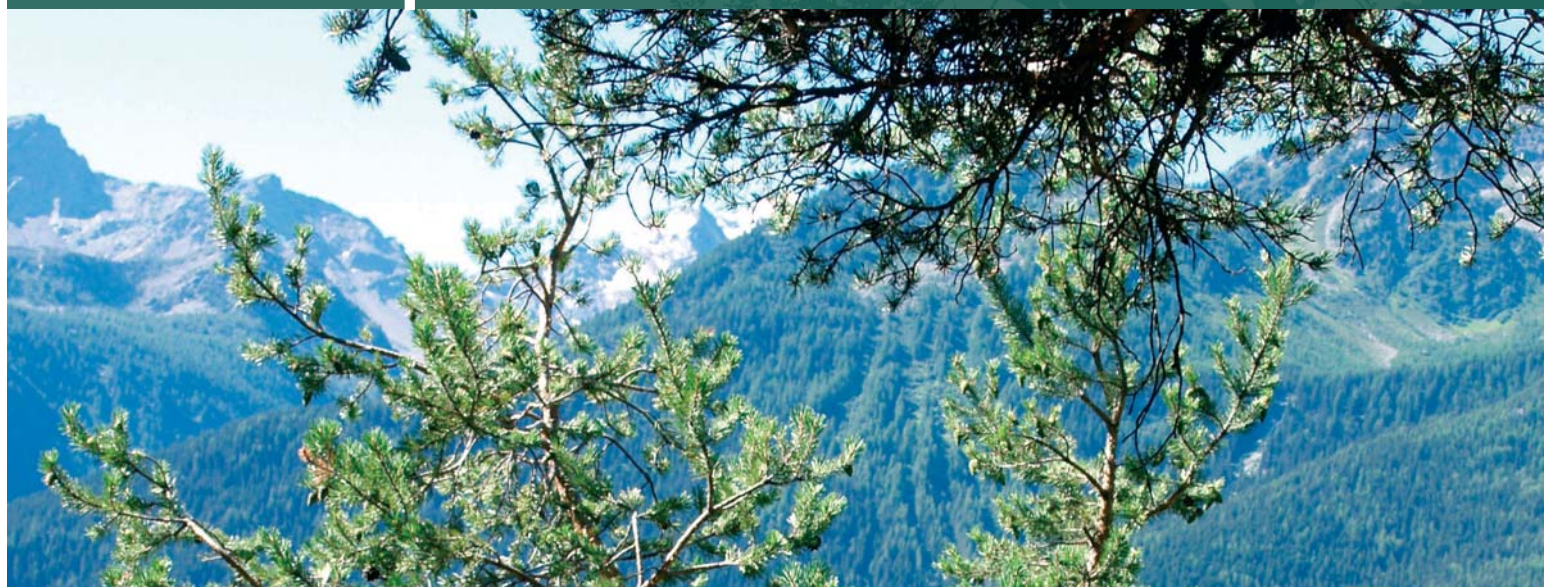
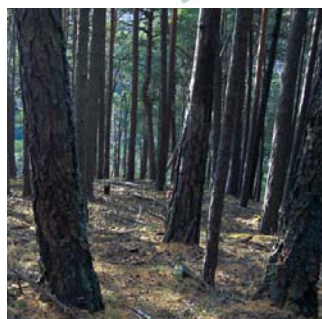


# Il deperimento del **pino silvestre** nelle Alpi occidentali



natura e indirizzi di gestione



# Il deperimento del pino silvestre nelle Alpi occidentali natura e indirizzi di gestione

## AUTORI

**Giorgio Vacchiano** – Dipartimento Agro.Selvi.Ter. (Università degli Studi di Torino)

**Matthias Dobbertin** – Research Unit Waldökosystem und ökologische Risiken (Swiss Federal Research Institute for Forest, Snow and Landscape Research WSL)

**Simon Egli** – Research Unit Walddynamik (Swiss Federal Research Institute for Forest, Snow and Landscape Research WSL)

**Luana Giordano** – Dipartimento Di.Va.P.R.A.(Università degli Studi di Torino)

**Paolo Gonthier** – Dipartimento Di.Va.P.R.A.(Università degli Studi di Torino)

**Peter John Mazzoglio** – Dipartimento Di.Va.P.R.A.(Università degli Studi di Torino)

**Renzo Motta** – Dipartimento Agro.Selvi.Ter. (Università degli Studi di Torino)

**Paola Nola** – Dipartimento Eco.Ter. (Università degli Studi di Pavia)

**Giovanni Nicolotti** – Dipartimento Di.Va.P.R.A.(Università degli Studi di Torino)

**Augusto Patetta** – Dipartimento Di.Va.P.R.A.(Università degli Studi di Torino)

**Janina Polomski** – Research Unit Ökologische Genetik und Evolution (Swiss Federal Research Institute for Forest, Snow and Landscape Research WSL)

**Andreas Rigling** – Research Unit Walddynamik (Swiss Federal Research Institute for Forest, Snow and Landscape Research WSL)

**Daniel Rigling** – Research Unit Ökologische Genetik und Evolution (Swiss Federal Research Institute for Forest, Snow and Landscape Research WSL)

## COORDINATORI SCIENTIFICI

**Renzo Motta, Giovanni Nicolotti, Andreas Rigling**


## DIRIGENTI RESPONSABILI

**Franco Licini** – Direzione Opere pubbliche, Difesa del suolo, Economia montana e Foreste – Regione Piemonte

**Edi Pasquettaz** – Direzione Foreste – Regione Autonoma Valle d'Aosta

## EDITORE

 **Compagnia delle Foreste S.r.l.**

 Via P. Aretino, 8 – 52100 Arezzo - Tel. +390575.370846 – [www.compagniadelleforeste.it](http://www.compagniadelleforeste.it)

## COORDINAMENTO EDITORIALE E REVISIONE CRITICA DEI TESTI

**Elisa Guiot** (Direzione Opere pubbliche, Difesa del suolo, Economia montana e Foreste – Regione Piemonte), **Franca De Ferrari** (Direzione Opere pubbliche, Difesa del suolo, Economia montana e Foreste – Regione Piemonte), **Jean-Claude Haudemand** (Direzione Foreste – Regione Autonoma Valle d'Aosta),

**Roberta Berretti** (Dipartimento Agro.Selvi.Ter. – Università degli Studi di Torino), **Silvia Bruschini** (Compagnia delle Foreste), **Giancarlo Cesti** (Direzione Foreste – Regione Autonoma Valle d'Aosta),

**Augusto Domaine** (Direzione Foreste – Regione Autonoma Valle d'Aosta), **Marzia Garin** (libero professionista – Antey-Saint-André)

**PROGETTO GRAFICO** **Giuditta Buzzichelli** (Compagnia delle Foreste)

**IMPAGINAZIONE E FOTORITOCCHIO** **Davide Coroneo** (libero professionista - Arezzo)

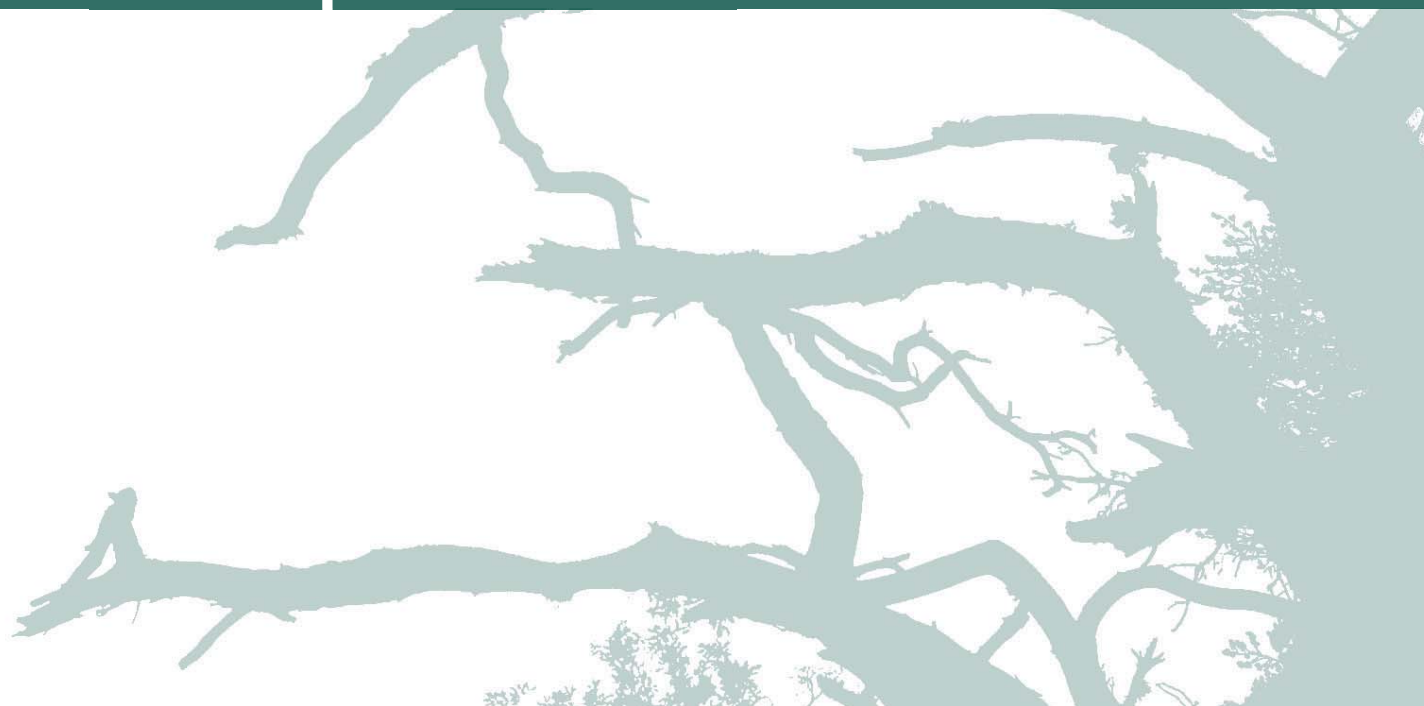
**FOTOGRAFIE** Archivio Direzione Foreste - Regione Autonoma Valle d'Aosta, Thierry Chevrier, Simon Egli, Luana Giordano, Paolo Gonthier, A.Imboden, Istituto Geografico Militare, Peter John Mazzoglio, Renzo Motta, Giovanni Nicolotti, Vincenzo Perino, Janina Polomski, Andreas Rigling, Giorgio Vacchiano, Beat Wermelinger.

**GLI AUTORI DESIDERANO RINGRAZIARE:** la Fondazione CRT e The Italian Fulbright Commission per aver contribuito alla realizzazione del presente lavoro; IPLA S.p.A.; J.N.Long, J.D.Shaw, R.J.DeRose e W.Linquist (Utah State University), R.Marzano, D.Ascoli, M.Garbarino (Università degli Studi di Torino), E.Lingua (Università degli Studi di Padova) per il loro contributo scientifico, C.Ronelli e C.Saponeri per le ricerche bibliografiche, il personale tecnico e le maestranze forestali della Regione Piemonte e della Regione Autonoma Valle d'Aosta e tutti coloro che hanno collaborato ai rilievi in campo e alle analisi di laboratorio.



*I nomi scientifici delle specie vegetali seguono la nomenclatura secondo Pignatti (1982)*

# Il deperimento del **pino silvestre** nelle Alpi occidentali



natura e indirizzi di gestione



# Premessa

I primi segnali di deperimento delle foreste in Europa risalgono agli inizi degli anni '70, quando in Germania si incomincia a parlare di "morte della foresta" (Waldsterben) dovuta alle cosiddette "piogge acide", cioè a fenomeni di deposizione di ossidi di zolfo e di azoto. Verso la fine degli anni '80, sempre in Germania, compare l'espressione "deperimento degli ecosistemi forestali" per descrivere la presenza, nello stesso luogo, di un notevole numero di individui che manifestano una diminuzione del vigore vegetativo.

Il progressivo aumento delle temperature medie annuali, la diminuzione delle precipitazioni o la loro tendenza a concentrarsi in brevi periodi, il sempre più frequente verificarsi di fenomeni estremi (come le estati particolarmente calde), insomma tutto quel complesso di eventi che portano a ipotizzare che sia in corso un "cambiamento climatico", ha conseguenze anche sugli ecosistemi forestali così come noi li conosciamo, potendo favorire un loro progressivo indebolimento.

Tali fenomeni interessano tipi forestali diversi. Negli ultimi decenni nelle vallate alpine interne e in particolar modo nelle aree più siccitose, le Pinete di pino silvestre sono andate incontro a processi di deperimento. La diminuita vigoria degli individui è accompagnata da difficoltà della rinnovazione ad affermarsi e, in alcuni casi, dall'ingresso di altre specie forestali. Nel 2001 il Servizio forestale del Cantone svizzero del Vallese ha avviato, con la collaborazione del WSL (l'Istituto federale di ricerca sulla neve, le foreste, il paesaggio) di Birmensdorf - Zurigo, un monitoraggio a lungo termine della dinamica delle Pinete di pino silvestre e uno studio delle cause della loro regressione.

La preesistente collaborazione tra Istituzioni pubbliche e Istituti di ricerca italiani e svizzeri ha fornito l'opportunità di estendere lo studio alle Alpi occidentali italiane, in particolare in Valle d'Aosta e in Piemonte, così da poter verificare l'interpretazione dei risultati e le ipotesi avanzate sul deperimento delle Pinete vallesi. Grazie al finanziamento del programma di Iniziativa Comunitaria 2000-2006 Interreg III A – Italia-Svizzera è stato possibile portare a termine il progetto, i cui risultati sono contenuti in questo volume.

La pubblicazione, dopo una breve introduzione su diffusione, ecologia e autoecologia del pino silvestre, descrive il fenomeno del deperimento e ne esamina le diverse cause; si conclude con alcune indicazioni selvicolturali nate dal confronto con i colleghi svizzeri e dalle osservazioni raccolte sulle aree di monitoraggio permanenti piemontesi e valdostane.

Occorre infine sottolineare che questo volume, come suggerito anche dalla sua veste grafica, costituisce la continuazione dell'azione comune in campo forestale tra le nostre Regioni, iniziata con il manuale "Selvicoltura nelle foreste di protezione. Esperienze e indirizzi gestionali in Piemonte e Valle d'Aosta".

Ci auguriamo che questa collaborazione possa essere sempre più proficua e durevole, in quanto solo dal continuo confronto e dalla condivisione di problematiche comuni possono scaturire soluzioni ricche di contenuti e adeguate ai problemi affrontati.

L'Assessore allo sviluppo  
della montagna e foreste  
della Regione Piemonte  
*Bruna Sibille*

L'Assessore all'Agricoltura e Risorse  
Naturali della Regione Autonoma  
Valle d'Aosta  
*Giuseppe Isabellon*

# Sommario

1	<b>Introduzione</b>	p.7
2	<b>Il pino silvestre nelle Alpi occidentali</b>	p.8
	2.1. Biogeografia >p. 8	
	2.2. Il pino silvestre in Piemonte e Valle d'Aosta >p. 9	
	2.3. Struttura e dinamiche >p. 12	
3	<b>Il deperimento del pino silvestre</b>	p.18
	3.1. Prospettiva storica >p. 18	
	3.2. Sintomatologia e effetti >p. 19	
4	<b>Agenti responsabili del deperimento</b>	p.30
	4.1. Agenti predisponenti >p. 32	
	4.1.1. Cambiamenti di uso del suolo >p. 32	
	4.1.2. Deficit idrico e cambiamenti climatici >p. 35	
	4.1.3. Competizione per le risorse >p. 42	
	4.1.4. Vischio >p. 45	
	4.1.5. Fauna omeoterma erbivora e rinnovazione >p. 49	
	4.1.6. Disturbi naturali >p. 51	
	4.2. Agenti scatenanti e di contributo >p. 55	
	4.2.1. Agenti di malattia >p. 55	
	4.2.2. Entomofauna >p. 62	
	4.2.3. Nematodi >p. 69	

# 5

## **Strategie e proposte di intervento**

p.72

### 5.1. Funzioni delle Pinete >p. 73

#### 5.1.1. Produzione di legno >p. 76

#### 5.1.2. Protezione idrogeologica generale e diretta >p. 78

#### 5.1.3. Funzioni naturalistica e turistico-ricreativa >p. 80

### 5.2. Modelli selvicolturali >p. 81

### 5.3. Selvicoltura nelle Pinete non soggette a deperimento >p. 83

### 5.4. Gestione delle Pinete in deperimento >p. 85

#### 5.4.1. Pinete a rischio di deperimento >p. 88

#### 5.4.2. Pinete in fase di deperimento conclamato >p. 92

# 6

## **Conclusioni**

p.95

# 7

## **Aree di monitoraggio permanenti**

p.101

### Aree in deperimento >p. 102

### Aree di controllo >p. 110

## **Bibliografia**

>p. 119





# Introduzione

# 1

**Q**uesto volume ha come finalità la presentazione delle linee guida gestionali per le Pinete alpine colpite da fenomeni di deperimento, studiate nell'ambito del progetto INTERREG IIIA Italia-Svizzera "Le Pinete delle vallate alpine: un elemento del paesaggio in mutazione", focalizzato sui popolamenti di pino silvestre del versante meridionale delle Alpi occidentali (Piemonte e Valle d'Aosta). Il gruppo di lavoro, formato dai partner italiani e svizzeri del progetto, ha elaborato gli indirizzi selvicolturali e fitosanitari per la prevenzione e il contenimento della sindrome in seguito all'individuazione degli agenti responsabili, all'analisi dei loro meccanismi d'azione e delle loro interazioni con i processi climatici in corso, con l'ecologia della specie e con l'uso della risorsa "pino" da parte dell'uomo.

L'interpretazione dell'evidenza sperimentale e le indicazioni gestionali elaborate sono presentate in continuità scientifica con i risultati del programma di ricerca "Die Waldföhrenwälder im Wallis - Ein Landschaftselement im Umbruch", promosso nel periodo 2001-2006 dallo Swiss Federal Research Institute for Forest, Snow and Landscape Research (RIGLING *et al.*, 2006). Il progetto consiste nel monitoraggio a lungo termine della dinamica delle Pinete di pino silvestre nei settori continentali a nord delle Alpi (Cantone Vallese) per analizzare le cause della loro regressione, soprattutto in rapporto all'evoluzione dell'attività selvicolturale dell'uomo e ai più recenti cambiamenti climatici.

La regione a nord delle Alpi e i territori a sud rappresentano due zone con contesti storico-gestionali differenti e caratterizzate da un'evoluzione e un'intensità dei processi associati al cambiamento climatico diversificate a seconda della posizione geografica. Entrambe le regioni hanno tuttavia in comune la presenza di insetti defoglia-

tori e lignicoli, di patogeni fungini, vischio e di specie forestali decidue in competizione attiva nelle aree lasciate libere dal pino, tutti fattori ritenuti responsabili, almeno in parte, del processo di deperimento.

Le vallate alpine interne a bassa quota nel Cantone Vallese e in Valle d'Aosta, dove negli anni recenti si sono resi evidenti i sintomi di un rapido deperimento a carico del pino silvestre, hanno rappresentato le aree obiettivo dell'indagine, la cui ipotesi-guida è il ruolo predisponente del deficit idrico nel determinare la riduzione della vitalità del pino. In tal senso, questi comprensori sono stati utilizzati come "aree sensibili" dove osservare l'evoluzione che, secondo uno scenario climatico privo di cambiamenti, potrà interessare la composizione e la struttura delle Pinete alpine. Al contrario, i popolamenti selezionati nel nord del Piemonte (Province di Novara e del Verbano Cusio Ossola) hanno rappresentato le aree di controllo, dove la disponibilità idrica e l'alta fertilità stagionale sembrano aver contenuto efficacemente il fenomeno del deperimento. La localizzazione e le caratteristiche delle aree di studio permanenti sono esposte nel Capitolo 7.

L'estensione dello studio alle regioni a sud dell'arco alpino occidentale ha favorito l'interpretazione dei risultati e la spiegazione delle ipotesi già formulate riguardo al deperimento delle Pinete alpine nel loro complesso. Gli obiettivi della ricerca sono stati:

1. la valutazione del grado di deperimento attuale e delle sue conseguenze a carico di individui, popolazioni e del paesaggio;
2. l'analisi del ruolo della siccità come principale fattore predisponente il deperimento;
3. l'elaborazione di indicazioni selvicolturali e fitosanitarie volte a gestire, contenere e, ove possibile, limitare il processo in corso, sfruttando al meglio le condizioni locali e assicurando l'uso sostenibile della risorsa "Pinete alpine".

## 2

## Il pino silvestre nelle Alpi occidentali

### 2.1. Biogeografia

Il pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) è la conifera caratterizzata dalla più ampia distribuzione in Europa, dove occupa oltre 28 milioni di ettari, pari al 20% delle foreste del continente, sia in boschi naturali che in impianti (Figura 2.1). L'ampiezza dell'areale conferisce una vasta plasticità ecologica alla specie, che può adattarsi a una varietà di condizioni climatiche ed edafiche (BIAŁOBYK, 1970) e trovarsi in stazioni sia oceaniche che continentali (ELLENBERG, 1988; MÉDAIL, 2001).

La diffusa presenza del pino silvestre nelle Alpi è fatta risalire a un significativo allargamento del suo areale verificatosi al termine dell'ultimo periodo glaciale, quando l'aumento delle temperature e delle precipitazioni, specialmente nell'Europa meridionale dove i suoli non erano permanentemente gelati, ha favorito la ricolonizzazione della specie. L'ulteriore aumento delle temperature e il bilancio idrico più favorevole che caratterizzarono l'ultimo post-glaciale favorirono l'espansione di foreste miste di latifoglie nelle pianure e nelle colline dell'Europa centrale e determinarono la migrazione del pino silvestre verso latitudini più elevate o quote maggiori. Il limite superiore fu imposto dalle estati troppo fresche e dalla concorrenza dell'abete rosso (*Picea abies* (L.) Karst.), dell'abete bianco (*Abies alba* Mill.) e del faggio (*Fagus sylvatica* L.). La sopravvivenza del pino restò pertanto legata alle regioni boreali, ai settori continentali e ai suoli meno fertili (dove poté evitare la competizione delle latifoglie) del piano montano nell'Europa centrale e meridionale (WILLIS *et al.*, 1998). Da qui la specie fu protagonista, a partire da 6000 anni fa, di una nuova espansione legata

allo sfruttamento delle risorse agroforestali da parte dell'uomo (uso del legno a scopi costruttivi o come fonte di calore, deforestazione delle aree deputate a coltura mediante il fuoco, pascolo intenso, riduzione della fertilità determinata dalle tecniche colturali). Le ripetute ceduzioni e le pratiche agricole promossero la diffusione di tutte le specie eliofile limitando quelle definitive o più sensibili al disturbo meccanico.

Nella distribuzione attuale si individua un'area compatta nell'Europa nord-orientale, mentre più a sud e più a ovest l'areale si frammenta in aree disgiunte condizionate dalla natura del suolo o del clima. In Italia il pino silvestre vegeta spontaneamente solo sulle Alpi, dove abbonda nelle valli più interne con clima continentale, e in poche stazioni relitte dell'Appennino ligure, piemontese ed emiliano, dei terrazzi fluvio-



Figura 2.1 – Areale di distribuzione del pino silvestre in Europa (modificato da CSABA *et al.*, 2003). L'areale si estende su una distanza di 14000 km, da una longitudine di 8° W in Spagna a 141° E in Russia e a una latitudine compresa tra 70° N e 37° N.

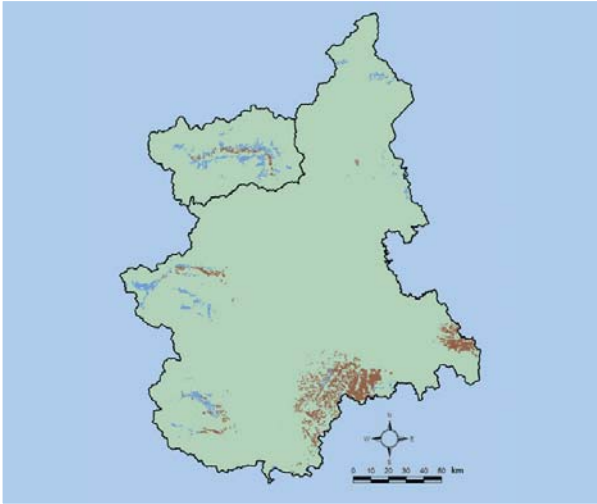


Figura 2.2 – In azzurro, distribuzione delle Pinete di pino silvestre in Piemonte e Valle d'Aosta; in marrone, dei Querceti di roverella.



Figura 2.3 – Fotografia aerea di alcuni popolamenti di pino silvestre nelle Langhe, rappresentati dalle aree boscate più scure sulle creste alternate a campi e formazioni a latifoglie (fonte: Regione Piemonte, volo Alluvione 2000).

glaciali e dei rilievi interni della pianura padana. Nelle Alpi occidentali il pino silvestre occupa tutte le zone bioclimatiche, da quella esalpica alle parti più continentali delle valli interne, in una fascia altitudinale compresa tra la pianura e il piano montano superiore (da 200 a 2000 m di quota). Nel settore esalpico ha solitamente carattere pioniero; la rinnovazione di pino che si insedia rapidamente in seguito a un disturbo rappresenta una fase intermedia della successione verso comunità definitive dominate da latifoglie (o miste di conifere e latifoglie alle quote maggiori), ammesso che il regime di disturbo e la fertilità stazionale non siano tali da sfavorire la competitività di queste specie. Le stazioni marginali e quelle interessate da disturbi frequenti (quali il passaggio ripetuto del fuoco o lo sfruttamento antropico) vengono occupate dalla Pineta in modo duraturo. Le vallate alpine continentali sono le uniche stazioni nelle quali le Pinete possono essere considerate stabili (OZENDA, 1985); in questo ambiente, infatti, il pino è sia specie pioniera che definitiva, dal momento che le modeste precipitazioni (meno di 700 mm annui) lo rendono assai competitivo rispetto alle altre specie.

## 2.2. Il pino silvestre in Piemonte e Valle d'Aosta

In Piemonte e Valle d'Aosta la superficie complessiva interessata dalle Pinete è di circa 20000 ha (Figura 2.2), di cui circa 15000 in Piemonte (1,6% della superficie forestale regionale) e 5000 in Valle d'Aosta (5,6%). Il pino silvestre forma in questo settore popolamenti stabili (vallate endalpiche), pionieri (vallate endalpiche, mesalpiche ed esalpiche) e transitori (colline e alte

pianure) (BARBÉRO, OZENDA, 1979). Le Pinete di pino silvestre sono distinte in tipi forestali in base alla continentalità della stazione, al tipo di substrato (basifile e acidofile) e al bilancio idrico; i medesimi fattori determinano importanti differenze nella struttura e nelle tendenze dinamiche ed evolutive cui le Pinete sono soggette.

In Piemonte, le Pinete di pino silvestre hanno diffusione discontinua, in prevalenza sulle Alpi (85%), secondariamente in ambito planiziale e sui rilievi collinari interni. Nel Piemonte meridionale, sui rilievi appenninici e in parte del sistema terziario delle Langhe, il pino compare in popolamenti localizzati e frammentari, spesso associato ai substrati più rocciosi e superficiali in alternanza con la roverella (*Quercus pubescens* Willd.), l'orniello (*Fraxinus ornus* L.) e il carpino nero (*Ostrya carpinifolia* Scop.) nelle stazioni più fertili (Figura 2.3). Nel Monferrato e sulle colline del Po le formazioni sono perlopiù miste e a carattere transitorio, facenti parte del climax dei Querceti a roverella, rovere (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) e farnia (*Quercus robur* L.). Sulle Alpi Marittime, il pino silvestre si riscontra anche in posizione di discesa misto al pino marittimo (*Pinus pinaster* Aiton), al pino d'Aleppo (*Pinus halepensis* Mill.) e al leccio (*Quercus ilex* L.), ma qui il suo sviluppo è molto modesto.

In Valle Maira si osserva la graduale invasione del pino in Castagneti o coltivi abbandonati; su suoli basici i boschi sono soggetti a una possibile evoluzione verso il Querceto di roverella, eventualmente attraverso una fase intermedia a betulla (*Betula pendula* Roth).

I popolamenti principali, sempre monoplani, si trovano lungo le valli continentali e nei settori più secchi delle vallate alpine, dalla Valle Stura alla Valle Susa, su pen-

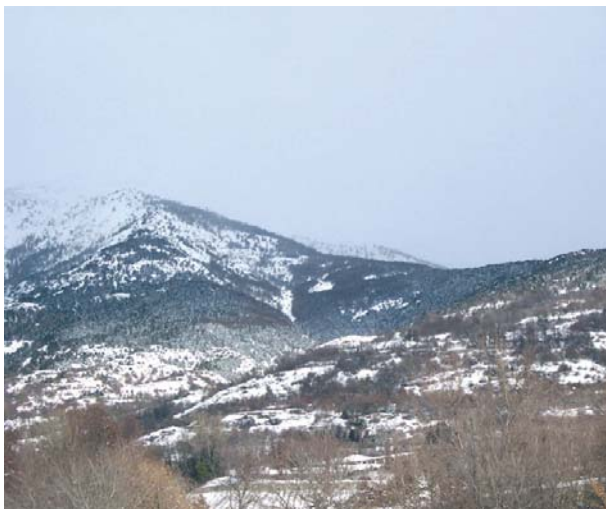


Figura 2.4 – (A sinistra) Pinete stabili nel settore endalpico – Saint-Christophe (Valle d’Aosta).  
(A destra) Rinnovazione di abete rosso in una Pineta mesalpica di pino silvestre – Trasquera (Valle Divedro, Verbania).

denze elevate e in stazioni rupicole (ragione per la quale la copertura forestale non è mai stata sostituita dall’uso agricolo o pastorale del suolo). Per la maggior parte si tratta di formazioni stabili (serie intra-alpina secondo BARBÉRO, OZENDA, 1979), di scarsa produttività e qualità del legname, senza segni ulteriori di evoluzione a causa dell’aridità, del condizionamento edafico o della rociosità superficiale (MONDINO, 1963, 1974). Al contrario, nei settori alpini esterni si constata l’inizio di una potenziale successione verso specie definitive quali l’abete bianco e il faggio, che si rinnovano bene sotto la copertura del pino (Figura 2.4); qui è l’esposizione che seleziona i microambienti dove il pino silvestre (sud) e le specie più tolleranti l’ombra (altre esposizioni)

trovano in mosaico le condizioni adatte al loro sviluppo. I terrazzi fluviali di antica formazione del Piemonte nord-occidentale a sud del Lago Maggiore sono caratterizzati da boschi più aperti (Pinete di brughiera), dove il pino rappresenta un relitto postglaciale che ha colonizzato brughiere e incolti, insieme ad altre specie acidofile pioniere quali la betulla o il castagno (*Castanea sativa* Mill.). Anche lungo il Ticino il pino interessa suoli acidi, poveri e asciutti (morene e alluvioni fluvioglaciali). Popolamenti significativi si trovano ancora nelle Valli Divedro e Vigizzo, sempre nel piano montano, dove sono presenti le migliori Pinete del Piemonte dal punto di vista morfologico e produttivo (CAMERANO *et al.*, 2004). La Pineta ha qui sostituito antichi boschi di



Figura 2.5 – (A sinistra) Pineta di brughiera su morene e terrazzi – Borgo Ticino (Novara).  
(A destra) Pineta mesalpica acidofila in un basso versante – Valle Vigizzo (Verbania).



Figura 2.6 – (A sinistra) *Pineta endalpica basifila* di pino silvestre stabile in un medio versante – Morgex (Valle d'Aosta). (A destra) *Pineta mesalpica acidofila* di pino silvestre su bassi versanti – Challand-Saint-Anselme (Valle d'Aosta).

faggio e rovere, le cui potenzialità di rinnovazione oggi sono limitate dalle scarse piante portaseme. In Valle Vigezzo le Pinete sono estese nella fascia inferiore dove negli ultimi 30 anni il pino ha fortemente invaso zone già coltivate o percorse dal fuoco (MONDINO, 2007) e dove si trova oggi in stadi di spessina o perticaia (Figura 2.5). La Pineta pura era probabilmente un tempo pascolata.

Più a nord, in Valle d'Aosta, la specie ha una distribuzione pressoché ininterrotta in tutto il piano montano del settore continentale, sui versanti in sinistra orografica tra Verrayes e Morgex (dove raggiunge i 1750 m come anche a Saint-Christophe) su suoli poco evoluti e ricchi di scheletro e, in destra orografica, tra Montjovet e Aymavilles. Nelle valli la-

terali estese Pinete si trovano in Val d'Ayas, Valtournenche, Valpelline e Valle di Cogne (Figura 2.6). Le Pinete confinano in basso con Querceti di roverella e, solo nel settore mesalpico, con Castagneti; alle quote superiori vengono in contatto con Peccete, Lariceti e Pinete di pino uncinato (*Pinus uncinata* Mill.) come nei valloni di Clavalité e di Chalamy. La variante con roverella, localizzata in molte Pinete mesoxerofile, rappresenta un relitto di originari Querceti che per eccessivo sfruttamento hanno visto aumentare la componente a pino, oppure si origina dalla rinnovazione della quercia in Pinete adulte, dove la conifera non trova più le condizioni idonee al suo sviluppo.

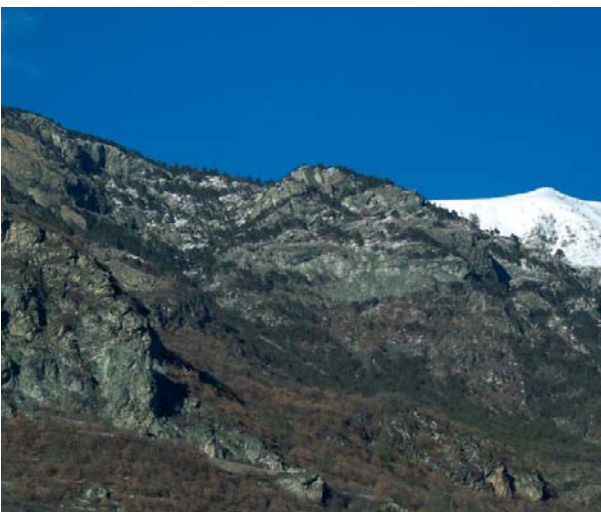


Figura 2.7 – (A sinistra) *Pineta primaria* su substrato roccioso – Saint-Vincent (Valle d'Aosta). (A destra) *Pineta secondaria d'invasione* su ex-coltivi – Valle Vigezzo (Verbania).

## 2.3. Struttura e dinamiche

In funzione della loro origine le Pinete sono differenziabili in primarie e secondarie (Figura 2.7). Le Pinete primarie prevalgono nei settori continentali (specialmente su suoli poveri o rocciosi). Qui la limitata disponibilità idrica consente al pino, il primo a insediarsi in aree non boscate, di dominare sulle altre specie e di rinnovarsi, sebbene talvolta in maniera occasionale e localizzata nelle isole di materiale più fine (DEL FAVERO, 2004). Nei settori mesalpici più frequenti sono le Pinete secondarie, originatesi per invasione del pino in soprassuoli degradati da tagli o pascolo oppure per invasione di coltivi e praterie aride abbandonate (Figura 2.8). Si tratta di formazioni transitorie, suscettibili di evoluzione dal momento in cui le condizioni di disturbo si verificano con minor frequenza o cessano del tutto e le specie definitive, maggiormente competitive, si insediano sotto la copertura del pino.

Dal punto di vista della composizione (Figura 2.9) è possibile distinguere due situazioni. Le Pinete dei versanti soleggiati nel settore endalpico sono caratterizzate dalla prevalenza del pino silvestre, che rappresenta fino al 90% del numero totale di alberi e il 94% del volume. Nelle Pinete in stazioni con maggiore disponibilità idrica (serie mesofila secondo BARBÉRO, OZENDA, 1979), le specie diverse dal pino acquistano maggiore importanza, fino a valori prossimi al 30% del numero totale di presenze (Figura 2.10).

La situazione evolutivo-culturale è più articolata



Figura 2.8 – Invasione di pino silvestre su ex-pascolo – Trasquera (Valle Divedro, Verbania).

nelle Pinete endalpica mesoxerofila e mesalpica acidofila per la maggiore presenza di latifoglie e la dinamica più rapida; spesso in queste Pinete sono presenti fustaie sopra ceduo a diversi stadi di sviluppo, a regime o invecchiate. La presenza delle latifoglie indica spesso la successione in atto verso popolamenti edificati da specie più stabili; ciò è evidente sia per le latifoglie pioniere che per quelle secondarie - pioppo tremolo (*Populus tremula* L.), frassino maggiore (*Fraxinus excelsior* L.), acero di monte (*Acer pseudoplatanus* L.), betulla, faggio e querce - che, sotto la copertura del pino, trovano le condizioni ideali per la rinnovazione, costituendo consorzi misti a struttura irregolare. Frequenti con-

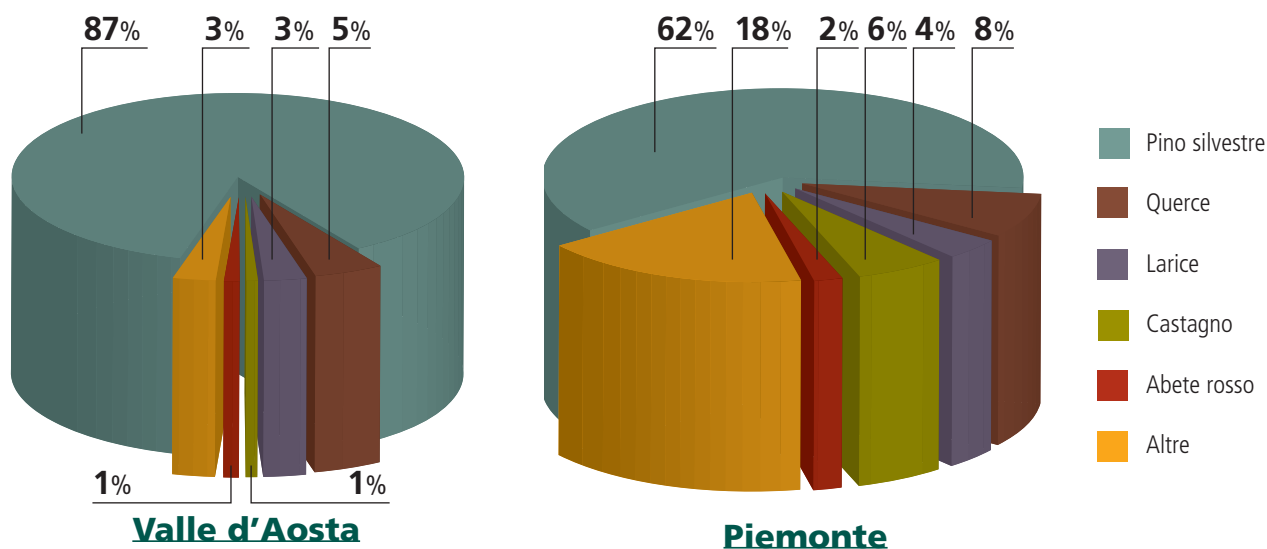


Figura 2.9 – Composizione specifica (numero di piante sul totale) delle Pinete di pino silvestre in Valle d'Aosta e Piemonte.

sozzi misti fra betulla, altre latifoglie d'invasione e il pino silvestre sono comuni sia come invasioni su coltivi abbandonati che come formazioni pioniere in stazioni rupicole.

La variante a larice (*Larix decidua* Mill.) differisce dallo schema evolutivo sopra delineato: quale specie pioniera può colonizzare la stazione contemporaneamente al pino oppure, alle quote più elevate, insediarsi in un secondo momento nelle microstazioni più favorevoli per dotazione idrica, rappresentando un'ulteriore fase pioniera, ma più evoluta, della dinamica forestale. La partecipazione dell'abete rosso, del larice e, dove presente, del pino cembro (*Pinus cembra* L.) fa sì che la rinnovazione delle specie che compongono il consorzio sia sempre presente e continua: il pino si insedia negli ambienti marginali, primitivi o disturbati, invece, ad esempio, l'abete sulle ceppaie o sugli accumuli di suolo, in genere a gruppi.

I Rimboschimenti di pino silvestre non sono molto diffusi e si presentano come fustaie monoplane e coetaneiformi, spesso con tessiture irregolari causate dalla morte di molti individui, da danni meteorici o da incendi. In qualche località, dagli impianti si è diffusa la rinnovazione naturale che ora forma boschi più o meno misti su ceduo di castagno, rovere o betulla (Val Chisone, Val Lemina). Nelle aree alpine, fortemente antropizzate, le Pinete sono state spesso modificate dall'intervento dell'uomo. Molti coltivi esposti a sud sono stati ottenuti per dissodamento di Pinete. Nelle colline molte Pinete sono state trasformate in vigneti all'inizio del secolo scorso; qui il pino è comunque

in regresso per l'espansione della robinia (*Robinia pseudoacacia* L.) nelle aree ruderali. Alle quote maggiori il pino è stato in parte sostituito artificialmente dal larice, impiantato su terreni già a pascolo; individui isolati di pino si infiltrano spesso nelle radure dei Castagneti abbandonati delle medie valli, perlopiù in esposizioni nord.

I passati interventi selvicolturali hanno fortemente condizionato la struttura delle Pinete (Tabella 2.1). Le caratteristiche ecologiche della conifera hanno favorito l'applicazione di modelli selvicolturali basati sull'imitazione di eventi naturali, quali il taglio raso o a buche su superfici superiori all'ettaro. Da ciò, assieme alla capacità di invadere ampie superfici abbandonate, deriva una prevalente struttura coetaneiforme, monoplana, formata da fustaie giovani e adulte, secondariamente perticaie o novelleti, in genere a densità colma. Popolamenti irregolari o biplani sono localizzati alle altitudini superiori, oppure si originano nelle fasi d'invasione da parte degli abeti o del larice. L'invasione delle latifoglie può trasformare la struttura monoplana della Pineta in una biplana, come nel caso delle latifoglie termofile che negli stadi iniziali risiedono nel piano dominato, o una struttura monostratificata, come nel caso dell'ingresso del faggio che raggiunge presto il piano dominante (DEL FAVERO, 2004).

La distribuzione dei diametri è concentrata su quelli medio-bassi, fra 10 e 30 cm; i diametri superiori a 35 cm sono poco più del 5%, ma rappresentano ben il 16% della provvigione. Le Pinete di pino silvestre, con una provvigione media di circa

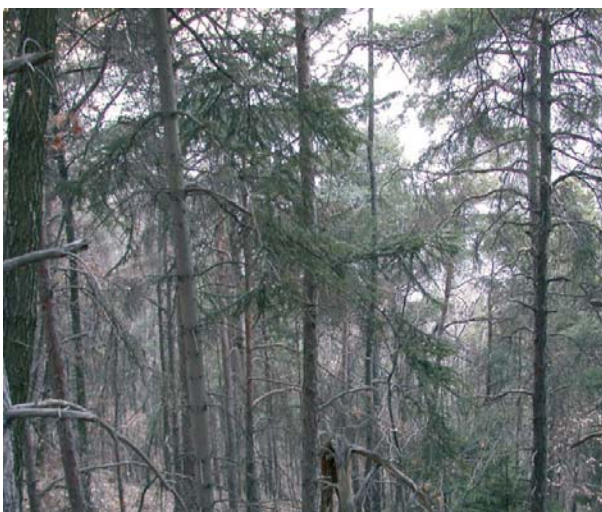


Figura 2.10 – (A sinistra) Pineta endalpica mesoxerofila di pino silvestre, variante a picea – Pontey (Valle d'Aosta). (A destra) Pineta endalpica basifila di pino silvestre, variante a roverella – Saint-Nicolas (Valle d'Aosta).

Tabella 2.1

**Caratteristiche dendrometriche a ettaro (valori medi) delle Pinete di pino silvestre in Piemonte e Valle d'Aosta (da CAMERANO *et al.*, 2007; GOTTERO *et al.*, 2007)**

Caratteristiche dendrometriche ad ettaro		
	Piemonte	Valle d'Aosta
Numero alberi	866	850
Area basimetrica (m <sup>2</sup> )	31	25
Diametro medio (cm)	21	21
Ripartizione diametrica <20 cm	48%	≈ 50%
Ripartizione diametrica >35 cm	5%	2%
Volume (m <sup>3</sup> )	206	130
Incremento corrente (m <sup>3</sup> /ha/anno)	4	n.d.

200 m<sup>3</sup>/ha in Piemonte, possiedono un valore di biomassa tra i più elevati se comparato con le altre categorie forestali, a cui tuttavia corrisponde un incremento corrente modesto, variabile in funzione della fertilità e del regime idrico della stazione (1-4 m<sup>3</sup>/ha/anno nelle Alpi, massimi di 8-12 m<sup>3</sup>/ha/anno nelle brughiere). Gli accrescimenti sono più elevati sopra 1300-1400 m con condizioni idriche e termiche più favorevoli. Le provvigioni massime si registrano nella Pineta endalpica mesoxerofila per la presenza di grossi esemplari di pino silvestre, quelle minori nella Pineta endalpica basifila e in tutte le stazioni rupicole. Le altezze dominanti a maturità variano fra 10 m per le stazioni più xerofile e 25 m per le Pinete mesalpiche.

## Sintesi

**La distribuzione attuale del pino silvestre in Piemonte e Valle d'Aosta (20000 ha) è il risultato delle caratteristiche climatiche dal post-glaciale ad oggi e dell'uso del suolo da parte dell'uomo, che ne ha fortemente modificato l'areale. La specie, spiccatamente pioniera, predilige climi continentali dove rappresenta una fase stabile della successione; nelle stazioni più fresche la sua competitività, pronunciata dopo un disturbo, decresce con il procedere della successione verso stadi con specie definitive. La passata gestione, che ha interessato gran parte dei popolamenti tranne quelli meno fertili e accessibili, ha dato origine a fustaie giovani con incrementi limitati e strutture monoplane, soggette a dinamismo evolutivo con l'ingresso di latifoglie o conifere secondarie, in presenza delle quali la permanenza di una componente a pino è comunque prolungata.**



## Autoecologia

Il pino silvestre (Figura 2.11) è una specie caratterizzata dalla tolleranza allo stress. Per questo può occupare una gamma di stazioni sfavorevoli alle concorrenti per la presenza di stress climatici ed edafici, che possono includere basse temperature, estremi di acidità e alcalinità, aridità pronunciata o sommersione del terreno. Poiché gli ecotipi locali presentano grandi differenze in termini di morfologia ed ecofisiologia, le considerazioni che seguono hanno necessariamente carattere generico.

Si tratta di una specie continentale, esigente di un periodo vegetativo con un'adeguata somma termica, ma non troppo prolungato nel tempo. L'ottimo climatico si trova pertanto nel nord-est europeo dove il pino silvestre conserva gli ecotipi di maggiore sviluppo e dove è capace di spingersi al limite artico della vegetazione arborea più dell'abete rosso. Sulle Alpi, invece, le estati con minori somme di temperature costringono il pino silvestre a vegetare prevalentemente nella fascia montana. Alle quote minori e nelle posizioni più meridionali, caratterizzate da periodi vegetativi più lunghi, il pino silvestre esibisce un vigore e una longevità decrescenti e portamenti sempre più ramosi, contorti e di lento accrescimento.

Il pino silvestre è specie eliofila e pioniera (il bisogno di luce aumenta rapidamente con l'età), capace di un rapido accrescimento giovanile. L'elevato grado di eliofilia è dimostrato dalla bassa densità della copertura esercitata dalle chiome, dal tasso di autopotatura, dallo scarso potere di concorrenza con le altre specie. Quando la disponibilità di luce è inadeguata il pino mostra i caratteristici segni

dell'eziolamento nelle parti aeree e una crescita ridotta con chioma più stretta e quindi con minor superficie assimilante.

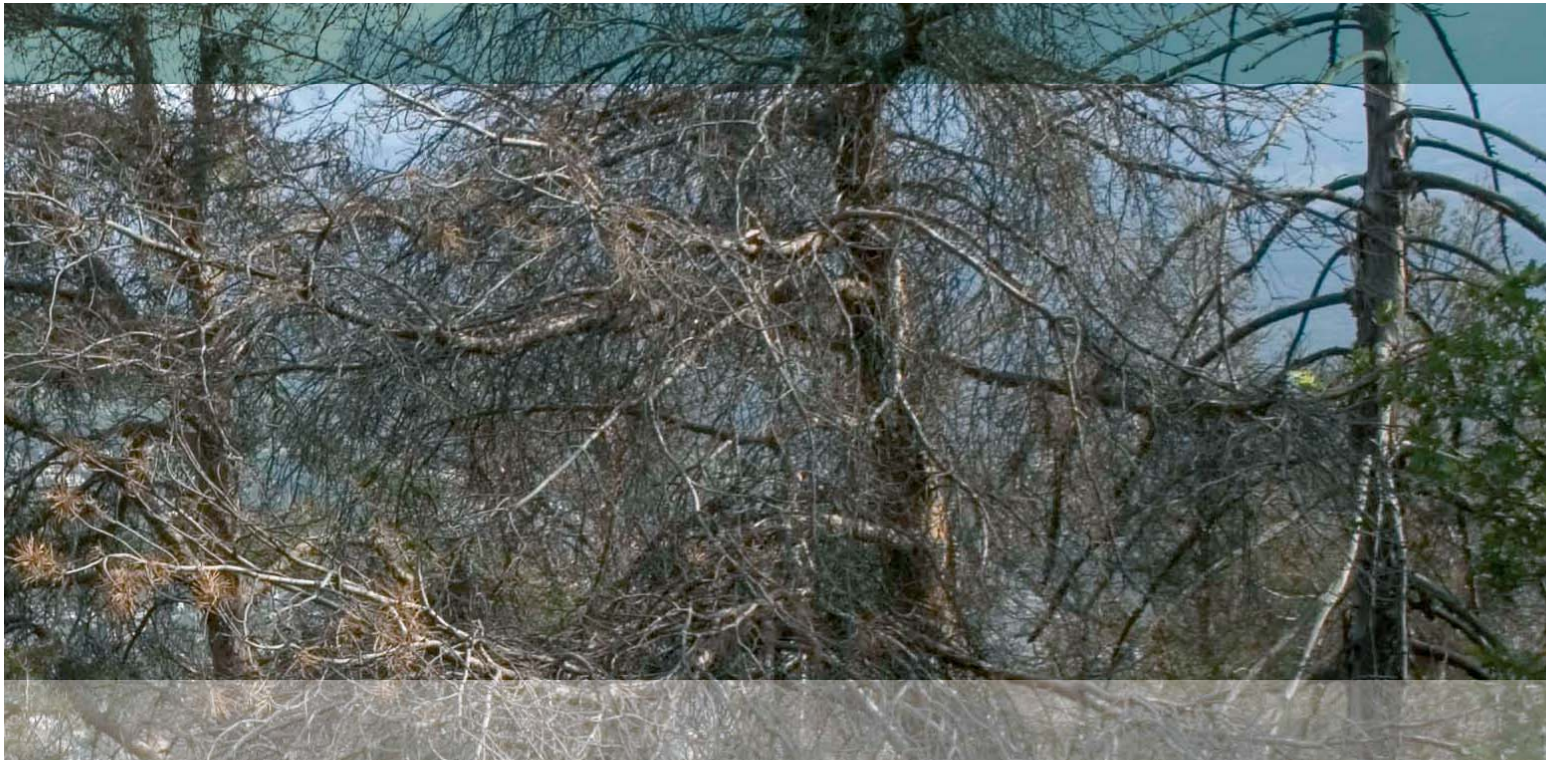
È specie da mesoxerofila a xerofila, microterma. Resiste bene al gelo e alle forti escursioni termiche, ma esige estati calde. Il limite della sua distribuzione coincide con l'isoterma di  $-1^{\circ}\text{C}$  per la temperatura media del mese più freddo e con quella di  $+33^{\circ}\text{C}$  per il mese più caldo. Nelle zone più occidentali del continente, l'umidità atmosferica può costituire un fattore limitante poiché favorisce gli agenti fungini. È una specie resistente all'aridità grazie all'apparato radicale, che sviluppa un fittone nelle stazioni più secche, e ad un uso efficiente

dell'acqua nei processi fisiologici. Tuttavia, è stato recentemente dimostrato che la siccità estiva, specialmente se ripetuta per due o più anni, rappresenta una severa limitazione all'accrescimento del pino (WEBER, 2005). I processi fisiologici responsabili della tolleranza all'aridità di questa specie sono ancora in fase di studio. Si adatta a tutti i suoli, con preferenza verso quelli meno compatti; si può trovare anche in terreni pietrosi, superficiali e poveri, aridi, acidi, torbosi, calcarei, argillosi e serpentinosi. In queste condizioni la crescita è spesso ridotta, ma è qui che il pino silvestre è più competitivo nei confronti delle specie consociate.



Figura 2.11 – Principali caratteri morfologici di *Pinus sylvestris* L. (modificato da KÖHLER, 1883-1914).





# **Il deperimento del pino silvestre**

## 3

## Il deperimento del pino silvestre

### 3.1. Prospettiva storica

Un tasso di mortalità insolitamente elevato per il pino silvestre è stato recentemente riscontrato in diversi settori continentali delle Alpi: Tirolo (CECH, PERNY, 1998; SCHWANINGER, 1998), Austria meridionale (CECH, WIESINGER, 1995; TOMICZEK, 1996), Carinzia e Stiria (PFISTER *et al.*, 2001), Val Venosta (MINERBI, 1993, 1998) e Valle dell'Adige (MINERBI *et al.*, 2006), Valle d'Aosta (VERTUI, TAGLIAFERRO, 1998; GONTHIER *et al.*, 2007a), Vallese (RIGLING

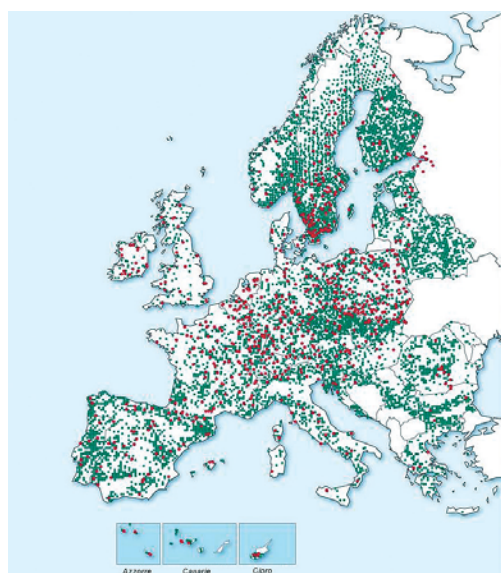


Figura 3.1 – Rete di monitoraggio ICP Forests, aree di monitoraggio di primo livello in verde e di monitoraggio intensivo di secondo livello in rosso (fonte: International Cooperative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests).

*et al.*, 2006) e recentemente nelle regioni alpine della Francia (GAUQUELIN, *in verbis*).

Il declino della vitalità del pino silvestre a scala europea è stato oggetto di analisi a partire dagli anni Ottanta del secolo scorso, in seguito alle preoccupazioni destinate dagli alti livelli di inquinamento atmosferico e di deposizioni acide misurati in quegli anni (REDFERN, BOSWELL, 2004). Il programma ICP-Forests (*International Cooperative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests*) standardizzò il monitoraggio su scala europea nel 1987 (LORENZ *et al.*, 2006); le valutazioni periodiche effettuate in circa 6000 aree di monitoraggio permanente evidenziarono l'evoluzione del deperimento nello spazio e nel tempo, concentrandosi però soprattutto sulle regioni dell'Europa centrale (Figura 3.1).

Nel Vallese, un fenomeno di deperimento di lunga durata (dagli inizi degli anni '20 al 1980) fu inizialmente imputato a una fonte puntuale di inquinamento da fluoruri (FLÜHLER *et al.*, 1981; KIENAST *et al.*, 1981). Negli anni '70 l'estensione riportata del danno era di circa 130 km<sup>2</sup> (FLÜHLER *et al.*, 1981), con sintomi distribuiti casualmente sui singoli individui. Una nuova ondata di mortalità, per la quale l'origine chimica fu presto esclusa, fu riscontrata a partire dagli anni '90, concentrata a quote inferiori ai 1200 m (Figura 3.2 e 3.3). La mortalità raggiungeva in alcuni casi il 35% in termini di area basimetrica e il 6% annuo sul numero totale di individui nel periodo 1995-2000 (DOBBERTIN *et al.*, 2005b), un valore dieci volte superiore alla mortalità ordinaria. Le cause di questo episodio di deperimento sono tuttora oggetto di numerose ricerche (DOBBERTIN, 1999; RIGLING *et al.*, 1999; RIGLING, CHERUBINI, 1999; RE-

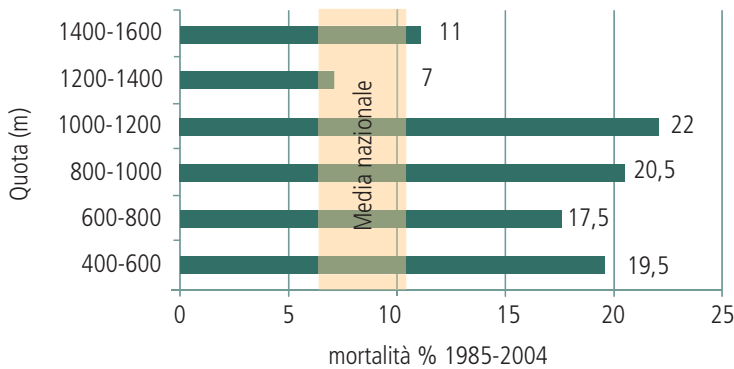


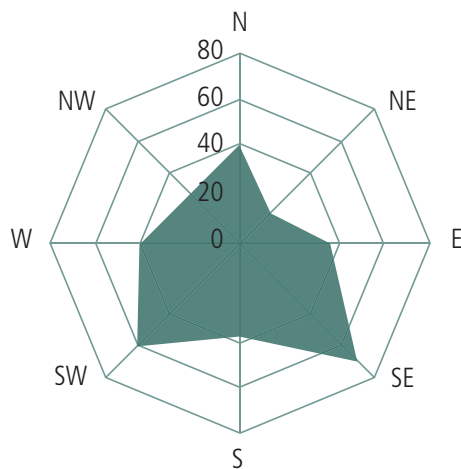
Figura 3.2 – Mortalità del pino silvestre in funzione dell'altitudine in Vallese (1985-2004) a confronto con la media nazionale svizzera (modificato da DOBBERTIN et al., 2006).



