

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI VERONA
Scuola di Medicina e Chirurgia
e
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

**CORSO DI LAUREA INTERATENEO IN
TECNICHE DELLA PREVENZIONE NELL'AMBIENTE E NEI LUOGHI DI
LAVORO**

TESI DI LAUREA

**GLI OPERATORI FORESTALI SONO ESPOSTI A POLVERI
DI LEGNO? UN'ESPERIENZA DI MISURE SUL CAMPO**

Relatore: **dott. Graziano Maranelli**

Correlatore: **dott. Alessandro Pedrotti**

Laureando
Michele Cornella
VR 452575

ANNO ACCADEMICO 2021- 2022

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI VERONA
Scuola di Medicina e Chirurgia
e
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

**CORSO DI LAUREA INTERATENEO IN
TECNICHE DELLA PREVENZIONE NELL'AMBIENTE E NEI LUOGHI DI
LAVORO**

TESI DI LAUREA

**GLI OPERATORI FORESTALI SONO ESPOSTI A POLVERI
DI LEGNO? UN'ESPERIENZA DI MISURE SUL CAMPO**

Relatore: **dott. Graziano Maranelli**

Correlatore: **dott. Alessandro Pedrotti**

Laureando
Michele Cornella
VR 452575

ANNO ACCADEMICO 2021- 2022

INDICE GENERALE

INTRODUZIONE	4
---------------------	----------

PARTE 1

1. IL LEGNO	7
1.1 Il legno: tipologia e struttura	7
1.2 Proprietà chimico - fisiche e meccaniche del legno	10
1.3 Lavorazione e applicazione del legno	13
2. EFFETTI SULLA SALUTE DELLE POLVERI DI LEGNO	15
2.1 Effetti non cancerogeni	15
2.2 Effetti cancerogeni	18
3. RISCHI OCCUPAZIONALI NEI LAVORI FORESTALI	22
3.1 Il quadro infortunistico nei lavori forestali	22
3.2 Le attrezzature nel comparto forestale	24
3.3 I rischi per la salute e sicurezza nei boschi	29
3.4 I Dispositivi di Protezione Individuali nei lavori forestali	32
4. ESPOSIZIONE PROFESSIONALE A POLVERE DI LEGNO	34
4.1 Formazione e classificazione della polvere di legno	34
4.2 Monitoraggio ambientale delle polveri aerodisperse	37
4.3 Legislazione e valori limite professionali	40
4.4 Esposizione a polveri di legno nei lavoratori forestali	42
4.4 Il contesto Trentino e le aziende boschive	44
4.5 L'esposizione alla polvere di legno nei lavori forestali: la letteratura scientifica	47
4.6 La percezione del rischio nei lavoratori forestali	53
5. MISURE DI PREVENZIONE E PROTEZIONE	54
5.1 Generalità	54
5.2 Dispositivi di Protezione Individuali per le vie respiratorie	56
5.3 Sorveglianza sanitaria	59

PARTE 2

DESCRIZIONE DI UNA ESPERIENZA DI CAMPIONAMENTO E MISURE DI POLVERI NEL CORSO DI LAVORI FORESTALI

6. PREMESSE	62
7. MATERIALI E METODI	63
8. RISULTATI	74

9. DISCUSSIONE	79
10. CONCLUSIONI	82
11. BIBLIOGRAFIA, SITOGRAFIA NORMATIVA	84
12. ALLEGATI	87
13. RINGRAZIAMENTI	93

INTRODUZIONE

L'argomento che si è deciso di trattare in questa tesi riguarda l'esposizione alle polveri di legno degli operatori forestali nelle lavorazioni boschive, partendo dalla considerazione che si tratta di un tema che fino ad oggi ha avuto poca attenzione anche perché ritenuto di scarsa rilevanza al confronto degli altri e maggiori rischi per la salute e la sicurezza in quel contesto.

Alle lavorazioni boschive sono, infatti, comunemente associati soprattutto rilevanti rischi di natura infortunistica e non secondari rischi per la salute derivanti dalle esposizioni a rumore, vibrazioni meccaniche, microclima (ambienti severi caldi e/o severi freddi), agenti biologici (veicolati da insetti, animali), movimentazione manuale dei carichi e sforzi fisici.

L'attenzione data alla esposizione dei lavoratori forestali ad agenti cancerogeni è più recente, con particolare considerazione dei gas di scarico delle motoseghe alimentate a miscela benzina/olio che possono contenere frazioni di idrocarburi (benzene, IPA) ma ha riportato interesse anche per le polveri di legno: sostanze entrambe classificate dalla IARC (*International Agency for Research on Cancer*) nella categoria 1 come sostanze cancerogene per l'uomo.

Proprio il fatto che l'esposizione a polveri di legno dei lavoratori forestali sia talvolta citata ma spesso non considerata significativa è all'origine della domanda che dà il titolo alla tesi, e ha costituito la spinta a studiare le caratteristiche di questo tipo di esposizione, la sua entità e le sue possibili relazioni con la salute e la sicurezza dei lavoratori.

Il quesito "*Qual è l'esposizione degli operatori forestali alle polveri di legno?*" è lo stesso che mi sono posto, qualche anno fa durante un laboratorio universitario "Tecniche di prevenzione dei rischi collegate al disbosco e alla lavorazione del legno" durante il quale ho avuto modo di studiare i principali rischi ai quali sono esposti gli operatori forestali. Tra i rischi trattati da parte dei docenti, non vi era stato accenno alle polveri di legno e da allora mi è sempre rimasto il dubbio di come dovesse essere considerata e gestita questa possibile esposizione.

Lo scopo di questo lavoro è, quindi, quello di conoscere ed approfondire il grado di esposizione alle polveri di legno nelle lavorazioni di disbosco, attraverso una fase

iniziale di analisi della letteratura scientifica che conduce, in un secondo momento, ad una fase di applicazione pratica con la progettazione e la realizzazione di indagini e misure sul campo.

Il primo capitolo ha l'obiettivo di fornire una panoramica e rispondere alla domanda "*che cos'è il legno?*". Per dare risposta al quesito, l'organizzazione interna della tesi inizia andando a definire le tipologie di legname e la struttura del legno. Infine si studiano le proprietà chimico-fisiche del legno e le fasi di lavorazione e applicazione di questo materiale.

Il secondo capitolo, sulla base della letteratura scientifica, tratta gli effetti delle polveri di legno sulla salute dei lavoratori, differenziandoli in effetti non cancerogeni ed effetti cancerogeni.

Con il terzo capitolo la tesi vuole fornire una panoramica del contesto infortunistico oltre ai rischi ai quali sono esposti quotidianamente i lavoratori nell'ambito dei cantieri forestali.

Gli ultimi capitoli della prima parte della tesi mirano a definire ed approfondire l'esposizione alle polveri di legno studiando la formazione e classificazione delle polveri oltre ad analizzare la normativa in materia.

La seconda parte del lavoro è incentrata sulla parte pratica svolta: dall'analisi dell'attrezzatura e dei metodi fino al campionamento per la misura delle polveri sul campo.

Per motivi legati a limiti metodologici oggettivi che verranno di seguito precisati, le misurazioni condotte e i relativi risultati potranno assumere un valore puramente indicativo, ma sufficienti per avanzare ulteriori ipotesi di approfondimento e studio dell'argomento.

Il lavoro di tesi si conclude con l'esposizione e la discussione dei risultati ottenuti durante il campionamento, oltre all'analisi dei limiti e dei punti di forza dello studio.

PARTE 1

1. IL LEGNO

1.1 Il legno: tipologia e struttura

Il legno prodotto dalle foreste, è una delle risorse rinnovabili più importanti al mondo. Le foreste coprono circa un terzo della superficie terrestre (3,4 milioni di km²). Questo materiale di origine vegetale nella storia dell'uomo ha trovato grande utilizzo principalmente come combustibile e come materiale da costruzione.

Con la parola legno si intende generalmente il materiale che si trova sotto la corteccia degli alberi. Le caratteristiche del legno variano molto in relazione alle diverse essenze vegetali di provenienza. Per quanto interessa gli effetti della esposizione professionale alle polveri di legno, una classificazione scientifica di grande interesse è quella che distingue il legno in due principali gruppi vegetali che sono:

- le *Angiospermae*: (latifoglie): il termine caratterizza tutte le piante, alberi e arbusti legnosi caratterizzati da foglie larghe;
- le *Gimnospermae*: (conifere): il termine caratterizza tutte le piante legnose che possiedono generalmente foglie aghiformi;

Il legno può essere commercialmente indicato come tenero o duro. Il legno derivato dalle conifere (p.es. il pino o l'abete) è di tipo tenero mentre il legno delle angiosperme (p.es. quercia, faggio, castagno) è classificato come duro. In realtà questa suddivisione può essere fuorviante, poiché alcuni legni detti duri sono più teneri di quelli definiti teneri, per esempio la balsa, mentre alcuni detti teneri sono più duri di quelli definiti duri, per esempio il tasso. In realtà questa distinzione deriva dalla nomenclatura inglese che definisce le conifere "*softwood*" e le latifoglie "*hardwood*", ma la traduzione in legno tenero e legno duro è un errore di ipercorrettismo, visto che le due parole inglesi stanno a significare semplicemente - e rispettivamente - conifere e latifoglie.

Dunque le parole "duro" e "tenero" non si riferiscono alla durezza del legno come proprietà meccanica ma la discriminante nell'attribuzione del termine è riferita al numero di fibre e canali resiniferi che l'albero contiene. Nonostante ciò, la struttura che caratterizza tutte le tipologie di legnami è uguale per tutte le essenze.

La parte più esterna dei tronchi e dei rami prende il nome di corteccia: è una parte dell'albero fisiologicamente morta che, oltre a garantire scambi gassosi necessari per la vita dell'albero, serve come protezione alla pianta. Lo strato immediatamente più interno prende il nome di "libro": è un tessuto che contiene i vasi incaricati del trasporto e del nutrimento sintetizzato dalle foglie ad ogni parte dell'albero. Procedendo verso l'interno, lo strato successivo della pianta è il cambio: la sua funzione è quella di produrre nuovo legno che permette all'albero di crescere, creando ogni anno nuove fibre, sia verso l'interno per formare l'alburno, sia verso l'esterno per aumentare la sezione del libro. La parte del legno che segue prende il nome di alburno, detto anche corteccia interna e costituisce "*l'apparato circolatorio*" della pianta in quanto permette la circolazione della linfa, ovvero il liquido composto da acqua e sali minerali che dalle radici viene trasportato fino alle foglie.

Segue poi il durame: questa è la parte più interna e quindi più vecchia della pianta e rappresenta la parte non più vitale del legno in quanto non ha più la funzione di condurre la linfa. Il colore più scuro rispetto all'alburno è dovuto in primis alla cessazione della funzione di conduzione della linfa e per secondo motivo alla presenza di tannini e resine che hanno il compito di preservarlo. Fanno eccezione gli alberi chiamati "a durame indifferenziato", come l'abete, nei quali la variazione di colore tra alburno e durame non è molto marcata. Il compito del durame è sostanzialmente una funzione di sostegno strutturale alla pianta e ai rami. Infine, in corrispondenza all'asse del fusto si trova la parte più interna al tronco che prende il nome di midollo la quale è poco differenziabile dal durame. La sua posizione può rilevare la regolarità di accrescimento o meno del tronco. In alcuni casi può scomparire lasciando la cavità nel legno, riducendo il valore del materiale e la resistenza dell'albero.

Il tronco di un albero è costituito da milioni di cellule legnose di varie dimensioni, con funzioni diverse per mantenere in vita la pianta: conduzione dei liquidi, sostegno, secrezione di sostanze protettive e accumulo di sostanze nutritive.

Dal punto di vista merceologico, i vari tipi di legno sono classificati anche sulla base della provenienza geografica, in legni "indigeni" (rispetto all'Europa e all'America) ed "esotici", termine che viene usato per indicare specie di alberi tipiche delle regioni

tropicali o equatoriali.

L'International Agency for Research on Cancer (d'ora in avanti IARC) nel volume n°62 delle monografie sulla valutazione dei rischi cancerogeni per la salute umana dal titolo "*Wood Dust and Formaldehyde*" (1), ha classificato i legni in:

- **legno dolce**, indicando le tipologie di legno tenero. In questa sezione sono stati inserite tipologie di legni come: l'abete bianco e rosso, il cedro e cipresso, il pino e il larice;
- **legno forte** (legno duro): fanno parte di questa categoria legni come: l'acero, la betulla, il faggio, il ciliegio, il castagno l'olmo e il noce;
- **legno duro tropicale**: fanno parte di questa categoria essenze come l'ebano, il pino rosso e il mogano africano;

Il legno esotico, proveniente dalle foreste tropicali di continenti come Africa, Asia e America del Sud è, spesso, un legno altamente resistente agli agenti atmosferici e all'umidità.

Si calcola che a livello mondiale circa il 58% del legno tagliato sia di tipo duro. La maggior parte di questo viene utilizzato come combustibile mentre il legno tenero è preferito dalle aziende per la produzione di mobili.

Tradizionalmente, i mobili sono realizzati in legno massello cioè con la parte più interna e densa del tronco dell'albero ovvero il durame. Le essenze tipiche utilizzate nel mercato italiano per la costruzione di mobili includono legni duri come la betulla, il noce, il ciliegio e il faggio, legni teneri come abete, pino e larice e in minor parte legni tropicali dato il loro elevato pregio e costo.

1.2 Proprietà chimico - fisiche e meccaniche del legno

A livello chimico, il legno è costituito essenzialmente per circa il 50% da carbonio (C), per il 44% da ossigeno (O) e per il 6% da idrogeno (H) e con azoto inferiore allo 0,1%. La composizione esatta dipende dal tipo di albero ed oscilla lievemente anche all'interno di uno stesso tronco. In generale i principali costituenti del legno sono composti macromolecolari e sono:

- la cellulosa: è la componente maggioritaria (circa il 40-50%) sia nei legni di tipo *hard* che quelli di tipo *soft* e prevale nei tessuti più giovani;
- l'emicellulosa, presente maggiormente nei legni di tipo *hard* in percentuali comprese tra il 12-35%;
- la lignina, che caratterizza maggiormente i legni di tipo *soft* e gli strati più vecchi per una quota di circa il 22-30%;

La composizione del legno è, come dai valori sopra riportati, variabile. La variazione della presenza dei composti è dovuta a vari fattori quali il tipo di essenza, la sezione dell'albero (es. corteccia, midollo, ecc..) e l'età della pianta.

La **cellulosa** è un polisaccaride lineare, insolubile in acqua che ha un'importante funzione strutturale nelle piante: si può definire la cellulosa come l'ossatura della parete cellulare. L'**emicellulosa** è un polisaccaride ramificato composto da una miscela di cinque tipologie di zuccheri: tre esosi (glucosio, mannosio e galattosio) e due zuccheri pentosi (lo xilosio e arabinosio). Infine, la **lignina**, un polimero di composti fenolici molto ramificato la cui funzione è quella di rendere rigide le pareti della cellula. La parete cellulare è quindi un corpo misto di cellulosa resistente a trazione e lignina resistente a compressione, che ha funzione simile a quella dell'acciaio nel calcestruzzo armato.

In aggiunta a questi principali costituenti, il legno contiene composti chimici sia di origine inorganica che organica che variano in base alla specie di legno considerata. I composti inorganici sono presenti in percentuali molto basse (circa 0,2 - 0,5%) e si tratta di potassio, calcio e magnesio. I composti organici - che si possono estrarre dal legno con solventi adeguati - sono comunemente chiamati "estrattivi" e sono in genere costituiti da strutture aromatiche o alifatiche come tannini e fenoli mentre, tra i composti apolari, ci sono resine, acidi grassi e cere.

Tra le principali proprietà fisiche del legno sono da considerare:

- colore e omogeneità: il colore fa riferimento alla tonalità del legno, che può variare notevolmente dal colore bruno del castagno al colore rossastro del ciliegio e fino al nero dell'ebano. Per omogeneità del legno si intende il grado di uniformità delle fibre e degli anelli e questa caratteristica è legata al ritmo di crescita della pianta;
- odore: questa caratteristica fisica può essere più o meno marcata (maggiore nei legni resinosi) ed è dovuta alla presenza di sostanze come il tannino, la resina e gli oli;
- peso specifico: è definito come il rapporto tra la massa del legno espressa in kg ed il suo volume, espresso in dm^3 . Il peso specifico dipende dall'umidità (massima quando il legno è fresco di taglio e minima quando è essiccato) e dal tipo di legno; può variare da un minimo di 0.44 Kg/dm^3 dell'abete fino ad un massimo di 1.2 kg/dm^3 dell'ebano. Comunemente si considera il peso specifico del legno quando presenta un'umidità del 12%. Per la sua importanza pratica, questa grandezza rientra sempre nelle voci contrattuali di operazioni di compravendita e nei calcoli statici di edifici in costruzione.
- conducibilità: in genere il legno è un buon isolante sia acustico sia termico che elettrico. Anche queste proprietà isolanti variano a seconda del tasso di umidità e direzione delle fibre (longitudinalmente si ha la massima conduttività). Le proprietà isolanti del legno possono essere aumentate trattandolo con vernici, impregnanti e resine.

Tra le caratteristiche meccaniche che permettono al legno il vasto impiego in molti settori vi sono proprietà come:

- la resistenza: varia in base al grado di stagionatura, di umidità del legno e con la direzione della venatura. Il legno possiede una grande resistenza alla compressione che, in alcuni casi, proporzionalmente al peso è superiore a quella dell'acciaio.
- l'elasticità: il legno ha la proprietà di incurvarsi sotto la sollecitazione di una forza e di riprendere forma primitiva al cessare dell'azione stessa.
- la pieghevolezza: la struttura fibrosa del legno consente un'elevata piegabilità

alle essenze con fibre lunghe, sottili e molto omogenee. Legnami ripiegabili per eccellenza sono il faggio e la betulla. La piegatura del legno si effettua in ambiente caldo-umido (industrialmente in autoclave), aumentando la scorrevolezza reciproca delle fibre; il pezzo, una volta piegato entro forme d'acciaio, viene fatto essiccare assumendo stabilmente la forma desiderata.

Infine, il legno vanta anche delle proprietà tecnologiche, che fanno riferimento alla predisposizione dei legnami a essere lavorati. La facilità al taglio è l'attitudine del legno ad essere lavorato con utensili taglienti: è massima quando il legno è tagliato nella direzione delle fibre, mentre è minima quando è tagliato nel senso perpendicolare alle fibre. Altra caratteristica tecnologica molto apprezzata dalle industrie del mobile è la lucidabilità, ovvero la proprietà di lasciarsi levigare per ottenere superfici lisce.

Tra i principali difetti o inconvenienti del legno è da considerare che, essendo un materiale vivo, può essere attaccato da microrganismi, vegetali o animali, che possono modificarne qualità o caratteristiche fisiche o favorire il degrado. La qualità del legno può inoltre essere alterata da uno sviluppo anormale del tronco, quando il tronco può curvarsi a causa di una crescita irregolare dovuta ad esempio all'azione del vento o a traumi meccanici. La presenza di nodi (che sono il prolungamento dei rami all'interno del fusto) è un altro difetto comune nel legno in quanto essi influiscono sulla resistenza alla rottura, sulla deformabilità e sulla facilità di lavorazione. Questi difetti, ma in particolare la presenza di nodi, sono aspetti che in genere riducono la qualità del legname e ne abbassano il valore.

1.3 Lavorazione e applicazione del legno

Il processo produttivo del legno ha inizio con l'abbattimento delle piante e la successiva raccolta dei tronchi in bosco. Queste lavorazioni sono effettuate in modo controllato: in base alle stagioni ed alle fasi lunari, per preservare il tronco da attacchi fungini o parassitari e limitare la formazione di crepe.

Le situazioni/modalità di lavoro nelle quali un boscaiolo si può trovare a lavorare sono varie: dall'abbattimento di piante in piedi, al taglio di piante abbattute fino al taglio di piante sradicate con la presenza della ceppaia. Questa attività, sia per il contesto ambientale sia per le attrezzature utilizzate, è causa ogni anno di molti infortuni sul lavoro soprattutto nelle zone d'Italia dove l'industria del legno ha forte sviluppo: le regioni del Nord Italia e le zone dell'Appennino.

Successivamente alla prima lavorazione del legno con il taglio effettuato in loco, le lavorazioni del legno si suddividono in tre grandi fasi:

- **prima lavorazione:** è la fase nella quale il materiale grezzo si trasforma in: assi, pannelli e listelli;
- **seconda lavorazione:** riguarda la trasformazione dei prodotti di prima lavorazione in prodotti finiti (es. mobili, serramenti, imballaggi);
- **terza lavorazione:** è una fase recentemente introdotta, che prevede il recupero dei materiali legnosi per ottenere nuovi prodotti, come ad esempio pannelli, che sono a loro volta impiegati dalle imprese di seconda lavorazione;

Le aziende della prima lavorazione (segherie) ottengono la materia prima direttamente dalle imprese boschive. Il processo lavorativo inizia con la scortecciatura dei tronchi e una volta che il tronco è pulito viene avviato alle segatrici dove viene tagliato in assi o travi di varie dimensioni. I prodotti grezzi vengono mandati a levigatura e successivamente accatastati per la fase di stagionatura / asciugatura e successiva vendita alle industrie di seconda lavorazione (sostanzialmente falegnamerie). Queste ultime, tramite lavorazioni come: dimensionamento, formatura, assemblaggio e rifinitura conferiscono ai prodotti caratteristiche destinate ai più disparati impieghi.

Il legno al giorno d'oggi trova utilizzo in moltissimi settori come per esempio,

materiale da costruzione, nella cantieristica navale, per la fabbricazione di mobili, infissi, parquet e nella fabbricazione di strumenti musicali. Bisogna tenere conto anche, che ogni anno, ingenti quantità di legno vengono utilizzate nelle cartiere per la produzione di carta.

