forestali, servono a stoccare e misurare i tronchi in maniera sicura ed efficiente e permettono l'interscambio tra mezzi forestali e autocarri. La loro dislocazione nel territorio è strategica ai fini di un'ottimale gestione del legname anche

per periodi di utilizzazione di qualche settimana e per più cantieri forestali. Inoltre, in piazzale, il materiale legnoso può essere classificato e suddiviso in più cataste.

È fondamentale che le strade forestali di accesso ai lotti boschivi e quelle di collegamento tra i piazzali e la viabilità principale siano sviluppate in una rete più capillare possibile per assicurare accessibilità ai mezzi, alle attrezzature e per garantire un afflusso costante di legname dai cantieri alle industrie di prima lavorazione.

Nella Provincia autonoma di Trento la situazione post Vaia ha evidenziato la necessità di ripristinare, migliorare e realizzare queste infrastrutture per adattare la rete viaria e la distribuzione dei piazzali ad uno scenario mutato.

Con questo lavoro si intende analizzare lo sviluppo futuro dei piazzali locali e strategici, pubblici e privati presenti nella Provincia autonoma di Trento e definire delle linee di utilizzo considerando diverse prospettive in termini di dimensioni, localizzazione e costi di utilizzazioni forestali nel breve e medio periodo. In particolare, si farà riferimento ai diversi approcci nella gestione e strategie di intervento per il contenimento e contrasto alla diffusione del bostrico, che può assumere linee diverse a seconda se si interviene su focolai contenuti e ben localizzati o su aree ampie ai margini di aree già colpite dalla tempesta Vaia. Lo sviluppo della tesi affronta con il Capitolo 2 un approfondimento sullo stoccaggio del legname, evidenziando la differenza tra lo stoccaggio locale e temporaneo, da quello di lungo periodo che necessita di appropriati metodi per la conservazione del legname tondo.

Nel capitolo 3 si presenteranno due casi studio, che saranno approfonditi negli Allegati, per evidenziare gli aspetti tecnici di progettazione e di gestione dei piazzali strategici per la conservazione di elevati quantitativi di legname.

Nel Capitolo 4 vengono trattati i materiali e i metodi con cui sono state effettuate le analisi sulle distanze tra piazzali locali e piazzali strategici e i tempi di percorrenza dei mezzi di trasporto di legname tramite il supporto del software QGis, mentre i risultati saranno illustrati nel Capitolo 5.

Infine nel Capitolo 6 vengono discussi i possibili scenari di sviluppo dei piazzali forestali e le strategie di gestione nel breve e medio termine.

## 2. Stoccaggio del legname

### 2.1 Stoccaggio temporaneo

Data la loro ubicazione e vista la limitata capacità di immagazzinamento, i piazzali locali svolgono esclusivamente una funzione di stoccaggio temporaneo del legname e ottimizzano le operazioni di lavorazione e classificazione, in quanto consentono una suddivisione del materiale in base alle caratteristiche degli assortimenti ottenibili dai tronchi, all'acquirente, al proprietario boschivo. Questi piazzali inoltre sono funzionali alla logistica dei trasporti in quanto fungono da aree di interscambio tra mezzi forestali e autocarri e permettono la sosta e l'inversione dei veicoli. Il legname da questi piazzali viene trasportato direttamente verso le segherie.



*Figura 5 Piazzale locale funzionale allo stoccaggio temporaneo e funzionali alla logistica dei trasporti e delle lavorazioni*



*Figura 6 Piazzale locale funzionale allo stoccaggio temporaneo e funzionali alla logistica dei trasporti e delle lavorazioni*

### 2.2 Stoccaggio del legname schiantato

#### 2.2.1 Premessa

La conservazione del legname abbattuto a seguito di catastrofi naturali come la tempesta Vaia è un argomento su cui non è stata maturata una significativa esperienza diretta in Italia, in quanto il nostro territorio è stato interessato da importanti danni causati dal vento solo di recente (Toscana 2015), perciò non è mai emersa la necessità di realizzare infrastrutture dedicate né è stato possibile acquisire conoscenze sulle modalità di intervento e sui loro risultati nel breve-medio termine <sup>1</sup>.

Negli ultimi trenta anni invece nei paesi del Centro e Nord Europa questi eventi naturali si sono susseguiti con maggiore frequenza e hanno permesso una raccolta di studi e sperimentazioni relativi ai metodi di stoccaggio del legname a lungo termine che consentono di valutare la soluzione più adatta al contesto preso in esame in relazione alla raccolta del materiale a terra, ai trasporti e alla logistica, alle tecniche di conservazione, ai rapporti con le industrie di prima trasformazione, alla capacità di mettere a punto specifiche azioni commerciali e alla comunicazione <sup>1</sup>.

In tali situazioni soggetti come grandi proprietari privati, associazioni forestali ed amministrazioni forestali nazionali ricoprono un ruolo di grande responsabilità perché devono incoraggiare lo sviluppo e diffondere la cultura dello stoccaggio finalizzato a fronteggiare le future calamità naturali, ciò attraverso una stretta collaborazione con i soggetti citati in precedenza. Strumenti come accordi di cooperazione possono aiutare a garantire che la capacità di stoccaggio del legname sia sempre sfruttata al massimo, possono contribuire a ridurre i costi e a togliere la pressione dal mercato del legno (*Lutze 2014*).

In Germania è stato fatto uno studio sui fattori determinanti l'accumulo di legname dopo tempeste di vento ed è emerso che il legname di conifere, in particolare abete rosso (*Picea abies* H. Karst.), è stato immagazzinato in misura maggiore rispetto a quello di latifoglie, il che può essere spiegato dai maggiori danni causati dalle tempeste e dalla migliore idoneità allo stoccaggio pluriennale della specie.

Un utilizzo di questi risultati può risiedere in analisi avanzate dei danni economici legati alle tempeste per il settore forestale, poiché i costi correlati, i ricavi ritardati e i prezzi del legname raggiunti potrebbero essere collegati a quantità di stoccaggio del legname più precise. Inoltre, occorre considerare che fissare a priori le proporzioni di stoccaggio del legname diventerà importante in futuro, dato che si prevede che i danni alle foreste causati da perturbazioni naturali aumenteranno come conseguenza del cambiamento climatico <sup>2</sup>.

### 2.2.2 Metodi di stoccaggio

La tecnica di stoccaggio per la conservazione della qualità del legname che si decide di adottare è di fondamentale importanza, in particolare quando si tratta di milioni di metri cubi abbattuti da una tempesta.

Le principali tecniche di conservazione a lungo termine si basano sulla gestione del livello di umidità del legno che se oscilla intorno a valori elevati ne garantisce un mantenimento delle proprietà tecnologiche <sup>1</sup>.

Occorre tenere presente che un intervallo di umidità del legno tra il 20-25 e l'80% combinato con temperature che si aggirano intorno ai 12-16 °C, può favorire lo sviluppo di funghi lignivori e di insetti scolitidi (ad es. *Ips typographus* L.), in particolare, nel legname fresco stoccato in piazzale con corteccia.

Il degrado da parte di questi organismi è marcato quanto più la perdita di acqua del legno avviene in maniera graduale. Le strategie di conservazione mirano perciò a mantenere valori di umidità superiori all'80% o a ridurla molto rapidamente al di sotto del valore soglia di 20%<sup>1</sup>.

Dai risultati ottenuti dalle ricerche finanziate a livello europeo come STODAFOR (European review of windfall harvesting and log conservation) a seguito delle tempeste che hanno colpito le foreste europee agli inizi degli anni 2000, emerge che per quanto riguarda la conservazione dei tronchi non esiste un metodo univoco per ogni situazione, ma si può scegliere il sistema di stoccaggio più adatto al contesto preso in analisi in funzione delle specie legnose, del tipo di danni, dei tempi e modalità di raccolta e della destinazione d'uso degli assortimenti<sup>1</sup>.

La ricerca del progetto STODAFOR, finanziato nell'ambito della programmazione quadro del 2000-2006, ha messo a confronto e ha valutato i diversi metodi di conservazione esistenti e ne ha presentato i risultati in modo chiaro, con l'obiettivo di fornire un glossario di procedure da seguire nella conservazione del legname schiantato dal vento e di sviluppare un migliore dialogo tra i diversi attori su scala europea e persino mondiale<sup>3</sup>.

### *Stagionatura all'aria*

Un primo metodo è la stagionatura all'aria di legname scortecciato che consiste in un'essiccazione molto rapida del legno. Si tratta di un sistema in cui l'impilamento del legname è incrociato in modo da favorire la circolazione dell'aria, i tronchi sono scortecciati per evitare il rischio di infestazioni di scolitidi e accelerare il processo di stagionatura.

Tale metodo si presta bene ai legni conifere in quanto più facili da stagionare rispetto alle latifoglie, può consentire lo stoccaggio di grandi quantitativi di legname perché è di semplice applicazione e ha costi limitati, se si esclude la scortecciatura (che ha un costo elevato), è adatto al legname indirizzato per usi strutturali, garantisce una stagionatura che si rivela utile per una classificazione a vista dei tronchi.

La variante di questo sistema consiste in una conservazione all'aria con corteccia in catasta compatta: l'umidità dei tronchi interni della catasta viene mantenuta elevata così che questi possono essere destinati alla segazione per impieghi strutturali e imballaggi o alla

triturazione. È importante un buon grado di stagionatura anche per il materiale destinato ad un uso energetico in quanto produce un cippato a minor contenuto idrico.

Entrambi i sistemi prevedono un impegno economico contenuto, senza ulteriori costi di gestione, ma si adattano ad assortimenti di medio/scarso valore commerciale e ad un tempo di conservazione inferiore all'anno <sup>1</sup>.

### *Stoccaggio per immersione*

Lo stoccaggio per immersione è un metodo che consiste nel lasciare immerso il legname in bacini naturali o serbatoi d'acqua artificiali. I tronchi vengono legati tra loro per evitare che quelli più bagnati sprofondino e per aumentare la capacità di contenimento del bacino idrico. È un sistema efficace da un punto di vista della conservazione di media-lunga durata ma critico perché necessita di infrastrutture adatte, sponde stabilizzate, un livello dell'acqua costante a profondità limitata (1,5-4 m) e con possibilità di svuotamento <sup>1</sup>.

Le parti dei tronchi non immerse in acqua possono presentare difetti di conservazione come l'essiccazione e possono essere esposti all'attacco di funghi e insetti se vengono conservati troppo a lungo durante la stagione estiva (*Olsson 2005*). Inoltre tale metodo ha degli impatti negativi sugli ecosistemi acquatici perché causa un aumento di sostanza organica nell'acqua e nel peggiore dei casi anche l'aumento di acidità; la decomposizione dei composti organici fa aumentare il consumo di ossigeno e può portare il bacino idrico a condizioni completamente anaerobiche. Per questi motivi lo stoccaggio per immersione è quasi scomparso in Svezia e negli altri paesi del Nord Europa (*Olsson 2005*).

### *Stoccaggio in ambiente anossico*

Tra i metodi di conservazione del tondame grezzo quello più innovativo è lo stoccaggio in cataste in ambiente anossico con l'utilizzo di un telo in polietilene resistente ai raggi ultravioletti. È un sistema realizzato in due varianti Baden-Wurtemberg e Svizzera, in cui la prima differisce dalla seconda per il fatto che il telo in plastica ricopre anche la parte sottostante la catasta; subito dopo il taglio i tronchi vengono avvolti da questa pellicola termosaldata che evita il passaggio dell'aria all'interno dell'involucro creato, favorendo così la respirazione cellulare e la fermentazione che riducono il livello di ossigeno.

Quest'ultimo è regolarmente controllato attraverso un sistema di misurazione del livello del gas posto all'interno dell'involucro. Con tale sistema di conservazione del legname la copertura va effettuata con i teli che devono essere asciutti e puliti, in siti freschi per evitare

perdita di umidità del legname, immediatamente dopo il taglio, con tronchi di lunghezza omogenea per abbattere i costi di impacchettamento e compattare la pila (Figura 3).



*Figura 7 Cataste di legname in teli termosaldati*<sup>1</sup>

Questo tipo di sistema è molto vantaggioso perché l'intera catasta è ben protetta da insetti, funghi e batteri, la durata di conservazione è indipendente da clima, condizioni meteorologiche e disponibilità idrica. Il sito adatto a questo metodo di stoccaggio deve localizzarsi in un'area con superficie stabilizzata per evitare che la catasta possa affondare e per favorire inoltre operazioni di mobilitazione del legname con mezzi pesanti e non deve inoltre essere esposto a venti forti per evitare scoperchiature e danni alla struttura di copertura (Kahabka 2005).

A causa dei costi logistici elevati, della necessità di personale ben preparato a gestire le cataste e dei difetti riscontrati durante lo stoccaggio, come fratture e scolorimenti, tali metodi sono applicati in contesti di proprietà boschive private di grande estensione, con un legname di pregiata qualità (Odenthal – Kahabka 2005).

### *Stoccaggio umido*

Un altro metodo molto utilizzato in tutta l'Europa Settentrionale è quello dello stoccaggio in umido con il sistema di irrigazione che, mantenendo costantemente alto il livello di umidità del tronco, consente di conservare grandi quantità di legno fino a qualche anno senza intaccarne la qualità; i tempi ottimali sono pari a 3 anni per l'abete rosso e fino a 5 anni per il pino silvestre (*Pinus sylvestris L.*), mentre altre specie come il faggio europeo (*Fagus sylvatica L.*) sono meno adatte a questa tipologia di conservazione<sup>4</sup> dato che può essere



conservato per un tempo che va da un paio di mesi fino a un anno al massimo (*Odenthal – Kahabka 2005*).

Il principio di funzionamento di tale metodo è che grazie all'acqua che riempie i pori delle fibre legnose funghi ed insetti non riescono a svilupparsi. In particolare i funghi cromogeni causerebbero un'alterazione di colore del legno senza demolirne i componenti strutturali.

Ne sono un esempio i funghi appartenenti ai generi *Aspergillus*, *Penicillium* e *Thricoderma* responsabili dell'azzurrimento: le ife fungine si diffondono sulla superficie e anche all'interno dell'alburno dove consumano gli zuccheri di riserva del parenchima. Questo processo degradativo si manifesta quando l'umidità del legno si aggira tra il 20% e il 40%; tale alterazione cromatica non intacca le proprietà tecnologiche del tronco ma viene considerata come difetto se l'assortimento è un tranciato decorativo.

L'umidità relativa media ideale del legno varia dal 100% al 120%, questi valori possono essere raggiunti solo con legname tagliato, allestito e trasportato direttamente al sito per lo stoccaggio conservativo, perciò i tronchi destinati allo stoccaggio in umido non devono essere lasciati temporaneamente sulla strada forestale.

È conveniente misurare l'umidità del legname per decidere se destinarlo allo stoccaggio umido o immetterlo sul mercato immediatamente dopo l'allestimento. In ogni caso la destinazione del legname va decisa nel più breve tempo possibile per evitare perdita di qualità. Solo il legname di buona qualità è adatto a questa metodologia di stoccaggio e le caratteristiche qualitative del legno vanno accuratamente documentate (*Odenthal – Kahabka 2005*).

Il rapporto tra l'acqua che evapora dai tronchi e l'acqua distribuita per aspersione sulle cataste, che deve essere ben bilanciato, determina l'efficacia di questo processo conservativo (*Olsson 2005*); risulta, perciò, utile avere a disposizione strumenti in grado di monitorare il livello di umidità delle cataste in maniera tale da valutare l'aumento o la diminuzione della quantità di acqua da distribuire sulle cataste.

Negli Stati Uniti è stato testato uno strumento a riflettometria temporale (TDR) che consente di rilevare il livello di umidità del tronco tramite una sonda costituita da aste di acciaio inossidabile saldate ad un cavo coassiale di rame fuso all'interno di un blocco di plastica: il TDR trasmette un impulso elettrico alla sonda, la quale lo restituisce al TDR. Il tempo di risposta varia in funzione dell'umidità presente nel legno, consentendo così di misurarla <sup>5</sup>.

Tale apparecchiatura ha monitorato per più di 15 mesi il livello di umidità dei tronchi nelle cataste dei piazzali di conifere autoctone (*softwood*) in Alabama e in South Carolina <sup>6</sup> e in quelle dei piazzali di latifoglie autoctone (*hardwood*) in Georgia <sup>7</sup>; le sonde sono state

posizionate in testa e al centro di alcuni tronchi durante la costruzione delle cataste e hanno mostrato una buona resistenza alle condizioni in cui sono state sistemate.

In entrambi gli studi si è visto che riducendo il livello di irrigazione del 30% da 100mm/m<sup>2</sup> iniziali l'umidità delle cataste varia di poco; perciò la quantità di acqua utilizzata per conservare i tronchi può essere ridotta <sup>6 7</sup>, ma occorrono studi più approfonditi e alcune specie, in particolare latifoglie, sono più sensibili al cambio di regime irriguo e il potenziale di riduzione dell'irrigazione sul legno di latifoglie (hardwood) potrebbe essere inferiore rispetto al legno di conifere (*softwood*) <sup>7</sup>.

Uno degli effetti dello stoccaggio umido è la riduzione di decolorazione del legno, che si presenta con intensità diverse a seconda della specie conservata. In Svezia si è visto che questo metodo di conservazione applicato al legname di ontano, pioppo e betulla riduce significativamente la decolorazione che progredisce dalla superficie esterna verso l'interno del tronco; ciò rispetto a quanto succede al legname conservato a secco durante 12 settimane nel periodo estivo. Tale riduzione di scolorimento è più marcata nella betulla <sup>8</sup>.