Figura 3.3 – Pineta in avanzato stato di deperimento – Stalden (Vallese).

BETEZ, DOBBERTIN, 2004; RIGLING et al., 2004; BIGLER et al., 2006; RIGLING et al., 2006; DOBBERTIN et al., 2007).

Un fenomeno analogo ha colpito negli ultimi decenni circa 30 comuni della bassa e media Valle d'Aosta, con episodi ripetuti nella Valle centrale e intensità maggiori nelle esposizioni sud (Figura 3.4). Un'analisi regionale dello stato di salute delle Pinete (QUAGLINO et al., 1987) ha rilevato, già 20 anni or sono, un deperimento da medio a grave nel 41% dei casi esaminati, evidenziando la recessione del pino nelle foreste miste di media e bassa quota, con estese zone di moria sui versanti esposti a nord (comuni di Châtillon, Pontey e Chambave) e ingiallimenti improvvisi manifestatisi nel periodo estivo. In seguito, la mortalità è stata registrata anche sui versanti esposti a sud, sebbene



Grado di deperimento medio

Figura 3.4 – Intensità media del deperimento in Pinete a diversa esposizione (segnalazioni al Servizio selvicoltura, difesa e gestione del patrimonio forestale della Valle d'Aosta, anno 1990).

le Pinete di alta quota fossero relativamente prive di danni riconducibili al deperimento. Una nuova indagine effettuata nei primi anni '90 (IPLA, 1993) ha riscontrato un deperimento evidente nel basso e medio versante in destra orografica della Valle centrale, dove la mortalità si concentrava a gruppi nella parte media del versante e per singoli alberi più in alto. Il 39% di tutti gli individui esaminati (oltre 1100 alberi campione) esibiva un grado di deperimento da moderato a grave.

Il deperimento è dunque evidente sia sui versanti esposti a nord (dove è stato osservato più a lungo) che su quelli secchi esposti a sud, che secondo l'inventario forestale del 2003 (CAMERANO et al., 2007) presentano la più ampia variabilità nelle condizioni delle chiome. I versanti a maggiore pendenza esibiscono i tassi di mortalità più alti; in Valle d'Aosta il deperimento sembra colpire aree in media più elevate rispetto a quanto riportato per il Vallese, sebbene rispetto all'area di controllo piemontese le differenze maggiori si riscontrino intorno ai 1000 m di quota (Figura 3.5).

## 3.2. Sintomatologia ed effetti

Il quadro sintomatologico è complesso e variabile e dipende strettamente dalla catena causale responsabile del fenomeno e dall'agente di deperimento prevalente. La descrizione qui riportata ha dunque carattere generale e prescinde dai sintomi strettamente associati alla presenza di particolari agenti parassitari o patogeni, per il cui riconoscimento si rimanda al Capitolo 4.

Il complesso quadro sintomatico (Figura 3.6) è l'espressione esteriore della riduzione di vitalità e

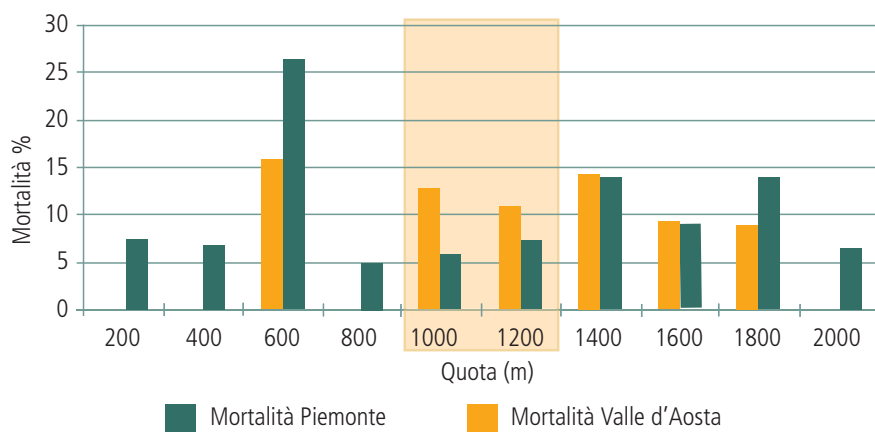


Figura 3.5 – Mortalità totale (piante morte osservate sul totale degli individui in ogni area di studio) per classe altitudinale in Piemonte e Valle d'Aosta (fonte: banca dati aree di saggio, Inventari Forestali Regionali – IPLA 2004a, 2004b). Similmente a quanto riportato per il Vallese, la mortalità è maggiore nelle stazioni continentali (Valle d'Aosta) rispetto ai siti di controllo (cioè quelli in cui la disponibilità idrica non è limitata dal clima, in questo caso nel nord del Piemonte). Tale differenza è evidente a quote comprese tra 1000 e 1200 m (area ombreggiata).

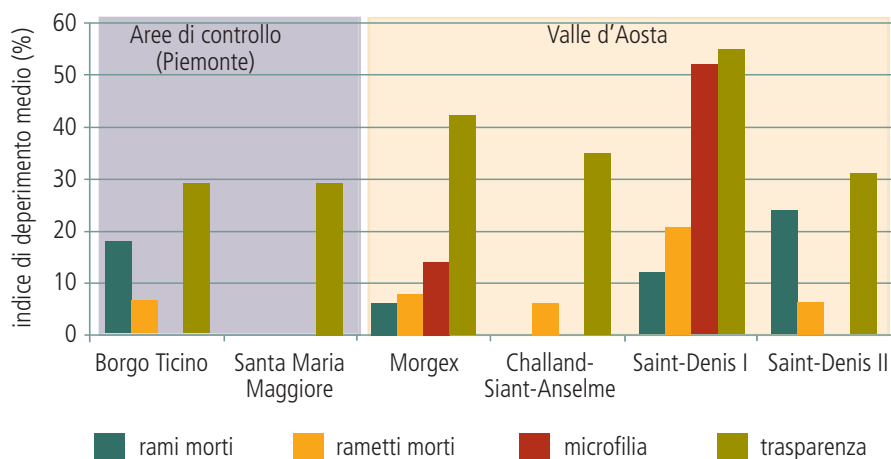


Figura 3.6 – Trasparenza media della chioma e sintomi di deperimento nelle aree di monitoraggio del Piemonte (controllo) e Valle d'Aosta, anno 2005.

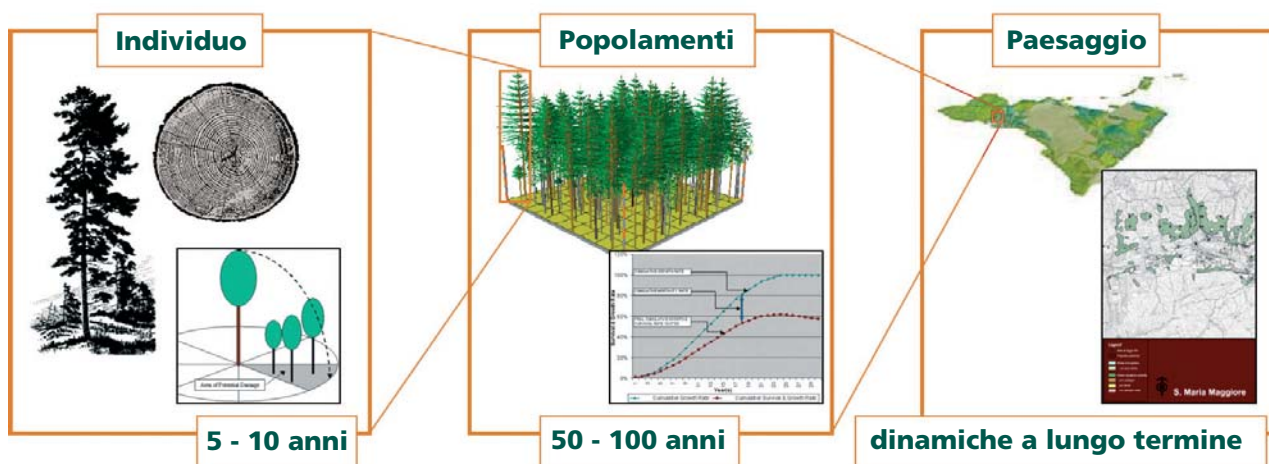


Figura 3.7 – Gerarchia degli effetti del deperimento.



Figura 3.8 – (A sinistra) Defogliazione progressiva, a partire dal cimale – Saint-Denis (Valle d'Aosta).  
(A destra) Il disseccamento arriva a coinvolgere la pianta intera, che presenta un'anormale produzione di coni – Piana Crixia (Alta Valle Bormida, Savona).

delle conseguenze fisiologiche determinate dall'agire singolo o sinergico degli agenti di deperimento. Tali conseguenze interessano a breve termine i processi endogeni dell'individuo (accrescimento, capacità riproduttiva, sopravvivenza), comportando nel medio e lungo periodo alterazioni significative della struttura dei popolamenti e della composizione del paesaggio nel suo complesso (Figura 3.7).

L'alterazione dei processi fisiologici determinata dai fattori di deperimento si ripercuote sulle funzioni biologiche dell'individuo, sulla sua vitalità generale e, se l'azione del fattore di deperimento è sufficientemente intensa o si ripete nel tempo, sulla sua capacità di sopravvivenza (rischio di mortalità). La conseguenza ultima e più evidente del deperimento è quindi la morte degli individui colpiti, che si può manifestare in modo improvviso anche su alberi apparentemente

sani, in genere durante la primavera, oppure dopo un deperimento lungo e progressivo, caratterizzato dalla rarefazione della chioma e dal disseccamento dei rami secondari e del cimale (Figura 3.8). Il fenomeno può riguardare singoli individui, talora appartenenti allo strato dominante, ma altre volte a tutte le classi di età, e gruppi di piccole o medie dimensioni (Figura 3.9).

L'evoluzione del deperimento a breve termine (Figura 3.10) vede la maggior parte degli alberi inizialmente sani peggiorare rapidamente la loro vitalità; all'aumentare della gravità del fenomeno questo si conclude con la morte dell'individuo entro due anni.

La caduta precoce degli aghi in seguito allo stress inizia a manifestarsi dall'interno della chioma verso l'esterno (Figura 3.11) e dal cimale verso il basso (Figura 3.12), cosicché la chioma assume un aspetto bruscamente rastremato. Gli aghi, la cui longevità è



Figura 3.9 – Deperimento di (a sinistra) singoli individui (Saint-Denis – Valle d'Aosta) e (a destra) per gruppi (Sarre, località Conclonaz – Valle d'Aosta).

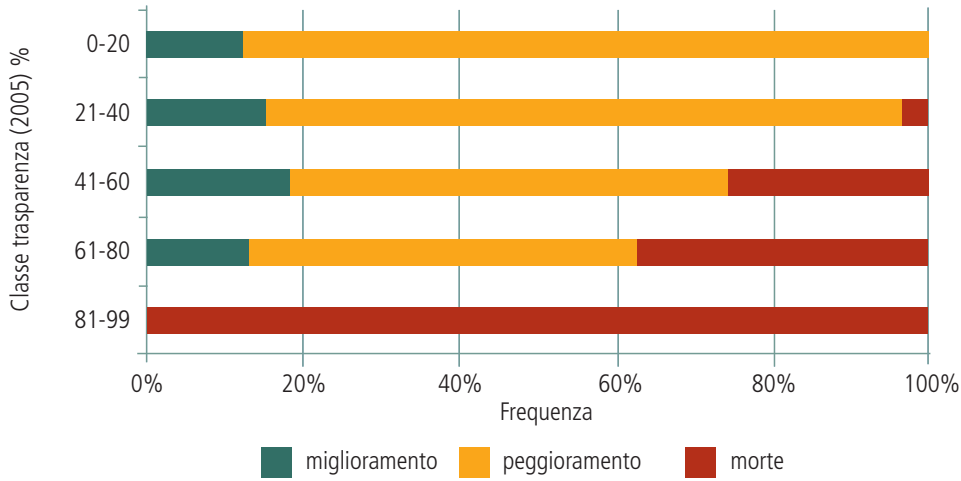


Figura 3.10 – Evoluzione del deperimento, in termini di trasparenza della chioma, nel periodo 2005-2007 rispetto alla situazione del 2005: percentuale di individui in miglioramento, peggioramento e morte con riferimento alle classi di trasparenza percentuale rilevate nel 2005 – Saint-Denis (Valle d’Aosta).

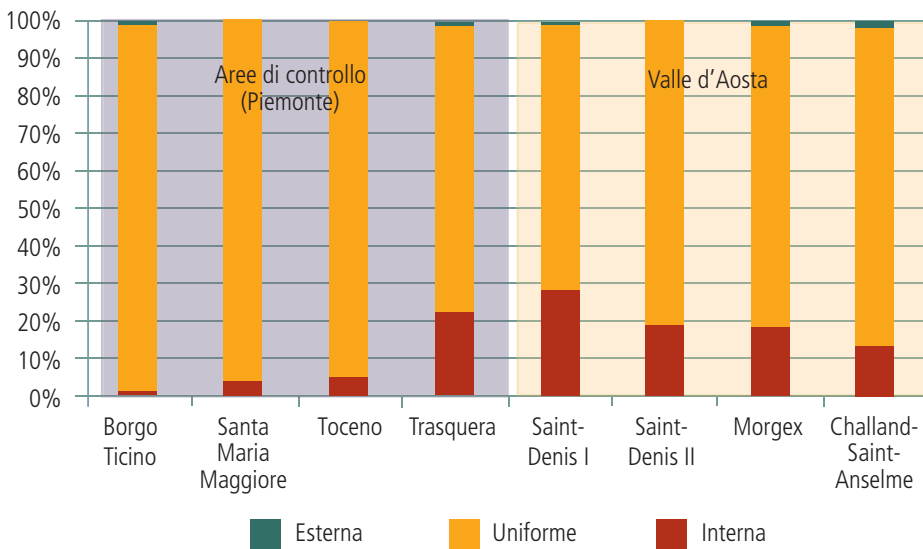


Figura 3.11 – (A sinistra) Posizione orizzontale prevalente della defogliazione in chioma (frequenza media per area di studio). (A destra) Defogliazione settoriale in un pino silvestre fortemente deperito – Saint-Denis (Valle d’Aosta).

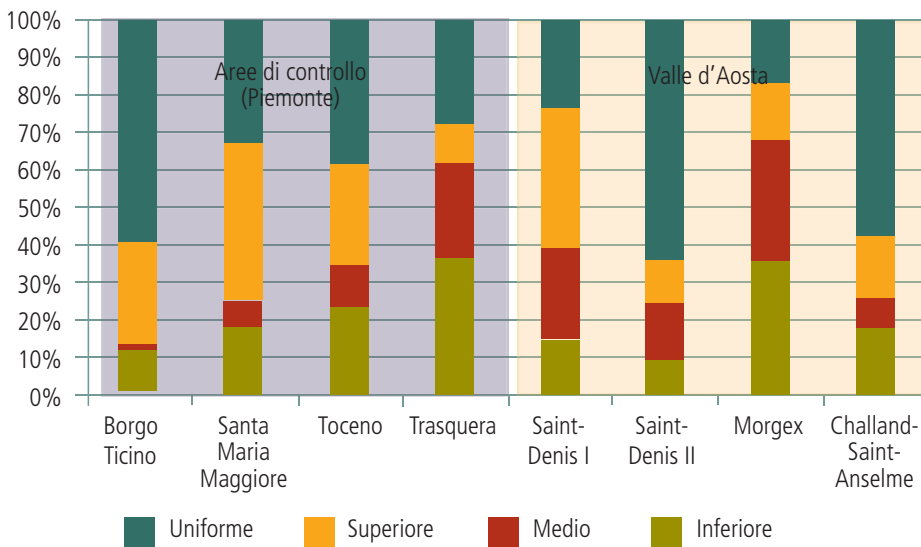


Figura 3.12 – (A sinistra) Settore verticale prevalente di defogliazione delle chiome (frequenza media per area di studio). (A destra) Morte del cimale – Morgex (Valle d’Aosta).



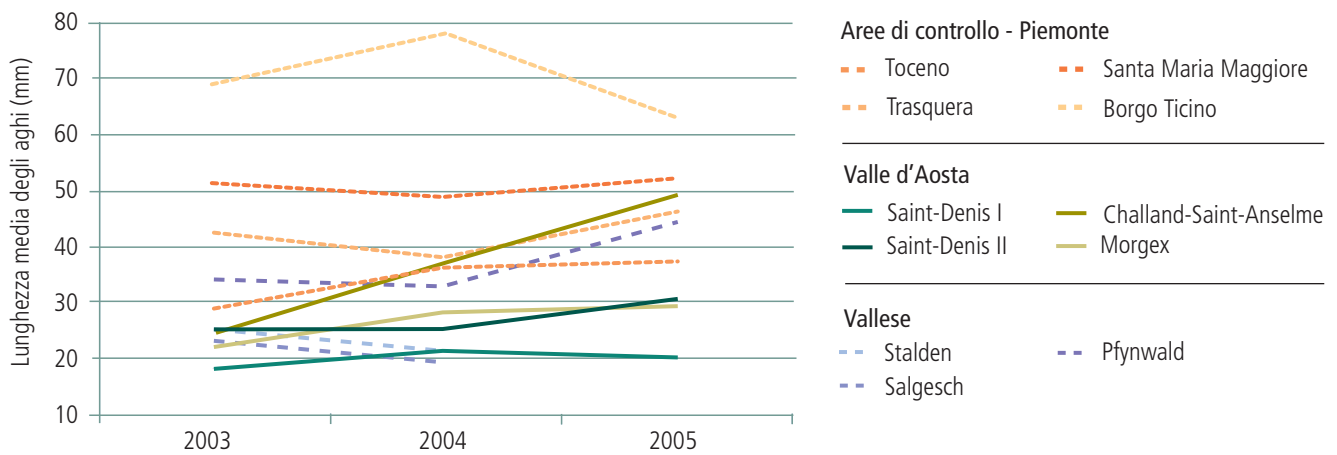


Figura 3.13 – Lunghezza media degli aghi (2003-2005) nelle aree di studio di Piemonte, Valle d'Aosta e Vallese.

ridotta a 1-2 anni anziché i 3-6 caratteristici dei pini sani, possono assumere una colorazione anomala tendente al verde opaco e tendere alla microfillia (Figura 3.13), che può verificarsi già nelle prime fasi del deperimento in settori limitati della chioma (più spesso nella regione apicale). Ampi tratti di rami e rametti appaiono spogli o assumono un aspetto "a spazzolino" per la caduta precoce degli aghi più vecchi e il ridotto accrescimento del rametto (Figura 3.14). Il fenomeno può essere accompagnato dalla produzione intensa e ripetuta di infiorescenze maschili e coni; nel primo caso, il ramoscello assume un caratteristico aspetto "a piani" con zone prive di aghi intercalate a brevi ciuffi fogliari. Nello stadio più avanzato del processo si assiste alla morte dei rametti e dei rami principali. Alcune indagini riportano come sintomo più frequente l'ingiallimento degli aghi (QUAGLINO *et al.*, 1987); il fatto che l'analisi sia stata condotta nell'estate inoltrata

fa presumere che tale sintomo sia la conseguenza di un bilancio idrico sfavorevole, ma non abbia necessariamente un'origine patologica.

La trasparenza della chioma, conseguenza della defogliazione e del disseccamento dei rami (Figura 3.15), può essere confusa con portamenti tipici di stazioni sfavorevoli o con l'effetto dell'invecchiamento sulla densità degli aghi nella chioma interna, ma valori superiori al 20-25% sono da considerarsi di origine patologica (DOBBERTIN, 2005). Le aree di monitoraggio permanente allestite in Valle d'Aosta mostrano un valore medio di trasparenza delle chiome assai superiore a quello registrato nelle aree di controllo (Piemonte) e comparabile con i risultati ottenuti per Pinete in deperimento del Vallese. Le aree affette dal fenomeno sono pure caratterizzate da una maggiore variabilità nelle condizioni delle singole chiome, manifestando valori estremi (piante gravemente deperate)



Figura 3.14 – Sintomi del deperimento: (a sinistra) microfillia e (a destra) rami secondari con portamento "a spazzolino" per caduta precoce degli aghi più vecchi di 2 anni – Saint-Denis (Valle d'Aosta).



Figura 3.15 – Sintomi del deperimento: (a sinistra) avanzato grado di defogliazione – Nus (Valle d’Aosta); (a destra) morte dei rametti laterali – Saint-Denis (Valle d’Aosta).

che mancano nelle aree di controllo (Figura 3.16). La defogliazione fa sì che l’albero subisca una riduzione della capacità di produrre l’energia di cui necessita per sopravvivere, che determina a sua volta una riduzione degli accrescimenti. La risposta allo stress in termini di accrescimento (radiale o longitudinale) si manifesta in genere prima della filloptosi e della morte dei rametti, poiché il mantenimento di una chioma vitale rappresenta per l’albero la priorità più importante (Figura 3.17). La riduzione di crescita dell’asse principale e di quelli laterali avanza progressivamente a partire dalla regione apicale; i rami di sostituzione possono essere assenti oppure presenti in densità anormalmente elevate (ramificazione secondaria “a manicotto” e talvolta ad andamento plagiotropico).

In alcuni casi, è stata osservata, per individui di rinnovazione affermata (altezza da 1 a 1,5 m), la mancata schiusura della gemma apicale e la formazione di un verticillo con allungamento ridotto dei rametti, che appaiono rigonfiati; una resinazione bluastra sul fusto principale può accompagnare i sintomi descritti. Le variazioni di accrescimento e l’aumento del rischio di mortalità individuali dovuti agli agenti di deperimento si ripercuotono sulla composizione, sulla struttura e sulle dinamiche del popolamento nel suo complesso. Le Pinete situate in regioni a rischio per la concomitante presenza di più agenti di deperimento (Valle d’Aosta) mostrano accrescimenti minori rispetto alle aree di controllo (Figura 3.18). Inoltre, il tasso di mortalità annuale (Figura 3.19) è maggiore in queste

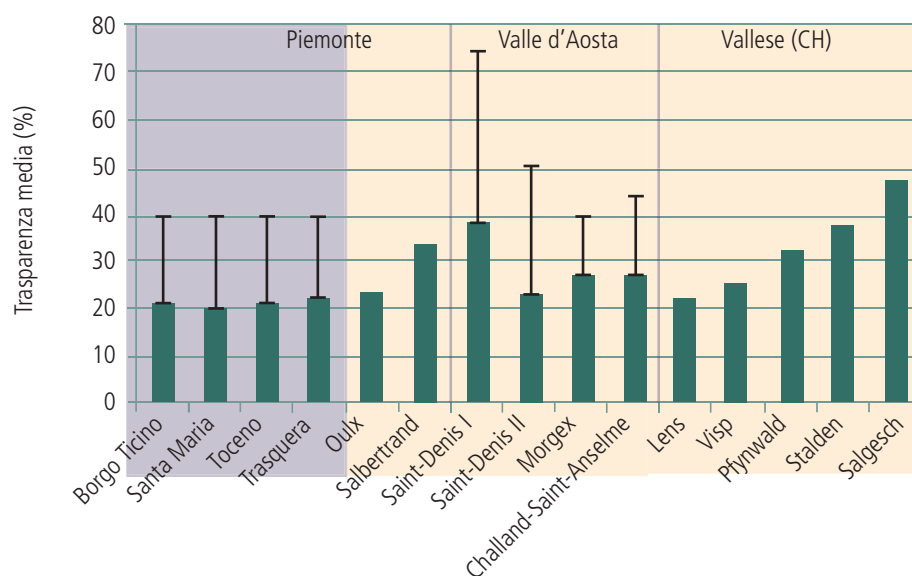


Figura 3.16 – Grado di trasparenza medio delle chiome nelle Pinete esaminate. Le barre verticali rappresentano, dove rilevata, la dispersione dei valori (valore adiacente superiore). Su fondo violetto le aree di controllo.

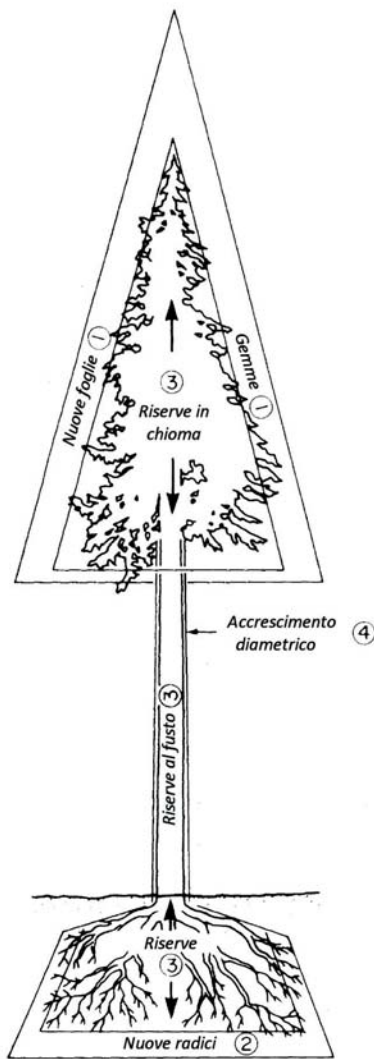


Figura 3.17 – Priorità nell’allocazione del carbonio in una conifera (modificato da WARING, PITMAN, 1985).

aree rispetto a quanto si verifica come esclusiva conseguenza delle dinamiche forestali endogene, capaci di determinare per le Pinete una mortalità media annua dello 0,5% (RIGLING *et al.*, 2006). La presenza di fattori esogeni di mortalità è suggerita anche dalle caratteristiche dimensionali degli alberi morti in piedi, che comprendono pure individui maturi anziché solamente soggetti piccoli e competitivamente svantaggiati.

A seconda delle modalità di azione e degli ospiti preferenziali di ciascun agente di deperimento, potranno variare le conseguenze nel medio periodo a carico della struttura orizzontale (morte di individui isolati o in gruppi) e verticale (alberi giovani o maturi). Le aree nelle quali il deperimento è in corso tendono ad assumere una disposizione spaziale dei fusti raggruppata, mentre dove prevale la mortalità endogena (da com-

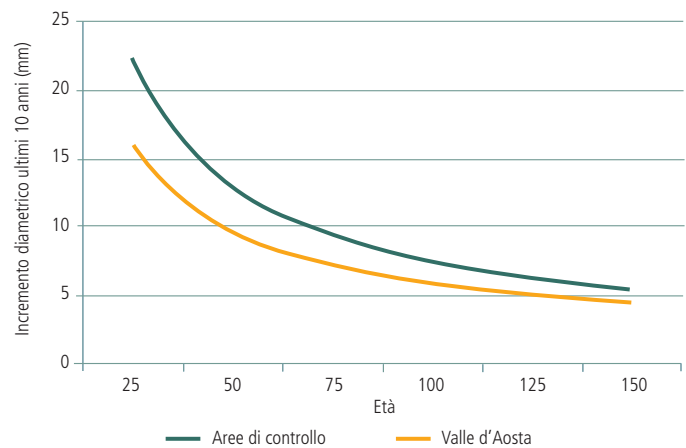


Figura 3.18 – Accrescimento diametrico medio degli ultimi 10 anni (campionamento sistematico, un albero scelto casualmente per ogni area di saggio) per il Piemonte e la Valle d’Aosta (fonte: banca dati aree di saggio, Inventari Forestali Regionali – IPLA 2004a, 2004b).

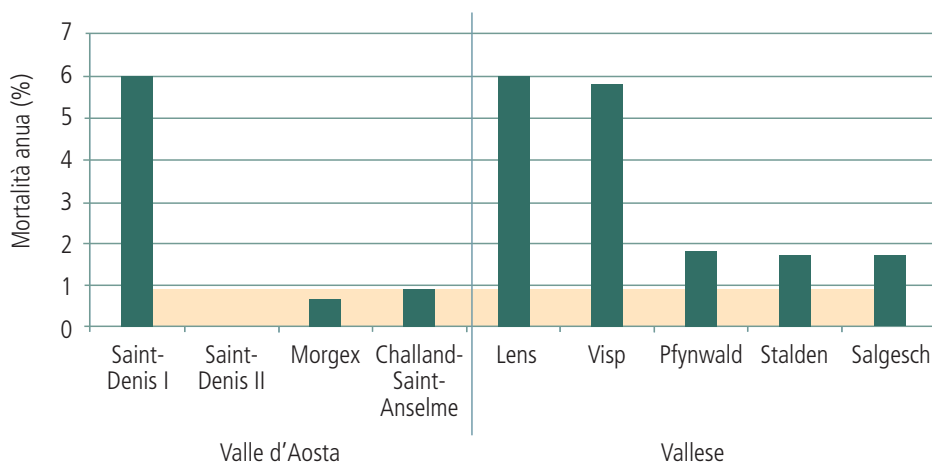


Figura 3.19 – Tasso annuo di mortalità del pino silvestre nelle aree di studio in Valle d’Aosta e Vallese. Il tasso di mortalità annuale del pino in aree non interessate dal deperimento è compreso tra 0 e 0,92%.

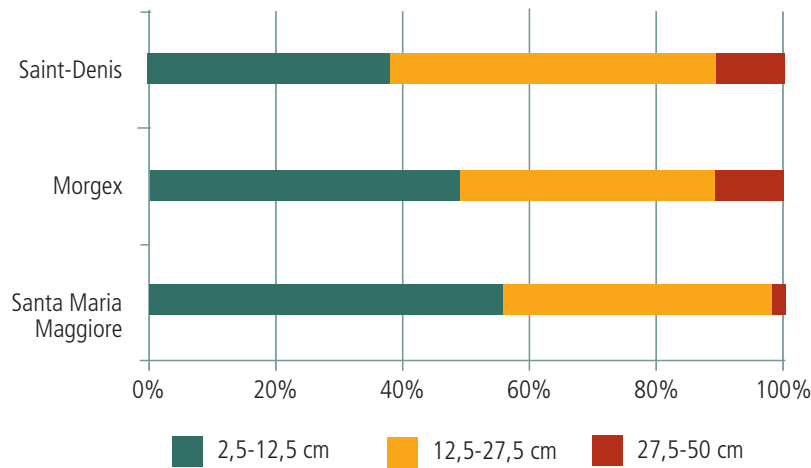


Figura 3.20 – Distribuzione dimensionale della necromassa in tre aree di studio.

petizione o invecchiamento) la tessitura è in genere regolare o dispersa. Anche la quantità e la qualità della necromassa possono subire importanti variazioni in seguito alle alterazioni delle dinamiche di mortalità (Figura 3.20) e con esse le caratteristiche degli habitat per la micro- e la macrofauna rappresentati dal legno morto in foresta.

La morte degli individui colpiti genera una riduzione della densità tale da alleviare la pressione competitiva sugli alberi sopravvissuti, i quali possono beneficiare di repentini aumenti di accrescimento. Inoltre crea soluzioni di continuità nella copertura, che favoriscono l'insediamento della rinnovazione. Si osserva attualmente una tendenza verso la multispecificità delle Pinete in fase di deperimento, dove si afferma la rin-

novazione di specie rappresentanti stadi successionali più avanzati o tolleranti lo stress, che invece risulta fatale al pino silvestre, attualmente non così rappresentato nello strato di rinnovazione (Figura 3.21).

Tra le specie protagoniste della successione la rovere riveste particolare importanza. Al momento attuale questa specie sub-mediterranea, il cui areale in Europa viene a contatto con l'estremità meridionale dell'areale del pino, sembra tollerare meglio lo stress determinato dai fattori predisponenti il deperimento delle Pinete. La rinnovazione di roverella si insedia con maggior successo a quote comprese tra 1000 e 1200 m in stagioni secche, sotto una copertura arborea da media a colma e in presenza di uno spesso strato di humus (Figura 3.22), tutte condizioni attualmente

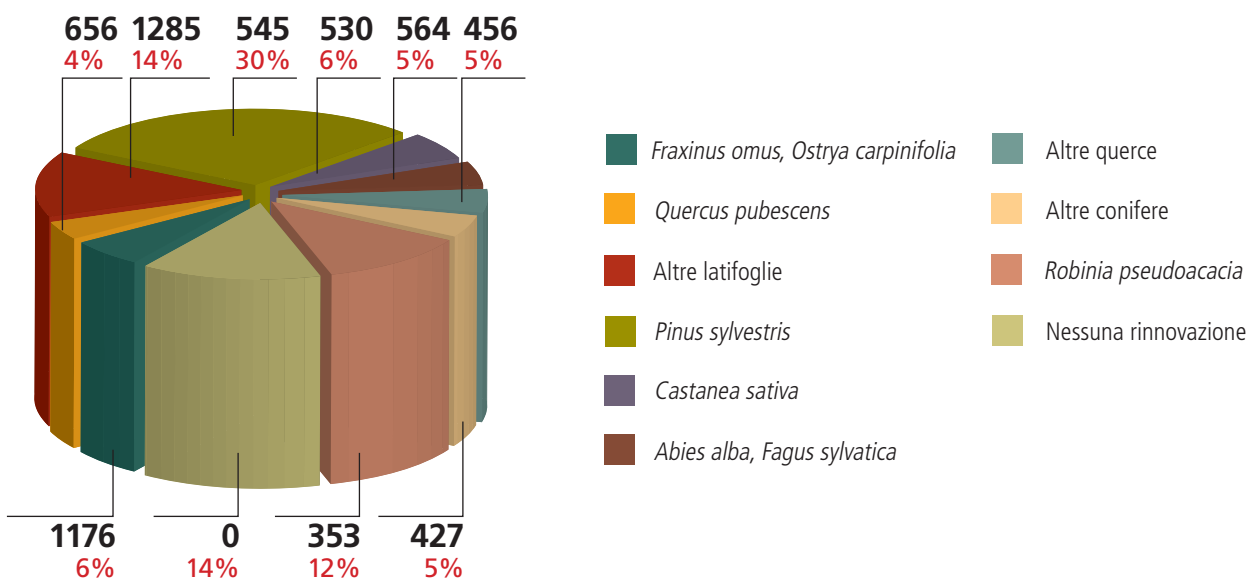


Figura 3.21 – Composizione specifica della rinnovazione in Pinete del Piemonte. Ciascuno spicchio corrisponde alla frequenza relativa delle aree di saggio (sul totale delle Pinete) dove prevale la rinnovazione di ciascuna specie (valori percentuali in rosso). Per ciascuna specie o consorzio di specie è indicata la densità media di semenzali per ettaro (valori assoluti in nero). Fonte: banca dati aree di saggio, Inventari Forestali Regionali – IPLA 2004b.

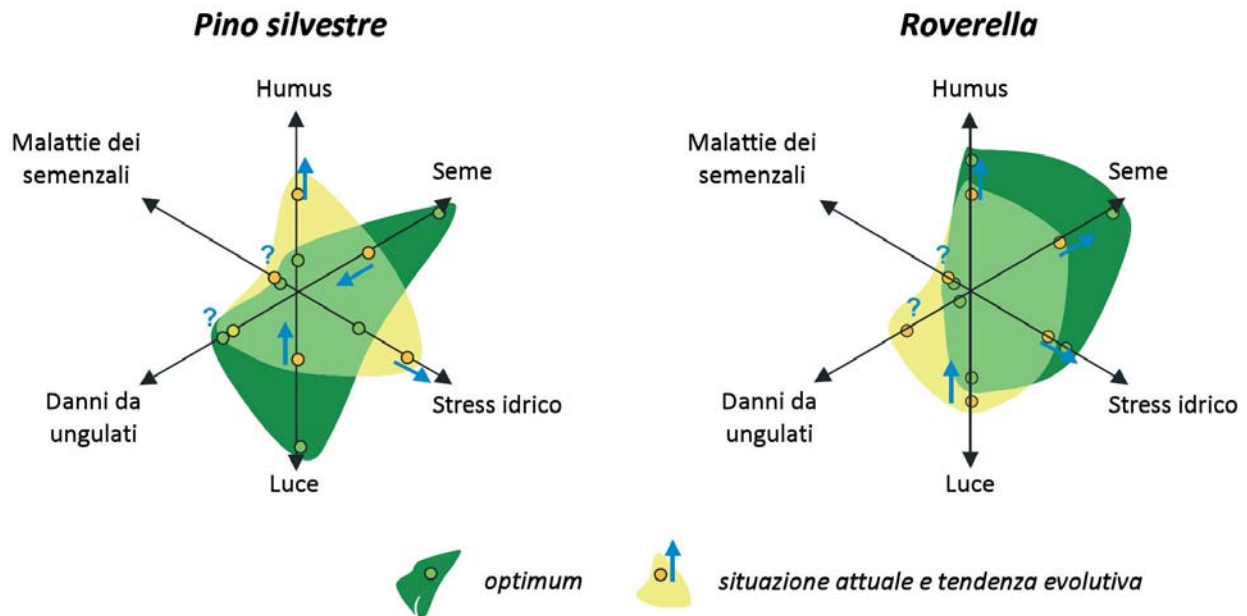


Figura 3.22 – Esigenze ecologiche della rinnovazione di pino silvestre e roverella e tendenza evolutiva attuale (modificato da RIGLING et al., 2006).

soddisfatte nelle aree di studio valdostane. Già BRAUN-BLANQUET (1961) considerava le Pinete di bassa quota uno stadio di degradazione dei boschi di roverella; secondo l'inventario forestale nazionale svizzero l'area basimetrica rappresentata dal pino silvestre è diminuita negli ultimi vent'anni del 12,7% a vantaggio dei Querceti (TINNER, 2004; RIGLING et al., 2006). Il passaggio alla fase successionale più avanzata, rappresentata dal Querceto di roverella a partecipazione di pino, può richiedere da 80 a 140 anni (HADORN, 2003; KIENAST et al., 2004; RIGLING et al., 2006). Si può prevedere che, in gran parte delle Pinete oggi esistenti nella fascia alti-

tudinale caratteristica della roverella, la componente di latifoglie aumenti progressivamente, secondo una retroazione positiva attivata dagli effetti del riscaldamento climatico (capitolo 4), dal processo patologico a carico del pino e dalla successione naturale verso le specie definitive.

I cambiamenti di composizione specifica nelle Pinete in deperimento possono essere particolarmente rapidi, specialmente se esiste già un piano dominato di latifoglie pronte a sfruttare le risorse stazionali rese disponibili dal declino del popolamento antecedente (Figura 3.23). L'alterazione delle dinamiche competi-

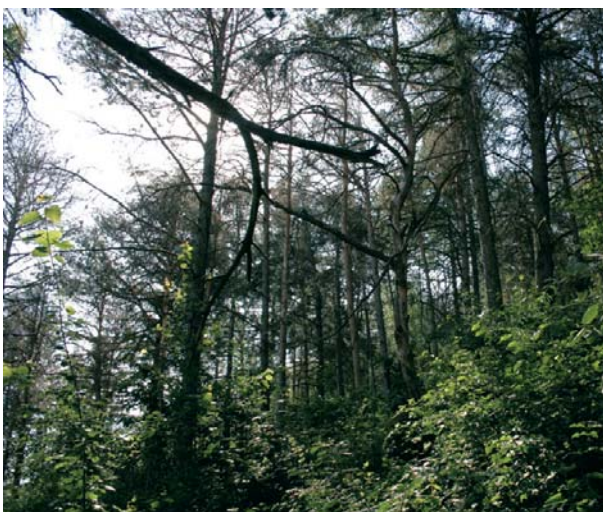


Figura 3.23 – (A sinistra) Pineta interessata da un rapido deperimento – Gressan (Valle d'Aosta); (a destra) nello stesso sito, lo strato di latifoglie dominate è pronto a promuovere la successione.

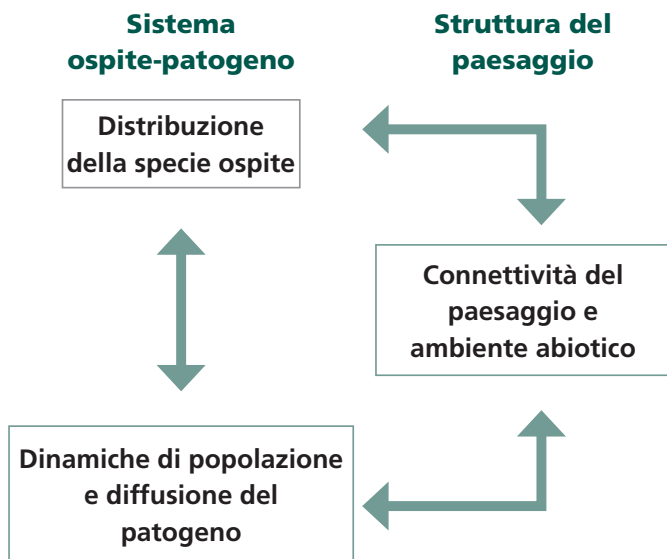


Figura 3.24 – Modello delle relazioni tra disturbi biotici e struttura del paesaggio (modificato da HOLDENRIEDER et al., 2004).

ve e l'innescò della successione secondaria in seguito al deperimento del pino è tuttavia un processo complesso, in cui i rapporti causa-effetto sono spesso biunivoci (Capitolo 4) e il cui esito dipende dall'agente di stress prevalente, dalla composizione specifica, dalla resistenza ai disturbi caratteristica delle specie presenti (Tabella 3.1), dal regime dei disturbi naturali e antropici e dalle caratteristiche climatiche e della stazione, tutti fattori che possono variare di sito in sito. Ad esempio, la creazione di nuove aperture nel bosco può non essere sufficiente all'insediamento di nuove specie, in particolare se perdura lo stress idrico che rappresenta uno dei principali fattori predisponenti il deperimento delle Pinete. Il monitoraggio fin qui effettuato non ha rilevato conseguenze patologiche a carico delle latifoglie, neppure a carico di quelle meno resistenti allo stress idrico, ma non è escluso che questo si possa verificare in un futuro prossimo. Infine, l'alterazione della composizione e della struttura dei popolamenti si riflette a medio e lungo periodo su scala di paesaggio, interagendo con la distribuzione spaziale e con l'ecologia dei fattori di stress alla stessa scala (Figure 3.24 e 3.25). Il declino della vitalità del pino può comportare una riduzione sensibile dell'area occupata dalla specie o un suo confinamento a settori immuni dai fattori di stress che la colpiscono. Cambiamenti a tale scala non possono non ripercuotersi sulla distribuzione sul territorio della risorsa "pino" (a sua volta in grado di determinare le caratteristiche spaziali degli habitat per la fauna selvatica e la velocità di propagazione dei disturbi naturali) e sulle possibilità delle foreste di esercitare in modo sostenibile e continuato le funzioni che l'uomo ritiene prioritarie (Capitolo 5).



Figura 3.25 – Ruolo delle Pinete nel mosaico del paesaggio di un'area montana – Torgnon (Valle d'Aosta).

## Sintesi

**Nelle valli continentali alpine si è osservato negli ultimi 15 anni un aumento anomalo della mortalità del pino silvestre, riguardante sia individui isolati che gruppi. Il fenomeno, comparso prima nelle esposizioni nord e poi con più variabilità in quelle a sud, raggiunge i suoi massimi nei siti a maggiore pendenza e a quote inferiori a 1300 m.**

**I sintomi, che vanno dalla microfillia alla filloptosi precoce, si manifestano con rapidità variabile e interessano diverse classi sociali.**

**Sul singolo individuo il processo, che parte generalmente dall'apice, comporta a catena alterazioni a carico degli accrescimenti (immediate), del portamento (a breve termine), del successo riproduttivo e della sopravvivenza (a breve o medio termine), portando a morte l'albero entro due anni nei casi più acuti. Ne conseguono rapidi cambiamenti di struttura, tessitura e composizione dei popolamenti, che tendono alla multispecificità con l'ingresso della roverella (fin qui immune al deperimento) nelle stazioni calde.**

**A scala di paesaggio, l'interazione tra il processo di deperimento, il regime climatico e quello dei disturbi determina un mosaico di popolamenti in rapida mutazione, al cui interno il pino silvestre può persistere nei siti mesici più disturbati.**

Tabella 3.1

**Effetti di un disturbo biotico (es. attacco parassitario) sulla struttura e sulle dinamiche forestali (fonte: WARING, O'HARA, 2005)**

Composizione	Severità	Effetti a breve termine	Effetti a lungo termine
Foresta monospecifica, specie suscettibile	Bassa	Alterazione della struttura e della produttività	Alterazione reversibile di struttura e dinamiche
	Media	Alterazione della struttura e della produttività, apertura di radure	Insediamiento di nuove specie nelle aperture; il patogeno è un importante agente di disturbo
	Alta	Recessione a copertura non arborea	Copertura non arborea con nuovo regime di disturbo o insediamento di nuove specie
Due specie, una sola suscettibile	Bassa	Nessun effetto significativo	Alterazione degli equilibri competitivi a favore della specie non suscettibile
	Media	Le aperture liberano risorse stagionali per la rinnovazione affermata e i semenzali. La specie non suscettibile domina la struttura	Alterazione della composizione specifica a favore della specie non suscettibile, struttura disetanea o irregolare
	Alta	La specie non suscettibile domina la struttura ed è l'unica a rinnovarsi	Rapida alterazione della composizione e della struttura, scomparsa ed eventuale sostituzione della specie suscettibile. La semplificazione causa l'aumento della sensibilità ad altri agenti di disturbo
Foresta plurispecifica, una specie suscettibile	Bassa	Nessun effetto significativo	Alterazione della composizione specifica a favore delle specie non suscettibili
	Media	Mantenimento della struttura pregressa da parte delle specie non suscettibili. Competizione a vantaggio degli individui adulti	Successione verso specie più tolleranti l'ombra
	Alta	Mantenimento della struttura pregressa con una proporzione variabile di rinnovazione e di variazioni repentine di accrescimento a vantaggio dei sopravvissuti	Continua alterazione della composizione a favore delle specie non colpite. Evoluzione di una struttura disetanea. Aperture non boscate possono fare la loro comparsa nelle stazioni più difficili



## Agenti responsabili del deperimento

L'ARCHER (2001) definisce lo stress come una deviazione significativa dalle condizioni ottimali per la sopravvivenza dell'individuo (del popolamento, della specie); la vitalità del soggetto diminuisce al persistere dello stress (Figura 4.1). L'albero può superare lo stress aumentando la propria resistenza o riparando i danni subiti; entrambe le strategie richiedono cambiamenti dell'allocazione delle risorse (fase di reazione). Se lo stress perdura, l'individuo può adattarsi (fase di restituzione) raggiungendo un grado di resistenza minore, uguale o anche superiore a quello originario (fase di regolazione). Al persistere dello stress nel tempo o al sopraggiungere di un nuovo stress, la capacità dell'individuo di superarlo e la sua stessa probabilità di sopravvivenza diminuiscono, fino al punto in cui, sotto una certa soglia di resistenza, si verificano un

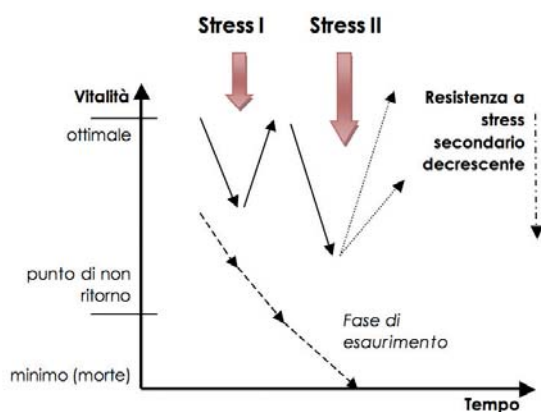


Figura 4.1 – Evoluzione della vitalità dell'albero in risposta a fattori di stress multipli (modificato da DOBBERTIN, 2005).

danno irreversibile o la morte dell'individuo (fase di esaurimento).

Come già per l'episodio che ha interessato le Pinete continentali a nord delle Alpi, non è possibile individuare un unico fattore responsabile del deperimento del pino silvestre. Tra gli agenti biotici, i più comuni insetti lignicoli e defogliatori, così come funghi patogeni delle radici, del fusto e degli aghi, sono stati ripetutamente segnalati nelle Pinete colpite (Figura 4.2); secondo la letteratura, tuttavia, gran parte di questi si

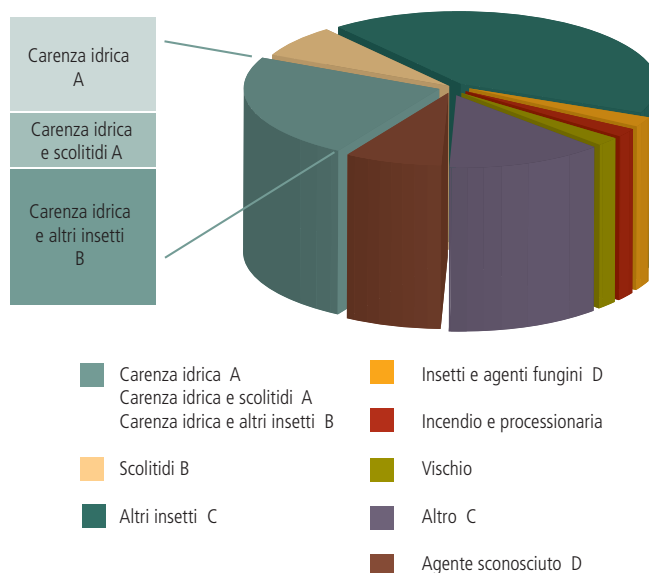


Figura 4.2 – Agenti responsabili del deperimento delle Pinete in Valle d'Aosta negli anni '90 (segnalazioni del Corpo Forestale della Valle d'Aosta). Sono indicati gli agenti responsabili, la loro incidenza relativa e la severità media dell'attacco ove segnalata (Classi di mortalità: A = 0-25%; B=25-50%; C=50-75%; D=75-100%).



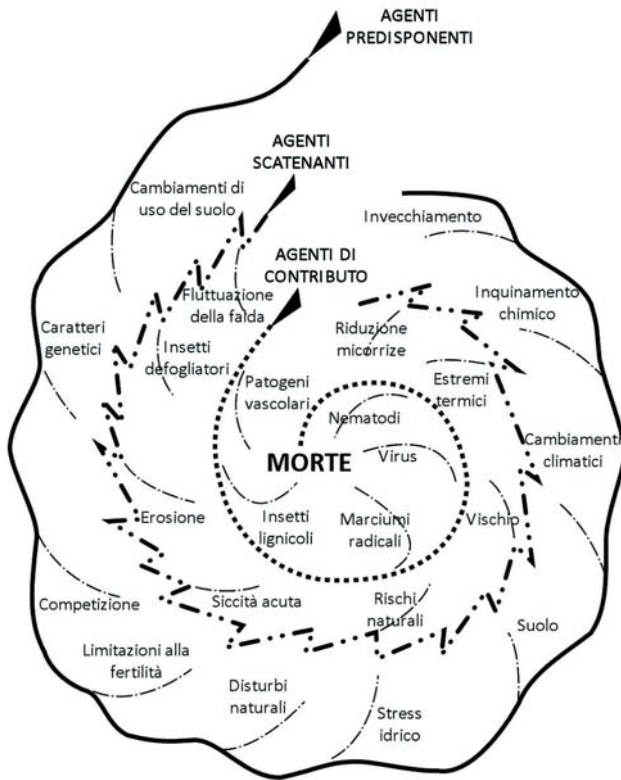


Figura 4.3 – La spirale del deperimento (decline disease theory) comprende fattori predisponenti, scatenanti e di contributo (modificato da MANION, 1981).

comportano solitamente da parassiti secondari, colpendo alberi già stressati in precedenza.

Considerata l'estrema varietà di stazioni, sintomi e modalità di decorso che caratterizzano il deperimento delle Pinete, è improbabile che tale fenomeno sia da imputare a un unico agente responsabile. Piuttosto, come nel caso di altri fenomeni di deperimento osservati negli anni recenti sia su conifere che su latifoglie (THOMAS *et al.*, 2002; ELLISON *et al.*, 2005; HESS *et al.*, 2005; KUME *et al.*, 2005; LIVINGSTON *et al.*, 2005; SHAW, 2006; KASHIAN *et al.*, 2007), si ritiene che differenti fattori di origine biotica e abiotica partecipino interagendo tra loro in una complessa catena di cause. MANION (1981) ha proposto un'eziologia composta da fattori predisponenti, scatenanti e di contributo, che determinano il deperimento tramite la loro mutua interazione (Figura 4.3).

1. **Agenti predisponenti:** stress cronici e prolungati negli anni, capaci di indebolire progressivamente il soggetto e ridurre la sua resistenza ai fattori di stress acuto. Ne sono un esempio il regime climatico, la competizione intra- e interspecifica, la disponibilità locale di acqua e nutrienti. Si possono considerare altresì importanti anche fenomeni che, pur non esercitando un'azione di indebolimento diretto,

favoriscono la comparsa o la propagazione di stress acuti. Questi fattori sono legati alla storia passata dei popolamenti, in particolare ai cambiamenti d'uso del suolo e al regime di gestione forestale. Altri fattori predisponenti, che non sono stati inclusi nel presente lavoro, sono quelli genetici e quelli legati all'inquinamento atmosferico. La loro esclusione è motivata da due considerazioni. Precedenti ricerche non hanno dimostrato alcuna relazione tra il patrimonio genetico individuale e la suscettibilità al deperimento (FOURNIER *et al.*, 2006), sebbene il pino silvestre sia caratterizzato da una grande varietà ecotipica (BELLETTI, GULLACE, 1999). Quanto all'inquinamento da fonti chimiche o fotochimiche, l'area esaminata è di estensione troppo limitata per evidenziare differenze significative nei carichi di deposizione, escludendo naturalmente fonti di inquinamento puntuale (che non sono state rilevate se non in prossimità di una delle aree di controllo).

2. **Agenti scatenanti:** stress acuti di breve durata e di origine biotica o abiotica, capaci di ridurre significativamente la vitalità dell'albero, fino a impedirne la ripresa o, in casi estremi, la sopravvivenza. Più spesso questi agenti accelerano il deperimento di individui già indeboliti mediante un meccanismo "a spirale", disturbando i processi fisiologici del soggetto e riducendo ulteriormente la sua resistenza a fattori di stress puntuali che, da soli, non sarebbero in grado di nuocergli in modo significativo.
3. **Agenti di contributo:** se l'individuo è già molto indebolito, uno stress a carattere puntuale, anche di bassa intensità (ad esempio un patogeno secondario), è sufficiente a determinarne la morte. Altre volte la combinazione di fattori predisponenti e scatenanti può comunque, da sola, determinare la morte dei soggetti colpiti (PEDERSEN, 1998).

La combinazione di fattori e il loro ruolo variano a seconda del popolamento e sottostanno al variare delle condizioni ambientali. Un medesimo fattore di stress (ad esempio quelli associati al clima) può comportarsi come agente di contributo qualora causi la morte di piante già indebolite da fattori predisponenti e scatenanti, oppure a sua volta come agente scatenante se di intensità sufficiente o da agente predisponente se la sua influenza assume natura cronica. Le interazioni tra dinamiche forestali endogene, eventi stocastici e caratteristiche stazionali sono tuttavia complesse (CHEN *et al.*, 1992; HALPIN, 1994) e spesso la suddivisione in agenti predisponenti, scatenanti e di contributo ha un carattere solo teorico se confrontata con la rete di relazioni che si instaurano tra i diversi fattori che regolano le dinamiche forestali (Tabella 4.1).

Tabella 4.1

**Interazioni tra i diversi fattori coinvolti nel deperimento delle Pinete**

	Stress idrico	Aumento temperature	Abbandono gestione	Competizione	Successione	Vischio	Insetti	Funghi	Nematodi	Incendi	Pericoli naturali
Stress idrico		+++	+	++	0	++	0	0	0	-	0
Competizione	++	+ -	++		+ -	-	-	-	-	?	-
Successione	+ -	+ -	+	+		+	+ -	+ -	?	-	-
Vischio	+	+	-	-	-		0	0	0	+	+
Insetti	++	++	+	++	+ -	?		++	+	++	+
Funghi	+	+	+ -	+ -	+ -	?	++		?	+ -	++
Nematodi	++	++	?	+	+ -	?	++	++		?	?
Incendi	+++	+++	++	0	+ -	0	++	+ -	+		+ -
Pericoli naturali	0	+	0	0	+ -	0	0	++	?	++	

## 4.1. Agenti predisponenti

### 4.1.1. Cambiamenti di uso del suolo

La struttura dei popolamenti delle regioni alpine è il risultato dell'influenza che negli ultimi secoli l'uomo ha esercitato sull'ecosistema forestale. Questo vale anche per le Pinete, sensibili all'impatto dell'uomo a causa della loro prossimità alle aree antropizzate. L'area alpina è stata interessata per migliaia di anni dallo sfruttamento antropico; l'area occupata dalle specie definitive si è in gran parte ridotta a causa degli usi agricoli e forestali del territorio (tagli di selezione, raccolta della legna e della lettiera, pascolo in bosco, trasformazione a coltura). Tali pratiche (Figura 4.4) hanno imitato nel loro impatto l'azione di un frequente disturbo naturale, favorendo il perpetuarsi delle specie pioniere su vaste porzioni del territorio. La gestione forestale del passato ha avuto un ruolo chiave nel mantenimento delle Pinete anche mediante usi locali, quali la resinazione e la raccolta di vischio.

Negli ultimi decenni del XX secolo, il rapporto tra uomo e foresta è andato via via mutando, specialmente nelle aree montane soggette a un massiccio abbandono da parte della popolazione residente (BÄTZING *et al.*, 1996). A partire dalla seconda guerra mondiale, lo spopolamento delle aree marginali per

accessibilità o redditività agricola ha causato una forte polarizzazione tra zone urbanizzate e territori rurali in rapida decrescita (ANTROP, 2004). La diminuzione della pressione antropica sul territorio, testimoniata dalla rapida diminuzione degli addetti al settore primario (Figura 4.5), ha favorito l'insediamento di neoformazioni boschive costituite da specie pioniere (tra cui il pino silvestre nel piano montano) in sostituzione dei prati e dei pascoli abbandonati, provocando un costante aumento della superficie a Pineta (Figura 4.6). Grazie al suo carattere pioniero, il pino silvestre esibisce una risposta rapida ai cambiamenti d'uso del suolo, trovando stazioni adatte alla sua germinazione nei prato-pascoli abbandonati.