Una delle più recenti applicazioni del legno è il suo diretto utilizzo come materiale da costruzione nelle cd. “case in legno”. Secondo il Centro Studi Federlegno, nel 2019, l’Italia era il quarto Paese a livello europeo per la realizzazione di edifici prefabbricati in legno. L’utilizzo di questa tecnologia comporta una serie di vantaggi che permette di risolvere alcuni dei problemi che si hanno con l’utilizzo dei classici materiali da costruzione (es. calcestruzzo e mattoni). Innanzitutto il legno è il materiale da costruzione ideale in caso di eventi sismici in quanto a parità di resistenza è più leggero dei sistemi tradizionali e per questo risente meno delle forze sismiche. Il legno permette di raggiungere un elevato livello di efficienza energetica in quanto possiede alti valori di isolamento termico (grazie al basso valore di conducibilità termica $[\lambda=0,13]$ isola 10 volte di più rispetto al calcestruzzo $[\lambda=1.6]$) e pertanto è un ottimo isolante termico. Infine ma non per importanza, costruire una casa con materiali naturali, secondo i criteri della cd. bioedilizia, permette di ridurre le emissioni nocive in ambiente oltre al fatto che il legno è un materiale rinnovabile e riciclabile.

2. EFFETTI SULLA SALUTE DELLE POLVERI DI LEGNO

2.1 Effetti non cancerogeni

Gli effetti della polvere di legno sulla salute umana nel lungo periodo, sono ancora oggi argomento di studio. In merito agli effetti a breve termine, ovvero quelli che riguardano le vie respiratorie, la cute e gli occhi, e che quasi sempre coinvolgono specifici lavoratori, ha reso oggi comune l'utilizzo in medicina di concetti come suscettibilità, predisposizione e sensibilizzazione alla polvere di legno. L'esposizione alla polvere di legno determina tali effetti poiché il legno è una sostanza che contiene fattori che possono interagire a più livelli con il metabolismo umano tramite:

- fattori biologici: possono dare luogo a reazioni contenute nei diversi legni (es. funghi e muffe);
- fattori fisici: la granulometria della polvere determina la sua capacità invasiva nelle vie di accesso all'organismo umano, dalla quale possono scaturirsi processi infiammatori;
- fattori chimici: in alcune fasi di trasformazione del legno, le sostanze contenute naturalmente in esso (cellulosa, emicellulosa, lignina) possono subire degradazioni, determinando potenziali rischi per la salute dei lavoratori.

Già Bernardino Ramazzini nel 1714 aveva descritto gli effetti sulla salute dei lavoratori del legno durante l'attività di taglio del legno a mano osservando come: *“Colui che lavoro sotto ha il grosso svantaggio della segatura che gli arriva direttamente negli occhi e in bocca e che gli procura arrossamento e dolore agli occhi, tanto che è costretto a tenerli quasi sempre chiusi”*.

Molti studi epidemiologici, p.es quello di **Demers et al** - *“Wood dust and sino-nasal cancer: pooled reanalysis of twelve case-control studies”* (2), eseguiti in vari ambienti di lavoro hanno dimostrato una significativa prevalenza di sintomi a carico delle vie respiratorie nei lavoratori esposti alla polvere di legno. Questi effetti possono verificarsi a livelli anche relativamente bassi di esposizione alle polveri di legno sia duro che tenero (da 1,0 mg/m³). Tra gli effetti maggiormente dimostrati a livello dell'apparato respiratorio ci sono: alveoliti allergiche (da allergeni o di origine

fungina), tosse, bronchite cronica, ostruzione cronica non asmatica delle vie aeree e sinusite (da infiammazione dei seni paranasali). Gli studi hanno rilevato anche una relazione significativa dose-risposta tra le concentrazioni di polvere inalabili e i sintomi asmatici.

Diversi studi hanno infine riportato anche effetti di tipo irritativo-allergico a carico della cute: solitamente questi sono causati dal contatto diretto della pelle con la polvere di legno con effetti limitati alle aree della cute più esposte (mani, avambracci, volto e collo). Queste patologie sono classificabili come dermatiti che si distinguono in due gruppi:

- dermatite irritativa da contatto (DIC): si tratta di una reazione infiammatoria dovuta al contatto ripetuto tra una sostanza irritante e la cute. In questo caso non vi è una risposta immunologica;
- dermatite allergica da contatto (DAC): è causata dall'esposizione a una sostanza (allergene) in grado di attivare una reazione immunitaria in soggetti sensibili (allergici);

Il contatto con la sostanza irritante o allergene provoca, nel giro di breve tempo, un processo infiammatorio che porta ad un forte prurito e bruciore nella zona interessata dal contatto. Tra i diversi fattori che possono aumentare la suscettibilità allo sviluppo di una dermatite da contatto ci sono:

- proprietà chimico-fisiche, quantità e concentrazione delle sostanze irritanti/allergeniche;
- caratteristiche individuali del soggetto in relazione alla cd. resistenza cutanea;
- caratteristiche ambientali che favoriscono screpolature della pelle (p.es. ambienti con aria secca, elevata temperatura, umidità);

Nella tabella sottoriportata sono inserite e classificate le essenze di legno in relazione all'azione irritante e sensibilizzante.

AZIONE IRRITANTE	AZIONE SENSIBILIZZANTE
Abete	Castagno
Castano	Pioppo
Mogano	Quercia
Cedro rosso	Abete

Tabella II: suddivisione delle essenze di legno che provocano irritazione e/o sensibilizzazione

I principali meccanismi d'azione che sono alla base dei sintomi sopra descritti possono essere suddivisi in tre categorie: meccanismi fisici, meccanismi tossici e meccanismi allergici. Questi meccanismi quasi sempre agiscono contemporaneamente.

I meccanismi fisici riguardano le proprietà fisico-meccaniche delle particelle (diametro, forma, grandezza, durezza), da cui dipende l'azione irritante delle polveri di legno. Le polveri prodotte durante le lavorazioni di taglio "galleggiano" nell'aria ed entrano nell'organismo tramite le prime vie aeree dell'apparato respiratorio (cavità nasali e orale). La massa di polvere che si accumula dipende dall'equilibrio tra i fenomeni di deposizione e i meccanismi di eliminazione delle particelle inalate. L'uomo è dotato di meccanismi di difesa e di autopulizia come ad esempio: la tosse e la clearance mucociliare: non sempre però tali meccanismi sono sufficienti a proteggere il lavoratore a prolungate esposizioni ad agenti inquinanti come le polveri.

I meccanismi tossici costituiscono l'azione specifica di alcune sostanze chimiche presenti nelle polveri di legno o nei preservanti e nelle vernici con cui possono essere trattati i legni lavorati.

Infine, i meccanismi allergici, responsabili delle malattie prima riportate sono dovuti a sostanze presenti nei legni che possono fungere da allergeni e determinare una sensibilizzazione con effetti a carico della cute e a livello polmonare con alveoliti allergiche estrinseche e asma causato dall'esposizione a resine.

2.2 Effetti cancerogeni

Negli ultimi anni, l'attenzione dei professionisti ma anche della popolazione e del legislatore nei confronti delle patologie professionali è cresciuta e più di recente anche verso le malattie tumorali associate alle esposizioni professionali.

L'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro è un organismo internazionale che conduce e coordina la ricerca per determinare le sostanze e miscele che potenzialmente possono esporre l'essere umano a rischio cancerogeno. Queste ricerche sono compiute anche tramite una revisione sistematica della letteratura scientifica. Dal 1987 la IARC utilizza la classificazione sottostante per definire le proprietà cancerogene di sostanze e miscele.

GRUPPO	CLASSIFICAZIONE
1	Cancerogeno certo per l'uomo
2a	Cancerogeno probabile per l'uomo
2b	Cancerogeno possibile per l'uomo
3	Non classificabile cancerogeno per l'uomo
4	Probabilmente non cancerogeno per l'uomo

Tabella III: classificazione IARC delle sostanze

Nel Gruppo 1, sono inserite le sostanze per le quali vi è sufficiente evidenza di cancerogenicità. A giugno 2021 risultano essere classificate in questa categoria circa 120 sostanze. Il gruppo 2a ("*probabilmente cancerogeno*") viene utilizzato quando c'è una limitata evidenza di cancerogenicità nell'uomo e una sufficiente evidenza negli animali. In questa categoria risultano presenti 88 agenti a giugno 2021. Nel Gruppo 2b invece sono inseriti gli agenti per i quali c'è una limitata evidenza di cancerogenicità per l'uomo e meno che sufficiente evidenza negli animali da esperimento. Il Gruppo 3 è comunemente utilizzato per agenti e miscele per le quali esistono inadeguate evidenze di cancerogenicità per l'uomo e inadeguate conoscenze di cancerogenicità sugli animali di laboratorio. Infine la categoria 4 definisce le sostanze probabilmente non cancerogene per l'uomo.

Lo studio della cancerogenesi occupazionale/professionale è, ad oggi, un argomento di grande rilevanza nell'ambito della prevenzione e sicurezza negli ambienti di

lavoro. Lo studio, l'identificazione, il controllo e la prevenzione dei tumori professionali sono attività complesse per più motivi, in particolare per la lunga latenza, la multifattorialità nella causalità delle patologie tumorali e la difficoltà nella ricostruzione - a distanza, spesso, di molti anni - delle storie lavorative di esposizione.

A partire dal 1995, le polveri di legno sono state inserite dalla IARC nel Gruppo 1 come sostanza cancerogena certa per l'uomo.

In particolare è stato accertato il ruolo delle polveri di legno nell'insorgenza dei tumori maligni naso - sinusali codificati dall'*International Classification of Diseases* (d'ora in avanti ICD) con i codici C30 e C31. I tumori naso-sinusali (d'ora in avanti TuNS) sono tumori rari nella popolazione generale con un'incidenza stimata dai Registri Tumori Italiani di:

- 0,4 - 2,0 per 100.000 maschi per anno;
- 0,1 - 0,5 per 100.000 donne per anno;

L'incidenza di questi tumori nei lavoratori esposti a polveri di legno è, invece, pari a 5 - 9 casi ogni 100.000 lavoratori. In Italia ogni anno i tumori maligni naso-sinusali colpiscono oltre 300 nuovi soggetti. Nella tabella IV sono indicati il numero di casi di tumori naso-sinusali nel periodo 1998 - 2002 in varie località d'Italia.

Tumori cavità nasali C30-C31 (X ICD)	INCIDENZA (n° casi)	
	MASCHI	FEMMINE
Alto Adige 98-02	22	4
Biella 98-02	13	1
Ferrara 98-02	11	6
FI- PO 98-02	44	6
F. V. G. 98-02	36	23
Genova 98-00	10	8
Macerata 98-99	5	2
Modena 98-02	17	4
Napoli 98-01	4	3
Parma 98-02	18	7
Ragusa 98-00	5	1
R. Emilia 98-02	5	5
Romagna 98-02	29	16
Salerno 98-01	17	8
Sassari 98-02	9	4
Torino 98-01	17	7
Trento 98-00	9	3
Umbria 98-02	32	15
Varese 1998	5	3
Veneto 98-99	28	15
POOL	336	141

Tabella IV: Incidenza TuNS in diverse località

La differenza di incidenza è in parte legata alla diversa distribuzione geografica delle maggiori realtà produttive del settore del legno.

Queste neoplasie, in genere, non danno sintomi specifici, tali da consentire una diagnosi precoce: di conseguenza, a volte vengono scoperti nel corso di esami medici

effettuati per altri motivi, oppure quando le dimensioni raggiunte dalle masse neoplastiche sono tali da bloccare le aree in cui si sviluppano (es. ostruzione nasale ed epistasi). I TuNS sono caratterizzati da una bassa sopravvivenza (a 5 anni la sopravvivenza è compresa tra il 30 e il 50%) e un lungo periodo di latenza (20-40 anni) ed un'età di comparsa superiore a 60 anni nel 75-80% dei casi. La terapia è essenzialmente chirurgica con pesanti effetti secondari:

- è frequentemente demolitiva,
- è gravata da un'alta percentuale di complicanze post-operatorie,
- presenta una residua bassa qualità di vita post operatoria per deformità facciali.

In conclusione, si tratta di una patologia professionale grave, invalidante e con un esito infausto.

Negli anni sono stati condotti vari studi per verificare la correlazione TuNS-esposizione alla polvere di legno, come lo studio caso-controllo di **Alessio d'Errico et al**, pubblicato nel 2009 dal titolo "*A case-control study on occupational risk factors for sinonasal cancer*" (3) il quale ha raccolto mensilmente tra il 1996 e il 2000 i casi diagnosticati dagli ospedali delle Regione Piemonte. Lo studio ha rilevato che il rischio di adenocarcinoma è significamente correlato con l'esposizione continua alla polvere di legno (*odds ratio* - OR = 58,6). In questo studio epidemiologico il rischio di adenocarcinoma risultava maggiore anche tra i pazienti che erano stati esposti a polvere di legno a livelli di bassa intensità, fornendo indicazioni sulla necessità comunque di intervenire negli ambienti di lavoro per ridurre i livelli di esposizione, anche al di là del rispetto dei valori limite. Un recente studio condotto in Germania: "*Risk factors for nasal malignancies in German men: the South-German Nasal Cancer Study*" (4), ha confermato una forte associazione tra adenocarcinoma naso-sinusale e l'esposizione alle polveri di legno duro (OR=18,9), mentre non lo ha riscontrato con l'esposizione a polveri di legno tenero o truciolato. Fino ad ora la IARC, non ha trovato evidenze sufficienti per attribuire come organo bersaglio delle polveri di legno anche il polmone. Questo anche perché gli studi disponibili spesso non considerano l'interferenza con l'abitudine al fumo dei lavoratori e non si distinguono le esposizioni a legni duri e legni teneri.

L'emanazione del D.Lgs. 81/2008 ha previsto, all'art. 244, la costituzione di un registro nazionale delle neoplasie di sospetta origine professionale istituito presso l'ISPESL (oggi INAIL - Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro). Questo registro nazionale si articola in tre sezioni:

- il Registro Nazionale dei Tumori Naso-Sinusali (*ReNaTuNS*);
- il Registro Nazionale dei Mesoteliomi (*ReNaM*);
- il Registro Nazionale delle neoplasie a bassa frazioni eziologica (*RENaLOCCAM*);

La struttura del ReNATuNS è basata su un'articolazione regionale e provinciale attraverso i Centri Operativi Regionali (COR) che garantiscono, tramite le strutture di diagnosi e di cura e l'INAIL, la raccolta e l'elaborazione dei dati relativi a tumori naso-sinusali di sospetta origine lavorativa. Il ReNaTuNS intende perseguire i seguenti obiettivi:

- stimare l'incidenza dei casi di tumore naso-sinusali in Italia;
- raccogliere le informazioni sulla pregressa esposizione ad agenti correlati al rischio di tumore naso-sinusale;
- costruire una base informativa per eventuali studi di epidemiologia occupazionale;
- fornire informazioni ai fini preventivi e medico-assicurativi;

Lo scopo del Registro è quindi quello di produrre dati aggiornati e completi sull'incidenza e distribuzione geografica della malattia.

Il principale punto di forza del ReNaTuNS è rappresentato dall'indagine analitica della storia di esposizione professionale di ciascun paziente studiato, che in alcuni casi porta all'identificazione di esposizioni solitamente non associate a tumori naso sinusali.

3. RISCHI OCCUPAZIONALI NEI LAVORI FORESTALI

3.1 Il quadro infortunistico nei lavori forestali

Una caratteristica del settore forestale in Italia ma peculiare anche nella Provincia Autonoma di Trento è quella di non avere una netta separazione con altri settori, in particolare il settore agricolo ma non solo. Questo è favorito dal fatto che le operazioni di esbosco molto spesso vengono svolte da vari soggetti come: imprese organizzate (quasi sempre imprese con meno di 10 lavoratori), lavoratori autonomi, ma anche da soggetti privati come hobby. Per questo motivo anche i dati relativi agli infortuni sul lavoro che avvengono durante queste lavorazioni non sono mai totalmente registrati all'interno di un'univoca categoria.

A livello nazionale, i dati relativi agli infortuni sul lavoro sono accessibili dal database "Open Data" dell'Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro (INAIL). Lo stesso INAIL tratta queste tipologie di infortuni nella macrocategoria "Agricoltura, allevamento, foreste e pesca" e più precisamente nella categoria "industria del legno e del sughero (esclusa l'industria del mobile)".

Nell'anno 2021 le denunce di infortuni nel comparto dell'industria del legno e del sughero (esclusa l'industria del mobile) sono state 2780 a fronte delle 2331 del 2020 e delle 3116 del 2019. Nel 2021, gli infortuni nel settore della selvicoltura sono stati ripartiti in modo abbastanza omogeneo nel territorio nazionale (33% Centro, 33% Sud, 19% Nord-Est, 15% Nord-Ovest), nonostante i diversi quantitativi di legname lavorato e le differenti tipologie di cantieri forestali.

Anche il Trentino è contraddistinto da un elevato indice infortunistico nei boschi: nell'anno 2021 le denunce registrate dall'INAIL per il comparto dell'industria del legno e del sughero (esclusa l'industria del mobile) sono state 118 a fronte delle 74 del 2020 e delle 117 del 2019. Per comprendere meglio tali numeri basta confrontarli con quelli di un altro settore, il più esposto a eventi infortunistici: il settore delle costruzioni. In Trentino nel 2021 sono stati denunciati 588 casi di infortuni nel comparto dell'edilizia, circa cinque volte di più di quelli registrati nel comparto dell'industria del legno e del sughero nello stesso periodo, tuttavia il numero di imprese di costruzione sono circa 6864 (fonte: CCIAA Trento) a fronte delle 52

aziende del comparto selvicolturale.

Un contributo al fenomeno infortunistico nel settore forestale in Trentino è stato dato dall'aumento dei cantieri boschivi dopo l'evento che ha colpito il Trentino nei giorni tra il 26 e il 30 ottobre 2018: la "Tempesta Vaia". In circa due anni dall'evento sono stati aperti 1255 cantieri che hanno consentito di recuperare e portare alla vendita circa il 70% del legname sradicato ⁽¹⁾.

I sindacati Cgil, Cisl e Uil del Trentino spiegano come: *"Quella nei boschi trentini, dopo la tempesta Vaia è stata una vera e propria emergenza, dall'inizio dei lavori di sgombero e ripristino, l'Unità Operativa Prevenzione e Sicurezza Ambienti di Lavoro ha preso in carico ben 34 incidenti gravi o gravissimi. Uno su quattro di questi incidenti è costato la vita ad un lavoratore"* ⁽²⁾.

Un documento di **Andrea Laschi et al**, dal titolo: *"Infortuni nei lavori forestali: analisi e valutazione sulla base della casistica registrata nella PAT per il periodo 2004-2013"* ⁽⁵⁾, ha preso in considerazione e analizzato gli infortuni registrati per gli operai forestali dipendenti della PAT. A partire dai registri degli infortuni, l'autore ha analizzato l'andamento degli indici di frequenza e gravità, le fasi di lavoro, le attrezzature più critiche e le parti del corpo più soggette ad infortunio.

Dal documento emerge che il tipo di operazione più pericolosa svolta al momento dell'infortunio risulta essere la fase di abbattimento/allestimento durante la quale sono accaduti più di un terzo degli eventi infortunistici. Riguardo all'agente materiale che ha causato l'infortunio, il terreno è il fattore con una frequenza relativa maggiore (18%) mentre rami, cimali e attrezzature manuali come roncola e accetta causano il 16% degli infortuni. La motosega è la causa del 7% degli incidenti.

Infine, per quanto riguarda la tipologia/sede dell'infortunio, la contusione è l'infortunio più frequente (32%) seguita dalla ferita al 27% e dalla frattura al 14%.

Da questi dati è interessante notare come la motosega, strumento che nell'immaginario collettivo è il più pericoloso nell'attività forestale, ha un impatto in termini di infortunio piuttosto limitato a differenza delle attrezzature non manuali.

⁽¹⁾ PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO, comunicato del 29 marzo 2021, Vaia, recuperato e venduto il 70% del legname schiantato.

⁽²⁾ CGIL, *Ennesimo Incidente mortale nei boschi trentini. Basta inerzia servono azioni straordinarie*, Trento 14 aprile 2022

3.2 Le attrezzature nel comparto forestale

Tutto ha inizio nel bosco. La fase di taglio avviene grazie all'utilizzo di attrezzature sia manuali che meccaniche. Tra le classiche attrezzature manuali di un boscaiolo vi sono le motoseghe professionali (sia a miscela benzina/olio sia - in misura molto inferiore - elettriche). Queste sono utilizzate per effettuare le lavorazioni di taglio e abbattimento. Le motoseghe possono diversificarsi e classificarsi per la lunghezza della lama, per la potenza e per il peso: la scelta va fatta in relazione alle operazioni da svolgere. Per le operazioni di abbattimento devono essere utilizzate motoseghe pesanti/medie, con lame adeguate in relazione alle dimensioni del tronco. Al contrario invece, per le operazioni di sramatura sono da preferire motoseghe leggere con una cilindrata inferiore in considerazione della necessità di elevata dinamicità e facilità di spostamento richiesta dall'operatore nello svolgimento della lavorazione.

Tra i rischi principali connessi all'utilizzo di queste attrezzature ci sono: rischio di contatto con la catena in movimento, rischio di contraccolpo (impuntatura) per eccesso di attrito, contatto con il tubo di scarico o altre parti surriscaldate, rischio vibrazioni, rumore, esposizione a gas di scarico, rischio di proiezione di materiali inerti (p.es. schegge, pezzi di legno).