Dopo tre anni di stoccaggio umido bisogna prendere in considerazione l'inizio del deterioramento della qualità a causa dell'infestazione da parte di funghi come quelli appartenenti al genere *Armillaria*. La decolorazione dell'alburno rappresenta un problema specifico dello stoccaggio prolungato con corteccia: le macchie sono causate da tannini, presenti nella corteccia, che entrano nel legno mentre sono dissolti nell'acqua di irrigazione o durante il processo di essiccazione. Queste decolorazioni di solito non sono molto profonde e possono essere rimosse dal legno una volta asciugato, piallato e levigato (*Odenthal – Kahabka 2005*).

In un ulteriore studio sullo stoccaggio umido <sup>9</sup> si è visto che un tempo di conservazione troppo lungo, ad esempio nel caso della betulla, riduce significativamente il valore economico dei tronchi.

Lo stoccaggio in umido garantisce la protezione dei tronchi dall'infestazione di insetti scolitidi quali bostrico nel caso dell'abete rosso. D'altra parte, se si usano intensità di aspersione troppo elevate o se il periodo di stoccaggio è troppo lungo, possono verificarsi effetti negativi come danni batterici nel legno, macchie causate dai tannini della corteccia e impatti negativi sull'ambiente. Minimizzare i carichi ambientali dall'aspersione del legno ottimizzando la degradazione microbica precoce è un approccio interessante, e l'utilizzo di queste capacità della natura appare anche come un principio ecologicamente valido. Trovare le condizioni ottimali in vari tipi di ambienti richiede comunque una migliore conoscenza

dei fattori che controllano la degradazione microbica in una nicchia ecologica definita da una catasta di legno e dai suoi dintorni <sup>10</sup>.

È necessario che le industrie di prima trasformazione valutino varie tecnologie a basso impatto, compresi i sistemi di zone umide per trattare e attenuare il deflusso delle acque provenienti dai siti di stoccaggio. Combinando il sistema delle zone umide con un canale di trasporto del deflusso, come è stato fatto in Svezia, si riducono i fosfati e la materia organica a concentrazioni inferiori alle comuni soglie di trattamento delle acque reflue. Il vantaggio chiave della maggior parte delle zone umide e dei sistemi di infiltrazione del suolo è che richiedono poca energia e bassa manutenzione <sup>11</sup>.

Lo stoccaggio tramite impianto di bagnatura è un sistema che permette l'approvvigionamento di materiale legnoso ad un costo iniziale più basso perché le segherie possono decidere quando e quanto legname acquistare in funzione delle oscillazioni del prezzo di mercato (PAT, 2020. Stato di attuazione del Piano d'azione per la gestione degli interventi di esbosco e ricostruzione dei boschi danneggiati dagli eventi eccezionali nei giorni dal 27 al 30 ottobre 2018. Report Tecnico. Servizio Foreste – Agenzia Provinciale delle Foreste Demaniali. Provincia Autonoma di Trento. 102p).

Tuttavia questi impianti sono costosi, richiedono tempo per essere avviati e devono soddisfare una serie di regolamenti legali come quelli riguardanti la qualità dell'acqua. Gli studi dimostrano che questo sistema di stoccaggio, se combinato con un sistema per recuperare e riciclare l'acqua, ha generalmente un basso impatto ambientale <sup>4</sup>.

#### *Struttura di un piazzale per la bagnatura del legname*

Per l'applicazione di questo metodo il sito ideale deve essere ben collegato alla rete stradale principale, avere strade di accesso e interne al piazzale con una buona capacità di carico; gli approvvigionamenti energetici e idrici devono avere livelli ottimali, in particolare durante la stagione estiva. I tronchi devono essere accatastati con l'estremità rivolta alla strada e la pila deve essere sistemata perpendicolarmente rispetto alla stessa; è necessario un controllo giornaliero del sito e dell'impianto di bagnatura in modo tale che lo stato di conservazione del materiale legnoso sia sempre ottimale. A causa dei costi di investimento alti il sito dovrebbe avere una dimensione minima di 10000 metri quadrati con 25 metri di ampiezza. Una superficie del piazzale leggermente pendente e canali di drenaggio superficiali e sotterranei rispetto alle strade interne al piazzale possono prevenire la macerazione del legno; inoltre una buona distribuzione di ghiaia grossolana nello strato più superficiale e in quello fondante della strada ne migliora la capacità drenante. La spaziatura ideale tra le

strade del piazzale è di 50 m di cui 4,5 m corrispondono alla larghezza della strada, 2 m di distanza tra la strada e la catasta di legname, 20 m di larghezza della catasta, 3,5 m di distanza tra due cataste contigue per posare i tubi di irrigazione (Figura 4). L'impianto elettrico installato all'interno di una cabina consente che pezzi di ricambio ed altri materiali utili siano immagazzinati all'asciutto (Odenthal – Kahabka 2005).

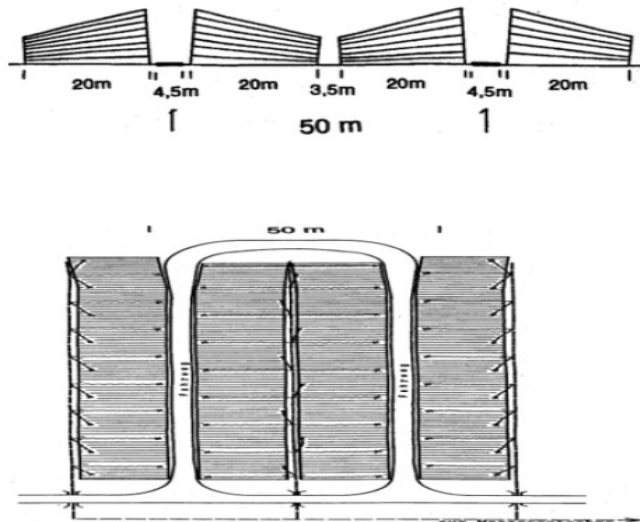


Figura 8 Spaziatura ideale di strade e cataste all'interno del piazzale (Odenthal and Kahabka 2005)

### *Sistema di irrigazione*

La progettazione del sistema di irrigazione è di fondamentale importanza perché in base alla legislazione vigente su base locale, regionale e nazionale, alla fonte di approvvigionamento, ai parametri costruttivi e alle modalità di distribuzione dell'acqua variano i costi di realizzazione e i successivi costi gestionali per il legname stoccato.

Solitamente l'acqua viene estratta da fiumi e torrenti, più raramente da falde sotterranee.

A volte nelle industrie cartiere e di pasta da cellulosa situate nella costa svedese, per bagnare le cataste, viene utilizzata l'acqua salmastra proveniente dalle foci dei fiumi. Dato che tale pratica potrebbe avere effetti indesiderati Jonsson e Persson (2004) hanno condotto uno studio sull'influenza dell'aspersione di acqua salmastra (NaCl 1%) sul contenuto di componenti inorganici nelle cataste di tronchi di abete rosso. I risultati mostrano che utilizzando l'acqua salmastra per lo stoccaggio in umido per un periodo di nove settimane il contenuto di elementi inorganici nei tronchi di abete rosso varia di poco rispetto a quando si usa l'acqua dolce <sup>12</sup>. Na e Cl vengono assorbiti dai tronchi che diventano più resistenti all'attacco di funghi; tuttavia Cl può causare corrosione e intasamento nelle caldaie di recupero di pasta da carta o cippato dei residui di segagione.

Inoltre, a gestione dei componenti inorganici nelle acque di percolazione delle cataste assume un certo interesse, perché queste possono avere impatti sul processo di estrazione della cellulosa e sull'ambiente <sup>12</sup>.

Per garantire una fornitura di acqua sufficiente durante l'estate è consigliabile realizzare una tubatura di estrazione 1,5 m sotto il letto del corso d'acqua con un diametro minimo di 1,5 m.

Sull'anello inferiore chiuso vengono montati degli anelli di fossa perforati. La tubatura viene poi rivestita esternamente con ghiaia grossolana. La costruzione di un serbatoio può favorire il bilanciamento delle fluttuazioni del livello idrometrico, garantendo così un approvvigionamento idrico migliore. Inoltre nei periodi di insufficiente fornitura dal corso d'acqua si può raccogliere il deflusso delle pile di legname in fossati, indirizzarlo ad un altro serbatoio sottostante il sito di stoccaggio da cui può essere pompato e riutilizzato (*Odenthal – Kahabka 2005*).

L'acqua può essere estratta dalle falde sotterranee se queste sono abbastanza superficiali: si scava una fossa di 4-5 m di profondità, si controlla l'accumulo di acqua e si installa un canale di estrazione. L'acqua gravitazionale può essere sfruttata per l'irrigazione delle pile se c'è una differenza di quota di almeno 30 m tra il corpo idrico e il sito di stoccaggio; è importante installare una valvola di sicurezza per regolare la pressione dell'acqua. Tale fonte di approvvigionamento è conveniente specialmente per siti di dimensioni inferiori all'ettaro (*Odenthal – Kahabka 2005*).

La capacità di stoccaggio è determinata considerando i dati annuali di approvvigionamento idrico; la quantità idrica minima per l'irrigazione corrisponde a 3,6 m<sup>3</sup>/h per ogni 1000 m<sup>3</sup> di legname con un'altezza della pila di 4 m, ma tale valore è maggiorato a 4-5 m<sup>3</sup>/h per mantenere un livello di irrigazione sufficiente e continuo, tenendo anche conto del livello idrometrico estivo più basso.

Il fabbisogno idrico può essere calcolato in funzione delle caratteristiche tecniche dell'impianto di bagnatura quali il numero degli irrigatori, i relativi diametri e la pressione dell'acqua all'ultimo irrigatore; usando dei valori tabulari che tengono conto di diametro dell'irrigatore e della pressione (*Odenthal – Kahabka 2005*) si possono stimare i consumi orari di acqua per ogni irrigatore e sommando i valori di tutti gli spruzzatori si ottiene il consumo totale orario dell'impianto.

Le tubazioni sono fatte in polietilene, più leggero ed economico ma anche più suscettibile ai raggi solari, o in metallo, facilmente riutilizzabili e rivendibili, ma più costose (*Odenthal – Kahabka 2005*).

### *Gestione dello stoccaggio*

Per garantire un ottimale stato di conservazione del materiale legnoso l'irrigazione deve essere omogenea sia sulla parte superficiale che su quelle frontali e laterali delle cataste. La maggior parte degli irrigatori distribuiscono l'acqua con rotazioni che coprono 360°, ma per bagnare le superfici frontali si possono usare spruzzatori a semicerchio dotati di meccanismo di inversione. A seconda della lunghezza dei tronchi, potrebbe essere sufficiente installare solo una linea in cima alla catasta. Gli irrigatori possono essere montati su aste di ferro o su pali di legno che vengono posizionati davanti alla superficie laterale della catasta. La sovrapposizione delle aree di irrigazione garantisce una copertura ottimale.

Le pompe a pressione sono più adatte rispetto a quelle subacquee perché sono meno inclini a intasarsi e più facili da pulire; le pompe subacquee sono però adatte in caso di estrazione di acqua di falda. La potenza della pompa va calcolata in modo tale da avere un margine di manovra che consenta di risparmiare adeguamenti impiantistici costosi; empiricamente viene considerato 1 kW di potenza per ogni 1000 m<sup>3</sup> di legname stoccato (*Odenthal – Kahabka 2005*).

Le prime 3-5 settimane di stoccaggio sono importanti perché in questo lasso di tempo il legno deve essere continuamente bagnato in modo tale che si crei un film protettivo attorno ai tronchi.

In estate sono necessarie fino a 18 ore di irrigazione giornaliera; anche in inverno è fondamentale mantenere un livello di bagnatura, che può arrivare fino a 8-10 ore, perché a causa della bassa umidità relativa dell'aria c'è un alto rischio di essiccazione. L'irrigazione può iniziare durante l'accatastamento per assicurare che i tronchi inferiori siano abbastanza umidi fin dall'inizio del processo di conservazione (*Odenthal – Kahabka 2005*).

In nessun caso l'impianto d'irrigazione può essere spento durante l'inverno e rimesso in funzione la primavera seguente. Una crosta di ghiaccio protettiva intorno ai tronchi si può formare solo con un'irrigazione strettamente controllata a temperature inferiori a 0°C. Poiché questo impedisce l'evaporazione, l'irrigazione può essere sospesa mentre la copertura nevosa è costante e i tronchi sono permanentemente congelati. Il sistema d'irrigazione deve essere attentamente monitorato durante l'inverno per prevenire danni al legno e al sistema stesso e per permettere un rapido riavvio se le condizioni meteorologiche lo rendono necessario (*Odenthal – Kahabka 2005*).

Il pericolo di formazione di ghiaccio dovrebbe essere segnalato sui percorsi vicino agli impianti di irrigazione. Gli irrigatori in prossimità di strade o devono essere spenti, schermati

o con allineamento del getto controllato, soprattutto nei periodi gelo, tenendo in considerazione la deriva del vento.

Gli utenti delle strade pubbliche non devono essere messi in pericolo dalla formazione di ghiaccio dai depositi bagnati, perciò la sicurezza è un aspetto prioritario alla conservazione del legno (*Odenthal – Kahabka 2005*).

Solitamente l'acqua dei fiumi essendo più fredda di quella dei pozzi profondi raggiunge il punto di congelamento più velocemente.

È fondamentale che l'acqua circoli costantemente nell'impianto per evitare blocchi ed interruzioni del circuito, infatti i sistemi di irrigazione a intervalli hanno una probabilità maggiore di bloccarsi rispetto a quelli che funzionano in maniera permanente. I sistemi che funzionano ad intervalli possono essere azionati con un'unità di controllo sensibile utilizzata per avviare il sistema quando le temperature notturne raggiungono il punto di congelamento. Se non è disponibile questo tipo di dispositivo si lascia acceso l'impianto tutta la notte, ma se non è possibile ottenere la licenza allora va spento; in questi casi è necessario trovare un accordo per il periodo invernale con le autorità locali (*Odenthal – Kahabka 2005*).

Gli irrigatori a cerchio intero funzionano fino a  $-5^{\circ}\text{C}$ , mentre quelli a cerchio parziale non funzionano bene a basse temperature perché il meccanismo di inversione si ghiaccia rapidamente.

Ogni volta che la temperatura scende sotto i  $-5^{\circ}\text{C}$  tutto l'impianto va spento e svuotato. Tali operazioni vanno svolte da squadre composte da almeno 2 operatori muniti di ramponi ed abbigliamento protettivo (*Odenthal – Kahabka 2005*).

I tubi a pressione devono essere posati con una leggera pendenza, con l'ausilio di pali di legno, per favorire il drenaggio; se si individuano in fase progettuale dei punti bassi questo processo può essere accelerato. I tubi che alimentano gli irrigatori devono essere disposti sulle pile anch'essi in pendenza, mentre i tubi di aspirazione che sono installati in maniera permanente devono avere un tubo di drenaggio dotato di morsetto con otturatore. Le valvole magnetiche devono essere rivestite di uno strato di 15 cm di lana di roccia o feltro e coperte da un telo idrorepellente. Dove è disponibile energia elettrica può essere installata una banda di riscaldamento (*Odenthal – Kahabka 2005*).

Durante i periodi primaverili e autunnali nonostante la temperatura giornaliera possa essere ben al di sopra di  $0^{\circ}\text{C}$ , si verificano gelate notturne con punti di minimo fino a  $-5^{\circ}\text{C}$  e di conseguenza si formano i primi strati di ghiaccio sulle superfici irrigate. In questi periodi l'irrigazione è ancora necessaria e il sistema è completamente utilizzabile, ma occorre effettuare una manutenzione molto accurata per evitare problemi all'impianto.

Quando le temperature scendono sotto 0°C nei sistemi ad un circolo di irrigazione occorre far passare gli irrigatori da un funzionamento parziale ad un funzionamento continuo perché così si evita il congelamento del meccanismo di inversione. Nei sistemi a più cicli di bagnatura se l'irrigazione dei tronchi viene eseguita a intervalli la pausa deve essere il più breve possibile, con un arresto massimo dell'irrigatore di 10 minuti. Anche in questo caso occorre cambiare la modalità degli irrigatori da cerchio parziale a cerchio intero per evitare il congelamento del meccanismo di inversione. Una volta che si sarà formata una crosta di ghiaccio protettiva e le temperature diurne supereranno difficilmente 0°C, l'irrigazione non sarà più necessaria (*Odenthal – Kahabka 2005*).

A questo punto si procede con il drenaggio delle tubature che può essere effettuato senza aria compressa o con aria compressa. Nel primo caso occorre aprire i connettori nel punto più basso, posizionare i tubi parallelamente con le estremità le une accanto alle altre, aprire le fibbie dei tubi di sospensione per evitare tensioni, lasciare scorrere l'acqua dai tubi, cominciando dall'estremità degli irrigatori, aprire tutti i cursori e le linguette del sistema e lasciarli aperti. Le valvole magnetiche devono essere smontate e conservate vuote al riparo dal gelo, tutte le tubazioni che non sono state installate al riparo dal gelo devono essere risciacquate accuratamente e poi svuotate. Le manichette e i tubi sono di solito resistenti al gelo quando sono vuoti e possono essere conservati sul posto con gli irrigatori (*Odenthal – Kahabka 2005*). Nel secondo caso si utilizza un compressore per drenare le tubature dei sistemi di irrigazione più grandi o dove le tubature non sono più accessibili o sono state installate senza una sufficiente pendenza.