In due comprensori a dominanza di Pineta, il confronto tra riprese aeree a 50 anni di distanza ha evidenziato un aumento della copertura forestale del 30%. Tuttavia, la modalità di invasione differiva marcatamente, presentandosi a seconda delle stazioni come un processo uniforme oppure episodico e frammentato laddove il mosaico del paesaggio agroforestale era più fine e l'abbandono non è stato completo, grazie alla manutenzione dei prati e dei pascoli più favorevoli per quota e pendenza (Figura 4.7).

Dall'altro lato, le Pinete hanno visto un rapido abbandono delle pratiche di gestione selvicolturale, del



Figura 4.4 – Attività tradizionali di sfruttamento delle risorse boschive: raccolta della lettiera, circa 1965 – Zollikfen (Bern) (da KEMPF, 1985).

pascolo in bosco e dello sfruttamento dei prodotti secondari delle Pinete, cosicché nelle stazioni più favorevoli si è assistito all'accelerazione della successione forestale verso le specie definitive, soprattutto le latifoglie (Figura 4.8). L'aumento della competitività delle specie definitive fa sì che la componente pioniera sperimenti una diminuzione di vitalità, un tasso di mortalità elevato e l'impossibilità di rinnovarsi a causa del più efficace sfruttamento di luce e nutrienti da parte delle specie concorrenti. Una volta che le specie mediamente tolleranti (come la roverella) o tolleranti (come il faggio, l'abete rosso e l'abete bianco) si siano insediate, l'evoluzione del popolamento provocherà la riduzione e l'eventuale scomparsa della componente a pino, impossibilitata a rinnovarsi a causa della crescente copertura esercitata dalle concorrenti e colpita dai processi di deperimento a loro volta accelerati dalle condizioni di sofferenza degli individui in boschi via via più densi.

Il prevalere dell'uno o dell'altro processo dipende dall'intensità e dal tipo di impatto antropico e dalle caratteristiche climatiche ed ecologiche della stazione, che determinano la velocità di avanzamento della successione e le specie che via via vi partecipano. Gli studi effettuati a nord delle Alpi (Vallese) evidenziano soprattutto il fenomeno della successione delle Pinete a seguito dell'abbandono della gestione selvicolturale (RIGLING *et al.*, 2006), mentre si ritiene che nelle Alpi italiane non vada sottovalutata l'espansione delle Pinete pioniere su ex-prati ed ex-pascoli. La comparsa

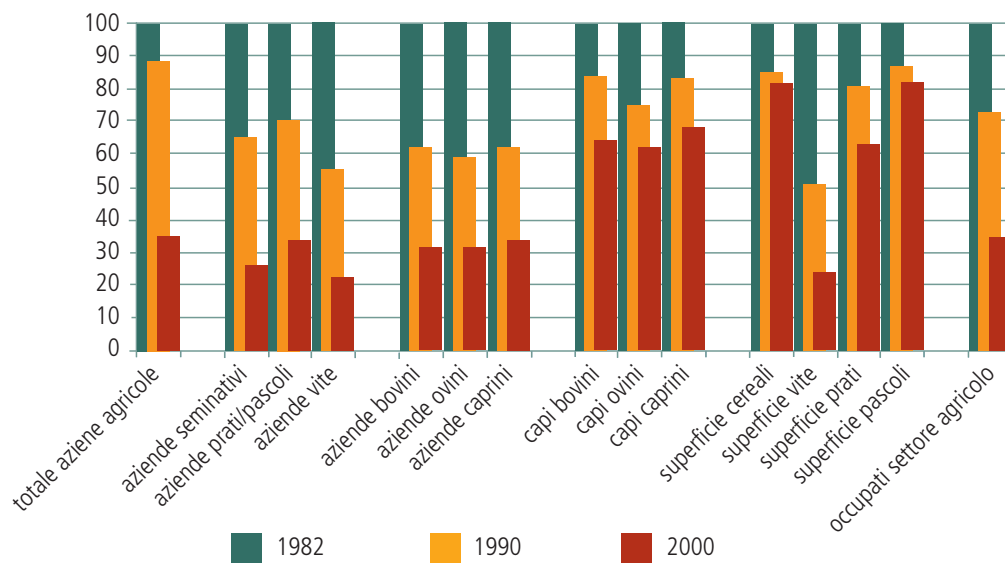


Figura 4.5 – Statistiche riguardanti il settore agricolo per le aree montane del Piemonte nel periodo 1982-2000 (dati relativi, 1982 = 100%) (fonte: Regione Piemonte).

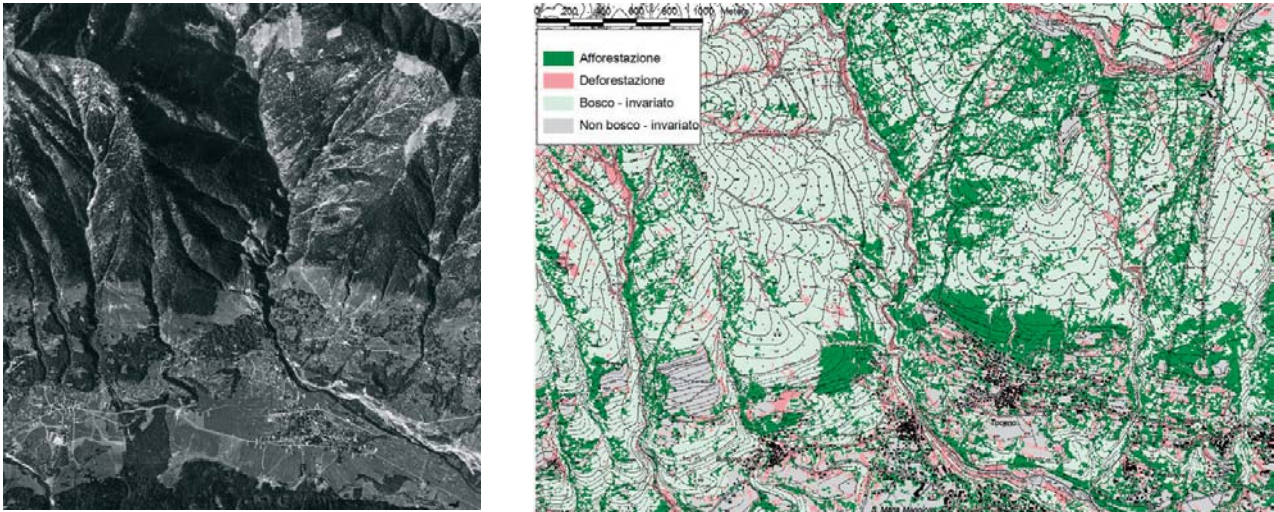


Figura 4.6 – (A sinistra) Pinete di pino silvestre in media Valle Vigezzo (bacino del Rio Melezze Orientale) nel 1954. (A destra) Cambiamenti di uso del suolo nei 50 anni successivi (1954-2000) (fonte: Istituto Geografico Militare, Firenze; Regione Piemonte, Carta Tecnica Regionale 1:10000).

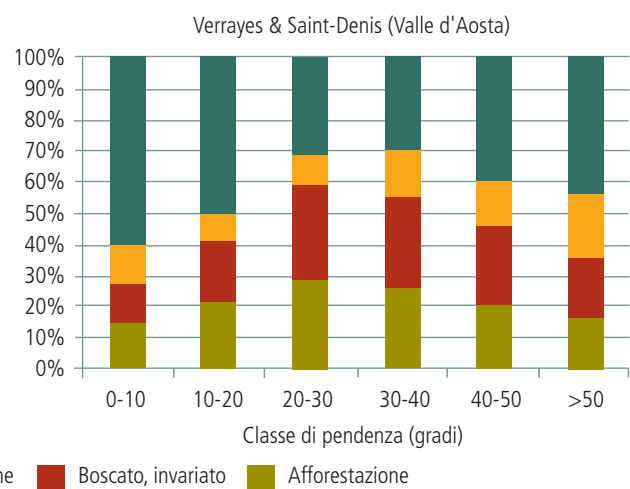
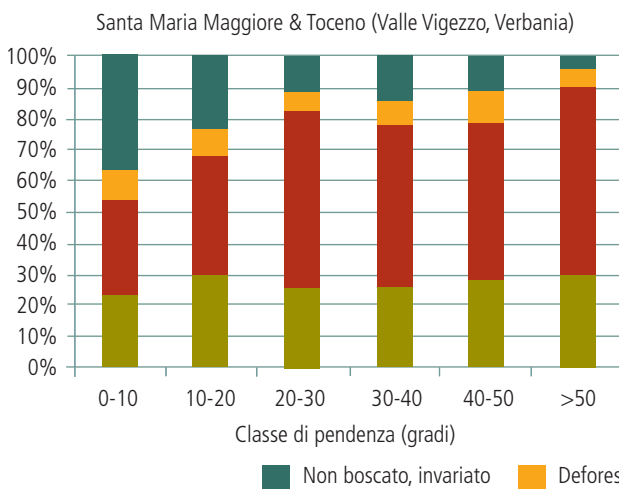
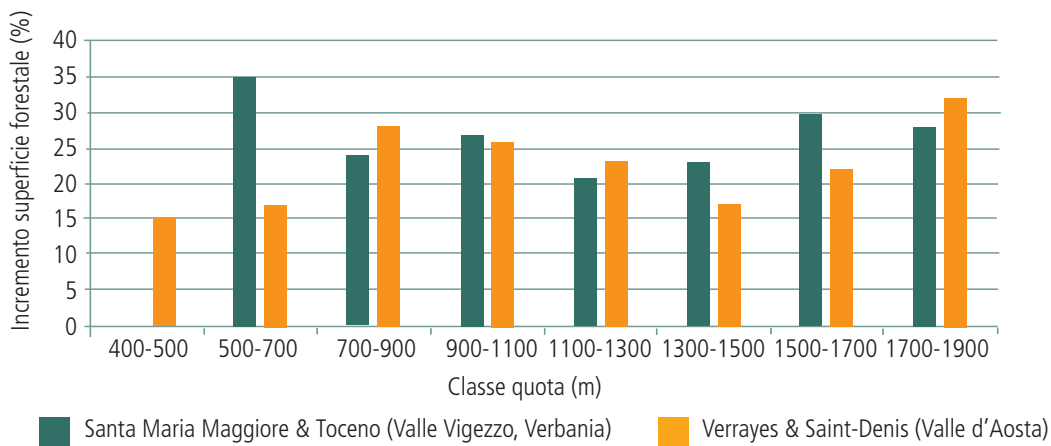


Figura 4.7 – Dinamiche forestali nel periodo 1954-2000 in comprensori a prevalenza di pino silvestre della Valle d'Aosta e del Piemonte in funzione (in alto) della quota e (in basso) della pendenza dei versanti (modificato da GARBARINO et al., 2006).



Figura 4.8 – Successione secondaria in Pinete non più frequentemente sfruttate; a seconda della stazione, le specie definitive possono avere una componente prevalente di conifere [(a sinistra) – Toceno (Valle Vigezzo, Verbania)] o di latifoglie, più frequentemente la roverella [(a destra) – Saint-Denis (Valle d'Aosta)].

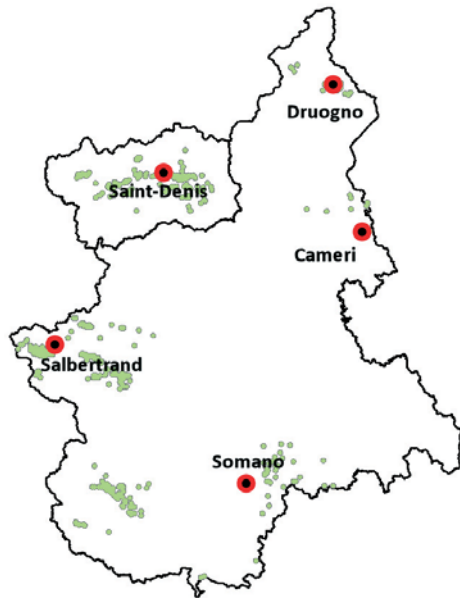
di Pinete di neoformazione può provocare l'aumento della superficie suscettibile al deperimento, specialmente quando l'abbandono di aree estese provoca lo sviluppo di popolamenti continui e coetaneiiformi, caratterizzati da una minore resistenza agli agenti di stress, e in presenza di rapidi cambiamenti climatici (Paragrafo 4.1.2), capaci di indebolire Pinete sviluppatesi in stazioni a clima originariamente non limitante.

## Sintesi

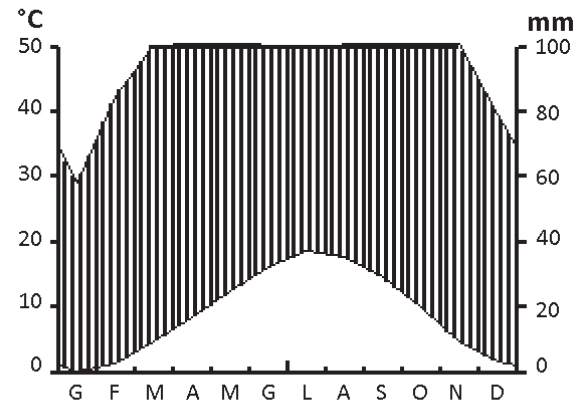
**Il deperimento del pino silvestre è un fenomeno complesso, dove agenti predisponenti (cronici), scatenanti (acuti) e di contributo partecipano ad un quadro patologico caratterizzato dall'indebolimento più o meno progressivo dell'individuo e spesso dalla sua morte. I principali agenti che predispongono le Pinete al deperimento sono la storia dell'uso del suolo, il deficit idrico e gli estremi termici associati ai cambiamenti climatici e la competizione per le risorse con le specie definitive. Negli ultimi secoli le attività antropiche hanno determinato la persistenza del pino anche là dove esso svolgerebbe solamente il ruolo di specie pioniera. L'abbandono recente delle aree montane ha reso disponibili nuove superfici (ex prati e pascoli) per l'insediamento naturale delle Pinete, aumentando l'area suscettibile al deperimento. L'abbandono della gestione forestale ha innescato fenomeni di successione non strettamente patologici, ma corresponsabili di una ridotta sopravvivenza e capacità di rinnovazione del pino silvestre a causa della maggiore competizione.**

## 4.1.2. Deficit idrico e cambiamenti climatici

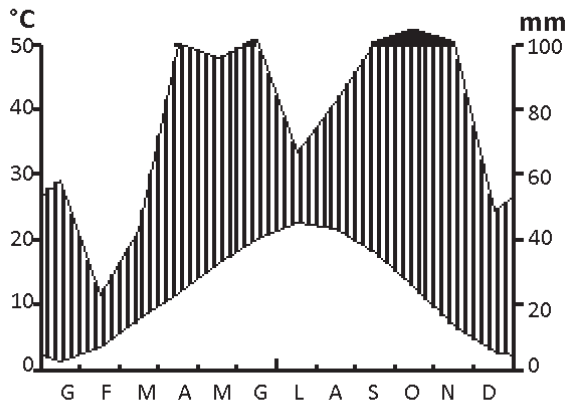
Il pino silvestre è specie indubbiamente plastica riguardo alle caratteristiche climatiche, potendo sopravvivere in un intervallo di estremi termici compreso tra  $-40^{\circ}\text{C}$  e  $+35^{\circ}\text{C}$  e con precipitazioni medie annue comprese tra 500 e 2000 mm. Se si eccettuano gli estremi invernali, l'areale di distribuzione del pino silvestre nelle Alpi occidentali copre la totalità di tale *range* climatico, dalle vallate endalpiche con forti escursioni termiche al distretto insubrico dove cadono le precipitazioni più abbondanti (Figura 4.9). Il regime climatico del Piemonte appenninico e delle vallate alpine interne è caratterizzato da un minimo estivo delle precipitazioni (regime pluviometrico sublitoraneo o continentale), mentre le regioni mesalpine ed esalpine della fascia montana sono interessate da un minimo invernale e un massimo autunnale (regime subalpino o sub-continentale a seconda delle stazioni). Il gradiente delle precipitazioni nelle valli interne diminuisce da est a ovest a causa della maggiore continentalità indotta dalle masse montuose. Le condizioni climatiche medie degli ultimi 10 anni sono entro i limiti per la sopravvivenza della specie; tuttavia, lo stress termico o idrico associato ad annate anomale (singole o ripetute) può influenzare la vitalità e la sopravvivenza dei popolamenti, comportandosi da agente predisponente il deperimento. In particolare nelle vallate continentali, le precipitazioni sono determinanti per l'accrescimento delle Pinete. Poiché il pino silvestre non è soggetto a particolari limitazioni termiche, i maggiori effetti sulla morfologia, la fisiologia e la vitalità degli alberi sono esercitati dal bilancio idrico dei siti, definito dal regime climatico, dalle caratteristiche del suolo e dalla domanda del so-



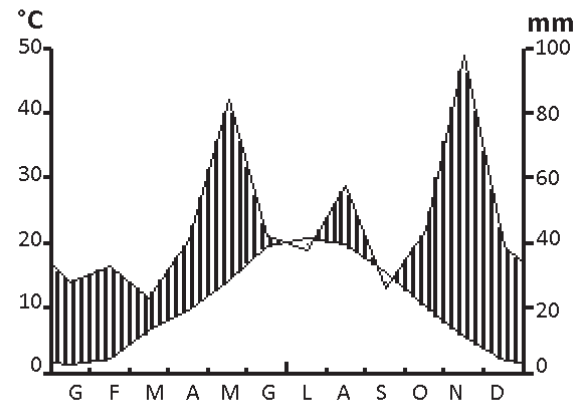
Druogno (Valle Vigezzo, Verbania)  
 46°8' N 8°28' E 836 m  
 [1990-2002] 7.4 °C 1676 mm



Cameri (Novara)  
 45°30' N 8°39' E 179 m  
 [1990-2000] 12.2 °C 1000 mm



Saint-Denis (Valle d'Aosta)  
 45°45' N 7°33' E 840 m  
 [2002-2006] 10.7 °C 554 mm



Salbertrand (Alta Valle di Susa, Torino)  
 45°07' N 6°90' E 1010 m  
 [1991-2003] 7.6 °C 751 mm



Somano (Alta Langa, Cuneo)  
 44°32' N 8°00' E 640 m  
 [1990-2003] 10.8 °C 860 mm

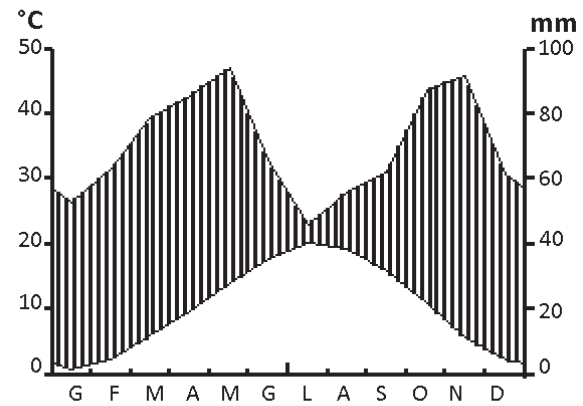


Figura 4.9 – Termoidogrammi di cinque località rappresentative dei regimi climatici presenti nell'areale di distribuzione della specie (fonte: Atlante climatologico del Piemonte; Regione Autonoma Valle d'Aosta – Ufficio Meteorologico).

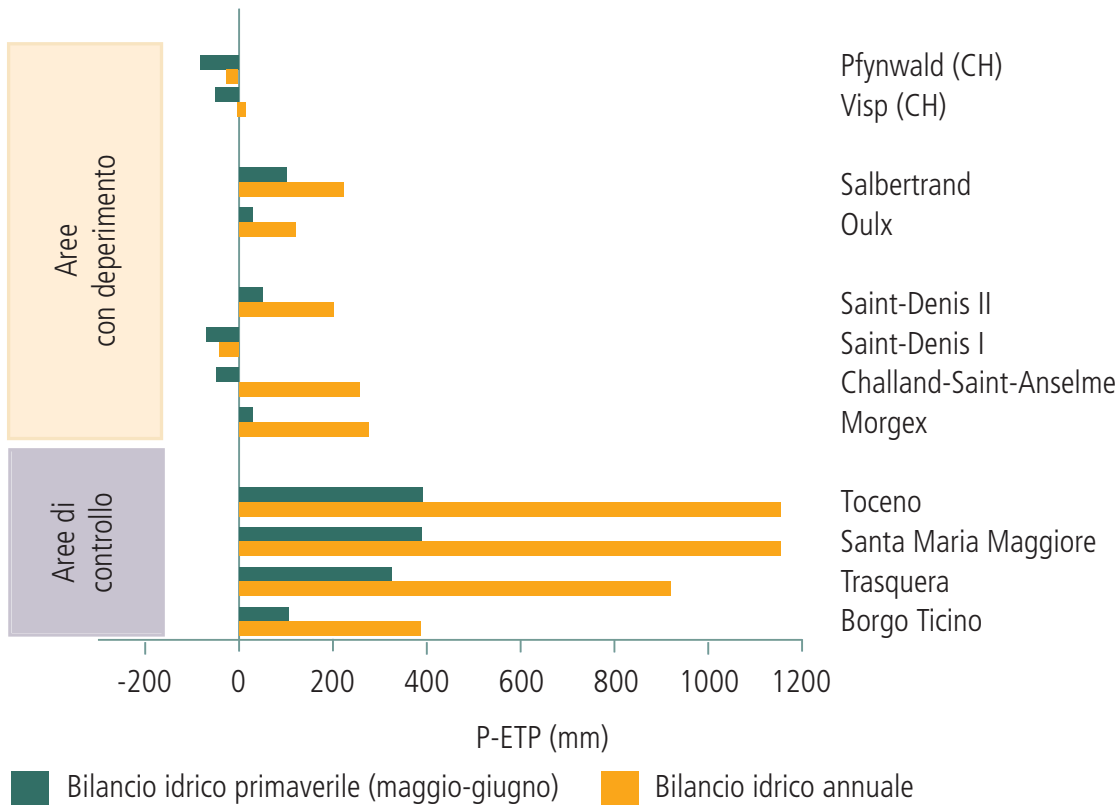


Figura 4.10 – Indice di disponibilità idrica annuale e primaverile (maggio-giugno) in stazioni deperienti e di controllo. Poiché la vitalità dipende più dalla disponibilità idrica che dal valore assoluto della precipitazione, è stato elaborato un indice di siccità mediante la differenza tra precipitazione totale e evapotraspirazione potenziale secondo THORNTWAITE, 1954 (P-ETP).

prassuolo (Figura 4.10). Tuttavia, un calore eccessivo e una forte irradiazione possono comunque alterare il bilancio idrico aumentando l'evapotraspirazione; lo stesso effetto si verifica qualora prevalgano venti caldi e secchi durante la primavera.

La maggiore influenza della precipitazione rispetto alla temperatura appare evidente confrontando le curve di accrescimento medie di siti più o meno continentali (Figura 4.11). Alle quote inferiori, dove a causa del gradiente fisiografico le precipitazioni tendono a essere minori, i siti più continentali sono caratterizzati da accrescimenti limitati sebbene la temperatura sia più favorevole; al contrario, le Pinete delle quote superiori beneficiano di un bilancio idrico favorevole, un effetto non rilevato nei siti di controllo dove la temperatura è il principale fattore limitante.

Le conseguenze del deficit idrico possono manifestarsi in diversi stadi di sviluppo, dalla germinazione dei semenzali all'accrescimento, alla produzione di seme fino alla fase di senescenza (KRAMER, KOZLOWSKI, 1979; DESPLAND, HOULE, 1997), e si possono riassumere in cinque categorie (BREDI *et al.*, 2006):

a. danni fogliari, filloptosi precoce con conseguenti alterazioni nel metabolismo del carbonio e dell'azoto;

- b. danni al comparto radicale, specialmente alle radici fini e alle micorrize con conseguente alterazione dell'assorbimento di acqua e nutrienti;
- c. disfunzioni vascolari (embolia xilematica);
- d. diminuzione immediata o differita della vitalità, della fecondità e della sopravvivenza<sup>(1)</sup>;
- e. inibizione della germinazione dei semenzali, soprattutto in aree aperte.

L'azione predisponente del deficit idrico come fattore di stress è più evidente quando si susseguono annate siccitose, che amplificano e rendono irreversibili gli effetti sopra descritti. Singole annate di stress idrico estremo possono avere conseguenze meno durevoli che non serie di annate mediamente secche, ma consecutive.

<sup>(1)</sup> Durante questo studio sono state effettuate valutazioni della vitalità e della sopravvivenza nelle aree di monitoraggio negli anni 2005 e 2007. Analoghe ricerche, condotte in Pinete endalpiche del Vallese svizzero e basate su un monitoraggio decennale, hanno evidenziato una relazione significativa tra disponibilità idrica dei siti, vitalità (defogliazione media delle chiome) e sopravvivenza dei pini (REBETZ, DOBBERTIN, 2004; BIGLER *et al.*, 2006).

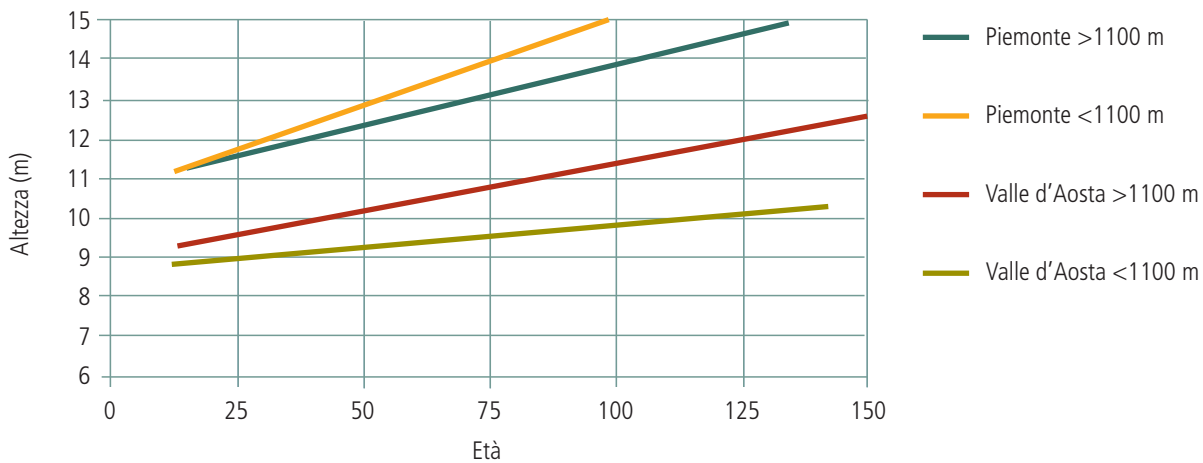


Figura 4.11 – Relazione tra età e altezza di alberi campione in Pinete di alta e bassa quota del Piemonte e della Valle d'Aosta (fonte: banca dati aree di saggio, Inventari Forestali Regionali – IPLA 2004a, 2004b).

Anche le caratteristiche fisiche del suolo interagiscono con il clima nel determinare la disponibilità idrica effettiva. Soprattutto nelle aree montane, le Pinete sono spesso associate a suoli superficiali e pietrosi (50,2% di scheletro in media nelle quattro aree di monitoraggio in Valle d'Aosta). Questi comportano un rapido drenaggio e un ridotto tasso di mineralizzazione della sostanza organica, che tende ad accumularsi in strati di lettiera secca e indecomposta e impedisce la mobilitazione degli elementi nutritivi anche quando essi fossero presenti in quantità sufficienti (rapporto C/N medio: 25,7).

In genere, l'effetto della siccità sulla vitalità del pino dipende dalle caratteristiche stagionali (individui sviluppati in stagioni umide sono più sensibili di quelli di siti xerici), dall'epoca dell'anno e dalla durata della carenza idrica. Gli alberi maturi sono più sensibili allo stress idrico acuto, a causa della maggior biomassa traspirante e dell'aumentare della richiesta idrica con l'età. Siccità prolungate esercitano invece un impatto più grave sui semenzali, che non possono contare su un apparato radicale sviluppato e atto ad approvvigionarsi in profondità. Gli studi effettuati mostrano inoltre una maggiore sensibilità del pino silvestre alle

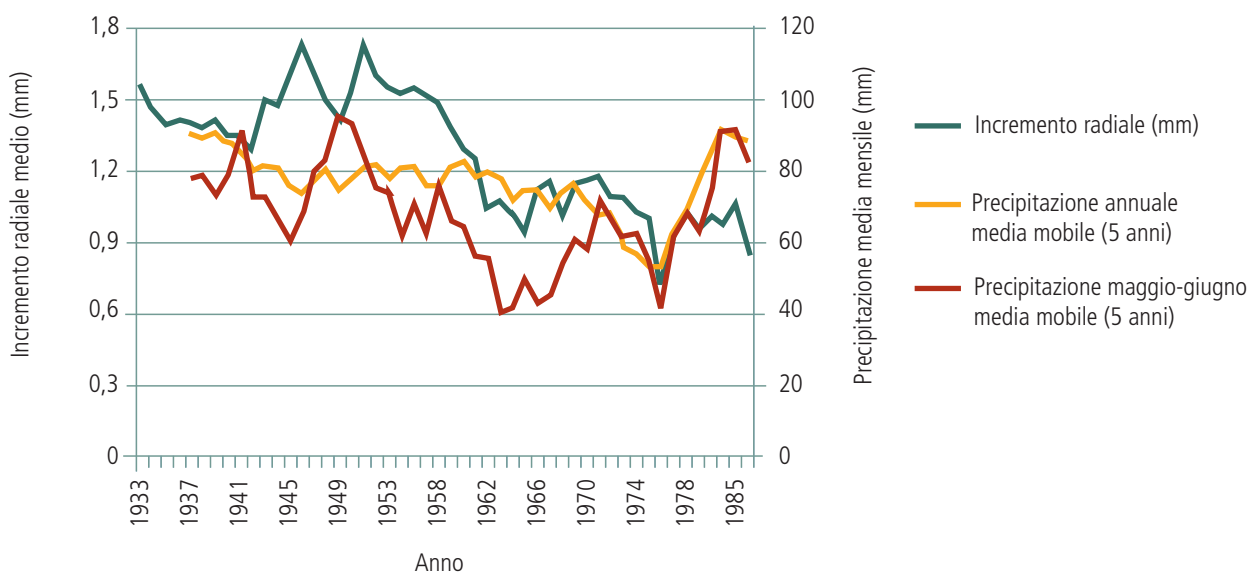


Figura 4.12 – Correlazione tra incremento diametrico medio (347 individui) e precipitazione media mensile (annuale e primaverile, media mobile quinquennale) in una Pineta endalpica – Morgex (Valle d'Aosta)



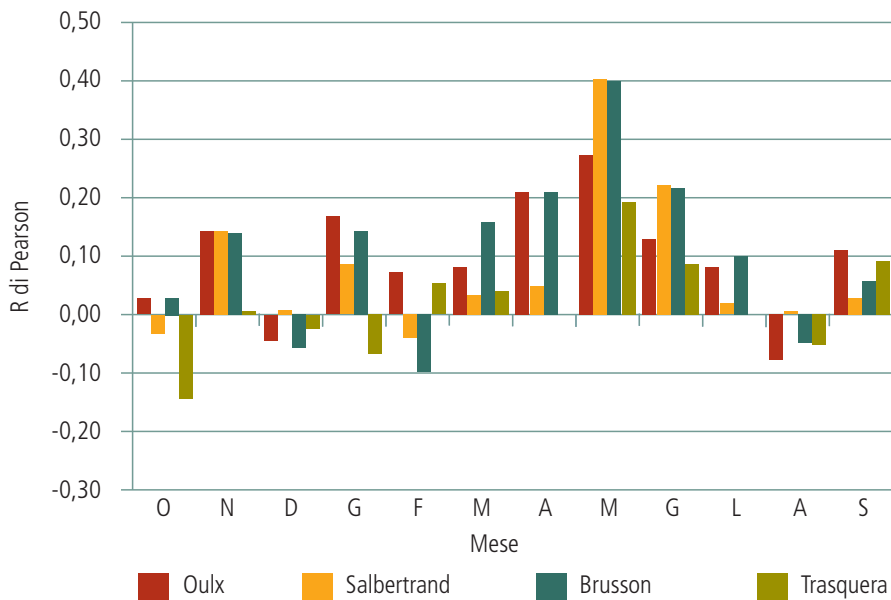


Figura 4.13 – Correlazione tra la precipitazione media mensile e l'accrescimento medio di alberi dominanti per il periodo 1846-1997 in Pinete endalpiche – Oulx, Salbertrand (Alta Valle Susa, Torino) e mesalpiche – Brusson (Valle d'Aosta), Trasquera (Valle Vigezzo, Piemonte). L'incremento annuale medio per albero dipende in massima misura dalla precipitazione dell'autunno passato (novembre) e da quella primaverile (maggio-giugno), tranne che nelle Pinete a maggiore disponibilità idrica (Trasquera), dove la risposta incrementale è meno intensa.

piogge primaverili (Figura 4.12), più accentuata nelle zone continentali rispetto a quelle mesalpiche (Figura 4.13). Studi simili hanno confermato l'associazione tra il livello idrico tra marzo e agosto (associato alla precipitazione) e l'incremento radiale (POLACEK *et al.*, 2006), evidenziando come la disponibilità idrica primaverile (maggio) e autunnale (novembre) si rifletta anche sugli accrescimenti dell'anno successivo (WEBER, 2005).

Al contrario del pino silvestre, la roverella si è evoluta in ambiente sub-mediterraneo, sviluppando adattamenti morfologici e funzionali per tollerare il deficit idrico (basso potenziale idrico per la chiusura degli stomi, regolazione osmotica efficiente, foglie xeromorfe e apparato radicale profondo). Ricerche sull'accrescimento intra-annuale della roverella in siti xerici hanno dimostrato che la specie inizia l'accrescimento e la produzione di tessuti conduttori assai più precocemente rispetto al pino, per entrare in riposo vegetativo durante i mesi estivi (luglio), quando invece il pino è ancora in fase di crescita attiva (EILMANN *et al.*, 2006). Come è tipico delle specie mediterranee, le roverelle concentrano dunque la loro attività nei mesi più favorevoli, riducendo in estate il pericolo di cavitazione dei vasi xilematici (a cui invece il pino è più sensibile).

Come si è visto, più che le condizioni climatiche medie, sono gli eventi estremi ad avere un'importanza cruciale come cause predisponenti il deperimento delle Pinete. Siccità intense e ripetute sono state iden-

tificate come la causa predisponente (e talvolta scatenante) di diversi episodi di declino di specie forestali in Europa e nel mondo. La tendenza del clima globale al riscaldamento (SOLOMON *et al.*, 2007) si manifesta anche nell'area alpina (Figura 4.14), dove l'aumento delle temperature ha riguardato specialmente quelle primaverili (Figura 4.15). Gli scenari climatici elaborati per l'area alpina, e specialmente per i settori continentali, evidenziano una sempre maggiore probabilità che si verifichino estremi climatici legati a un'accennata variabilità stagionale delle precipitazioni (SCHÄR *et al.*, 2004). L'ondata di calore eccezionale dell'estate 2003 (Figura 4.16) ha dimostrato che tali eventi, non necessariamente più frequenti, si manifestano tuttavia con crescente intensità (REBETEZ *et al.*, 2006).

Nel corso del XXI secolo l'areale del pino silvestre al suo estremo meridionale potrebbe essere interessato da aumenti della temperatura media annua di 2-3 °C (Figura 4.17). Gli ecotoni come il limite degli alberi e le zone di contatto tra una fascia vegetazionale e l'altra (come le Pinete di bassa quota) sono considerate le aree più sensibili al cambiamento, specialmente nei siti dove il bilancio idrico è già compromesso a causa delle scarse precipitazioni. Nelle aree a bilancio idrico favorevole, al contrario, l'aumento delle temperature e dell'intensità delle precipitazioni potrebbero avere un effetto positivo sulla vitalità e sugli accrescimenti del pino silvestre, a meno che non si verifichino conseguenze potenzialmente svantaggiose a lungo termine

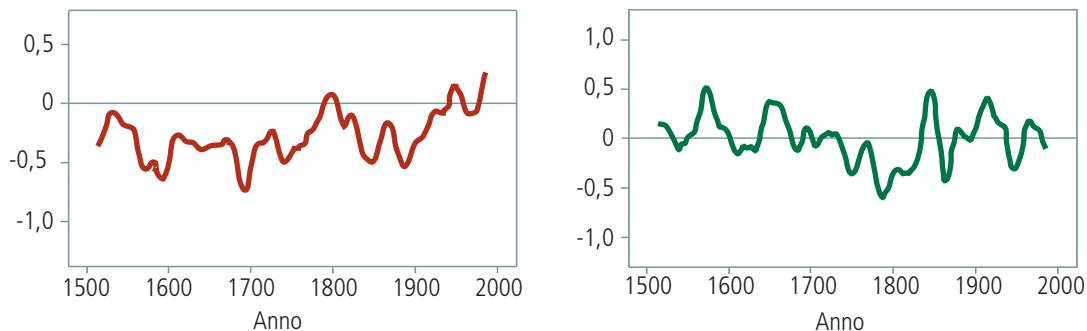


Figura 4.14 – Anomalie nelle temperature medie (°C) (a sinistra) e nelle precipitazioni annue standardizzate (a destra) ricostruite per la regione alpina nel periodo 1500-2000. Le anomalie sono le differenze positive o negative calcolate rispetto ai valori medi del trentennio standard 1961-1990. Ogni punto rappresenta la media "mobile" dei 30 anni precedenti (modificato da CASTY et al., 2005).

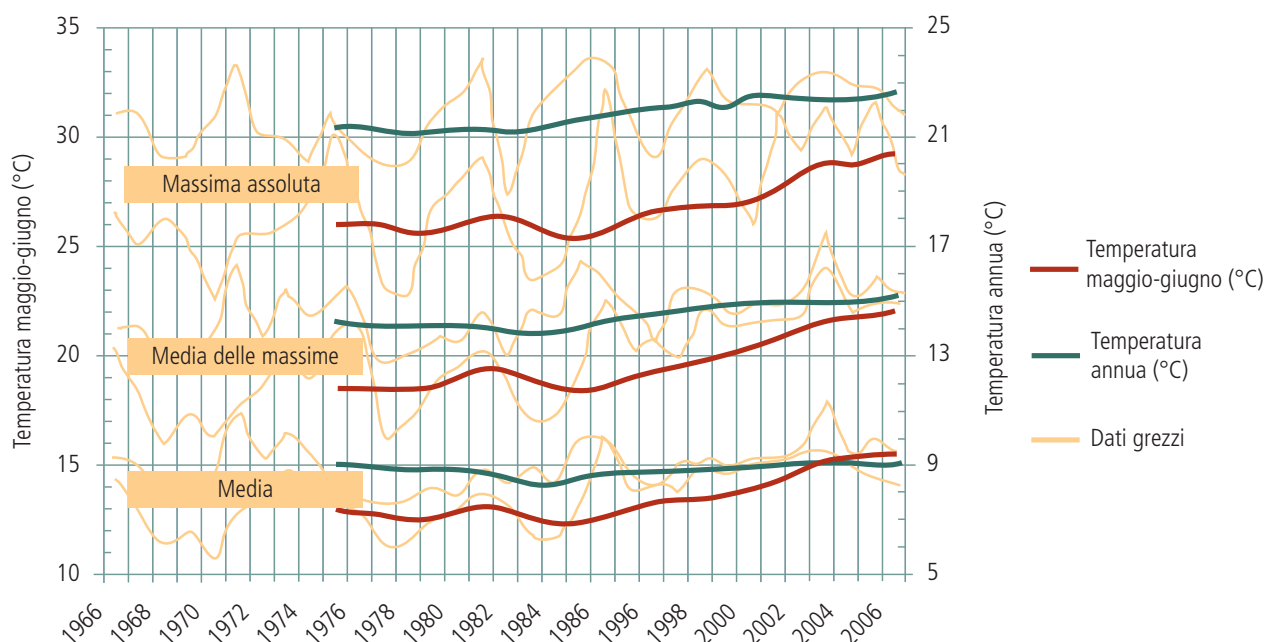


Figura 4.15 – Andamento (media mobile decennale) delle temperature medie e massime primaverili (maggio-giugno, in rosso) ed annuali (in verde) nel periodo 1966-2006 – stazioni di rilevamento di Morgex (1995-2006) e Courmayeur (1966-1986) (Valle d'Aosta).



Figura 4.16 – Numero di giornate estive (temperatura massima giornaliera >27.5°C) negli ultimi 10 anni in aree di monitoraggio della Valle d'Aosta. I dati giornalieri di temperatura sono disponibili solo per la stazione di Morgex.

quali un peggioramento delle caratteristiche del suolo, un aumento della frequenza di eventi meteorologici estremi o un'interazione positiva con le dinamiche di popolazione di insetti e agenti fungini.

Se da un lato gli individui adulti e affermati potranno sopravvivere ancora diversi anni, l'insediamento e lo sviluppo della rinnovazione può risultare invece assai più problematico. Nelle valli continentali si prevede a medio termine uno spostamento verso l'alto della fascia ottimale per la rinnovazione del pino silvestre, in relazione al gradiente fisiografico di precipitazioni e temperature (BOLLIGER *et al.*, 2000) e all'anticipo sia della stagione vegetativa che del periodo di aridità estiva, determinato dai mutamenti del clima e già osservabile in alcune stazioni. Nelle Pinete di bassa quota dovrebbe aumentare la componente a latifoglie termofile, meglio adattate a tollerare condizioni di stress idrico ripetuto. Qualora il cambiamento climatico si dimostrasse particolarmente intenso, tuttavia, anche la roverella potrebbe subire fenomeni di deperimento, lasciando il posto a una vegetazione steppica.

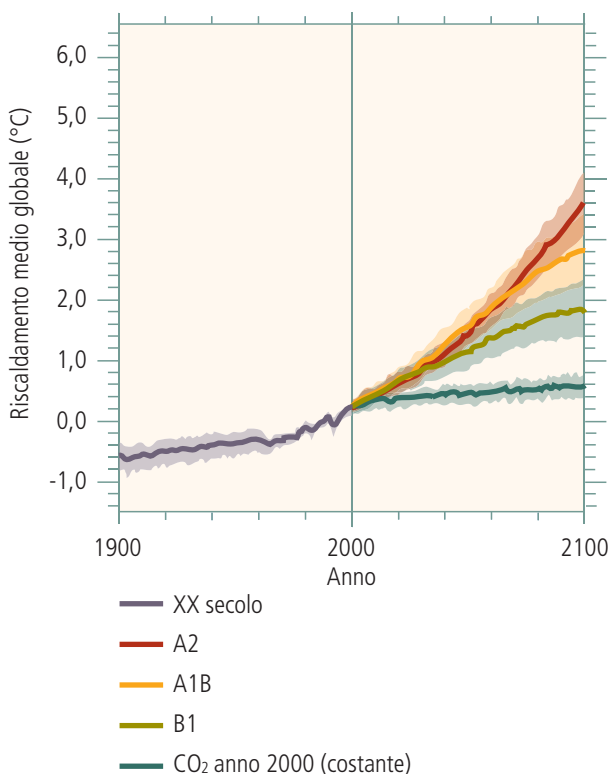


Figura 4.17 – Riscaldamento medio globale (periodo di riferimento: 1980–1999) previsto per il XXI secolo da scenari corrispondenti a un aumento moderato (B1), medio (A1B) e ingente (A2) della concentrazione atmosferica di gas serra (NAKIĆENović, SWART, 2000). La linea verde corrisponde alle simulazioni ottenute mantenendo costante la concentrazione di gas serra dell'anno 2000; le bande intorno alle linee rappresentano un intervallo di una deviazione standard intorno alle medie annuali (modificato da SOLOMON *et al.*, 2007).

## Sintesi

**Nonostante la plasticità della specie, le Pinete sono sensibili alla carenza idrica, che risulta dall'interazione tra precipitazioni, temperature e caratteristiche edafiche e agisce come fattore predisponente il deperimento, indebolendo la resistenza dell'individuo agli agenti di stress scatenanti o di contributo. Annate mediamente secche, ma consecutive, possono avere effetti peggiori di singoli episodi siccitosi. Nelle Pinete continentali la vitalità e l'accrescimento degli individui sono legati soprattutto alle precipitazioni primaverili; all'inizio del periodo vegetativo i processi fisiologici sono infatti più sensibili al deficit idrico.**

**La tendenza del clima globale al riscaldamento e all'aumento della variabilità delle precipitazioni è accentuata nell'area alpina; l'ondata di calore dell'estate 2003 ha dimostrato che gli estremi climatici si manifestano con crescente intensità. L'areale del pino silvestre al suo estremo meridionale potrebbe essere interessato nel medio termine da aumenti della temperatura media annua di 2-3 °C, da un più precoce scioglimento delle nevi e dall'anticipato instaurarsi dell'aridità estiva. Dal momento che lo stress idrico esercita un effetto negativo anche sulla germinazione e lo sviluppo dei semenzali, nelle valli continentali si prevede a medio termine uno spostamento verso l'alto sia delle Pinete che della fascia di vegetazione termofila (Querceti di roverella). Nelle aree a bilancio idrico favorevole, al contrario, l'aumento delle temperature e dell'intensità delle precipitazioni potrebbero avere un'influenza favorevole sulla vitalità e sugli accrescimenti del pino.**

**Al contrario del pino silvestre, la roverella, evolutasi in ambiente sub-mediterraneo, concentra l'attività vegetativa nei mesi più favorevoli. Qualora lo stress climatico si rivelasse particolarmente intenso, tuttavia, anche la roverella potrebbe subire fenomeni di deperimento, lasciando il posto a una vegetazione steppica.**

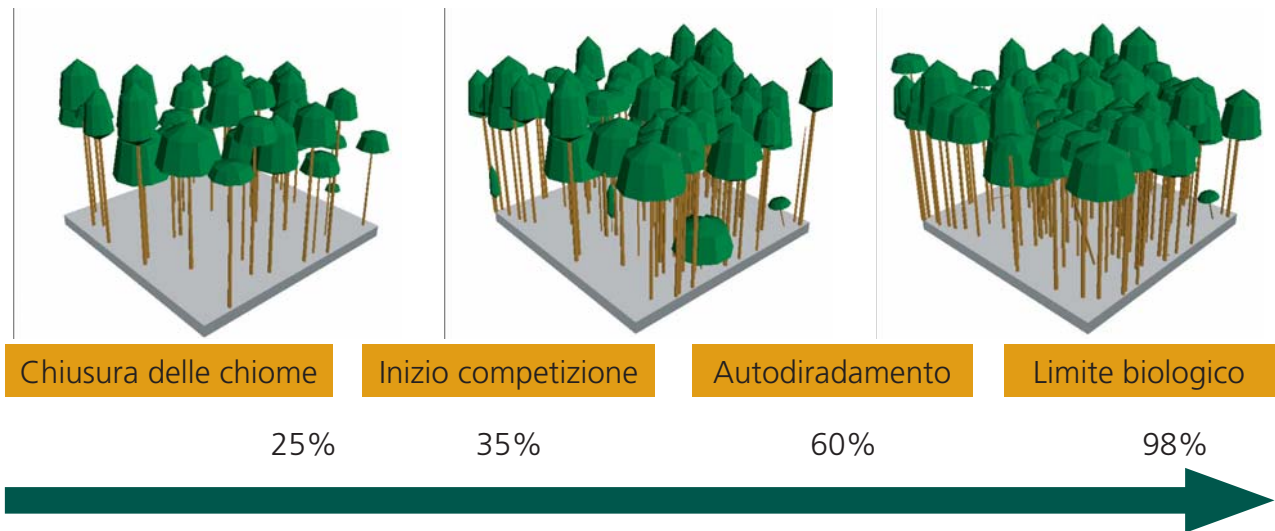


Figura 4.18 – Stadi strutturali associati ad alcune intensità di competizione, espresse in termini di densità relativa (rapporto tra densità osservata e densità massima conseguibile dalla specie).

### 4.1.3. Competizione per le risorse

La struttura e le dinamiche delle comunità vegetali sono regolate dal processo endogeno della competizione, cioè l'interazione tra individui vicini che deriva dalla necessità di condividere risorse limitate: luce, acqua e nutrienti, spazio fisico (GRIME, 1977). L'intensificarsi della competizione provoca riduzioni di accrescimento, ostacola o ritarda le funzioni riproduttive e implica una maggiore suscettibilità ai fattori di mortalità. Gli effetti della competizione si estendono dunque al di là dei singoli individui, comportando conseguenze a carico della struttura dei popolamenti e dell'evoluzione della comunità vegetale (Figura 4.18).

Le piante rispondono allo stress indotto dalla competizione attraverso due meccanismi di retroazione negativa: la plasticità e la mortalità (HARPER, 1977). La plasticità si riferisce alla capacità di un individuo di alterare il proprio tasso di crescita e la propria morfologia come reazione ai cambiamenti nel suo ambiente locale. La mortalità (autodiradamento) ha luogo quando la capacità di una pianta di compensare lo stress competitivo attraverso una risposta plastica è superata. Nelle Pinete analizzate la competizione gioca senz'altro un ruolo fondamentale come agente endogeno di mortalità, specialmente per una specie eliofila quale il pino silvestre che poco tollera un elevato affollamento (Figura 4.19).

La competizione intraspecifica per la luce è responsabile di significative riduzioni di accrescimento (Figura 4.20) e di sopravvivenza; la mortalità riguarda in questo caso soprattutto gli individui dominati e

soppressi e si instaura tanto precocemente quanto più elevata è la fertilità stazionale. A scala regionale, tuttavia, l'intensità di competizione nelle Pinete pure di pino silvestre è nella maggior parte dei casi inferiore ai livelli critici associati all'innescarsi dell'autodiradamento (Figura 4.21); molti popolamenti sono ancora relativamente giovani o lontani dalla zona di imminente mortalità da competizione a causa delle intense utilizzazioni del passato. La maggioranza dei popolamenti esibisce comunque una copertura colma e ci si attende che l'autodiradamento inizi in tempi piuttosto brevi.

Per quanto riguarda il fenomeno del deperimento, la



Figura 4.19 – Mortalità da competizione in una Pineta endalpica – Morgex (Valle d'Aosta).

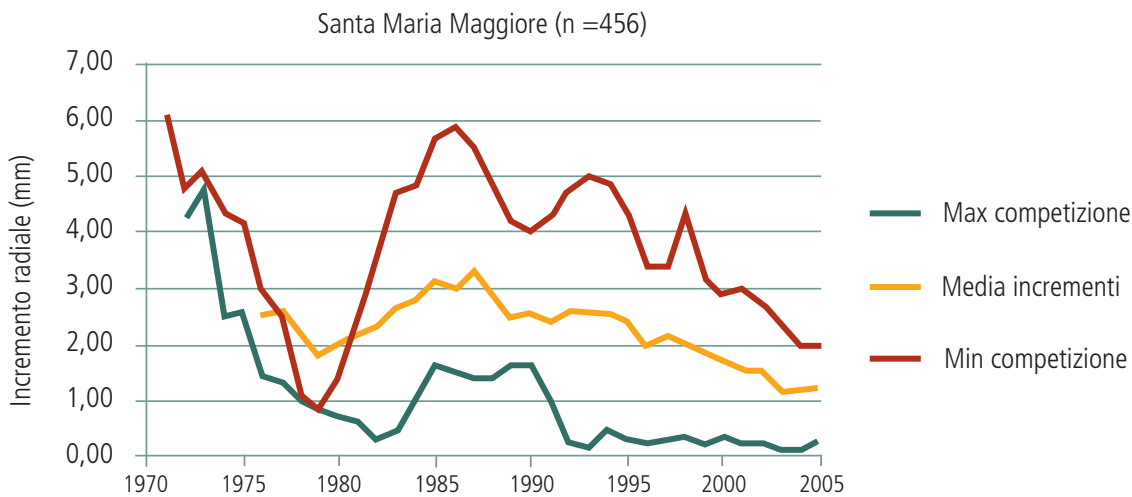
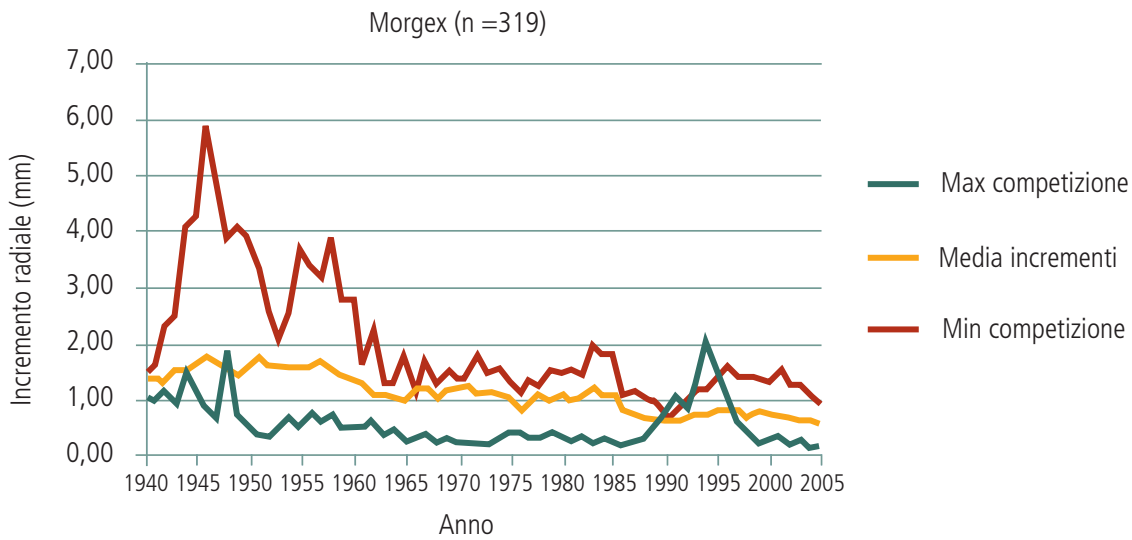


Figura 4.20 – Accrescimento diametrico medio stagionale degli individui a massima e minima intensità di competizione per una Pineta endalpica – Morgex (Valle d'Aosta) e una mesalpica – Santa Maria Maggiore (Valle Vigezzo, Verbania). La riduzione di accrescimento causata dalla competizione è più intensa nel sito piemontese, caratterizzato da uno stadio di sviluppo più precoce e da una maggiore fertilità stagionale.

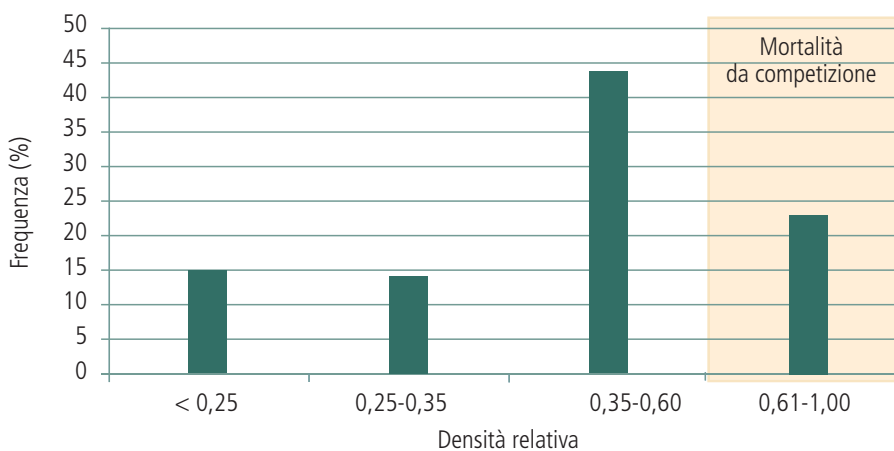


Figura 4.21 – Intensità di competizione in Pinete pure del Piemonte e Valle d'Aosta (fonte: banca dati aree di saggio, Inventari Forestali Regionali – IPLA 2004a, 2004b). La densità relativa esprime la prossimità di un popolamento alla massima intensità di competizione possibile per la specie; le classi di densità relativa riportate nel grafico corrispondono rispettivamente alla fase di sviluppo iniziale, alla fase di chiusura delle chiome, all'inizio della competizione e alla fase in cui si verifica la mortalità da affollamento (LONG, 1985).

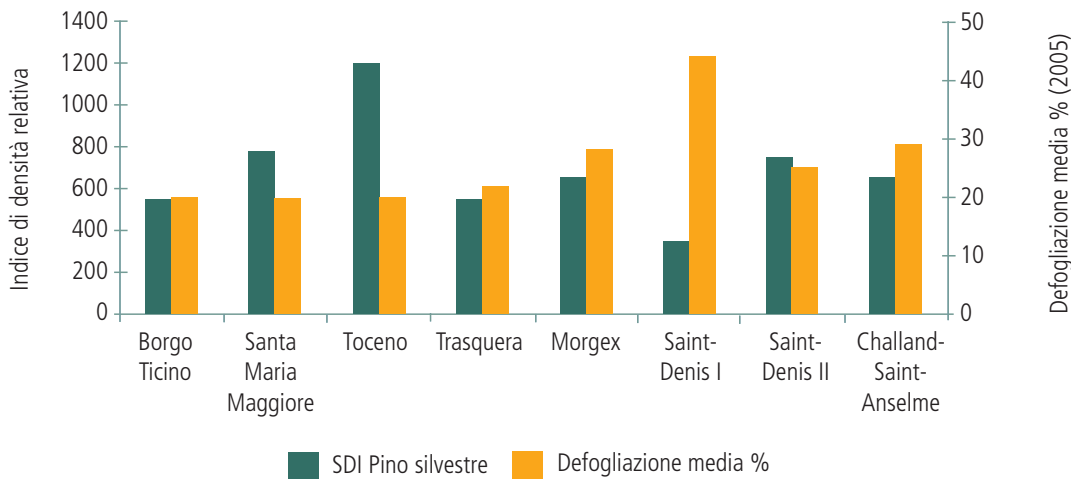


Figura 4.22 – Defogliazione media delle chiome e intensità di competizione (SDI: Stand Density Index secondo REINEKE, 1933) in alcune aree di monitoraggio del Piemonte e della Valle d'Aosta.

competizione è considerata un fattore predisponente di stress, poiché capace di ridurre la vitalità degli alberi dominati o soppressi abbassando la loro resistenza ad agenti di stress scatenanti. Questo studio non ha evidenziato un legame diretto tra intensità di competizione per la luce e grado di vitalità medio dei popolamenti; al contrario, le aree dove il grado di deperimento delle chiome è più avanzato sono anche quelle dove la competizione non è tale da causare mortalità dipendente dall'affollamento (Figura 4.22).