Per eliminare, e qualora non fosse possibili, ridurre i rischi sopra riportati, le motoseghe devono essere dotate obbligatoriamente dei seguenti dispositivi:

- freno catena, e scudo paramano sull'impugnatura di comando;
- dispositivo antivibrante sui supporti del motore e sui supporti delle impugnature;
- accensione elettronica e lubrificazione della catena di tipo automatica;
- copricatena di lunghezza proporzionata;

Tutte le motoseghe devono essere dotate di una targhetta di identificazione che deve indicare in maniera leggibile ed indelebile le seguenti informazioni: nome e indirizzo del fabbricante, anno di costruzione, denominazione della serie o del tipo, numero di serie e marcatura CE (per le motoseghe immesse sul mercato dopo il 21 settembre 1996). Le motoseghe devono essere inoltre accompagnate da un manuale di istruzioni contenente le istruzioni ed informazioni dettagliate su tutti gli aspetti di manutenzione da parte dell'operatore/utilizzatore e sull'uso sicuro della motosega. Il manuale deve indicare anche i requisiti dell'abbigliamento e dei dispositivi di

protezione individuali. Inoltre devono indicare tramite segnaletica l'identificazione del comando di avviamento e di arresto e il pittogramma indicante l'obbligo di utilizzo dei dispositivi di protezione auricolari e degli occhi.

L'Accordo Stato-Regioni 22 febbraio 2012, concernente l'individuazione delle attrezzature di lavoro per le quali è richiesta una specifica abilitazione degli operatori, non cita al suo interno le motoseghe. Dal punto di vista normativo, tuttavia questo non significa che il corso per l'utilizzo della motosega non è previsto: infatti tra le leggi che definiscono - indirettamente - l'obbligo di formazione specifica per l'utilizzo di questa attrezzatura c'è l'art. 71 comma 7 del D.Lgs. 81/08. La norma prima citata, prevede infatti che i lavoratori incaricati dell'uso di attrezzature che richiedono conoscenze e responsabilità particolari, siano soggetti ad una formazione adeguata e specifica.

La Provincia Autonoma di Trento, realizza già dagli anni ottanta, attività formative in materia di organizzazione, tecnica e sicurezza dei lavoratori di utilizzazione forestale. Il servizio è rivolto principalmente a coloro che si occupano del taglio dei boschi e della manutenzione del verde, sia del settore privato che pubblico.

Altre attrezzature manuali sono: i cunei, i quali aiutano il lavoratore ad abbattere l'albero nella direzione “*di tacca*” o per prevenire il blocco della lama, e accette e roncole, utilizzate per la fase di sramatura nella quale si “pulisce” il tronco dai rami.

Grazie al progresso tecnico-meccanico al giorno d'oggi sono disponibili attrezzature che permettono a chi svolge l'attività di taglio in bosco di effettuare il lavoro in maniera più veloce, sicura e con minor fatica.

In Italia tali attrezzature sono utilizzate da imprese specializzate nelle lavorazioni di esbosco. I trattori agricoli abbinati ai rimorchi forestali (*forwarder*) sono molto usati nella movimentazione e raccolta del legname tagliato. I *forwarder* sono macchine utilizzate soprattutto in contesti ambientali sconnessi e non serviti da strade. Grazie alla gru idraulica installata, permette all'operatore posizionato in cabina di raccogliere i tronchi tagliati e accatastarli sul rimorchio.

Un'altra macchina utilizzata nel disboscamento dalle grandi aziende forestali sono le macchine disboscatrici o *harvester* ovvero macchine forestali che sono in grado di abbattere, sramare, sezionare e accatastare il materiale, pronto per essere raccolto dal

forwarder. La macchina è composta da un'unità motrice che può essere a 4, 6, 8 ruote motrici, da un braccio articolato e da una testata che è il cuore della macchina. La testata è costituita da tre parti: i bracci di presa e sramatori, la sega idraulica per il taglio e il dispositivo di alimentazione che consiste in due o più rulli capaci di far scorrere il tronco verso i dispositivi di sramatura.

La principale norma tecnica di riferimento per i costruttori di macchine forestali è la UNI EN ISO 11850:2016 - "*Macchine forestali - requisiti di sicurezza generali*". Questa è una norma armonizzata di tipo C e tratta tutti i pericoli specifici e più significativi, connessi all'utilizzo delle macchine forestali come harvester e forwarder. Il rispetto della norma armonizzata sopra citata, conferisce la cd. "*presunzione di conformità*", ai Requisiti Essenziali di Sicurezza (R.E.S.) indicati nell'allegato I della Direttiva 2006/42/CE: la dichiarazione di conformità è un atto volontario del costruttore.

I principali rischi connessi con l'uso delle macchine forestali semoventi sono i seguenti:

- rischio di caduta di oggetti: questo rischio è collegato dall'ambiente in cui la macchina è chiamata ad operare ed il contesto forestale è certamente un ambiente di lavoro nel quale i lavoratori sono esposti a tale rischio. E' pertanto necessario proteggere le persone trasportate attraverso l'installazione di un'adeguata struttura di protezione che in linguaggio tecnico viene chiamata - struttura FOPS - *Falling Object Protective Structure*;
- rischio di ribaltamento: considerando il tipico ambiente lavorativo nel quale queste macchine sono chiamate a lavorare, anche questo è un rischio concreto per il quale è necessario proteggere il lavoratore attraverso l'installazione di una struttura di protezione: la struttura ROPS - *Roll Over Protective Structure*. Questa struttura deve garantire che in caso di ribaltamento o rovesciamento laterale, la persona trasportata non subisca danni dovuti alla deformazione della cabina;
- rischio di penetrazione di oggetti nell'abitacolo: la struttura OPS - *Operator protective structure*, rappresenta l'insieme di parti strutturali installate sulla macchina con lo scopo di ridurre e/o eliminare il rischio che il lavoratore possa subire infortuni per effetto della penetrazione di oggetti dentro la

cabina. Esempi di questi dispositivi sono ad esempio: l'utilizzo di griglie (con maglia massima di 45 mm x 45 mm) o vetri antisfondamento;

- rischio di caduta dal posto di guida o da altre postazioni: tutte le macchine devono essere dotate di cinture di sicurezza in accordo alla norma UNI EN ISO 6683:2008 - “*Macchine movimento terra - Cinture di sicurezza e ancoraggi per cinture di sicurezza*”;
- rischio di contatti con parti calde: tutte le superfici calde devono essere dotate di un'adeguata protezione per evitare il contatto accidentale;
- rischio di contatto non intenzionale con elementi di trasmissione della potenza: tutte le parti in movimento del sistema di trasmissione di potenza devono essere provviste di una protezione al fine di prevenire il rischio di contatto. Le parti in movimento per le quali non è richiesto l'accesso durante l'uso devono essere dotate di protezioni fisse (es. griglie);
- rischio di azionamento involontario dell'avviamento/spostamento: in questo rischio la situazione di pericolo maggiore è quando l'avviamento del motore è effettuato da terra e risulta inserita la marcia. Inoltre, il *RES 3.3.2 - Avviamento/Spostamento*, previsto dalla Direttiva 2006/42/CE obbliga che qualsiasi spostamento comandato di una macchina semovente deve essere possibile soltanto se il conducente si trova al posto di comando.

Nei siti di disboscamento possono essere utilizzate anche **macchine cippatrici o truciolatrici**. La cippatrice è una macchina in grado di ridurre il materiale legnoso di varie dimensioni in pezzettini che prende il nome di cippato. I frammenti ottenuti hanno di solito una lunghezza compresa tra 20 e 50 mm per una lunghezza massima di 20 mm. La funzione principale del cippato è l'utilizzo come combustibile per produrre calore in impianti sia domestici sia impianti più grandi come impianti industriali. Il cippato può essere utilizzato anche in centrali a biomassa per la produzione di energia elettrica oltre all'utilizzo per la costruzione di pannelli.

In commercio sono disponibili cippatrici industriali, capaci di triturare tronchi di grandi dimensioni, sia macchine più piccole per un uso semi professionale/domestico che lavorano legni più piccoli.

Esistono vari tipi di cippatrici: di tipo semovente ovvero installate su un trattore

agricolo, o di tipo trainato. Inoltre, le cippatrici, si diversificano per la tipologia di alimentazione che può derivare o da una sorgente esterna, quale ad esempio la presa di potenza di un trattore sia da una sorgente interna quale un motore a combustione o elettrico interno alla macchina. A seconda dei modelli, queste macchine possono essere alimentate manualmente, con un elevato rischio di impigliamento e trascinarsi dell'operatore all'interno dell'organo di taglio, tramite una gru o da un caricatore separato.

Il dispositivo che permette la fuoriuscita del cippato può essere di due tipologie: a convogliatore o a collo d'oca.

Il primo produce meno polvere e si intasa difficilmente ma ha lo svantaggio di essere molto ingombrante e di necessitare di più spazio. Il dispositivo di fuoriuscita a collo d'oca, al contrario, occupa molto meno posto ma produce molta polvere soprattutto con legno secco.

Il problema della polvere di legno in queste macchine è accertato soprattutto per le cippatrici provviste di gru su piantone, nelle quali l'operatore è esposto in modo diretto e può limitare l'esposizione cercando di lavorare sottovento o indossando una mascherina protettiva.

3.3 I rischi per la salute e sicurezza nei boschi

Il fenomeno degli infortuni sul lavoro, ed in particolare quello delle “morti bianche” - le morti sul lavoro - è un argomento di estrema attualità. Seppur tendenzialmente in diminuzione, gli infortuni sul lavoro nel settore sono frequenti e spesso caratterizzati da esiti gravi o anche mortali. L’elevata incidenza di infortuni nel comparto agro-forestale è dovuta ad una serie di fattori di rischio legati sia all’ambiente che all’utilizzo di attrezzature e mezzi ad elevata pericolosità, ma è sempre necessario considerare che il ruolo dei fattori organizzativi “non materiali” è verosimilmente maggiore di quanto appaia ad un primo esame.

I rischi connessi all’attività forestale sono di diverso tipo e si classificano in:

- fattori di rischio ambientale: legati alle caratteristiche del terreno, come la pendenza, l’accidentalità e gli ostacoli ma anche rischi legati alle condizioni atmosferiche (temperature estreme, neve, fulmini) che possono a loro volta accrescere i primi;
- fattori di rischi per la sicurezza relativi all’attività lavorativa, quindi relativi alle diverse fasi operative dalle operazioni di taglio e connessi all’utilizzo di attrezzature, macchine e mezzi pericolosi (es. attrezzi manuali, motosega, trattore, verricello, harvester ecc.);
- fattori di rischi per la salute: cioè quelli da cui può derivare un’alterazione dell’equilibrio biologico dei lavoratori esposti. Fanno parte di questa categoria gli agenti e le condizioni che espongono i lavoratori ad agenti chimici, fisici e biologici. Tra essi, un capitolo di interesse è quello legato ad agenti chimici e cancerogeni (IPA e benzene) derivanti dalla combustione della miscela benzina-benzina alchilata/olio con cui si alimentano i motori delle motoseghe e da possibili esposizioni a polveri di legno. Tali esposizioni per i lavoratori forestali sono accertati da numerosi studi quale quello di Lucia Miligi dal titolo - *Nuove esposizioni ed effetti sulla salute nei lavoratori forestali* (6). Tra i rischi di natura biologica vi sono quelli dovuti all’esposizione a microrganismi, vettori di molte malattie (v. le malattie trasmesse da zecche).

Tra gli agenti fisici che rappresentano i fattori di rischio per la salute, nelle lavorazioni forestali vi è sicuramente il **rischio rumore**. L’esposizione eccessiva a

rumore può causare effetti specifici a carico dell'organo uditivo (ipoacusia, affaticamento uditivo, ecc.), effetti neuroendocrini a carico del sistema nervoso centrale e periferico ed effetti psicosomatici determinando situazioni di irritabilità e stress lavorativo che a loro volta possono portare a danni all'apparato circolatorio e digestivo. L'uso di una macchina come la motosega comporta notevole esposizione dell'operatore a questo tipo di rischio e si rendono necessarie misure di prevenzione e protezione quali:

- azioni dirette sulla macchina, al fine di ridurre le emissioni: tra queste molto importanti sono gli interventi di regolare manutenzione (sostituire i silenziatori di scarico, controllare l'eventuale bulloneria);
- azioni sul lavoratore: dotazione dell'operatore di opportuni dispositivi di protezione individuale (p.es. cuffie, tappi auricolari, ecc.);
- azioni sull'organizzazione del lavoro che permettano di ridurre i tempi di esposizione (es. limitazione dei tempi di operazione, turnazione, allontanamento dei lavoratori non direttamente operativi);

L'utilizzo e l'impugnatura della motosega nel suo utilizzo espone il lavoratore anche al **rischio di vibrazioni**, in particolare trasmesse al sistema "mano-braccio". Le vibrazioni nascono dal contatto tra la catena e il legno durante la fase di taglio, ma anche dalle oscillazioni e movimenti del motore. Nella valutazione dell'esposizione dell'operatore al rischio, bisogna tenere presente che il taglio in un legno duro (latifoglie) produce più vibrazioni del taglio in un legno tenero (conifere). L'esposizione eccessiva alle vibrazioni può causare lesioni neurovascolari e danni con sintomi come: perdita di sensibilità, prurito, perdita di forza.

L'art. 201 del D.Lgs. 81/2008 fissa i valori limite di esposizione, i quali indicano per l'esposizione a vibrazioni al sistema mano braccio per una giornata lavorativa 5 m/s. Il datore di lavoro deve eliminare e qualora ciò non fosse possibile, ridurre al massimo possibile il valore di esposizione dei lavoratori al rischio vibrazioni durante l'utilizzo della motosega tramite:

- agendo direttamente sulla macchina, in modo da contenere e attenuare la produzione di vibrazioni. Anche in questo caso la regolare e scrupolosa manutenzione è molto importante (affilare la lama ogni due ore di lavoro);

- dotando l'operatore di opportuni dispositivi di protezione (p.es. guanti antivibranti);
- programmando una corretta organizzazione del lavoro con turni che prevedano una turnazione e un'esposizione minima dei lavoratori;

Il lavoro nei cantieri forestali, espone gli operatori a significativi rischi di natura ergonomica con lo sviluppo di patologie muscolo-scheletriche in particolare a causa della **movimentazione manuale dei carichi** (MMC) per sollevamento o traino ma anche per l'assunzione di posture incongrue (legate anche alle particolarità del terreno). Alle stesse operazioni sono associati anche rischi dovuti genericamente al carico fisico con effetti, ad esempio, di natura cardiovascolare o infortunistico. Alcune misure che possono contribuire a ridurre i rischi sono:

- ridurre lo sforzo utilizzando attrezzature meccaniche come leve e paranchi;
- sollevare i pesi mantenendo la schiena dritta, tenendo il peso più vicino al corpo. Per esempio durante il sollevamento di tronchi mantenere le braccia ben tese e con il carico tra le gambe divaricate;
- non effettuare torsioni durante le azioni di sollevamento;
- organizzare il lavoro, prevedendo il sollevamento di pesi con due lavoratori;

3.4 I Dispositivi di Protezione Individuali nei lavori forestali

Una caratteristica dei lavori forestali è che, per le particolarità delle lavorazioni e dell'ambiente in cui si svolgono, molto spesso non si riesce a eliminare o ridurre i rischi tramite l'utilizzo di dispositivi di protezione collettiva (d'ora in avanti DPC) e rimane obbligato il ricorso all'utilizzo dei dispositivi di protezione individuale (d'ora in avanti DPI).

Anche per il rischio relativo alla polvere di legno, a differenza degli ambienti di lavoro chiusi dove è possibile l'adozione di Dispositivi di Protezione Collettiva, quali i sistemi di ventilazione ed aspirazione, nelle lavorazioni del legno nei cantieri forestali spesso l'unica possibilità è limitata alle misure di protezione individuale. I Dispositivi di Protezione Individuali, vanno individuati e scelti sulla base di un'attenta valutazione dei rischi (d'ora in avanti VdR) e risultano fondamentali per prevenire lesioni gravi o infortuni mortali. I DPI più utilizzati nel comparto forestale sono:

- dispositivi di protezione per la testa e il viso: considerato l'elevato rischio di urti e caduta di oggetti dall'alto, è necessario che, in tutte le lavorazioni del bosco i lavoratori indossano le protezioni per la testa. Dal momento che non sono normate specifiche protezioni, si fa riferimento alla norma UNI EN 397 relativa agli "elmetti di protezione per le industrie". Questi DPI devono essere integrati da visiere in modo da proteggere il volto dell'operatore contro schegge e trucioli proiettati ad elevata velocità durante il taglio. Le visiere da utilizzare per i lavori forestali devono essere conformi alla norma europea UNI EN 1731. Nella scelta di tale DPI è necessario verificare: il grado di copertura del viso, i requisiti di visibilità e la resistenza all'impatto;
- dispositivi di protezione per l'udito: si tratta di otoprotettori come per esempio cuffie e inserti auricolari. I valori di attenuazione sonora sono specificati per ogni otoprotettore. I criteri di scelta da prendere in considerazione per l'individuazione del tipo di DPI adatto sono: il tipo di lavoro da svolgere e il tipo di impiego: continuo per l'intera giornata o discontinuo. Le cuffie sono DPI consigliati quando sono utilizzabili per brevi periodi e garantiscono un'attenuazione da 20 a 45 dB (A) ;
- dispositivi di protezione da taglio agli arti inferiori: nei lavori forestali le

gambe sono fortemente esposte a colpi accidentali dalla catena della motosega. La protezione degli arti inferiori si attua utilizzando pantaloni specifici: i pantaloni antitaglio. Questi grazie alla loro caratteristica costruttiva in fibre sono in grado di arrestare il movimento della catena. La EN ISO 11393-2:2019 è la norma tecnica di riferimento per questo DPI che inoltre lo classifica in tre classi in base alla velocità della lama: classe I per velocità pari a 20 m/s, classe II per velocità della lama pari a 24 m/s e infine classe III per velocità uguali a 28 m/s;

- giaccone ad alta visibilità impermeabile: questo deve essere aderente al corpo in modo da non essere causa di eventuali impigliamenti. Inoltre deve avere fasce riflettenti e retro-riflettenti in modo da rendere visibile il lavoratore in condizioni di scarsa illuminazione come può essere il bosco;
- guanti di protezione per le mani: i guanti hanno lo scopo di proteggere le mani da tagli e abrasioni, ridurre le elevate sollecitazioni meccaniche trasmesse dalla motosega e mantenere le mani al caldo e all'asciutto.

4. ESPOSIZIONE PROFESSIONALE A POLVERE DI LEGNO

4.1 Formazione e classificazione della polvere di legno

Le polveri di legno sono costituite da particelle disperse nell'aria, prodotte nella lavorazione del legno. L'entità della polvere di legno liberata e la sua granulometria dipendono da vari fattori, tra cui i principali sono:

- umidità del legno lavorato;
- tipo di lavorazione che il legno subisce;

La polvere di legno viene formata tutte quelle volte che il legno viene: segato, perforato, tagliato, piallato, levigato e carteggiato. La levigazione del legno è una delle attività che comporta più rischio per l'esposizione del lavoratore a polveri di legno in quanto si possono generare elevate quantità di polveri fini, con dimensioni inferiori a 32 μm .

Il legno commercializzato per la lavorazione ha una percentuale di umidità compresa tra il 10 e il 20%. La quantità di acqua posseduta dagli alberi non ancora tagliati invece rende conto di una umidità che arriva fino al 35%. Indipendentemente dal tipo di lavorazione, la percentuale di umidità del legno incide fortemente sul tipo e quantità di polvere generata.

Un altro fattore che incide sulla generazione di polveri di legno è la sua consistenza: più duro è il legno, più strette sono le giunzioni tra le cellule e di conseguenza le lavorazioni effettuate sul legno conducono allo sviluppo di una maggiore quantità di polvere.

Infine, incide sulla produzione di polveri anche la direzione impressa nella lavorazione rispetto all'organizzazione delle fibre nel legname: produce meno polverosità la lavorazione in direzione parallela a quella delle fibre.

Il rischio per la salute dovuto a inalazione di polveri è legato sia alla entità dell'esposizione (numero di particelle, durata) che alle dimensioni delle particelle. In base alla granulometria delle polveri, queste possono raggiungere specifiche zone dell'apparato respiratorio: se sufficientemente piccole, possono raggiungere la parte più profonda dell'apparato respiratorio e agire in particolare sulle strutture polmonari (bronchioli, alveoli) deputate alla respirazione. A questo livello si possono anche

realizzare alterazioni che possono portare alla formazione di neoplasie. Le caratteristiche dimensionali delle particelle inalate è quindi determinante per la natura degli effetti che si possono manifestare e dell'area anatomica in cui questi si realizzano (es. prime vie respiratorie, bronchi di vario grado e parenchima polmonare).

Ai fini dello studio degli effetti sull'apparato respiratorio, sulla base della loro granulometria gli aerosol vengono classificati in:

- **frazione inalabile**: comprende particelle con dimensioni variabili da 15 a 30 μ che interessano maggiormente la regione del naso, della bocca e della laringe-faringe, ovvero le parti superiori dell'apparato;
- **frazione toracica**: le polveri respirabili in questa frazione hanno dimensioni variabili da 5 a 15 μ m. Interessano la regione mediana dell'apparato respiratorio includendo la trachea e i bronchi;
- **frazione respirabile**: le dimensioni delle polveri hanno una dimensione inferiore a 5 μ m e hanno la capacità di raggiungere la parte più bassa dell'apparato respiratorio: gli alveoli. Questa è la sede dove per processi anatomici-fisiologici avvengono gli scambi gassosi: tra l'aria e il sangue;

Questa suddivisione delle frazioni granulometriche per la misurazione delle particelle aerodisperse è adottata anche dalla norma UNI EN 481:1994 - "*Atmosfera nell'ambiente di lavoro. Definizione delle frazioni granulometriche per la misurazione delle particelle aerodisperse*".