Prerogativa importante è che l'intero sistema di tubature sia privo di ghiaccio; i compressori che si utilizzano hanno un motore da 3-4 cilindri con una capacità di pressione di 4 bar. Vengono rimossi i tappi terminali alle estremità delle tubature principali e chiuse le valvole che portano verso i tubi per evitare che le particelle di sporco entrino negli ugelli degli irrigatori, poi si procede con il drenaggio delle tubature principali. I tappi terminali possono essere sostituiti da valvole per rallentare l'improvviso calo di pressione e rimontati dopo aver svuotato il sistema. Le valvole a sfera dei tubi in uscita vengono poi aperte completamente e soffiate una ad una, e poi regolate a 45°.

È anche possibile impostare le valvole a sfera a 45° mentre il sistema è ancora in funzione, e poi soffiare tutto il sistema in un colpo solo. Questo tipo di drenaggio del sistema di irrigazione linea per linea si è rivelato vantaggioso. Finché non si è creata una pressione d'aria sufficiente per drenare l'acqua potrebbe essere necessario chiudere ripetutamente le saracinesche di regolazione nei punti di diramazione dell'impianto e aspettare un paio di



minuti. Se non c'è una valvola di questo tipo, si può usare invece una che sostituisce le coperture temporanee alle estremità delle tubature; invece se il compressore non è abbastanza potente per drenare le linee in una volta sola, queste dovranno essere drenate un po' alla volta mentre le tubazioni rimanenti sono bloccate (*Odenthal – Kahabka 2005*).

Le pompe centrifughe accoppiate e le pompe monoblocco devono essere completamente svuotate e pulite in ogni loro componente: la ruota a pale deve essere pulita, le guarnizioni vanno opportunamente cambiate, i dischi del rotore devono essere puliti e il tubo di aspirazione va svuotato, rimosso dal condotto di aspirazione e conservato in un luogo asciutto. Le pompe subacquee possono essere lasciate nel pozzo se il tubo di pressione viene svuotato al di sotto della linea del gelo. L'alzata sopra la valvola di scarico deve essere svuotata e la fogna va coperta per proteggerla dal gelo. Se non può essere garantito un ambiente resistente al gelo per la pompa nel pozzo, essa deve essere rimossa, svuotata e conservata in una stanza antigelo. Una volta che dovrà essere riutilizzata andrà prima riempita. I tubi e gli irrigatori vanno scollegati dalle valvole di derivazione e aperti nei punti bassi in modo tale da drenarli. Possono essere lasciati sul posto e sono praticamente esenti da manutenzione; è consigliabile ricollegare i tubi tra di loro per evitare che siano usati come tane per lo svernamento di piccoli mammiferi. Se possibile, la valvola pilota deve essere smontata e conservata al riparo dal gelo; può rimanere ferma se le tubature di servizio vengono svuotate, ma deve essere protetta dall'impatto dell'acqua con un telo isolante. I fusibili devono essere rimossi, tutto il materiale elettrico va protetto dal gelo e l'impianto va tenuto spento. In primavera con lo scioglimento della crosta di ghiaccio il sistema di irrigazione va rimesso in funzione subito, ma prima che venga azionato occorre controllare l'impianto.

I tubi di aspirazione e le pompe devono essere riempiti fino alla valvola a saracinesca, si chiude il tappo di scarico e si riavvia la pompa a pressione ridotta; si chiude la saracinesca di risucchio sulla pompa, si avvia la pompa e la si lascia funzionare contro la saracinesca chiusa. Si apre l'ingresso della pompa lentamente fino a quando i tubi non sono completamente riempiti e gli irrigatori funzionano. È importante preparare in anticipo una lista di controllo individuale per spegnere e ricollegare ogni impianto di irrigazione per mantenere basso il tempo di riavvio e ridurre il rischio di errore (*Odenthal – Kahabka 2005*). È opportuno attivare una procedura di controllo dell'impianto e delle le cataste di legname. In particolare il controllo dell'operatività degli spruzzatori, la pressione e la portata dell'acqua, il funzionamento di pompe, tubazioni e valvole. Prima della realizzazione dell'impianto di bagnatura, considerando la probabilità che non lavori a regime di

progettazione, occorre valutare l'alimentazione d'acqua da altre fonti idriche, la disponibilità di pompe di riserva e l'immagazzinamento di altre parti di ricambio soggette ad usura (*Odenthal – Kahabka 2005*).

Un altro aspetto importante è quello legato alla sicurezza degli operatori: è necessario installare il sistema di irrigazione in maniera tale che necessiti della minor manutenzione possibile, posizionare gli irrigatori in modo che siano facili da raggiungere e che possano essere sottoposti a manutenzione senza pericolo di caduta (*Odenthal – Kahabka 2005*).

I tronchi devono essere accatastati per lunghezza ed accatastati separatamente con l'estremità inferiore rivolta verso la strada a formare un angolo retto con essa, ottenendo così il profilo del tetto desiderato con l'acqua che scorre da un lato.

L'acqua d'irrigazione deve coprire bene le sezioni trasversali; il lato anteriore della pila deve essere leggermente inclinato all'indietro altrimenti si creerebbe una zona secca protetta dalla pioggia, facendo così perdere qualità al legno. Le pile dovrebbero essere classificate per lunghezza, diametro, specie, qualità, proprietario e impilate separatamente, con un'altezza massima consigliata di 4 m, in maniera da garantire una conservazione della qualità ottimale del legname (*Odenthal – Kahabka 2005*).

Accatastare tronchi di lunghezza omogenea serve a facilitare e rendere migliore il lavoro dell'impianto di bagnatura e consentire una maggiore variabilità dei mezzi di trasporto utilizzabili per trasferire il legname.

Solitamente la suddivisione del legname viene effettuata in due classi diametriche: “fino a 34 cm” e “oltre 35 cm”. Nei siti più grandi, dove il legname proviene da diversi proprietari boschivi ed è stoccato tutto insieme, è molto utile la documentazione che fornisce informazioni riguardanti i proprietari forestali, i volumi legnosi, specie, qualità del legname, momento del taglio, inizio dell'irrigazione (*Odenthal – Kahabka 2005*).

### *Gestione dei flussi di legname*






La gestione di flussi in entrata e uscita deve essere ben documentata. Questa attenzione è fondamentale per avere un registro e un controllo sui quantitativi presenti in piazzale e inoltre mantenere un monitoraggio nel tempo in relazione alle fluttuazioni di mercato. La storicità delle informazioni permette di affrontare in modo più preparato gli scenari di fluttuazioni di mercato e le strategie di accumulo e vendita del legname che transita nei piazzali di legname a conservazione in umido.

Inoltre, una stima dello stato attuale dei flussi di entrata e di uscita di legname dal piazzale può essere formata guardando le vendite degli anni precedenti.

Per avere un'idea chiara delle capacità di lavoro potenziali dell'impianto di irrigazione che si vuole realizzare è fondamentale stimare i costi di trasporto da e verso il sito di stoccaggio, coinvolgendo anche i futuri acquirenti del legno in fase di pianificazione.

Il trasporto del legname dalla foresta al sito di stoccaggio, sia in condizioni convenzionali che in seguito ad una tempesta, è tradizionalmente effettuato da veicoli specializzati, ovvero autocarri attrezzati per il trasporto di legname a misura, dotati di braccio articolato e pinza per il sollevamento e movimentazione del legname.

**art. 62, D.lgs. n° 285 del 30 aprile 1992**

	<b>Autocarro</b>	3 assi fino a 26 t (*) 4 o più assi fino a 32 t (*)	➔	da 10 a 14 m <sup>3</sup> da 15 a 18 m <sup>3</sup>
	<b>Autotreno</b>	3 assi fino a 24 t	➔	da 10 a 14 m <sup>3</sup>
		4 assi fino a 40 t > 5 assi fino a 44 t		da 20 a 26 m <sup>3</sup> da 20 a 30 m <sup>3</sup>
	<b>Autoarticolato</b>	4 assi fino a 40 t	➔	da 20 a 26 m <sup>3</sup>
		5 o più assi fino a 44 t		da 20 a 30 m <sup>3</sup>

(\*) se dotati di asse motore con pneumatici gemellati e sospensioni pneumatiche

*Figura 9 Caratteristiche degli automezzi utilizzati per il trasporto di legname*

Il trasporto dalle aree di utilizzazione al piazzale di deposito strategico può avvenire secondo il seguente schema:

- Dall'area di utilizzazione verso la segheria con autocarro
- Con trattore e rimorchio fino al piazzale dove il legname viene caricato su un autocarro

I costi di trasporto sono quindi influenzati da distanza di conferimento, capacità di carico del sistema di trasporto e dalla necessità di ricorrere a piazzali di deposito intermedi.

Le tematiche introdotte servono a capire quali siano le problematiche legate alla gestione, alla conservazione e al trasporto del legname proveniente da foreste colpite da tempeste di vento. È importante sottolineare che i piazzali forestali dotati di impianti di irrigazione sono strategici per le aziende di prima trasformazione del legno perché possono conservare migliaia di m<sup>3</sup> di legname per diversi mesi grazie ad impianti di bagnatura che mantengono costante l'umidità delle cataste, evitando così che la qualità dei tronchi venga compromessa

### 3. Piazzali di stoccaggio umido in Trentino

#### 3.1 Casi studio stoccaggio umido

In questo lavoro sono stati approfonditi due casi studio relativi allo stoccaggio umido nella Provincia Autonoma di Trento: il piazzale strategico di Novaledo e quello di Predazzo. Si trattano di due realtà diverse per localizzazione, tipo di gestione, proprietà e strategia di mercato.

Tramite intervista ai gestori delle due infrastrutture e ai progettisti degli impianti si è raccolto tutta una serie di dati utili per capire come si sono concretizzate le necessità di conservazione del legname abbattuto dalla tempesta Vaia nelle due realtà studiate. Sono stati presi in analisi le caratteristiche progettuali dei due piazzali, sono stati esaminati gli impianti di bagnatura ed infine riportati i consumi energetici, le spese di realizzazione e i costi di gestione.

I due esempi appena citati sono descritti negli Allegati e sono funzionali alle considerazioni del lavoro di tesi.

## 4. Materiali e metodi

### 4.1 Analisi di rete e logistica

Per valutare la funzionalità strategica dei piazzali forestali presenti nel territorio della Provincia autonoma di Trento si è usato il software a libero accesso QGis versione 3.16, un'applicazione con cui si riesce a visualizzare, organizzare, analizzare e rappresentare dati spaziali permettendo così di generare cartografia. Il software ha permesso di valutare la distanza su due livelli di viabilità tra i piazzali di versante e i piazzali strategici, in particolare con lo strumento Analisi di rete (*Network Analysis*) sono stati effettuati i calcoli delle distanze minime dei piazzali locali dalla rete stradale principale e le distanze minime dai punti di intersezione tra viabilità forestale e principale e i piazzali strategici. Conseguentemente sul foglio di calcolo Excel sono stati calcolati i tempi di percorrenza di ciascun tratto su strada forestale e su strada principale.

Conoscere la distanza che deve percorrere un mezzo forestale o un autocarro dal piazzale locale fino al sito di stoccaggio è importante perché consente di calcolare i tempi di percorrenza e il numero di carichi che si riescono a trasportare con un singolo mezzo in una giornata di lavoro, stimare i costi di trasporto e organizzare così la migliore strategia di gestione dei flussi di legname in funzione degli obiettivi e delle necessità di approvvigionamento, sia delle aziende di trasformazione del legno sia degli enti territoriali che tutelano il patrimonio boschivo.

#### 4.1.1 Distanze dalla rete stradale principale e dai piazzali strategici

Per effettuare l'analisi delle distanze e dei tempi di percorrenza ci si è avvalsi di un insieme di dati che costituiscono una serie di punti di partenza, di punti di arrivo e di vettori che rappresentano la rete stradale. Come punti di inizio e di fine tragitto sono stati utilizzati due layers forniti dal Servizio Foreste e Fauna della provincia, uno di tipo puntuale che rappresenta i piazzali locali e l'altro di tipo poligonale che rappresenta i piazzali strategici. I livelli vettoriali di tipo lineare relativi alla viabilità forestale e alla viabilità urbana/extra-urbana sono stati scaricati dal geoportale provinciale e sono serviti come vettore per calcolare il percorso più breve tra un piazzale di versante e il più vicino piazzale strategico. Prima di iniziare il procedimento di analisi e di calcolo per tutti i layers appena descritti è stato impostato un sistema di riferimento uguale per tutti, in questo caso il sistema WGS 84 UTM zone 32N avente codice EPSG 32632, così da poter visualizzare ed elaborare correttamente tutti i dati. Successivamente i layers rappresentanti i piazzali forestali sono

stati raggruppati per UDF in modo tale da elaborarli per ottenere risultati che permettano di avere una visione sia su scala distrettuale che su scala provinciale.

Per calcolare la distanza minima di ciascun piazzale locale dalla rete viaria principale si è fatto ricorso alla funzione “Percorso più breve” dello strumento Analisi di rete (*Network analysis*): per ciascun piazzale locale è stato calcolato il percorso più corto che un mezzo deve seguire partendo dallo stesso, passando lungo la viabilità forestale, per arrivare alla prima arteria stradale principale.

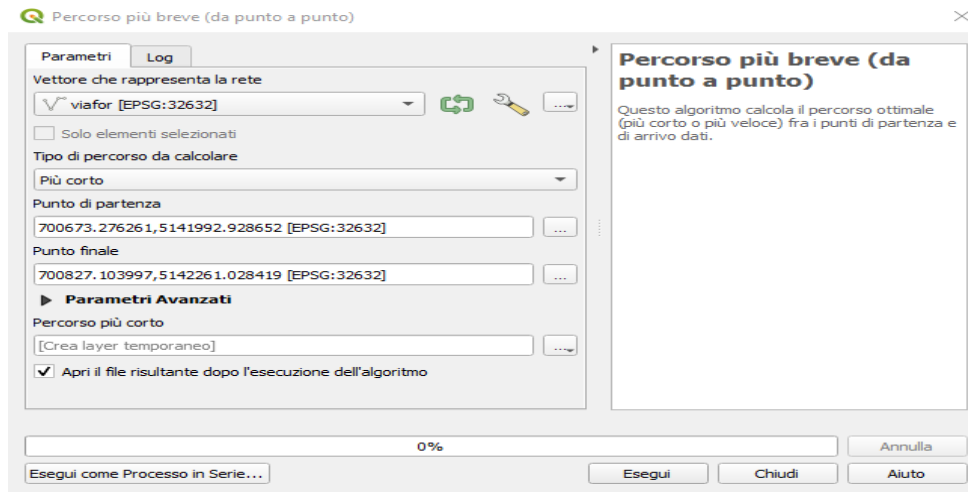


Figura 10 Schermata della funzione “Percorso più breve” dello strumento Analisi di rete

I parametri di input che si inseriscono sono la viabilità forestale come vettore che rappresenta la rete di collegamento, le coordinate del piazzale locale come punto di partenza e le coordinate del punto di collegamento tra la viabilità forestale e quella principale come punto di arrivo. La funzione elabora un layer di tipo lineare che riporta le coordinate dei punti di partenza, quelle del punto di arrivo e la distanza più breve espressa in metri.

Per ogni piazzale locale è stato salvato il file relativo alla distanza su strada forestale e tutte queste distanze sono state unite per UDF in un unico layer con lo strumento “Fondi vettori” (merge) ottenendo così un livello vettoriale contenente tutti i percorsi su strada forestale di un distretto.

Per calcolare le distanze sulle strade principali il procedimento sopra descritto è stato ripetuto impostando stavolta l’incrocio tra la strada forestale da cui proviene il piazzale di versante e quella principale come punto di partenza e il piazzale strategico più vicino come punto di arrivo. Anche in questo caso le distanze sono state accorpate in unico file di tipo shape relativo all’UDF analizzato.

Tutte le operazioni di calcolo della distanza su strada forestale e su strada principale sono state eseguite per tutti i piazzali locali di tutti gli UDF. Per ciascun distretto sono stati ottenuti

due file vettoriali: uno contenente tutti i percorsi brevi su viabilità forestali e l'altro contenente tutti quelli su viabilità principale.

#### 4.1.2 Tempi di percorrenza e costi di noleggio

Una volta che i layer relativi alle distanze precedentemente descritti sono stati raggruppati per UDF in un unico shapefile, questi sono stati esportati in fogli elettronici di calcolo Excel sui quali sono stati calcolati i tempi di percorrenza.

I valori relativi alle distanze sono stati convertiti da m a km e poi, dividendoli per la velocità espressa in km/h, sono stati trasformati in tempi di percorrenza riportati in ore e moltiplicando quest'ultimo valore per sessanta si è ottenuto il tempo di percorrenza espresso in minuti. Per i tratti di percorso su strada forestale sono state considerate velocità di 7 e 10 km/h, mentre nel foglio di calcolo riferito al percorso su strada principale le velocità considerate sono pari a 25 e 30 km/h. Una volta ottenuti i tempi di percorrenza su entrambi i tratti per ciascuna velocità sono stati calcolati i range dei tempi di percorrenza ipotizzando le quattro diverse possibilità di combinazione tra velocità su strada forestale e tra quella su strada principale.