In molte Pinete deperienti il fattore limitante non è

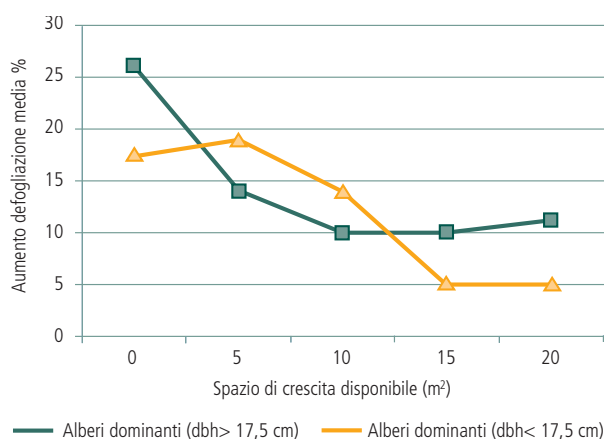


Figura 4.23 – Evoluzione del deperimento nel periodo 2005-2007 in funzione della competizione per le risorse sotterranee, proporzionale all'area disponibile per lo sviluppo di ciascun individuo – Saint-Denis (Valle d'Aosta). Alberi dominanti: 61 individui; dominati: 133 individui.

costituito dalla radiazione luminosa, ma piuttosto dalla disponibilità idrica (Paragrafo 4.1.2). Gli alberi dominati giocano a questo proposito un'importanza pari a quelli dominanti, in quanto il loro sistema radicale è ancora in competizione attiva con i confinanti. Inoltre, proprio nei popolamenti più radi si sviluppa in genere una diffusa copertura erbacea e arbustiva, estremamente competitiva per quanto riguarda le risorse sotterranee (acqua e nutrienti) grazie agli apparati radicali sviluppati in profondità. Per questo motivo, i popolamenti meno densi sono anche quelli dove la competizione per l'acqua può indebolire maggiormente la componente arborea, predisponendola a ulteriori agenti di stress. Quando la competizione per l'acqua raggiunge livelli critici gli individui dominanti esibiscono un severo deterioramento della loro vitalità; per gli alberi dello strato dominato (diametri più piccoli) il deperimento si attenua solo per valori estremamente bassi di competizione (Figura 4.23). In assenza di fattori scatenanti, l'attenuazione del deficit idrico rende inattiva l'influenza della competizione sul grado di deperimento della chioma, l'organo cui l'albero assegna la più alta priorità per l'allocatione delle risorse.

Il diverso grado di adattamento della roverella e del pino silvestre nei riguardi del deficit idrico può provocare una risposta differenziale delle due specie alla competizione per le risorse sotterranee. Sebbene altre ricerche abbiano evidenziato una migliore risposta competitiva della roverella in situazioni di stress (WEBER, 2005), i siti analizzati in questo studio non hanno fornito dati sufficienti a giustificare una maggiore competitività della roverella nei confronti delle risorse

idriche. Tuttavia, il diverso grado di tolleranza all'ombra del pino silvestre e della roverella può accelerare il deperimento del primo in boschi misti, a causa della progressiva colonizzazione da parte della latifoglia più tollerante e del conseguente svantaggio competitivo per gli individui dominati o per i semenzali di pino, che non possono sopravvivere a lungo sotto copertura.

## Sintesi

**A scala regionale, l'intensità di competizione per la luce nelle Pinete pure è nella maggior parte dei casi inferiore ai livelli critici associati all'innescarsi della mortalità, a causa delle intense utilizzazioni del passato. La maggioranza dei popolamenti esibisce comunque una copertura colma e ci si attende che l'autodiradamento inizi in tempi brevi.**

**In popolamenti all'ottimo climatico la competizione per la luce è responsabile delle riduzioni di accrescimento e della mortalità endogena, assumendo il ruolo di "motore" delle dinamiche forestali. Al contrario, nelle Pinete di bassa quota e delle aree più continentali è la competizione per le risorse idriche a selezionare gli individui e predisporli al deperimento. Proprio nei popolamenti più radi si sviluppa in genere una diffusa copertura erbacea e arbustiva, estremamente competitiva per quanto riguarda le risorse sotterranee.**

**Il diverso grado di tolleranza all'ombra e di adattamento allo stress idrico della roverella e del pino silvestre può provocare una risposta differenziale delle due specie alla competizione. Quando la roverella raggiunge il piano co-dominante o dominante, i pini possono subire l'inibizione dell'accrescimento e del potenziale riproduttivo e di rinnovazione.**



Figura 4.24 – Grave infestazione di vischio su pino silvestre – Visp (Vallese).

### 4.1.4. Vischio

Il vischio (*Viscum album* ssp. *austriacum* (Wiesb.) Volland) è una fanerogama emiparassita a cespuglio che vive su diverse specie di pino e si può trovare, molto raramente, anche sull'abete rosso. È presente lungo tutto l'arco alpino, dal piano basale fino a quello montano medio (di solito tra i 100 e i 1200 m), ma sempre in aree con microclima continentale; sebbene sia piuttosto sporadico può essere localmente mol-



Figura 4.25 – Esempio di vischio su pino silvestre – Saint-Denis (Valle d'Aosta).

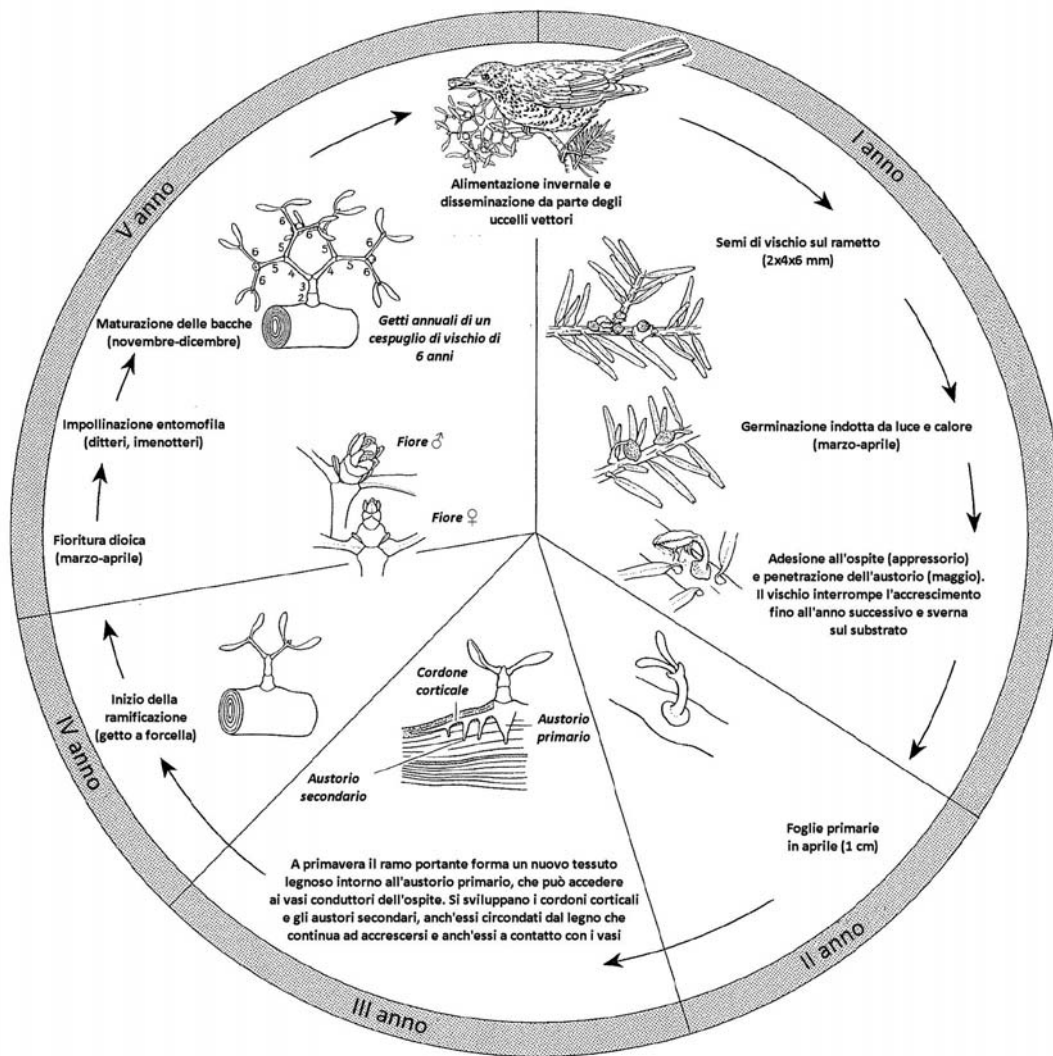


Figura 4.26 – Ciclo biologico di *Viscum album* L. (modificato da NIERHAUS-WUNDERWALD, LAWRENZ, 2001).

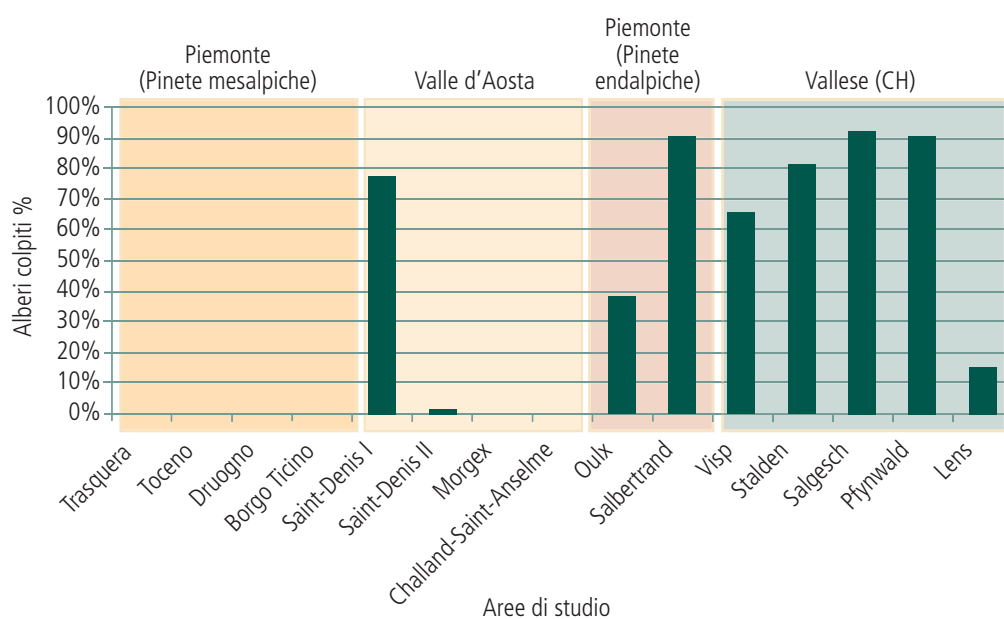


Figura 4.27 – Incidenza dell'infezione di vischio in Pinete del Piemonte, della Valle d'Aosta e del Vallese.



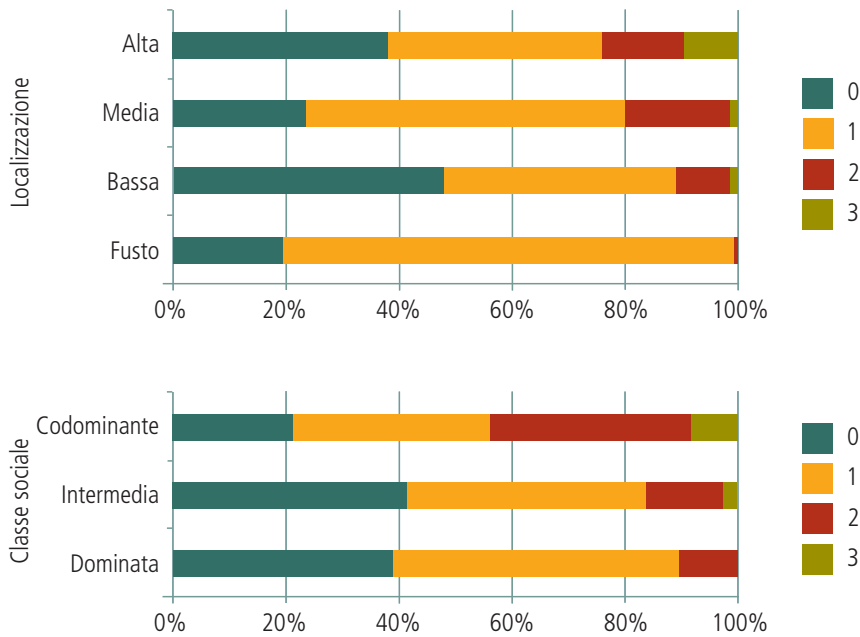


Figura 4.28 – Intensità dell’infestazione da vischio (classificazione svizzera in base al numero di individui per albero: 0 - nessuna, 3 - massima infestazione) in funzione della parte di chioma colonizzata (in alto) e della posizione sociale (in basso) – Saint-Denis (Valle d’Aosta).

to abbondante, come in alta Val Roya e in alta Valle Argentina (Alpi Liguri), in Valle d’Aosta sui versanti esposti a sud della media valle (Verrayes, Saint-Denis) o in alcune località del Vallese svizzero (Figura 4.24). Il vischio, particolarmente eliofilo e termofilo, vegeta di preferenza nella parte alta delle chiome, su giovani rami con corteccia ancora sottile (Figura 4.25). I ciuffi di vischio sopravvivono raramente più di trent’anni. Il ciclo di sviluppo (Figura 4.26) è molto lento: per i primi 3-4 anni il vischio non risulta visibile da terra; in seguito, a partire dal quarto anno, forma in ciascuna stagione vegetativa un getto biforcuto, rendendo abbastanza facile la determinazione della sua età. È specie dioica e comincia a fiorire a partire dal quinto anno, con fiori poco appariscenti, verde-giallastri, che si sviluppano all’estremità dei getti annuali. L’impollinazione è principalmente entomofila e solo secondariamente anemofila.

Le preferenze climatiche del vischio si riflettono sulla sua distribuzione nelle Pinete dell’area studiata. Nelle aree del Piemonte settentrionale, più fresche e umide, non è stato rilevato alcun attacco; al contrario, le Pinete continentali già soggette al deperimento fanno registrare incidenze paragonabili a quelle misurate nel Vallese svizzero (Figura 4.27).

La riuscita della disseminazione del vischio dipende dalla presenza di ospiti colonizzabili, di fattori ambientali favorevoli (calore e luce) e dall’azione di determinate specie di uccelli vettori (NIERHAUS-WUNDERWALD, LAWRENZ, 2001), come la tordela (*Turdus viscivorus* L.).

I frutti e i semi del vischio sono infatti un prezioso alimento per molti uccelli durante il periodo invernale. Questi si nutrono dei frutti e facilitano il rilascio dei semi mediante le loro deiezioni o in seguito alla masticazione parziale del duro pericarpo, che risulterebbe impossibile al seme da penetrare altrimenti (ad esempio qualora la drupa cadesse intera sull’ospite oppure a terra). Gli alberi dominanti o di margine sono maggiormente parassitizzati sia perché gli uccelli sono più attirati da queste piante, sia perché il vischio ha bisogno di molta luce (Figura 4.28). Su terreni in forte pendenza la maggior parte degli alberi ha una chioma emergente; non è raro quindi che questi popolamenti, quando la specie arborea è idonea, siano quasi interamente colonizzati.

I semi di vischio, che aderiscono ai rami dopo essere stati rilasciati dagli uccelli in inverno, germinano a marzo quando le temperature cominciano a crescere. Semi eliofili per eccellenza, perdono rapidamente il loro potere germinativo sui rami ombreggiati nei piani inferiori e qui finiscono per deperire. Dopo la germinazione, l’ipocotile si ritorce verso la corteccia della pianta ospite e si trasforma in un appressorio che vi aderisce. Al centro dell’appressorio si sviluppa un austorio primario, il quale attraversa la corteccia e viene in contatto con i tessuti conduttori della pianta ospite per trarne la linfa grezza (Figura 4.29), prelevando acqua e, per osmosi diretta, sali minerali. L’assorbimento è reso possibile dal più alto tasso di traspirazione del vischio rispetto all’ospite; a causa dello stress idrico cronico, il ramo parassitizzato dissecca nella parte superiore rispetto al punto d’attacco.



Figura 4.29 – (a sinistra) Germinazione di un seme di vischio e sviluppo dell'appressorio; (a destra) rametto attaccato.

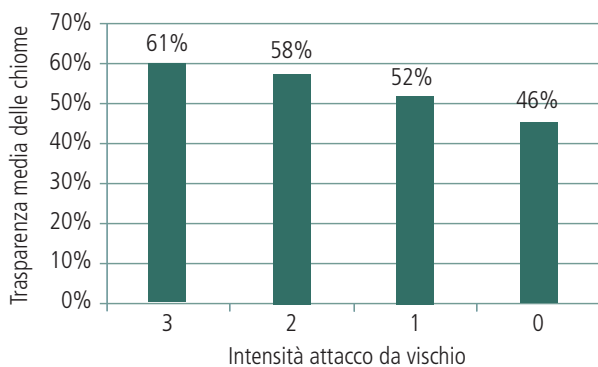


Figura 4.30 – Vitalità dell'ospite (grado di defogliazione medio) in funzione dell'intensità dell'infestazione da vischio (classificazione svizzera in base al numero di individui per albero: 0 - nessuna, 3 - massima infestazione) – Saint-Denis (Valle d'Aosta)

Sebbene l'ospite reagisca con la chiusura degli stomi, il vischio continua a traspirare, innescando sintomi quali l'accorciamento e la caduta precoce degli aghi, la rarefazione delle ramificazioni laterali, la riduzione della produzione di coni. Specialmente durante periodi di siccità questa specie può quindi provocare uno stress supplementare per l'albero ospitante riducendone la vitalità (Figura 4.30), inibendone l'accrescimento e predisponendolo all'attacco di agenti scatenanti o di contributo.

Si ritiene che l'areale di distribuzione del vischio si sia spostato negli ultimi decenni verso l'alto di 150-200 metri (DOBBERTIN *et al.*, 2005a), un innalzamento probabilmente dovuto al riscaldamento del clima registrato durante il XX secolo, e in particolare all'aumento delle temperature medie invernali (+1.6°C), che facilitano la germinazione dei semi e la disseminazione a opera dei vettori. Il gradiente termico altitudinale procede in genere di -0,65°C ogni 100 m di quota (WALLACE, HOBBS, 2006). Modelli previsionali ipotizzano che, al tenore attuale di

riscaldamento del clima, il vischio possa raggiungere un limite altitudinale medio di circa 1700 m entro 30 anni. È pertanto lecito pensare che il vischio del pino probabilmente raggiungerà il suo albero ospite nell'intero spettro altitudinale di distribuzione.

## Sintesi

**Il vischio è un emiparassita eliofilo e termofilo; vegeta di preferenza nella parte alta delle chiome su giovani rami con corteccia ancora sottile. Grazie agli austori il vischio preleva acqua e, per osmosi diretta, sali minerali dalla pianta. Anche quando l'infestazione non provoca direttamente la morte dell'ospite, il vischio sottopone i pini attaccati a un ulteriore stress idrico. La reazione dell'ospite va dalla chiusura degli stomi alla riduzione degli accrescimenti e della vitalità generale.**

**La riuscita della disseminazione del vischio dipende dalla presenza di ospiti colonizzabili, da fattori ambientali favorevoli (calore e luce) e dalle specie di uccelli responsabili della disseminazione. Le Pinete continentali già soggette al deperimento fanno registrare incidenze dell'attacco paragonabili a quelle misurate nel Vallese svizzero. Gli alberi più suscettibili sono quelli dominanti e più isolati; con l'aumento del tasso di mortalità del pino silvestre è probabile che la condizione di alberi con chiome libere sia in crescita. L'aumento delle temperature medie potrebbe provocare la risalita in quota del vischio, già osservata a nord delle Alpi, e facilitare la germinazione dei semi e la loro disseminazione ad opera dei vettori.**

#### 4.1.5. Fauna omeoterma erbivora e rinnovazione

L'esito del deperimento non dipende solamente dall'azione degli agenti di stress sulle piante adulte, ma anche dal loro impatto sulla rinnovazione, da cui dipende la futura composizione specifica delle Pinete. L'abbandono e l'estensivizzazione della gestione hanno favorito nella maggior parte delle Pinete il procedere della successione naturale. Le specie oggi più abbondanti nello strato di rinnovazione delle Pinete sono l'abete rosso alle quote maggiori e le latifoglie alle quote più basse, tra cui la roverella (Figura 4.31), sebbene dal punto di vista ecologico-funzionale questa specie possa sembrare svantaggiata a causa dei semi pesanti a esclusiva disseminazione zoocora e prodotti in minor quantità (RIGLING *et al.*, 2006).

Il ruolo della fauna erbivora, in particolare degli ungulati selvatici, può tuttavia alterare tali dinamiche, accelerando o rallentando la successione a seconda delle preferenze alimentari delle singole specie animali. Il sovraccarico di cervidi ha recentemente interessato aree delle Alpi sempre più vaste (MOTTA, 1999; CÔTÉ *et al.*, 2004). Le foreste di montagna sono maggiormente esposte al danneggiamento degli ungulati selvatici rispetto a quelle delle quote inferiori. Qui la rinnovazione naturale non avviene tutti gli anni, ma è legata a cicli pluriennali di produzione di seme; l'accrescimento iniziale degli alberi è inoltre più lento, con il risultato che la rinnovazione è esposta all'impatto

degli ungulati selvatici per un tempo maggiore (DOTTA, MOTTA, 2000).

Gli ungulati effettuano diversi tipi di danno alla rinnovazione forestale (GILL, 1992); il brucamento è quello più pericoloso, sia per la spiccata selettività (Tabella 4.2), sia per la diffusione che può assumere in caso di elevate densità animali. Il brucamento selettivo può favorire l'una o l'altra specie a seconda delle caratteristiche del *pabulum* (quota, copertura nevosa, morfologia, composizione specifica, distribuzione nello spazio) e modificare la struttura e la dinamica evolutiva della foresta, rallentando la successione alle specie definitive, generalmente più appetite (Figura 4.32), o accelerando la regressione della Pineta qualora anche il pino silvestre sia interessato da un intenso brucamento e le condizioni ambientali non consentano ad altre specie forestali di occupare le risorse lasciate libere. Oltre che dal brucamento, il pino silvestre può essere interessato sia dallo scortecciamento che dallo sfregamento, associato al più alto tasso di letalità per le piante colpite (DOTTA, 2006). In Alta Valle Susa, il danno totale rilevato sulla rinnovazione di pino nel periodo 1998-2001 è del 30% circa, rappresentato in gran parte dal brucamento (22%) e, in secondo luogo, dallo sfregamento (9%).

Per una corretta gestione del territorio occorre che i danni alla rinnovazione non superino un limite di danno ammissibile, al di sopra del quale la comunità risente in modo traumatico dell'impatto degli ungulati

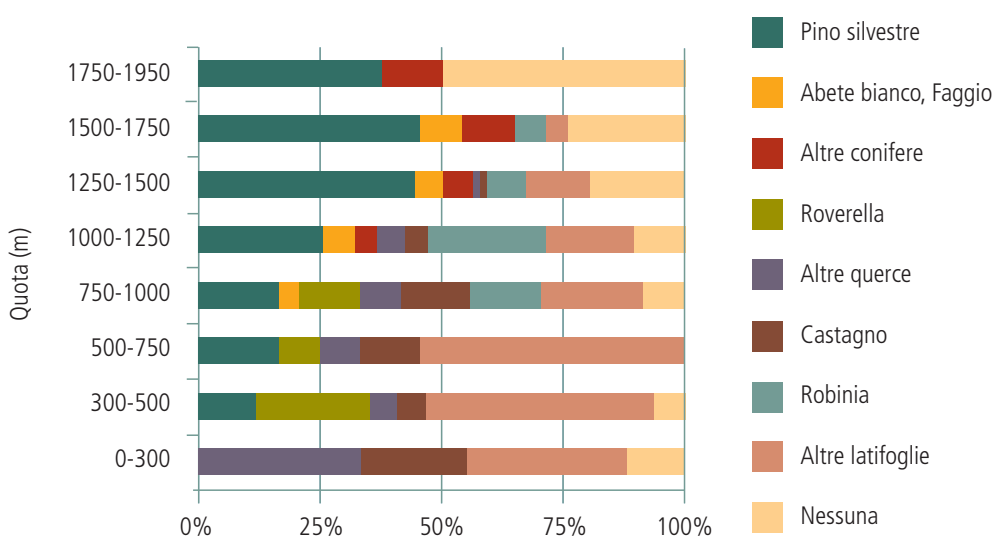


Figura 4.31 – Abbondanza relativa per classe di quota delle specie prevalenti nello strato di rinnovazione in Pinete di pino silvestre del Piemonte (fonte: banca dati aree di saggio, Inventari Forestali Regionali – IPLA 2004b).

Tabella 4.2

**Sensibilità delle specie forestali al brucamento da parte di ungulati selvatici nelle foreste di montagna delle Alpi occidentali italiane (da DOTTA, MOTTA, 2000)**

Specie appetite	<i>Abies alba</i>
	<i>Sorbus aucuparia</i>
	<i>Fraxinus excelsior</i>
	<i>Acer pseudoplatanus</i>
Specie poco appetite	<i>Larix decidua</i>
	<i>Pinus sylvestris</i>
Specie non appetite	<i>Picea abies</i>
	<i>Pinus uncinata</i>
	<i>Pinus cembra</i>
	<i>Fagus sylvatica</i>

Anche le specie meno appetite possono subire forti danni nelle aree di svernamento, qualora il carico di ungulati superi  $UDI = 4$  (Ungulate Density Index = densità cervo + 1/4 densità camoscio + 1/4 densità muflone + 1/5 densità capriolo per 100 ha).



Figura 4.32 – Brucamento dell'apice vegetativo su roverella.



Figura 4.33 – Protezione per il brucamento applicata alla rinnovazione artificiale di latifoglie impiantata in un intervento di ricostituzione post-incendio – Toceno (Valle Vigezzo, Verbania).

selvatici. La soglia tra una normale usura e il danno vero e proprio dipende dal tipo forestale e dalla funzione prioritaria dei popolamenti; per le Pinete dell'Alta Valle Susa la soglia di danno ammissibile alla rinnovazione è compresa tra il 30% e il 35% (DOTTA, 2006). La gestione della fauna ungulata tramite opportuni piani di prelievo, la pianificazione territoriale delle aree di svernamento, gli interventi selvicolturali mirati a non creare strutture eccessivamente suscettibili al danno (concentrazioni di specie appetite) e, all'occorrenza, il ricorso a strutture di protezione artificiale (Figura 4.33) sono tutte misure adatte a ridurre il danno potenziale alla rinnovazione.

## Sintesi

**L'esito del processo di deperimento dipende anche dalle conseguenze a carico della rinnovazione. Nella maggior parte delle Pinete la successione che segue all'abbandono ha fatto sì che le specie più abbondanti nello strato di rinnovazione delle Pinete siano l'abete rosso alle quote superiori e le latifoglie alle quote più basse, tra cui la roverella.**

**Il sovraccarico di cervidi ha recentemente interessato aree sempre più vaste delle Alpi. L'impatto degli ungulati selvatici, e in particolare del brucamento selettivo, può alterare le dinamiche di rinnovazione, rallentando la successione alle specie definitive o accelerando la regressione della Pineta.**

**L'azione degli ungulati selvatici si può dunque considerare un fattore predisponente il deperimento e di contributo a scala di popolamento, in quanto altera la composizione specifica, la struttura delle Pinete e la distribuzione del substrato ospite per gli agenti scatenanti. È necessario tener conto dell'influenza della fauna erbivora sull'evoluzione naturale o pianificata della vegetazione tramite l'elaborazione di piani di prelievo, la pianificazione territoriale delle aree di svernamento, l'applicazione di interventi selvicolturali mirati e ricorrendo all'occorrenza a strutture di protezione artificiale per la rinnovazione delle specie più suscettibili.**

### 4.1.6. Disturbi naturali

I disturbi sono forze ubiquitarie che agiscono in modo discontinuo sulle dinamiche della vegetazione a tutti i livelli della complessità biologica, creando soluzioni di continuità nella copertura forestale e modificando la struttura dell'ecosistema, della comunità e della popolazione (WHITE, PICKETT, 1985). Un regime di disturbo è la somma nello spazio e nel tempo di tutti i disturbi che agiscono su un ecosistema, ciascuno descritto da frequenza, intensità, distribuzione stagionale, tempo medio di ritorno.

La neve, il vento e le tempeste rappresentano i disturbi naturali più frequenti in tutte le foreste di montagna. Si esercitano su estensioni estremamente variabili, interessando aree molto piccole ma anche grandi superfici in caso di catastrofi, come negli eventi degli anni 1977-78 nelle Valli Susa, Grana e Chisone che atterrarono circa 50000 m<sup>3</sup> di legname (DOTTA, MOTTA, 2000), soprattutto in giovani Pinete monostratificate. Specialmente su suoli superficiali e poco compatti, il pino silvestre può essere soggetto a sradicamento a opera del vento o della neve pesante; prove in campo hanno dimostrato l'efficacia dei diradamenti nel ridurre la densità dei popolamenti prima che il danno si verifici (Figura 4.34).

Il pino silvestre è inoltre strettamente associato al fuoco come agente di disturbo e promotore delle dinamiche forestali (Tabella 4.3 e Figura 4.35). Le foreste di pino silvestre coetanee o paracoetanee bruciano generalmente con incendi radenti, favoriti dalle lettiere di aghi indecomposti e localmente dalla continuità della copertura erbacea. La disetaneità, la presenza di biomassa combustibile quale un denso strato arbustivo, la vegetazione graminoide, gli accumuli di necromassa al suolo o la ramosità bassa sul fusto (*Ladder fuels* - Box 2) conferendo continuità verticale del combustibile, facilitano il passaggio in chioma degli incendi, che possono assumere carattere destrut-

#### Box 2

### **Ladder fuels**

**C**ombustibili che contribuiscono a creare una continuità verticale in foresta tra quelli di superficie, giacenti al suolo, e i combustibili aerei vivi (chiome) o morti (CESTI, 2005), favorendo il passaggio in chioma di incendi radenti. Il ruolo di *ladder fuels* può essere rivestito da arbusti, da licheni e accumuli di aghi sui rami bassi, ma soprattutto dai rami secchi presenti sulla parte bassa dei fusti.



Figura 4.34 – (a sinistra) Schianto da neve in una Pineta non diradata; (a destra) rinnovazione di pino insediata all'estremità meridionale della radura – Saint-Denis (Valle d'Aosta).

tivo per il soprassuolo esistente. I tempi di ritorno di tali eventi sono estremamente variabili, passando da poche decine di anni (20 o 30) per gli incendi radenti di bassa intensità a un centinaio di anni per gli eventi distruttivi (AGEE, 1998).

Sebbene l'intensità, l'estensione e il tipo di incendio siano assai variabili anche in un contesto omogeneo come quello delle Pinete, la specie presenta invariabilmente diverse forme di resistenza al fuoco, in particolare una spessa corteccia, un rapido accrescimento

iniziale dei semenzali e la rinnovazione preferenziale sul terreno minerale e privato della copertura erbacea competitiva, condizione che in genere si verifica immediatamente dopo un incendio. Anche le specie associate al pino silvestre sono in genere piuttosto adattabili al fuoco, dalla vegetazione erbacea alle specie arboree accompagnatrici, quali la roverella, capace di rigettare polloni dopo il passaggio del fuoco, o la betulla. Nelle Pinete endalpiche della Valle d'Aosta, gli incendi di chioma possono innescare, in

Tabella 4.3

**Frequenza e caratteristiche degli incendi in aree con presenza di pino silvestre in Valle d'Aosta nel periodo 1986-2004 (fonte: G. CESTI, *in verbis*).**

Periodo di riferimento	Presenza pino silvestre	% numero incendi	% area percorsa	quota media di inizio	esposizione prevalente
1986-1990	dominante	40%	76%	969	S
	sporadico	11%	10%	1155	S
1991-1995	dominante	33%	20%	1123	S
	sporadico	10%	8%	1027	SE
1996-2000	dominante	3%	14%	n.d.	n.d.
	sporadico	1%	4%	n.d.	n.d.
2001-2004	dominante	23%	26%	1078	SO
	sporadico	13%	2%	1238	S



Figura 4.35 – (a sinistra) Effetti del passaggio di un incendio radente in una Pineta di brughiera – Borgo Ticino (Novara); (a destra) effetti di un incendio di chioma – Saint-Denis (Valle d'Aosta).

particolare su substrati silicatici, lunghe fasi transitorie a pioppo tremolo con associati salicione (*Salix caprea* L.) e localmente betulla e con sottobosco a graminoidi (*Molinia arundinacea* Schrank, *Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth., *Achnatherum calamagrostis* (L.) Beauv., *Stipa pennata* L., *Brachypodium pinnatum* (L.) Beauv.). Sebbene dopo un disturbo di intensità media o forte la rinnovazione di pino silvestre si insedi, a seconda delle zone, in modo più o meno rapido e vigoroso grazie al carattere pioniero della specie,



Figura 4.36 – Il comune di Verrayes (Valle d'Aosta) ha perso dal 2003 il 30% della sua superficie forestale a causa di incendi di grandi dimensioni (200-300 ha) che hanno interessato soprattutto le Pinete (G. CESTI, in verbis). I cambiamenti climatici sono ritenuti responsabili, almeno in parte, di un cambiamento nel regime di incendi, in direzione di eventi più intensi e frequenti.

i disturbi naturali possono anche essere annoverati tra i fattori predisponenti il deperimento. Non solo essi sono capaci di provocare direttamente la morte di singoli individui o interi soprassuoli, ma spesso interagiscono con altri agenti di stress, rendendone più rapida o efficace l'azione (ad esempio mediante la creazione di radure dove è più facile l'ingresso del vischio), creando i presupposti per il verificarsi di un evento scatenante (come un'infestazione di insetti lignicoli in seguito alla produzione di grandi quantità di legno morto) o abbassando la resistenza degli alberi sopravvissuti a patogeni secondari (come nel caso del passaggio di un incendio radente). A sua volta, il regime di disturbo è regolato dall'interazione con altri fattori predisponenti: i recenti cambiamenti di uso del suolo e quelli climatici sono ritenuti responsabili di un aumento della frequenza e dell'intensità di alcuni disturbi naturali (SCHELHAAS *et al.*, 2003), tra cui gli incendi (Figura 4.36).

Nelle Pinete che svolgono una funzione di protezione diretta e, comunque, in tutti quei popolamenti prossimi ad aree antropizzate o a elevata frequentazione turistica, è necessario integrare la gestione ordinaria con opportune misure di prevenzione, controllo e gestione delle emergenze relative ai diversi tipi di disturbo. Con specifico riferimento agli incendi, tali misure, comprese a scala più vasta nei piani antincendio regionali, sono mirate alla determinazione del regime di incendi tollerabile, alla dislocazione sul terreno di strutture per la prevenzione e l'estinzione, allo stanziamento delle risorse economiche e umane necessarie al conten-



Figura 4.37 – (a sinistra) Esbosco del legname da una Pineta percorsa da un incendio di chioma (2003) – Verrayes (Valle d'Aosta). (A destra) Ricostituzione post-incendio (1997) effettuata mediante esbosco della necromassa e messa in opera di una parte dei fusti come misura temporanea di protezione idrogeologica – Morgex (Valle d'Aosta).

mento attivo o passivo degli incendi in Pineta. Ogni intervento selvicolturale (o l'assenza di intervento) deve essere valutato per le sue conseguenze sul regime di disturbo. In sede di pianificazione occorrerà tenere in considerazione le possibili conseguenze dei disturbi (o della loro assenza) sulla dinamica successionale delle foreste, sulla loro funzionalità e sugli agenti scatenanti il deperimento.

Qualora la funzionalità della foresta risulti gravemente compromessa in seguito a un disturbo, può essere opportuno ricorrere a misure immediate quali la rimozione del soprassuolo danneggiato (*salvage logging*

- Box 3, Figura 4.37) e la sua ricostituzione. Tuttavia, se le condizioni stagionali sono favorevoli, la rinnovazione naturale può essere sufficiente a garantire la continuità del popolamento richiedendo locali interventi di diradamento nei decenni successivi all'incendio. Il materiale di impianto richiede invece interventi costosi e non sempre di successo, soprattutto se la competizione erbacea, il brucamento dei selvatici o l'aridità stagionale non vengono contrastati con interventi di supporto all'impianto quali la scarificazione del suolo, la pacciamatura o la protezione del postime (Figura 4.38). Studi sono attualmente in corso per

### Box 3

## Salvage logging

**P**ratrice di abbattere ed esboscare gli alberi in popolamenti colpiti da disturbi naturali catastrofici, come un incendio, uno schianto di estese proporzioni o una pullulazione di insetti, risultanti in una concentrazione di alberi danneggiati o morti in piedi. L'obiettivo principale è recuperare il valore economico residuo dei fusti. La letteratura scientifica è attualmente percorsa dal dibattito fra i promotori di questa pratica, ritenuta utile ai fini di diminuire il rischio futuro di incendio o di proliferazioni epidemiche di insetti lignicoli, e i suoi detrattori, che esprimono riserve sulla sostenibilità economica degli interventi e sui loro impatti potenzialmente negativi ai danni del suolo, delle risorse idriche e della fauna selvatica (LINDENMAYER, Noss, 2006).



Figura 4.38 – Intervento di ricostituzione del soprassuolo in una Pineta percorsa da un incendio di piccole dimensioni. Le piantine di latifoglie sono state protette dal brucamento, ma si nota l'effetto dell'assenza di misure per contrastare la vegetazione arbustiva – Toceno (Valle Vigezzo, Verbania).



verificare la maggiore efficacia del rimboschimento artificiale in rapporto all'insediamento della rinnovazione naturale nelle aree incendiate. I risultati preliminari (non pubblicati) suggeriscono che la rinnovazione naturale sia più efficace, sebbene più lenta, mentre alcuni dei rimboschimenti artificiali analizzati hanno avuto, a distanza di qualche anno, scarso successo. I risultati sono comunque insufficienti a giustificare in assoluto questa o quella pratica. Quanto alla pratica del *salvage logging*, ricerche recenti (DONATO *et al.*, 2006) hanno suggerito i suoi effetti potenzialmente negativi nei confronti della fauna selvatica e della fertilità stazionale.

## Sintesi

**Sebbene dopo un disturbo di intensità media o forte la rinnovazione di pino silvestre si insedi in modo rapido e vigoroso grazie al carattere pioniero della specie, i disturbi naturali possono anche essere annoverati tra i fattori predisponenti o scatenanti il deperimento.**

**La neve, il vento e le tempeste, i disturbi naturali più frequenti nelle foreste di montagna, operano su scale estremamente variabili. Il pino silvestre può essere soggetto a sradicamento ad opera del vento o della neve pesante, specialmente in popolamenti densi o non diradati.**

**Il pino è inoltre associato al fuoco come agente di disturbo e promotore delle dinamiche forestali. Le Pinete sono percorse frequentemente da incendi radenti facilitati dalla lettiera di aghi; gli incendi di chioma assumono spesso carattere distruttivo.**

**I recenti cambiamenti di uso del suolo e quelli climatici sono responsabili dell'incremento in frequenza ed intensità di molti disturbi naturali. Nelle Pinete che svolgono funzioni prioritarie è necessario integrare nella gestione ordinaria le opportune misure di prevenzione selvicolturale e gestione delle emergenze relative ai diversi tipi di disturbo.**

**Se le condizioni stazionali sono favorevoli, la rinnovazione naturale può essere sufficiente a garantire la continuità del popolamento dopo un disturbo anche severo; il materiale di impianto richiede invece interventi costosi e non sempre di successo, soprattutto se la competizione erbacea, il brucamento dei selvatici o l'aridità stazionale non vengono contrastati.**

## 4.2. Agenti scatenanti e di contributo

I fenomeni di deperimento che si sono manifestati negli ultimi decenni nelle foreste di pino silvestre delle vallate alpine si caratterizzano per il generale stato di sofferenza o di singole piante distribuite all'interno dei popolamenti o di piccoli nuclei di individui e, nella maggior parte dei casi, culminano con la morte delle piante stesse in tempi più o meno rapidi. Tali fenomeni sembrano per lo più il risultato di complesse interazioni di fattori biotici, di natura patologica e/o entomologica, e abiotici (RIGLING *et al.*, 2006).

L'esatta causa di questi fenomeni non è stata ancora stabilita ed è oggetto di indagine, sebbene alcuni autori ritengano che la presenza contemporanea di insetti Scolitidi come *Tomicus piniperda* L., *T. minor* Hartig e *Ips acuminatus* Gyll. (RIGLING *et al.*, 1999) e di Ascomiceti Ophiostomatoidi o relativi anamorfi come *Leptographium* spp. e *Ophiostoma* spp. (SOLHEIM *et al.*, 2001; SABBATINI PEVERIERI *et al.*, 2005; RIGLING *et al.*, 2006), sia una delle cause più probabili.

Vengono qui descritti i principali agenti biotici che possono avere un ruolo scatenante o decisivo nei confronti del deperimento delle Pinete alpine e riscontrati nei siti di indagine, compresi i relativi aspetti epidemiologici e alcuni rudimenti per la diagnosi in foresta. Le misure per il contenimento degli agenti scatenanti il deperimento verranno trattate in modo integrato nel capitolo riguardante le proposte di gestione.

### 4.2.1. Agenti di malattia

Il pino silvestre è soggetto a numerose malattie di origine fungina, talvolta letali, che colpiscono le radici, il tronco e gli aghi. Esse possono contribuire al fenomeno di deperimento o mascherarlo in quanto i sintomi causati da talune malattie sono simili al quadro sintomatologico del deperimento studiato (Tabella 4.4).

Una trattazione completa delle malattie del pino silvestre esula dallo scopo di questo lavoro. Per un'analisi più completa sull'eziologia, epidemiologia e sintomatologia delle malattie dei pini si rimanda a LANIER *et al.* (1976).

#### Marciumi radicali

Tra gli agenti patogeni più aggressivi del pino silvestre e causa di marciume radicale si annoverano *Armillaria* spp. e *Heterobasidion* spp., entrambi presenti nelle Pinete oggetto di studio. Oltre a causare mortalità diretta, gli agenti di marciume radicale predispongono

Tabella 4.4

**Principali patogeni del pino silvestre, organi colpiti e sintomi ad essi associati**

Agente patogeno	Organo colpito	Malattia indotta e sintomi
<i>Lophodermium seditiosum</i> Minter, Stanley & Millar	Aghi	Macchie irregolari bruno violacee disposte a bande trasversali. Gli aghi colpiti cadono nella primavera o all'inizio dell'estate del secondo anno
<i>Coleosporium tussilaginis</i> (Pers.) Lév.	Aghi	Agente della ruggine vescicolosa degli aghi. Provoca macchie isolate arrotondate rossastro-violacee di circa 0,5 mm di diametro. Nella primavera che segue appaiono gli spermogoni, poco visibili e gli ecidi caratteristici. Le vescicole prodotte, di 2-3 mm di altezza lasciano fuoriuscire, a maturità, ecidioconidi giallo-arancioni. A fine stagione gli aghi si ricoprono di resina
<i>Gremmeniella abietina</i> (Lagerb.) M. Morelet	Aghi	Agente del disseccamento dei getti. Durante l'inverno alla base degli aghi di un anno compaiono tipici arrossamenti con successiva morte del getto
<i>Sclerophoma pithyophila</i> (Corda) Hohn.	Aghi	Parassita secondario, favorito da stati di crisi delle piante. Provoca ingiallimento e caduta precoce degli aghi
<i>Naemacyclus minor</i> Butin	Aghi	Caduta precoce degli aghi
<i>Cronartium flaccidum</i> (Alb. & Schw.) G.Wint.	Rami	Disseccamento dei rami che assumono una colorazione rosso-bruna e comparsa in corrispondenza degli stessi di cancri fusiformi rigonfiati e fessurati
<i>Melampsora pinitorqua</i> Rostrup	Rami	Agente della ruggine curvatrice dei getti di pino. I getti colpiti assumono una caratteristica conformazione ad S
<i>Phellinus pini</i> (Brot.: Fr) Ames	Tronco	Carie bianca del legno
<i>Stereum sanguinolentum</i> (Alb., Schwein.: Fr.)	Tronco	Carie bianca del legno
Funghi Ophiostomatoidi	Tronco	Disseccamento della chioma e alterazione cromatica del legno (azzurramento)
<i>Heterobasidion annosum</i> <i>sensu stricto</i>	Radici	Marciume radicale
<i>Armillaria</i> spp.	Radici	Marciume radicale

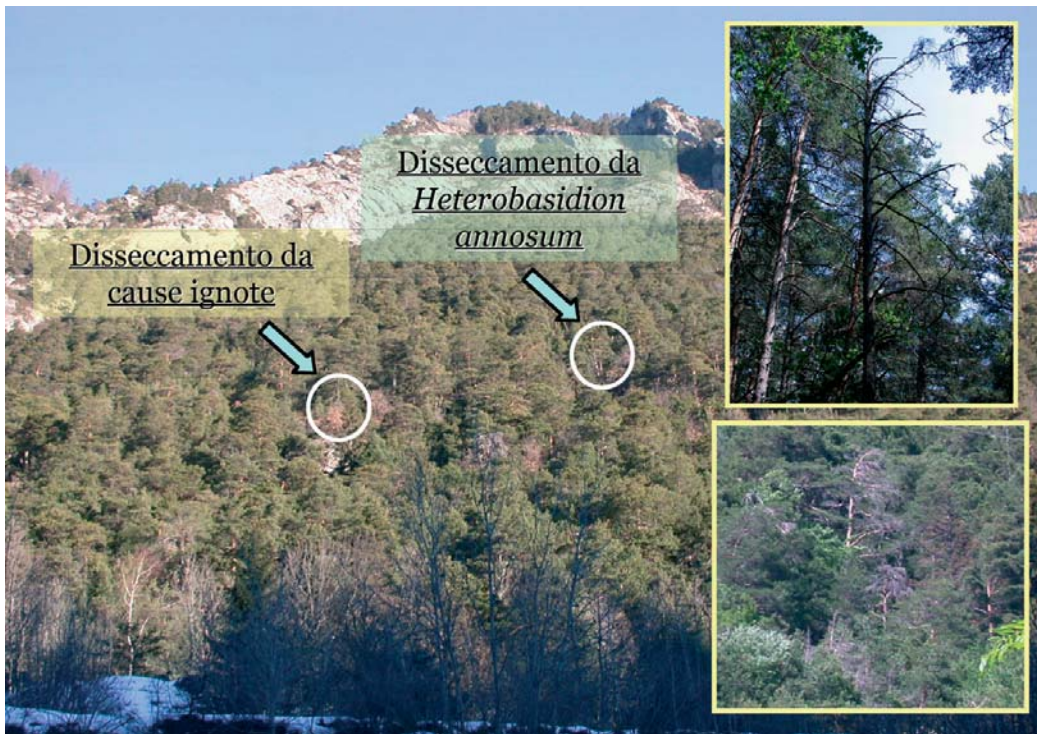


Figura 4.39 – Popolamento di pino silvestre che manifesta mortalità da *Heterobasidion* spp. e da cause ignote – Morgex (Valle d'Aosta)

gli alberi allo sradicamento e allo schianto, sebbene questo fenomeno possa giocare un ruolo positivo nei confronti della successione forestale (WORRALL, HARRINGTON, 1988). I marciumi radicali possono anche essere predisponenti nei confronti di attacchi di Coleotteri Scolitidi (COBB *et al.*, 1974; GOHEEN, HANSEN, 1993), poiché essi sono in grado di causare riduzioni significative di accrescimento e di vitalità.

Quando attaccano il pino, *Armillaria* spp. e *Heterobasidion* spp. causano sintomi simili sulle piante colpite, ma differiscono significativamente nelle loro modalità di infezione. Mentre *Heterobasidion* spp. infetta tramite spore la superficie di ceppaie fresche o ferite e una volta insediatisi è in grado di propagarsi per contatto radicale a piante sane, *Armillaria* spp. si propaga ed infetta radici sane esclusivamente ad opera di strutture vegetative chiamate rizomorfe.

### Elementi di diagnosi e riconoscimento di *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref

I pini sani possono essere infettati da *H. annosum* tramite contatto radicale con alberi o ceppaie infette (HODGES, 1969). Una volta penetrato nell'ospite, il fungo colonizza lo xilema vicino al cambio; il legno può diventare impregnato di resina in risposta alla colonizzazione del patogeno. La degradazione del legno delle radici segue generalmente l'uccisione del

cambio. La propagazione vegetativa del patogeno attraverso i sistemi radicali può raggiungere la velocità di 1 m/anno, ma in media l'espansione radiale dei centri di infezione è più lenta, specialmente se gli ospiti non sono di grandi dimensioni (SLAUGHTER, PARMETER, 1995).

- Morte di singole piante o di gruppi di piante (aggregate) nei popolamenti, la quale può essere confusa con i disseccamenti da cause ignote che rientrano nella sindrome di deperimento (Figura 4.39).
- Corpi fruttiferi alla base di piante morte, deperienti o alla base di ceppaie oppure sulle loro radici (Figura 4.40). Le fruttificazioni sono pluriennali e la forma tipica è a mensola, con la superficie superiore zonata concentricamente di colore bruno tabacco, che inscurisce con l'età, e caratterizzata, almeno quando il corpo fruttifero è in fase di crescita attiva, da margini distinti di colore bianco. La superficie inferiore è formata da tubuli semplici o saldati tra di loro, con pori di tinta chiara, angolosi, del diametro di 0.2-0.6 mm. Tali carpofori crescono singoli o in gruppi e possono talvolta essere resupinati. Le loro dimensioni sono molto variabili e vanno da 1 fino a 40 cm. I corpi fruttiferi sono spesso parzialmente ricoperti dalla lettiera o dalla vegetazione.



Figura 4.40 – Corpo fruttifero di *Heterobasidion annosum*.



Figura 4.41 – Micelio sottocorticale di *Heterobasidion annosum sensu stricto* e necrosi del cambio.

- Scortecciando la base delle piante o le grosse radici è possibile osservare un micelio sottocorticale bianco, per lo più incospicuo e talvolta accompagnato da imbrunimento e necrosi del cambio della pianta (Figura 4.41). Esso è molto sottile e facilmente distinguibile da quello prodotto da *Armillaria* spp. (Figura 4.44).
- In popolamenti misti di pino silvestre e abete rosso, ceppaie di abete cariate (Figura 4.42) indicano la probabile presenza del patogeno nella foresta e la sua potenziale associazione anche col pino. Spesso le carie dell'abete rosso sono causate dalla stessa specie di *Heterobasidion* che è letale sul pino silvestre (*Heterobasidion annosum sensu stricto*).



Figura 4.42 – Ceppaia di abete rosso con carie del cilindro centrale causata da *Heterobasidion* spp.

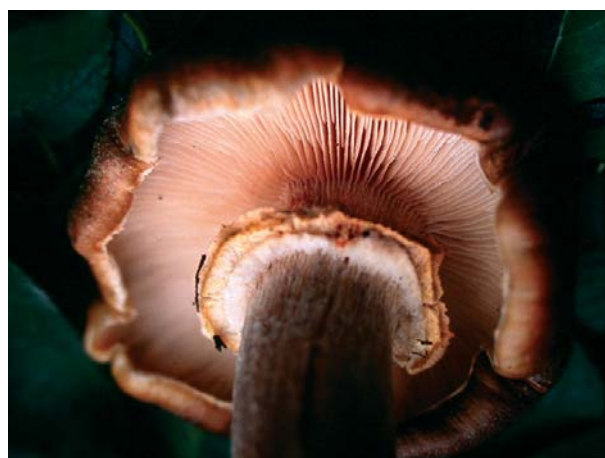


Figura 4.43 – Corpo fruttifero di *Armillaria* spp.

### Elementi di diagnosi e riconoscimento di *Armillaria* spp.

Le rizomorfe epifite di *Armillaria* spp. si trovano comunemente sulle radici di piante vive, ma la colonizzazione patologica degli ospiti si verifica tipicamente sotto la corteccia ad opera del micelio, che uccide il cambio e più tardi decompone il legno sottostante. Gli alberi giovani e quelli più stressati hanno una maggiore probabilità di essere uccisi; la morte degli alberi dominanti è stata associata a stress predisponenti quali siccità, defogliazione o altri marciumi radicali (WARGO, HARRINGTON, 1991), ma al crescere della pressione di inoculo la mortalità può riguardare anche gli individui più vigorosi e il fungo può uccidere alberi sani se dispone di un sufficiente supporto nutritivo.



Figura 4.44 – Micelio sottocorticale di *Armillaria* spp.



Figura 4.45 – Rizomorfe sottocorticali di *Armillaria* spp.

Il fungo può sopravvivere decenni nel legno degradato. Questa fase saprofitaria contribuisce al mantenimento dell'inoculo per l'infezione delle radici sane (REDFERN, FILIP, 1991) che avviene sempre ad opera delle rizomorfe.

- Morte di singole piante o di gruppi di piante (aggregata) nei popolamenti.
- Corpi fruttiferi alla base di piante morte, deperienti o su ceppaie (Figura 4.43). Le fruttificazioni prodotte in autunno sono brune o color miele, normalmente in gruppi, ma talvolta singole. Occasionalmente si formano ad una certa distanza dal fusto della pianta infetta. Il pileo, che può raggiungere i



Figura 4.46 – Esempio di pino silvestre con alburno azzurrato.

50 – 150 mm di larghezza, presenta spesso sulla superficie superiore caratteristiche scaglie scure e in quella inferiore presenta lamelle di color giallo pallido. Lo stipite, che può raggiungere i 2 cm di spessore, presenta un collare a forma di anello.

- Scortecciando la base delle piante o le grosse radici si osservano placche di micelio color crema, che assumono la caratteristica forma a ventaglio o a palmetta (Figura 4.44). La loro consistenza ricorda la pelle di camoscio e ciò le contraddistingue da quelle di *Heterobasidion* spp. che sono molto sottili.
- Oltre al micelio, sotto la corteccia possono differenziarsi anche le rizomorfe. Queste strutture, presenti anche nel suolo e fondamentali per la propagazione del patogeno, sono scure e simili nell'aspetto a radici (Figura 4.45).

### Agenti di azzurramento dell'alburno

Nel legno degli alberi deperienti è stata evidenziata anche la presenza di azzurramento, alterazione provocata da diversi funghi che colonizzano l'alburno. I funghi causa di azzurramento potrebbero rappresentare, in combinazione con attacchi di insetti e siccità, uno dei numerosi fattori che partecipano all'indebolimento generale degli alberi e al deperimento del pino. Tra gli agenti fungini più ampiamente segnalati figurano Ascomiceti Ophiostomatoidi o i relativi anamorfi come *Leptographium* spp. e *Ophiostoma* spp., frequentemente associati alla presenza di insetti Scolitidi (RIGLING *et al.*, 1999; SOLHEIM *et al.*, 2001; SABBATINI

Tabella 4.5

**Funghi agenti dell'azzurramento del legno e relativi insetti vettori.**

Teleomorfo	Anamorfo	Ospiti	Insetti vettori
	<i>Leptographium serpens</i> (Goid.) Siem.	<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Tomicus destruens</i>
<b><i>Ophiostoma piceae</i> (Munch.) Syd. &amp; P. Sid</b>	<i>Graphium</i> sp. <i>Sporothrix</i> sp.	<i>Picea abies</i> <i>Pinus sylvestris</i>	<i>Ips typographus</i>
	<i>Leptographium wingfieldii</i> Morelet	<i>Pinus sylvestris</i> <i>Picea abies</i>	<i>Tomicus piniperda</i> <i>Tomicus minor</i>
<b><i>Ophiostoma minus</i> (Hedgc.) Syd. &amp; P. Sid</b>		<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Tomicus piniperda</i> <i>Dendroctonus frontalis</i> <i>Dendroctonus brevicomis</i>
	<b><i>Graphium fragrans</i> Math. – Käärik</b>	<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Ips typographus</i> <i>Ips sexdentatus</i>
?	<b><i>Sporothrix</i> sp.</b>	<i>Pinus sylvestris</i>	?
<i>Ceratocystis</i> sp.	<b><i>Chalara</i> sp.</b>	<i>Pinus sylvestris</i>	?

(LÅNGSTROM *et al.*, 1993; WINGFIELD *et al.*, 1993; PAINE *et al.*, 1997; RIGLING *et al.*, 1999; SOLHEIM *et al.*, 2001; JACOBS, WINGFIELD, 2001; FERNANDEZ *et al.*, 2004; JACOBS, SEIFERT, 2004; SABBATINI PEVERIERI *et al.*, 2005; JANKOWIAK, 2005; RIGLING *et al.*, 2006)

In grassetto sono indicati i funghi riscontrati nelle aree oggetto di studio

PEVERIERI *et al.*, 2005; RIGLING *et al.*, 2006). Nei popolamenti indagati (Morgex, Challand-Saint-Anselme, Saint-Denis – Valle d'Aosta) tali funghi erano presenti per lo più sui pini in evidente stato di deperimento o morti. Sono stati identificati principalmente *Ophiostoma piceae* (Munch.) Syd. & P. Sid., *O. minus* (Hedgc.) Syd. & P. Sid. e *Graphium fragrans* Math.-Käärik, tre specie considerate debolmente patogene.

**Elementi di diagnosi e riconoscimento**

Le piante colpite disseccano. I sintomi sono simili a quelli causati da siccità estrema. Il contenuto idrico nella porzione di albero colpita risulta ridotto e il legno può presentare un'alterazione cromatica di color azzurro, blu o nera (Figura 4.46), dovuta alla presenza di funghi Ophiostomatoidi, il cui trasporto è spesso affidato ad insetti vettori (Tabella 4.5).