Secondo le raccomandazioni del comitato scientifico per i limiti di esposizione professionale (SCOEL), la frazione inalabile è la migliore convenzione per spiegare gli effetti critici della polvere di legno nelle vie aeree **superiori** e sarebbe quindi la frazione più appropriata da campionare. Infatti, di solito, la frazione inalabile non è tra quelle di interesse sanitario usualmente monitorate come misura ambientale, perché dimensionalmente interessa solo le primissime vie aeree, nelle quali esercita soltanto un'azione lesiva-irritante. Nel caso però, delle polveri di legno, la loro potenzialità cancerogena, prevalentemente a carico dei seni e delle cavità nasali

nonché della rinofaringe spinge i comitati scientifici internazionali a prediligere una misura relativa alla frazione inalabile piuttosto che alla frazione respirabile.

Esistono tre principali tipologie di metodi per la deposizione delle polveri. Queste modalità si differenziano per le dimensioni del particolato e interessano specifiche zone dell'apparato respiratorio.

La modalità di deposizione per intercettazione è caratterizzata dal contrasto fisico del particolato nel suo percorso. Questo meccanismo è efficace nel caso di polveri allungate (p.es. fibre) e si verifica nella regione anatomica naso-faringea.

Il secondo metodo di deposizione delle polveri è l'impatto inerziale e riguarda un brusco cambio direzionale del flusso aereo che causa un cambio direzionale alla polvere che sbatte contro le pareti dove infine si deposita. Come per la modalità precedente questo metodo avviene nella regione naso-faringea, che è sede di notevoli e bruschi cambi di direzione del flusso d'aria respirato.

Infine la sedimentazione è la terza modalità di deposizione delle polveri ed è legata alla forza di gravità delle particelle che si depositano sulle pareti dell'apparato quando la forza di sostentamento dinamico nel flusso d'aria viene a mancare.

4.2 Monitoraggio ambientale delle polveri aerodisperse

La misurazione di eventuali sostanze chimiche e/o cancerogene nell'aria è uno strumento efficace per valutare in primis il livello di esposizione e successivamente il grado di efficienza delle misure di prevenzione e degli impianti di aspirazione localizzata. Il campionamento ambientale delle polveri di legno è indispensabile per poter caratterizzare l'ambiente lavorativo nel quale il lavoratore è esposto e definire le concentrazioni degli agenti cui è esposto.

I campionamenti possono appartenere a due grandi categorie che sono:

- **campionamenti personali:** questo tipo di campionamento viene utilizzato per verificare l'esposizione propria del lavoratore durante le sue attività lavorative e successivamente confrontare il dato ottenuto con i valori limite;
- **campionamenti d'area e/o fissi:** questo tipo di campionamento viene usato per definire l'inquinante caratterizzante di un area;

Per quanto riguarda il monitoraggio/campionamento delle polveri di legno la tipologia di campionamento che si predilige è il campionamento di tipo personale perché permette di definire il livello di concentrazione di polveri alle quali l'operatore è esposto e fornisce la misura più vicina alla dose effettiva personale.

Il campionamento avviene tramite un campionatore costituito da una pompa, una membrana (filtro) che funge da mezzo di captazione e sedimentazione delle polveri e un selettore chiamato anche testa di campionamento.

Il calcolo delle concentrazioni viene effettuato tramite la seguente formula:

$$C = P / V$$

dove **P** indica il peso netto del filtro che si ottiene tramite la sottrazione del peso del filtro impolverato espresso in [mg] e il peso del filtro antecedente al campionamento [mg]. **V** indica invece il volume d'aria campionata espressa in [m³] e si ottiene tramite la lettura dallo strumento. Il campionamento effettuato secondo la norma tecnica, deve essere preciso, accurato, rappresentativo e comparabile.

Le misurazioni di polverosità che comprendono campionamenti di tipo personale e campionamenti d'area, devono essere eseguiti, come indicato dall'allegato XLI del D.Lgs. 81/2008, secondo le normative europee EN 689:2019 "Misurazione

dell'esposizione per inalazione agli agenti chimici - Strategia per la verifica della conformità coi valori limite di esposizione occupazionale", e la norma tecnica UNI EN ISO 13137:2013 "*Atmosfere di lavoro - Pompe per il campionamento personale di agenti chimici - Requisiti e metodi di prova*", che sostituisce la norma UNI EN 1232:1997.

La norma UNI EN 689:2019 che sostituisce la versione precedente del 1997, prevede che prima di eseguire le misurazioni, è essenziale che il tecnico campionatore svolga una caratterizzazione dettagliata dell'ambiente di lavoro, raccogliendo le informazioni rilevanti per la valutazione. I risultati e l'analisi dei dati raccolti, portano il tecnico valutatore ad prendere una delle seguenti decisioni:

- l'esposizione è certamente superiore ai limiti di esposizione professionale: Threshold Limit Value (d'ora in avanti TLV) e dunque non conforme;
- l'esposizione è ben al di sotto dei limiti di esposizione professionale TLV: ambiente di lavoro sicuro;
- le informazioni disponibili sull'esposizione non sono sufficienti per decidere in merito all'osservanza dei limiti di esposizione professionale TLV. In questo caso il prosegue il lavoro, sviluppando un piano di campionamento;

Qualora la valutazione del tecnico ricada nella terza ipotesi sopra riportata, la norma prevede che si esegua un test preliminare che richiede dalle tre alle cinque misurazioni dell'esposizione sui lavoratori appartenenti a un SEG (Gruppo di Esposizione Similare).

Un SEG corrisponde al "gruppo di lavoratori omogeneo" previsto nella scorsa norma tecnica e comprende i lavoratori che hanno lo stesso profilo di esposizione per l'agente chimico preso in esame.

La durata del campionamento può richiedere tempi diversi a seconda della variabilità dell'attività lavorativa e della durata del turno di lavoro. La norma UNI EN 689:2019 indica come la durata deve essere il più vicina possibile ad un turno di lavoro per assicurare che i campioni siano rappresentativi del livello espositivo: pertanto i tempi possono prevedere una durata minima di due ore fino a coprire l'intero turno di lavoro. Prima di iniziare il monitoraggio ambientale, il tecnico deve avere cura di eseguire tutti i controlli di routine sull'attrezzatura ed effettuare la calibrazione di

tutta la linea di prelievo. Durante il campionamento il tecnico si appunta tutte le informazioni utili come ad esempio: mansione del lavoratore e nome, durata del turno, durata del prelievo, flusso medio, condizioni meteorologiche e microclimatiche, caratteristiche del processo di produzione.

Infine, prima di eseguire i campionamenti, i lavoratori devono essere informati della finalità delle misurazioni oltre a informarli sui risultati ottenuti.

4.3 Legislazione e valori limite professionali

L'introduzione delle polveri di legno all'interno dell'elenco delle sostanze cancerogene da parte della IARC, ha indotto i legislatori di diverse nazioni a modificare la propria normativa riguardante l'esposizione e a introdurre determinati limiti di esposizione.

Nel aprile del 1999, l'Europa emanò la direttiva 1999/38/CE che modificava per la seconda volta la direttiva 90/394/CEE relativa alla protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizione ad agenti cancerogeni durante il lavoro. In Italia il legislatore recepì la direttiva europea emanando il D.Lgs. 66/2000 che introdusse delle modifiche all'allora testo normativo in materia di salute e sicurezza sul lavoro: il D.Lgs. 626/1994.

In particolare l'atto legislativo emanato, modificava il Titolo VII del D.Lgs. 626/1994, relativo alla tutela dei lavoratori esposti ad agenti cancerogeni e introdusse fra questi le lavorazioni comportanti esposizioni a polveri di legno duro.

Dai primi anni 2000, si è susseguita nel tempo l'emanazione di valori limite di esposizione da parte di vari enti, non totalmente concordanti tra essi.

Nel 2001, l'associazione igienisti industriali americani (ACGIH) ha posto il TLV-TWA (Threshold Limit Values - Time Weighted Average) ovvero il limite di esposizione professionale ad un agente chimico per 8 ore giornaliere, pari a 1,5 mg/m³ per i legni duri e 5 mg/m³ per i legni teneri. Successivamente nel 2012, l'ACGIH ha modificato i valori prima riportati come segue: valore limite di esposizione per la frazione inalabile pari a 1 mg/m³ per tutti i tipi di polvere di legno e un valore limite di 0,5 mg/m³ per le polveri di legno del cedro rosso dell'Ovest sempre relativa alla frazione inalabile.

Il NIOSH nell'anno 2000 applicando un criterio più restrittivo indicava come limite di esposizione a tutte le polveri di legno un valore di esposizione per la frazione inalabile pari a 1 mg/m³.

L'Italia con il D.Lgs. 66/2000 aveva fissato il suo limite di esposizione alla polvere di legno duro per la frazione inalabile a 5 mg/m³. Ogni Stato membro dell'UE ha definito dei limiti più o meno restrittivi come ad esempio la Danimarca con un valore di esposizione per tutte le essenze pari a 1 mg/m³ o la Germania con un valore limite di 2 mg/m³ sempre per tutte le essenze.

Nel 2008, con l'emanazione del D.Lgs. 81/2008, il "Testo Unico" in materia di salute e sicurezza sul lavoro, l'esposizione alla polvere di legno duro è rientrata nel Titolo IX capo II (Protezione ad agenti cancerogeni e mutageni). Gli articoli 234 e 235 rimandano all'allegato XLII (*Elenco di sostanze miscele e processi*), che elenca l'esposizione a polveri di legno duro come sostanza cancerogena e conferma il limite di esposizione pari a 5 mg/m³.

Il dibattito più recente, vede la comunità scientifica, concorde nella necessità di rivedere in modo più tutelante i limiti di esposizione e di adeguarli a tutti i Paesi.

Si è arrivati pertanto a emanare, a livello di Unione Europea la Direttiva (UE) n° 2017/2398 la quale modifica la direttiva 2004/37/CE relativa alla protezione dei lavoratori contro i rischi determinati dall'esposizione ad agenti cancerogeni o mutageni durante il lavoro. Le prescrizioni minime della Direttiva emanata, mirano a proteggere i lavoratori a livello europeo, individuando un valore limite di esposizione comune. Rimane la facoltà per ogni Stato membro di stabilire valori limite di esposizione professionale più rigorosi.

I valori limite di esposizioni individuati, sono stati stabiliti sulla base delle informazioni disponibili: dati scientifici e tecnici, studi di fattibilità economica e tenendo conto di una valutazione dell'impatto socio-economico.

Per la maggior parte degli agenti cancerogeni e mutageni non è scientificamente possibile individuare livelli "sicuri", al di sotto dei quali l'esposizione non produrrebbe effetti nocivi. Nonostante ciò, la Direttiva stabilisce a livello Europeo un valore limite di esposizione per la polvere di legno di 3 mg/m³ fino al 17 gennaio 2023 per scendere a 2 mg/m³ dopo il 17 gennaio 2023. In Italia la Direttiva 2017/2398 è stata recepita tramite il Decreto Legislativo 44/2020 che modifica l'allegato XLII del T.U. in materia di salute e sicurezza.

4.4 Esposizione a polveri di legno nei lavoratori forestali

Tra i pochi documenti che analizzano nello specifico l'eventuale esposizione dei lavoratori forestali a polveri di legno vi sono le Linee Guida della Regione Veneto del 2007 (7) per l'applicazione del Titolo VII del D.Lgs. 626/1994.

Il documento riportava nella premessa come le lavorazioni di taglio di alberi e di legna da ardere erano lavorazioni che si ritenevano escluse dall'applicazione del titolo normativo, relativo all'esposizione agli agenti cancerogeni. Allegato alle Linee Guida, vi fu però un approfondimento dal titolo: "*Indagine ambientale nella prima lavorazione del legno: lavoro boschivo e taglio di legna da ardere*" effettuato dall'Ispesl (oggi INAIL) e dalla Regione Veneto in collaborazione con l'Università di Padova con il fine di fornire informazioni più certe sull'esclusione dell'esposizione.

A questo fine erano state monitorate:

- le lavorazioni di taglio alberi (faggio) effettuato con motosega a scoppio;
- la lavorazione di taglio della legna da ardere (normalmente faggio e carpino) con le seguenti attrezzature: motosega a scoppio, motosega elettrica;

Per le operazioni di taglio boschivo erano stati condotti 12 prelievi dai quali era risultato un valore medio espositivo pari a $0,60 \text{ mg/m}^3$ mentre per le operazioni di taglio di legna da ardere la media espositiva era stata di $1,34 \text{ mg/m}^3$.

La ricerca concluse che la produzione di inquinanti chimici durante il taglio boschivo con motosega a scoppio era molteplice, e derivava sia dal legno in sé (polveri di legno) che dall'attrezzatura di lavoro (fumi di scarico del motore a scoppio, olio lubrificante, vapori di idrocarburi aromatici).

In sintesi, tutti i valori di esposizione personale alle polveri nel taglio boschivo non superavano il valore di $1,00 \text{ mg/m}^3$; inoltre i valori delle polveri (trattandosi del metodo gravimetrico) comprendevano anche una componente derivante dai fumi di combustione: i campionamenti eseguiti tramite motosega elettrica indicavano una polverosità notevolmente inferiore (circa $\frac{1}{3}$ di polvere in meno).

Per il lavoro di taglio legna da ardere i valori erano più variabili. Pur essendo tutti i singoli valori inferiori a 5 mg/m^3 , l'analisi statistica non dà una sufficiente garanzia del rispetto dello standard.

Infine è da sottolineare come né le Linee guida del Comitato tecnico delle regioni (Coordinamento tecnico per la Sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province Autonome), né quelle della Regione Lombardia del 2010, citavano le attività forestali tra le lavorazioni con esposizione a polveri di legno.

4.4 Il contesto Trentino e le aziende boschive

La Provincia Autonoma di Trento (d'ora in avanti PAT) si estende nelle Alpi Retiche meridionali e ha una superficie pari a circa 6206 km². Il territorio trentino è pressoché montano, ad esclusione delle aree pianeggianti situate nei fondovalle percorsi dai maggiori fiumi. Più del 70% del territorio ha un'altitudine superiore ai 1000 m. s.l.m.. I boschi ricoprono infatti una superficie di 390.463 ettari, pari al 63% del territorio provinciale visibile anche nella figura I sottoriportata.

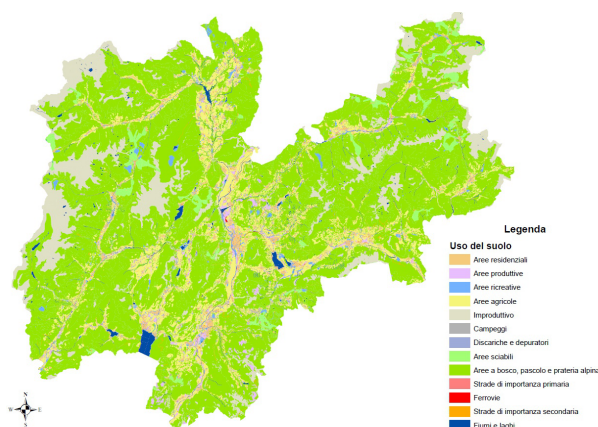


Figura I, Uso del suolo in Provincia Autonoma di Trento - Geoportale Provinciale

Come riferisce la stessa Provincia, per merito del Servizio Forestale in una sua ultima nota, nell'ultimo cinquantennio, la superficie forestale nella PAT è aumentata di circa il 18%, in seguito all'abbandono delle attività di coltivazione di prati e campi. La proprietà dei boschi in Trentino è per la maggior parte pubblica (76%) e gestita in prevalenza dai Comuni mentre la restante parte (24%) è privata.

La vasta estensione di foreste, non costituisce solo un patrimonio naturale ma anche un valore per il tessuto produttivo delle comunità di montagna.

Nel corso del tempo i prelievi di legname sono aumentati fino a stabilizzarsi a circa 515.000 m³/annui mentre l'intensità di prelievo si è ridotta da 15.649 m³/ha nel 1991 a 7.613 m³/ha nel 2015. Le principali tipologie di legno in Trentino sono l'abete rosso, il larice e il pino silvestre: tutti appartenenti alla famiglia delle *Gimnosperme*.

Il "peccio" o abete rosso è un albero appartenente alla famiglia delle *Pinaceae*, ampiamente diffuso sulle Alpi e nel resto D'Europa: questa è l'essenza più diffusa in Trentino (costituisce circa il 60% dei boschi). E' un legno chiaro, da alberi che possono raggiungere i 60 metri di altezza e diametri tra i 70 e gli 80 cm. La corteccia

è sottile e rossastra: da quest'ultima caratteristica deriva il nome dell'albero. Le foglie sono costituite da aghi appuntiti lunghi fino a circa 2.5 cm. Il legno dell'abete rosso è un ottimo materiale da costruzione utilizzato principalmente come struttura portante di coperture ma anche per la realizzazione di infissi quali porte e finestre.

Il larice è un genere di conifera appartenente alla famiglia delle *Pinaceae*. Gli aghi del larice lo rendono facilmente riconoscibile e in genere questi alberi possono raggiungere altezze fino a 40 metri. Il legno, di colore bruno-rossiccio, è molto durevole e nel contesto Trentino viene utilizzato spesso come rivestimento per le parti esterne di case o masi di montagna.

Anche il Pino Silvestre è un legno appartenente alla famiglia delle *Pinaceae*, ed è un albero sempreverde. Nelle parti più giovani dei rami e del tronco il colore tende al rosso-marrone mentre una volta maturato presenta un tonalità di grigio.

Il Trentino vanta un consolidato sistema di gestione forestale e di certificazione della filiera del legno: il marchio PEFC (**Programme for Endorsement of Forest Certification schemes**), cioè il Programma di Valutazione degli schemi di certificazione forestale. Il marchio è un'iniziativa internazionale per certificare la gestione sostenibile delle foreste e la preservazione della biodiversità. Pertanto una gestione sostenibile delle foreste non può non prescindere da un'attenta pianificazione ed organizzazione. Tale aspetto è diventato, peraltro, anche un punto cardine della legislazione forestale nazionale attraverso il D.Lgs. 227 del 2005 che ha definito le linee guida per la programmazione forestale.

L'industria del legno conta ad oggi in Italia più di 200.000 addetti (Fonte: *Istat 2019*) **(8)**, una cifra stimata comprendendo tutto il personale che opera nell'intera filiera produttiva: dall'operaio forestale fino al mobilista. In Italia gli operatori forestali sono riconducibili a tre macrocategorie: i titolari e i dipendenti di imprese boschive e gli operatori forestali pubblici. Secondo l'Istituto Nazionale di Statistica (ISTAT) in Italia nel 2019 le imprese forestali erano oltre le 5.600 con circa 7.539 addetti mentre gli operatori forestali pubblici risultavano essere poco meno di 50.000 (47.313).

In Provincia di Trento sono circa 5000 i lavoratori impegnati complessivamente nell'industria del legno con un valore produttivo di circa 220 milioni pari al 14% del fatturato delle aziende artigiane Trentine. Il settore che conta più lavoratori è il

settore del mobile seguito da quello della prima lavorazione (segherie). In Provincia di Trento risultano attive 52 imprese forestali che impiegano circa 500 addetti (425). La maggior parte del legname ottenuto, tramite l'utilizzo di attrezzature specifiche, è destinato ad aziende di trasformazione per la produzione di prodotti da costruzione e di arredo. Infine dal legname tagliato si ottiene anche materiale combustibile ad uso civico, ad uso commerciale e cippato. Le imprese specializzate in Provincia di Trento per la produzione di cippato sono 12 con 8 cippatrici mobili.

4.5 L'esposizione alla polvere di legno nei lavori forestali: la letteratura scientifica

Prima di svolgere il campionamento sul campo per poter valutare direttamente il grado di esposizione alla polvere di legno degli operatori forestali, è stato approfondito il tema prendendo in considerazione lavori e documenti scientifici relativi all'argomento. Occorre premettere che non sono molti gli articoli pubblicati che trattano nello specifico questo argomento e che diversi di questi avevano ritenuto non significativa l'esposizione dei lavoratori forestali. La Monografia IARC (9) riporta che il US National Occupational Exposure Survey, condotto nel 1981-83 negli USA, aveva escluso i lavoratori forestali (es. addetti all'uso della motosega) dall'indagine in quanto non considerati esposti. La stessa IARC riporta che gli esposti nella "Forestry" sarebbero il 33% dei lavoratori con un numero di esposti $> 5 \text{ mg/m}^3$ poco rilevante (< 100).

Tra i lavori più recenti è da citare il lavoro di **Puntaric et al**, dal titolo: "*Wood Dust Exposure in Wood Industry and Forestry*" (10) il cui scopo studio era quello di determinare l'esposizione professionale nell'industria del legno e nelle lavorazioni forestali in Croazia. Ai fini dell'indagine, l'autore ha raccolto nel corso di lavorazioni del legno, comprese quelle forestali di abbattimento di piante, oltre 200 campioni di polvere di legno totale e 221 per le particelle respirabili. La determinazione della concentrazione della polvere è stata fatta tramite metodo gravimetrico. Nel 38% dei campionamenti negli impianti di lavorazione del legno (segherie) è stato superato il valore massimo consentito di polvere di legno totale (pari a 3 mg/m^3) mentre per le particelle respirabili si sono riscontrati valori eccedenti nel 24% ei campionamenti effettuati negli impianti di lavorazione. Durante le operazioni di taglio nella foresta sono stati raccolti 19 campioni relativi al legno di quercia. I risultati hanno rivelato una media espositiva alla polvere di legno totale di $1.47 \pm 0.39 \text{ mg/m}^3$ e di $0.36 \pm 0.23 \text{ mg/m}^3$ per la frazione respirabile. In queste lavorazioni soltanto un valore era superiore ai limiti di esposizione di 5 mg/m^3 per le particelle totali di legno e di 1 mg/m^3 per la frazione respirabile. In conclusione Puntaric et al, sostengono che gli operatori forestali siano esposti maggiormente a polveri quali fumi di scarico o particelle di olio piuttosto che a polveri di legno,

benché i risultati evidenziano la possibilità di esposizioni che possono anche superare i valori raccomandati.