Per ogni UDF sono stati calcolati i valori medi delle distanze e dei tempi di percorrenza su strada forestale e su strada principale, dai quali sono stati estrapolati i valori medi relativi al territorio provinciale.

Considerando un autocarro con rimorchio avente capacità di trasporto di legname fino a 30 m<sup>3</sup> il cui costo di noleggio equivale a 55 €/h, sono stati calcolati i costi di trasporto medi per ciascun distretto e a livello provinciale.

## 5. Risultati

I risultati ottenuti mostrano che nel territorio della Provincia autonoma di Trento la distanza media fra un piazzale locale e il piazzale strategico più vicino è di 22 km circa, di cui 2 km sono su strada forestale e 20 km su strada principale. In base alla velocità ipotizzata sulla strada forestale e sulla strada principale i tempi di percorrenza medi sono di 60 min con velocità di 10 km/h e di 65 min con velocità di 7 km/h se il mezzo viaggia sulla strada principale a 25 km/h; se quest'ultima si alza a 30 km/h i tempi si abbassano a 52 e 57 min. Tuttavia osservando i valori di ciascuno dei distretti forestali si possono notare differenze significative. I piazzali locali degli UDF di Cavalese, Demanio, Primiero, Tione e Trento si trovano entro 1,5 km di distanza dalla viabilità principale, mentre quelli degli UDF di Borgo Valsugana, Pergine Valsugana e Rovereto e Riva del Garda si trovano tra i 2,20 e i 3,50 km di distanza.

Per quanto riguarda i tratti su strade principali gli UDF di Borgo Valsugana, Cavalese, Demanio, Pergine Valsugana, Primiero e Rovereto e Riva del Garda hanno valori di distanza che oscillano da 7 a 16 km, cioè al di sotto del valore medio; invece gli UDF di Tione e Trento hanno valori di 61 e di 35 km circa. I valori più alti si spiegano per il fatto che nell'UDF di Tione non sono presenti piazzali strategici e il più vicino ai piazzali locali di Tione e di Trento risulta essere quello pianificato nei pressi del capoluogo di provincia.

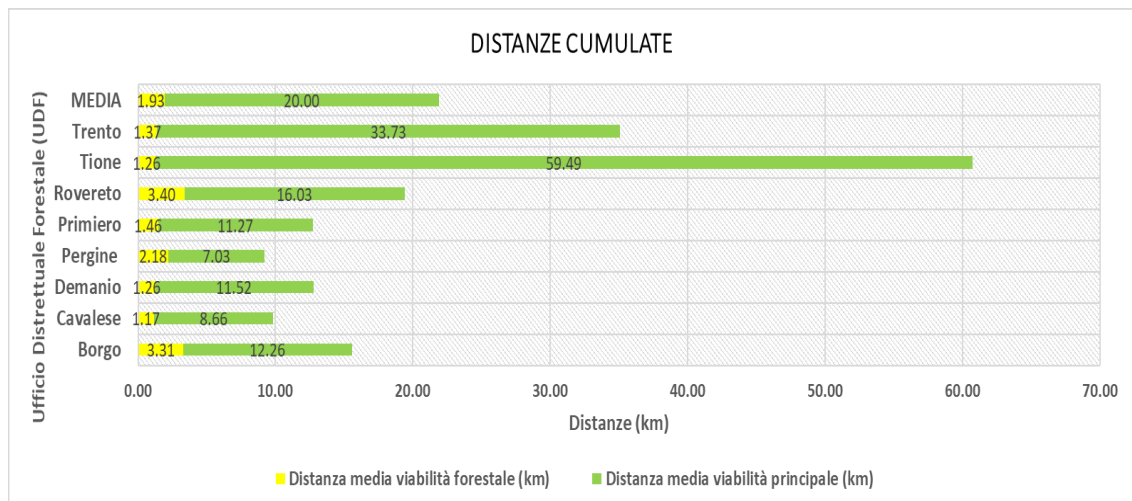


Figura 11 Distanze cumulate tra piazzali locali e strategici ripartite nelle due tipologie di viabilità

Anche i tempi di percorrenza sono molto eterogenei: nei distretti forestali di Cavalese e i tempi non vanno oltre i 31 min, mentre per il Primiero e Pergine Valsugana questa soglia si alza a 40 min; anche per il Demanio i tempi non superano i 40 min perché la maggioranza



dei propri piazzali locali è situata nei dintorni della Foresta Demaniale di Paneveggio e del Passo Rolle, ovvero zone vicine al piazzale strategico di Predazzo. Gli UDF di Borgo Valsugana e Rovereto e Riva del Garda hanno tempi di percorrenza complessivi che variano intorno ai 60 min; per Trento si arriva a 90 min, mentre per Tione tali livelli si alzano fino a 154 min per le ragioni precedentemente descritte.

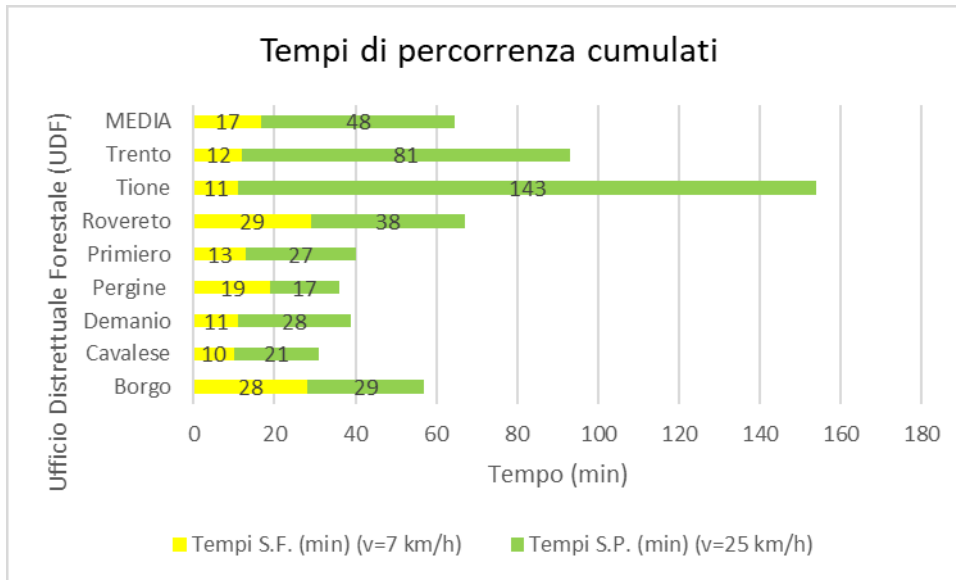


Figura 12 Tempi di percorrenza cumulati con velocità di 7 e 25 km/h

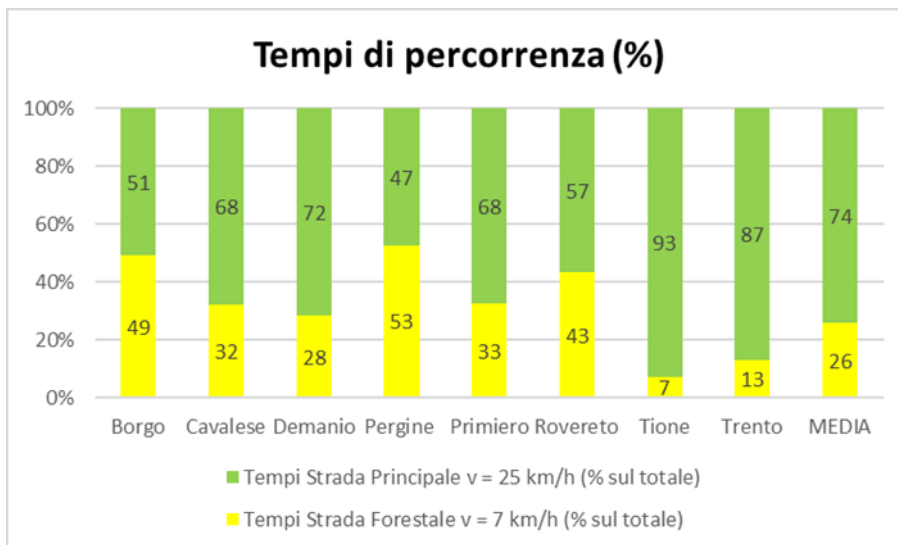


Figura 13 Ripartizione percentuale dei tempi di percorrenza riferita alla Figura 8

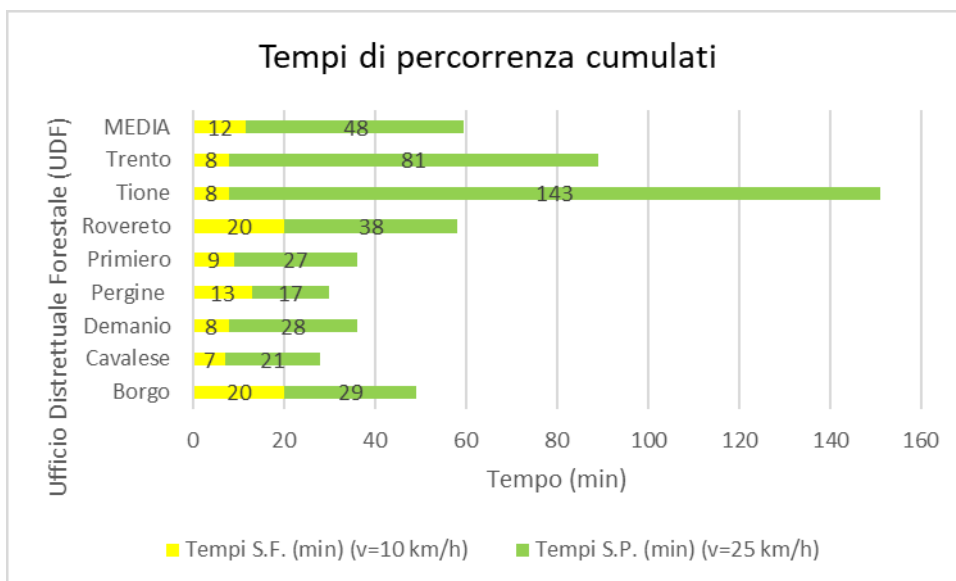


Figura 14 Tempi di percorrenza cumulati con velocità di 10 e 25 km/h

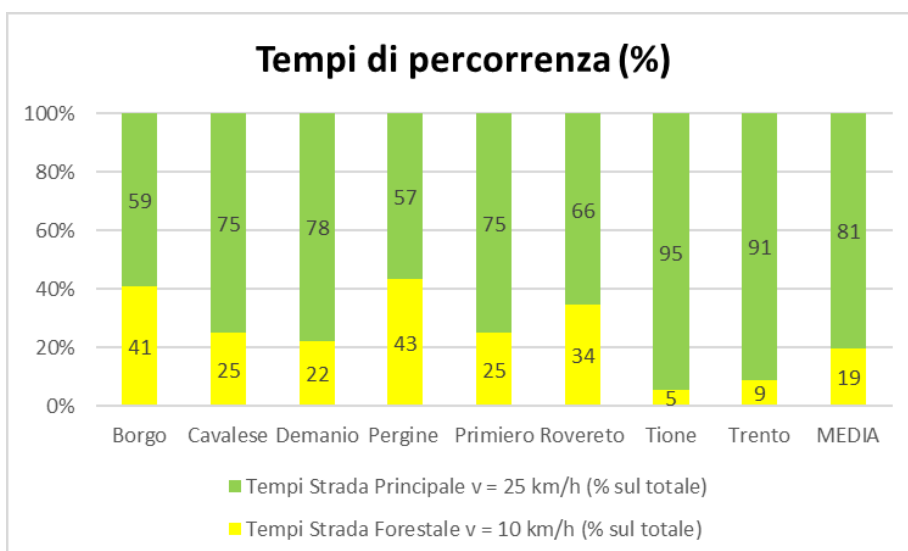


Figura 15 Ripartizione percentuale dei tempi di percorrenza riferita alla Figura 10

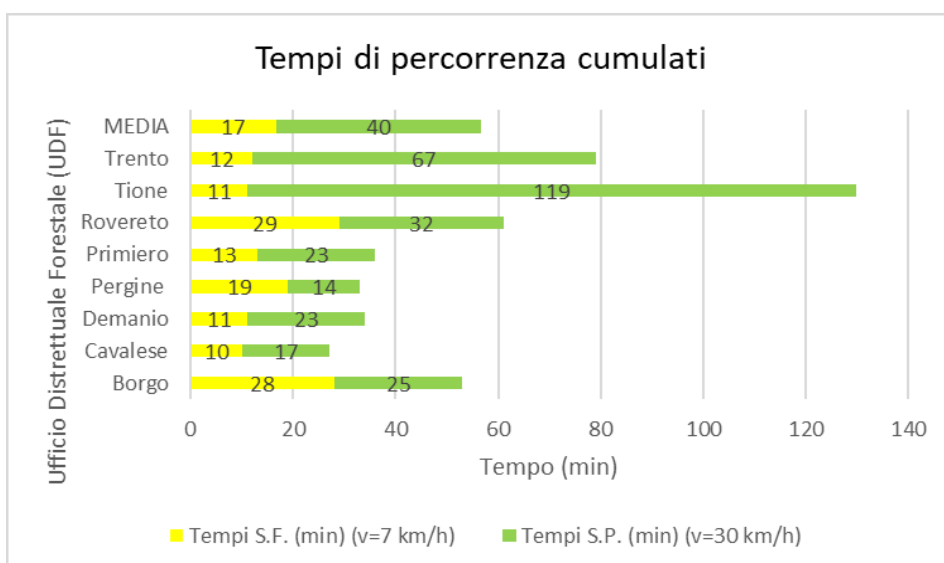


Figura 16 Tempi di percorrenza cumulati con velocità di 7 e 30 km/h

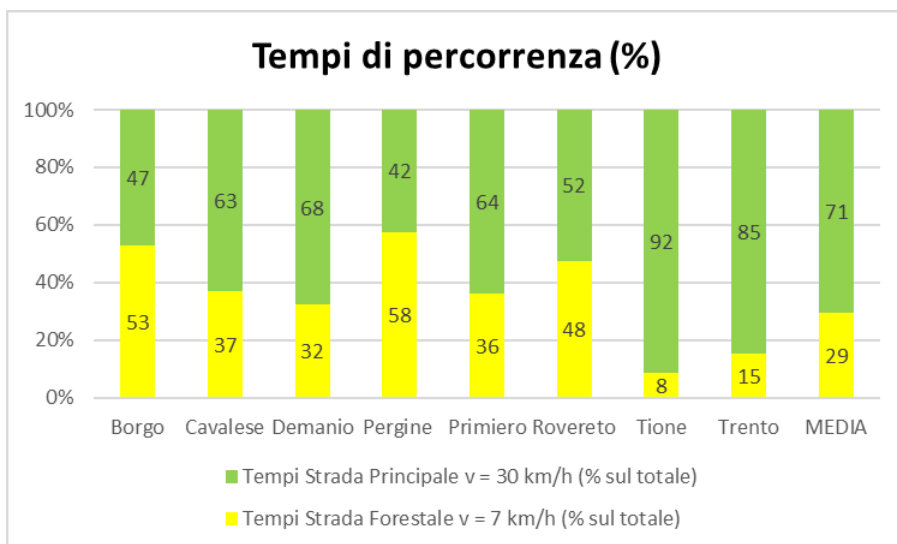


Figura 17 Ripartizione percentuale dei tempi di percorrenza riferita alla Figura 12