**Malattie degli aghi**

I pini nel loro habitat naturale non sono generalmente colpiti in modo grave dalle malattie fogliari, grazie agli alti livelli di resistenza delle popolazioni autoctone e poiché è relativamente raro che patogeni degli aghi conducano l'ospite a morte.

Le malattie degli aghi, in particolare dovute a *Naemacyclus minor* Butin (Figura 4.47), *Sclerophoma pithyophila* (Corda) Höhn. (Figura 4.48) e *Truncatella hartigii* (Tubeuft) Steyaert (Figura 4.49) erano presenti in diverse località valdostane. Tra questi, solo *Naemacyclus minor* è un patogeno primario, capace cioè di infettare piante in buone condizioni sanitarie (nell'anno 2007 è stato segnalato per la prima volta anche in Valle Ossola), mentre gli altri sono per lo più patogeni di debolezza.



Figura 4.47 – Apotheci di *Naemacyclus minus* su aghi di pino silvestre.

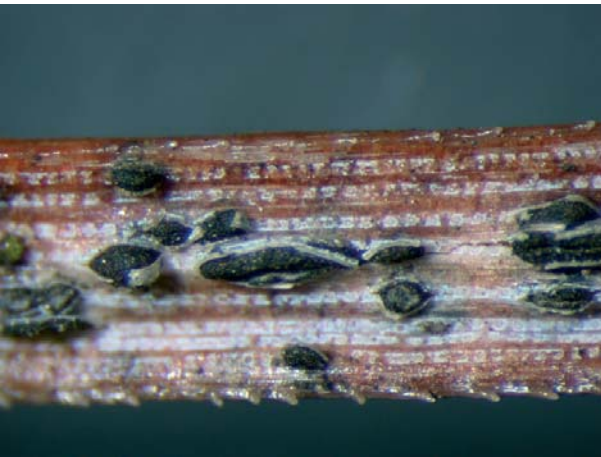


Figura 4.48 – Picnidi di *Sclerophoma pithyophila* su aghi di pino silvestre.

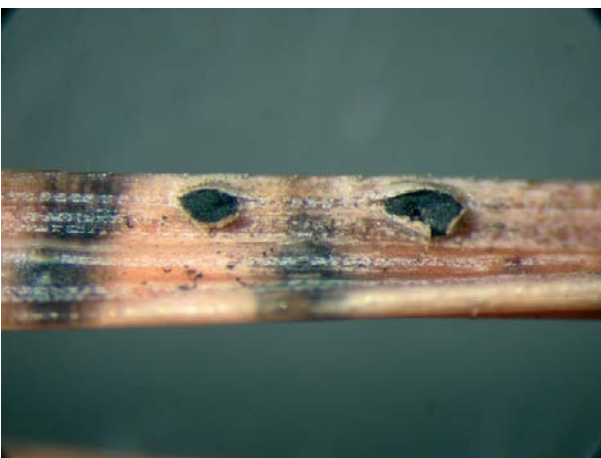


Figura 4.49 – Acervuli di *Truncatella hartigii* su aghi di pino silvestre.

## Sintesi

*Armillaria* spp. e *Heterobasidion* spp. sono tra gli agenti patogeni più aggressivi del pino silvestre e sono causa di marciume radicale. Oltre a causare la morte diretta o di singole piante o di gruppi di piante, gli agenti di marciume radicale predispongono gli alberi allo sradicamento e allo schianto e possono essere predisponenti nei confronti di Coleotteri Scolitidi, poiché in grado di causare riduzioni significative di accrescimento e di vitalità.

Quando attaccano il pino, *Armillaria* spp. e *Heterobasidion* spp. causano sintomi simili sulle piante colpite, ma differiscono significativamente nelle loro modalità di infezione. Mentre *Heterobasidion* spp. infetta tramite spore la superficie di ceppaie fresche o ferite e una volta insediatosi è in grado di propagarsi per contatto radicale a piante sane, *Armillaria* spp. si propaga e infetta radici sane esclusivamente ad opera di strutture vegetative chiamate rizomorfe. Per via della diversa biologia di infezione, differiscono anche le strategie e le modalità di contenimento dei due patogeni forestali.

I funghi agenti di azzurramento del legno potrebbero rappresentare, in combinazione con attacchi di insetti e siccità, uno dei numerosi fattori che partecipano all'indebolimento generale degli alberi e al deperimento del pino. *Ophiostoma piceae*, *O. minus* e *Graphium fragrans*, tre specie riscontrate nei popolamenti indagati, sono considerate debolmente patogene.

I pini nel loro habitat naturale non sono generalmente colpiti in modo grave dalle malattie fogliari, grazie agli alti livelli di resistenza delle popolazioni autoctone e poiché è relativamente raro che patogeni degli aghi conducano l'ospite a morte. Nelle località valdostane è stata riscontrata la presenza di *Naemacyclus minor*, *Sclerophoma pithyophila* e *Truncatella hartigii*, ma di questi solo il primo è un patogeno primario, capace cioè di infettare piante in buone condizioni sanitarie, mentre gli altri sono patogeni di debolezza. Nel 2007 *Naemacyclus minor* è stata segnalato per la prima volta anche in Valle Ossola.

### 4.2.2. Entomofauna

Nelle Alpi occidentali, oltre 200 specie di insetti possono causare danni al pino silvestre, la maggior parte delle quali, fortunatamente, non raggiunge livelli di densità tali da costituire un pericolo. Possono, infatti, essere considerati parassiti primari soltanto la processionaria del pino (*Traumatocampa pityocampa* Dennis et Schiffermüller) e la lida stellata (*Acantholyda posticalis* Matsumura), che negli ultimi decenni hanno provocato defogliazioni consistenti. Tutte le altre specie di insetti sono di norma secondarie, attaccano cioè preferibilmente gli esemplari la cui capacità di difesa è fortemente compromessa. Oltre ai fattori di stress locali, sono in particolare gli estremi climatici, quali i deficit di precipitazioni accompagnati da prolungati periodi caratterizzati da elevate temperature, a causare l'indebolimento di singoli alberi o di popolamenti e, contemporaneamente, a favorire le gradazioni di insetti. In queste condizioni le attività di nutrizione degli stadi larvali, di maturazione sessuale e di riproduzione degli insetti possono agire da concausa nel provocare la morte dei pini.

Negli ultimi trent'anni diverse specie di insetti di importanza forestale, quali i Lepidotteri Limantriidi *Lymantria monacha* L. e *Calliteara pudibunda* L. e l'Imenottero Sinfita *Acantholyda erythrocephala* L., normalmente presenti nelle nostre regioni a livelli irrilevanti di popolazione, hanno dato origine a vistose gradazioni. Contemporaneamente il Lepidottero Tortricide *Zeiraphera diniana* Guenée, defogliatore del larice, ha interrotto la serie di infestazioni con cadenza decennale che si verificava da quasi due secoli. Questi fenomeni vengono da più parti collegati alle variazioni climatiche verificatesi nello stesso periodo, facendo temere che altri fitofagi presenti da noi, ma attualmente non dannosi, possano dimostrarsi nocivi in futuro.

In questo studio si è posta l'attenzione soprattutto sui due Coleotteri Scolitidi, il blastofago maggiore del pino *Tomicus piniperda* e il blastofago minore del pino *Tomicus minor*, che hanno dato luogo a infestazioni preoccupanti negli ultimi decenni. Queste due specie si sono rivelate capaci di infestare piante apparentemente sane quando nelle vicinanze è presente materiale legnoso deperiente sul quale si verificano pullulazioni dell'insetto. Inoltre tutti i Coleotteri del fusto dei pini descritti sono vettori dei funghi dell'azzurramento negli alberi in cui si riproducono. Questi funghi, appartenenti nella maggior parte dei casi ai generi *Ophiostoma* e *Leptographium*, vivono in leggera simbiosi con i Coleotteri e forniscono alle covate nel fusto ulteriori fonti di nutrizione.

Date comunque le spiccate caratteristiche da parassiti

secondari o di debolezza di questi agenti, è probabile che i più frequenti estremi di aridità prevedibili in seguito ai cambiamenti climatici creino, in un prossimo futuro, delle condizioni predisponenti infestazioni epidemiche (MATTSON, HACK, 1987; ROUAULT *et al.*, 2006; DOBBERTIN *et al.*, 2007). I cambiamenti del clima possono interferire anche in altri modi con l'equilibrio insetto-ospite, alterando ad esempio le dinamiche delle popolazioni di insetti grazie alle temperature medie più alte nei periodi critici o indirettamente per il maggior pericolo di incendio, con produzione di materiale che favorisce l'inizio di un'infestazione. Tali dinamiche possono riguardare anche altre specie, come nel caso dell'espansione di areale e del cambio di preferenze alimentari recentemente individuate per la processionaria del pino in risposta al riscaldamento del clima (HELLRIGL, 1995; DÉMOLIN *et al.*, 1996; STASTNY *et al.*, 2006).

Di seguito vengono fornite le schede relative alle quattro specie menzionate di insetti più dannosi al pino silvestre nell'Italia nordoccidentale, comprensive dei principali elementi per il riconoscimento del danno in foresta e di elementi sulla biologia ritenuti rilevanti ai fini della previsione e della lotta all'infestazione. Tutte le altre specie non necessitano attualmente di alcuna misura di controllo, tranne due Coleotteri Scolitidi: il bostrico acuminato (*Ips acuminatus*) e il bostrico dai sei denti (*Ips sexdentatus* Börner). Questi ultimi attaccano preferibilmente piante indebolite, ma in casi di forti pullulazioni possono riversarsi su piante apparentemente in buone condizioni. Le tecniche di lotta sono analoghe a quelle consigliate per i due blastofagi al Capitolo 5.

### Insetti defogliatori

#### Processionaria del pino

*Traumatocampa pityocampa* Dennis et Schiffermüller (Figura 4.50)

È un lepidottero defogliatore, la cui presenza è individuabile soprattutto per il nido appariscente costruito all'apice di un ramo o del cimale. Il nido aumenta in volume con la crescita delle larve; in inverno ha un diametro compreso fra 10 e 20 cm e una forma più o meno sferica. Esso è formato da una spessa parete sericea, grigio argentea, interrotta qua e là da aperture che servono per l'entrata e l'uscita delle larve. Si può distinguere un nido dell'anno dai nidi vecchi grazie al suo colore bianco candido.

Dall'ultima decade di marzo e fino a metà maggio, le larve completano lo sviluppo e, raggiunta la maturità, a gruppi, abbandonano il nido, pieno di escrementi e di spoglie larvali e, scendendo lungo il tronco, ar-





Figura 4.50 – Adulto di processionaria del pino.

rivano al suolo dove procedono in fila indiana alla ricerca di un punto adatto ad interrarsi. Sottoterra tessono un bozzolo e rimangono alcune settimane allo stato di preninfa; si incrisalidano verso la fine di maggio. Gli sfarfallamenti iniziano a metà giugno, ma la maggior parte degli individui sfarfalla verso la metà di luglio, secondo i luoghi; numerose crisalidi

possono estivare e svernare per due o più anni (MAZZOGGIO *et al.*, 2002).

*T. pityocampa* compie una sola generazione all'anno (Figura 4.51), ma il ciclo molto spesso è complicato da fenomeni di diapausa prolungata nello stadio di crisalide, unica fase ipogea dell'insetto. Tale diapausa può variare da uno a quattro anni, eccezionalmente più a lungo, causando una continua sovrapposizione di coorti a ciclo annuale e pluriennale. La diapausa prolungata riveste una notevole importanza biologica potendo permettere non solo la sopravvivenza in periodi sfavorevoli, ma anche il mantenimento di un'elevata variabilità genetica, presupposto fondamentale per assicurare un pronto adattamento al variare delle caratteristiche ambientali (BOATO, BATTISTI, 1996).

I danni (Figura 4.52) sono di varia natura: anzitutto le defogliazioni risultano molto dannose specialmente nei rimboschimenti. Nelle grandi infestazioni alberi e intere Pinete possono essere completamente defogliate; ciò non porta a morte immediata, ma si ha la perdita dell'incremento annuo e l'indebolimento della pianta, la quale sarà poi facilmente attaccata da funghi patogeni o fitofagi secondari, quali Coleotteri Scolitidi, che possono favorire la morte della pianta (MILLO, 1980). Tuttavia la morte dei pini causata esclusivamente da attacchi di *T. pityocampa* è stata riscontrata solo in stazioni particolarmente sfavorevoli alle Pinete impiantate, mentre generalmente questi attacchi si limitano ad una parziale defogliazione con conseguente ridotto o nullo incremento annuo (MILLO, 1980).

Non trascurabile è anche il pericolo rappresentato dai peli urticanti delle larve che, potendo provocare sia all'uomo sia agli animali disturbi alla pelle, agli occhi e soprattutto alle mucose delle vie respiratorie, furono oggetto di provvedimenti legislativi già parecchi anni

GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
						O	O	O	O		
L	L	L	L	L	L			L	L	L	L
			P	P	P	P	P				
						X	X	X	X		

Figura 4.51 – Ciclo di *T. pityocampa* nell'Italia nordoccidentale: O = uovo; L = larva; P = preninfa e pupa; X = adulto

or sono (D.M. 20 maggio 1926 e D.M. 12 febbraio 1938, abrogati e sostituiti dal D.M. 17 aprile 1998).

### **Lida stellata**

*Acantholyda posticalis* Matsumura (Figura 4.53).

È un imenottero defogliatore, la cui presenza è facilmente individuabile per i rami infestati avvolti da manicotti sericei che intrappolano aghi corrosi ed escrementi.

A metà giugno le larve hanno già iniziato la loro attività trofica, avvolgendo ogni ramo con i loro camminamenti sericei (Figura 4.54).

A fine giugno, inizio luglio, le larve terminano la loro attività epifitica e cadono al suolo, dove ogni larva scava una celletta generalmente a 5-15 cm di profondità, in cui passa due anni. Nella primavera del terzo anno avviene l'impupamento e dopo circa 15 giorni si ha lo sfarfallamento (SCHWENKE, 1982) (Figura 4.55).

Le densità critiche di *A. posticalis*, che possono causare pericolose defogliazioni, oscillano da 40-60 a 110-220 proninfe femmine sane/m<sup>2</sup> (SCHWENKE, 1982). La gradazione è esplosa in Valle d'Aosta alla fine degli anni '70 (CASALE, SAMPÒ, 1977), quando si è verificata una situazione climatica anomala, con un rialzo delle temperature ed una diminuzione delle precipitazioni. È presumibile quindi che, con condizioni climatiche sfavorevoli (pioggia e basse temperature), la popolazione dell'insetto abbia una regressione. Le aree colpite nel 1997 si sono più che dimezzate rispetto

a tre anni prima. Nel 2000 l'infestazione si è estinta. Le cause della retrogradazione sono poco conosciute: a volte è stata osservata l'elevata parassitizzazione delle uova da parte dell'Imenottero Tricogrammatide *Trichogramma* spp., a volte un'elevata presenza di Ditteri Tachinidi. Per contro, numerose ricerche non danno molta importanza agli Imenotteri Icnemionidi e ai Ditteri Tachinidi, ma considerano molto più efficaci i parassitoidi oofagi (SCHWENKE, 1982).

L'importanza economica di *A. posticalis* non è indifferente, infatti può defogliare completamente gli alberi



Figura 4.52 – (a) Nido di processionaria su pino silvestre (b) Pino colpito da intenso attacco.



Figura 4.53 – (a sinistra) Femmina adulta di *A. posticalis*; (a destra) Maschio adulto di *A. posticalis*.

e la ripetizione degli attacchi fa chiaramente indebolire le formazioni boschive, causando estese morie.

### Insetti sottocorticali

#### **Blastofago maggiore del pino**

*Tomicus piniperda* L.

È un coleottero che si sviluppa a spese del tessuto vivo sottocorticale. La sua presenza è particolarmente evidente quando gli adulti si nutrono all'interno di rametti di un anno che in autunno seccano e facilmente cadono a terra ai primi venti.

A partire dalla fine di febbraio le femmine (Figura 4.56) si dirigono verso le piante ospiti, solitamente piante deperienti o tronchi appena abbattuti, dove preferiscono le parti con la corteccia più spessa. La massima concentrazione di adulti svernanti alla ricerca di tronchi su cui iniziare l'attività riproduttiva si manifesta tra marzo e aprile, ma la possibilità di ampliare questa fase porta ad una scalarità nello sviluppo dei singoli individui che si ripercuote su tutto il ciclo biologico dell'insetto. È chiaro che particolari condizioni con una notevole offerta di materiale legnoso fresco dopo uragani, forti nevicate, incendi, infezioni fungine, defogliazioni possono favorire la moltiplicazione del blastofago. La ripresa primaverile dell'attività dello scolitide è legata ai fattori climatici, soprattutto alla temperatura: l'uscita dell'insetto dai rifugi di svernamento avverrebbe pochi giorni dopo che la temperatura massima giornaliera ha raggiunto i 12°C.

Il sistema di gallerie sottocorticali, ascrivibile al tipo longitudinale semplice, è costituito da un cor-

ridoio unico, con un allargamento ed un breve tratto obliquo, nella parte iniziale, che danno al sistema un aspetto simile ad un bastone a gruccia (SCHWENKE, 1982). La galleria decorre parallelamente all'asse del tronco, procedendo dal basso verso l'alto su piante in piedi, mentre su piante abbattute l'orientamento verso il basso o verso l'alto si manifesta indifferentemente. Le gallerie misurano in media da 4 a 7 cm (fino a 12 cm) di lunghezza e 3-4 mm di diametro; sono provviste di 2 o 3 fori d'entrata, che hanno la funzione di aerare la galleria e impedire la formazione di funghi entomopatogeni. Le gallerie larvali partono dai



Figura 4.54 – Camminamenti sericei di *A. posticalis*.

GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
				X	X	X	X	X			
				O	O	O	O				
				L	L	L	L	L	L		
							P	P	P	P	P
P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
P	P	P	P	P	P						
				X	X	X	X	X			

Figura 4.55 – Ciclo biologico di *A. posticalis*: X = adulto; O = uovo; L = larva; P = stadi ipogei.



Figura 4.56 – *Tomiscus piniperda*

punti di deposizione delle uova e si sviluppano in direzione ortogonale alla galleria materna. La lunghezza delle gallerie larvali varia in media da 7 a 10 cm, interessando la corteccia ed il libro.

Il blastofago maggiore svolge una generazione all'anno (Figura 4.57), con generazioni sorelle originate da vecchi adulti rigenerati; lo svernamento avviene anche come larva o pupa.

Per la deposizione delle uova la femmina preferisce alberi deperienti o morenti, interessando soprattutto la porzione inferiore del tronco dove la corteccia è più spessa (SCHWENKE, 1982).

Le pullulazioni possono avvenire quando c'è abbondanza di materiale legnoso nelle condizioni idonee. In questi casi si verifica una forte moltiplicazione del-

GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
X	X	X	X	X	X	X	X	X			
			O	O	O	O	O	O			
			L	L	L	L	L	L	L		
						P	P	P	P		
						X	X	X	X	X	X

Figura 4.57 – Ciclo biologico di *T. piniperda*: X = adulto; O = uovo; L = larva; P = pupa.



Figura 4.58 – *Tomicus minor*

l'insetto, che si traduce, nell'anno successivo, in una diffusione verso aree limitrofe con o senza materiale legnoso idoneo, infatti, in presenza di abbondanza di Scolitidi, si verifica un attacco massiccio anche su alberi sani; in questi casi sono soprattutto le classi di età più giovani di pino che vengono portate a morte (SCHWENKE, 1982).

Forti scavi per la nutrizione di maturazione e di rigenerazione portano, in vecchi popolamenti di pino, a perdite di crescita e a deformazioni della chioma; negli attacchi pluriennali la chioma può essere danneggiata a tal punto da condurre a morte la pianta.

*T. piniperda* è un vettore dei funghi dell'azzurramento, come ad esempio *Ophiostoma piceae* (SCHWENKE, 1982).

### Blastofago minore del pino

*Tomicus minor* Hartig

Come *T. piniperda* è un coleottero che vive a spese dei tessuti vivi sottocorticali (Figura 4.58). Allo stesso modo, la sua presenza è particolarmente evidente quando gli adulti si nutrono all'interno di rametti di un anno che in autunno seccano e facilmente cadono a terra ai primi venti.

Gli adulti escono dai rifugi invernali in aprile-maggio; la femmina, seguita dal maschio, si porta su un tratto liscio e sottile di corteccia ed inizia lo scavo della galleria, la cui lunghezza varia da 6 a 8 cm. La femmina, in seguito, depone le uova in nicchie, ricavate nella parete della galleria, in numero di circa 6-7 nella parte alta e altrettante in quella bassa dello scavo.

Le larve che nascono, procedono nella propria attività alimentare scavando una galleria, lunga da 2 a 5 cm, nella corteccia o nell'alburno, perpendicolare a quella materna. Terminato lo sviluppo si impupano in una celletta scavata alla fine della galleria di nutrizione.

A partire dall'ultima decade di giugno si hanno i primi adulti; gli sfarfallamenti continuano però fino a circa la metà di luglio. Gli adulti si portano sui germogli dove penetrano per nutrirsi, scavando nella regione midollare. La nutrizione di maturazione avviene su getti di pino di un anno e prosegue fino all'autunno inoltrato. Di regola esiste una sola generazione all'anno (Figura 4.59), con volo degli adulti in aprile-maggio (un po' più tardi di *T. piniperda*). Nei nostri climi lo svernamento può avvenire anche come larva o pupa. Il blastofago minore preferisce, accanto a tronchi appena abbattuti, anche quelli in piedi, che siano soltanto un po' indeboliti, mostrando perciò un com-

GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
X	X	X	X	X	X	X					
			O	O	O	O					
			L	L	L	L	L				
					P	P	P				
						X	X	X	X	X	X

Figura 4.59 – Ciclo biologico di *T. minor*: X = adulto; O = uovo; L = larva; P = pupa.

portamento più aggressivo rispetto a *T. piniperda*. Si riproduce preferibilmente nell'area della chioma dove la corteccia è più sottile. Nelle formazioni boschive più giovani i danni avvengono per la perdita dei germogli a seguito della nutrizione di maturazione; ciò può portare ad una forte riduzione della chioma. Accanto alla nutrizione, gioca un ruolo economico notevole la diffusione, da parte dell'insetto, del fungo dell'azzurramento *O. piceae* (SCHWENKE, 1982).

Le pullulazioni possono avvenire quando c'è abbondanza di materiale legnoso fresco, derivante da pini abbattuti dall'uomo o da eventi naturali, oppure danneggiati dal fuoco, da patogeni o da defogliatori. In questi casi si verifica una forte moltiplicazione dell'insetto, che si traduce, nell'anno successivo in una diffusione verso aree limitrofe con o senza materiale legnoso idoneo, infatti, in presenza di abbondanza di Scolitidi, si verifica un attacco massiccio anche su alberi apparentemente sani; in questi casi sono soprattutto le classi di età più giovani di pino che vengono portate a morte (SCHWENKE, 1982).

## Sintesi

**Oltre 200 specie di insetti possono causare danni al pino silvestre nelle nostre regioni. La maggior parte delle specie, fortunatamente, non raggiunge livelli di densità tali da costituire un pericolo per le nostre Pinete.**

**La processionaria del pino (*Traumatocampa pityocampa*), la lida stellata (*Acantholyda posticalis*), il blastofago maggiore del pino (*Tomicus piniperda*) e il blastofago minore del pino (*T. minor*) negli ultimi decenni hanno dato luogo a consistenti infestazioni e sono considerate le 4 specie più dannose per il pino silvestre nell'Italia nordoccidentale. *T. piniperda* e *T. minor*, in particolare, si sono rivelati capaci di infestare piante relativamente sane quando si verificano pullulazioni dell'insetto su materiale legnoso deperiente presente nelle vicinanze. Questi Coleotteri del fusto dei pini sono anche vettori dei funghi dell'azzurramento negli alberi di riproduzione.**

**Altre specie di insetti riscontrate nelle aree indagate, invece, sono di norma secondarie, cioè attaccano preferibilmente gli esemplari la cui capacità di difesa è fortemente compromessa. Oltre ai fattori di stress locali, sono in particolare gli estremi climatici, quali i deficit di precipitazioni accompagnati da prolungati periodi di elevate temperature, a causare l'indebolimento di singoli alberi e di popolamenti e, contemporaneamente, a favorire le gradazioni degli insetti. In queste condizioni le attività di nutrizione degli stadi larvali, di maturazione sessuale e di riproduzione degli insetti possono agire da concausa nel provocare la morte dei pini. Tali insetti non necessitano attualmente di alcuna misura di controllo, tranne due Coleotteri Scolitidi: il bostrico acuminato (*Ips acuminatus*) e il bostrico dai sei denti (*Ips sexdentatus*). Questi ultimi attaccano preferibilmente piante indebolite, ma in casi di forti pullulazioni possono riversarsi su piante apparentemente in buone condizioni.**

### 4.2.3 Nematodi

I nematodi del genere *Bursaphelenchus* sono vermi tondi della lunghezza di circa 1 mm (Figura 4.60), generalmente associati all'alburno di diverse specie di conifere (RIGLING *et al.*, 2006). *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner et Buhner) Nickle *et al.*, è uno dei principali patogeni forestali. Originario degli Stati Uniti, è responsabile di attacchi letali a carico di diverse specie di pino in Asia, Africa e Nord America; in Europa è stato segnalato nel 1999 in Portogallo (MOTA *et al.*, 1999; POLOMSKI *et al.*, 2006).

I cambiamenti climatici che sono all'origine di estati più calde e secche, come previsto dagli attuali scenari (Paragrafo 4.1.2), potrebbero favorire la risalita del nematode, piuttosto termofilo, nel continente europeo e potrebbero contemporaneamente aumentare la suscettibilità dei pini, costituendo una seria minaccia per le specie più sensibili, tra le quali pino silvestre. Le ricerche recentemente effettuate in Svizzera non hanno evidenziato la presenza di *B. xylophilus*. Tuttavia sul 40% dei pini deperienti erano presenti altre specie di *Bursaphelenchus* (*B. mucronatus* Mamy et Enda, *B. vallesianus* sp. n.) sempre associate a funghi agenti dell'azzurramento del legno. Nessun nematode patogeno è stato riscontrato su piante sane o lievemente deperienti. Le due specie rilevate si sono dimostrate altamente patogene in seguito a prove di inoculazione su plantule in vivaio, specialmente a carico di individui già sofferenti in seguito a stress idrico (RIGLING *et al.*, 2006).

Per contro, nematodi del genere *Bursaphelenchus*

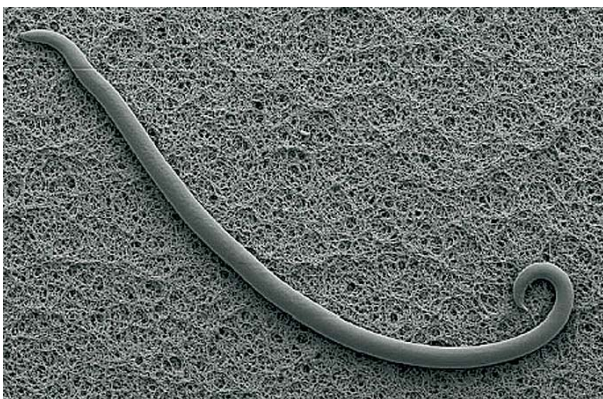


Figura 4.60 – *Bursaphelenchus vallesianus* al microscopio elettronico a scansione, lunghezza 1 mm.

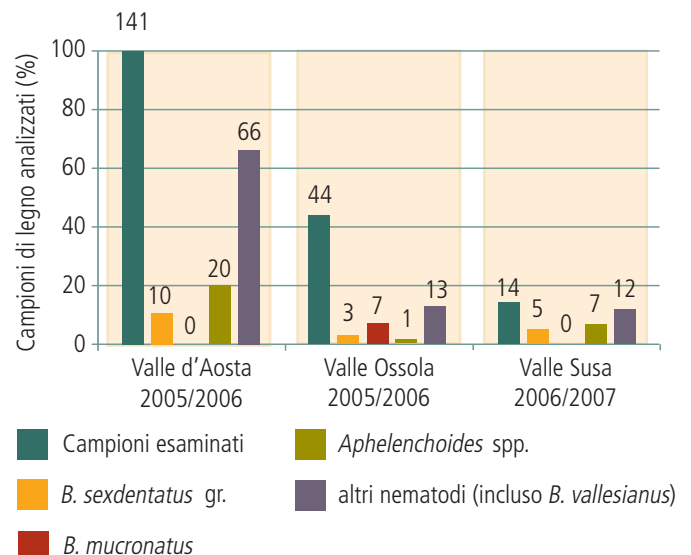


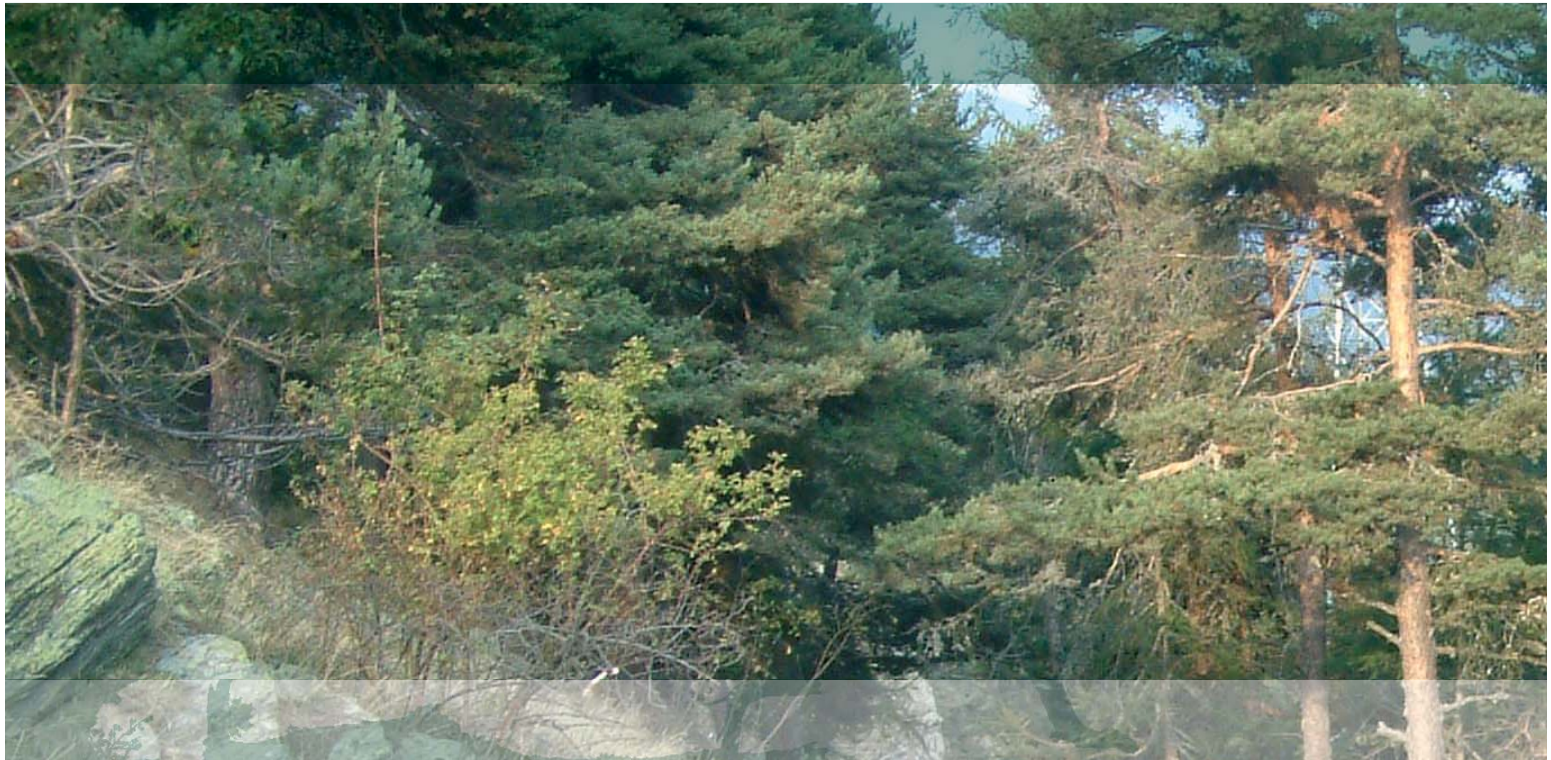
Figura 4.61 – Specie di *Bursaphelenchus* isolate in Valle d'Aosta e Piemonte in aree soggette a deperimento del pino silvestre.

sono stati rinvenuti nelle aree valdostane e piemontesi oggetto di indagine (Figura 4.61), sia su alberi deperienti o morti che su piante sane (*B. mucronatus* nel Piemonte settentrionale). Tuttavia, la moderata densità di inoculo nei campioni esaminati (1-100 nematodi/10 g di legno secco per *B. sexdentati* gr. e 1-630 nematodi/10 g per *B. mucronatus*) fa ritenere che questi siano solo uno dei fattori che contribuiscono all'attuale fenomeno di deperimento del pino silvestre.

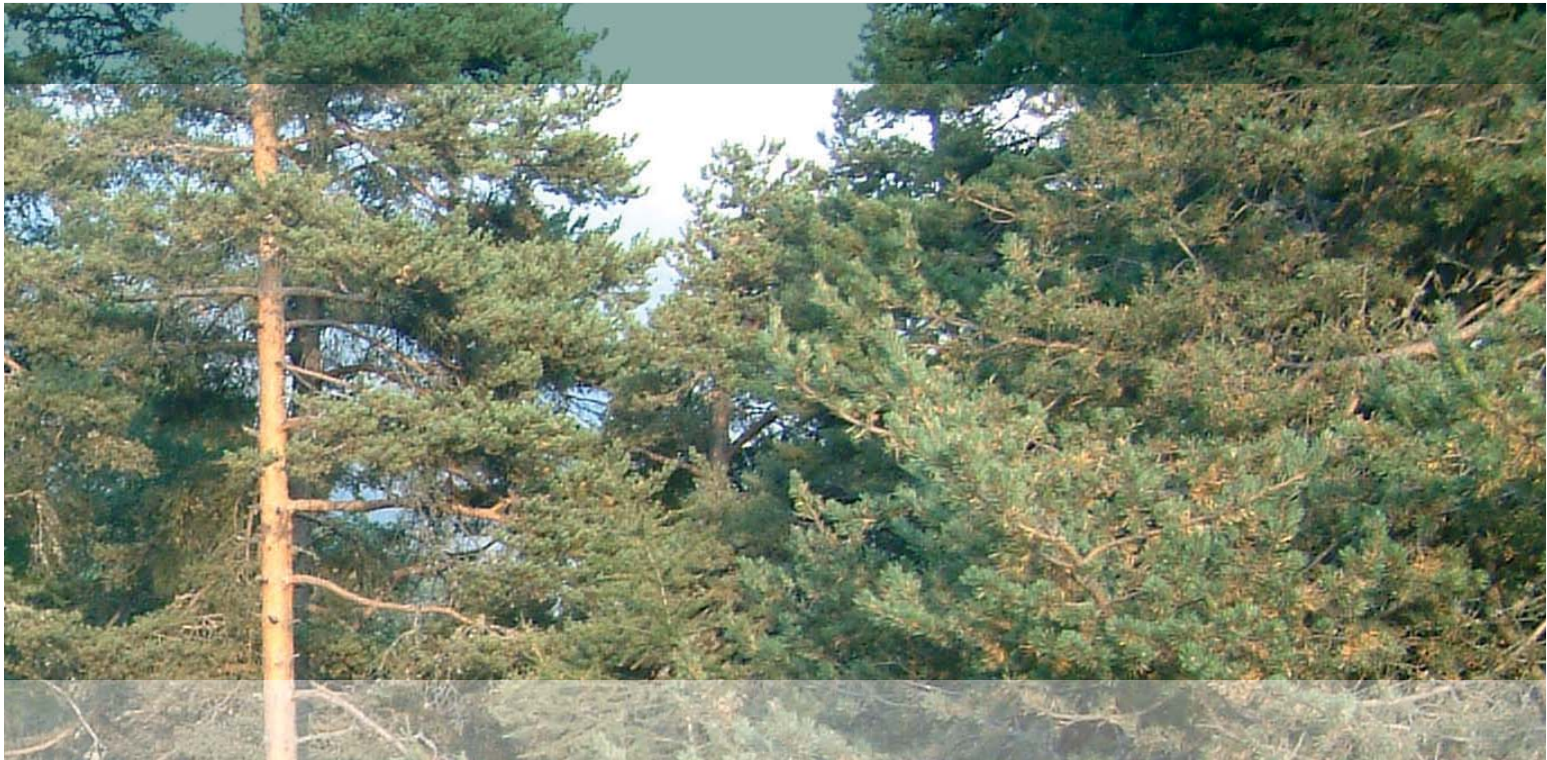
### Sintesi

**Sul 40% degli alberi deperienti in Svizzera erano presenti *Bursaphelenchus sexdentatus* e *B. mucronatus*. Mentre nessun nematode è stato riscontrato negli alberi sani o lievemente deperienti. Le due specie rilevate si sono dimostrate altamente patogene in seguito a prove di inoculazione su plantule in vivaio, specialmente a carico di individui già sofferenti in seguito a stress idrico.**

**Per contro, nematodi del genere *Bursaphelenchus* sono stati rinvenuti in Piemonte e in Valle d'Aosta sia in alberi deperienti o morti sia in piante sane. La bassa densità di inoculo fa ritenere che questi nematodi siano solo uno dei fattori che contribuiscono all'attuale fenomeno di deperimento del pino silvestre.**







# Strategie selvicolturali



## 5

## Strategie e proposte di intervento

La Pineta di pino silvestre è un sistema naturale in grado di fornire una vasta gamma di benefici alla società, sia sotto forma di prodotti che di servizi (Figura 5.1). La scelta della destinazione funzionale e il regime di gestione che ne consegue, volto ad assicurare la continuità dei servizi prestati dalla foresta (Figura 5.2), dipendono dalle caratteristiche dei popolamenti (densità, fertilità, qualità tecnologica), dalla dinamica naturale in atto (successione, deperimento più o meno rapido, regime di disturbi naturali), da fattori socio-economici (proprietà, caratteristiche del mercato locale e internazionale, domanda e

opinione pubblica) e tecnici (accessibilità, possibilità di esbosco, distanza dagli impianti di trasformazione).

Si ritiene pertanto necessario riassumere le funzioni principali svolte dalle Pinete (Paragrafo 5.1), che rappresentano il fine ultimo della gestione e che devono quindi giustificare l'indirizzo selvicolturale impartito ai popolamenti in fase o a rischio di deperimento. Seguirà una sintesi dei regimi selvicolturali tradizionalmente adottati per la gestione del pino silvestre (Paragrafo 5.3), che restano validi per i popolamenti immuni dal deperimento (Pinete mesalpiche pioniere, Pinete stabili di alta quota), sebbene opportunamente integrati dalle misure pre-



Figura 5.1 – Principali funzioni svolte dai popolamenti forestali (incluse le Pinete).

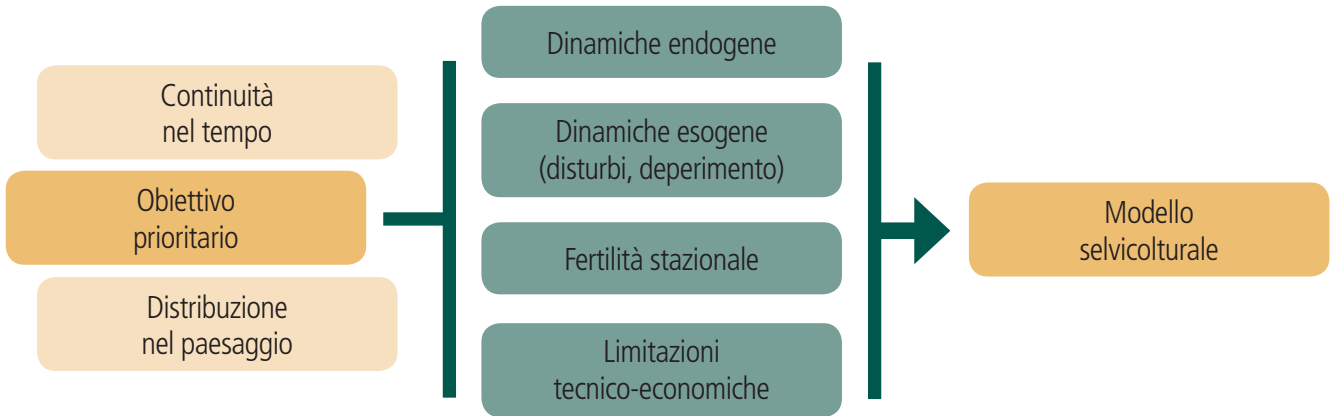


Figura 5.2 – Schema del processo decisionale per la scelta di modelli selvicolturali per le Pinete in transizione

ventive suggerite in questo volume nei confronti dei principali agenti di danno. Saranno infine delineate le principali linee di gestione per le Pinete che esibiscono un deperimento conclamato (Paragrafo 5.4.2) e per quelle sane, ma in condizioni di rischio a breve o medio termine (Paragrafo 5.4.1).

## 5.1. Funzioni delle Pinete

Nelle aree montane, quindi nella maggioranza delle Pinete, la funzione più diffusa è quella di protezione idrogeologica, che può essere prioritaria (foreste di protezione diretta) o associata ad altre, quali la pro-

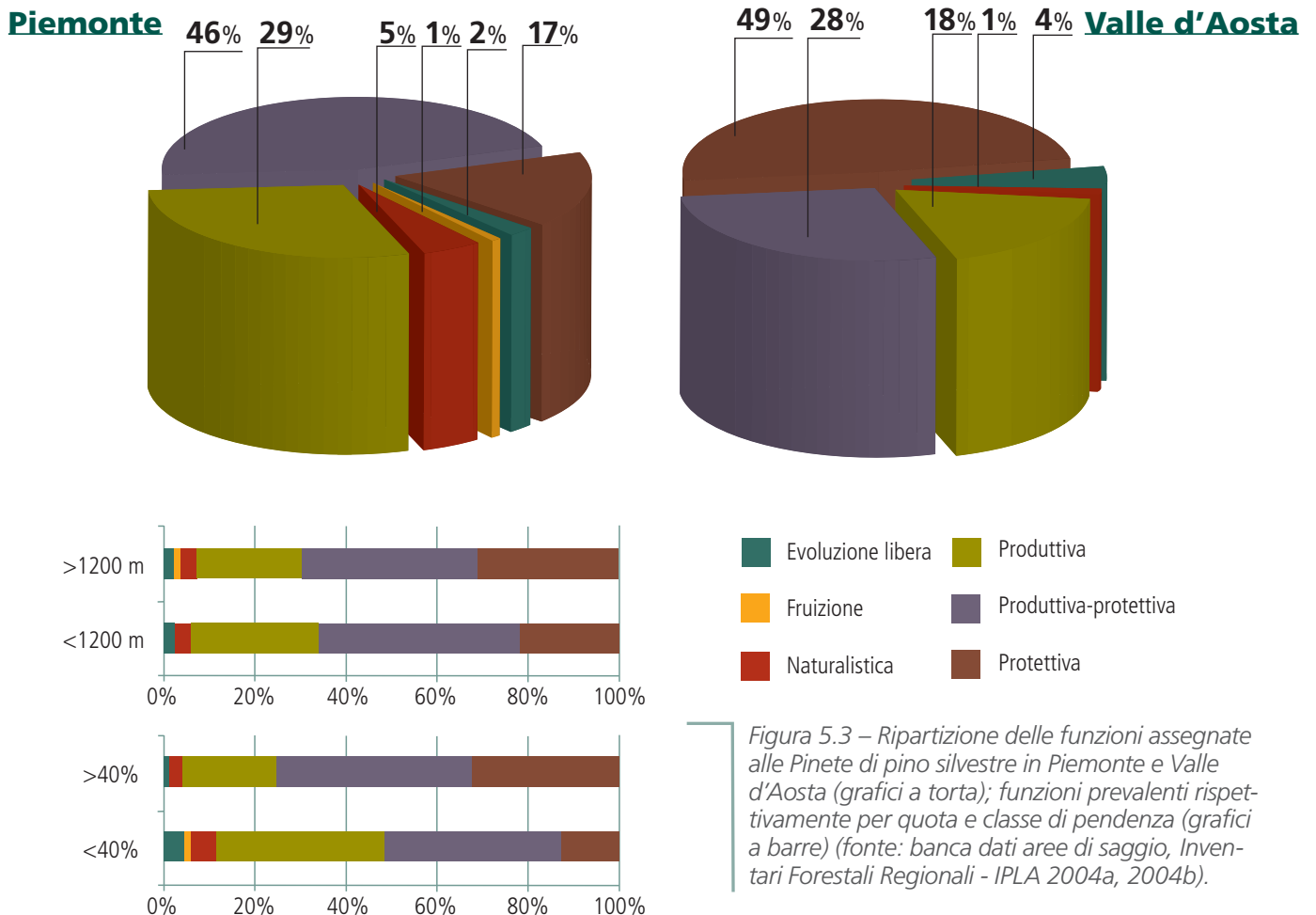


Figura 5.3 – Ripartizione delle funzioni assegnate alle Pinete di pino silvestre in Piemonte e Valle d'Aosta (grafici a torta); funzioni prevalenti rispettivamente per quota e classe di pendenza (grafici a barre) (fonte: banca dati aree di saggio, Inventari Forestali Regionali - IPLA 2004a, 2004b).

Tabella 5.1

**Pinete di pino silvestre di Piemonte e Valle d'Aosta**

Area forestale	Sup. Pinete	Tipo forestale prevalente
	ha	% aree di saggio
Alta Valle Orba e Valle Erro	471,0	Pineta dei rilievi collinari con orniello (50%)
Langa Astigiana, Val Bormida	10,5	Pineta dei rilievi collinari (100%)
Valle Varaita	52,1	Pineta mesalpica acidofila (100%)
Valle Maira	2375,3	Pineta mesalpica basifila (43,9%)
Valle Grana	414,0	Pineta mesalpica basifila (53,8%)
Valle Stura	396,0	Pineta endalpica mesoxerofila (76,9%)
Alta Val Tanaro Mongia Cevetta	360,8	Pineta mesalpica acidofila con castagno (50%)
Alta Langa montana, Langa est	788,6	Pineta dei rilievi collinari (81,5%)
Valli Antigorio e Formazza	404,6	Pineta mesalpica acidofila (50%)
Valle Vigezzo	1022,6	Pineta mesalpica acidofila (100%)
Val Grande, Alto Verbano, Val Cannobina	99,5	Pineta mesalpica acidofila (100%)
Valli Chisone e Germanasca	2443,0	Pineta mesalpica acidofila (63,8%)
Pinerolese Pedemontano, Val Sangone	669,4	Pineta mesalpica acidofila con castagno (50%)
Bassa Valle Susa e Val Cenischia	1134,2	Pineta mesalpica acidofila (52,4%)
Alta Valle di Susa	3411,2	Pineta endalpica basifila (46,7%)
Valli Cervo, Sessera, Mosso, Prealpi Biellesi	3,5	Pineta mesalpica acidofila con roverella (100%)
Baragge Novaresi	135,7	Pineta endalpica mesoxerofila con latif. (50%)
Pianura novarese	668,0	Pineta di brughiera (90%)
Valle d'Aosta	4875,0	Pineta endalpica basifila (27,9%)

Superficie totale a Pineta, tipo forestale prevalente, parametri dendrometrici medi (BA: area basimetrica, H dom: altezza dominante, RD: densità relativa), categoria strutturale e funzione prevalenti (percentuale sul totale delle aree di saggio), indice di priorità dell'intervento (0: nessuna, 10: immediato) delle Pinete di pino silvestre di Piemonte e Valle d'Aosta (fonte: banca dati aree di saggio, Inventari Forestali Regionali – IPLA 2004a, 2004b).

<b>BA</b>	<b>D medio</b>	<b>H dom</b>	<b>RD</b>	<b>Composiz.</b>	<b>Struttura</b>	<b>Funzioni</b>	<b>Urgenza</b>
m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	cm	m	%	% BA pino	categoria prevalente	(% aree di saggio)	
30,7	23,5	10,8	42%	95,3	Fustaia (50%)	Evoluzione libera (50%)	0
31,2	19,6	11,3	47%	63,3	Perticaia (100%)	Produttiva-protettiva (67%)	2
53,7	31,3	13,0	66%	47,7	Fustaia (100%)	Protettiva (100%)	0
29,8	19,6	14,2	44%	72,4	Fustaia (80%)	Produttiva-protettiva (74%)	3
29,1	25,3	15,8	39%	79,9	Fustaia (60%)	Produttiva-protettiva (54%)	5
37,4	24,7	15,2	51%	67,9	Fustaia (57%)	Protettiva (62%)	4
34,5	19,0	17,5	52%	38,0	Fustaia (75%)	Naturalistica (25%)	2
33,7	23,1	14,9	47%	63,3	Fustaia (74%)	Produttiva-protettiva (61%)	5
38,9	30,5	12,8	50%	72,5	Fustaia (67%)	Fruizione (25%)	4
29,5	20,2	16,1	43%	75,3	Fustaia (74%)	Produttiva (79%)	6
26,1	21,9	16,0	37%	67,3	Fustaia (100%)	Produttiva-protettiva (100%)	7
36,0	22,4	15,0	51%	77,6	Fustaia (59%)	Produttiva-protettiva (94%)	5
27,3	19,5	12,6	39%	85,5	Fustaia (55%)	Produttiva-protettiva (50%)	5
26,2	21,2	12,2	37%	84,9	Fustaia (71%)	Produttiva-protettiva (48%)	2
32,7	25,1	14,7	44%	82,3	Fustaia (82%)	Produttiva (49%)	7
48,8	31,0	18,0	59%	99,4	Fustaia (50%)	Produttiva-protettiva (100%)	0
26,4	21,3	23,5	38%	72,0	Fustaia (100%)	Produttiva (100%)	5
27,4	23,2	14,5	37%	75,4	Fustaia (56%)	Naturalistica (60%)	4
25,7	20,9	12,8	39%	93,5	Fustaia (64%)	Protettiva (50%)	4



Figura 5.4 – (a sinistra) Pineta di protezione diretta – Antey-Saint-André (Valle d'Aosta), efficace contro il rotolamento di massi (a destra)

duzione legnosa, la fruizione turistica, la destinazione naturalistica in zone a particolare valenza ambientale (Figura 5.3). La funzione estetico-paesaggistica è riconosciuta a tutti i boschi; per complessi di particolare importanza deve comunque essere evidenziata, potendo incidere sull'indirizzo selvicolturale e sui relativi criteri d'intervento.

La redazione degli Inventari Forestali Regionali di Piemonte e Valle d'Aosta ha fornito l'occasione per descrivere la "risorsa pino" nelle due Regioni in termini di composizione, caratteristiche quantitative e utilizzabilità e individuare la funzione prevalente delle Pinete nelle diverse Aree Forestali (Tabella 5.1). Le funzioni delle Pinete indicate qui di seguito seguono una suddivisione dettata da ragioni di chiarezza di esposizione. Non si deve però dimenticare che la gestione forestale deve essere improntata alla massima multifunzionalità possibile, integrando tra loro le indicazioni selvicolturali atte a perseguire l'uno o l'altro uso della risorsa.

### 5.1.1. Produzione di legno

Il valore e la destinazione del legname di pino silvestre dipendono dal portamento e dalla qualità dei fusti. In Piemonte e Valle d'Aosta solo una piccola parte di Pinete ha caratteristiche di pregio, dal momento che le Pinete stabili occupano prevalentemente stazioni marginali a fertilità limitata. Pertanto, il materiale ritraibile è frequentemente destinato a travature, cassetame e, nel migliore dei casi, alla falegnameria andante, mentre il legno proveniente da diradamenti

può essere utilizzato per la produzione di cellulosa da carta. Nella Regione Piemonte si stima che la massa prelevabile dalle Pinete nei prossimi 15 anni sia destinata per il 50% a tondame da lavoro, per il 13% a legna da ardere e per la parte restante (37%) ad assortimenti da triturazione (GOTTERO *et al.*, 2007). Nelle stazioni più fertili (Pinete di brughiera o mesalpiche) è possibile ottenere il legname di migliore qualità per assortimenti da opera. I tipi forestali più adatti alla produzione di legname da opera non sono generalmente interessati dal deperimento per ragioni climatiche o stagionali (assenza di agenti predisponenti). Questa destinazione richiede il mantenimento della dominanza della componente a pino – perseguibile senza difficoltà nelle Pinete primarie, ma più oneroso in quelle pioniere – mediante i modelli selvicolturali descritti al Paragrafo 5.2. L'obiettivo principale è rappresentato dal conseguimento delle dimensioni commerciali dei fusti e dal miglioramento delle caratteristiche tecnologiche del legno mediante la riduzione dei difetti. Ad esempio, la densità deve essere regolata in modo tale da evitare la mortalità naturale, ma al tempo stesso da produrre legname con pochi nodi (buona autopotatura) e anelli di accrescimento ridotti e regolari.

Infine, anche nelle Pinete potenzialmente poco interessate dal deperimento devono essere messi in atto gli accorgimenti fitosanitari descritti al Paragrafo 5.4.1 e volti a prevenire gli eventuali danni da insetti o da funghi dell'azzurramento o lignicoli, la cui presenza determina automaticamente l'assegnazione del tondo alla classe di qualità più modesta.

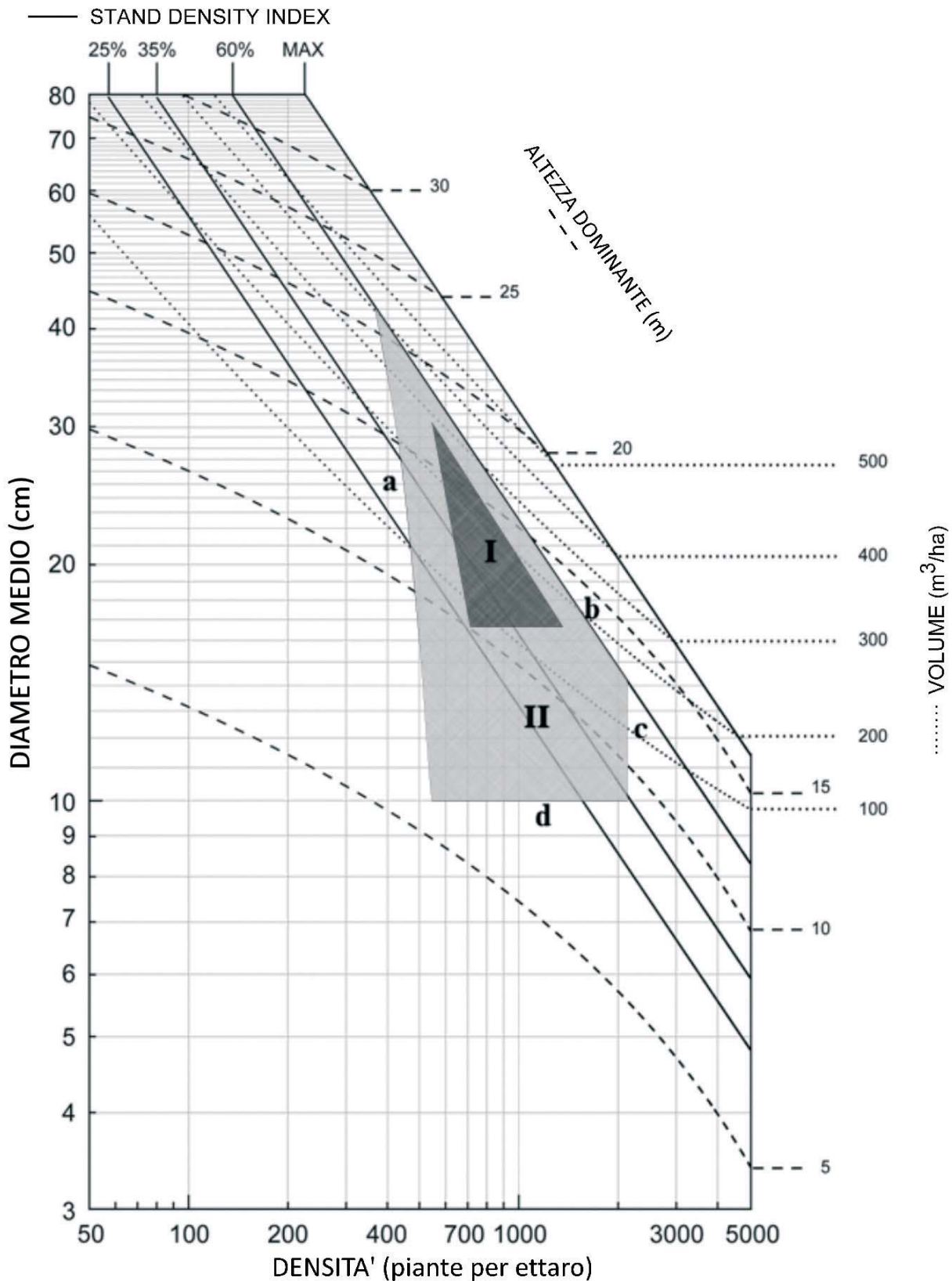


Figura 5.5 – Diagramma di gestione della densità per le Pinete di pino silvestre delle Alpi occidentali (modificato da VACCHIANO et al., 2008). Le linee del diagramma indicano le relazioni tra densità, diametro medio e volume (punti), altezza media (tratteggio) e i livelli-soglia di densità relativa (Stand Density Index % secondo REINEKE, 1933) per le fasi di chiusura delle chiome (25%), inizio della competizione (35%), inizio della mortalità dipendente dalla densità (60%) e massima competizione possibile (100%, linee continue). In grigio: le zone di ottima (I) e minima (II) funzionalità protettiva sono definite dal contemporaneo soddisfacimento dei seguenti requisiti: (a) distanza media tra gli alberi <30m, (b) densità relativa <0,50 (0,60 per la protezione minima), (c) coefficiente di snellezza medio <0,80 (0,90), (d) diametro medio minimo >(1/3 del diametro medio dei massi). I requisiti di densità minima sono automaticamente soddisfatti in entrambe le zone.