E' da osservare, che i lavoratori forestali - ad esempio negli studi epidemiologici sugli effetti cancerogeni - sono spesso considerati all'interno della categoria dei lavoratori esposti a polvere di legno mentre sono invece carenti i dati sulla consistenza dell'esposizione.

Nel 2006 **Kauppinen et al**, (*Occupational exposure to inhaled wood dust in the member states of the European Union*) **(11)** sulla base di 36.000 misurazioni dell'esposizione professionale alla polvere di legno inalabile, stimava che nel periodo dal 2000 al 2003 circa 3.6 milioni di lavoratori dell'Unione Europea (e senza dubbio altri milioni in tutto il mondo) erano stati esposti professionalmente a polvere di legno. L'autore inoltre stimava che i settori più esposti a un livello superiore a 5 mg/m³ erano l'ambiente dell'edilizia e quello dell'industria del mobile, mentre l'esposizione a polveri di legno nel settore forestale era stimata come molto bassa.

L'argomento dell'esposizione alle polveri di legno nel comparto boschivo, anche se è noto che tale ambiente può essere polveroso, è poco studiato, infatti tali lavori prendono sempre in considerazione i lavoratori dell'industria del legno della seconda lavorazione (segherie, falegnamerie, ecc).

Qualche autore ha suggerito che questa scarsa attenzione al settore forestale sarebbe legata sia al numero di lavoratori forestali (es. boscaioli) relativamente basso come alla difficoltà di organizzare prove sul campo rispetto a ambienti di lavoro industriali. Tra i documenti che affrontano questo argomento e che sono stati presi in considerazione vi è la pubblicazione di **D. Horvat et al**, dal titolo: "*Esposizione dei tagliatori di alberi alla polvere di legno di quercia - un caso di studio della Croazia*" **(12)**, aveva lo scopo di verificare il rispetto dei limiti di esposizione sul posto di lavoro vigenti in Croazia (che erano pari a 1 mg/m³ per le particelle respirabili e di 3 mg/m³ per la polvere totale). La concentrazione di massa delle particelle respirabili e totali della polvere di legno è stata determinata tramite l'utilizzo di campionatori personali. La concentrazione di massa della polvere di legno è stata, successivamente al campionamento, determinata tramite metodo gravimetrico. Le misurazioni sono state raccolte durante diverse operazioni forestali, in estate e in inverno. Il valore

medio della concentrazione di massa di legno per la polvere totale campionata in estate era di $1,56 \pm 0,16 \text{ mg/m}^3$ mentre per la frazione respirabile era pari a $0,62 \pm 0,22 \text{ mg/m}^3$. In inverno invece i valori misurati erano di $1,45 \pm 0,43 \text{ mg/m}^3$ per la polvere totale mentre di $0,29 \pm 0,19 \text{ mg/m}^3$ per la frazione respirabile. L'indagine ha dimostrato, da una parte, che un'esposizione professionale a polveri di legno per questi lavoratori esiste benché non si rilevasse il superamento dei livelli di esposizione per la polvere di legno duro. Gli autori suggeriscono peraltro che nella polvere che si forma durante l'attività ci possono essere diverse componenti, non solo polvere di legno, ma anche polveri minerali dovuti alla movimentazione del terreno, o gas e polveri sottili provenienti dagli scarichi delle attrezzature utilizzate. Infatti il **metodo gravimetrico** è il metodo di misura che permette di identificare la **quantità totale di polveri** a cui il lavoratore è stato esposto ma non di differenziare la tipologia di polvere e dunque di individuare soltanto la polvere di legno.

Questo aspetto non è stato considerato come invece lo è in altri studi come ad esempio il lavoro pubblicato su iForest da **Enrico Marchi et al**, dal titolo: “*Analisi dell'esposizione alle polveri durante le operazioni forestali con motosega*” (13) partito da un progetto di ricerca della Regione Toscana. Lo studio aveva l'obiettivo di studiare e determinare l'esposizione alle polveri di legno per la frazione inalabile e l'esposizione ai gas di scarico delle motoseghe durante le operazioni di taglio forestale. Durante il lavoro, i diversi compiti svolti dai lavoratori sono stati cronometrati per evidenziare la relazione tra la concentrazione di polveri di legno e il tempo di funzionamento della motosega. Lo studio ha preso in considerazione diversi trattamenti selvicolturali come: taglio ceduo, diradamento di conifere, potatura di conifere e taglio sanitario per un complessivo di 100 giornate lavorative. Il campionatore utilizzato per lo studio è stato collegato mediante un tubo flessibile trasparente a una pompa portatile *Gilian 5000* la quale è stata calibrata all'inizio di ogni giornata di campionamento. L'esposizione giornaliera alla polvere di legno per la frazione inalabile è stata determinata mediante il metodo gravimetrico. I valori della polvere di legno erano notevolmente inferiori al *Occupational Exposure Limit* (d'ora in avanti OEL) dell'Europa nel 98% dei casi: la media è stata di circa $1,5 \text{ mg/m}^3$ per tutte le lavorazioni. In conclusione, gli Autori indicano come i valori medi registrati erano inferiori all'OEL dell'Europa, tuttavia, allo stesso tempo erano vicini

o superiori all'OEL applicato da alcuni Paesi: ad esempio l'OEL di 2,0 mg/m³ in Austria, Germania e Svezia e l'OEL di 1,0 mg/m³ in Francia.

Questo progetto di ricerca ha prodotto evidenze circa l'esposizione ad agenti cancerogeni nei lavoratori forestali e aprirebbe quindi uno scenario sanitario del tutto nuovo - in parte - con tutto ciò che comporta dal punto di vista della protezione dei lavoratori. Di seguito i risultati della ricerca *“Analisi dell'esposizione alle polveri durante le operazioni forestali con motosega”*:

Operation	Mean wood dust (mg m ⁻³)	Geometric mean (mg m ⁻³)	Samples (N)	Min. (mg m ⁻³)	Max. (mg m ⁻³)
Clear cut in coppice	2.14 ± 0.22 ^a	1.98	20	0.95	5.58
Thinning	1.27 ± 0.20 ^b	0.99	23	0.38	3.59
Pruning	1.75 ± 0.18 ^{ab}	1.36	28	0.11	5.40
Sanitary cut	1.20 ± 0.18 ^b	1.07	29	0.31	2.58

Tabella I: valori medi di esposizione alla polvere di legno (± errore standard) in relazione al trattamento selvicolturale

Un'altra parte specifica del progetto di ricerca della Regione Toscana presentato a Siena nel 2014 nel workshop *“Rischi per la salute durante le lavorazioni nel bosco”* è presente nel documento di **Lucia Miligi et al**, dal titolo: *“Nuove esposizioni ed effetti sulla salute nei lavoratori forestali”* (6). Obiettivo di questa parte specifica era quella di valutare la mortalità specifica dei lavoratori forestali, in particolare la mortalità per tumore. L'approfondimento sullo stato di salute dei lavoratori forestali, in particolare la parte associabile al rischio cancerogeno, è stato affidato e condotto dall'Istituto per lo Studio e la Prevenzione Oncologica (ISPO) di Firenze. L'ISPO ha condotto uno studio di coorte, indicandolo come il modello di studio più appropriato per studiare questa popolazione lavorativa, in cui si ipotizza l'esposizione a diversi agenti con diversi livelli di esposizione. Il lavoro ha permesso di costituire una coorte di 1116 soggetti che avevano lavorato come operatori forestali in Toscana. Circa il 42% dei soggetti aveva lavorato come operatore forestale tra i 10 e i 20 anni. Dall'analisi della coorte dei lavoratori forestali, emerge un quadro di mortalità per tutte le cause più favorevole rispetto alla popolazione generale ma un aggiornamento della coorte nel 2010 ha messo in luce un numero maggiore di casi nella categoria dei tumori delle labbra, cavità orali e rinofaringe, tumori che sono associati anche all'esposizione a polveri di legno.

Un limite dello studio è che la coorte era composta soltanto da lavoratori che operavano nel pubblico e non vi sono nella coorte lavoratori da aziende private. Un ulteriore limite dello studio era il follow up non sufficientemente lungo per poter osservare tumori che hanno bisogno di tempi di latenza più lunghi.

In conclusione lo studio ha mostrato nei lavoratori forestali degli eccessi di rischio per alcune sedi tumorali, in particolare il tumore della rinofaringe che è associato in maniera certa con l'esposizione alle polveri di legno.

All'interno dello stesso studio, come evidenzia **D. Volpi et al, (14)**, erano state condotte misure di polverosità durante operazioni di lavorazioni forestali che avevano evidenziato che, “nel bosco ceduo o nelle potature di conifere” le concentrazioni erano abbastanza simili ai valori limite di 5 mg/m³, consentiti dall'Unione Europea. Contestualmente è stata evidenziata un'elevata influenza della stagione di indagine (invernale o estiva), dei metodi di lavoro degli operatori e delle specie arboree”.

Secondo i risultati di queste indagini, l'esposizione di lavoratori forestali alla polvere di legno era di solito inferiore all'UE OEL, anche se 2 campioni hanno superato tale standard. Tuttavia, i valori medi registrati sono stati vicini o superiori all'OEL applicato in alcuni paesi (ad es. 2 mg/m³ in Austria, Germania e Svezia, 1 mg/m³ in Francia) e superiore o compresi nei valori di range di esposizione suggeriti per il futuro dallo SCOEL (1–1.5 mg/m³).

Sull'esposizione alla polvere di legno e sui suoi effetti sulla salute dei lavoratori e le possibili correlazioni con malattie croniche, sono stati condotti nel tempo altri studi. Tra i lavori medici/scientifici presi in considerazione per studiare questa relazione vi è lo studio di **Hancock et al**, dal titolo: “*Wood dust exposure and lung cancer risk: a meta-analysis*” (15). Il lavoro partiva dal fatto che, sebbene la polvere di legno sia una sostanza cancerogena confermata per l'uomo, la sua associazione con il cancro ai polmoni rimaneva poco chiara anche a fronte dei risultati incoerenti nella letteratura. I ricercatori hanno condotto una meta-analisi sulla base di 85 pubblicazioni raccolte in 10 database con lo scopo di osservare i risultati sull'associazione tra cancro ai polmoni ed esposizione alla polvere di legno.

Lo studio ha dimostrato associazioni significative tra cancro ai polmoni ed esposizione alla polvere di legno o impiego in occupazioni legate alla polvere di

legno con un rischio relativo (RR) pari a 1.25 e con eterogeneità “notevole” tra gli studi ($I^2 = 82.1\%$) come riportato nel *Forest Plot* (metodo grafico per rappresentare revisioni sistematiche e meta-analisi) di seguito:

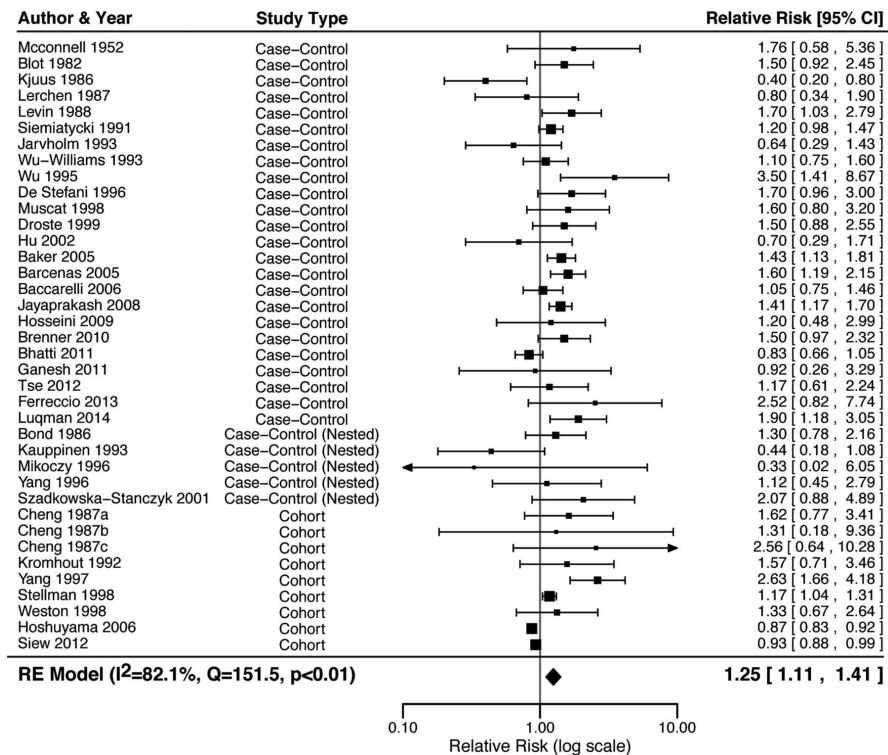


Figura II, Forest Plot relativo allo studio: “Wood dust exposure and lung cancer risk: a meta-analysis”

Un ulteriore studio che ha messo in correlazione il grado di esposizione dei lavoratori alla polvere di legno e la comparsa di malattie professionali croniche è lo studio condotto sui lavoratori del settore del legno in Francia e Germania dal titolo “Occupational risks for adenocarcinoma of the nasal cavity and paranasal sinuses in the German wood industry” di **Pesch et al. (16)**. I risultati dello studio hanno dimostrato un rapporto tra un’esposizione media a polvere di legno inalabile ≥ 5 mg/m^3 e il rischio di adenocarcinoma, (OR 48.47, IC 95% da 13,30 a 176,63) rispetto ad esposizioni alla polvere con livelli inferiori a $3,5$ mg/m^3 . Infine per le esposizioni a polvere di legno inalabile tra 5 mg/m^3 e 3.5 mg/m^3 è stato riscontrato un rischio di adenocarcinoma pari a OR 10,54, IC 95%.

In conclusione gli autori, sulla base dei loro risultati hanno riscontrato un rischio elevato di adenocarcinoma dei seni nasali per esposizioni a polvere di legno inalabile superiore a 3.5 mg/m^3 . Gli autori ritengono comunque che non si possa escludere un rischio al di sotto di tale concentrazione.

4.6 La percezione del rischio nei lavoratori forestali

Il lavoro nel settore forestale è stato e continua ad essere considerato un'occupazione molto rischiosa e difficile, con un'esposizione a determinati fattori che creano rischi per la salute o addirittura per la vita dei lavoratori.

Si è già detto che i lavoratori forestali sono esposti a vari rischi come rumore, vibrazioni, rischio chimico, microclima, rischio biologico, rischio di infortunio, movimentazione manuale dei carichi e radiazioni ottiche e che, all'interno di questi, quello legato all'esposizione alla polvere di legno viene in genere scarsamente considerato e studiato.

Un'indagine condotta in Polonia (17), su un campione di 135 operatori forestali ha studiato la percezione del rischio lavorativo tra i dipendenti. Le opinioni dei dipendenti forestali in merito ai rischi professionali sono state analizzate dal punto di vista di variabili, come il luogo di lavoro, il periodo di impiego, l'età e l'istruzione.

Tra i rischi più rilevanti, i dipendenti forestali hanno indicato più spesso il rischio correlato al microclima freddo (83,7%) e caldo (77%). Un'alta percentuale di intervistati (55,6 %) era consapevole della presenza di pericoli e rischi biologici causati dalla possibilità di contatto con animali selvatici sul posto di lavoro. Inoltre, una parte considerevole degli intervistati ha riferito che il rumore è fonte di rischio sul lavoro (34,1%), mentre solo il 3% intervistati ritiene le vibrazioni meccaniche un rischio per la propria salute. È interessante notare che il 18,5% e il 15,6% degli intervistati considera la polvere di legno e le sostanze chimiche rischi presenti sul proprio ambiente di lavoro.

Le maggiori differenze nel modo di percepire il rischio, secondo lo studio sono risultate legate al grado di istruzione e alla durata d'impiego nell'ambito boschivo.

5. MISURE DI PREVENZIONE E PROTEZIONE

5.1 Generalità

Il D.Lgs. 81/2008, Testo Unico sulla Salute e Sicurezza sul Lavoro, nel Titolo IX, Capo II norma la protezione da agenti cancerogeni e mutageni. In particolare agli artt. 235 (“*Sostituzione e riduzione*”) e 237 (“*Misure tecniche, organizzative, procedurali*”), obbligano il datore di lavoro a ridurre al minimo tecnicamente possibile l'esposizione professionale dei lavoratori ad agenti cancerogeni e inoltre a limitare al minimo possibile il numero di lavoratori che possono essere esposti ad agenti cancerogeni o mutageni.

Nel caso dei processi lavorativi di prima e seconda lavorazione, si adempie a queste disposizioni tramite misure di organizzazione del lavoro come ad esempio la separazione delle lavorazioni e l'utilizzo di macchinari adeguati al D.Lgs. 17/2010 (*Attuazione della Direttiva 2006/42/CE*, relativa alle macchine) ovvero dotati di sistemi di aspirazione e captazione o ancora meglio utilizzando macchinari a controllo numerico completamente chiusi in modo da eliminare la fuoriuscita di polveri. I condotti di aerazione devono garantire una velocità di trasporto di 20 m/s per il materiale essiccato e di 28 m/s per il materiale umido.

La separazione delle lavorazioni è fondamentale in quanto è necessario effettuare in luoghi distinti le operazioni che emettono polveri (es. levigatura, tornitura) rispetto a quelle che non ne emettono (es. finitura, montaggio).

Queste misure generali di sicurezza nell'ambito del lavoro forestale non possono essere osservate in quanto l'ambiente di lavoro non lo consente, pertanto bisogna ricorrere a misure organizzative e all'utilizzo di DPI, come indicato dall'art. 15 del D.Lgs. 81/08.

Oltre queste ultime due misure, il Testo Unico in materia di Salute e Sicurezza sul Lavoro, impone inoltre al datore di lavoro (DdL) di predisporre un'adeguata informazione e formazione ai lavoratori oltre a sottoporli a sorveglianza sanitaria al medico competente.

L'informazione e la formazione sono due misure di tutela fondamentali in quanto insieme permettono di trasferire al lavoratore nozioni, conoscenze, competenze e

concetti relativi al rischio ai quali sono esposti e alle misure e attenzioni da applicare in fase di lavoro.

Nel paragrafo 4.6 dal titolo - "*La percezione del rischio nei lavoratori industriali*", si è illustrato come le conoscenze dei lavoratori relative al rischio legato all'esposizione alla polvere sia molto bassa.

La sorveglianza sanitaria come previsto dall'art. 41 del D.Lgs. 81/2008, comprende l'effettuazione di visite mediche preventive, per valutare l'idoneità del lavoratore allo svolgimento della mansione specifica ma soprattutto a controllare lo stato di salute dei lavoratori e il permanere dei requisiti di idoneità.

5.2 Dispositivi di Protezione Individuali per le vie respiratorie

Quando un lavoratore è opera in un ambiente pericoloso, al lavoratore va garantito, da parte del datore di lavoro, il massimo sforzo per eliminare il rischio e dove ciò non sia possibile il massimo sforzo per garantire la riduzione al minimo di tale rischio.

Nel caso di esposizione alla polvere di legno, qualora le misure di protezione collettive non fossero sufficienti, il datore di lavoro si deve adeguare garantendo al lavoratore una protezione individuale. I dispositivi di protezione individuale, a differenza dei dispositivi di protezione collettiva, proteggono soltanto il lavoratore che li indossa.

La protezione individuale ha l'obiettivo di evitare l'assorbimento, il contatto (sia questo cutaneo, respiratorio o digestivo) con la sostanza e/o la polvere al quale il lavoratore è esposto.

I DPI ai fini del D.Lgs. 81/2008 devono:

- essere adeguati ai rischi da prevenire, senza comportare di per sé un rischio maggiore;
- essere adeguati alle condizioni esistenti sul luogo di lavoro;
- tenere conto delle esigenze ergonomiche o di salute del lavoratore;
- poter essere adattati all'utilizzatore secondo le sue necessità;

Inoltre i DPI devono essere conformi al Reg. UE n° 425/2016 e i fabbricanti per accertarne la conformità ai requisiti essenziali di salute e sicurezza appongono la marcatura CE. Per i DPI di terza categoria (DPI cd. "*salvavita*"), è necessario che intervenga un ente terzo, un organismo notificato che verifichi la conformità del DPI in oggetto. Tale verifica è documentata attraverso l'apposizione del numero di identificazione dell'Organismo a fianco alla marcatura CE.

Il ricorso a un Dispositivo di Protezione Individuale delle vie respiratorie è necessario quando una persona si trova di fronte a un rischio per la sua salute dovuto all'inalazione di aria inquinata da gas, vapori, polveri, aerosol o di aria povera di ossigeno (aria con una concentrazione di ossigeno inferiore al 17% in volume).

I DPI delle vie respiratorie si possono raggruppare in due grandi divisioni:

- DPI filtranti: non possono essere utilizzati in atmosfere povere di ossigeno e quindi solo quando l'ambiente ha un tenore di ossigeno superiore al 17% in

volume. Questi dispositivi proteggono il lavoratore purificando l'aria dell'ambiente per filtrazione. Sono utilizzabili quando si conosce la natura e la concentrazione degli inquinanti, in ambienti aperti;

- DPI isolanti: sono DPI utilizzabili in ambienti poveri di ossigeno in quanto l'utilizzatore è indipendente (isolato) dall'aria esterna. Questi sono alimentati con aria respirabile prelevata da un sorgente non contaminata. Si utilizzano questi DPI quando non si conoscono le concentrazioni degli inquinanti, le concentrazioni sono troppo elevate e gli inquinanti sono immediatamente pericolosi per la vita. L'ambiente nel quale questi DPI trovano largo impiego sono gli ambienti confinati.