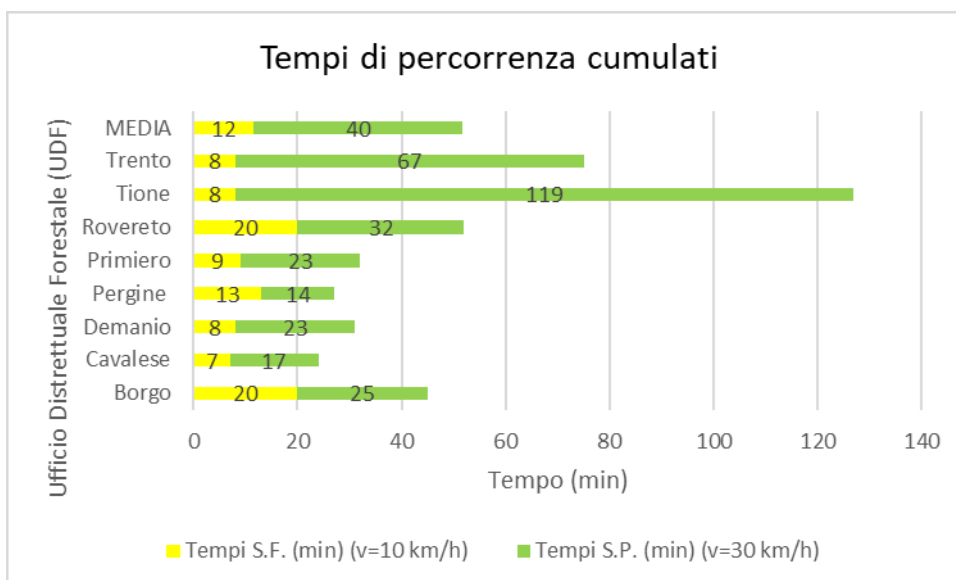


Figura 18 Tempi di percorrenza cumulati con velocità di 10 e 30 km/h

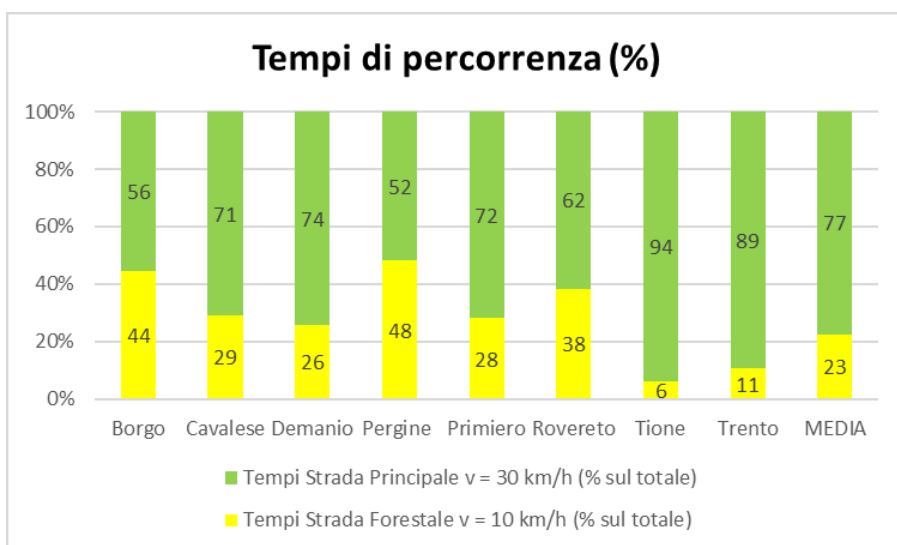


Figura 19 Ripartizione percentuale dei tempi di percorrenza riferita alla Figura 14

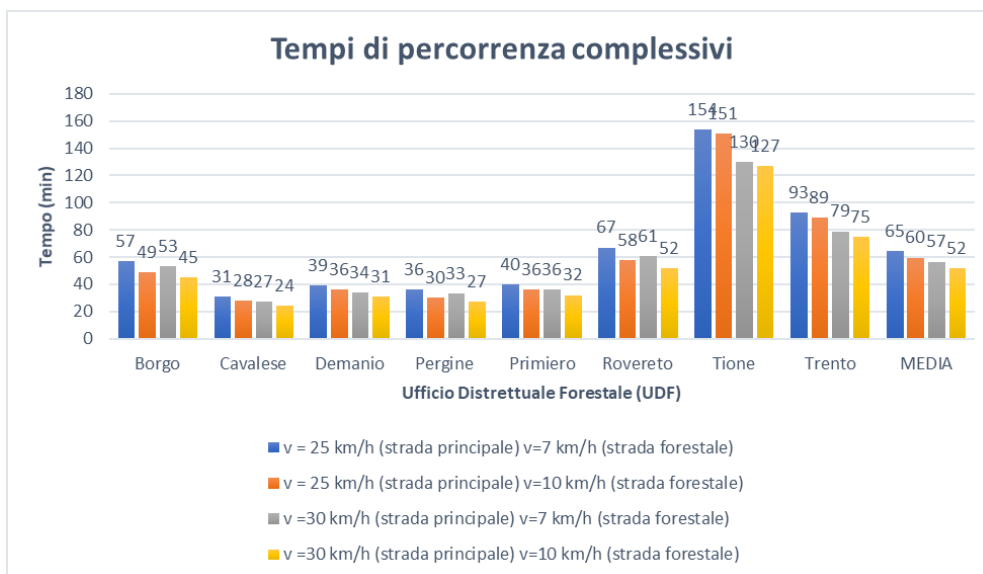


Figura 20 Range dei tempi di percorrenza per ciascun UDF e a livello provinciale

I costi di noleggio sono stati calcolati sui tempi di percorrenza medi di ogni distretto relativi alle combinazioni tra valori massimi e valori minimi delle velocità di viaggio di un autocarro che percorre le due tipologie di strada, ovvero forestale e principale. Si sono considerati perciò 7 e 25 km/h nel primo caso, mentre nel secondo 10 e 30 km/h. Per calcolare il costo di noleggio si considera il tempo che un mezzo di trasporto di legname impiega per effettuare un viaggio di andata dal piazzale strategico verso il piazzale locale e ritorno, cui vanno aggiunti 30 minuti per le operazioni di carico e scarico legname. Da questo valore espresso in minuti si è calcolato il costo di ogni UDF sul costo di noleggio del mezzo di 55 €/h.

UDF	v = 7 km/h (S.F.) e v = 25 km/h (S.P.)		v = 10 km/h (S.F.) e v = 30 km/h (S.P.)	
	Tempo di viaggio a/r (min)	Costo su tutto il tratto a/r (€)	Tempo di viaggio a/r (min)	Costo su tutto il tratto a/r (€)
Borgo	144	132	120	110
Cavalese	92	84	78	72
Demanio	108	99	92	84
Pergine	102	94	84	77
Primiero	110	101	94	86
Rovereto	164	150	134	123
Tione	338	310	284	260
Trento	216	198	180	165
MEDIA	159	146	133	122

Tabella 1 Costi di noleggio di un autocarro per un viaggio di andata e ritorno per un piazzale strategico

Dalla tabella sopra (Tabella 2) si nota che nei quattro UDF del trentino orientale e in quello del Demanio i costi di noleggio di un autocarro con rimorchio su un viaggio di andata e ritorno per un piazzale strategico variano dai 72 ai 132 €. Per gli altri distretti tali costi assumono valori da 123 a 310 € a causa delle maggiori distanze complessive che i mezzi devono coprire su strade principali in quanto i piazzali strategici sono più distanti.

## 5.1 Valutazione della dislocazione dei piazzali

I risultati sopra descritti evidenziano una notevole differenza nel numero e nella distribuzione delle diverse categorie di piazzali forestali presenti nel territorio provinciale. Analizzando i quattro distretti del Trentino Orientale e del Demanio si nota che ci sono più piazzali locali rispetto a quelli strategici, tranne nell'UDF di Cavalese dove ci sono più piazzali strategici ben distribuiti su tutto il territorio. In tale distretto molte zone colpite da Vaia si trovano nelle parti più basse dei versanti o sono vicine alle arterie stradali principali; addirittura in alcune aree i piazzali strategici sono stati realizzati, o almeno pianificati, nei punti di intersezione tra viabilità forestale e principale.

Tutto ciò potrebbe giustificare, nell'UDF di Cavalese, la scelta di aver realizzato più piazzali strategici, di aver allargato e costruito nuovi piazzali locali in zone ben specifiche, vicine alle strade principali e ai piazzali strategici. Questa situazione potrebbe anche essere scaturita dalla maggiore disponibilità di superfici di proprietà pubblica nel fondovalle contemporaneamente ubicate in aree idonee sia urbanisticamente che dal punto di vista della sicurezza idraulica.

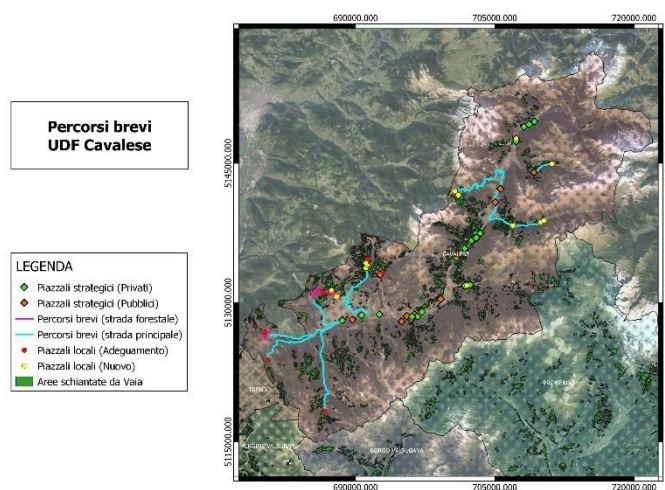


Figura 21 Rete dei percorsi più brevi nell'UDF di Cavalese

Nell'UDF di Borgo Valsugana i piazzali sono stati realizzati in numero adeguato, in aree ben studiate e adatte allo scopo in funzione della categoria. La distanza su strada principale e i tempi di viaggio si discostano poco dai valori degli altri distretti maggiormente colpiti da Vaia, mentre la distanza su strada forestale è doppia rispetto agli altri UDF e ciò fa aumentare le distanze e i tempi di percorrenza dei mezzi di trasporto di legname.

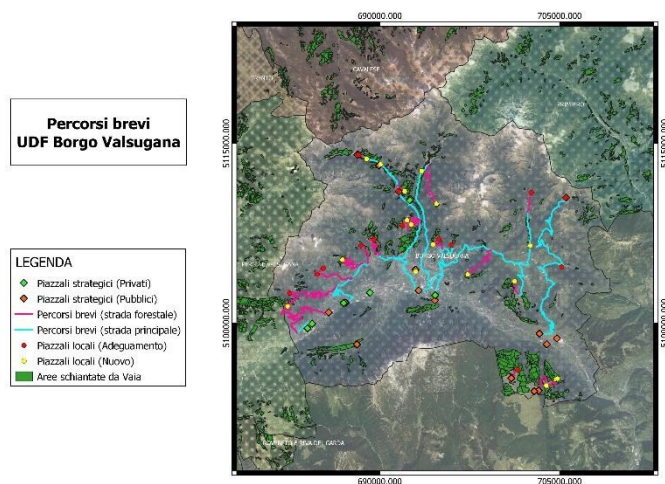


Figura 22 Rete dei percorsi più brevi nell'UDF di Borgo Valsugana

Nel distretto di Pergine Valsugana i piazzali locali si trovano ad una distanza dalla viabilità principale superiore rispetto alla media ma i piazzali strategici sono siti vicini ai punti di innesto tra viabilità forestale e principale; inoltre sono distribuiti in modo tale da servire al meglio i piazzali di versante e i cantieri aperti presso le aree schiantate.

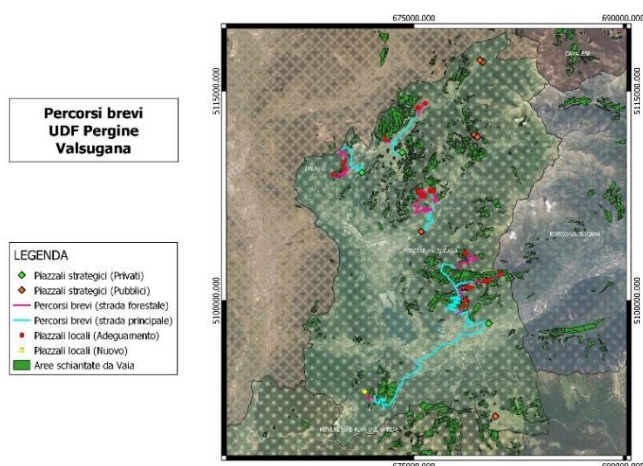


Figura 23 Rete dei percorsi più brevi nell'UDF di Pergine Valsugana

In Primiero la buona dislocazione dei piazzali strategici su tutto il territorio colpito da Vaia fa sì che i piazzali locali, già vicini alla viabilità principale, siano essere ben collegati con i piazzali di stoccaggio.

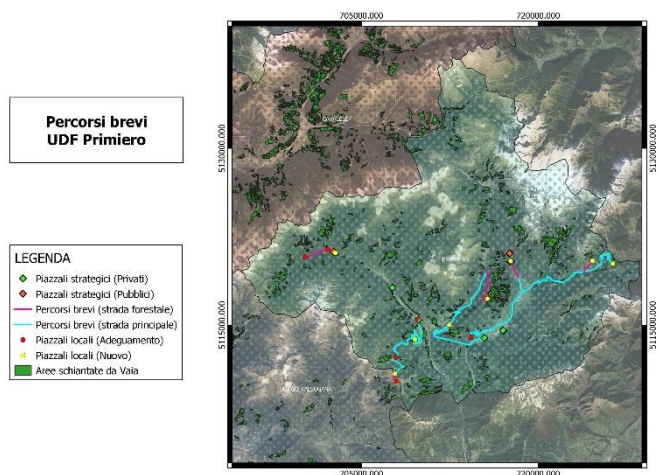


Figura 24 Rete dei percorsi più brevi nell'UDF di Primiero

Per il Demanio, il quale non ha dei propri piazzali strategici, ai fini dei calcoli sono stati considerati i piazzali strategici più vicini ovvero quelli situati in Val di Fiemme, a Predazzo e in Primiero. Il territorio dell'Agenzia Provinciale delle Foreste Demaniali presenta caratteristiche di dislocazione dei piazzali forestali, di distanze e di tempi di percorrenza molto simili a quelli dell'UDF di Primiero.

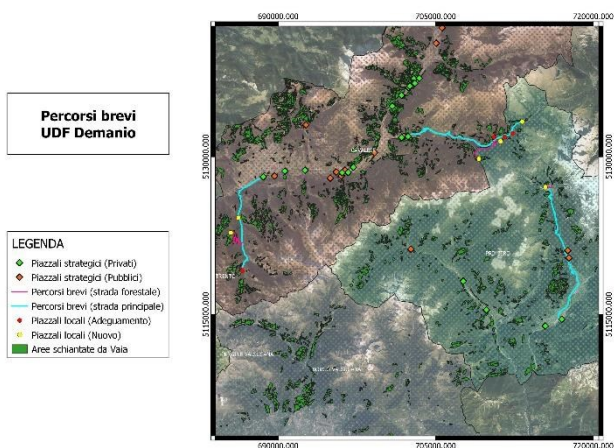


Figura 25 Rete dei percorsi più brevi nel territorio dell'Agenzia Provinciale delle Foreste Demaniali

Nel distretto di Rovereto e Riva del Garda i piazzali locali sono stati realizzati in modo che i mezzi debbano percorrere distanze ridotte su strada forestale; per quanto riguarda la distanza su strada principale risulta ridotta dove i piazzali strategici sono siti in prossimità delle aree schiantate, mentre nel caso dei piazzali locali situati nell'area sud del distretto questa distanza è più alta.

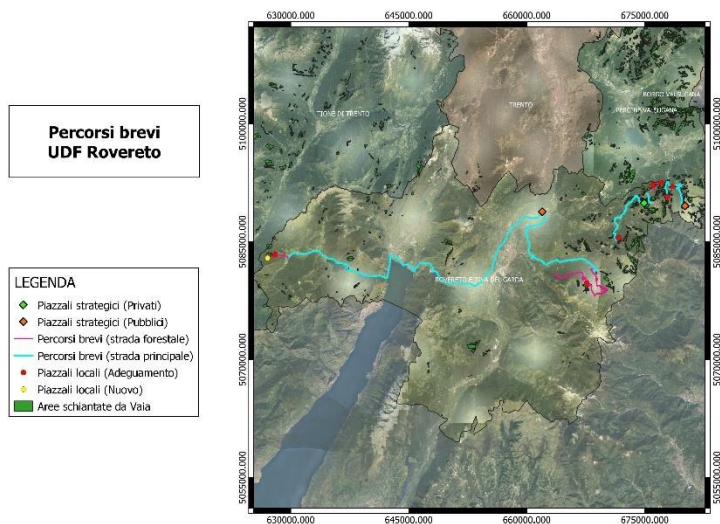


Figura 26 Rete dei percorsi più brevi nell'UDF di Rovereto e Riva del Garda

Per quanto riguarda gli UDF di Tione e Trento tutti i piazzali locali sono stati realizzati adiacenti alla viabilità principale e in prossimità delle aree schiantate; nei pressi della città di Trento è stato pianificato a livello di piano un piazzale strategico da 26 ha di estensione che può stoccare grandi quantità di legname proveniente non solo dal proprio distretto ma anche da quelli adiacenti.

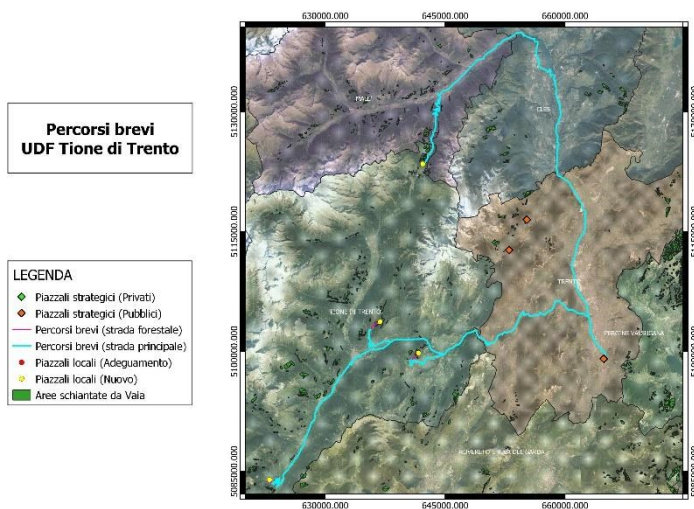
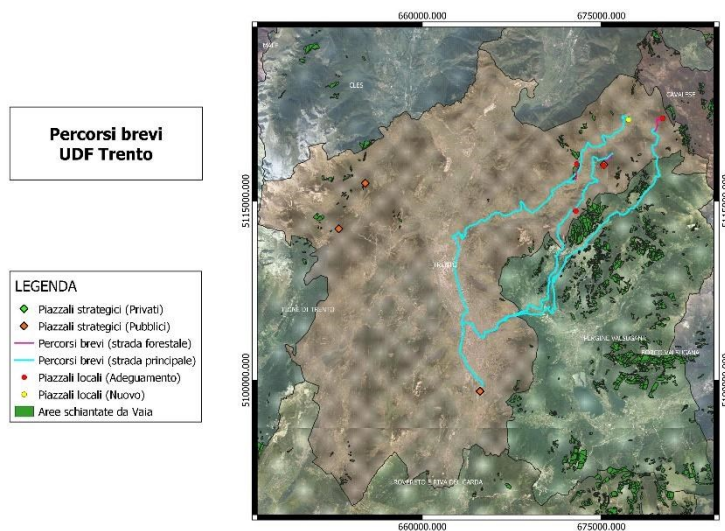


Figura 27 Rete dei percorsi più brevi nell'UDF di Tione di Trento





*Figura 28 Rete dei percorsi più brevi nell'UDF di Trento*

Complessivamente nel territorio provinciale sia i piazzali locali sia quelli strategici sono stati realizzati in zone vicine alle aree schiantate e contemporaneamente in prossimità delle strade principali, così da garantire un miglioramento della logistica dei trasporti e della conservazione del materiale legnoso schiantato assicurando funzionalità alla risoluzione della fase emergenziale.