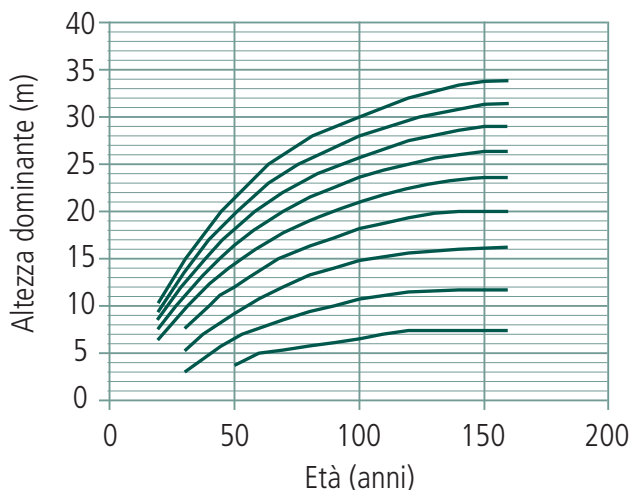


Figura 5.6 – Indice di fertilità (altezza dominante) per Pinete di pino silvestre di diverse classi di fertilità (fonte: WIEDEMANN, 1949).

### 5.1.2. Protezione idrogeologica generale e diretta

La funzione di protezione nei confronti dell'erosione e di regimazione delle acque superficiali viene svolta in modo generico da tutti i popolamenti forestali. Le foreste a monte di insediamenti umani o vie di comunicazione permanenti che svolgono una funzione di mitigazione o contenimento nei confronti di caduta e rotolamento massi, colate di fango e distacco di valanghe vengono definite foreste di protezione diretta (Figura 5.4).

Secondo i dati degli Inventari Forestali Regionali, le Pinete a destinazione protettiva o promiscua produttivo-protettiva ammontano a più del 70% del totale sia in Piemonte che in Valle d'Aosta. La metodologia definita presso il Dipartimento Agro.Selvi.Ter dell'Università di Torino nell'ambito del progetto Interreg IIIA Italia-Francia "Gestion durable des forêts de montagne à fonction de protection" ha permesso un'individuazione più oggettiva delle foreste a protezione diretta, producendo – per il momento solo in Valle d'Aosta – una cartografia in scala 1:10000 (MELONI *et al.*, 2006).

Il recente manuale di selvicoltura nelle foreste di protezione (Regione Autonoma Valle d'Aosta, Regione Piemonte, 2006) ha identificato, per le principali categorie forestali delle due Regioni, i parametri strutturali atti a definire le esigenze minime e ideali di protezione diretta nei confronti dei principali pericoli naturali (caduta massi, valanghe, lave torrentizie). È stata inoltre elaborata una scheda di valutazione che consente l'analisi rapida della stabilità selvicolturale e della funzionalità attuale e il suo confronto con lo

stato auspicato. A seconda dell'evoluzione prevista, sono formulati gli indirizzi selvicolturali che mirano al mantenimento nel tempo della funzione protettiva.

I parametri strutturali utili a promuovere la stabilità dei popolamenti e la loro efficacia protettiva possono essere sovrapposti a un modello grafico delle dinamiche forestali (*Density Management Diagram*). Tale strumento, di recente introduzione nella selvicoltura italiana ed europea, rappresenta l'evoluzione di popolamenti puri (o a grado di mescolanza costante) e coetaneiiformi, basandosi sulla loro densità relativa (Figura 4.18), cioè sulla prossimità del loro grado di affollamento a un massimo teorico. Questo viene tracciato sul diagramma mediante una linea che congiunge le combinazioni limite di densità e dimensioni medie degli alberi conseguibili in popolamenti di una certa specie (Figura 5.5). Il diagramma è completato da relazioni allometriche tra densità, diametro medio, provvigione, altezza dominante ed età (Figura 5.6). Le curve supplementari permettono di calcolare gli altri parametri dendrometrici, mentre la relazione tra altezza dominante ed età fornisce il tempo necessario al bosco per passare da uno stadio evolutivo al seguente. Lo sviluppo naturale dei popolamenti segue una curva che si avvicina indefinitamente al limite massimo, descrivendo una traiettoria di densità decrescente (mortalità per competizione) e dimensioni medie crescenti (invecchiamento).

Per utilizzare il diagramma (Figura 5.7) occorre identificare l'obiettivo gestionale desiderato – in questo caso la massimizzazione della funzionalità protettiva nei confronti della caduta massi (il pericolo naturale più frequente nelle Pinete di pino silvestre) – e i parametri strutturali che lo descrivono, qui compresi nell'area I (protezione ottimale) o II (protezione minima)<sup>(1)</sup>. Si localizza quindi sul diagramma il popolamento osservato in base ai suoi parametri strutturali. Infine, si designano gli interventi selvicolturali necessari a garantire l'espletamento della funzionalità desiderata nel modo più breve o efficace possibile: lo sviluppo del popolamento (che dopo ogni taglio può svilupparsi per un certo periodo senza mortalità da competizione) deve essere contenuto interamente nelle aree I o II.

La funzione di protezione diretta può essere ridotta o compromessa dal deperimento, che può modificare la struttura delle Pinete in un tempo relativamente breve a causa della mortalità. La funzione protettiva andrà comunque valutata a seconda della composizione

<sup>(1)</sup> È possibile, tuttavia, individuare ogni sorta di obiettivi produttivi o di altro tipo qualora questi siano associati a parametri strutturali quantitativi.



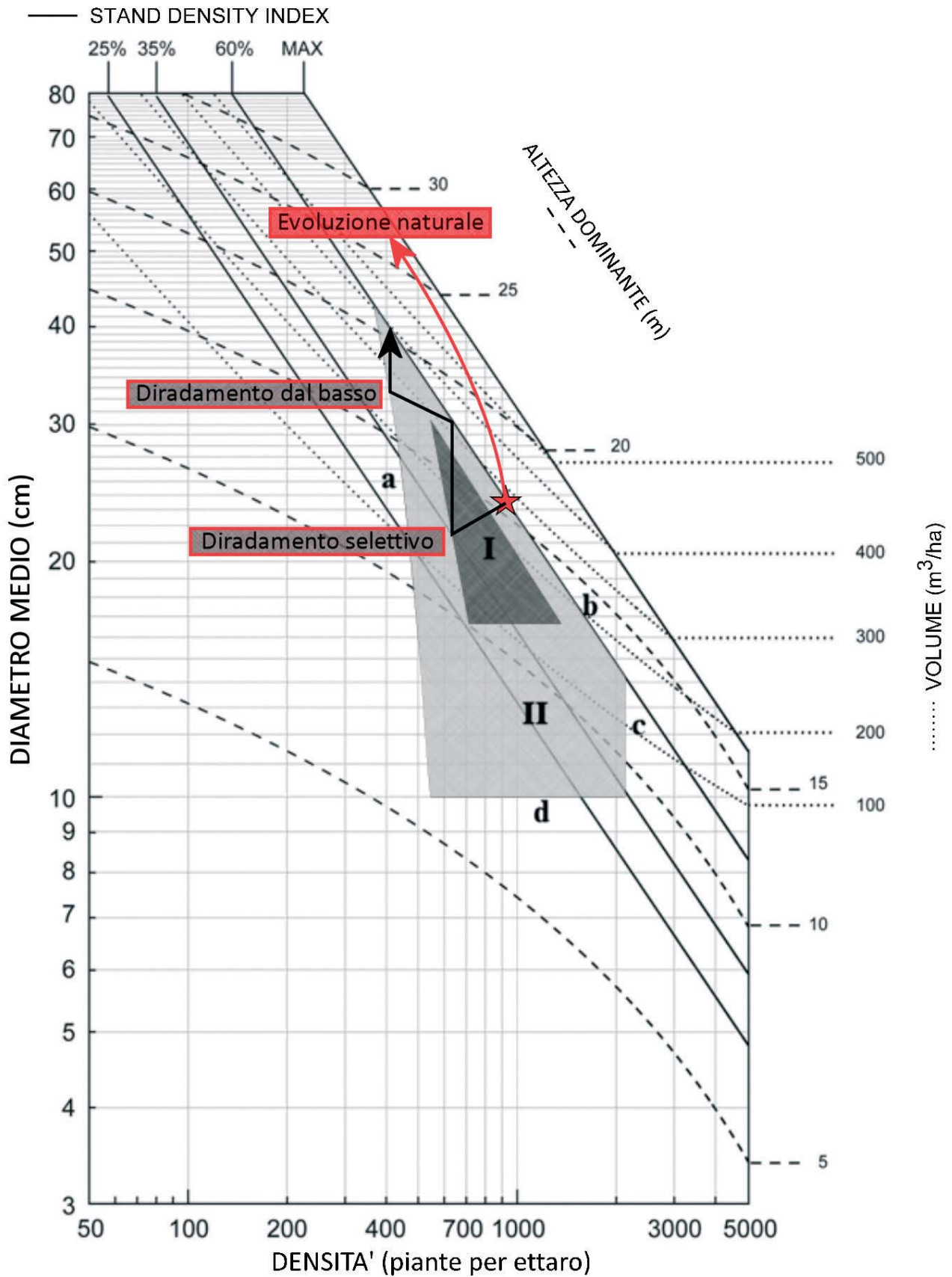


Figura 5.7 – Strategia selvicolturale per il mantenimento della funzione di protezione diretta in una Pineta compromessa. La stella indica le caratteristiche iniziali del popolamento, la freccia rossa la sua probabile evoluzione naturale. Le frecce nere corrispondono ad alcune delle strategie selvicolturali possibili per mantenere il più a lungo possibile il popolamento all'interno della zona efficace.



Figura 5.8 – Foresta di protezione diretta – Viège (Vallese); negli ultimi decenni la roverella ha sostituito il pino silvestre alle quote più basse, ma la funzionalità della foresta è inalterata.

specifico e della struttura dei popolamenti e in base al pericolo naturale nei cui confronti è diretta la protezione. In genere, una Pineta a maggior componente di latifoglie può garantire la continuità della funzione protettiva nei confronti della caduta massi, grazie alla maggiore resilienza e alla capacità pollonifera dei fusti di latifoglie (Figura 5.8).



In particolare le Pinete con piano dominato a latifoglie (cedui composti, cedui in via di conversione o fustaie miste) situate su terreni a forte pendenza devono essere oggetto di particolare attenzione per la loro instabilità meccanica. Per ridurre il rischio di crolli, è opportuno non prolungare eccessivamente il turno nei cedui a regime, rimuovendo in tutti i casi le matricine troppo espanse o ramosi per le quali è più probabile il ribaltamento.

Se la rapidità del processo di deperimento fosse tale da creare dei “tempi morti” tra lo stadio a Pineta e quello a foresta mista, sarà necessario intervenire con misure di stabilizzazione temporanea dei versanti (palificate, reti paramassi, collocazione di tronchi in direzione trasversale rispetto alla massima pendenza o taglio di ceppaie ad altezza superiore al metro) (Regione Autonoma Valle d’Aosta, Regione Piemonte, 2006).

### 5.1.3. Funzioni naturalistica e turistico-ricreativa

La funzione di conservazione della biodiversità, degli habitat naturali e seminaturali è svolta da tutti i boschi, anche da quelli di origine artificiale. La prevalente

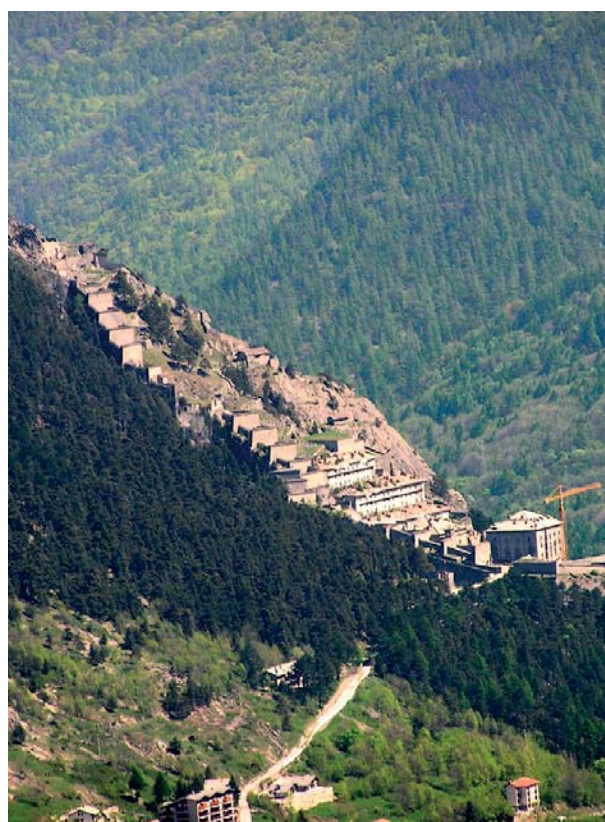


Figura 5.9 – Usi della Pineta meritevoli di conservazione: (a sinistra) i popolamenti in cui si effettuava la raccolta della resina, praticata fino alla seconda guerra mondiale, formano oggi paesaggi culturali di rilevanza storica – Toceno (Valle Vigezzo, Verbania). (a destra) La Pineta di Fenestrelle (Valle Chisone, Torino), iscritta nel Libro nazionale dei boschi da seme (n. 86).



Figura 5.10 – Pineta “a parco” in un’area attrezzata per la fruizione turistica – Trasquera (Valle Divedro, Verbania).

destinazione naturalistica compete in particolare ai boschi inseriti in aree protette (parchi e riserve naturali nazionali, regionali e provinciali, biotopi, siti d’interesse comunitario), agli ambiti rilevanti per complessità, rarità, vulnerabilità degli ecosistemi presenti (compresi gli habitat di specie vegetali o animali di accertata rarità) o per la presenza di evidenze storiche di pregio o paesaggi culturali, alle aree che hanno aspetti di monumentalità o altre caratteristiche meritevoli di conservazione, quale la produzione di seme e materiale di propagazione (Figura 5.9). Ciascuna di queste eventualità dovrà essere valutata caso per caso; una prevalente rilevanza naturalistica dovrà guidare la gestione selvicolturale mediante gli interventi ritenuti più idonei per salvaguardare l’emergenza specifica individuata.

La destinazione ricreativa comprende aree ad alta frequentazione turistica, in cui prevale la funzione sociale del bosco, in genere di proprietà pubblica, intesa sia come ricreazione e sosta in aree attrezzate, sia come percezione paesaggistica e funzione didattica. Dove più accessibile, la Pineta è bosco ricreativo di prim’ordine, perché facilmente percorribile e generalmente povera di vegetazione arbustiva. Laddove la Pineta riveste una funzione diretta

e attiva nei confronti del turismo, le operazioni selvicolturali mirano ad aumentarne il grado di fruizione e di godimento (pur tenendo conto delle altre funzioni esercitate dal bosco stesso). Se da un lato può essere desiderabile nascondere alla vista gli interventi selvicolturali più intensi per non generare una falsa sensazione di impatto negativo ai danni della foresta, dall’altro la presenza di necromassa al suolo e di strutture verticali articolate crea un senso di disagio e viene spesso confusa con l’abbandono e l’assenza di gestione. I boschi più graditi per la fruizione sono quelli radi, con grandi alberi, a sottobosco scarso e con radure, ovvero le fasce marginali dei boschi stessi (Figura 5.10). Nelle Pinete, specialmente quelle che rappresentano una fase pioniera della successione, tale struttura può essere mantenuta, in aree selezionate, mediante opportuni interventi selvicolturali che rallentino la dinamica naturale.

## 5.2 Modelli selvicolturali

I modelli gestionali consigliati dai più recenti inventari delle risorse forestali (CAMERANO *et al.*, 2007; GOTTERO *et*

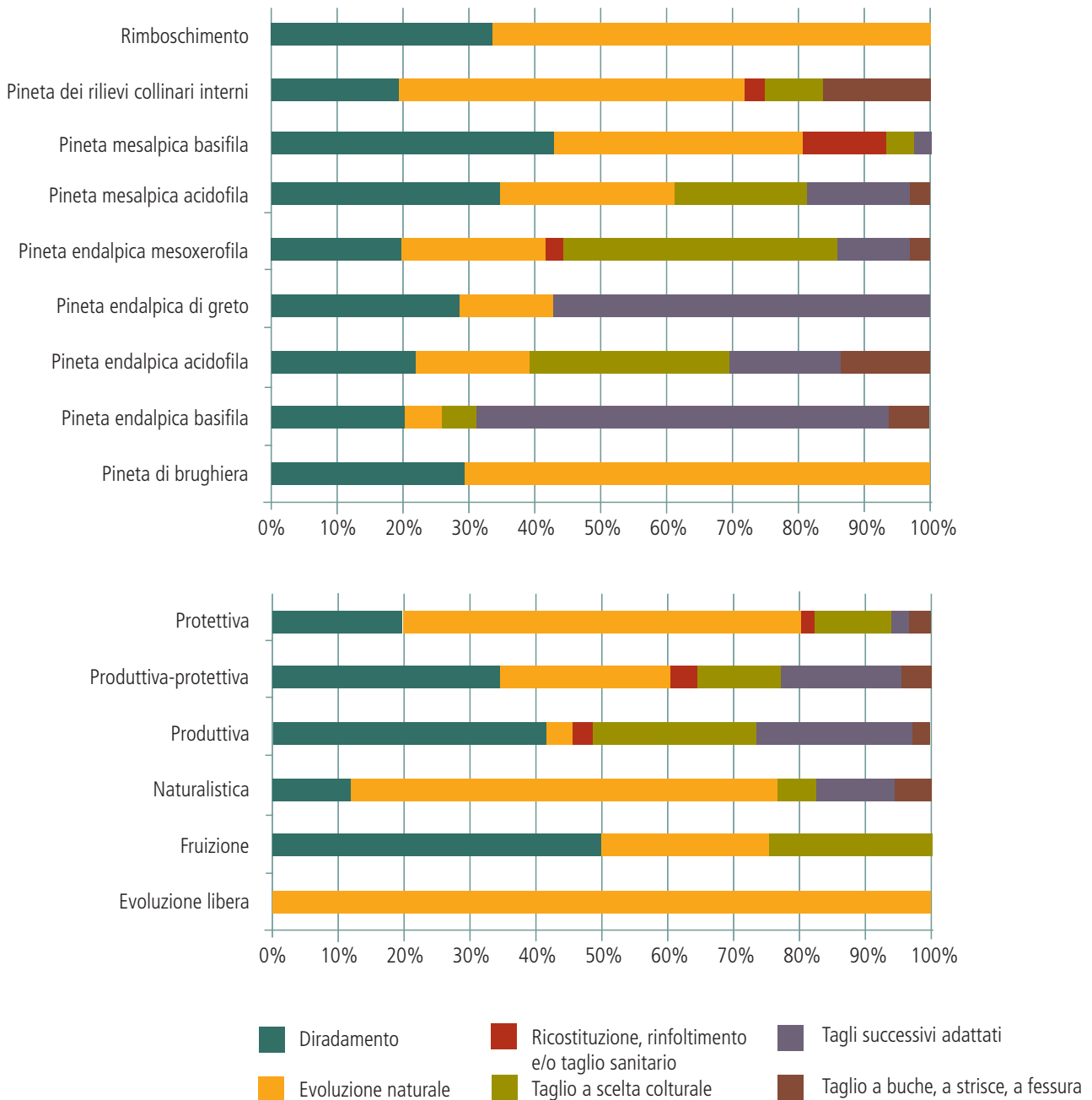


Figura 5.11 – Tipo di intervento selvicolturale raccomandato per le Pinete di pino silvestre in Piemonte e Valle d'Aosta in funzione (in alto) del tipo forestale e (in basso) della destinazione funzionale (fonte: banca dati aree di saggio, Inventari Forestali Regionali – IPLA 2004a, 2004b).

al., 2007) (Figura 5.11) consigliano per le Pinete l'applicazione delle seguenti alternative selvicolturali:

1. Pinete di brughiera e rimboschimenti artificiali: diradamenti a breve termine (nella prospettiva di una loro prossima utilizzazione) o evoluzione controllata, che lascia spazio alle specie definitive.
2. Pinete dei rilievi collinari: ridotte in genere a porzioni limitate del territorio ed escluse dagli obiettivi di produzione, sono spesso lasciate senza gestione. La

ricostituzione di questi popolamenti a fini naturalistici può semmai giustificare interventi energici quali il taglio raso a buche, specialmente in popolamenti stramaturi.

3. Popolamenti produttivi (Pinete di greto, Pinete endalliche): gestione a tagli successivi per mantenere la Pineta nel tempo. L'evoluzione naturale controllata o il taglio a scelta culturale possono assecondare la successione verso le specie definitive.

4. Pinete a finalità protettiva e naturalistica: la maggior parte è destinata a evoluzione libera. Sebbene ciò possa trovare giustificazione nella mancata convenienza degli interventi, l'assenza di gestione potrebbe dare origine a strutture indesiderate per le funzioni cui tali popolamenti sono destinati, creando rischi per la loro stabilità o favorendo la diffusione degli agenti di deperimento. In particolare, si sconsiglia di destinare a evoluzione libera i popolamenti di protezione diretta.

## Sintesi

**La modalità di gestione delle Pinete in deperimento dipende dalla funzione prioritaria della foresta e mira ad assicurarne la continuità nel tempo.**

**La scelta della destinazione funzionale dipende dalle caratteristiche stazionali, da fattori socio-economici e tecnici.**

**Il valore del legname di pino silvestre dipende dalla qualità dei fusti, attualmente non molto buona in Piemonte e Valle d'Aosta; il materiale è frequentemente destinato a travature, cassette, falegnameria andante o a cellulosa per carta. Nelle stazioni più fertili è possibile ottenere legname di migliore qualità.**

**Le foreste di protezione diretta, di cui il 15% è rappresentato da Pinete di pino silvestre, sono descritte dai parametri strutturali atti a massimizzare l'efficacia contro i principali rischi naturali (caduta massi, valanghe, lave torrenzie). Le caratteristiche che conferiscono stabilità alla foresta sono di primaria importanza e la gestione selvicolturale consiste nella loro valutazione e miglioramento. Mediante i *Density Management Diagram* è possibile prevedere l'evoluzione di popolamenti puri, confrontarla con l'obiettivo gestionale e pianificare gli interventi selvicolturali necessari a garantire l'espletamento della funzionalità desiderata.**

**La funzione di conservazione della biodiversità compete ai boschi in aree protette, agli ambiti rilevanti per la vulnerabilità degli ecosistemi presenti, ai paesaggi culturali o a quelli deputati alla produzione di seme.**

**Dove più accessibile, la Pineta è bosco ricreativo di prim'ordine; le operazioni selvicolturali mirano ad aumentarne la fruibilità.**

## 5.3. Selvicoltura nelle Pinete non soggette a deperimento

Nel complesso, la gestione delle Pinete in Piemonte e Valle d'Aosta ha come obiettivo il miglioramento della struttura e della stabilità dei popolamenti, assecondando, ove in atto, il naturale processo di successione e conservando il pino nei popolamenti stabili o con modeste potenzialità di sviluppo, per sfruttare la migliore competitività della specie nei confronti delle concorrenti. Una componente a pino può essere mantenuta anche nei popolamenti in successione a motivo della sua elevata resistenza (e resilienza) ai fattori esogeni di disturbo quali vento, neve, incendi o caduta di massi.

I modelli selvicolturali tradizionali per il pino silvestre prevedono in genere l'applicazione di sistemi basati sull'imitazione di disturbi naturali che, determinando ampie aperture nella copertura, permettano la messa in rinnovazione dei popolamenti. Il metodo di rinnovazione attualmente più diffuso è il taglio successivo a piccoli gruppi. Il taglio di sementazione è energico (60-70% della biomassa presente) ed effettuato praticando aperture simili a fessure (1000-2500 m<sup>2</sup>) disposte a mosaico su tutta la particella oggetto della martellata (Figura 5.12). Il periodo di rinnovazione è compreso tra 10 e 30 anni (DOTTA, MOTTA, 2000).

La rinnovazione naturale di pino è assicurata sino a quando il sottobosco è composto da radi arbusti e da un tenue strato erbaceo facilmente scarificato durante l'utilizzazione. La perpetuazione del pino in boschi con denso



Figura 5.12 – Tagli successivi a piccole buche in una Pineta endalpica – Oulx (Alta Valle Susa, Torino).



Figura 5.13 – Un denso strato inferiore a castagno impedisce la rinnovazione del pino silvestre in una Pineta di brughiera – Borgo Ticino (Novara).

sottobosco erbaceo o arbustivo (ericacee) o con uno strato inferiore arboreo affermato (faggio, castagno, roverella, ecc.) è in genere favorita dal taglio raso su piccole superfici con rinnovazione artificiale posticipata (Figura 5.13).

Nelle aree continentali, qualora venga confermata la tendenza all'innalzamento in quota della zona favorevole alla germinazione del pino in conseguenza dei cambiamenti climatici, occorrerà scegliere se facilitare l'ingresso del pino nelle Peccete e nei Lariceti soprastanti, mediante tagli di rinnovazione energici e diradamenti selettivi a carico delle specie diverse dal pino, oppure mantenere una copertura colma per favorire la composizione specifica preesistente.

Nelle regioni mesalpiche, le specie definitive (faggio e abeti nel piano montano superiore, querce, castagno e

latifoglie nobili alle quote inferiori) hanno una buona potenzialità di insediamento. Qualora le specie definitive non fossero ancora affermate, si possono prevedere tagli di rinnovazione mirati alla diversificazione strutturale della Pineta e alla creazione di condizioni microstazionali favorevoli al loro ingresso. Il mantenimento di una componente a pino nei popolamenti definitivi è comunque possibile, grazie alla longevità della specie e alla sua prontezza nel ricolonizzare aree disturbate (Figura 5.14). Sebbene tale obiettivo non asseconi le dinamiche naturali e richieda una costante gestione attiva, all'occorrenza potranno essere previsti tagli più energici in zone limitate dei popolamenti maturi.

Nelle Pinete monoplane e dense di origine naturale o artificiale, a rischio di crollo per l'elevata mortalità da

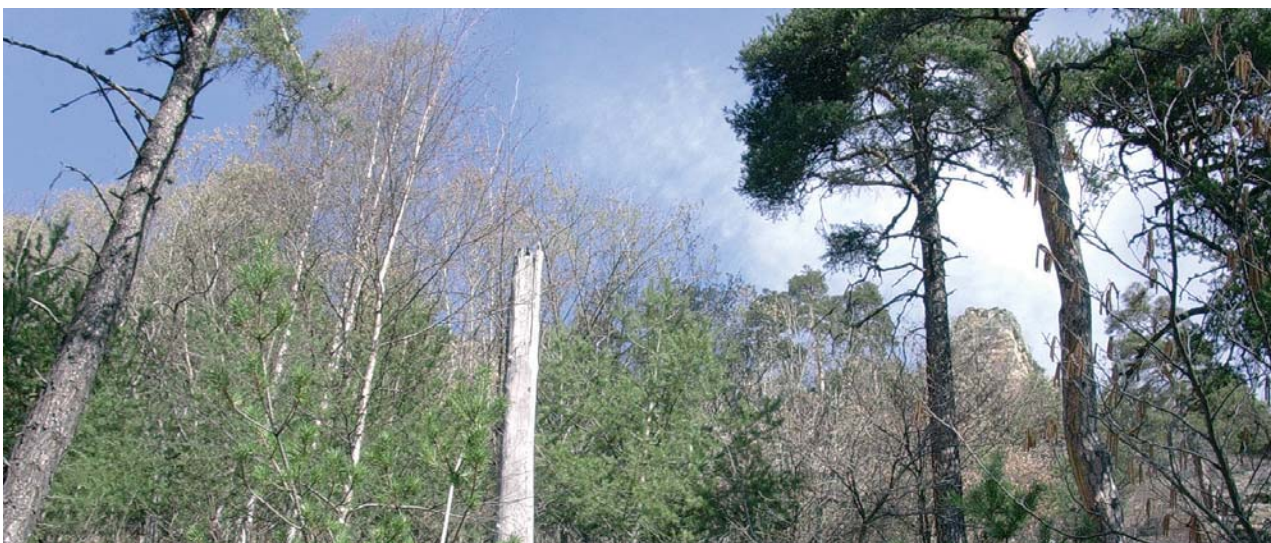


Figura 5.14 – Pronta rinnovazione di pino silvestre in una radura all'interno di una Pineta endalpica – Oulx (Alta Valle Susa, Torino).

competizione (Figura 5.15 in alto), la stabilità può essere migliorata con diradamenti tempestivi, più efficaci se selettivi. L'intensità del diradamento dipende dall'età del soprassuolo e dalla necessità di mantenere una densità minima, ad esempio in foreste di protezione diretta (Figura 5.15 a destra). Un parametro utile al fine di valutare la stabilità degli alberi di un popolamento e la loro attitudine a essere messi in luce è il coefficiente di snellezza (rapporto tra altezza e diametro). Nei soggetti in cui esso supera il valore di 100 vi è una sicura labilità fisica che li rende inadatti a essere reclutati come alberi d'avvenire e indica la necessità di particolare prudenza nel diradamento.

I tagli intercalari sono particolarmente importanti anche nei boschi a funzione produttiva, al fine di produrre fusti di buon portamento e qualità tecnologica. Nelle Pinete più fertili (pioniere), dove la massa finale può raggiungere i 350 m<sup>3</sup>/ha a 100 anni di età, DEL FAVERO (2004) suggerisce uno sfollo a 10-12 anni (50% dei soggetti) seguito da un diradamento basso a circa 40 anni (o più precoce alle quote meno elevate), che riduca il numero degli individui a 1200-1500 per ettaro. I diradamenti selettivi, soprattutto in giovane età, sono più efficaci di quelli dal basso (FAVETTA, 1996). Questi ultimi, infatti, non aggiungono nulla all'azione della competizione, che nello stadio di perticaia è già in grado di favorire l'affermarsi dei soggetti dominanti anche in assenza di tagli intercalari.

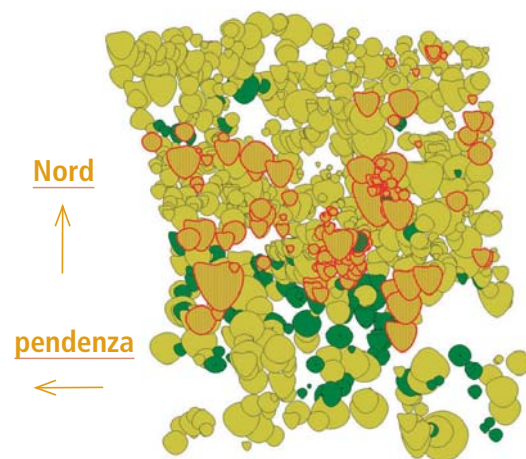
#### 5.4. Gestione delle Pinete in deperimento

L'incertezza legata all'evoluzione del clima, la vasta diffusione delle foreste suscettibili al deperimento e la complessità delle interazioni tra gli agenti di stress fanno sì che non possa essere suggerito un modello selvicolturale univoco. In generale, la conservazione della risorsa "Pineta" sarà perseguita in modo efficace mediante un mosaico territoriale di strutture e strategie di gestione differenti, in modo da dotare l'ecosistema di un'ampia possibilità di risposta ai cambiamenti in atto. Tali risposte potranno essere monitorate sul campo in aree sperimentali, in modo da verificare tempestivamente le strategie dimostrate più efficaci, correggerle se necessario e applicarle ai popolamenti da gestire.

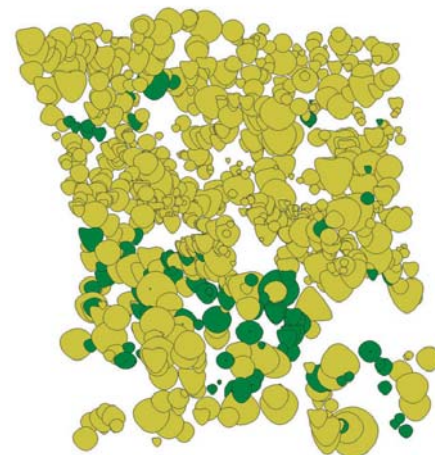
La gestione deve integrare misure di contenimento e prevenzione delle emergenze fitosanitarie (agenti scatenanti) con azioni volte a eliminare o attenuare l'influenza dei fattori predisponenti, che hanno una natura principalmente selvicolturale (Figura 5.16). Occorre decidere se limitare il danno, mantenendo per quanto possibile la salute della Pineta, o assecondare invece un processo che in molti casi non è altro che una dinamica naturale, favorendo le specie meglio adattate ai nuovi regimi climatici.



**Prima dell'intervento**

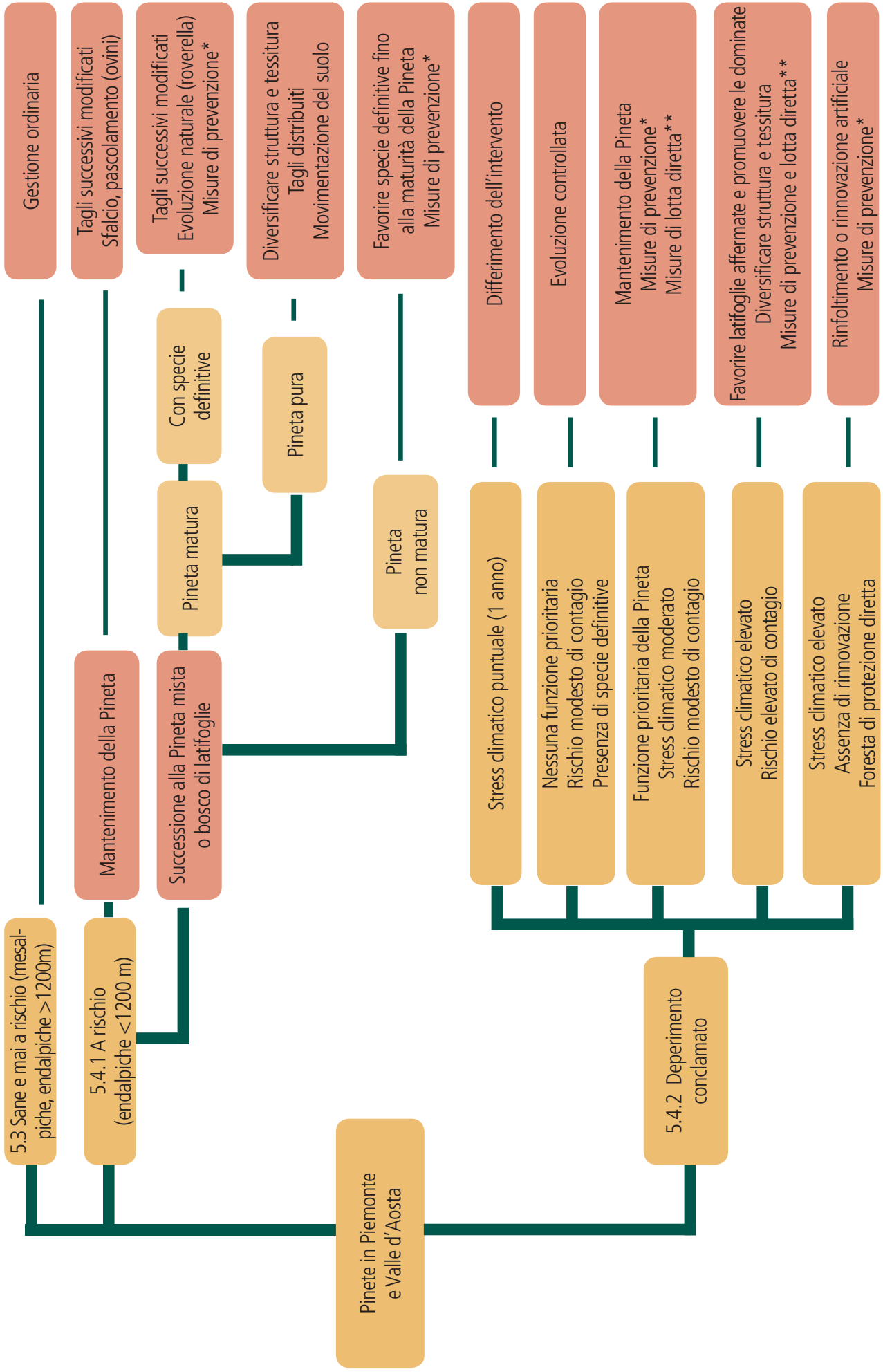


**Dopo l'intervento**



■ conifere   ■ latifoglie   ■ piante da prelevare

Figura 5.15 – (in alto) Perticaia di pino silvestre ad elevata densità; la stabilità è minima e richiede un intervento urgente – Aymavilles (Valle d'Aosta). (in basso) Proposta di diradamento in una Pineta mesalpica acidofila con funzione di protezione diretta – Antey-Saint-André (Valle d'Aosta) (modificato da Regione Autonoma Valle d'Aosta, Regione Piemonte, 2006).





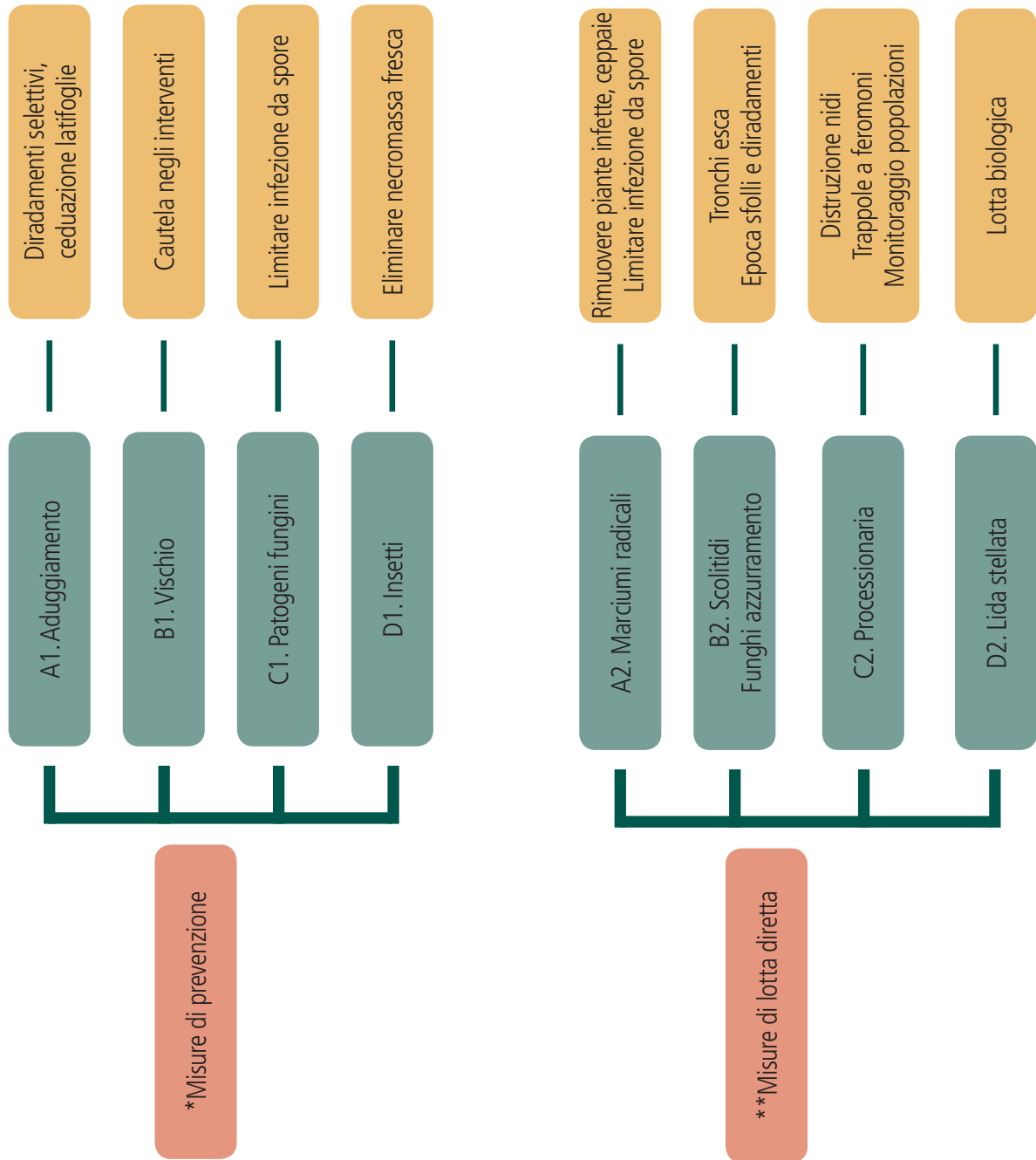


Figura 5.16 – (Pagina precedente) schema decisionale per l'adozione di misure selvicolturali in Pinete di pino silvestre. (Questa pagina) misure di prevenzione e di lotta diretta contro gli agenti di stress riportati nel testo.

### 5.4.1 Pinete a rischio di deperimento

Come prima misura, è opportuno dotare la selvicoltura ordinaria di accorgimenti atti ad aumentare la resistenza e la resilienza dei popolamenti sani, ma a rischio di deperimento, cioè le Pinete endalpine sotto i 1200 m di quota, dove più forte è l'influenza dello stress idrico acuto e cronico.

Per attenuare l'impatto di un bilancio idrico sfavorevole, in siti sottoposti a regolare aridità stagionale o in conseguenza di annate siccitose, è possibile regolare la modalità e l'intensità dei tagli di fine turno, tenendo conto delle conseguenze di questi a carico della disponibilità di luce e acqua per la rinnovazione del pino silvestre e delle altre specie coinvolte nella successione:

- Ridurre l'ampiezza delle buche sottoposte al taglio (entro i limiti di irradiazione richiesti dal pino silvestre) rende le condizioni stazionali meno favorevoli all'insediamento di erbe e arbusti eliofili, molto competitivi per le risorse idriche.
- Orientare le buche e modulare l'epoca del taglio (Tabella 5.2) consente di evitare le esposizioni più calde e secche e abbreviare il più possibile il periodo tra il taglio e l'insediamento della rinnovazione (in primavera), suscettibile al rischio di stress idrico.
- Diminuire l'intensità del taglio di sementazione per mantenere una moderata copertura al suolo, oppure prolungare il periodo di rinnovazione fino all'avvenuta affermazione dei semenzali (entro i

limiti consentiti dalle esigenze di irradiazione del pino silvestre), permette di ridurre la competitività di erbe e arbusti, facilitando l'azione di soppressione del piano dominante nei confronti degli strati di vegetazione inferiori.

Nelle stazioni più soggette al deficit idrico o agli altri fattori di stress predisponente, il mantenimento a lungo termine del pino silvestre come specie principale è una scelta di difficile attuazione, data la rapidità dei cambiamenti climatici in atto. Per attenuare la competizione della vegetazione erbacea e arbustiva per le risorse idriche e i nutrienti (Figura 5.17) può essere efficace l'asportazione fisica dei piani inferiori di vegetazione. Lo sfalcio è un'operazione costosa, che oggi è giustificabile solo nei rari casi in cui i benefici superino i costi sostenuti (ad esempio su pendenze non elevate ed in zone con buona accessibilità). Il pascolamento ovino controllato può essere reintrodotta ed è efficace laddove la componente a latifoglie non sia ancora affermata. D'altra parte, un pascolamento troppo intenso può avere conseguenze negative sulle caratteristiche fisiche e chimiche del suolo, specialmente in stazioni a fertilità limitata.

In alternativa al mantenimento della Pineta, il bosco misto (ad esempio con roverella) si adatta meglio alle caratteristiche climatiche e stazionali (quindi è più difficilmente sotto stress) ed è meno soggetto alle gradazioni di insetti o alla propagazione epidemica di agenti fungini. Se la Pineta è prossima alla maturità e le specie definitive sono già presenti nel piano dominato o presentano un buon potenziale di

Tabella 5.2

#### Ore di luce al suolo in funzione della stagione e dell'esposizione delle buche nella regione alpina.

<b>Sud-Est</b>	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Agosto-Aprile															
Luglio-Maggio															
Giugno															
<b>Sud-Ovest</b>	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Settembre-Marzo															
Agosto-Aprile															
Giugno-Maggio															



Figura 5.17 – Lo strato erbaceo (a sinistra) e quello arbustivo (a destra) possono aggravare il deperimento in Pinete continentali a causa della loro maggiore competitività per le risorse idriche – Saint-Denis (Valle d'Aosta); Visp (Vallese).

rinnovazione, il taglio di utilizzazione, accompagnato dalle misure descritte in seguito, può favorire decisamente le latifoglie. Si tratta non tanto di sgomberare il soprassuolo a pino, quanto di adattare l'intensità del taglio di sementazione alle caratteristiche della rinnovazione, aprendo piccole buche dove i nuclei di latifoglie sono già affermati e mantenendo invece una maggiore copertura per favorire l'insediamento della roverella (specie di mezz'ombra nelle fasi giovanili) dove necessario.

L'evoluzione libera è sufficiente a favorire la roverella laddove il bilancio idrico è sfavorevole solamente nel periodo estivo (Figura 5.18). Questa specie, se opportunamente favorita o lasciata all'evoluzione naturale, può accompagnare o sostituire il pino silvestre nel garantire la continuità della copertura forestale (seppure rada e di bassa statura).

Qualora le specie definitive fossero del tutto assenti, si



Figura 5.18 – La roverella e l'orniello conservano una buona vitalità in una Pineta deperiente dei rilievi collinari interni – Piana Crixia (Alta Valle Bormida, Savona).

consiglia di diversificare la struttura orizzontale e delle età mediante tagli distribuiti nel popolamento, ma differenti per dimensioni e intensità, accompagnati dalla movimentazione del suolo in seguito all'esbosco.

Nelle Pinete non giunte a maturità, ancora sane ma sottoposte a stress cronici, si consiglia una gestione prudente, che favorisca la partecipazione delle specie definitive o meglio adattate alla stazione (ove presenti), ma senza accelerare più del necessario il cambiamento di specie dominante.

### Misure preventive

Le seguenti misure preventive (Figura 5.16) consentono, tranne che nelle stazioni ad aridità estrema, il mantenimento di Pinete vitali e sufficientemente strutturate per continuare a svolgere le funzioni richieste, fino alla loro senescenza e alla loro naturale successione:

**A1.** In Pinete eccessivamente dense, la competizione per la luce è un fattore di instabilità meccanica e di indebolimento degli alberi, che sono così maggiormente soggetti all'attacco di insetti e patogeni secondari (es. funghi dell'azzurramento). La mortalità per autodiradamento costituisce tuttavia un processo naturale di tutti i popolamenti forestali. Le piante colpite sono in genere quelle più aduggiate, che non rappresentano in nessun caso l'avvenire del popolamento. A seconda della loro destinazione d'uso, i popolamenti potranno dunque essere lasciati liberi di svilupparsi secondo le loro dinamiche naturali, oppure diradati allo scopo di promuovere il vigore degli individui rilasciati e migliorare la stabilità meccanica del popolamento (ad esempio in foreste di protezione diretta). I diradamenti dal basso sono sconsigliati



Figura 5.19 – Grave infestazione di vischio in una Pineta deperiente – Visp (Vallese).

perché, eliminando gli individui già selezionati negativamente dalla competizione, hanno scarsa efficacia, specialmente se effettuati in popolamenti a sviluppo già avanzato (oltre lo stadio di perticaia). Si consigliano invece, ove necessari, diradamenti moderatamente selettivi, mirati ai gruppi più densi all'interno della Pineta, ma sempre di bassa intensità per non favorire l'insediarsi di erbe o arbusti nelle aperture, che peggiorerebbero il già mediocre bilancio idrico del sito.

Se la competizione è esercitata da latifoglie definitive, il loro ingresso nel popolamento può essere ritardato mediante cure colturali per favorire la rinnovazione di pino (sfolli e ripuliture a carico della componente a latifoglie). Le latifoglie da seme, che hanno già raggiunto il piano dominante o codominante possono essere rilasciate in numero adeguato ad assicurare la rinnovazione da seme in vista della trasformazione della Pineta da pura a mista.

**B1.** Se la Pineta si trova in prossimità di aree colpite dal vischio, il diradamento o il taglio di utilizzazione devono essere condotti con particolare cautela. Aumentando la penetrabilità del popolamento,

questi interventi spingono l'infestazione sugli alberi che restano, accelerando così la dinamica del parassita. Al contrario, se si mantiene una densità elevata, l'eventuale infestazione colpisce solamente gli alberi più esposti (dominanti, vicini a radure, in cresta) (Figura 5.19). Se l'obiettivo è la rinnovazione della Pineta, è auspicabile evitare i tagli in prossimità delle zone fortemente attaccate per evitare di infestare i pini in rinnovazione.

**C1.** Contenere le infezioni da spore è poco efficace contro *Armillaria* spp., che infetta le piante tramite le rizomorfe presenti nel suolo, ma è di estrema importanza contro *Heterobasidion* spp. che infetta anche tramite spore. Livelli di inoculo sufficienti all'infezione sono presenti nella maggior parte delle Pinete alpine soprattutto se localizzate in aree a clima umido. Il contenimento delle infezioni da spore è perseguibile:

I. Procedendo agli abbattimenti e ai diradamenti in foresta nei mesi invernali o primaverili, quando il rischio di infezione da spore è nullo o ancora limitato (Figura 5.20).

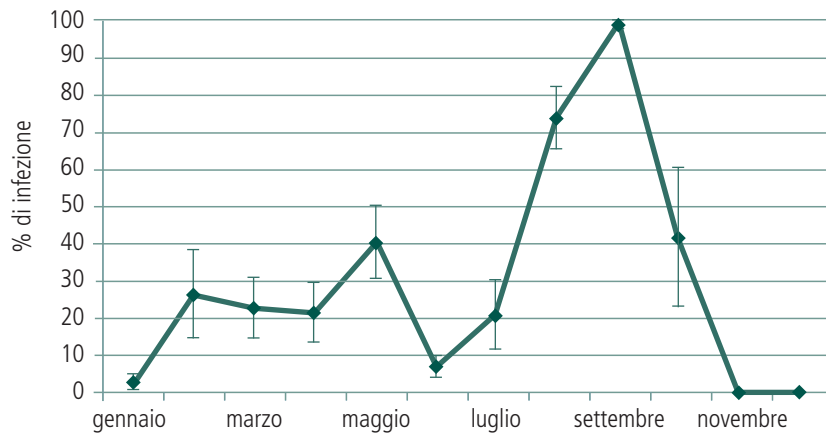


Figura 5.20 – Rischio di infezione stagionale di ceppaie da parte di spore di *Heterobasidion spp.* in foreste delle Alpi occidentali (modificato da GONTHIER et al., 2005).

- II. Trattando la superficie delle ceppaie subito dopo il taglio con prodotti chimici o biologici. Può essere consigliato l'uso di urea al 30% di concentrazione (Figura 5.21) (NICOLOTTI, GONTHIER, 2005; GONTHIER et al., 2007b).
- III. Prestando attenzione nel corso delle operazioni di taglio ed esbosco a non provocare lesioni sulle radici o sul fusto.

Nelle Pinete miste il contenimento delle infezioni da spore dovrebbe limitare l'infezione non solo del pino, ma anche di altre specie. Spesso, infatti, nelle Pinete sono presenti spore non solo di *Heterobasidion annosum sensu stricto*, specializzato sul pino silvestre, ma anche di *Heterobasidion parviporum* Niemelä et Korhonen e di *Heterobasidion abietinum* Niemelä et Korhonen, specializzati rispettivamente sull'abete rosso e sull'abete bianco (GONTHIER et al., 2001).

- D1. Per non favorire la moltiplicazione dei blastofagi del pino è opportuno esboscare gli alberi abbattuti prima della sciamatura (marzo per *T. piniperda*, aprile per *T. minor*). Diversamente, il legname rimasto nel bosco deve essere scortecciato o, se possibile, cippato *in loco* prima della metà di maggio (fine sciamatura di *T. piniperda*) o di giugno (fine sciamatura di *T. minor*) al fine di distruggere le eventuali uova deposte e le larve in sviluppo. Anche la disponibilità di materiale legnoso fresco nelle vicinanze del popolamento in conseguenza di schianti, incendi, infezioni fungine, defogliazioni può favorire la moltiplicazione del blastofago. Sono dunque valide tut-

te le misure atte a prevenire, per quanto possibile, il verificarsi di disturbi su ampia scala (Paragrafo 4.1.6) e quelle dirette ad esboscare o scortecciare al più presto possibile il materiale legnoso fresco eventualmente presente in prossimità del popolamento oggetto di gestione.



Figura 5.21 – Trattamento di una ceppaia con urea al 30% di concentrazione.

### 5.4.2 Pinete in fase di deperimento conclamato

Le Pinete in fase di deperimento conclamato esibiscono nuclei di mortalità per piante isolate o a gruppi in tutte le classi dimensionali. La trasparenza delle chiome è marcatamente eterogenea, con piante sane accanto a piante, anche dominanti, vistosamente defogliate o con trasparenza superiore al 40%. Prima di prendere una decisione, si raccomanda di accertarsi che quanto osservato sia il risultato di un'effettiva sindrome da deperimento, cioè dell'interazione di più fattori causali, e non di una manifestazione epidemica più semplice, che potrebbe essere contenuta con i soli metodi di lotta diretta suggeriti di seguito.

Le risposte gestionali a questa fase del deperimento possono essere: (I) l'eliminazione precoce della Pineta deperiente; (II) l'astensione dall'intervento per assecondare la successione (evoluzione controllata) o (III) l'applicazione di misure attive per promuovere la vitalità e la stabilità della Pineta (Figura 5.16). La scelta della destinazione da perseguire deve essere valutata caso per caso e dipende da:

- presenza e vigoria delle specie definitive;
- presenza di portaseme vitali di pino;
- rapidità e intensità del deperimento;
- necessità di assicurare la funzione di protezione diretta o altre funzioni prioritarie;
- andamento climatico attuale e previsto;
- emergenze fitopatologiche in corso.

Tranne che nei casi di singole annate sfavorevoli dal punto di vista climatico (eventualità in cui la situazione può migliorare l'anno successivo), le decisioni riguardo al futuro del popolamento non devono essere rimandate. In caso contrario, vi è il rischio di un costante peggioramento delle condizioni fitosanitarie e della stabilità della Pineta sotto l'azione continuata dei fattori predisponenti di stress.

#### Alternative selvicolturali

L'ipotesi di lasciare il popolamento all'evoluzione controllata è ipotizzabile solo nelle seguenti condizioni:

- le funzioni della Pineta non richiedono la continuità della copertura;
- la presenza di alberi morti in piedi e a terra è tollerabile;
- non sono presenti nelle vicinanze Pinete a rischio di attacco biotico;
- il deperimento è accelerato dalla pressione competitiva delle specie definitive.

In assenza di questi requisiti è necessario ricorrere alla gestione attiva. Se le latifoglie sono già affermate e ben strutturate (verticalmente e orizzontalmente), andranno favorite, rispettando alcuni accorgimenti preventivi (Paragrafo 5.4.1) e operando con la massima cautela. L'apertura di buche potrebbe infatti favorire la vegetazione erbacea o arbustiva con un ulteriore peggioramento del bilancio idrico della stazione.

Qualora invece occorra promuovere uno strato di latifoglie dominato, è possibile regolare le condizioni di luce mediante un alleggerimento dello strato dominante a pino, che può prendere la forma di un diradamento uniforme o di un taglio di sementazione leggero con prolungato periodo di rinnovazione.

Qualora infine le specie definitive fossero del tutto assenti, si consiglia di diversificare la struttura delle età e del popolamento, specialmente dove questo è ancora possibile (stadio di perticaia, Pinete a deperimento non troppo avanzato) mediante tagli distribuiti nel popolamento, ma differenziati per dimensioni e intensità, accompagnati dalla movimentazione superficiale del suolo.

Nelle situazioni maggiormente compromesse (deperimento avanzato, assenza di rinnovazione di pino e di specie definitive, funzione di protezione diretta sotto immediata minaccia) si può ricorrere al rinfoltimento sotto copertura o alla rinnovazione artificiale dopo un taglio localizzato, favorendo le latifoglie per la loro maggiore tolleranza all'ombra e la minor suscettività al deperimento. È possibile mantenere una parte della copertura a pino se le specie impiantate hanno temperamento più sciafilo (ad esempio la roverella da giovane) e se questo non rappresenta una minaccia immediata per le condizioni fitosanitarie generali. L'impianto deve essere effettuato con semi o postime (a seconda del rischio di crisi da trapianto) esclusivamente in autunno, un periodo più favorevole alla rinnovazione nei siti continentali per l'abbondanza di precipitazioni e l'attenuarsi dello stress idrico. È opportuno utilizzare provenienze autoctone oppure, se queste presentano elevata sensibilità a qualche agente di deperimento, valutare la disponibilità di provenienze resistenti agli agenti biotici responsabili o meglio adattate allo stress idrico (studi attualmente in corso). Sono consigliabili le seguenti misure di accompagnamento:

- protezione con barriere artificiali contro il brucamento da ungulati (se presenti);
- lavorazioni del suolo o sistemazioni localizzate all'atto della messa a dimora per ottimizzare la risorsa idrica;
- contenimento della vegetazione erbacea concorrente;
- messa a dimora di postime già affermato se si prevede una competizione erbacea troppo intensa.

### Lotta agli agenti di deperimento

È necessario attuare misure di lotta diretta nei confronti degli agenti responsabili del deperimento (Figura 5.16) qualora si intenda prolungare la permanenza della Pineta, o nell'eventualità che l'azione dei fattori scatenanti si estenda ai popolamenti circostanti più sensibili. La lotta agli agenti biotici, di applicazione più immediata, si effettua sia regolando l'epoca e la modalità dei tagli in funzione della presenza e della stagionalità del ciclo vitale degli organismi implicati, sia eliminando i focolai di infezione. Le strategie di seguito elencate hanno però un'efficacia limitata nel tempo, eliminando o contenendo l'emergenza fitosanitaria, ma non incidendo sullo stress cronico che continuerà ad indebolire gli individui e a predisporli all'azione di nuovi fattori di stress acuto.