Successivamente ci sono moltissime sottocategorie che riguardano i dispositivi di protezione delle vie respiratorie, infatti i dispositivi filtranti possono essere di due categorie: "anti AEROSOL" o "anti GAS" ed essere a ventilazione libera o assistita. Per i dispositivi di protezione delle vie respiratorie di tipo isolante, questi possono essere: autonomi o non autonomi.

Quanto sopra detto, definisce come esistono diverse tipologie di DPI delle vie respiratorie, ognuno adatto a specifiche situazioni di rischio. La scelta va fatta in stretta relazione alla valutazione dei rischi e all'analisi della situazione di lavoro. I principali determinanti da tenere in considerazione per la scelta del DPI sono: il tenore di ossigeno, la natura e tossicità degli inquinanti, le concentrazioni massime prevedibili e i valori limite di concentrazione ammessa nei luoghi di lavoro.

Per la scelta di un dispositivo di protezione per le vie respiratorie, è necessario sapere il valore del cd. "*fattore di protezione minimo*" - FP - richiesto per la situazione di lavoro. Questo fattore di protezione minimo è determinato in base al rapporto tra la concentrazione massima prevedibile dell'inquinante e la concentrazione limite ammessa.

Il valore della concentrazione massima prevedibile è definibile tramite un campionamento ambientale o tramite banche dati, mentre per la concentrazione limite ammessa si adotta i limiti professionali definiti dall'allegato XXXVIII o XLII.

Una volta ottenuto il fattore di protezione minimo, lo si confronta con i fattori di protezione forniti dalle schede tecniche dei vari dispositivi di protezione delle vie respiratorie che possono essere:

- fattore di protezione nominale (FPN): è calcolato in laboratorio tramite test standardizzati secondo norme tecniche;
- fattore di protezione assegnato (FPA-FPO): è il livello di protezione che in maniera realistica si può prevedere di ottenere nel posto di lavoro da parte del 95% dei portatori adeguatamente istruiti;

Il valore del fattore di protezione nominale sarà sempre superiore al valore di protezione assegnato pertanto se disponibile sarà il valore del FPA a dover essere preso in considerazione in quanto è più realistico e più protettivo.

Le norme tecniche stabiliscono i minimi fattori di protezione nominali (FPN) e i minimi fattori di protezione assegnati (FPA) che ogni dispositivo filtrante deve avere.

La scelta del tipo di dispositivo di protezione per le vie respiratorie alla polvere di legno deve essere fatta tenendo presente il livello di protezione necessario, che varia in base alla concentrazione della polvere di legno aerodispersa. Nel caso non fosse possibile stabilire la concentrazione di polvere aerodispersa, il livello di protezione minimo nella scelta deve corrispondere a quello di una maschera facciale con filtro di classe FFP2 a cui è attribuito un fattore di protezione operativo pari a 10 come stabilito nel Decreto del Ministero del Lavoro e della Previdenza Sociale del 02/05/2001.

Dunque contro le polveri di legno prodotte nelle operazioni di taglio delle piante, sono necessarie maschere filtranti del tipo facciale, dotate di filtro antipolvere del tipo FFP2

5.3 Sorveglianza sanitaria

Come già precedentemente e ampiamente descritto, l'esposizione a polveri di legno è un fattore di rischio caratterizzato da molti e ben noti effetti, tra cui la possibile insorgenza di tumori. L'art. 242 del D.Lgs. 81/2008 ("Accertamenti sanitari e norme preventive e protettive specifiche"), disciplina la sorveglianza sanitaria per le persone esposte a sostanze cancerogene. Lo scopo della sorveglianza sanitaria è quello di rilevare patologie che potrebbero essere in una fase di latenza e indirizzare i provvedimenti medico-sanitari di prevenzione primaria e/o secondaria.

I lavoratori sottoposti a sorveglianza sanitaria per il rischio cancerogeno correlato all'esposizione a polveri di legno duro devono essere iscritti nel Registro degli esposti a norma dell'art. 243 D.Lgs. 81/2008. Per ciascun nominativo di lavoratore iscritto è necessario trasmettere ulteriori informazioni come ad esempio: il tipo di attività svolta, il livello dell'esposizione in termini di intensità, frequenza e durata, etc.. Questi dati sono necessari in quanto l'INAIL svolge l'attività di sorveglianza sanitaria dei tumori occupazionali tramite un sistema di monitoraggio. Dal 2017 è obbligatorio l'invio dei dati contenuti nel registro di esposizione attraverso il servizio informatizzato SINP (Sistema Informativo Nazionale per la Prevenzione) disponibile tramite il sito web dell'INAIL. Il registro degli esposti deve essere aggiornato ogni tre anni e ogni volta che si verificano sostanziali modifiche nel processo produttivo. I modelli e le modalità di tenuta sopra riportate sono disciplinate dal Decreto del Ministero della Salute n. 155 del 2007. Il Registro degli esposti deve essere inviato periodicamente all'INAIL.

Il medico competente aziendale, per ciascun lavoratore esposto ad agenti cancerogeni, istituisce ed aggiorna periodicamente una cartella sanitaria e di rischio. Il medico competente durante la visita medica periodica, oltre che gli aspetti più propriamente clinici e medico-legali può decidere di disporre anche una sorveglianza ambientale per la verifica dei limiti di esposizione a polvere di legno.

La sorveglianza sanitaria divide i lavoratori esposti alla polvere di legno in:

- lavoratori con media esposizione: si tratta dei lavoratori con un'esposizione a polvere di legno tra 1 e 5 mg/m³;

- lavoratori con bassa esposizione: in questa categoria ci sono i lavoratori che hanno un'esposizione alla polvere di legno in 8 ore lavorative inferiore a 1 mg/m³;

La differenza che comporta questa differenza è la periodicità della sorveglianza sanitaria: infatti, nei lavoratori esposti a concentrazioni di polvere inferiori a 1 mg/m³ la visita medica ha una periodicità biennale mentre per la seconda categoria, i lavoratori esposti fino a 5 mg/m³ hanno una visita medica annuale.

I contenuti della visita medica non cambiano in relazione del grado di esposizione, infatti è prevista la compilazione di un questionario sui disturbi nasali e una rinoscopia eseguita dal medico. A giudizio del medico competente, per riscontro di positività all'esame obiettivo (E.O.) della rinofaringe, e comunque almeno una volta se il lavoratore ha un'anzianità lavorativa superiore a 15 anni, vengono prescritti accertamenti specialistici orali come ad esempio: E.O. rinofaringe, apparato respiratorio e rinoscopia anteriore.

La sorveglianza sanitaria una volta cessato il rapporto di lavoro deve comunque essere garantita come stabilito dall'art. 41 comma 2 lettera e del D.Lgs. 81/2008: infatti il lavoratore è invitato ad effettuare i controlli medici con periodicità quinquennale.

PARTE 2

DESCRIZIONE DI UNA ESPERIENZA DI CAMPIONAMENTO E MISURE DI POLVERI NEL CORSO DI LAVORI FORESTALI

6. PREMESSE

L'obiettivo di questa seconda parte del lavoro di laurea, è quello di valutare in modo pratico l'effettiva esposizione a polveri di legno dei lavoratori forestali, attraverso misurazioni condotte sul luogo di lavoro.

Per motivi legati a limiti metodologici e normativi, che di seguito verranno analizzati e approfonditi, le misurazioni condotte e i relativi risultati riportati, assumono un valore puramente conoscitivo.

Per svolgere le misurazioni è stata individuata e contattata un'impresa boschiva presente sul territorio della Provincia Autonoma di Trento, la quale ha dato la disponibilità per svolgere le misure.

L'azienda, nata prima come impresa individuale dal 2006 fino al 2011 è successivamente diventata una microimpresa, costituita da un datore di lavoro e due lavoratori.

L'azienda svolge attività legate alla silvicoltura ed altre attività forestali: nello specifico taglio di legna da opera e da lavoro. L'azienda lavora sia sul mercato privato - in modo minore - sia sul mercato pubblico con attività di abbattimento alberi, raccolta e vendita. Inoltre, in piccola parte svolge attività di taglio e vendita sul mercato privato, di legna da ardere. Le quantità stimate di legname lavorato, che mi sono state comunicate, si aggirano tra gli otto e nove mila metri cubi all'anno.

Prima di svolgere i campionamenti - tramite un incontro conoscitivo - si è spiegato e informato a tutti i componenti dell'azienda gli obiettivi dell'indagine e la metodologia di campionamento. Successivamente, valutata la disponibilità e il programma lavorativo, sono state individuate le date e le lavorazioni nelle quali sono state svolte le misurazioni.

Gli strumenti utilizzati - campionatore, preselettore - sono stati forniti dalla Unità Operativa di Prevenzione e Sicurezza negli Ambienti di Lavoro dell'APSS di Trento mentre i filtri e le prove di misurazione sono state effettuate dal laboratorio dell'Agenzia Provinciale per la Protezione Ambientale (APPA) di Trento.

7. MATERIALI E METODI

Un campionamento ambientale di polveri di legno prevede l'utilizzo di specifiche attrezzature quali: un campionatore personale (pompa di aspirazione) e un portafiltro o preselettore (collegato alla pompa con un tubo) nel quale viene alloggiata una membrana che funge da filtro come mezzo di captazione delle polveri. In pratica, un determinato volume d'aria è aspirato con l'ausilio di una pompa definita **campionatore** e fatto passare attraverso uno strato solido-poroso che prende il nome di filtro.

I campionatori possono essere di due tipologie: o di tipo personale (portatili) o d'area (cd. fissi). I campionatori personali sono relativamente leggeri ed alimentati a batteria in modo da poter essere indossati e portati dall'operatore durante lo svolgimento del suo lavoro. Il preselettore con il filtro viene fissato sull'indumento del lavoratore in vicinanza del capo, in modo da essere posizionato vicino all'ingresso delle vie respiratorie (bocca e naso) e raccogliere quindi l'aria nella cosiddetta "zona respiratoria" del lavoratore. Benché si possano utilizzare campionatori personale in modo fisso (non indossati dal lavoratore ma posizionati e mantenuti in una specifica zona), i campionatori fissi sono di maggiori dimensioni, permettono il prelievo di quantitativi maggiori di aria ed anche a flussi ben maggiori quando richiesti e sono destinati a essere utilizzati in posizione fissa in un'area dell'ambiente di lavoro, opportunamente scelta. Mentre i campionatori personali prelevano l'aria nella sua zona respiratoria, seguendo il lavoratore nei suoi spostamenti in zone a possibile diversa concentrazione di aerosol, il campionatore fornisce informazioni unicamente sulla zona di campionamento.

I campionamenti sono stati effettuati sulla base delle norme tecniche specificate dall'allegato XLI del D.Lgs. 81/2008 relativo alle metodiche standardizzate di misurazione degli agenti, in particolare sono state prese in considerazione le seguenti norme tecniche:

- **UNI EN 481:1994**: relativa alle frazioni granulometriche per la misurazione delle particelle aerodisperse, utilizzate per valutare i possibili effetti sulla

salute derivanti dall'inalazione di particelle aerodisperse negli ambienti di lavoro;

- **UNI EN 689:2019**: relativa alla strategia per la verifica della conformità coi valori limite di esposizione delle esposizioni per inalazione agli agenti chimici;
- **UNI EN 13137:2015**: relativa ai requisiti prestazionali delle pompe alimentate a batteria per il campionamento individuale di prodotti chimici ed agenti biologici nell'aria dei luoghi di lavoro;

La pompa deve essere in grado di far passare l'aria attraverso il filtro ad una velocità costante per più di 8 ore anche in condizioni atmosferiche sfavorevoli come ad esempio in presenza di temperature estreme o forte presenza di umidità.

Questo criterio, prima descritto, si basa sul fatto che i campioni devono essere prelevati su un periodo tale da permettere un confronto con i valori limite legislativi (ponderati nel tempo = TWA) i quali sono riferiti su 8 ore giornaliere di esposizione lavorativa.

Per una stima della esposizione TWA-8 ore, il periodo minimo di campionamento deve essere di almeno il 25% del turno di lavoro, benché - se realizzabile - sia preferibile che sia almeno il 50% **(18)**.

In questa indagine, tenendo conto di quanto sopra scritto, i campionamenti sono stati effettuati - per quanto possibile - sulla base di almeno il 50% del periodo di lavoro.

Il campionatore deve inoltre essere impostato ad una portata tale da concordare con i requisiti di funzionamento del preselettore. La calibrazione del flusso è una fase importante e si effettua generalmente prima di ogni campionamento: la pompa deve essere in grado di far passare aria attraverso il filtro ad una velocità costante.

Il campionatore utilizzato per le misure effettuate ai fini di questa tesi era un campionatore di marca LIFE XFM-Hi, conforme alla norma UNI EN 1232 del giugno 1999.

Tra le principali caratteristiche del campionatore utilizzato vi sono:

- impostazione digitale del flusso: sia a 2 l/m sia a 4 l/m o più;
- portata costante con compensazione automatica delle perdite di carico;
- allarme luminoso ed acustico per la segnalazione del "fuori portata";

- regolazione e misurazione elettronica del flusso grazie ad uno specifico sensore per migliorare la precisione e la stabilità;
- registrazione del volume campionato, degli allarmi e delle temperature (iniziale, finale, media);
- possibilità di visualizzare sul display i dati memorizzati (tempo di campionamento, portata, volume cumulativo, stato della batteria);
- memoria dati per circa 100 prelievi;
- alimentazione a batterie che garantiscono un'elevata autonomia;

Il campionatore pesava circa 650 g ed aveva dimensioni di 135x82x56 mm: tali caratteristiche permettono il facile utilizzo del campionatore da parte dei lavoratori durante lo svolgimento di mansioni, minimizzando intralcio o interferenze con i movimenti.

I **filtri** posizionati nel preselettore al punto di ingresso dell'aria, hanno lo scopo di fungere da substrato per la sedimentazione delle polveri captate dalla pompa. Esistono in commercio varie tipologie di membrane filtranti che differiscono principalmente per il materiale di cui sono costituite e per la porosità: ad esempio, i filtri in PVC o in fibra di vetro. Per i campionamenti sono stati scelti, in questo caso, filtri in fibra di vetro che prima di essere utilizzati hanno subito il processo di condizionamento.

La massa del particolato raccolto è definita attraverso una doppia pesata e un doppio condizionamento (prima/dopo l'utilizzo). Prima di ogni campionamento il filtro è sottoposto al processo di condizionamento ovvero un processo per rendere riproducibili e uguali le pesate: infatti, per non introdurre errori, la pesatura deve essere condotta nelle stesse condizioni del filtro, in particolare per quanto riguarda fenomeni di assorbimento di acqua a seconda dell'umidità relativa dell'ambiente. Per il campionamento delle polveri, le membrane porose subiscono un condizionamento "sotto cappa" ad umidità e temperatura controllate quali: temperatura pari a 20 ± 1 °C e umidità relativa pari a 50 ± 5 %. Il tempo di condizionamento varia tra 1 giorno e 3 giorni. Tutti i filtri che ho utilizzato, sono stati condizionati per 72 ore.

Al termine del processo e prima di essere utilizzato, il filtro viene pesato utilizzando una bilancia analitica con limite di sensibilità pari a 0.001 mg. Al termine del

campionamento, il laboratorio, una volta ricevuto il filtro utilizzato procede con il secondo processo di condizionamento. Una volta conclusa questa fase, si procede alla pesatura la quale restituisce la quantità assoluta di polvere campionata per differenze rispetto alla pesata di partenza.

Esistono vari tipi di **preselettori**: il più utilizzato a livello europeo, è il preselettore “IOM”, sviluppato dall’Istituto di Medicina Occupazionale di Edimburgo. Questo, è molto pratico da usare ed è certificato secondo la norma UNI-EN 481:1994 per il campionamento di particelle aerodisperse. Alcuni aspetti critici di questa tipologia di preselettori riguardano, in particolare, la dimensione dell’ingresso (diametro 15 mm), che espone all’influenza delle particelle “proiettile”, ovvero delle particelle che durante la lavorazione sono proiettate dal contatto con macchine da taglio e la sua sensibilità agli effetti della velocità dell’aria che può comportare una perdita delle particelle depositate sul filtro.

Il preselettore IOM si compone di due parti principali che sono: la testa di frazionamento assieme alla clip di posizionamento e la cassetta di contenimento del filtro. La cassetta di contenimento è munita di coperchio e clip per la chiusura e il trasporto del filtro. Le figure sottostanti rappresentano la composizione del preselettore IOM.

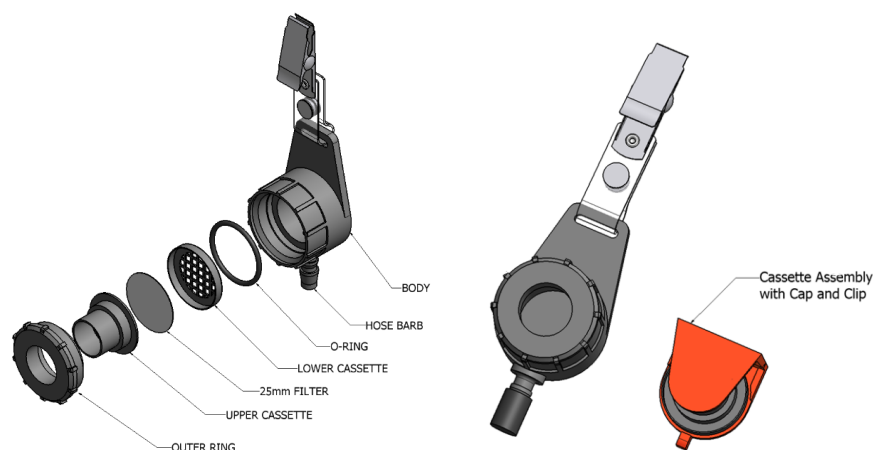


Figura III, rappresentazione composizione preselettore IOM

Altra tipologia di preselettore, è il “Button”, un dispositivo in acciaio inox dotato sul foro di una semisfera a rete porosa. Questa configurazione permette a questo

preselettore di eliminare il problema delle particelle “proiettile” e di essere meno sensibile alla velocità dell’aria. Sia il costo elevato - a confronto di altri dispositivi - sia l’elevato flusso di aspirazione richiesto per il suo utilizzo (4 litri al minuto) ha però limitato l'utilizzo di questo dispositivo. Occorre dire che il Button risulta poco diffuso ed utilizzato anche perché poco supportato dalla letteratura scientifica e da test in laboratorio.

Di seguito si riporta la figura della composizione del preselettore Button:

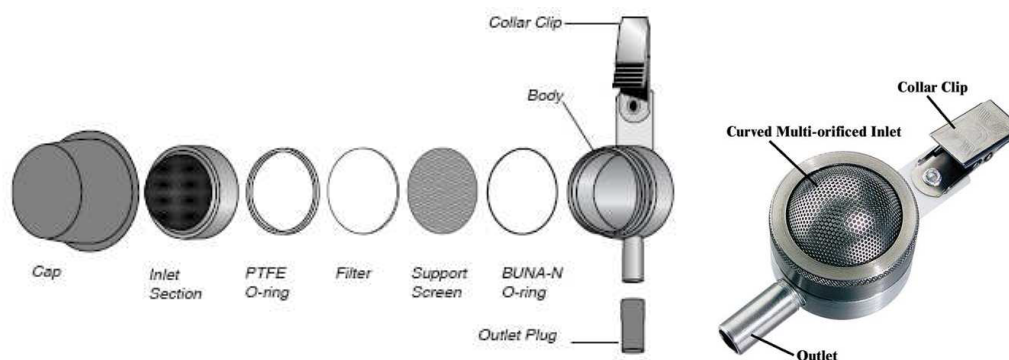


Figura IV, rappresentazione composizione preselettore BUTTON

Un'altra tipologia di preselettore, simile al preselettore Button, è quello definito “a cono”: tale dispositivo risultava conforme al D.Lgs 277/1991 - relativo al campionamento di agenti chimici per la protezione dei lavoratori - per il campionamento dei fumi di saldatura e di polveri. Questo preselettore era il riferimento principale di alcuni paesi europei come la Germania. I principali difetti che aveva erano relativi alla rimozione del filtro - non proprio agevole e all'elevato grado di influenza della velocità dell’aria.

Il preselettore utilizzato per le presenti misurazioni è il “Gillian IPS”, che è l’esatta replica del preselettore “IOM”. Di seguito alcune foto relative alla strumentistica utilizzata:



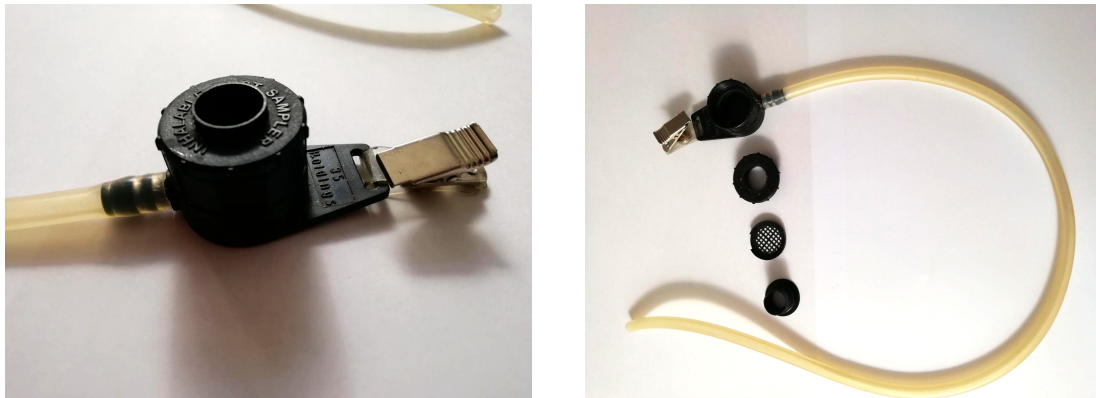


Figure V, rappresentazione attrezzatura utilizzata (preselettore, campionatore)

Il Gillian IPS e la cassetta portafiltro sono realizzati in plastica conduttiva, per prevenire la formazione di cariche elettrostatiche che potrebbero interferire con la polvere aerodispersa compattata. Il peso del preselettore è pari a 22,70 grammi, compresa la cassetta portafiltro.