## 6. Discussioni

I piazzali forestali risultano essere indispensabili non solo per la gestione dei cantieri dell'emergenza post tempesta Vaia, ma anche per adattare il sistema di gestione del legname attuato sino in condizioni ordinarie in Trentino.

Con quantitativi di legname caduto a terra superiori alla capacità di assorbimento dei piazzali presenti precedentemente a Vaia e a quella delle segherie i piazzali strategici sono stati rivalutati come aree di stoccaggio a lungo termine, così da permettere alle industrie e agli enti gestori delle foreste di vendere il legname in maniera dilazionata nel tempo secondo il prezzo del mercato più conveniente.

Allo stesso tempo la capacità di stoccaggio per un periodo di tempo superiore all'anno da parte dei piazzali strategici consente di affrontare l'emergenza bostrico con approcci diversi in funzione della dimensione delle aree interessate.

Dove sono presenti focolai circoscritti le quantità di legno estraibile dai lotti boschivi sono piuttosto limitate, i costi unitari di utilizzazione sono più elevati e in condizioni di maggiore difficoltà di esbosco diventano più alti, inoltre bisogna considerare lo spostamento dei cantieri qualora i focolai siano distribuiti in maniera puntiforme sulle aree forestali; in tal caso occorre trasportare i tronchi verso le segherie senza soluzione di continuità.

Invece nel caso di ampie aree infestate dal bostrico site ai margini delle superfici colpite dalla tempesta Vaia vi è la necessità di tagliare ed esboscare volumi maggiori di legname, però la capacità di assorbimento da parte delle segherie risulta inferiore alla capacità di utilizzazione. In questa circostanza entra in gioco il ruolo dei piazzali di stoccaggio, i quali possono conservare il legname bostricato che le industrie di prima trasformazione non riescono a lavorare.

Realizzare un piazzale di stoccaggio umido può portare a grandi vantaggi se in fase di progettazione si considerano attentamente tutte le voci di costo per la costruzione e la gestione dell'infrastruttura. Secondo le esperienze maturate in Baviera su più di due dozzine di piazzali dotati di impianto di bagnatura (Lutze, 2020) le spese di investimento ammontano a circa 5 €/m<sup>3</sup> tondo di legname di cui il 70% è per realizzazione del piazzale e dell'impianto di irrigazione. I costi operativi di gestione corrispondono a 3,10 €/m<sup>3</sup> tondo dei quali l'80% è speso per il costo personale impiegato, per la corrente elettrica e per la manutenzione; infine i costi di trasporto e movimentazione sono stimati in 14,00 €/m<sup>3</sup> tondo. Considerando un periodo di dieci anni per l'ammortamento delle spese di investimento iniziale, il costo di stoccaggio per 1 m<sup>3</sup> di legname equivale a 17,60 €/m<sup>3</sup>, di cui l'80% è dato dal costo di

trasporto. Si evince perciò che la distanza tra il cantiere forestale e il sito di stoccaggio sia determinante nello stabilire la redditività di un sito di conservazione del legname.

Decidere dove realizzare un piazzale di stoccaggio risulta fondamentale per abbattere i costi di noleggio degli autocarri, soprattutto se questi devono coprire lunghe distanze su strade forestali. Ancor prima dell'arrivo della tempesta Vaia la Provincia autonoma di Trento con fondi propri e con fondi recepiti attraverso lo strumento attuativo del Piano di Sviluppo Rurale (PSR) 2014-2020, in particolare con la Misura 4.3.2, ha finanziato progetti relativi all'adeguamento della viabilità forestale esistente e classificata, che portino ad un significativo miglioramento del transito in termini di sicurezza che di tempi di percorrenza dei mezzi ed ampliamento o nuova realizzazione di piazzali forestali e di altre strutture fisse per l'esbosco. La priorità di accesso a questi fondi monetari è stata data ai progetti che prevedevano la modifica da strada forestale ordinaria a strada forestale camionabile o la modifica della categoria strada classificata; ai piazzali progettati aventi uno stoccaggio potenziale superiore ai 2000 m<sup>3</sup> è stato dato maggior punteggio in graduatoria rispetto a quelli con minore capacità di stoccaggio.

I piazzali forestali attualmente presenti nella Provincia autonoma di Trento sono stati costruiti con lo scopo di ottimizzare, dalla fase di utilizzazione alla scelta del sistema di esbosco per poi decidere la tipologia del mezzo di trasporto, ogni aspetto della gestione logistica del legname schiantato e soddisfare le richieste del mercato.

Sia i piazzali locali sia quelli strategici sono stati realizzati in maniera tale da sopperire alle esigenze logistiche, rendere ottimale il lavoro di ripristino dei boschi e cambiare la prospettiva di gestione del legname in base agli scenari che si presentano. Entrambe le tipologie di infrastrutture sono distribuite congruamente tra gli UDF in funzione dei danni provocati da Vaia. In un'ottica di sviluppo di breve-medio termine i piazzali strategici, considerando i due casi studio, potrebbero essere dotati di un adeguato sistema di recupero delle acque reflue degli impianti irrigui, in modo tale da ridurre l'approvvigionamento idrico dalla falda o dal torrente. Nel caso del piazzale privato di Novaledo occorrerebbe, previo smontaggio dell'impianto attualmente presente, realizzare un sistema irriguo fisso al quale adattare la fase di accatastamento. Inoltre i soggetti proprietari o gestori di tali opere potrebbero dotarsi di strumentazioni quali TDR per monitorare costantemente il grado di umidità del legno.

Dato che nell'UDF di Tione non sono presenti piazzali strategici potrebbe essere importante pianificarne la realizzazione per far sì che il legname proveniente dalle aree limitrofe ai piazzali locali venga stoccato il più vicino possibile, abbattendo così i costi di noleggio.

## 7. Conclusioni

Questo lavoro di tesi ha permesso di analizzare le diverse strategie di gestione logistica del legname derivante dai boschi schiantati dalla tempesta Vaia nella Provincia autonoma di Trento, attraverso la valutazione della distanza tra i piazzali locali e i piazzali strategici e la loro distribuzione nei singoli distretti. Sono stati calcolati distanze e tempi di percorrenza che hanno permesso di capire quali sono i costi medi di noleggio di mezzi di trasporto di legname nei singoli UDF e nel territorio provinciale. Inoltre si è approfondito lo stoccaggio umido del legname schiantato grazie all'analisi di due casi studio presenti nel territorio provinciale. Grazie all'installazione di un impianto irriguo nei piazzali strategici viene garantita la conservazione delle cataste di legname in modo che le proprietà tecnologiche del legno restino intaccate per un arco di tempo di circa 2-3 anni. Tale pratica innovativa per il contesto territoriale trentino si è rivelata una valida soluzione per contrastare la diffusione del bostrico e il crollo del prezzo di mercato del legno.

Dato che nella Provincia autonoma di Trento si è cominciato ad applicare lo stoccaggio umido solo dopo l'evento del 29 ottobre 2018 si prospettano opportunità di studio e di implementazione di tale pratica laddove vi siano le condizioni idonee, approfondendo alcuni aspetti, ad esempio la riduzione del consumo idrico giornaliero e il monitoraggio dell'umidità delle cataste, che nei paesi scandinavi e dell'Europa Centrale sono già ampiamente studiati e consolidati con il sistema di gestione forestale locale.

I piazzali forestali possono essere utilizzati come aree di vendita all'asta del legname di maggior valore o in caso di necessità come aree di coordinamento delle emergenze quali incendio boschivo.

Con il cambiamento climatico in atto e l'aumento della probabilità di grandi calamità naturali, queste infrastrutture ricoprono un ruolo indispensabile per affrontare gli scenari futuri di gestione delle risorse forestali nella Provincia autonoma di Trento.

## 8. Allegati

### 8.1 Piazzale di Novaledo

Il primo caso preso in analisi è il piazzale di proprietà della segheria Eurolegnami, un sito di stoccaggio umido sito nel Comune di Novaledo nell'UDF di Borgo Valsugana. La segheria a seguito dell'evento Vaia ha acquistato una parte dell'appezzamento adiacente alla SS 47 su cui è stato realizzato il piazzale che occupa una superficie complessiva di 2 ha.

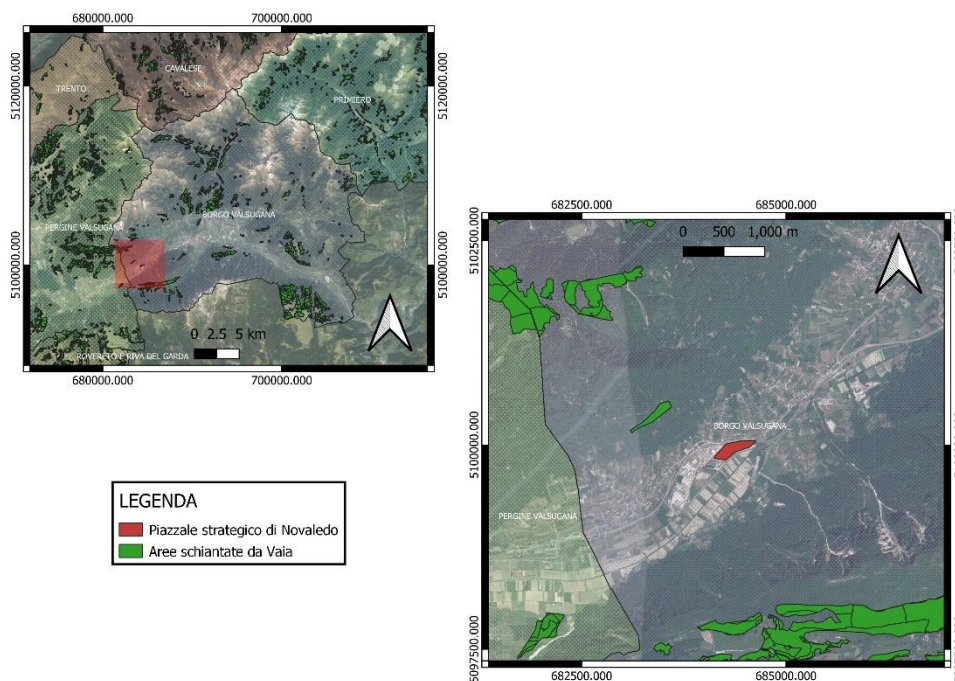


Figura 29 Localizzazione del piazzale strategico di Novaledo

Sul terreno sono state effettuate opere di bonifica, spianamento del terreno e il canale di scolo è stato deviato verso il margine della proprietà per recuperare spazio utile allo stoccaggio. Inoltre per garantire un buon drenaggio dell'acqua sono stati sistemati due strati di geo-tessuto per evitare la risalita capillare dell'acqua e sono stati distribuiti 17.000 m<sup>3</sup> di ghiaia su tutta la superficie, formando così uno strato di 85 cm. Tra il canale e la strada di transito è stato installato il guard-rail mentre il resto dell'area è stato perimetrato con un recinto chiuso da un cancello di accesso.

L'azienda ha acquistato tra i 250.000 e i 270.000 m<sup>3</sup> di legname su una zona che spazia da Folgaria al Primiero; di questi quantitativi circa 50.000 m<sup>3</sup> sono conservati nel piazzale. Le operazioni di riempimento dell'area dedicata sono iniziate nella primavera 2020 con 40.000 m<sup>3</sup> e sono terminate a marzo 2021 con altri 10.000 m<sup>3</sup>. Il macchinario usato per le operazioni di stoccaggio è un camion dotato di gru con rimorchio avente capacità di 35 m<sup>3</sup>.

Le cataste sono alte 8,5 m e hanno volumi che variano dai 600 ai 2.200 m<sup>3</sup>; i tronchi stoccati sono per il 70% abete rosso e per il 30% abete bianco e hanno il diametro medio di 35 cm

con un range che varia da 25 fino a 70-80 cm. Le cataste sono raggruppate in settori: dal primo al quinto settore ci sono quattro cataste per settore, il sesto e il settimo settore ne hanno cinque per ciascuno e l'ottavo ne ha tre (Figura 7). Gli spazi utili, l'ingombro dei mezzi e la logistica sono stati studiati attentamente e i costi di movimentazione verranno valutati quando l'azienda comincerà a vendere il legno. Considerando che la durata ottimale del periodo di conservazione in umido è di 3 anni, la segheria comincerà a utilizzare quel legname nella primavera del 2023.



Figura 30 Foto panoramica del sito di stoccaggio umido di Eurolegname (Eurolegname)

### 8.1.1 Caratteristiche costruttive dell'impianto

L'impresa Cont Irrigazioni, su progetto mutuato dall'impianto realizzato a Predazzo dalla Provincia Autonoma di Trento, ha realizzato l'impianto di irrigazione in funzione della disposizione delle cataste dato che la segheria ha acquistato e stoccato il legname subito prima che l'impianto fosse realizzato. L'approvvigionamento idrico è garantito da un pozzo con un tubo di 400 mm di diametro che grazie ad una pompa trifase da 22 kW capta l'acqua da una falda sotterranea posta a 50 m di profondità; a 45 m di profondità la pompa lavora in maniera stabile e una sonda situata a 40 m monitora il livello idrometrico della falda. La pompa del pozzo ha una portata di 12 l/s con una pressione di 4,5 bar e tramite un tubo interrato in polietilene da 110 mm di diametro PN 10 (pressione massima interna) porta l'acqua a ciascuno dei pozzetti che irrigano gli otto settori in cui sono suddivise le cataste. Ciascun pozzetto ha una pompa con una portata di 12 l/s e un invertitore tarato a 4,5 bar che regola la pressione e la corrente, la centralina da 9V prende contatto con il solenoide che tramite un pistone elettromagnetico apre (svuota d'acqua) o chiude (gonfia d'acqua) la membrana dell'elettrovalvola. La centralina permette di impostare i tempi di inizio e fine bagnatura tramite il segnale bluetooth del telefono (Figura 6).



*Figura 31 Centralina bluetooth collegata alla pompa del pozzetto 1*

Da ogni pozzetto dei primi sei settori si dirama una tubazione di 75 mm di diametro PN 10 alla quale si attacca un'ultima tubazione da 63 mm PN 10. Su questi due tubi si innestano in senso verticale cinque tubi da 40 mm PN 10, tre attaccati al tubo da 75 mm e due a quello da 63 mm, fino a 5 m di altezza. Gli ultimi 3 m di altezza sono percorsi da un tubo in acciaio zincato terminante con le girandole, ciascuna delle quali è dotata di due ugelli spruzzatori aventi portata pari a 2 l/s e una pressione di 3,8 bar. Il primo ugello partendo dal basso è inclinato di 90° e ha una gittata di 5 m per bagnare bene le teste dei tronchi, mentre il secondo è inclinato di 22° e ha una gittata di 20-21 m e in base alla sua posizione rispetto alla catasta si muove a cerchio o a settore (Figura 7).



*Figura 32 Ugelli in funzione nel settore 1*

Il settore 7 ha invece nove irrigatori da 0,3 l/s sistemati nelle parti sommitali delle cataste e quattro irrigatori da 0,3 l/s montati su treppiedi che spruzzano acqua sulle teste dei tronchi. Infine il settore 8 ha un irrigatore da 2,5 l/s posto in un angolo in cima alle cataste, sette da 0,3 l/s innestati sulle cataste e sei da 0,3 l/s piantati a terra, tre sul lato Nord e tre sul lato Sud, ciascuno su un treppiede per assicurare una buona bagnatura delle teste dei tronchi. Tutte le tubazioni sono sovradimensionate per evitare perdite.