**A2.** Per contenere gli agenti di marciume radicale (Paragrafo 4.2.1) è raccomandabile abbattere le piante morte o infette. L'opportunità di esboscare i pini morti in piedi deve essere comunque valutata caso per caso, in funzione del ruolo della foresta, della stabilità del versante e del pericolo di aumento del potenziale di inoculo in seguito alla disponibilità *in situ* di legno morto. Nonostante si tratti di un'operazione costosa e raramente eseguita in campo, la rimozione delle ceppaie è consigliata quando la pianta è infetta da *Heterobasidion* spp. poiché questo fungo si propaga per contatto radicale a piante limitrofe. Nelle foreste attaccate da *Heterobasidion* spp. è consigliabile adottare le misure per il contenimento delle infezioni da spore già descritte per le Pinete a rischio di deperimento (punto C1).

**B2.** Per entrambe le specie di *Tomicus* è di uso comune, quando la densità di popolazione è molto elevata (decine di germogli che seccano su ogni pianta), collocare dei tronchi esca con corteccia ruvida per *T. piniperda* e sottile e liscia per *T. minor*, da scortecciare al momento opportuno, prima dello sfarfallamento della nuova generazione (metà giugno per *T. piniperda*, metà luglio per *T. minor*) (SCHWENKE, 1982). Il metodo dei tronchi esca, confrontato con l'impiego di insetticidi e di feromoni attrattivi, si è rivelato il più idoneo per contrastare le pullulazioni dei *Tomicus*; si è inoltre potuto constatare che tronchi esca collocati lungo le piste carrozzabili sono risultati efficaci e facili da controllare.

Dovendo effettuare uno sfollo, occorre eseguirlo prima che le piante formino una corteccia più ruvida (altezza 2.5 m circa). I diradamenti sono un'occasione per catturare gli adulti ovideponenti, a patto di effettuarli alla fine della sciamatura (metà maggio per *T. piniperda*, metà giugno per *T. minor*) e terminarli entro metà giugno, in modo che il legno morto fresco, essiccando in tempo, blocchi le larve

in sviluppo. L'anno successivo questo materiale legnoso non sarà più attrattivo per gli individui che sciameranno. I mezzi di contenimento degli attacchi da Scolitidi sono efficaci anche per limitare le infezioni dei funghi agenti dell'azzurramento dell'alburno (Paragrafo 4.2.1).

**C2.** Per la lotta alla processionaria, la distruzione dei nidi nei mesi invernali rappresenta attualmente il metodo più efficace e dal minor impatto ambientale. Due sono le tecniche utilizzate: la prima consiste nell'asportare i nidi dalle piante infestate fino a circa 4 m di altezza e distruggerli con il fuoco. Oltre tale altezza i nidi vengono distrutti sparando con un fucile caricato a pallini del 10. Questi due metodi sono utilizzabili in relazione alla densità dei nidi, fino ad un massimo di 150 nidi ad ettaro asportabili facilmente, o 40 nidi eliminabili con il fucile (MAKSYMOW, 1978). Quest'ultimo tipo di lotta risulta particolarmente difficile poiché si dovrebbe attuare nelle ore in cui la temperatura esterna è inferiore a -10°C, al fine di favorire la morte per congelamento delle larve presenti nel nido distrutto.

Si tratta comunque di una lotta da condursi a livello di interi comprensori, con ingente impiego di manodopera e senza tregua per almeno tre o quattro anni al fine di eliminare anche gli individui diapausanti. In Valle d'Aosta nel decennio 1970-1980 furono raccolti dal Corpo forestale regionale 293535 nidi di processionaria (FOCARILE, 1983). Dopo alcuni anni di minore infestazione, la presenza della processionaria in Valle d'Aosta risulta ancora allarmante; ciò dimostra la necessità di un costante monitoraggio e di un'incessante raccolta dei nidi.

La lotta per confusione sessuale e la raccolta massale dei maschi adulti con trappole a feromoni consentono di ridurre sensibilmente l'infestazione, ma non di eliminarla. Questo metodo è applicabile in Pinete isolate nei mesi primaverili ed estivi. Nelle primavere successive sarà fondamentale continuare il monitoraggio dell'insetto per eliminare con le trappole a feromoni i possibili individui diapausanti ed immigranti e, negli inverni successivi, gli eventuali nidi presenti. Gli adulti sono attratti dalla luce, quindi, là dove vi siano possibilità di allacciamenti alla rete elettrica, si possono adoperare, nei mesi di giugno e luglio, lampade a basso consumo energetico per la cattura (CAVALCASELLE, DE BELLIS, 1981).

**D2.** La lotta alla lida stellata (*Acantholyda posticalis*) è invece assai difficile: in passato sono stati usati soprattutto insetticidi, in genere irrorati da terra o con mezzi aerei, indirizzando l'intervento contro gli stadi larvali più giovani e contro gli adulti. Metodi più recenti si orientano verso la lotta biologica, attuata

con diverse strategie: favorire gli uccelli insettivori (nidi artificiali in bosco) e la formica rossa (*Formica rufa* L.); allevare e rilasciare l'Imenottero oofago *Tricogramma* spp.; trattare il terreno con formulati a base del nematode parassita *Neoaplectana janickii* Weiser et Köhler.

- E2.** Come descritto in precedenza (Paragrafo 5.4.1), la lotta al vischio è difficilmente praticabile con mezzi diretti: la raccolta è onerosa e gli abbattimenti delle piante infette rischiano di favorire il propagarsi del parassita. L'unica prescrizione in caso di infestazione in atto è di eseguire con estrema cautela gli interventi selvicolturali e di mettere in atto le misure già citate per alleviare lo stress idrico cui le piante sono soggette.

## Sintesi

I metodi di rinnovazione tradizionali per il pino silvestre sono basati sul taglio raso e sui tagli successivi, con turni variabili tra 60 e 130 anni. La gestione tradizionale ha come obiettivo il miglioramento strutturale, assecondando l'affermazione delle specie definitive e mantenendo la componente a pino solo nelle Pinete stabili o dove richiesto da particolari esigenze funzionali.

Tali strategie devono essere adattate al fine di assicurare la sostenibilità della risorsa "Pineta" anche in presenza degli agenti del deperimento, o quantomeno di gestire la transizione a nuove comunità vegetali senza che si interrompa il flusso di servizi prestati all'uomo dall'ecosistema forestale.

Le Pinete pioniere del settore mesalpico non presentano gravi problemi; qui la gestione mira ad accelerare la già rapida successione verso le specie definitive. Nelle aree continentali, le Pinete stabili di alta quota hanno un bilancio idrico equilibrato, mentre quelle di bassa quota sono da considerarsi a rischio. Sono suggerite le misure di lotta atte a prevenire il manifestarsi dei principali agenti scatenanti il deperimento (funghi, insetti e vischio). Qualora si rendesse necessario riequilibrare un bilancio idrico sfavorevole è possibile regolare la disposizione, l'epoca e l'intensità dei tagli, tenendo conto delle conseguenze a carico della disponibilità di luce e acqua per la rinnovazione. Laddove il bilancio idrico è sfavorevole solamente nel periodo estivo, la roverella presenta ancora buone potenzialità di colonizzazione, mentre è prevedibile un

L'azione negativa dei fattori predisponenti è assai difficile da contrastare. Possono essere attuate tutte le misure volte ad attenuare la competizione per le risorse idriche, già descritte per le Pinete a rischio. Tuttavia, nei casi di deperimento più avanzato il mantenimento della Pineta è una scelta pressoché impraticabile: a fronte di un intensificarsi dei mutamenti climatici le soluzioni proposte perderebbero ulteriore efficacia. Saranno allora da considerarsi a rischio sia la permanenza delle Pinete più stabili (anche a quote maggiori), sia la continuità della copertura forestale di quelle miste, anche con latifoglie termofile. Nelle stazioni più aride la fase terminale del deperimento potrebbe condurre a una vegetazione di tipo steppico anche entro alcuni decenni (KIENAST, 1991).

**innalzamento in quota della zona favorevole alla germinazione del pino silvestre.**

I casi di immediata criticità sono rappresentati dalle Pinete endalpiche a bassa quota in fase di deperimento conclamato, in particolare dove non siano ancora affermate specie di sostituzione. Sono indicate le principali strategie di lotta diretta, da applicarsi nell'immediato dove siano evidenti i segni di un attacco biotico, anche per ridurre il potenziale di inoculo e quindi il pericolo per i popolamenti confinanti. Il mantenimento del pino è comunque di difficile attuazione; le uniche strategie in grado di prolungarne la permanenza consistono nel ridurre la competizione per l'acqua esercitata dalla vegetazione erbacea e arbustiva, mediante la lavorazione superficiale del suolo o la reintroduzione del pascolamento ovino controllato. Ogni intervento mirato a favorire la componente a latifoglie deve essere effettuato appena possibile, ma con la massima cautela. Nelle situazioni maggiormente compromesse si può ricorrere al rinfoltimento sotto copertura o alla rinnovazione artificiale posticipata, favorendo le latifoglie ma mantenendo una componente a pino nelle stazioni favorevoli. L'impianto deve essere effettuato in autunno con provenienze autoctone e accompagnato dallo sfalcio della vegetazione erbacea concorrente e dalla protezione dal brucamento da parte degli ungulati.

A fronte di un intensificarsi dei mutamenti climatici sono da considerarsi a rischio sia le Pinete più stabili sia i popolamenti misti o a prevalenza di latifoglie alle quote più basse.



## Conclusioni

# 6

I cambiamenti su vasta scala a carico della superficie forestale, come il deperimento di una o più specie, sono generalmente determinati da una combinazione di fattori climatici, influenze antropiche e interazioni biotiche locali che agiscono su diverse scale spaziali e temporali (SPIES, 1998).

I processi responsabili della mortalità, dei cambiamenti strutturali e di composizione specifica in corso nelle Pinete alpine possono avere diverse origini, non necessariamente patologiche. Le dinamiche forestali qui descritte rappresentano per la maggior parte processi naturali di regolazione delle successioni, seppure fortemente influenzati dall'uomo, che stanno conducendo molte Pinete pioniere a evolversi in popolamenti di specie definitive (altre conifere ad alta quota, la roverella a bassa quota). Un secondo fattore è rappresentato dai danneggiamenti indotti dai disturbi naturali: se colpiscono la componente adulta dei popolamenti, favoriscono in genere la perpetuazione del pino silvestre, specie spiccatamente pioniera; se interessano invece la rinnovazione (come ad esempio il brucamento), le loro conseguenze sulla composizione futura del bosco dipendono da quali sono le specie maggiormente danneggiate.

L'intensità e la rapidità di questi fenomeni possono essere, tuttavia, amplificate dai recenti cambiamenti climatici che esercitano le loro conseguenze a scala di individuo, di popolamento, di paesaggio e della specie nel suo complesso (PENUÉLAS, FILELLA, 2001; THEURILLAT, GUISAN, 2001; WALTHER, 2002; PENUÉLAS, BOADA, 2003).

Sebbene il pino silvestre sia caratterizzato da uno spiccato pionierismo e da una buona resistenza alla siccità, è stato dimostrato che lo stress idrico prolungato esercita un effetto negativo sull'accrescimento, causa un'anormale riduzione della vitalità (defogliazione), deprime

la produzione di seme e la probabilità di insediamento della rinnovazione. Tali effetti variano nel corso dello sviluppo del popolamento, ma sembrano più accentuati dopo la completa chiusura delle chiome, un periodo critico in cui è maggiore la competizione per le risorse idriche e i nutrienti (SOKOLOV, 1961). Nonostante l'incertezza sull'andamento del clima nel prossimo futuro, ogni aumento supplementare di temperatura, in particolare nel periodo estivo, e la maggiore variabilità delle precipitazioni accresceranno il rischio di stress idrico durante la stagione vegetativa, indebolendo il pino silvestre soprattutto alle quote inferiori, ostacolando l'insediamento della rinnovazione e predisponendo gli individui adulti a essere attaccati da insetti o patogeni secondari in grado di determinarne un rapido declino della vitalità (Figura 6.1). L'aumento delle temperature e l'alterazione dei regimi di precipitazione generati dal cambiamento climatico (PRICE, HASLETT, 1995; SCHÄR *et al.*, 2004; SOLOMON *et al.*, 2007) contribuiranno al deperimento del pino anche in modo indiretto, alterando le dinamiche di popolazione degli insetti lignicoli (WERMELINGER, SEIFERT, 1998, 1999) e dei nematodi (TOMICZEK, 1996), amplificando la nicchia ecologica del vischio (DOBBERTIN *et al.*, 2005a) che può causare un ulteriore stress idrico a individui già indeboliti, o ancora modificando il regime dei disturbi naturali (DALE *et al.*, 2001) e specialmente la frequenza e l'intensità degli incendi, la quale determinerebbe inoltre una maggiore possibilità di colonizzazione da parte degli insetti (PARKER *et al.*, 2006).

La competizione esercitata dalle latifoglie, in particolare dalla roverella che è dotata di una maggiore resistenza alla siccità estiva, può inoltre accentuare la diminuzione di vitalità del pino, specialmente in seguito ai cambiamenti di uso del suolo che hanno visto in molte Pinete

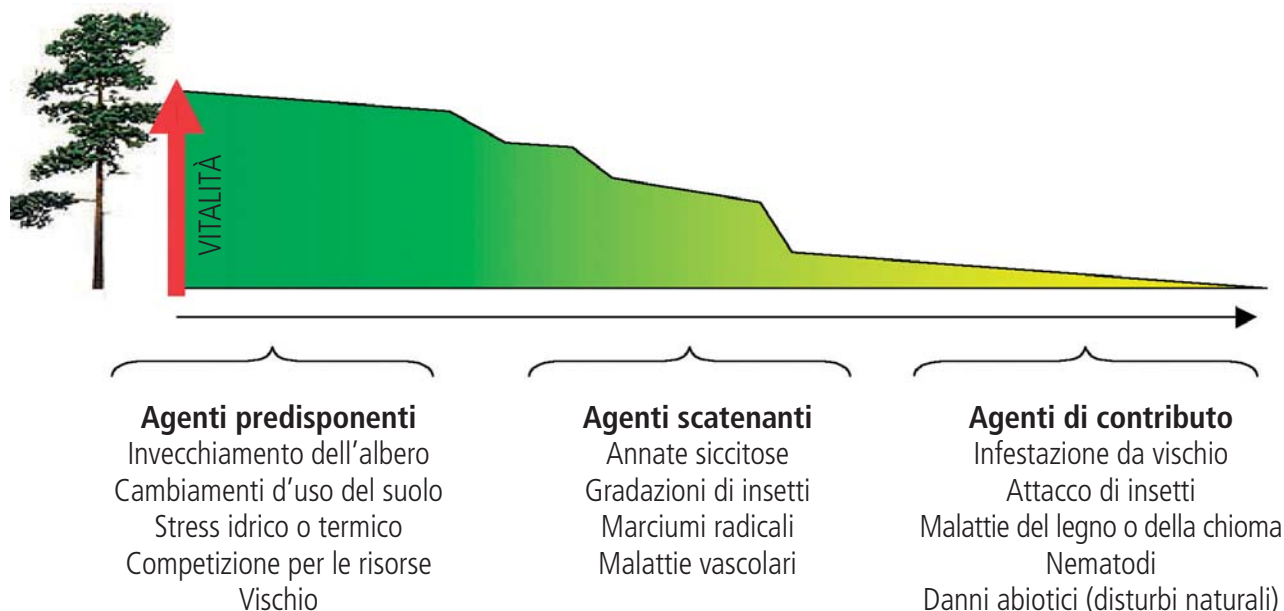


Figura 6.1 – Catena causale del deperimento delle Pinete alpine (modificato da RIGLING et al., 2006).

cessare la gestione attiva e aumentare il contributo delle specie definitive.

Le aree più sensibili ai cambiamenti climatici sono considerate i settori alpini, che rappresentano l'estremità meridionale dell'areale del pino silvestre (Figura 6.2), le zone di ecotono (come le Pinete di bassa quota) e in particolare le stazioni semi-aride (HANSEN, DI CASTRI, 1992; ALLEN, BRESHEARS, 1998). Il futuro equilibrio delle Pinete continentali alpine, interessate dal deperimento e spesso con forte presenza di roverella, dipenderà dalla capacità delle due specie di tollerare annate siccitose sempre più frequenti (WEBER, 2005). Inoltre, se da un lato le foreste mature rispondono lentamente ai mutamenti ambientali, gli effetti del cambiamento climatico sulla rinnovazione sono invece in grado di determinare rapide alterazioni della composizione specifica e della distribuzione dei popolamenti colpiti. A scala di paesaggio, si prevede la risalita in quota della fascia ottimale per le Pinete; alle quote inferiori la roverella potrebbe svolgere un ruolo sempre più dominante, a patto che il riscaldamento non sia così intenso da causare localmente la regressione della copertura forestale in vegetazione steppica.

La gestione forestale tradizionale è stata effettuata assumendo la prospettiva della stabilità del clima a breve e medio termine e supponendo che i modelli selvicolturali elaborati negli ultimi decenni sarebbero rimasti validi anche negli anni a venire. I cambiamenti in corso, in genere più rapidi di una naturale dinamica di successione, mettono a rischio l'efficacia e la continuità nel tempo dei

servizi prestati all'uomo dalle Pinete (dalla produzione di legname alla protezione contro i pericoli naturali, al ruolo di habitat per la fauna selvatica e a quello di elemento di importanza paesaggistica e turistico-ricreativa) e impongono di formulare strategie gestionali che ne assicurino, almeno in parte, la conservazione. L'obiettivo di queste misure non è contrastare direttamente il declino delle Pinete, influenzato da processi naturali su vasta scala e non direttamente modificabili, quanto assicurare la continuità della copertura forestale, mantenendo il pino solo se necessario e favorendo altrimenti le specie definitive, meglio adattate alle nuove condizioni del clima, qualora anch'esse possano esercitare le funzioni desiderate in modo soddisfacente.

L'obiettivo principale è dunque attenuare per quanto possibile l'influenza dei fattori predisponenti (soprattutto lo stress idrico), controllando l'intensità della competizione erbacea e dirigendo gli effetti di quella arborea per favorire l'insediamento e lo sviluppo delle specie definitive. Il mantenimento delle Pinete nei siti più vulnerabili è possibile solo in contesti localizzati e in seguito a disturbi di media scala, sebbene una componente a pino potrebbe permanere a lungo nei popolamenti in transizione grazie alla sua adattabilità e all'inerzia delle specie arboree nel rispondere ai mutamenti del clima.

Il controllo diretto delle emergenze (gradazioni di insetti, episodi patologici di immediata gravità, infestazioni da vischio, ripristino dei siti incendiati ecc.) prevede in genere misure di lotta costose e non può rappresentare l'unica soluzione applicabile se non a scala estremamente

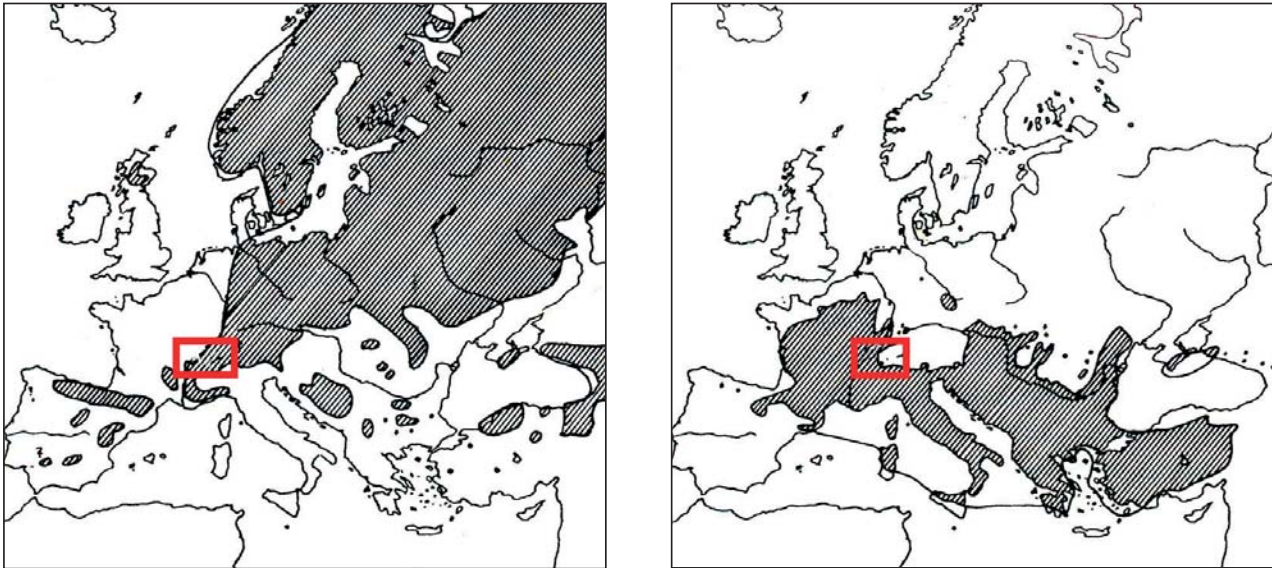


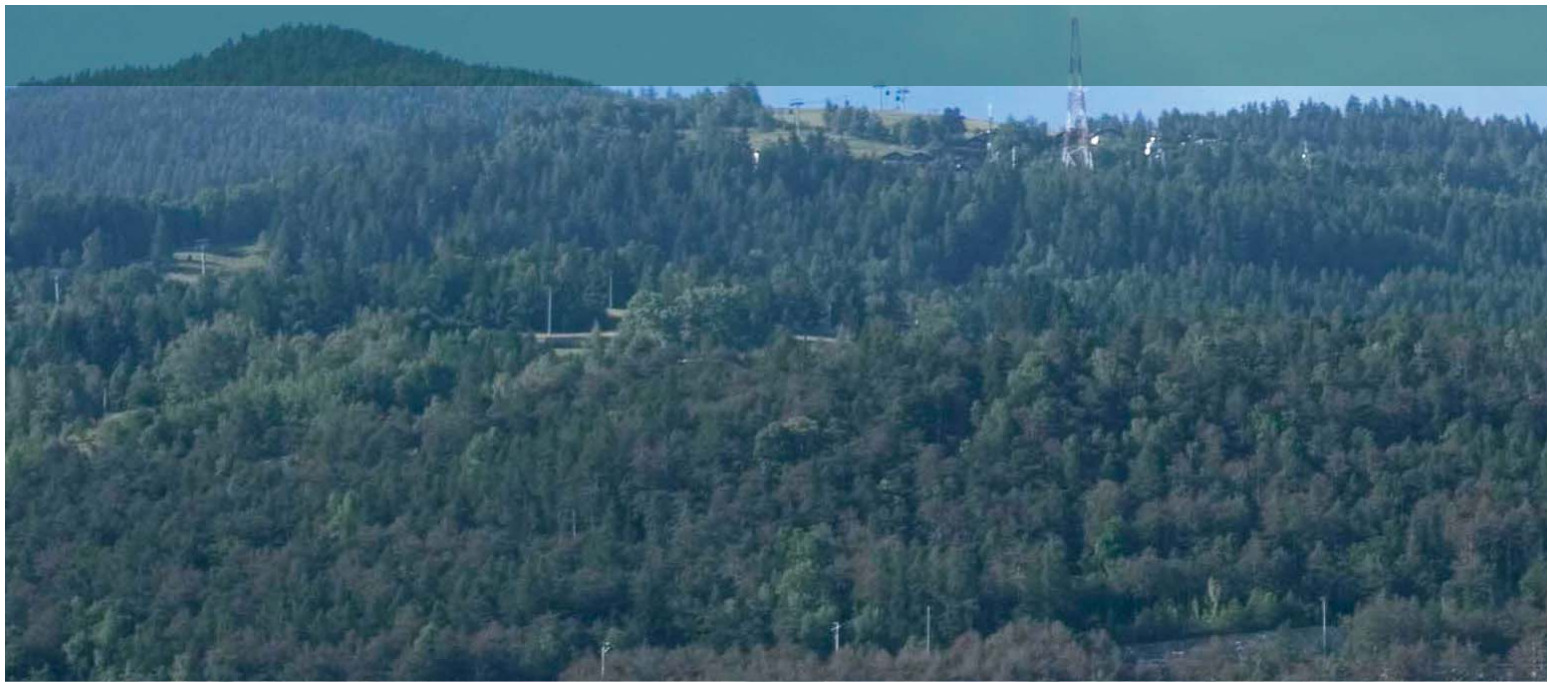
Figura 6.2 – Areali del pino silvestre (a sinistra) e della roverella (a destra) in Europa. Le Alpi rappresentano la zona di contatto tra le due specie.

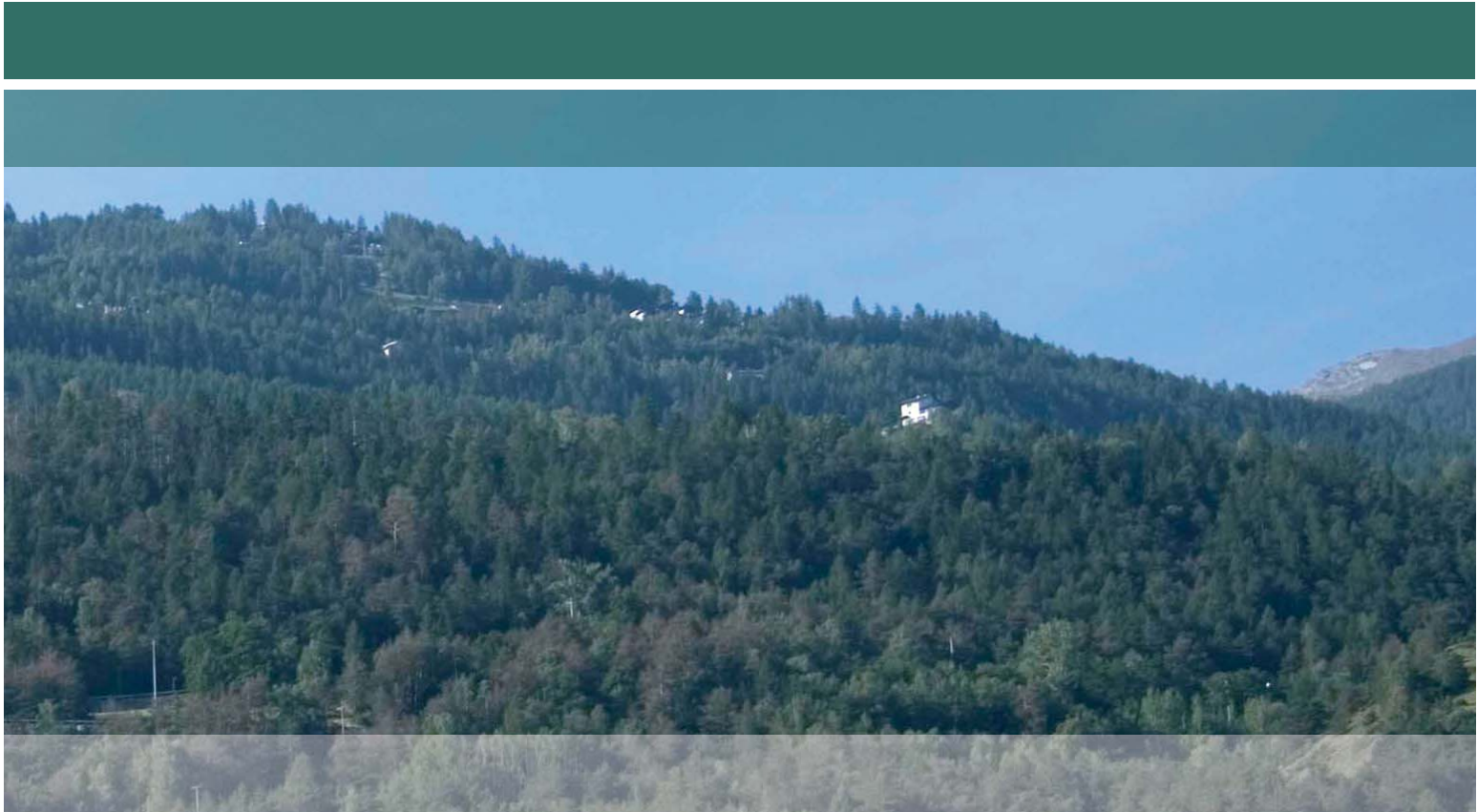
puntuale. Per ridurre l’impatto degli agenti biotici possono essere attuate misure selvicolturali preventive quali il miglioramento della vitalità degli alberi, limitandone la densità qualora l’affollamento possa essere causa di debolezza, o la riduzione del turno – compatibilmente con l’obiettivo di gestione – per abbreviare i periodi di maggiore suscettibilità (WARGO, HARRINGTON, 1991; GOTTSCHALK, 1995).

La rapidità del processo di deperimento, le caratteristiche climatiche e stagionali, lo stadio di sviluppo della copertura forestale sono i fattori da considerare nel mettere in atto misure selvicolturali preventive (diradamenti

selettivi, regolazione del periodo dei tagli, scelta della dimensione delle tagliate e della loro distribuzione spaziale nel popolamento, sfalcio e lavorazione superficiale del suolo) volte a conseguire l’obiettivo gestionale anche in presenza di un declino di vitalità del pino silvestre.

A scala di paesaggio, infine, occorrerà tener conto in sede di pianificazione delle conseguenze del deperimento sulla distribuzione e la continuità dei popolamenti, mantenendo un mosaico di tipi forestali e strutture il più possibile diversificato allo scopo di promuovere la resilienza delle foreste ai cambiamenti climatici e mantenere nel tempo il flusso di servizi prestati alla società.





# **Aree di monitoraggio**



## Aree di monitoraggio permanenti



**F**ase preliminare della ricerca sul deperimento del pino silvestre nelle vallate alpine è stata la scelta delle aree di studio. Il territorio della Regione Piemonte suscettibile di studio, riguardante le province confinanti con la Svizzera, è stato suddiviso in due grandi comprensori, corrispondenti rispettivamente all'area alpina (provincia del Verbano Cusio Ossola) e all'area insubrica (provincia di Novara). I popolamenti selezionati rivestono all'interno del progetto un ruolo di controllo, dal momento che le elevate precipitazioni e l'alta fertilità stagionale che caratterizzano quest'area sembrano contenere efficacemente il fenomeno del deperimento. Le dinamiche e i processi osservati sono stati quindi confrontati con quelli di popolamenti ad elevato tasso di deperimento rilevati in Valle d'Aosta, a sua volta suddivisa in due grandi comprensori, corrispondenti rispettivamente all'alta valle, marcatamente endalpica, e a quella medio-bassa.

In ciascun comprensorio si sono successivamente individuate da 1 a 3 aree di studio permanenti, sulla base di un preliminare esame cartografico dei principali popolamenti e di sopralluoghi in campo volti a valutarne le seguenti caratteristiche:

1. Composizione specifica e struttura dei popolamenti
2. Stato fitosanitario
3. Tipo di proprietà
4. Accessibilità e percorribilità
5. Disponibilità di dati storici

Sono state così scelte 8 aree permanenti, ciascuna rappresentativa delle condizioni stagionali e strutturali medie del popolamento in esame e il più possibile libera da disturbi di origine antropica. Ciascuna area misura 70x70 m sul piano topografico, per una superficie



totale di 0,49 ha. Le coordinate geografiche e la quota di ogni sito sono state rilevate mediante GPS. Successivamente si è passati alla fase di campionamento, che ha avuto come oggetto tutti gli alberi vivi o morti in piedi con diametro >2,5 cm a 130 cm di altezza (dbh), e la necromassa al suolo (ceppaie e tronchi a terra) con dbh >10 cm. Il monitoraggio ripetuto di queste aree consentirà l'analisi dell'evoluzione del loro stato fitosanitario e una maggiore comprensione dell'eziologia e delle conseguenze del processo di deperimento. Seguono le schede descrittive delle 8 aree di studio, comprensive dei principali parametri dendrometrici, di una breve descrizione della storia e dello stato attuale del popolamento, di un'analisi delle cause del deperimento e delle conseguenti proposte selvicolturali, formulate in base agli indirizzi generali esposti al Capitolo 5.

## Aree in deperimento

# Challand-Saint-Anselme



### Tipo forestale:

Pineta mesalpica acidofila

### Ambito geografico:

Val d'Ayas

### Comune:

Challand -  
Saint-Anselme (VdA)

### Località:

Rovere - Courvieraz

### Coordinate UTM\*:

5062482 N  
402270 E

### Quota:

1116 m

### Pendenza media:

40%

### Esposizione prevalente:

Ovest

### Temperatura media

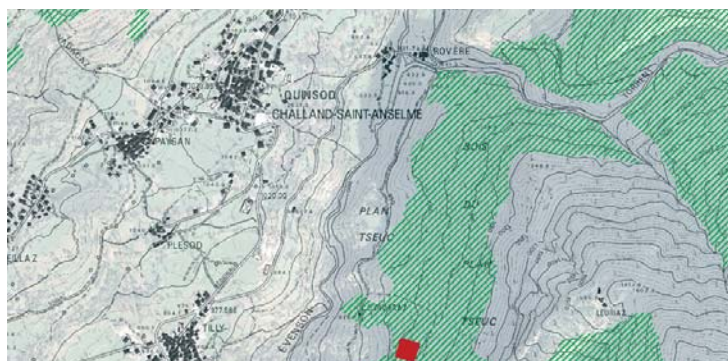
annua\*\*:

5,5 °C

### Precipitazioni medie

annue\*\*:

686 mm



## Popolamento Forestale

<b>Superficie area campione:</b>	4900 m <sup>2</sup>
<b>Tipo forestale:</b>	Pineta mesalpica acidofila
<b>N. piante/ha***:</b>	724
di cui pino silvestre***:	573
<b>N. ceppaie/ha:</b>	6
<b>Area basimetrica:</b>	42,3 m <sup>2</sup> /ha
di cui pino silvestre:	35,3 m <sup>2</sup> /ha
di cui necromassa:	24,2 m <sup>2</sup> /ha
<b>Copertura delle chiome:</b>	82%
<b>Diametro medio:</b>	27,3 cm
di cui pino silvestre:	28,0 cm
<b>Altezza dominante:</b>	17,6 m
<b>Età media delle piante dominanti:</b>	90 anni

Il popolamento è situato su un medio versante di una valle laterale, immediatamente sottostante una parete che opera da zona di distacco per massi in caduta (frequenti radure e conoidi in bosco). Le aperture sono occupate dal pioppo tremolo. Le precipitazioni sufficientemente elevate e il suolo moderatamente acido favoriscono il castagno nella parte bassa, in espansione a partire da vecchi nuclei di Castagneto da frutto o cedui. Tracce di pascolamento in bosco, oggi non più praticato.

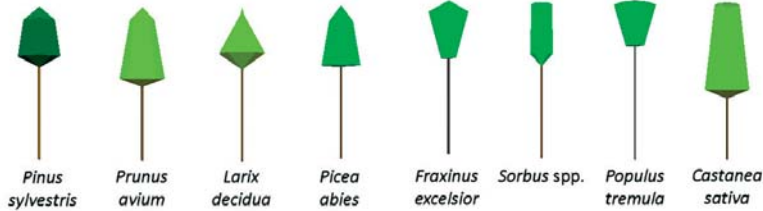
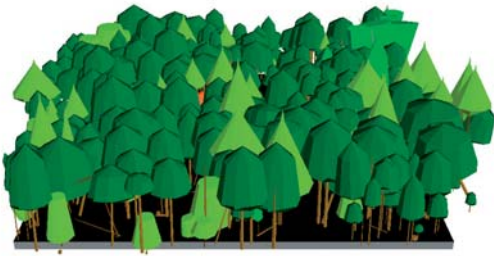


\* Datum: WGS84

\*\* Il periodo di riferimento per i dati climatici è variabile a seconda delle serie storiche disponibili per le stazioni di rilevamento più prossime alle aree di studio.

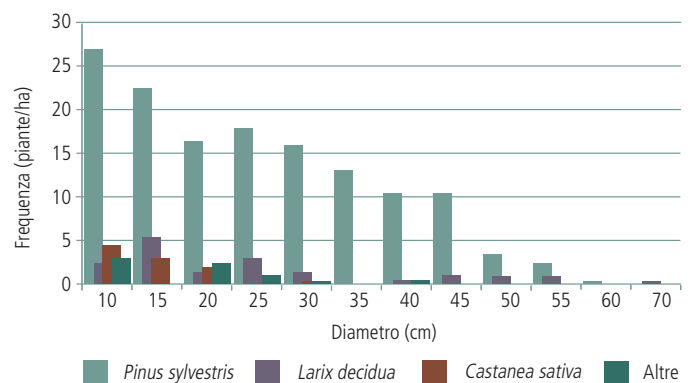
\*\*\* Diametro minimo a 130 cm: 7,5 cm



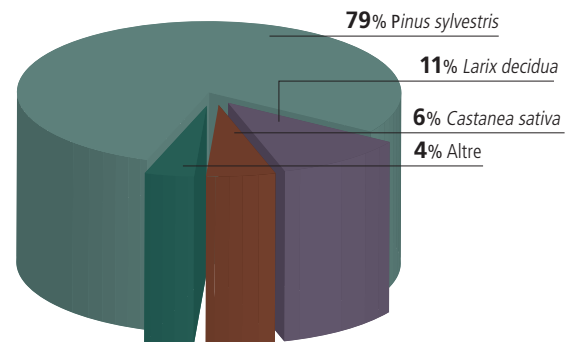


La Pineta è, tra le quattro individuate in Valle d'Aosta, quella meno soggetta al rischio di deperimento, grazie alla maggiore abbondanza di precipitazioni annuali (800 mm/anno) ed estive. La Pineta può essere lasciata evolvere fino a maturità senza interventi selvicolturali; la sua perpetuazione sarà possibile mediante l'applicazione di tagli successivi adattati, con l'obiettivo di favorire a seconda delle situazioni la rinnovazione del pino (buche più ampie, utilizzazione dei larici maturi ove presenti, diradamento dei nuclei di pioppo tremolo) o le specie accessorie affermate (castagno alle quote inferiori), con intensità di taglio tale da non creare soluzioni di continuità nella copertura, specialmente lungo la massima pendenza, a causa del pericolo di caduta massi. Il taglio potrà essere accompagnato da misure preventive e di lotta nei confronti dei principali fattori scatenanti il deperimento, quali le misure di contenimento delle spore di *Heterobasidion*, lo scortecciamento dei fusti abbattuti e rimasti in bosco, l'effettuazione degli abbattimenti nei periodi indicati (Paragrafo 5.4.1) per contrastare l'infestazione da Scolitidi e da funghi dell'azzurramento, l'eventuale contenimento della processionaria, presente in popolamenti vicini con intensità di attacco anche elevate.

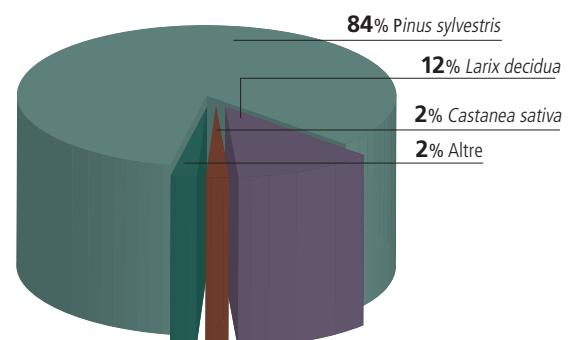
## Distribuzione diametrica



## Frequenza



## Area basimetrica



## Aree in deperimento

# Saint-Denis I



### Tipo forestale:

Pineta endalpica basifila

### Ambito geografico:

Media Valle d'Aosta

### Comune:

Saint-Denis (VdA)

### Località:

Petit-Bruson

### Coordinate UTM\*:

5068071 N  
387870 E

### Quota:

985 m

### Pendenza media:

62%

### Esposizione prevalente:

Sud-Ovest

### Temperatura media

annua\*\*:

9,7 °C

### Precipitazioni medie

annue\*\*:

619 mm



## Popolamento Forestale

<b>Superficie area campione:</b>	4900 m <sup>2</sup>
<b>Tipo forestale:</b>	Pineta endalpica basifila
<b>N. piante/ha***:</b>	1400
di cui pino silvestre***:	876
<b>N. ceppaie/ha:</b>	6
<b>Area basimetrica:</b>	18,0 m <sup>2</sup> /ha
di cui pino silvestre:	13,6 m <sup>2</sup> /ha
di cui necromassa:	7,1 m <sup>2</sup> /ha
<b>Copertura delle chiome:</b>	66%
<b>Diametro medio:</b>	12,8 cm
di cui pino silvestre:	14 cm
<b>Altezza dominante:</b>	7,8 m
<b>Età media delle piante dominanti:</b>	45 anni

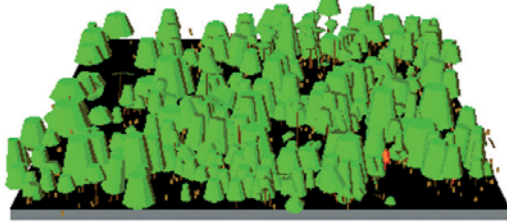
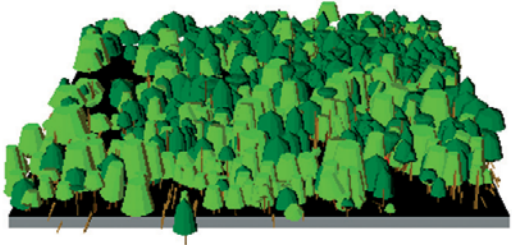
Giovane perticaia originata dall'invasione di pino silvestre e roverella su ex coltivi, iniziata non prima di 60 anni or sono, e mai soggetta a gestione attiva. Il popolamento è situato nel maggiore bacino di aridità della Regione (precipitazione: 400 mm/anno); l'elevata densità e i suoli estremamente poveri e rocciosi predispongono i pini ad un rapido deperimento. Ampie radure caratterizzano il bosco là dove il suolo è troppo superficiale per supportare la vegetazione arborea.



\* Datum: WGS84

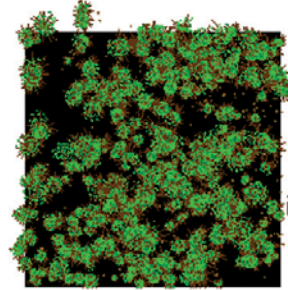
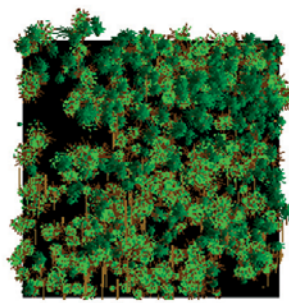
\*\* Il periodo di riferimento per i dati climatici è variabile a seconda dalle serie storiche disponibili per le stazioni di rilevamento più prossime alle aree di studio.

\*\*\* Diametro minimo a 130 cm: 7,5 cm

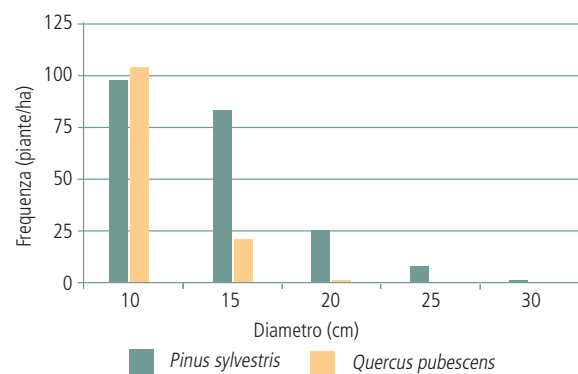


Popolamento attuale (in alto) e Querceto di roverella risultante dalla scomparsa della componente a pino (in basso).

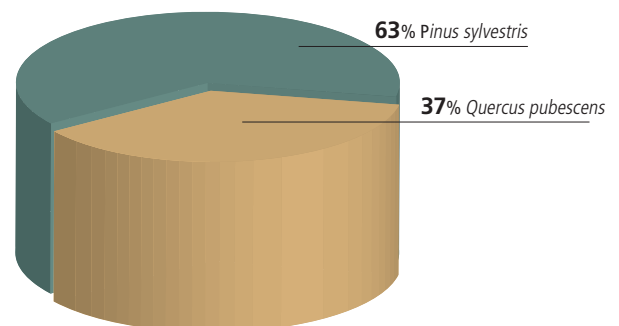
La Pineta è in fase di deperimento conclamato e a rischio di un rapido deterioramento; la roverella, al contrario, esibisce ancora un buon potenziale di colonizzazione, sebbene mantenga uno sviluppo modesto nei settori a suolo più superficiale e ricco di scheletro. La Pineta non riveste alcuna funzione prioritaria e può essere destinata alla successione verso un maggior contributo di roverella, qualora il pino si dimostrasse incapace di sostenere l'impatto degli agenti di stress attualmente presenti (stress idrico, vischio, funghi dell'azzurramento, *Tomicus* spp.). Si consiglia tuttavia di attuare, per quanto possibile, la lotta diretta nei confronti dei principali agenti biotici (Scolitidi) allo scopo di diminuire il potenziale di inoculo e salvaguardare così i popolamenti vicini a rischio. Per il resto, la vitalità del pino deve considerarsi compromessa, tanto più che qualsiasi intervento rischierebbe di diffondere ulteriormente l'infestazione del vischio in seguito all'isolamento dei pini dominanti. Nei nuclei più densi di pino, ove la roverella non sia ancora affermata, è possibile effettuare diradamenti moderatamente selettivi ma sempre di bassa intensità, per non favorire l'insediarsi di erbe o arbusti nelle aperture, che peggiorerebbe il già mediocre bilancio idrico del sito. Solo se ritenuto sostenibile economicamente, è ipotizzabile un rinfoltimento con postime di roverella in seguito all'alleggerimento del piano dominante a pino o nelle zone più aperte. A parte queste eccezioni, si ritiene conveniente lasciare il popolamento all'evoluzione controllata, monitorando il procedere del deperimento e il progressivo affermarsi della roverella, che condurrà comunque a un Querceto a partecipazione di pino piuttosto lacunoso. Si ritengono inoltre necessari interventi di prevenzione antincendio da attuarsi su tutto il versante (Paragrafo 4.1.6), frequentemente percorso da incendi di chioma favoriti dall'aridità stagionale e dall'infiammabilità del fogliame secco delle roverelle.



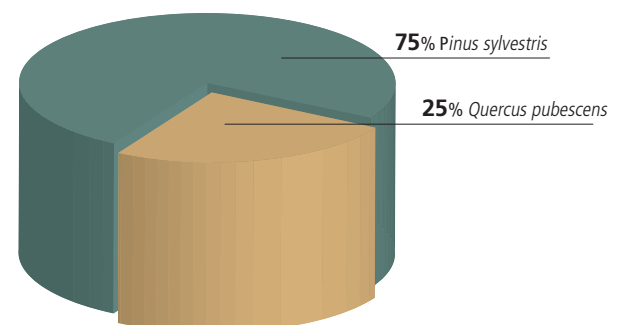
## Distribuzione diametrica



## Frequenza



## Area basimetrica



## Aree in deperimento

# Saint-Denis II



**Tipo forestale:**  
Pineta endalpica  
basifila, var. a *Picea*

**Ambito geografico:**  
Media Valle d'Aosta

**Comune:**  
Saint-Denis (Vda)

**Località:**  
Plan - Bois  
de Vorpeillere

**Coordinate UTM\*:**  
5068444 N  
389978 E

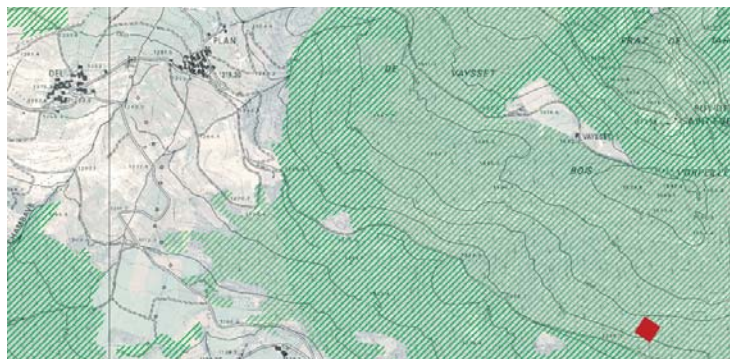
**Quota:**  
1390 m

**Pendenza media:**  
34%

**Esposizione prevalente:**  
Sud-Ovest

**Temperatura media  
annua\*\*:**  
7,4 °C

**Precipitazioni medie  
annue\*\*:**  
718 mm



## Popolamento Forestale

<b>Superficie area campione:</b>	4900 m <sup>2</sup>
<b>Tipo forestale:</b>	Pineta endalpica basifila, variante a <i>Picea</i>
<b>N. piante/ha***:</b>	933
di cui pino silvestre***:	929
<b>N. ceppaie/ha:</b>	259
<b>Area basimetrica:</b>	35,7 m <sup>2</sup> /ha
di cui pino silvestre:	35,7 m <sup>2</sup> /ha
di cui necromassa:	16,9 m <sup>2</sup> /ha
<b>Copertura delle chiome:</b>	55%
<b>Diametro medio:</b>	22,1 cm
di cui pino silvestre:	22,1 cm
<b>Altezza dominante:</b>	14,2 m
<b>Età media delle piante dominanti:</b>	80 anni

Fustaia coetaneiforme per gruppi con prevalenza di giovane fustaia, con tratti ad alta e bassa perticaia. Domina il pino sull'abete rosso, sporadico il larice. Nel tratto superiore è meglio rappresentato l'abete rosso specie in impluvi. Numerosi schianti. Rinnovazione vigorosa di pino (chiarie, colonizzazione di ex-coltivi anche più in basso) alternata ad altre zone dove è quasi assente a causa del denso sottobosco a rododendro (*Rhododendron ferrugineum* L.) o della chiusura della copertura nei gruppi di perticaia. Larice in rinnovazione su terreno minerale.



\* Datum: WGS84

\*\* Il periodo di riferimento per i dati climatici è variabile a seconda dalle serie storiche disponibili per le stazioni di rilevamento più prossime alle aree di studio.

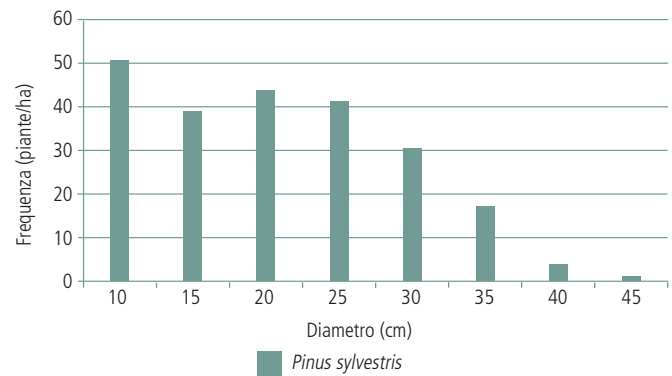
\*\*\* Diametro minimo a 130 cm: 7,5 cm



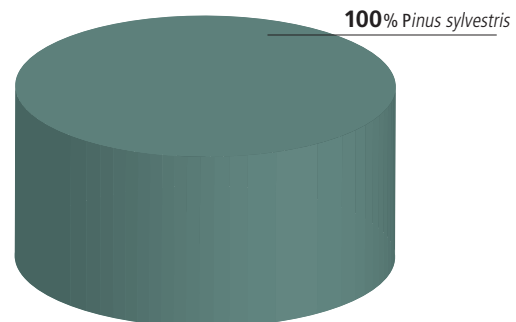
La struttura e la rinnovazione della Pineta sono attualmente molto buone; il pino si insedia diffusamente nelle buche risultanti dal taglio o dagli schianti e il futuro della Pineta (che qui rappresenta lo stadio finale della successione) non è in pericolo. Tuttavia, alcuni fattori meritano l'attenzione del gestore:

- La suscettibilità del popolamento ai disturbi naturali. I gruppi di perticaia troppo densi possono essere soggetti ad un diradamento di moderata intensità, allo scopo di evitare gli schianti da vento o da neve pesante che, come conseguenza indesiderata, potrebbero rappresentare un focolaio di infezione per Scolitidi e marciumi radicali (ceppaie). Si rendono necessarie anche opere di prevenzione antincendio per ridurre il più possibile il pericolo di incendio in chioma (viali tagliafuoco, spalcatore).
- Il popolamento presenta livelli di infezione da *Tomicus* tali da giustificare l'applicazione di metodi di lotta diretta, quale l'applicazione di tronchi esca secondo le indicazioni del Paragrafo 5.4.1.
- Qualora l'intensità dei cambiamenti climatici aumentasse in futuro, anche questo popolamento, sebbene in fascia altitudinale superiore, potrebbe essere considerato a rischio di deperimento (esposizione sud, precipitazioni ridotte, deficit idrico primaverile ed estivo). Al momento dei tagli di rinnovazione (tagli successivi a buche o a fessura nei nuclei maturi e a partire dalle buche già esistenti) si consiglia l'applicazione delle misure precauzionali indicate per le Pinete a rischio di deperimento (Paragrafo 5.4.1): riduzione dell'ampiezza delle buche, disposizione delle buche e delle fessure secondo le esposizioni meno calde e secche, lavorazione superficiale del suolo, riduzione dell'intensità della sementazione e aumento del periodo di rinnovazione per non esporre i semenzali all'irradiazione diretta.

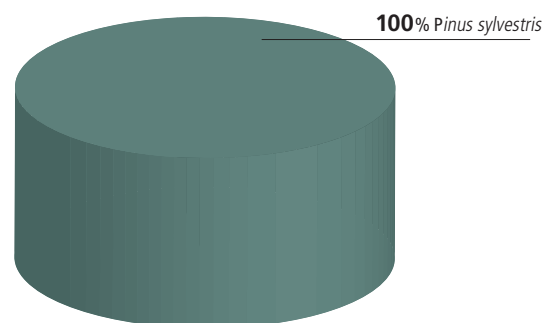
## Distribuzione diametrica



## Frequenza



## Area basimetrica



## Aree in deperimento

# Morgex



**Tipo forestale:**  
Pineta endalpica  
basifila

**Ambito geografico:**  
Valdigne

**Comune:**  
Morgex (VdA)

**Località:**  
Bois de Feysoulles

**Coordinate UTM\*:**  
5069859 N  
344753 E

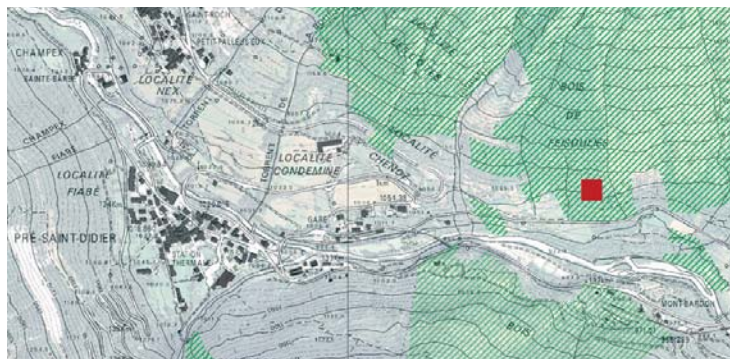
**Quota:**  
1091 m

**Pendenza media:**  
77%

**Esposizione prevalente:**  
Sud

**Temperatura media  
annua\*\*:**  
7,9 °C

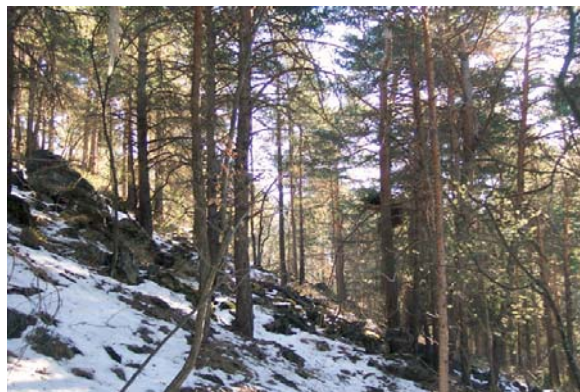
**Precipitazioni medie  
annue\*\*:**  
841 mm



## Popolamento Forestale

<b>Superficie area campione:</b>	4900 m <sup>2</sup>
<b>Tipo forestale:</b>	Pineta endalpica basifila
<b>N. piante/ha***:</b>	824
di cui pino silvestre***:	610
<b>N. ceppaie/ha:</b>	67
<b>Area basimetrica:</b>	36,8 m <sup>2</sup> /ha
di cui pino silvestre:	34,1 m <sup>2</sup> /ha
di cui necromassa:	7,1 m <sup>2</sup> /ha
<b>Copertura delle chiome:</b>	81%
<b>Diametro medio:</b>	23,8 cm
di cui pino silvestre:	26,7 cm
<b>Altezza dominante:</b>	16,7 m
<b>Età media delle piante dominanti:</b>	90 anni

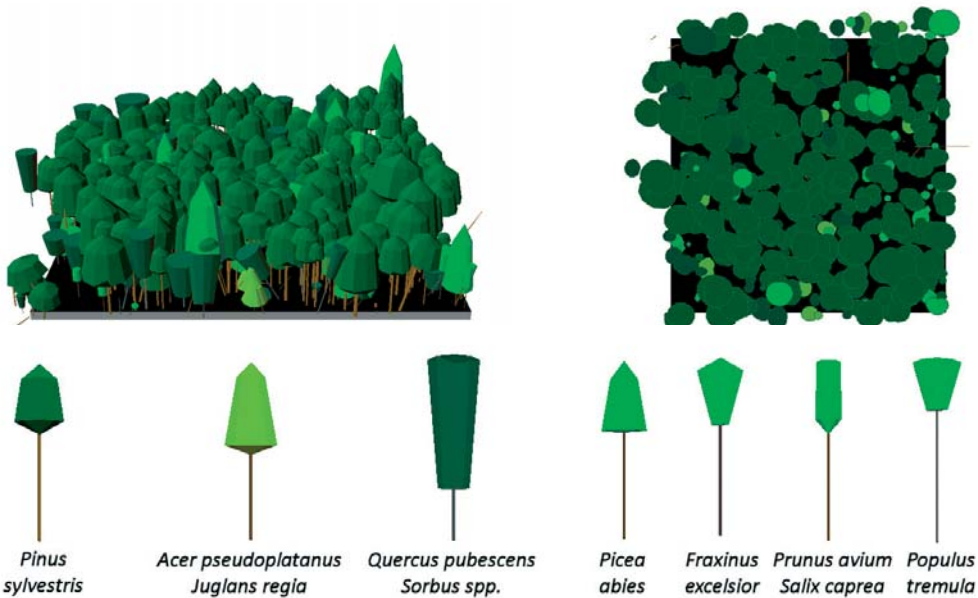
Bosco a prevalenza di pino silvestre con abete rosso, larice, latifoglie eliofile e definitive nella parte bassa (sorbi, ciliegio, acero di monte, noce, tiglio cordato). La roverella appare in espansione, pur se più giovane del pino ha infatti già raggiunto lo strato dominante; si prevede un aumento del suo contributo specifico. Rinnovazione naturale discreta di pino silvestre e abete rosso; si registra la presenza di un canale di valanga a ovest, ampio incendio (ex Pineta) a est. Il popolamento, già sfruttato in passato per il legname, il carbone, il pascolo e la raccolta della lettiera, è stato soggetto recentemente a tagli di selezione e fitosanitari.