Il preselettore, va applicato al lavoratore tramite la clips nella zona più vicina alla bocca e al naso (a meno di 30 cm dalla bocca e dal naso) in modo da campionare l'aria e gli inquinanti presenti nell'area vicino alla zona di respirazione del lavoratore (zona respiratoria).

Tutti i campionamenti sono stati effettuati tramite l'utilizzo di filtri in fibra di vetro condizionati e con le seguenti caratteristiche:

- diametro (\emptyset) pari a 25 mm;
- porosità fine con una ritenzione delle particelle da 1.2 μm ;

I filtri erano regolati per un flusso specifico pari a 2 litri al minuto il quale è stato impostato e mantenuto per tutti i campionamenti. La durata di ogni singolo campionamento è stata di minimo due ore.

Il campionatore e il preselettore sono stati fatti indossare ai lavoratori oggetto della valutazione come indicato dalle foto che seguono:



Figure VI, modalità di indossare il campionatore e il preselettore

Durante e al termine di ogni misurazione, i lavoratori che hanno indossato il campionatore e il preselettore non hanno indicato possibili discomfort durante lo svolgimento delle loro lavorazioni.

Prima di svolgere i campionamenti, l'esecutore dei campionamenti ha sostenuto un momento formativo, a cura di un esperto dell'UOPSAL (dott. Alessandro Pedrotti, correlatore di questa tesi). Quel momento è stato utile non solo per apprendere l'utilizzo della strumentistica (p.es. impostazione flusso, start e fine campionamento, ecc.) ma soprattutto per confrontarsi in merito al lavoro da svolgere: quanti campionamenti fare, la durata di ogni campionamento, quali lavorazioni campionare, le modalità di conservazione dei filtri, gli obiettivi e i possibili risultati ottenibili. I campionamenti sono stati effettuati in collegamento, con il supporto a distanza dell'esperto.

Il primo campionamento è stato effettuato il giorno 29 agosto 2022 con inizio delle misurazioni alle ore 9:00 fino alle 12:30 per un totale di circa 3,5 ore di campionamento circa. Il campionamento si è svolto in loc. "Pian delle Scudelle" sopra l'abitato di Andalo, ad una quota di circa 1550 m. s.l.m.. L'ambiente di lavoro si presentava scosceso, in pendenza (circa 60%) e questo costringeva i lavoratori ad

assumere posizioni particolari per non perdere l'equilibrio e a portare il baricentro verso la motosega e il tronco dell'albero. Le condizioni atmosferiche all'inizio della prima mutazione erano le seguenti: tempo sereno con una temperatura di 15.5° C e una temperatura percepita di 16°C. L'umidità relativa era pari al 75%.

Durante la prima misurazione, il campionatore personale è stato indossato da uno dei due lavoratori che ha svolto soltanto l'attività di taglio alberi per tutta la durata del campionamento e ha lavorato singolarmente, a distanza di sicurezza l'uno dall'altro. Tutti i lavoratori durante la giornata di lavoro hanno utilizzato i DPI personali quali: casco di protezione integrato di schermo protettivo e otoprotettori, calzature con puntale antischiacciamento e braghe antitaglio. L'utilizzo della motosega (a miscela olio e benzina) è stato costante per tutto il periodo di campionamento (circa 90% delle 3,5 ore di misurazione) e la motosega era sottoposta a regolare manutenzione (cd. limatura della catena) ogni due ore di utilizzo circa. Il taglio era un **taglio cd. sanitario**: questo trattamento selvicolturale consiste nella rimozione di alberi morti, danneggiati o malati per evitare la diffusione di parassiti. Gli alberi lavorati erano secchi in quanto erano stati attaccati dal *bostrico dell'abete rosso*. Questo insetto, della famiglia dei coleotteri, lungo circa 4-5 mm si sviluppa sotto la corteccia scavando gallerie nel tronco della pianta che interrompono il flusso della linfa e porta inevitabilmente la pianta a morire in breve tempo. Normalmente questo insetto attacca e si riproduce in alberi indeboliti o già morti ma nel corso di attacchi più gravi possono essere colpiti anche alberi sani. Gli aghi delle piante colpite si seccano progressivamente iniziando dai cimali per poi cadere nel giro di alcune settimane. In questo caso, quindi, il legno tagliato risultava secco, con un'umidità bassissima.

Durante le tre ore e mezza di campionamenti sono state abbattute circa 12 piante e sezionati i tronchi in pezzi con una lunghezza di circa 5 - 6 metri ciascuno. Questo legname sarà di seguito prelevato con appositi trattori forestali - *forwarder* - e trasportato in segheria per la produzione di bancali. Le essenze principali che sono state tagliate sono: abete rosso, larice e abete bianco. Alla fine del campionamento, durante la fase di rimozione del filtro ho osservato la presenza di pezzi grossolani di segatura, verificando di persona la scarsa capacità del preselettore di evitare l'ingresso di particelle proiettili. Il filtro successivamente al campionamento si presentava nelle seguenti condizioni:



Figura VII, filtro dopo l'utilizzo n° FV223403

Terminato il campionamento, il filtro è stato rimosso dal preselettore tramite apposita pinzetta e facendo attenzione a non contaminarlo, riposto nel portafiltro per il trasporto al laboratorio. Si può notare come la porzione esposta del filtro risulta essere molto “sporca” o scura ed in maniera omogenea (aspetto importante per escludere anomalie di campionamento), rispetto alle condizioni di partenza, rivelando la polvere raccolta.

Il secondo campionamento è stato effettuato sempre il 29 agosto 2022 con inizio delle misurazioni alle ore 13:00 fino alle ore 16:00 circa per un totale di 3 ore di campionamento. Il campionamento si è svolto sempre nel luogo indicato sopra per il campionamento mattutino ma in questo caso si è valutata l'esposizione alla polvere dei lavoratori forestali durante l'utilizzo della motosega nelle attività di pulizia e sramatura dell'albero abbattuto.

Per questa misurazione, il campionatore con il preselettore è stato indossato dal secondo lavoratore dell'azienda. L'utilizzo della motosega (a miscela olio e benzina) in questa lavorazione è stata abbastanza costante per tutto il periodo di campionamento (circa 80% della durata del campionamento); la motosega era sottoposta a regolare manutenzione (cd. limatura della catena) circa ogni due ore di utilizzo.

La tipologia di essenze sulla quale l'operatore lavorava era la stessa di quella degli alberi abbattuti la mattina ovvero: abete rosso, larice e abete bianco. Il filtro usato è risultato scurito nella parte esposta, con qualche disomogeneità del fondo come mostrato nella immagine successiva:



Figura VIII, filtro dopo l'utilizzo n° FV223405

Si può notare anche in questo, pur in maniera minore, come il filtro risulta “sporco” e presenti particelle più grossolane. Durante l'operazione di rimozione del filtro non era apprezzabile, a vista, la presenza di particelle grossolane: questo può essere giustificato dal fatto che in questa lavorazione essendo i rami presenti su tutta la circonferenza del tronco, l'operatore lavorava assumendo diverse posizioni:

- operazioni con braccia alzate per i rami più alti
- operazioni con braccia basse per i rami più bassi

Infine, nella stessa giornata è stato eseguito il terzo campionamento, in un cantiere forestale diverso. In questo caso, il taglio non era più di tipo sanitario ma era un taglio di piante sane, necessario per l'ampliamento e la messa in sicurezza di una strada forestale. In questa lavorazione, l'albero non presentava malattie e il legno non era secco: infatti si trattava di alberi “verdi”, con una maggiore quantità di umidità.

Il campionamento per queste lavorazioni è durato circa due ore e il campionatore è stato indossato dal datore di lavoro. L'utilizzo della motosega (a miscela olio e benzina) in questa lavorazione è stato abbastanza costante per tutto il periodo di campionamento (circa 80% della durata del campionamento). La motosega era come per le altre lavorazioni, sottoposta a regolare manutenzione (cd. limatura della catena) circa ogni due ore di utilizzo. L'essenza degli alberi lavorati era in maggior parte larice e abete rosso.

Al termine delle misurazioni il filtro rimosso dal preselettore si presentava come nell'immagine riportata sotto, nella quale è possibile apprezzare, rispetto ai due precedenti, una minore contaminazione da particelle grossolane.

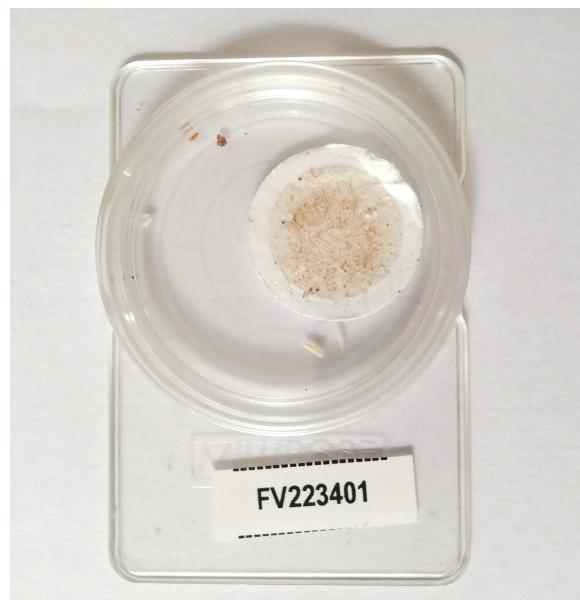


Figura IX, filtro dopo l'utilizzo n° FV223401

8. RISULTATI

Terminata la giornata di campionamenti, i filtri sono stati conservati a temperatura ambiente fino al giorno successivo, quando sono stati consegnati al laboratorio di analisi dell'APPA per essere ricondizionati e per essere sottoposti a pesata. Sia durante l'applicazione sia durante la rimozione dei filtri e il trasporto, è stata posta particolare attenzione per fare in modo che i filtri subissero il minor scuotimento possibile in modo da evitare il distacco di polvere captata.

In attesa degli esiti, sono stati recuperati dal campionatore e analizzati le informazioni raccolte relative al volume d'aria aspirato, al tempo di campionamento, ecc.. Di seguito vengono riportati - per ogni campionamento effettuato - i dati raccolti:

CAMPIONAMENTO 1 - FILTRO n° FV223403						
Flusso aspirazione	Inizio prelievo	Fine prelievo	Durata	T° Iniziale	T° Finale	Volume aspirato
2000 cc/min	ore 8:46	ore 11:56	190 min	20	28	380.000 cc

CAMPIONAMENTO 2 - FILTRO n° FV223405						
Flusso aspirazione	Inizio prelievo	Fine prelievo	Durata	T° Iniziale	T° Finale	Volume aspirato
2000 cc/min	ore 13:05	ore 16:07	182 min	22	30	364.000 cc

CAMPIONAMENTO 3 - FILTRO n° FV223401						
Flusso aspirazione	Inizio prelievo	Fine prelievo	Durata	T° Iniziale	T° Finale	Volume aspirato
2000 cc/min	ore 16:15	ore 18:10	115 min	26	29	230.000 cc

Completate le operazioni di pesatura, il laboratorio ha provveduto ad inoltrare i rapporti di prova con le pesature per i singoli filtri. I rapporti di prova sono inseriti

all'interno del capitolo "allegati" del presente lavoro di tesi. Di seguito i risultati ottenuti:

CAMPIONAMENTO 1 - FILTRO n° FV223403

Determinazioni effettuate dal Settore Laboratorio

Metodo PARAMETRO	Risultato ± incertezza	Unità di misura	Riferimento normativa	Riferimento recupero
<i>analisi gravimetrica</i>				
POLVERI	5.71	mg		

CAMPIONAMENTO 2 - FILTRO n° FV223405

Determinazioni effettuate dal Settore Laboratorio

Metodo PARAMETRO	Risultato ± incertezza	Unità di misura	Riferimento normativa	Riferimento recupero
<i>analisi gravimetrica</i>				
POLVERI	12.45	mg		

CAMPIONAMENTO 3 - FILTRO n° FV223401

Determinazioni effettuate dal Settore Laboratorio

Metodo PARAMETRO	Risultato ± incertezza	Unità di misura	Riferimento normativa	Riferimento recupero
<i>analisi gravimetrica</i>				
POLVERI	2.11	mg		

I risultati della determinazione gravimetrica mettono in evidenza come i 3 filtri si siano caricati di materiale presente nell'aria in maniera significativa e in quantità sensibilmente diversa. Questo dato conferma quanto era già emerso dall'esame visivo dei filtri, al quale si presentavano (v. immagini sopra) evidenti contaminazioni da parte di particelle grossolane, tanto da poterle considerare misure non valide.

Qualora con questi valori si procedesse a calcolare le concentrazioni di polvere sul volume d'aria campionato e ponderarle sulle otto ore (TWA-8) si otterrebbero i risultati riportati di seguito.

Il calcolo delle concentrazioni viene effettuato tramite la formula

$$C = P / V$$

dove:

- P (netto) = peso del filtro impolverato (lordo) [espresso in mg] – peso filtro antecedente al campionamento (tara) [espresso in mg];
- V = volume aria campionata [m³]: lettura dallo strumento o tramite la moltiplicazione del flusso impostato e la durata del campionamento;

Una volta calcolate tali concentrazioni, la formula per il calcolo dell'esposizione giornaliera risulta essere la seguente:

$$C.exp(g) = Ctc \cdot (Te / To)$$

dove:

- Ctc = rappresenta la concentrazione di polvere sul tempo di campionamento complessivo;
- Te = indica il tempo di esposizione del lavoratore alle polveri di legno;
- T0 = è riferito al tempo di riferimento legislativo, pertanto uguale a 8 ore;
- C.exp(g) = indica l'esposizione giornaliera riferita a 8 ore.

Applicando la formula per ciascun campionamento si ottengono i seguenti gradi di esposizione:

CAMPIONAMENTO 1 - FILTRO n° FV223403		
Flusso aspirazione	Volume aspirato	Pesatura filtro
2000 cc/min	380.000 cc	5.71 mg
$V = 0.002 \text{ m}^3/\text{min} * 190 \text{ min} = 0.38 \text{ m}^3$		
$C = 5.71 \text{ mg} / 0.38 = 15.02 \text{ mg}/\text{m}^3$		
$C.exp(g) = 15.02 \text{ mg}/\text{m}^3 * (190/480) = 5.94 \text{ mg}/\text{m}^3$		

CAMPIONAMENTO 2 - FILTRO n° FV223405		
Flusso aspirazione	Volume aspirato	Pesatura filtro
2000 cc/min	364.000 cc	12.45 mg
$V = 0.002 \text{ m}^3/\text{min} * 182 \text{ min} = 0.364 \text{ m}^3$		
$C = 12.45 \text{ mg} / 0.364 = 34.20 \text{ mg}/\text{m}^3$		
$C.exp(g) = 34.20 \text{ mg}/\text{m}^3 * (182/480) = 11.67 \text{ mg}/\text{m}^3$		

CAMPIONAMENTO 3		
Flusso aspirazione	Volume aspirato	Pesatura filtro
2000 cc/min	230.000 cc	2.11 mg

$V = 0.002 \text{ m}^3/\text{min} * 115 \text{ min} = 0.23 \text{ m}^3$
$C = 2.11 \text{ mg} / 0.23 = 9.17 \text{ mg}/\text{m}^3$
$C.\text{exp}(\mathbf{g}) = 9.17 \text{ mg}/\text{m}^3 * (115/480) = \mathbf{1.97 \text{ mg}/\text{m}^3}$

Da un puro confronto con il valore limite, fissato a $3 \text{ mg}/\text{m}^3$ dal D.Lgs. 81/2008, solo in una postazione si rileverebbe un'esposizione a concentrazioni inferiori mentre se si prende in considerazione il valore limite più restrittivo di $1 \text{ mg}/\text{m}^3$ adottato dall'ACGIH, tutti e tre i risultati eccederebbero tale limite. Si può notare come l'esposizione giornaliera più bassa - $1.97 \text{ mg}/\text{m}^3$ - è relativa al campionamento delle lavorazioni di abbattimento su alberi "verdi", in cui le essenze lavorate presentavano sicuramente maggiore umidità rispetto quelle tagliate durante i campionamenti n° 1 e 2 (operazioni di taglio di alberi secchi/morti).

Merita un commento, in particolare, l'elevata concentrazioni di polveri relativa al campionamento n° 2 effettuato nelle operazioni di sramatura degli alberi abbattuti precedentemente (legno secco). L'anomalo valore registrato su questo filtro (pari a $11.67 \text{ mg}/\text{m}^3$), si può giustificare analizzando alcuni aspetti quali:

- le posizioni particolari (p.es. braccia alzate, braccia per terra) che in tali operazioni gli operatori assumono, per esigenze lavorative, e che possono favorire l'entrata e la raccolta di maggiori quantità di polvere (vedi anche immagine n. VIII);
- il preselettore IOM è tra le tipologie di preselettori che favoriscono, a causa del suo diametro di apertura, l'entrata di particelle proiettili, anche di dimensioni elevate (ovviamente impossibili da inalare per l'operatore);

In merito all'ultimo aspetto sopra riportato, si può infatti notare, come dalla figura VIII, rappresentante il filtro del campionamento n° 2, siano presenti varie particelle grossolane, le quali possono interferire nella pesatura della corretta concentrazione di polveri effettivamente raccolta.

Tale aspetto è affrontato anche nella tesi di dottorato dal titolo: "*Particolato aerodisperso da attività agroforestali e sistemi di contenimento*", del dott. Pietro Gallo nella quale specifica come: "*È evidente come l'operazione più impattante dal punto di vista delle polveri prodotte risulti essere stata quella della sramatura e depezzatura.*"(19).

La spiegazione di tale aspetto sta nella tipicità delle operazioni: mentre per le operazioni di abbattimento l'utilizzo della motosega avviene con continuità non costante, alternando l'uso della motosega con tempi morti, le operazioni di sramatura e depezzatura avvengono con continuità costante e con intervalli meno frequenti nel tempo ed utilizzando la motosega ad un numero di giri sempre elevato dato anche dall'elevato numero di rami da sezionare.

A supporto di tali considerazioni si riportano di seguito le situazioni fotografate nelle quali gli operatori si trovano durante le operazioni di sramatura e depezzatura e quelle di abbattimento, dalle quali emergono gli aspetti di interesse.



E' inoltre da ricordare come, tramite la misura per metodo gravimetrico, cioè attraverso la semplice pesatura del filtro, si ottiene il valore del materiale raccolto su di esso e che tale metodo non permette di individuare le tipologie di polveri campionate. Infatti non si può ritenere che i valori di pesatura sopra riportati, sono relativi esclusivamente alla polvere di legno. Infatti tale valore potrebbe essere contaminato da polveri e inquinanti derivanti da: polveri minerali dal terreno, gas di scarico delle attrezzature, ecc..

9. DISCUSSIONE

Anche a fronte dei risultati elaborati, si rende necessario fare alcune considerazioni in merito ad aspetti relativi al campionamento. Le misurazioni svolte sono state effettuate a mero scopo dimostrativo in quanto non potevano essere misure rappresentative dell'esposizione a polveri, dal momento che non rispondono in maniera sufficiente ai requisiti fissati dalla norma tecnica di riferimento - UNI EN 689:2019.

I risultati ottenuti relativi all'esposizione a polveri di legno, inoltre, non possono essere presi in considerazione per un'eventuale confronto e valutazione relativa al limite di esposizione in quanto risultano essere misurazioni estemporanee, condotte quale test di prova.

Tra gli elementi che si discostano maggiormente dalle raccomandazioni citate dalla norma tecnica e che rendono tali misure non utilizzabili sono da citare questi elementi:

- le misure non sono state eseguite in un contesto procedurale quale previsto ai punti 5 e 6 della norma;
- le misure non sono state condotte da personale rispondente ai requisiti di qualificazione (cd. valutatore qualificato);

Oltre all'aspetto normativo, però, vi sono soprattutto limiti applicativi che rendono tali misurazioni inidonee a supportare una decisione in merito alle esposizioni riscontrate. E' la stessa norma che indica, tra i limiti della propria applicazione, alcune delle condizioni che caratterizzano proprio queste operazioni in particolare:

- luoghi di lavoro all'aperto con esposizioni irregolari;
- operatori che, muovendosi nell'ambiente, sono esposti a esposizioni irregolari;
- l'ambiente nel quale si lavora è un ambiente outdoor, con esposizioni irregolari soggette anche a condizioni microclimatiche (p.es. vento);

La norma infatti, in presenza di ambienti di lavoro variabili, suggerisce di effettuare in alternativa a misurazioni personali, delle **misurazioni "indicative"**, vicine al punto di emissione dell'inquinante.

Alla luce della norma, i risultati ottenuti possono rientrare eventualmente nella cosiddetta "**caratterizzazione di base**", ossia quelle misurazioni preliminari che vengono raccomandate per verificare se sia necessario eseguire misurazioni approfondite.

Valutando le limitazioni previste dalla norma e quelle che sono state riscontrate sul luogo di lavoro, il contesto in cui si trova a lavorare l'operaio addetto al taglio delle piante presenta diverse particolarità, alcune delle quali rendono problematica una misurazione dell'esposizione a polveri:

- **la mobilità del lavoratore**: le operazioni forestali richiedono intensa mobilità al lavoratore;
- **la variabilità dell'esposizione**: le operazioni di segagione, sono molto discontinue, alternate da fasi precedenti al taglio e successivo allo stesso nelle quali l'esposizione a polveri di legno scende a valori insignificanti;

Altro elemento che ha condizionato i risultati dei campionamenti è la necessaria prossimità dell'operatore al punto di emissione delle polveri, le quali sono per lo più grossolane. Infatti il punto di lavorazione della lama della motosega e di produzione delle polveri dista poco più della lunghezza del braccio dell'operatore. Le particelle emesse durante il taglio appartengono a categorie dimensionali molto varie, con forte rappresentanza di particelle di grandi dimensioni che possono essere proiettate ad elevata velocità verso l'operatore (particelle proiettili). Queste particelle interferiscono sicuramente nel prelievo (vedi foto VIII) e nella pesatura dei filtri, coprendo le particelle fini che si depositano sui filtri e che sono di interesse tossicologico ed igienistico.