## 8.1.2 Consumi e costi del piazzale

Per assicurarsi un buon stoccaggio dei 50.000 m<sup>3</sup> di legname nel piazzale di Novaledo la segheria Eurolegnami tiene acceso l'impianto tutto il giorno da marzo fino a settembre, mentre nel mese di ottobre soltanto nelle ore diurne perché il livello idrometrico della falda si abbassa. Dato che in inverno la temperatura nel piazzale può scendere fino a -8°C (con punte di -15°C) per evitare il congelamento dell'acqua all'interno dei tubi all'inizio di novembre il sistema viene spento e tutte le tubazioni vengono svuotate, per poi far ripartire l'irrigazione a marzo. L'impianto bagna un settore per 22 minuti consecutivi con 3-4 minuti di pausa per poi irrigare il settore successivo. Il settore 7 date le caratteristiche dei propri spruzzatori funziona contemporaneamente al settore 6; visto che ogni ciclo completo di tutto il piazzale dura 3 ore ogni giorno ciascun settore riceve otto turni di bagnatura.

pompe	1^ partenza	2^ partenza	3^ partenza	4^ partenza
1	00.00-00.22 + 4 min	3.02-3.24 + 4 min	6.04-6.26 + 4 min	9.06-9.28 + 4 min
2	00.26-00.48 + 4 min	3.28-3.50 + 4 min	6.30-6.52 + 4 min	9.32-9.54 + 4 min
3	0.52-1.14 + 4 min	3.54-4.16 + 4 min	6.56-7.18 + 4 min	9.58-10.20 + 4 min
4	1.18-1.40 + 4 min	4.20-4.42 + 4 min	7.22-7.44 + 4min	10.24-10.46 + 4 min
5	1.44-2.06 + 4 min	4.46-5.08 + 4 min	7.48-8.10 + 4 min	10.50-11.12 + 4 min
6 e 7	2.10-2.32 + 4 min	5.12-5.34 + 4 min	8.14-8.36 + 4 min	11.16-11.38 + 4 min
8	2.36-2.58 + 4 min	5.38-6.00 + 4 min	8.40-9.02 + 4 min	11.42-12.04 + 4 min

Tabella 2 Orari di funzionamento degli irrigatori riferiti ai primi quattro cicli di bagnatura

pompe	5^ partenza	6^ partenza	7^ partenza	8^ partenza
1	12.08-12.30 + 4 min	15.10-15.32 + 4 min	18.09-18.31 + 3 min	21.04-21.26 + 3 min
2	12.34-12.56 + 4 min	15.36-15.58 + 4 min	18.34-18.56 + 3 min	21.29-21.51 + 3 min
3	13.00-13.22 + 4 min	16.02-16.24 + 4 min	18.59-19.21 + 3 min	21.54-22.16 + 3 min
4	13.26-13.48 + 4 min	16.28-16.50 + 4 min	19.24-19.46 + 3 min	22.19-22.42 + 3 min
5	13.52-14.14 + 4 min	16.54-17.16 + 3 min	19.49-20.11 + 3 min	22.45-23.07 + 3 min
6 e 7	14.18-14.40 + 4 min	17.19-17.41 + 3 min	20.14-20.36 + 3 min	23.10-23.32 + 3 min
8	14.44-15.06 + 4 min	17.44-18.06 + 3 min	20.39-21.01 + 3 min	23.35-23.57 + 3 min

Tabella 3 Orari di funzionamento degli irrigatori riferiti ai quattro cicli di bagnatura del pomeriggio e della sera

Complessivamente tutto l'impianto irriguo utilizza circa 750 m<sup>3</sup> d'acqua al giorno, mentre i consumi energetici escludendo i 924 kWh del mese di marzo variano dai 6.000 ai quasi 7.800 kWh al mese.

La segheria per la realizzazione dell'impianto ha speso 40.000 € e per lo scavo del pozzo 25.000 €; mentre il soggetto a cui è intestata la concessione idrica di trenta anni è il Comune di Novaledo, perciò Eurolegnami non ha altri costi fissi. Il costo dell'energia elettrica totale annuo per il funzionamento dell'impianto si aggira intorno ai 12.000 €. Dato che l'impianto di bagnatura è stato realizzato in funzione della disposizione delle cataste, l'azienda Cont



Irrigazioni ha stimato un costo di smontaggio di tutta la parte aerea del sistema intorno a 2.000-3.000 €.

## 8.2 Piazzale di Predazzo

L'altro caso studio trattato in questo lavoro è il piazzale strategico sito in sinistra idrografica del torrente Travignolo in località Prà Tondo nel Comune di Predazzo nell'UDF di Cavalese (Figura 8). Tale infrastruttura è stata progettata e realizzata tra febbraio e ottobre 2019 in area golenale a monte della briglia filtrante sul torrente in modo tale che l'intera superficie ricadesse su proprietà pubblica, più precisamente 2/3 dell'area appartengono ai Beni Demaniali Ramo Acque della Provincia autonoma di Trento e 1/3 appartiene al Comune di Predazzo; la Magnifica Comunità di Fiemme (M.C.F.) detiene la concessione di utilizzo gratuito di 2/3 dell'infrastruttura.

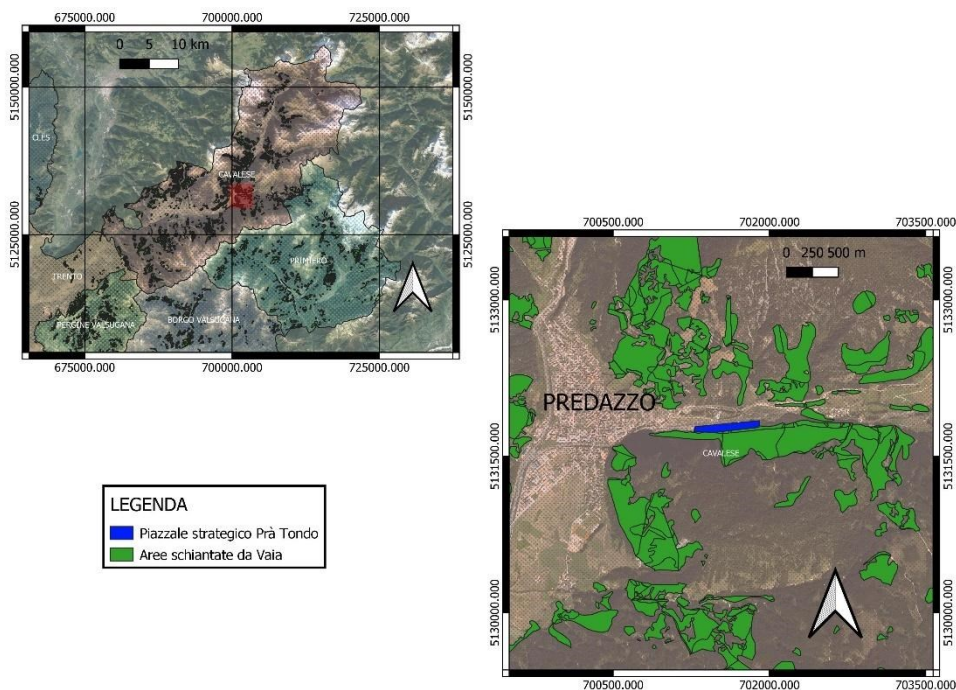


Figura 33 Localizzazione del piazzale strategico di Predazzo

Il piazzale si sviluppa parallelamente al corso del torrente per 400 m e per 45 m circa in larghezza, occupando una superficie complessiva di 19.000 m<sup>2</sup>. Di questa superficie 12.000 m<sup>2</sup> si trovavano in un'area di depressione tra l'argine del torrente e le pendici del monte; in questo avvallamento il Servizio Bacini Montani ha provveduto ad estirpare gli alberi presenti che sono stati sradicati dall'evento Vaia. Successivamente lo stesso soggetto ha effettuato le operazioni di riporto di 30.600 m<sup>3</sup> di materiale inerte proveniente dalla piazza di deposito posta a monte della briglia filtrante dove la piena di fine ottobre 2018 ha depositato i detriti utilizzati per il riporto. Inoltre dalla stessa superficie di deposito sono stati sgomberati tutti i

tronchi e i materiali legnosi trasportati dalla corrente durante lo stesso evento. Sugli altri 7.000 m<sup>2</sup> sono stati svolti lavori di scoticamento e riprofilatura della superficie prativa.

Sul lato Sud posto ai piedi del versante sono presenti quattro colatoi di cui quello più grande, situato nell'angolo Sud-Est del piazzale, è stato deviato in modo da far scaricare il materiale detritico verso la gola; gli altri tre colatoi sono stati svuotati dai detriti.

Il Servizio Bacini Montani ha riprofilato e rialzato raccordando uniformemente l'argine del torrente con uno slargo al termine della strada per un tratto di strada arginale con pendenza del 3% per una lunghezza complessiva di 180 m.

Il piano del piazzale strategico ha una pendenza longitudinale del 2-3%, mentre sul lato trasversale è rivolta verso il torrente ed è pari a 4%. Sul lato situato ai piedi del monte il piano del piazzale è stato profilato con una contropendenza larga 5 m circa, creando così un canale di drenaggio dell'acqua proveniente dal versante; tale portata viene convogliata in alveo, con un angolo di 90°, tramite una tubazione in calcestruzzo vibrocompresso del diametro di 1000 mm nel lato a monte del piazzale in corrispondenza della briglia.

Infine è stato ripristinato e rialzato di un metro, rispetto alla superficie dell'area di stoccaggio, un vecchio sentiero turistico passante per il lato Est del piazzale e tra il lato Sud del piazzale e il versante della montagna.

L'area del piazzale è suddivisa in tre parti uguali: nella prima vengono conservati i tronchi di migliore qualità destinati allo stoccaggio umido, nella seconda il legname da vendere ad altri soggetti sotto forma di assortimenti non utilizzabili dalla segheria della M.C.F., ovvero paleria, imballaggio, cippato e scarto; la terza zona rimanente è a disposizione del Comune di Predazzo che lo utilizza secondo le proprie esigenze.

I tronchi che vengono stoccati sotto gli irrigatori sono tutti di abete rosso, hanno un diametro superiore ai 30 cm e rientrano nelle classi qualitative A, B e C ovvero tondame destinato alla segagione. Per rispettare questi standard la ditta boschiva incaricata preleziona i tronchi durante la fase di allestimento e li accatista con corteccia in piazzale; una volta che la scortecciatrice li ha ripuliti dalla corteccia il legname viene selezionato per qualità, misurato e movimentato con un autocarro dotato di gru per formare cataste che vengono irrigate.

Dei 19.000 m<sup>2</sup> di superficie del piazzale circa 14.000 m<sup>2</sup> sono utilizzati per lo stoccaggio mentre i restanti 5.000 m<sup>2</sup> sono sfruttati come percorso perimetrale dei mezzi di lavoro. Le cataste possono raggiungere un'altezza massima di 7 m e la capacità di stoccaggio potenziale è di 65.000 m<sup>3</sup>.

Attualmente sono stoccati sotto irrigazione 7.000 m<sup>3</sup> di abete rosso suddivisi in undici cataste, mentre altri 3.000 m<sup>3</sup> sono immagazzinati all'aria in quanto destinati a paleria e imballaggio.

Nel 2020 sul piazzale strategico di Prà Tondo sono stati movimentati 40.000 m<sup>3</sup> circa di legname, mentre nel 2021 oltre al materiale ancora presente ne sono transitati altri 11.000 m<sup>3</sup>.



*Figura 34 Cataste di abete rosso nel piazzale strategico di Predazzo (M.C.F.)*

### 8.2.1 Caratteristiche costruttive dell'impianto

Dalle esperienze in Alto Adige sullo stoccaggio umido la M.C.F. ha preso il dato principale su cui è stato progettato l'impianto di irrigazione, cioè il fabbisogno idrico pari a 80 mm/giorno capace di mantenere un livello di umidità costante delle cataste. Preso atto che il lato Sud del piazzale si trova ai piedi di un versante montuoso alto e molto ripido le cataste restano all'ombra per molte ore al giorno; ciò ha consentito di abbassare il fabbisogno irriguo a 60 mm/giorno.



*Figura 35 Impianto di irrigazione in funzione presso il piazzale strategico di Predazzo (M.C.F.)*



*Figura 36 Impianto di irrigazione in funzione presso il piazzale strategico di Predazzo (M.C.F.)*

L'acqua per la bagnatura delle cataste viene prelevata dalla falda presente nella golena dell'alveo con una pompa da 15 kW tramite un pozzo situato a monte del piazzale profondo 8 m circa con portata di 15 l/s e dotato di anelli filtranti in calcestruzzo da 200 cm di diametro. Data la forma rettangolare del piazzale la tubazione in polietilene da 110 mm di diametro è stata posata esternamente al perimetro dello stesso a bordo del fossato di guardia e della strada arginale (lato piazzale). Sulla tubazione si innestano 28 punti acqua realizzati con un plinto in basamento parzialmente interrato in calcestruzzo che regge un'asta porta irrigatore che si alza complessivamente di 8 m da terra. I tubi che si sviluppano per 3 m in verticale sono in polietilene, hanno un diametro di 63 mm e si raccordano con un tubo in acciaio zincato lungo 5 m avente diametro di 50 mm; a quest'ultimo tubo si attacca l'irrigatore.

Gli irrigatori utilizzati sono a martelletto bigetto sovrapposto a settore variabile, hanno una portata di 4,5 l/s, la gittata supera i 30 m e la pressione degli ugelli è di 4,0 kg/cm<sup>2</sup> (4,5 bar circa).

Tutte le aste sono dotate di un'elettrovalvola ciascuna delle quali è collegata ad una sola centralina avente un comando da cui si impostano l'orario e l'intervallo di irrigazione.

Queste aste e conseguentemente anche gli irrigatori sono stati installati fuori dal piazzale per consentire una bagnatura uniforme delle cataste su tutti i lati; inoltre la lavorazione e la movimentazione del legname da parte dei mezzi può essere praticata senza correre il rischio di danneggiare l'impianto stesso.

### 8.2.2 Consumi e costi del piazzale

Per garantire un'irrigazione omogenea delle cataste e tenendo in considerazione l'ombreggiamento causato dal versante, nei periodi da aprile a maggio e da metà settembre a ottobre l'impianto di irrigazione funziona dalle 7:00 alle 20:00 ad intervalli alternati di 1 h di bagnatura e 1 h di riposo, mentre da giugno a metà settembre l'impianto funziona tutto il giorno con 2 h di irrigazione e 1 h di riposo. Nel periodo invernale tutto l'apparato irriguo viene tenuto spento per evitare che il gelo ne danneggi i componenti. Dati i quantitativi attualmente stoccati la strategia applicata è quella di usare solo i quattro irrigatori situati nel lato Ovest del piazzale.

L'impianto consuma circa 1.140 m<sup>3</sup> d'acqua al giorno e nel biennio 2020-2021 ha consumato 26659 kWh e 28450 kWh di energia elettrica.

I lavori per la realizzazione dell'infrastruttura quali lo scotico delle aree a prato, lo sgombero di tronchi dall'alveo, lo scavo e il riporto del materiale presente in alveo, la posa della tubazione di scarico e la semina sulle rampe sono costati 140.540 €. Considerando l'opera di presa, l'adduzione elettrica, l'impianto di pompaggio, la linea principale dell'acquedotto e gli irrigatori l'impianto di bagnatura è costato 127.750 €. Tenendo presente anche una quota di imprevisti e di oneri di cantiere pari a 1.710€, la spesa effettuata per la realizzazione del piazzale di Predazzo è di 270.000€.

Dato che il piazzale è in uso gratuito e che l'acqua viene prelevata dal torrente senza costi aggiuntivi i costi fissi di funzionamento sono stati di 9.395 € per i primi due anni, con un valore medio annuo di 4.697,5€.

## 8.3 Tipologie di trasporto di legname

### 8.3.1 Trasporto su autocarri non convenzionali

I sistemi di trasporto con container o rimorchi sono un'interessante alternativa ai comuni camion per tronchi sia per fronteggiare le aumentate necessità subito dopo le catastrofi, ma anche in tempi normali. Le esperienze dopo le tempeste "Wiebke" e "Vivian" nel 1990 e "Lothar" nel 1999 hanno dimostrato che la capacità di trasporto del legname è un fattore limitante. In particolare, il trasporto del legname ai clienti (trasporto a lunga e breve distanza), al sito di stoccaggio in umido o ai cantieri e ai porti contemporaneamente è determinato in larga misura dalla capacità di trasporto disponibile e, in situazioni post-tempesta, la disponibilità dei camion diventa di importanza cruciale (*Odenthal – Kahabka 2005*). Anche scegliendo modalità di trasporto ferroviario e fluviale, la prima tappa del viaggio fuori dalla foresta normalmente avviene su camion. Esistono alcune soluzioni che, pur non progettate per il trasporto di legname, sembrano adattarsi molto bene allo scopo. L'utilizzo diffuso di tali sistemi non è comune, anche se le condizioni di trasporto (eco-tasse, prezzi del carburante, pedaggio dei camion, ecc...) rendono auspicabile un loro incremento per migliorare l'efficienza complessiva (*Odenthal – Kahabka 2005*).