La misurazione delle polveri campionate è solamente gravimetrica e quindi rileva l'intera presenza di aerosol captata nella zona respiratoria del lavoratore, comprendendo quindi non solo le polveri di legno ma anche, ad esempio, eventuali polveri minerali derivanti dalla movimentazione del terreno, altre polveri vegetali che sono presenti nel bosco e, naturalmente, particelle di varia natura che si originano dai gas di scarico della motosega.

Premesso quanto sopra, comunque, i risultati dimostrano come l'operatore forestale addetto al taglio degli alberi con la motosega si trovi ad operare in una posizione di

area in cui vi è la presenza di molte particelle di grandi dimensioni ma anche una quota anche di dimensioni molto inferiori che rimangono per un breve tempo disperse e sospese in aria.

10. CONCLUSIONI

Come discusso sopra, la letteratura scientifica, a questo proposito, non appare conclusiva sull'entità e la significatività delle possibili esposizioni e risulta anche essere povera di informazioni.

In conclusione, i dati di questo lavoro, ovviamente, non riescono a fornire elementi solidi per definire la misura corretta dell'esposizione, ma possono mettere in risalto:

1. la complessità sia tecnica sia d'approccio di una valutazione accurata dell'esposizione a polveri di legno in queste operazioni;
2. l'interferenza di vari fattori nel garantire la necessaria qualità dei risultati.

A fronte dei dati di letteratura, pur insufficienti e non conclusivi, si ritiene che l'esperienza condotta permetta di confermare che:

- l'entità reale dell'esposizione a polveri di legno, anche ai fini dell'eventuale rischio cancerogeno, dei lavoratori forestali addetti al taglio delle piante, merita di essere approfondita, in quanto non si può escludere che in diverse condizioni essa abbia un significato in termini di salute;
- verosimilmente, le metodiche di campionamento delle polveri da adottare in queste esposizioni devono essere adattate alle particolari condizioni di lavoro per poter fornire risultati affidabili;

E' da considerare, a questo proposito, quanto affermano gli autori **Marchi, Neri, Combi et al**, nel loro lavoro (13), secondo cui *"... allo stato attuale, il OEL sono fissati sulla base di studi dell'industria della lavorazione del legno. Ciò significa che i limiti di esposizione attualmente in vigore, sono progettati per essere efficaci in un ambiente industriale e probabilmente non sono adatti per la valutazione dell'esposizione forestale, dove variabili aggiuntive interessano esposizione alla polvere e suoi effetti sui lavoratori la salute non è ancora definita e valutata. Una critica costruttiva alla valutazione del rischio e a un OEL, progettato per un settore industriale ambiente, è che lo sono sulla base del lavoro svolto per 8 ore a giorno e circa 200 giorni all'anno. Si ricorda che l'esposizione media a polvere di legno dei lavoratori forestali è di solito inferiore (<100 giorni all'anno) e che la loro*

esposizione complessiva alla vita lavorativa è diversa da quella dell'industria della lavorazione del legno.”

Parrebbe, quindi, di poter concludere - sulla base della scarna e contrastante letteratura scientifica - che gli elementi disponibili non siano sufficienti per dare una risposta certa alla domanda che ha sorretto questo lavoro di tesi, *“I lavoratori forestali sono esposti a polvere di legno?”*. Pur nei suoi risultati controversi, anche l'esperienza sul campo condotta per questo lavoro di tesi sembra comunque confermare che ci sia bisogno di una sua migliore definizione, prima di poter escludere che l'esposizione abbia una possibile rilevanza per la salute dei lavoratori. Tale definizione avrebbe rilevanza, oltre che per le misure di prevenzione tecnica, anche per l'eventuale applicazione della sorveglianza sanitaria specifica e per il riconoscimento - legale e assicurativo - di malattie professionali, compreso i tumori. Questo lavoro, ha però certamente aiutato il laureando ad approfondire un tema poco trattato e a mettersi in gioco nel portare a termine i campionamenti. Lo studio ha permesso inoltre al laureando di acquisire nuove conoscenze in merito al tema dei campionamenti e all'utilizzo di strumentistica e attrezzatura mai utilizzata prima.

11. BIBLIOGRAFIA, SITOGRAFIA NORMATIVA

1. IARC - Monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans - "Wood dust and formaldehyde". Vol. 62, Lyon, 1995;
2. Demers P, Kogevinas M, Bofetta P, Leclerc A, Luce D, Gerin M, Battista G, Belli S, Bolm-Audorf U, Brinton L, et al. - "Wood dust and sino-nasal cancer: pooled reanalysis of twelve case-control studies". *Am J Ind Med*, 1995 Aug, (151-166);
3. d'Errico A, Pasian S, Baratti A, Zanelli R, Alfonzo S, Gilardi L, Beatrice F, Bena A, Costa G. - "A case-control study on occupational risk factors for sino-nasal cancer". *Occup Environ Med*, 2009 Jul, (448-455);
4. Greiser E.M, Greiser K.H, Ahrens W, Hagen R, Lazszig R, Maier H, Schick B, Zenner H.P. - "Risk factors for nasal malignancies in German men: the South-German Nasal cancer study". *BMC Cancer*, 2012 Nov, (1-12);
5. Laschi A, Vicentini L, Riondato R, Neri F. - "Infortuni nei lavori forestali: analisi e valutazione sulla base della casistica registrata nella Provincia Autonoma di Trento per il Periodo 2004-2013". Proceedings of the Second International congress of silviculture, Florence, november 26th - 29th 2014, (853-858);
6. Miligi L, Salvadori A, Cortini B, Piro S, Verdi S, Martini A, Sciarra G. - "Nuove esposizioni ed effetti sulla salute nei lavoratori forestali". Proceedings of the Second International congress of silviculture, Florence, november 26th - 29th 2014, (844-852);
7. Zangirolami A. et al.: Linee Guida per l'applicazione del titolo VII del D.Lgs 624/94 relative alle lavorazioni che espongono a polveri di legno duro. Regione Veneto, 2007 (<http://www.unipd-org.it/rls/pericolirischi/Pericoli/Polverelegno/LINEE%20GUIDA%20DEFINITIVE.pdf>);
8. ISTAT - Rapporto sulla competitività dei settori produttivi - Ed. 2019;
9. IARC - Monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans - "A review of human carcinogens", Vol. 100 C, Lyon, 2012;
10. Puntarić D, Kos A, Smit Z, Zecić Z, Segar K, Beljo-Lucić R, et al, - "Wood dust exposure in wood industry and forestry". *Coll Antropol*, 2005 Jun, (1);
11. Kauppinen T, Vincent R, Liukkonen T, Grzebyk M, Kauppinen A, Welling I, Arezes P, Black N, Bochmann F, et al, - "Occupational exposure to inhalable wood dust in the member states of the European Union". *Ann Occup Hyg*, 2006

- Aug, (549-561);
12. Horvat D, Kos A. - "Tree cutters' exposure to oakwood dust - A case study from Croatia". *Die Bodenkultur*, 2007; 58 (1-4);
 13. Marchi E, Neri F, Cambi M, Laschi A, Foderi C, Sciarra G, Fabiano F. - "Analisi dell'esposizione alle polveri durante le operazioni forestali con motosega". *iForest*, 2017, Volume 10, (341-347);
 14. D. Volpi, G. Sciarra, G. Nannicini et al. - "First surveys on chainsaw operators' hard wood dust and exhaust gases exposure: a Tuscan project". *International Conference Ragusa Shaw*, 2012 Sep;
 15. Hancock DG, Langley ME, Chia KL, Woodman RJ, Shanahan EM. - "Wood dust exposure and lung cancer risk: a meta-analysis". *Occup Environ Med*, 2015 Dec, (889-898);
 16. Pesch B, Pierl CB, Gebel M, Gross I, Becker D, Johnen G, Rihs HP, Donhuijsen K, Lepentsiotis V, Meier M, Schulze J, Brüning T. - "Occupational risks for adenocarcinoma of the nasal cavity and paranasal sinuses in the German wood industry". *Occup Environ Med*, 2008 Mar, (191-206);
 17. Pecyna A, Buczaj A, Lachowski S, Choina P, Goździwska M, Galińska EM. - "Occupational hazards in opinions of forestry employees in Poland". *Ann Agric Environ Med*, 2019, (242 - 248);
 18. UK-HSE (Health and Safety Executive) - "General methods for sampling and gravimetric analysis of respirable, thoracic and inhalable aerosols", 2014 (www.hse.gov.uk/pubns/mdhs);
 19. Gallo P. - "Particolato aerodisperso da attività agroforestali e sistemi di contenimento", Tesi di Dottorato Ingegneria dei Sistemi Agrari e Forestali - XXVI Ciclo. Università degli Studi della Tuscia di Viterbo, 2014;

Tra le normative e norme tecniche prese di riferimento per l'elaborazione del presente lavoro di tesi vi sono:

1. D.Lgs. 81/2008 del 09 aprile 2008;
2. Direttiva 2398/2017 UE - relativa alla protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da un'esposizione ad agenti cancerogeni o mutageni durante il lavoro;
3. UNI EN ISO 11850:2016 - Macchine forestali - Requisiti di sicurezza generali;

4. UNI EN ISO 6683:2008 - Macchine movimento terra - Cinture di sicurezza e ancoraggi delle cinture di sicurezza - Requisiti di prestazione e prove;
5. UNI EN 481:1994 - Atmosfera nell'ambiente di lavoro. Definizione delle frazioni granulometriche per la misurazione delle particelle aerodisperse;
6. UNI EN ISO 13137:2013 - Atmosfere di lavoro - Pompe per il campionamento personale di agenti chimici e biologici - Requisiti e metodi di prova;
7. UNI EN 689:2019 - Esposizione nei luoghi di lavoro - Misurazione dell'esposizione per inalazione agli agenti chimici - Strategia per la verifica della conformità coi valori limite di esposizione occupazionale;

12. ALLEGATI

Rapporto di prova relativo al filtro n° FV223403

APSS.06/09/2022.0159447 - Allegato Utente 2 (A02)



TRENTINO

PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente

Settore laboratorio

Via Lidorno, 1 - 38123 Trento

T +39 0461 493000-1-2

F +39 0461 493003

pec sl.appa@pec.provincia.tn.it

@ sl.appa@provincia.tn.it

web www.appa.provincia.tn.it



RAPPORTO DI PROVA 22LA04310

Committente: U.O. PREVENZIONE E SICUREZZA AMBIENTI DI LAVORO, P.ZZA ACHILLE LEONI, 11/A, ROVERETO, TN

Campione di : **FILTRO FIBRA DI VETRO**

Sigla Campione	FV223403	Verbale/richiesta:	607417
Comune di prelievo:	MOLVENO	Data verbale:	05/09/2022
Ditta:	BRENTA FOREST	Data inizio prelievo:	30/08/2022
		Data fine prelievo:	
		Data accettazione:	05/09/2022
Allegato verbale/richiesta.			

Data di inizio analisi	05/09/2022	Data di fine analisi	05/09/2022
------------------------	------------	----------------------	------------

Determinazioni effettuate dal Settore Laboratorio

Metodo PARAMETRO	Risultato ± incertezza	Unità di misura	Riferimento normativa	Riferimento recupero
<i>analisi gravimetrica</i>				
POLVERI	5.71	mg		

I risultati si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto a prova, così come ricevuto.

Il laboratorio non si assume la responsabilità del campionamento e delle informazioni relative allo stesso.

I risultati analitici evidenziati in **grassetto/sottolineato** corrispondono o superano un valore di parametro o di specifica riportato in colonna Limiti.

Il laboratorio nel calcolo della somma assegna il valore 0 (zero) ai parametri risultati inferiori al limite di quantificazione (LOQ), se non diversamente indicato. Qualora i singoli analiti risultino tutti inferiori ai rispettivi LOQ, la somma sarà posta inferiore al limite di quantificazione più alto.

Le date di inizio e di fine prova comprendono i tempi dell'analisi, dell'elaborazione e di verifica dei risultati.

La sigla MP identifica un metodo di prova interno.

Il laboratorio, salvo diverse disposizioni di legge o del committente, elimina il campione alla conclusione delle prove.

Il rapporto di prova e la relativa documentazione è conservata per 10 anni a decorrere dalla data di emissione.

Il presente documento non può essere riprodotto parzialmente senza approvazione scritta.

Pagina 1 di 2

Provincia autonoma di Trento

Sede Centrale: Piazza Dante, 15 - 38122 Trento - T +39 0461 495111 - www.provincia.tn.it - C.F. e P.IVA 00337460224

PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO
AGENZIA PROVINCIALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE
Settore laboratorio

IL REFERENTE TECNICO DEL
PROCESSO ANALITICO
Dirigente chimico
- dott. chim. Giuseppe Clauser -



Trento, 05/09/2022

IL DIRIGENTE

- dott. Massimo Paolazzi -



Questo documento, se trasmesso in forma cartacea, costituisce copia dell'originale informatico firmato digitalmente, predisposto e conservato presso questa Amministrazione in conformità alle Linee guida AgID (artt. 3 bis, c. 4 bis, e 71 D.Lgs. 82/2005).
La firma autografa è sostituita dall'indicazione a stampa del nominativo del responsabile del laboratorio che ne autorizza l'emissione (art. 3 D.Lgs. 39/1993).

Fine del rapporto di prova 22LA04310

Rapporto di prova relativo al filtro n° FV223405

APSS.06/09/2022.0159447 - Allegato Utente 3 (A03)



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente

Settore laboratorio

Via Lidorno, 1 - 38123 Trento

T +39 0461 493000-1-2

F +39 0461 493003

pec sl.appa@pec.provincia.tn.it

@ sl.appa@provincia.tn.it

web www.appa.provincia.tn.it



RAPPORTO DI PROVA 22LA04311

Committente: U.O. PREVENZIONE E SICUREZZA AMBIENTI DI LAVORO, P.ZZA ACHILLE LEONI, 11/A, ROVERETO, TN

Campione di : **FILTRO FIBRA DI VETRO**

Sigla Campione	FV223405	Verbale/richiesta:	607417
Comune di prelievo:	MOLVENO	Data verbale:	05/09/2022
Ditta:	BRENTA FOREST	Data inizio prelievo:	30/08/2022
		Data fine prelievo:	
		Data accettazione:	05/09/2022
Allegato verbale/richiesta.			

Data di inizio analisi	05/09/2022	Data di fine analisi	05/09/2022
-------------------------------	------------	-----------------------------	------------

Determinazioni effettuate dal Settore Laboratorio

Metodo	Risultato ± incertezza	Unità di misura	Riferimento normativa	Riferimento recupero
PARAMETRO				
<i>analisi gravimetrica</i>				
POLVERI	12.45	mg		

I risultati si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto a prova, così come ricevuto.

Il laboratorio non si assume la responsabilità del campionamento e delle informazioni relative allo stesso.

I risultati analitici evidenziati in **grassetto/sottolineato** corrispondono o superano un valore di parametro o di specifica riportato in colonna Limiti.

Il laboratorio nel calcolo della somma assegna il valore 0 (zero) ai parametri risultati inferiori al limite di quantificazione (LOQ), se non diversamente indicato. Qualora i singoli analiti risultino tutti inferiori ai rispettivi LOQ, la somma sarà posta inferiore al limite di quantificazione più alto.

Le date di inizio e di fine prova comprendono i tempi dell'analisi, dell'elaborazione e di verifica dei risultati.

La sigla MP identifica un metodo di prova interno.

Il laboratorio, salvo diverse disposizioni di legge o del committente, elimina il campione alla conclusione delle prove.

Il rapporto di prova e la relativa documentazione è conservata per 10 anni a decorrere dalla data di emissione.

Il presente documento non può essere riprodotto parzialmente senza approvazione scritta.

Pagina 1 di 2

Provincia autonoma di Trento

Sede Centrale: Piazza Dante, 15 - 38122 Trento - T +39 0461 495111 - www.provincia.tn.it - C.F. e P.IVA 00337460224

PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO
AGENZIA PROVINCIALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE
Settore laboratorio

IL REFERENTE TECNICO DEL
PROCESSO ANALITICO
Dirigente chimico
- dott. chim. Giuseppe Clauser -



Trento, 05/09/2022

IL DIRIGENTE

- dott. Massimo Paolazzi -



Questo documento, se trasmesso in forma cartacea, costituisce copia dell'originale informatico firmato digitalmente, predisposto e conservato presso questa Amministrazione in conformità alle Linee guida AgID (artt. 3 bis, c. 4 bis, e 71 D.Lgs. 82/2005).
La firma autografa è sostituita dall'indicazione a stampa del nominativo del responsabile del laboratorio che ne autorizza l'emissione (art. 3 D.Lgs. 39/1993).

Fine del rapporto di prova 22LA04311

Rapporto di prova relativo al filtro n° FV223401

APSS.06/09/2022.0159447 - Allegato Utente 1 (A01)



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente

Settore laboratorio

Via Lidorno, 1 - 38123 Trento

T +39 0461 493000-1-2

F +39 0461 493003

pec sl.appa@pec.provincia.tn.it

@ sl.appa@provincia.tn.it

web www.appa.provincia.tn.it



RAPPORTO DI PROVA 22LA04309

Committente: U.O. PREVENZIONE E SICUREZZA AMBIENTI DI LAVORO, P.ZZA ACHILLE LEONI, 11/A, ROVERETO, TN

Campione di : **FILTRO FIBRA DI VETRO**

Sigla Campione	FV223401	Verbale/richiesta:	607417
Comune di prelievo:	MOLVENO	Data verbale:	05/09/2022
Ditta:	BRENTA FOREST	Data inizio prelievo:	30/08/2022
		Data fine prelievo:	
		Data accettazione:	05/09/2022
Allegato verbale/richiesta.			

Data di inizio analisi	05/09/2022	Data di fine analisi	05/09/2022
-------------------------------	------------	-----------------------------	------------

Determinazioni effettuate dal Settore Laboratorio

Metodo	Risultato ± incertezza	Unità di misura	Riferimento normativa	Riferimento recupero
PARAMETRO				
<i>analisi gravimetrica</i>				
POLVERI	2.11	mg		

I risultati si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto a prova, così come ricevuto.

Il laboratorio non si assume la responsabilità del campionamento e delle informazioni relative allo stesso.

I risultati analitici evidenziati in **grassetto/sottolineato** corrispondono o superano un valore di parametro o di specifica riportato in colonna Limiti.

Il laboratorio nel calcolo della somma assegna il valore 0 (zero) ai parametri risultati inferiori al limite di quantificazione (LOQ), se non diversamente indicato. Qualora i singoli analiti risultino tutti inferiori ai rispettivi LOQ, la somma sarà posta inferiore al limite di quantificazione più alto.

Le date di inizio e di fine prova comprendono i tempi dell'analisi, dell'elaborazione e di verifica dei risultati.

La sigla MP identifica un metodo di prova interno.

Il laboratorio, salvo diverse disposizioni di legge o del committente, elimina il campione alla conclusione delle prove.

Il rapporto di prova e la relativa documentazione è conservata per 10 anni a decorrere dalla data di emissione.

Il presente documento non può essere riprodotto parzialmente senza approvazione scritta.

Pagina 1 di 2

Provincia autonoma di Trento

Sede Centrale: Piazza Dante, 15 - 38122 Trento - T +39 0461 495111 - www.provincia.tn.it - C.F. e P.IVA 00337460224

PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO
AGENZIA PROVINCIALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE
Settore laboratorio

IL REFERENTE TECNICO DEL
PROCESSO ANALITICO
Dirigente chimico
- dott. chim. Giuseppe Clauser -



Trento, 05/09/2022

IL DIRIGENTE

- dott. Massimo Paolazzi -



Questo documento, se trasmesso in forma cartacea, costituisce copia dell'originale informatico firmato digitalmente, predisposto e conservato presso questa Amministrazione in conformità alle Linee guida AgID (artt. 3 bis, c. 4 bis, e 71 D.Lgs. 82/2005).
La firma autografa è sostituita dall'indicazione a stampa del nominativo del responsabile del laboratorio che ne autorizza l'emissione (art. 3 D.Lgs. 39/1993).

Fine del rapporto di prova 22LA04309

13. RINGRAZIAMENTI

Per la stesura di questa tesi si ringrazia in primis il relatore, dott. Graziano Maranelli, che grazie al suo contributo, ai suoi consigli e alla sua disponibilità ha reso possibile la realizzazione del presente lavoro.

Un secondo ringraziamento al professor dott. Alessandro Pedrotti, nonché correlatore di questa tesi, che grazie alla reperibilità degli strumenti, ai consigli e alle sue istruzioni mi ha permesso di svolgere i campionamenti.

Di seguito un ringraziamento all' Agenzia Provinciale per la Protezione dell'Ambiente e in particolare al dott. chim. Giuseppe Clauser per la consegna e la lavorazione dei filtri.

Altro ringraziamento alla ditta oggetto di campionamento e in particolare al suo datore di lavoro per la disponibilità e collaborazione oltre ai suoi lavoratori per aver indossato il campionatore!!

Non può mancare infine un ringraziamento particolare ai miei genitori, a mio fratello e mia sorella oltre che ai miei nonni, che in questi anni di studio mi hanno sempre sostenuto e incoraggiato.

Infine un grazie anche ai miei compagni di università per i bellissimi momenti passati durante il corso di studio!

GRAZIE A TUTTI!!!!

Michele