Tra essi ci sono containers con rulli: sono flessibili, essendo dotati di ganci, sono adatti al trasporto di merci sfuse ed è un sistema compatibile in tutta l'Europa. I ganci, però, sono pesanti e rendono il sistema più costoso. Lo swap body è un sistema in cui le casse mobili sono munite di gambe ripieghevoli e vengono trasportate da veicoli dotati di un telaio speciale; inoltre il mezzo è equipaggiato con picchetti per il trasporto di merci simili a tubi. L'Euroflat è invece un sistema che combina le gambe pieghevoli e i ganci dei due precedentemente descritti. È una tipologia di trasporto flessibile che però richiede un grande sforzo per l'organizzazione, la coordinazione e la comunicazione tra il corpo forestale, l'appaltatore e l'impresa di trasporto. Gli Euroflats possono essere utilizzati per il trasporto di legno segato. Applicazione flessibile dei camion di trasporto. La Kombi Euroflat è la versione avanzata e parzialmente chiusa del sistema Euroflat. La cassa mobile può essere utilizzata come contenitore per il trasporto di merce sfusa (ad es. cippato); un pannello aggiuntivo chiude le parti aperte. Invece il camion con semirimorchio può trasportare tronchi che vengono caricati direttamente dal forwarder; si evita così lo stoccaggio intermedio a bordo della strada forestale e, se si lavora con almeno due semirimorchi, si garantisce un trasporto continuo del legno fuori dalla foresta. Per garantire l'efficienza di questo sistema, però, servono strade forestali abbastanza larghe e stabili da permettere possibile il carico dal forwarder al semirimorchio. Questo sistema si dimostra redditizio quando ci sono grandi

quantità di legname da trasportare, quando manca lo spazio di stoccaggio o per consegne puntuali. Rispetto ad un camion tradizionale ha costi di acquisto e di tasse sulla circolazione inferiori.

Esistono altre tipologie di mezzi che in certi casi possono essere adattati al trasporto del legname, ad esempio il tandem carrello con rimorchio può essere trainato da camion con gancio di traino e da trattori agricoli; il trasporto del legname ai punti di raccolta può essere così effettuato dai proprietari e dalle associazioni forestali, i quali sono molto attratti da questo sistema. Il rimorchio però risulta molto costoso. Esistono casse mobili sovrapponibili, una variazione delle casse mobili descritte in precedenza, che sono approvate per il trasporto ferroviario ma che non sono combinabili con i contenitori Abroll e necessitano di un camion per il trasporto e di gambe di supporto per essere appoggiate a terra.

Abroll-container-transport system permette il trasporto combinato di contenitori Abroll via camion e treno; per questi dotati di speciali telai rotanti. È un sistema particolarmente adatto al trasporto ferroviario e non necessita di un piazzale di carico (*Odenthal – Kahabka 2005*). Una volta che il legname è stato portato fuori dal bosco con gli autocarri se non viene immagazzinato nei siti di stoccaggio il trasporto verso le aziende di prima trasformazione può proseguire su treno o nave.

### 8.3.2 Trasporto su ferrovia

La ferrovia è un'alternativa efficiente dal punto di vista dei costi e meno impattante da un punto di vista dell'inquinamento, specialmente quando le distanze da coprire variano dai 250 ai 350 km. È importante, però, che i proprietari boschivi e gli acquirenti abbiano un collegamento ferroviario facilmente accessibile (*Odenthal – Kahabka 2005*).

Per il trasporto a lunga distanza del legname dopo gli eventi di tempesta, la ferrovia è un'alternativa efficiente dal punto di vista dei costi. In questo modo sono disponibili anche capacità per il trasporto a breve distanza. Il trasporto ferroviario da circa 250 a 350 km di distanza è un'alternativa di trasporto efficiente in termini di costi e rispettosa dell'ambiente, supponendo che i proprietari di foreste, così come i clienti, abbiano accesso a un collegamento ferroviario più o meno accessibile (*Odenthal – Kahabka 2005*). La capacità di carico di legname di un vagone merci indicativamente corrisponde al prodotto tra lunghezza media dell'assortimento, larghezza e altezza del carico considerando un fattore di conversione del 70%; i valori di capacità di carico possono cambiare a seconda dell'assortimento o della tipologia di vagoni merci che le società di trasporto utilizzano. I tronchi non possono sporgere al di sopra dei pali per più della metà del loro diametro senza

essere fissati in almeno due punti. Le cinghie di fissaggio devono essere fissate a metà dei pali o alla guida laterale. I tronchi con un diametro superiore a 70 cm devono essere fissati individualmente tramite incastro laterale con un minimo di 3 cunei (altezza minima 12 cm + 3 chiodi da 5 mm per cuneo). In caso di fissaggio con due pali, i tronchi devono sovrapporsi ai pali di circa 50 cm, con corteccia grezza di almeno 30 cm (per il carico di legna corta sono utili i pali inseribili dei carri Roos). La distanza dei fissaggi all'estremità dei tronchi dovrebbe essere di circa 50 cm. Con un fissaggio supplementare è possibile aumentare l'altezza del carico fino a 1/3 della larghezza del carico oltre l'altezza dei pali e delle pareti. Nessuna parte del carico (per esempio i collari delle radici) può sporgere lateralmente oltre i pali. Essi devono essere tagliati dalla società di trasporto, altrimenti il carro sarà ritirato fino alla correzione. Le cinghie di fissaggio consegnate al cliente devono essere documentate (ad es. tramite lettera di vettura) e recuperate (*Odenthal – Kahabka 2005*).

Esistono varie tipologie di vagoni merci, per esempio Snps è utilizzato per il trasporto di tubi, tondame e segati, la carrozza è piatta con otto picchetti per ogni lato che garantiscono un robusto fissaggio con cinghie appese e serrate. Il vagone Roos è costituito da una carrozza piana con sedici pali su ogni lato, con paratia rialzata otto fermi di legatura. I picchetti per il fissaggio sono regolabili in funzione della lunghezza dei tronchi e devono essere sistemati prima del carico. È consentito il carico del tondame senza ulteriori fissaggi a patto che il legno venga caricato fino all'altezza dei pali senza interspazi. Invece i modelli Rs, Res e Rs-U sono adatti per il trasporto di prodotti pesanti e lunghi dell'industria siderurgica, la carrozza ha otto pali su ogni lato con paratie nella loro parte basale. Il fissaggio del carico è problematico perché i tronchi vengono fissati in due volte ad ognuna delle quali vengono sistemati i picchetti; questi ultimi essendo fatti in ferro morbido possono deformarsi in caso di carico non corretto. A seguito dell'esperienza dopo la tempesta "Lothar" l'incastro dei pali è un'operazione che richiede troppo tempo. I vagoni Ealos-t hanno la cassa aperta con paratie alte, sono adatti per il legno industriale con lunghezze standard fino a 4,00 m; con lunghezze di 4,50 m e 5,00 m lo spazio di carico non è utilizzato a pieno. Inoltre l'altezza delle paratie limita l'altezza di carico. I vagoni Eaos ed Eas differiscono dal precedente perché sono adatti per lunghezze standard fino a 4,50 m. Questi ultimi tre modelli, prima di essere caricati, vanno controllati perché lo spazio di carico deve essere sgombero da rottami metallici che potrebbero essere smistati in segheria (*Odenthal – Kahabka 2005*).



### 8.3.3 Trasporto su nave

L'altro sistema di trasporto di legname su lunghe distanze è quello via nave che richiede un immenso sforzo a livello organizzativo; tale sistema, infatti, si rivela redditizio quando ci sono notevoli quantità di legname da trasportare e le distanze da coprire sono superiori a 500 km. Dato che il legno proviene da diversi proprietari ed aziende forestali, è importante che venga scelta una figura capace di coordinare al meglio le operazioni logistiche tra i soggetti fornitori e gli acquirenti. Il coordinatore deve emettere un programma dettagliato su ordini ed appuntamenti della fornitura di assortimenti legnosi. Almeno 2-3 settimane prima dell'inizio del trasporto il coordinatore ingaggia una società di trasporti con la quale dovrà concordare il tipo e la quantità di trasporto, gli appuntamenti e le disposizioni in caso di mancato adempimento, l'obbligo di mantenere una lista dei carichi, le questioni di non responsabilità soprattutto per i danni al porto, il rispetto delle norme di sicurezza relative al carico del vettore e alla rimozione della corteccia ad esclusione dei costi di fermo. A seconda delle dimensioni dello spazio di spedizione, la consegna del legname dovrebbe iniziare almeno una settimana prima della partenza prevista. Questo garantisce la fornitura completa degli assortimenti al porto in tempo. Se vengono fornite quantità insufficienti, sorgono costi per il carico morto (*Odenthal – Kahabka 2005*).

Se non c'è abbastanza spazio per lo stoccaggio sulla banchina, dato che caricare i tronchi sulla nave richiede almeno 2 giorni, è necessario organizzare un sito di deposito intermedio. Viene così preparato un piano di stoccaggio in cui vengono definiti gli standard di sicurezza delle pile, la marcatura, la classificazione e la rimozione della corteccia; inoltre verrà scelto un operatore per coordinare la gestione del sito e il successivo carico. Si dovranno sostenere dei costi aggiuntivi per il trasporto dal deposito temporaneo alla banchina. Il coordinatore dovrà chiarire le condizioni di utilizzo della banchina con il proprietario e concordare luogo, tipo, quantità e tempo di carico, shortwood o longwood in funzione del tipo di nave carico, la responsabilità durante il carico (danni a persone e cose), regolamentazione del lavoro di notte, sabato e giorni festivi, emissione di documenti di carico e di scarico, avanzi di carico (*Odenthal – Kahabka 2005*). Se lo spazio di spedizione è offerto dalle compagnie di navigazione, il carico e lo scarico possono essere offerti allo stesso tempo. Una volta che è stata effettuata la consegna del legname alla banchina, il processo di carico è organizzato dalla società di gestione del porto. Nel contratto di trasporto vengono concordati porto di carico e porto di destinazione, la forma di carico (gru a cavalletto o gru mobile), il nolo medio per nave, i costi di trasporto per tonnellata o metro cubo solido, i termini di trasporto e il tempo di carico definito. In caso di quantità di legname molto elevate la compagnia di

navigazione può scaglionare le spedizioni settimanalmente o mensilmente, così da garantire un rifornimento continuo e nelle tempistiche concordate (*Odenthal – Kahabka 2005*).

## Bibliografia

- Fioravanti, M. & Zanuttini, R. Strategie di conservazione del legname abbattuto da tempeste di vento. *l'italia For. e Mont.* (2019) doi:10.4129/ifm.2019.1.04.
- Zimmermann, K., Schuetz, T. & Weimar, H. Analysis and modeling of timber storage accumulation after severe storm events in Germany. *Eur. J. For. Res.* **137**, 463–475 (2018).
- Pischedda, D. STODAFOR, une synthèse Européenne sur la récolte des chablis et la conservation des grumes. *Rev. For. Fr.* **58**, (2006).
- Sanginés de Cárcer, P. *et al.* The Management Response to Wind Disturbances in European Forests. *Current Forestry Reports* (2021) doi:10.1007/s40725-021-00144-9.
- Schimleck, L. *et al.* Examination of moisture content variation within an operational wet deck. *Tappi J.* **12**, (2013).
- Raybon, H. *et al.* Examination of the potential to reduce water application rates in pine wet decks. *Tappi Journal* vol. 14 672–679 (2015).
- Raybon, H. *et al.* Examination of the potential to reduce water application rates for hardwood pulp logs stored in wet decks. *Tappi J.* **15**, (2016).
- Jonsson, M. Wet storage for discolouration protection during roundwood storage of three Swedish hardwoods. *Eur. J. Wood Prod.* **71**, (2013).
- Magaznieks, J., Millers, M. & Gz'ibovska, Z. Quality changes during summer-autumn long term storage of birch (*betula pendula*) roundwood. in *Research for Rural Development* vol. 1 (2017).
- Borga, P., Elowson, T. & Liukko, K. Environmental loads from water-sprinkled softwood timber. 1. Characteristics of an open and a recycling watering system. *Environ. Toxicol. Chem.* **15**, 856–867 (1996).
- Hedmark, Å. & Scholz, M. Review of environmental effects and treatment of runoff from storage and handling of wood. *Bioresource Technology* vol. 99 5997–6009 (2008).
- Jonsson, M. & Persson, E. Sprinkling wood using brackish water - Effects on the inorganic content of wood. *Nord. Pulp Pap. Res. J.* **19**, (2004).
- Olsson, V. Wet storage of timber – Problems and solutions. Swedwood International AB (2005)
- Lutze, M. Leitfaden – Handlungsempfehlungen Nasslager. Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Freising (2020)

## Sitografia

- Lutze, M. Leitfaden, Handlungsempfehlungen Nasslager Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Freising, (2020).
- Odenthal – Kahabka, Integrated forest protection after calamities. Waldwissen.net (2020)
- Lutze, M. Long-term storage of roundwood – an overview of methods. Waldwissen.net, (2017)
- Odenthal J. & Kahabka, Overview and selection of storage methods after calamities, Waldwissen.net, (2020)
- Odenthal J. & Kahabka, Wet storage – Basics, Waldwissen.net, (2020)
- Odenthal J. & Kahabka, Wet storage – Organising storage and removal of timber, Waldwissen.net, (2020)
- Odenthal J. & Kahabka, Wet storage – Site preparation, Waldwissen.net (2020)
- Odenthal J. & Kahabka, Wet storage – Water extraction and irrigation systems, Waldwissen.net
- Odenthal J. & Kahabka, Wet storage – Winter operation, Waldwissen.net (2020)
- Odenthal J. & Kahabka, Timber haulage by railway, Waldwissen.net, (2020)
- Odenthal J. & Kahabka, Timber haulage by ship, Waldwissen.net, (2020)
- Odenthal J. & Kahabka, Alternative trucks for timber haulage, Waldwissen.net (2020)

## Indice delle figure

Figura 1 Aree danneggiate e parzialmente esboscate in prossimità del Passo Manghen in Val Cadino (Giugno 2020) .....	7
Figura 2 Aree danneggiate e parzialmente esboscate in prossimità del Passo Manghen in Val Cadino (Giugno 2020) .....	7
Figura 3 Localizzazione dei piazzali locali con distinzione tra quelli preesistenti la tempesta Vaia e quelli di nuova realizzazione .....	9
Figura 4 Localizzazione dei piazzali strategici con distinzione tra quelli privati e quelli pubblici .....	10
Figura 5 Piazzale locale funzionale allo stoccaggio temporaneo e funzionali alla logistica dei trasporti e delle lavorazioni.....	12
Figura 6 Piazzale locale funzionale allo stoccaggio temporaneo e funzionali alla logistica dei trasporti e delle lavorazioni.....	12
Figura 7 Cataste di legname in teli termosaldati <sup>1</sup> .....	16
Figura 8 Spaziatura ideale di strade e cataste all'interno del piazzale (Odenthal and Kahabka 2005).....	20
Figura 9 Caratteristiche degli automezzi utilizzati per il trasporto di legname .....	27
Figura 10 Schermata della funzione “Percorso più breve” dello strumento Analisi di rete	30
Figura 11 Distanze cumulate tra piazzali locali e strategici ripartite nelle due tipologie di viabilità .....	32
Figura 12 Tempi di percorrenza cumulati con velocità di 7 e 25 km/h .....	33
Figura 13 Ripartizione percentuale dei tempi di percorrenza riferita alla Figura 8.....	33
Figura 14 Tempi di percorrenza cumulati con velocità di 10 e 25 km/h .....	34
Figura 15 Ripartizione percentuale dei tempi di percorrenza riferita alla Figura 10.....	34
Figura 16 Tempi di percorrenza cumulati con velocità di 7 e 30 km/h .....	34
Figura 17 Ripartizione percentuale dei tempi di percorrenza riferita alla Figura 12.....	35
Figura 18 Tempi di percorrenza cumulati con velocità di 10 e 30 km/h .....	35
Figura 19 Ripartizione percentuale dei tempi di percorrenza riferita alla Figura 14.....	35
Figura 20 Range dei tempi di percorrenza per ciascun UDF e a livello provinciale .....	36
Figura 21 Rete dei percorsi più brevi nell'UDF di Cavalese .....	37
Figura 22 Rete dei percorsi più brevi nell'UDF di Borgo Valsugana.....	38
Figura 23 Rete dei percorsi più brevi nell'UDF di Pergine Valsugana.....	38
Figura 24 Rete dei percorsi più brevi nell'UDF di Primiero.....	39

Figura 25 Rete dei percorsi più brevi nel territorio dell'Agenzia Provinciale delle Foreste Demaniali.....	39
Figura 26 Rete dei percorsi più brevi nell'UDF di Rovereto e Riva del Garda .....	40
Figura 27 Rete dei percorsi più brevi nell'UDF di Tione di Trento .....	40
Figura 28 Rete dei percorsi più brevi nell'UDF di Trento .....	41
Figura 29 Localizzazione del piazzale strategico di Novaledo.....	45
Figura 30 Foto panoramica del sito di stoccaggio umido di Eurolegnami (Eurolegnami)..	46
Figura 31 Centralina bluetooth collegata alla pompa del pozzetto 1.....	47
Figura 32 Ugelli in funzione nel settore 1 .....	47
Figura 33 Localizzazione del piazzale strategico di Predazzo.....	49
Figura 34 Cataste di abete rosso nel piazzale strategico di Predazzo (M.C.F.).....	51
Figura 35 Impianto di irrigazione in funzione presso il piazzale strategico di Predazzo (M.C.F.) .....	52
Figura 36 Impianto di irrigazione in funzione presso il piazzale strategico di Predazzo (M.C.F.) .....	52

## Indice delle tabelle

Tabella 1 Costi di noleggio di un autocarro per un viaggio di andata e ritorno per un piazzale strategico .....	36
Tabella 2 Orari di funzionamento degli irrigatori riferiti ai primi quattro cicli di bagnatura .....	48
Tabella 3 Orari di funzionamento degli irrigatori riferiti ai quattro cicli di bagnatura del pomeriggio e della sera .....	48