\* Datum: WGS84

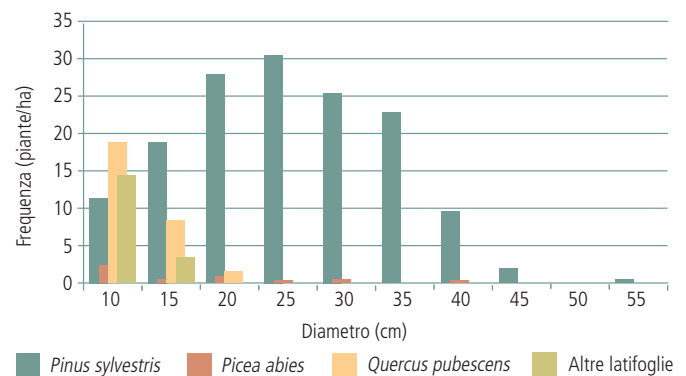
\*\* Il periodo di riferimento per i dati climatici è variabile a seconda delle serie storiche disponibili per le stazioni di rilevamento più prossime alle aree di studio.

\*\*\* Diametro minimo a 130 cm: 7,5 cm

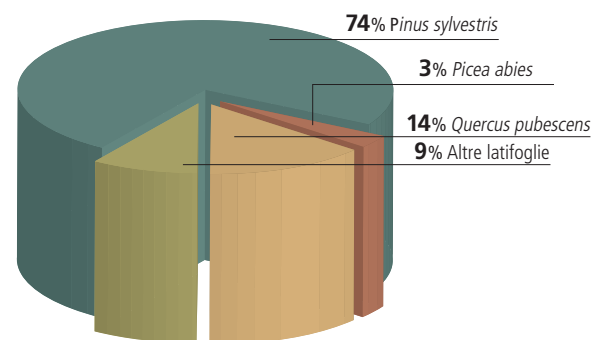


La Pineta è in uno stadio di transizione, sia dal punto di vista ecologico (incipiente successione a roverella) che fitopatologico: il deperimento comincia a manifestarsi nell'elevata trasparenza di molte piante dominanti, ma non ha ancora innescato la mortalità. In condizioni normali la ripresa delle utilizzazioni favorirebbe la perpetuazione del pino, ma l'incipiente processo di deperimento impone cautela nel preferire questa opzione. Poiché lo stadio evolutivo è prossimo alla maturità, è ipotizzabile un intervento sotto forma di tagli successivi adattati, che prende le forme di un taglio di sementazione leggero nei nuclei di Pineta più densi (nel tentativo di alleviare la competizione idrica), accompagnato dalle misure fitosanitarie preventive nei confronti dei principali agenti biotici. Tutte le specie accessorie (latifoglie nobili) possono essere rilasciate o, ove adugiate, favorite con l'apertura di piccole buche nel piano dominante per aumentare la stabilità del popolamento. Se si intende mantenere la Pineta è possibile cedere la roverella cercando di promuovere l'utilizzazione delle risorse idriche da parte dei pini maturi e della rinnovazione che deve insediarsi. In caso contrario, è opportuno favorire le roverelle del piano dominante, aprendo buche di piccole dimensioni in corrispondenza dei nuclei più giovani e attorno alle dominanti per favorirne la disseminazione (seme pesante), in vista della costituzione di una Pineta mista ad elevata partecipazione di roverella. Tutti gli abbattimenti saranno eseguiti nei primi 5/6 mesi dell'anno per contrastare l'infezione da *Heterobasidion*, presente in modo conclamato nel popolamento. Le ceppe delle piante abbattute dovranno essere trattate con urea al 30% di concentrazione come descritto da GONTHIER *et al.* (2007b).

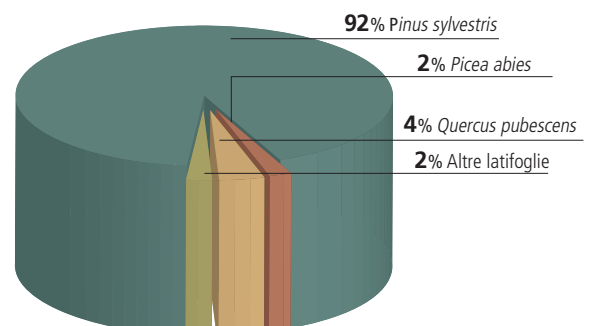
## Distribuzione diametrica



## Frequenza



## Area basimetrica



## Aree di controllo

# Borgo Ticino



### Tipo forestale:

Pineta di brughiera e dei terrazzi fluvio-glaciali

### Ambito geografico:

Baragge Novaresi

### Comune:

Borgo Ticino (NO)

### Località:

Monte Solivo

### Coordinate UTM\*:

5060489 N

467254 E

### Quota:

320 m

### Pendenza media:

Assente

### Esposizione prevalente:

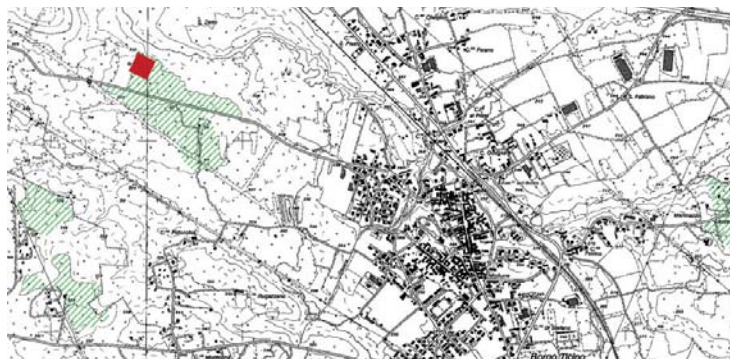
-

### Temperatura media annua\*\*:

9,1 °C

### Precipitazioni medie annue\*\*:

1000 mm



## Popolamento Forestale

<b>Superficie area campione:</b>	4900 m <sup>2</sup>
<b>Tipo forestale:</b>	Pineta di brughiera e dei terrazzi fluvio-glaciali
<b>N. piante/ha***:</b>	716
di cui pino silvestre***:	357
<b>N. ceppaie/ha:</b>	8
<b>Area basimetrica:</b>	33,8 m <sup>2</sup> /ha
di cui pino silvestre:	27,3 m <sup>2</sup> /ha
di cui necromassa:	1,4 m <sup>2</sup> /ha
<b>Copertura delle chiome:</b>	97%
<b>Diametro medio:</b>	24,5 cm
di cui pino silvestre:	31,2 cm
<b>Altezza dominante:</b>	24,6 m
<b>Età media delle piante dominanti:</b>	100 anni

Fustaia matura di pino nello strato dominante, ceduo di castagno giovane ma apparentemente abbandonato nello strato dominato, che ha occupato le risorse precedentemente sfruttate da roveri e betulle, ora ridotte a esemplari sparsi. Probabile passaggio ripetuto di incendi radenti che hanno favorito l'insediamento e la rinnovazione agamica del castagno. I pini adulti hanno chiome alte e sbandierate, una spessa corteccia e una cattiva autopotatura, presumibilmente per la selezione negativa effettuata dall'uomo. La rinnovazione di pino è completamente assente.

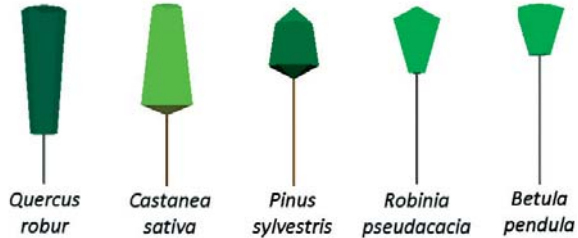
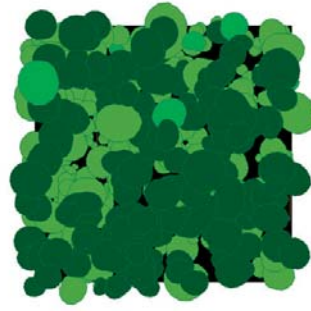


\* Datum: WGS84

\*\* Il periodo di riferimento per i dati climatici è variabile a seconda delle serie storiche disponibili per le stazioni di rilevamento più prossime alle aree di studio.

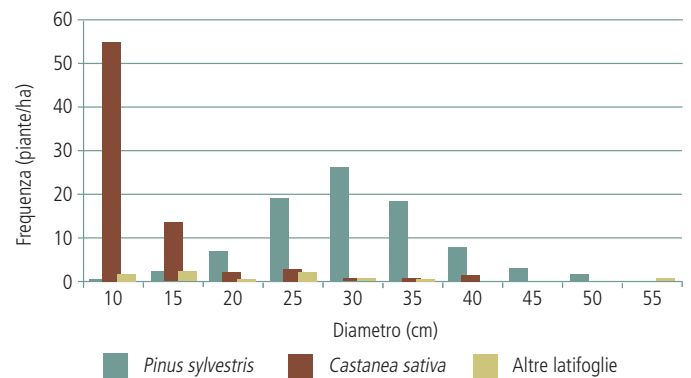
\*\*\* Diametro minimo a 130 cm: 7,5 cm



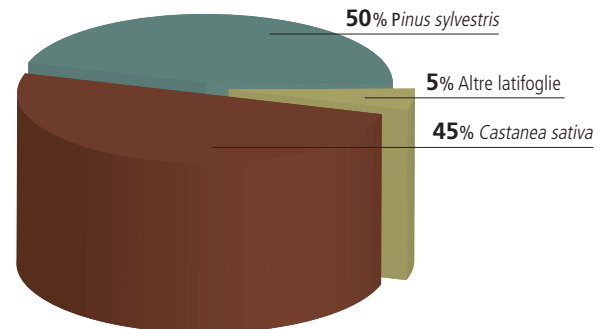


Nelle Pinete di brughiera si possono ipotizzare prelievi localizzati per piede d'albero, eseguiti con criteri colturali al fine di mantenere chiuso il bosco, permettendo la crescita di legname di qualità e favorendo l'ingresso o la persistenza della rovere quale specie definitiva, in grado di aumentare la stabilità del popolamento e la sua naturalità. Le operazioni sono favorite dalla mancanza di pendenza e dalla buona viabilità, che consente interventi di cura frequenti e vantaggiosi. Il popolamento di Monte Solivo, in cui la Pineta è uno degli elementi naturali tutelati mediante la recente istituzione di una Riserva Naturale Orientata (LR 19/2006 della Regione Piemonte) e caratterizzato da una intensa frequentazione turistica, presenta l'anomalia di un denso strato inferiore a castagno, che potrebbe rappresentare un ostacolo per la rinnovazione sia del pino che delle querce o delle altre latifoglie eliofile. Al tempo stesso, la maturità del soprassuolo rende pressante il problema della sua stabilità meccanica, anche in vista della frequentazione del bosco e della sicurezza dei suoi visitatori. Si consigliano interventi sul piano dominante mirati ad eliminare i singoli individui a rischio di crollo. Il piano dominato può essere lasciato alla libera evoluzione, oppure essere oggetto di una selezione sui polloni, che deve configurarsi come prudente taglio di avviamento ad alto fusto (eventualmente da ripetere entro 20-25 anni) con la prospettiva, a medio termine, di ridurre la densità del castagno e favorire la rinnovazione delle latifoglie climatiche (rovere, betulla) entro il Castagneto maturo (processo di rinaturalizzazione) e con il risultato secondario di ridurre il combustibile in bosco. Il mantenimento della Pineta sembra attualmente assai difficile; si rimanda tuttavia al Piano di assestamento forestale o al Piano d'area della RNO per attenersi alle prescrizioni individuate dagli strumenti pianificatori vigenti. Nessuna indicazione fitosanitaria.

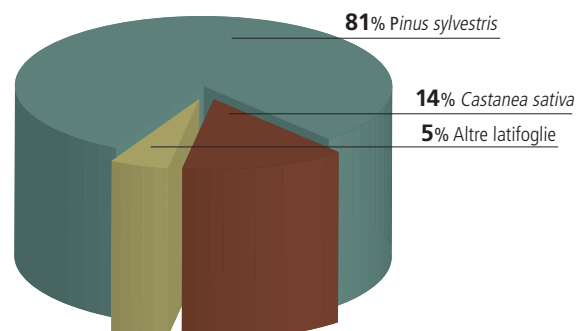
## Distribuzione diametrica



## Frequenza



## Area basimetrica



## Aree di controllo

# Santa Maria Maggiore



**Tipo forestale:**  
Pineta mesalpica acidofila

**Ambito geografico:**  
Valle Vigezzo

**Comune:**  
Santa Maria  
Maggiore (VB)

**Località:**  
Scarliccio

**Coordinate UTM\*:**  
5110657 N  
457763 E

**Quota:**  
1050 m

**Pendenza media:**  
40%

**Esposizione prevalente:**  
Est

**Temperatura media  
annua\*\*:**  
7,4 °C

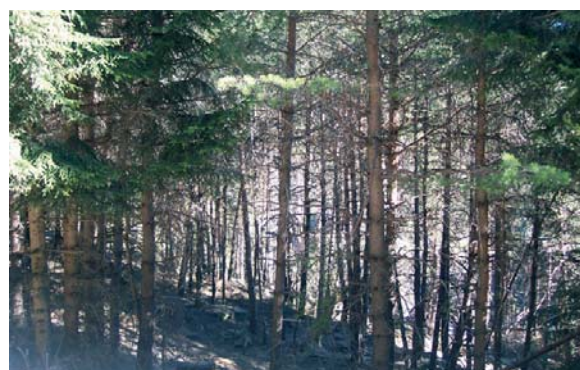
**Precipitazioni medie  
annue\*\*:**  
1676 mm



## Popolamento Forestale

<b>Superficie area campione:</b>	4900 m <sup>2</sup>
<b>Tipo forestale:</b>	Pineta mesalpica acidofila
<b>N. piante/ha***:</b>	861
di cui pino silvestre***:	827
<b>N. ceppaie/ha:</b>	92
<b>Area basimetrica:</b>	38,5 m <sup>2</sup> /ha
di cui pino silvestre:	37,6 m <sup>2</sup> /ha
di cui necromassa:	10,1 m <sup>2</sup> /ha
<b>Copertura delle chiome:</b>	93%
<b>Diametro medio:</b>	23,9 cm
di cui pino silvestre:	24,1 cm
<b>Altezza dominante:</b>	17,9 m
<b>Età media delle piante dominanti:</b>	60 anni

Bosco transitorio, localmente stabile su suoli superficiali, favorito nella sua espansione dall'abbandono di coltivi, dove il pino forma densi novelletti e perticaie monostratificate. Nuclei più maturi nelle zone più alte e inaccessibili. Fusti rettilinei, poco rastremati, buona autopotatura; accrescimenti sostenuti e costanti per l'abbondanza delle precipitazioni (1800 mm/anno), fertilità maggiore negli impluvi. Nelle chiarie rinnovazione di pino a gruppi e invasione di betulla; sotto copertura rinnovazione di abete bianco e rosso. In passato, tagli episodici per favorire la successione e come misura fitosanitaria (processionaria).



\* Datum: WGS84

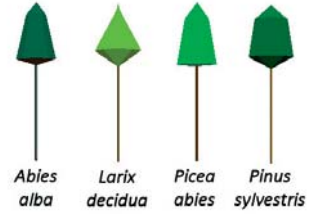
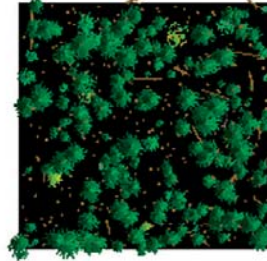
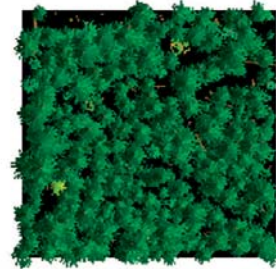
\*\* Il periodo di riferimento per i dati climatici è variabile a seconda delle serie storiche disponibili per le stazioni di rilevamento più prossime alle aree di studio.

\*\*\* Diametro minimo a 130 cm: 7,5 cm

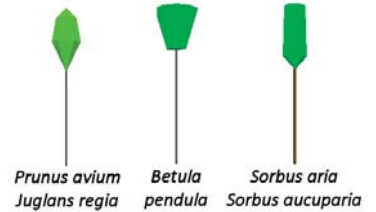


Popolamento attuale (in alto) e ipotesi di trattamento mediante diradamento selettivo (in basso).

La fertilità del sito giustificerebbe una destinazione produttiva per questa Pineta. Per migliorare la qualità dei fusti d'avvenire e ridurre l'elevata mortalità, dovuta alla competizione per la luce, è consigliabile l'applicazione di un diradamento selettivo che riduca la densità a 800 piante a ettaro (se è possibile effettuare un nuovo intervento entro 20-25 anni per portare il popolamento alla densità definitiva di 600 piante a ettaro), oppure alla densità definitiva, selezionando con cura le candidate ed evitandone un isolamento troppo brusco. Tutti gli individui di altre specie andranno rilasciati. A fine turno (90-100 anni) si potrà rinnovare efficacemente la Pineta con un taglio di semenzatura energico a buche distribuito su tutta la particella, rilasciando però portaseme di altre specie per favorire la graduale successione di questo popolamento pioniero. Tutti gli abbattimenti devono essere eseguiti nei primi 5-6 mesi dell'anno, a causa dell'elevata concentrazione di spore di *Heterobasidion* nell'aria.

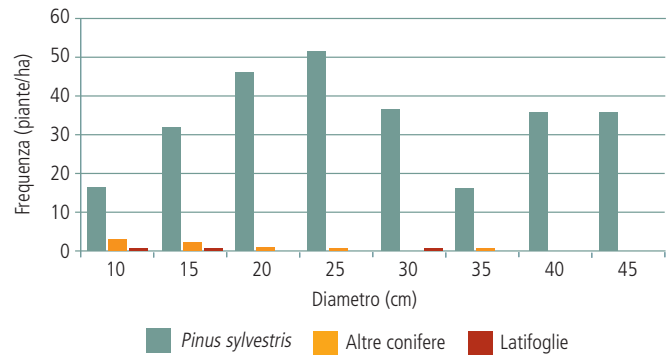


*Abies alba* *Larix decidua* *Picea abies* *Pinus sylvestris*

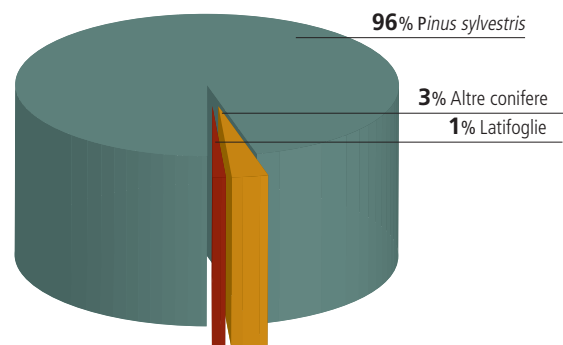


*Prunus avium* *Juglans regia* *Betula pendula* *Sorbus aria* *Sorbus aucuparia*

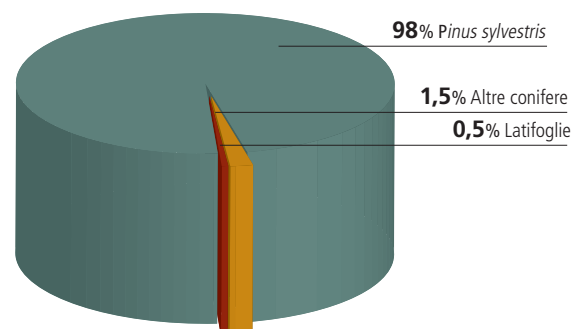
## Distribuzione diametrica



## Frequenza



## Area basimetrica



## Aree di controllo

# Toceno



**Tipo forestale:**  
Pineta mesalpica acidofila

**Ambito geografico:**  
Valle Vigizzo

**Comune:**  
Toceno (VB)

**Località:**  
Promez

**Coordinate UTM\*:**  
5110964 N  
458567 E

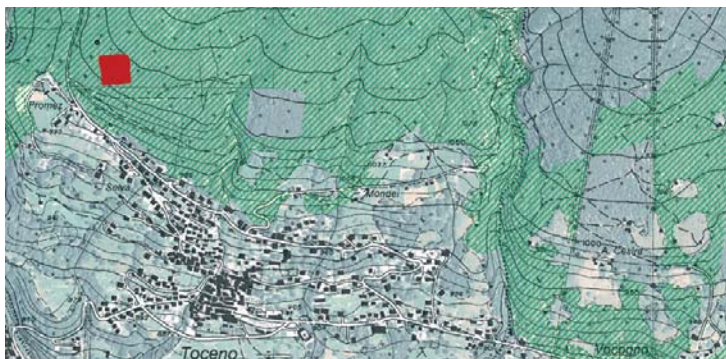
**Quota:**  
1050 m

**Pendenza media:**  
80%

**Esposizione prevalente:**  
Ovest

**Temperatura media  
annua\*\*:**  
7,4 °C

**Precipitazioni medie  
annue\*\*:**  
1676 mm



## Popolamento Forestale

<b>Superficie area campione:</b>	4900 m <sup>2</sup>
<b>Tipo forestale:</b>	Pineta mesalpica acidofila
<b>N. piante/ha***:</b>	765
di cui pino silvestre***:	720
<b>N. ceppaie/ha:</b>	161
<b>Area basimetrica:</b>	70,6 m <sup>2</sup> /ha
di cui pino silvestre:	69,8 m <sup>2</sup> /ha
di cui necromassa:	12,5 m <sup>2</sup> /ha
<b>Copertura delle chiome:</b>	78%
<b>Diametro medio:</b>	34,3 cm
di cui pino silvestre:	35,1 cm
<b>Altezza dominante:</b>	22,7 m
<b>Età media delle piante dominanti:</b>	90 anni

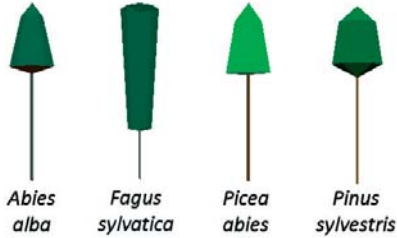
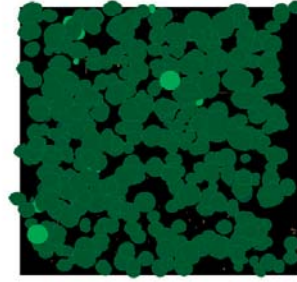
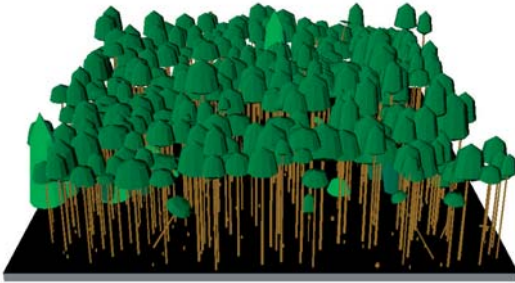
Fustaia matura con funzione di protezione diretta, probabilmente mantenuta dall'uomo anche per l'estrazione di resina. Fusti rettilinei, poco rastremati, buona autopotatura. Struttura monoplana, densità colma con sottobosco quasi assente. Nelle chiare rinnovazione di latifoglie e di abete, presupposto per una possibile successione a lungo termine. Confina superiormente con boschi misti o a mosaico di faggio, abete bianco e rosso. Segni diffusi di taglio a scelta.



\* Datum: WGS84

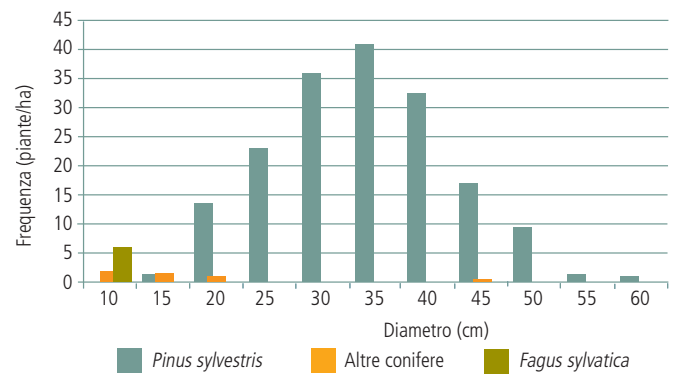
\*\* Il periodo di riferimento per i dati climatici è variabile a seconda delle serie storiche disponibili per le stazioni di rilevamento più prossime alle aree di studio.

\*\*\* Diametro minimo a 130 cm: 7,5 cm

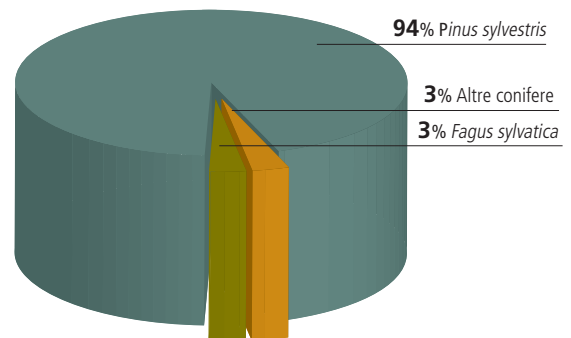


La Pineta è quasi giunta a maturità e può essere messa in rinnovazione con un taglio di sementazione, da effettuarsi mediante fessure (15-20 x 30-40 m) disposte diagonalmente rispetto alla massima pendenza per non compromettere la funzione prioritaria di protezione diretta nei confronti della strada sottostante, e favorendo al tempo stesso l'affermazione della sporadica rinnovazione di abete e faggio presente. Tutti gli abbattimenti devono essere eseguiti nei primi 5-6 mesi dell'anno, a causa dell'elevata concentrazione di spore di *Heterobasidion* nell'aria. Questo popolamento può essere oggetto di valorizzazione turistico-ricreativa, sottolineandone con mezzi didattici e cartelloni informativi il significato culturale dovuto al suo antico utilizzo per la raccolta della resina ed eventualmente conservando gli alberi più significativi da questo punto di vista (cicatrici ancora ben evidenti).

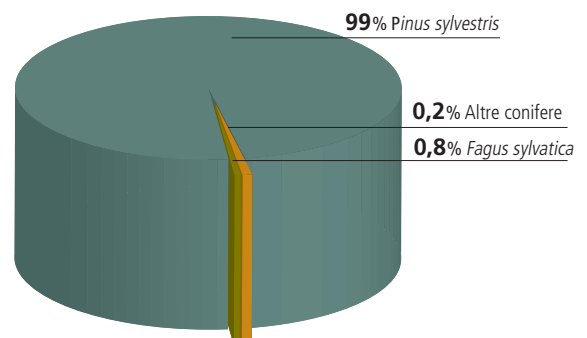
## Distribuzione diametrica



## Frequenza



## Area basimetrica



## Aree di controllo

# Trasquera



### Tipo forestale:

Pineta mesalpica acidofila

### Ambito geografico:

Valle Divedro

### Comune:

Trasquera (VB)

### Località:

Fraccia

### Coordinate UTM\*:

5118744 N  
439503 E

### Quota:

1247 m

### Pendenza media:

30%

### Esposizione prevalente:

Sud-Est

### Temperatura media

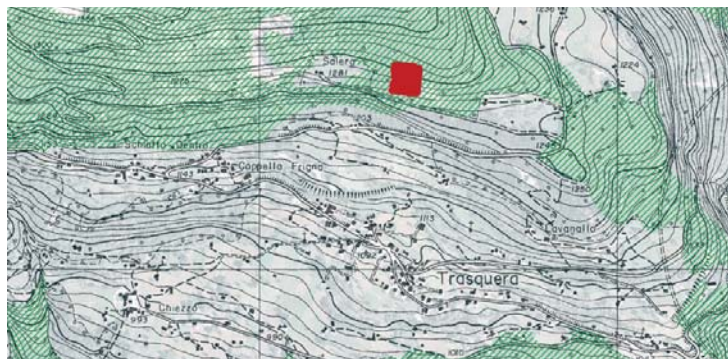
annua\*\*:

6,7 °C

### Precipitazioni medie

annue\*\*:

1411 mm



## Popolamento Forestale

<b>Superficie area campione:</b>	4900 m <sup>2</sup>
<b>Tipo forestale:</b>	Pineta mesalpica acidofila
<b>N. piante/ha***:</b>	343
di cui pino silvestre***:	306
<b>N. ceppaie/ha:</b>	104
<b>Area basimetrica:</b>	33,3 m <sup>2</sup> /ha
di cui pino silvestre:	32,9 m <sup>2</sup> /ha
di cui necromassa:	10,7 m <sup>2</sup> /ha
<b>Copertura delle chiome:</b>	77%
<b>Diametro medio:</b>	35,2 cm
di cui pino silvestre:	37,0 cm
<b>Altezza dominante:</b>	24,2 m
<b>Età media delle piante dominanti:</b>	110 anni

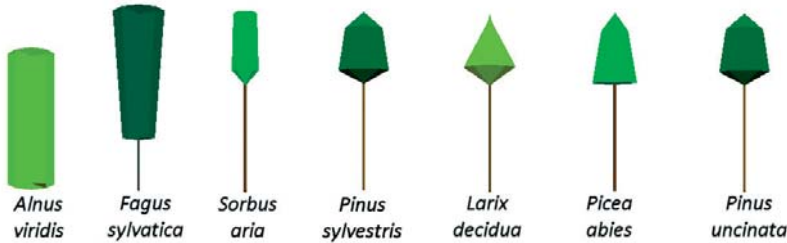
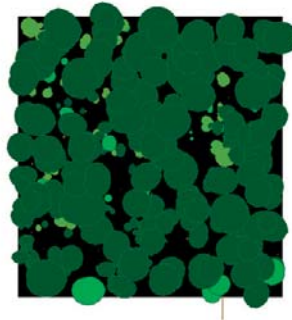
Pineta a struttura marcatamente biplana per densi nuclei di rinnovazione di pino nelle radure della copertura rada e matura. Semenzali di larice e abete rosso su suolo minerale, spesso soppressi dalle larghe chiome dei pini dominanti. L'età massima misurata è di 300 anni, ma diverse parti del popolamento sono state interessate negli ultimo 20 anni da tagli di selezione o tagli successivi a piccole buche. Espansione della Pineta su pascoli abbandonati.



\* Datum: WGS84

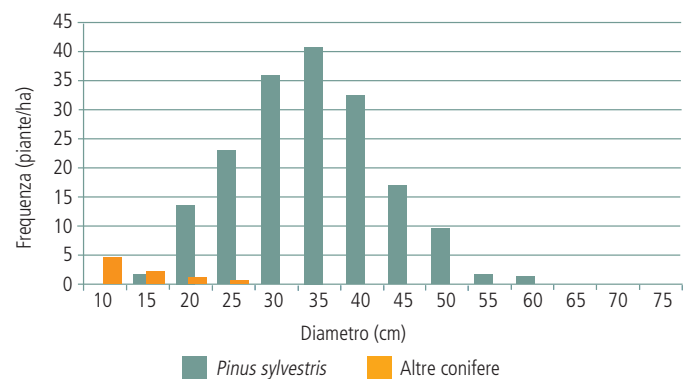
\*\* Il periodo di riferimento per i dati climatici è variabile a seconda dalle serie storiche disponibili per le stazioni di rilevamento più prossime alle aree di studio.

\*\*\* Diametro minimo a 130 cm: 7,5 cm

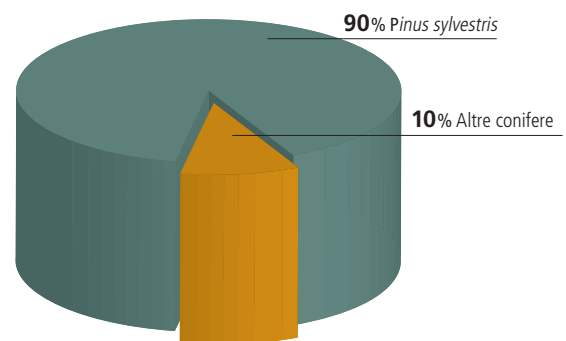


La rinnovazione di pino silvestre si afferma con successo nelle buche già presenti nel popolamento, pertanto un taglio di sementazione può essere proficuamente applicato a partire dai margini interni già esistenti, allargando le buche e sgomberando il soprassuolo dove la rinnovazione è già affermata, asportando invece parte del piano dominante (40-60%) ove fosse necessario favorirne l'insediamento. Tali interventi hanno anche l'effetto di rendere più percorribile il bosco, dalla spiccata vocazione turistica, alternando zone mature a zone già in rinnovazione. Il periodo di rinnovazione può andare dai 20 ai 30 anni poiché le dinamiche risultano rallentate dalla quota. Nei settori dove è invece in via di insediamento un piano dominato di abete rosso, è possibile attendere la sua affermazione definitiva e quindi, a maturità, sgomberare gradualmente il soprassuolo di pino per favorire la successione del popolamento alle specie definitive. Tutti gli abbattimenti devono essere eseguiti nei primi 5-6 mesi dell'anno, a causa dell'elevata concentrazione di spore di *Heterobasidion* nell'aria. L'espansione della Pineta verso i prati e i pascoli esterni al margine del bosco procede efficacemente e può essere lasciata all'evoluzione controllata, a meno che non si intenda conservare una quota di superficie libera dalla copertura forestale a scopi paesaggistici e turistico-ricreativi.

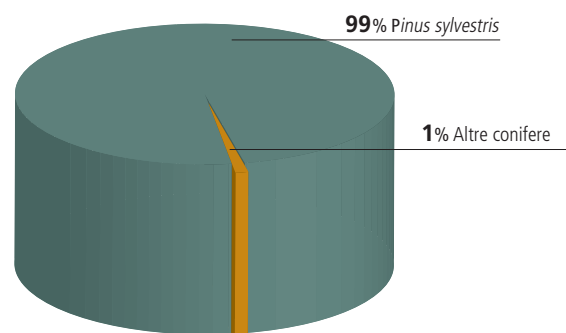
## Distribuzione diametrica



## Frequenza



## Area basimetrica







# Bibliografia

- AGEE JK (1998) - **Fire and pine ecosystems.** In: Richardson DM (ed) *Ecology and biogeography of Pinus.* Cambridge University Press, Cambridge, pp. 193-218
- ALLEN CD, BRESHEARS DD (1998) - **Drought-induced shift of a forest/woodland ecotone: rapid landscape response to climate variation.** *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 95: 14839-14842
- ANTROP M (2004) - **Landscape change and the urbanization process in Europe.** *Landscape and Urban Planning* 67: 9-26
- BARBÉRO M, OZENDA P (1979) - **Carte de la végétation potentielle des Alpes piémontaises à 1/400000.** *Doc. cartogr. écol.* XXI: 139-162
- BÄTZING W, PERLIK M, DEKLEVA M (1996) - **Urbanization and depopulation in the Alps.** *Mountain Research and Development* 4: 335-350
- BELLETTI P, GULLACE S (1999) - **Biodiversità e struttura genetica in popolazioni di pino cembro e pino silvestre dell'arco alpino occidentale.** *Sherwood* 44: 11-16
- BIAŁOBOK S (1970) - **Sosna zwyczajna-Pinus sylvestris L.** *Polish Academy of Sciences, Warsaw*
- BIGLER C, BRÄKER OU, BUGMANN H, DOBBERTIN M, RIGLING A (2006) - **Drought as an inciting mortality factor in Scots pine stands of the Valais, Switzerland.** *Ecosystems* 9(3): 330-343
- BOATO A, BATTISTI A (1996) - **High genetic variability despite haplodiploidy in primitive sawflies of the genus *Cephalcia*.** *Experientia* 52: 516-521
- BOLLIGER J, KIENAST F, ZIMMERMANN NE (2000) - **Risks of global warming on montane and subalpine forests in Switzerland-a modeling study.** *Regional Environmental Change* 1: 99-111
- BRAUN-BLANQUET J (1961) - **Die inneralpine Trockenvegetation.** *Gustav Fischer, Stuttgart*
- BREDA N, HUC R, GRANIER A, DREYER E (2006) - **Temperate forest trees and stands under severe drought: a review of ecophysiological responses, adaptation processes and long-term consequences.** *Annals of Forest Science* 63: 625-644
- CAMERANO P, GOTTERO F, TERZUOLO PG, VARESE P (2004) - **Tipi forestali del Piemonte.** *Blu Edizioni, Peveragno*
- CAMERANO P, TERZUOLO PG, VARESE P (2007) - **I Tipi forestali della Valle d'Aosta.** *Compagnia delle Foreste, Arezzo*
- CASALE A, SAMPÒ A (1977) - **Gradazioni di Acan-**

- tholyda posticalis* Matsumura in Valle d'Aosta: ciclo biologico e prove di lotta (Hym. Symphyta Pamphiliidae).** *Redia* 60: 431-452
- CASTY C, WANNER H, LUTERBACHER J, ESPER J, BOHM R (2005) - **Temperature and precipitation variability in the European Alps since 1500.** *International Journal of Climatology* 25: 1855-1880
- CAVALCASELLE B, DE BELLIS E (1981) - **Note tecniche sulla processionaria del pino *Thaumetopoea pityocampa* (Denis et Schiff).** *Ente nazionale per la cellulosa e per la carta, Roma*
- CECH T, PERNY B (1998) - **Kiefernsterben in Tirol.** *Forstschutz Aktuell* 22: 12-15
- CECH T, WIESINGER R (1995) - **Kiefernsterben in Niederösterreich.** In: NEUMANN M (ed) *Österreichisches Waldschaden-Beobachtungssystem. Ber. Forstl. Bundesvers. anst. Wien*, pp. 159-165
- CESTI G. (2005) - **I combustibili negli incendi di vegetazione.** *Collana di monografie sugli incendi boschivi e di vegetazione, De rerum natura, Pesaro*
- CHEN J, FRANKLIN JF, SPIES TA (1992) - **Vegetation responses to edge environments in old-growth Douglas-fir forests.** *Ecological Applications* 2(4): 387-396
- COBB FW, PARMETER JR, WOOD DL, STARK RW (1974) - **Root pathogens as agents predisposing Ponderosa pine and White fir to bark beetles.** In: KUHLMAN EG (ed) *Proceedings of the Fourth International Conference on *Fomes annosus*. USDA Forest Service, Southeast Forest Experiment Station, Athens NC*
- CÔTÉ SD, ROONEY TP, TREMBLAY J, DUSSAULT C, WALLER DM (2004) - **Ecological impacts of deer overabundance.** *Annual Review of Ecological and Evolutionary Systems* 35: 113-147
- CSABA M, ACKZELL L, SAMUEL CJA (2003) - **EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for Scots pine (*Pinus sylvestris*).** *International Plant Genetic Resource Institute, Roma*
- DALE VH, JOYCE LA, McNULTY S, NEILSON RP, AYRES MP, FLANNIGAN MD, HANSON PJ, IRLAND LC, LUGO AE, PETERSON CJ, SIMBERLOFF D, SWANSON FJ, STOCKS BJ, WOTTON BM (2001) - **Climate change and forest disturbances.** *BioScience* 51: 723-734
- DEL FAVERO R (2004) - **I boschi delle regioni alpine italiane.** *CLEUP, Padova*
- DÉMOLIN G, ABGRALL JF, BOUHOT-DELUDUC L (1996) - **Évolution de l'aire de la processionnaire du pin en France.** In: DÉPARTEMENT DE LA SANTÉ DES FORÊTS (ed), *Les Cahiers du DSF, 1 (La Santé des Forêts en 1995) Ministère de l'Agriculture, de la Pêche et de l'Alimentation, Paris*, pp. 26-28
- DESPLAND E, HOULE G (1997) - **Climate influences on growth and reproduction of *Pinus banksiana* (Pinaceae) at the limit of the species distribution in eastern North America.** *American Journal of Botany* 84: 928-937
- DOBBERTIN M (1999) - **Relating defoliation and its causes to premature tree mortality.** In: FORSTER B, KNIZEK M, GRODZKI W (eds) *Methodology of forest insect and disease survey in Central Europe, Proceedings of the Second Workshop of the IUFRO WP 70310, April 20-23, 1999. Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape WSL, Birmensdorf*
- DOBBERTIN M (2005) - **Tree growth as indicator of tree vitality and of tree reaction to environmental stress: a review.** *European Journal of Forest Research* 124(4): 319-333
- DOBBERTIN M, HILKER N, REBETZ M, ZIMMERMANN NE, WOHLGEMUTH T, RIGLING A, (2005a) - **The upward shift in altitude of pine mistletoe (*Viscum album* ssp. *austriacum*) in Switzerland - the result of climate warming?.** *J. Biometeorol.* 50: 40-47
- DOBBERTIN M, MAYER P, WOHLGEMUTH T, FELDMEYER-CHRISTE E, GRAF U, ZIMMERMANN N, RIGLING A (2005b) - **The decline of *Pinus sylvestris* L. forests in the Swiss Rhone Valley: a result of drought stress.** *Phyton* 45(4): 153-156
- DOBBERTIN M, RIGLING A, GRAF PANNATIER E, REBETZ M, WOHLGEMUTH T (2006) - **Die Klimaveränderung bedroht die Föhrenwälder im Wallis.** *Wald und Holz* 87(8): 37-39
- DOBBERTIN M, WERMELINGER B, BIGLER C, BÜRGI M, CARRON M, FORSTER B, GIMMI U, RIGLING A (2007) - **Linking**

- increasing drought stress to Scots Pine mortality and bark beetle infestations. *The Scientific World Journal* 7: 231-239
- DONATO DC, FONTAINE JB, CAMPBELL JL, ROBINSON WD, KAUFFMAN JB, LAW BE (2006) - **Post-wildfire logging hinders regeneration and increases fire risk.** *Science* 311: 352
- DOTTA A (2006) - **I danni al patrimonio forestale: monitoraggio e prevenzione.** Presentato al convegno "Fauna selvatica e attività antropiche: una convivenza possibile". Regione Piemonte, Torino, 3 Aprile 2006
- DOTTA A, MOTTA R (2000) - **Boschi di conifere montani. Indirizzi selvicolturali.** Regione Piemonte. Blu Edizioni, Peveragno
- EILMANN B, WEBER P, RIGLING R, ECKSTEIN D (2006) - **Growth reactions of *Pinus sylvestris* L. and *Quercus pubescens* Willd. to drought years at a xeric site in Valais, Switzerland.** *Dendrochronologia* 23(3): 121-132
- ELLENBERG H (1988) - **Vegetation ecology of Central Europe.** Cambridge University Press, Cambridge
- ELLISON AM, BANK MS, CLINTON BD, COLBURN EA, ELLIOTT K, FORD CR, FOSTER DR, KLOEPEL BD, KNOEPP JD, LOVETT GM, MOHAN J, ORWIG DA, RODENHOUSE NL, SOBCEK WV, STINSON KA, STONE JK, SWAN CM, THOMPSON J, VON HOLLE B, WEBSTER JR (2005) - **Loss of foundation species: consequences for the structure and dynamics of forested ecosystems.** *Frontiers in Ecology and the Environment* 3(9): 479-486
- FAVETTA A (1996) - **Prove di diradamento in popolamenti di pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) dell'Alta Valle di Susa.** Tesi di laurea, Università degli Studi di Torino, Torino
- FERNANDEZ MMF, GARCIA AE, LIEUTIER F (2004) - **Effects of various densities of *Ophiostoma ips* inoculations on *Pinus sylvestris* in north-western Spain.** *Forest Pathology* 34: 213-223
- FLÜHLER H, KELLER T, SCHWAGER H (1981) - **Die Immissionsbelastung der Föhrenwälder im Walliser Rhonetal.** In: BOSSHARD W (ed) Waldschäden im Walliser Rhonetal (Schweiz). *Eidg. Anst. Forstl. Versuchs. wes, Birmensdorf* 57(4): 361-499
- FOCARILE A (1983) - **Entomologia forestale in Valle d'Aosta.** Regione Autonoma Valle d'Aosta, Assessorato Agricoltura e Foreste, Servizio Tutela dell'Ambiente Naturale e delle Foreste, Aosta
- FOURNIER N, RIGLING A, DOBBERTIN M, GUGERLI F (2006) - **Faible différenciation génétique, à partir d'amplification aléatoire d'ADN polymorphique (RAPD), entre les types de pin sylvestre d'altitude et de plaine (*Pinus sylvestris* L.) dans les Alpes à climat continental.** *Annals of Forest Science* 63: 431-439
- GARBARINO M, LINGUA E, VACCHIANO G, MOTTA R (2006) - **Scots pine forests in the NW Italian Alps: What has changed in the last 50 years?.** In: LAFORTEZZA R, SANESI G (eds) Patterns and processes in forest landscapes. Consequences of human management. *Proceedings of IUFRO Landscape Ecology Conference, Locorotondo, Sept. 26-29, 2006, pp. 523-528*
- GILL RMA (1992) - **A review of damage by mammals in north temperate forests: 3. Impact on trees and forests.** *Forestry* 65: 363-388
- GOHEEN D. J, HANSEN E. M. (1993) - **Effects of pathogens and bark beetles on forests.** In: SCHOWALTER TD, FILIP GM (eds) Beetle-pathogen interactions in conifer forests. *Academic Press, London, pp. 175-196*
- GONTHIER P, GARBELOTTO MM, NICOLOTTI G (2005) - **Seasonal patterns of spore deposition of *Heterobasidion* species in four forests of the western Alps.** *Phytopathology* 95(7): 759-767
- GONTHIER P, GARBELOTTO MM, VARESE GC, NICOLOTTI G (2001) - **Relative abundance and potential dispersal range of intersterility groups of *Heterobasidion annosum* in pure and mixed forests.** *Canadian Journal of Botany* 79: 1057-1065
- GONTHIER P, GIORDANO L, NICOLOTTI G (2007a) - **Sui disseccamenti acuti e generalizzati del pino silvestre nell'envers della media Valle d'Aosta.** *L'Informatore agricolo* 23(6): 41-45
- GONTHIER P, MARAFANTE I, NICOLOTTI G, HAUDEMAMAND JC, PASQUETTAZ E (2007b) - **Difesa delle foreste di conifere da *Heterobasidion*: primi risultati di una sperimentazione su ampia scala condotta con urea in Valle d'Aosta.** *L'Informatore Agricolo* 23(2): 46-50

- GOTTERO F, EBONE A, TERZUOLO P, CAMERANO P (2007) - **I boschi del Piemonte, conoscenze e indirizzi gestionali.** Regione Piemonte, Blu Edizioni, Peveragno
- GOTTSCHALK KW (1995) - **Using silviculture to improve health in northeastern conifer and eastern hardwood forests.** In: ESKEW LG (ed) Forest health through silviculture. *USDA Forest Service, Fort Collins CO, GTR RM-267*, pp. 219-226
- GRIME JP (1977) - **Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory.** *The American Naturalist* 111: 1169-1194
- HADORN S (2003) - **Föhrenrückgang im Wallis: Sukzessionsanalyse und GIS-gestützte Modellierung des räumlichen Auftretens.** Diplomarbeit, Universität Bern
- HALPIN PN (1994) - **Latitudinal variation in the potential response of mountain ecosystems to climatic change.** In: BENISTON M (ed) Mountain Environments in Changing Climates. *Routledge, London*, pp. 180-203
- HANSEN AJ, DI CASTRI F (eds) (1992) - **Landscape boundaries. Consequences for biotic diversity and ecological flows.** *Ecological Studies* 92, Springer-Verlag, New York
- HARPER JL (1977) - **Population biology of plants.** Academic Press, New York
- HELLRIGL K (1995) - **Der Kiefernprozessionsspinner (*Thaumetopoea pityocampa* Denis et Schiff.) in Südtirol.** Schriftenreihe für Wissenschaftliche Studien n. 1, Landesabteilung Forstwirtschaft der Autonomen Provinz Bozen/Südtirol, Bozen
- HESS NL, ECKHARDT L, MENARD R, JONES J (2005) - **Monitoring loblolly pine decline in the western zone of the Southern Region.** *Phytopathology* 95(6): supplement
- HODGES CS (1969) - **Modes of infection and spread of *Fomes annosus*.** *Annual Review of Phytopathology* 7:247-266
- HOLDENRIEDER O, PAUTASSO M, WEISBERG PJ, LONSDALE D (2004) - **Tree diseases and landscape processes: the challenge of landscape pathology.** *Trends in Ecology and Evolution* 19(8): 446-452
- IPLA (1993) - **Indagine sullo stato vegetativo delle foreste nella Regione Valle d'Aosta.** IPLA, Torino
- IPLA (2004a) - **Elaborazione di metodologie innovative per la pianificazione forestale in Valle d'Aosta con particolare riferimento alla multifunzionalità delle foreste.** IPLA, Torino
- IPLA (2004b) - **La pianificazione silvopastorale in Piemonte: norme tecniche per i Piani Forestali Territoriali e indirizzi metodologici per i Piani Forestali Aziendali.** Regione Piemonte, IPLA, Torino, CD-Rom mp0408
- JACOBS K, SEIFERT KA (2004) - ***Pesotum fragrans*.** *Canadian Journal of Plant Pathology* 26: 79-80
- JACOBS K, WINGFIELD MJ (2001) - ***Leptographium* species. Tree pathogens, insect associated, and agents of blue-stain.** *APS PRESS, The American Phytopathological Society, St. Paul MN*
- JANKOWIAK R (2005) - **Fungi associated with *Ips typographus* on *Picea abies* in southern Poland and their succession into the phloem and sapwood of beetle-infested trees and log.** *Forest Pathology* 35: 37-55
- KASHIAN DM, ROMME WH, REGAN CM (2007) - **Reconciling divergent interpretations of quaking aspen decline on the northern Colorado Front Range.** *Ecological Applications* 17: 1296-1311
- KEMPF A (1985) - **Waldveränderungen als Kulturlandschaftswandel-Walliser Rhonetal. Fallstudien zur Persistenz und Dynamik des Waldes zwischen Brig und Martigny seit 1873.** *Basler Beiträge zur Geographie* 31, Basel
- KIENAST F (1991) - **Simulated effects of increasing CO<sub>2</sub> on the successional characteristics of Alpine forest ecosystems.** *Landscape Ecology* 5: 225-238
- KIENAST F, FLÜHLER H, SCHWEINGRUBER FH (1981) - **Jahringanalysen an Föhren (*Pinus sylvestris* L.) aus immissionsgefährdeten Beständen des Mittelwallis (Saxon, Schweiz).** *Mitt. Eidgen. Anst. das Forstl. Versuchswesen* 57: 415-432
- KIENAST F, HADORN S, SCHUTZ M (2004) - **Werden Wal-**

- liser Föhrenwälder zu Eichenwäldern? Eine pflanzensoziologische Studie mit historischen Aufnahmen.** *Infoblatt Forschungsbereich Landschaft 59: 1-3*
- KÖHLER FE (1883-1914) - **Medizinal-Pflanzen in naturgetreuen Abbildungen mit kurz erläuterndem Texte: Atlas zur *Pharmacopoea germanica*.** *Untermyhaus, Gera*
- KRAMER PJ, KOZLOWSKI TT (1979) - **Physiology of woody plants.** *Academic Press, London*
- KUME A, NAKANE K, SAKUGAWA H (2005) - **Complex environmental factors affecting the decline of *Pinus densiflora* in the Seto Inland Sea area of western Japan.** *Journal of Agricultural Meteorology 60: 1149-1152*
- LÄNGSTROM B, SOLHEIM H, HELLQVIST C, GREF R (1993) - **Effects of pruning young Scots pine on host vigour and susceptibility to *Leptographium wingfieldii* and *Ophiostoma minus*, two blue-stain fungi associated with *Tomicus piniperda*.** *European Journal of Forest Pathology 23: 400-415*
- LANIER L, JOLY P, BONDOUX P, BELLEMÈRE A (1976) - **Mycologie et pathologie forestières. II: Pathologie forestière.** *Masson Editeur, Paris*
- LARCHER W (2001) - **Ökophysiologie der Pflanzen.** *Ulmer Verlag, Stuttgart*
- LINDENMAYER DB, NOSS RF (2006) - **Salvage logging, ecosystem processes, and biodiversity conservation.** *Conservation biology 20(4):949-958*
- LIVINGSTON WH, GRANGER G, FRIES M, GRANGER C, TRIAL H, STRUBLE D, STEINMAN J, HOWELL S (2005) - **White pine decline in Maine.** Presented at workshop "Forest Health Issues in New Hampshire". *Hubbard Brook Experimental Forest, Thornton NH, 2 dicembre 2005*
- LONG JN (1985) - **A practical approach to density management.** *Forestry Chronicle 61: 23-27*
- LORENZ M, FISCHER R, BECHER G, MUES V, SEIDLING W, KRAFT P, NAGEL HD (2006) - **Forest Condition in Europe.** *Technical Report of ICP Forests, UNECE, Geneva*
- MAKSYMOW JK (1978) - ***Thaumetopoeidae*, Processionsspinner.** In: SCHWENKE W (ed) *Die Forstschädlinge Europas Vol. 3, Verlag Paul Parey, Hamburg, Berlin, pp. 391-404*
- MANION PD (1981) - **Tree disease concepts.** *Prentice-Hall, Englewood Cliffs*
- MATTSON W, HAACK R (1987) - **The role of drought stress in provoking outbreaks of phytophagous insects.** In: BARBOSA P, SCHULTZ JC (eds) *Insect Outbreaks. Academic Press, San Diego CA*
- MAZZOGGIO PJ, SALVATO P, CURRADO I, PATETTA A, ZANE L, BATTISTI A (2002) - **Indagini biologiche e genetiche sulla processionaria del pino (*Traumatocampa pityocampa*) in Italia nord-occidentale.** In: *Atti del XIX Congresso Nazionale Italiano di Entomologia, Catania 10-15 giugno 2002, pp. 797-803*
- MÉDAIL F (2001) - **Biogéographie, écologie et valeur patrimoniale des forêts de pin sylvestre (*Pinus sylvestris* L.) en région méditerranéenne.** *Forêt méditerranéenne 22(1): 5-22*
- MELONI F, LINGUA E, MOTTA R (2006) - **Analisi della funzione protettiva delle foreste: l'esempio della "Carta delle foreste di protezione diretta della Valle d'Aosta".** *Forest@ 3(3): 420-425*
- MILLO B (1980) - **Ingiustificato allarmismo per la Processionaria del Pino Nero.** Regione Friuli-Venezia Giulia, Direzione Regionale Agricoltura, Udine
- MINERBI S (1993) - **Wie gesund sind unsere Wälder?** Bericht über den Zustand der Wälder im Südtirol. *Landesabteilung für Forstwirtschaft der Autonomen Provinz Bozen, Bozen*
- MINERBI S (1998) - **Phytosanitäre Massnahmen gegendas Kiefernsterben im Vinschgau und Vorbeugemassnahmen gegen Wildschäden.** *Projektbericht Abt. 32 Forstwirtschaft, Autonome Provinz Bozen-Südtirol, Bozen*
- MINERBI S, CESCATTI A, CHERUBINI P, HELLRIGL K, MARKART G, SAURER M, MUTINELLI C (2006) - **La siccità dell'estate 2003 causa di disseccamenti del pino silvestre in Val d'Isarco.** *Forest Observer 2-3: 89-144*
- MONDINO GP (1963) - **Boschi planiziali a *Pinus sylvestris* ed *Alnus incana* nelle alluvioni del**

- torrente Bardonecchia (Piemonte).** *Allionia (Torino) 9: 43-64*
- MONDINO GP (1974) - **Valle di Susa (Torino). Carta della vegetazione e delle colture. (Scala 1:50000).** *IPLA, Torino*
- MONDINO GP (2007) - **Flora e vegetazione del Piemonte.** *L'Artistica Editrice, Savigliano*
- MOTA MM, BRAASCH H, BRAVO MA, PENAS AC, BURGERMEISTER W, METGE K, SOUSA E (1999) - **First report of *Bursaphelenchus xylophilus* in Portugal and in Europe.** *Nematology 7-8: 727-734*
- MOTTA R (1999) - **Dendroecology as a tool for evaluating past ungulate activity in forest stands. Two examples from the Italian Alps.** In: STRAVINSKIENE V, JUKNYS R (eds) *Dendrochronology and Environmental Trends: Proceedings of the International Conference. Vytautas Magnus University, Department of Environmental Sciences, Kanuas pp. 199-208*
- NAKIĆENOVIĆ N, SWART R (eds) (2000) - **IPCC Special report on emission scenarios.** *Cambridge University Press, Cambridge*
- NICOLOTTI G, GONTHIER P (2005) - **Stump treatment against *Heterobasidion* with *Phlebiopsis gigantea* and some chemicals in *Picea abies* stands in the western Alps.** *Forest Pathology 35: 365-374*
- NIERHAUS-WUNDERWALD D, LAWRENZ P (2001) - **Biologia del vischio.** *Sherwood 73: 19-24*
- OZENDA P (1985) - **La végétation de la chaîne alpine dans l'espace montagnard européen.** *Masson Editeur, Paris*
- PAINE TD, RAFFA KF, HARRINGTON TC (1997) - **Interactions among scolytid bark beetles, their associated fungi, and live host conifer.** *Annual Review of Entomology 42: 179-206*
- PARKER TJ, CLANCY KM, MATHIASSEN RL (2006) - **Interactions among fire, insects and pathogens in coniferous forests of the interior western United States and Canada.** *Agricultural and Forest Entomology 8: 167-189*
- PEDERSEN BS (1998) - **Modeling tree mortality in response to short- and long-term environmental stresses.** *Ecological Modelling 105: 347-351*
- PENUELAS J, BOADA M (2003) - **A global change-induced biome shift in the Montseny mountains (NE Spain).** *Global Change Biology 9: 131-140*
- PENUELAS J, FILELLA I (2001) - **Responses to a warming world.** *Science 294: 793-795*
- PFISTER A, KREHAN H, PERNY B, TOMICZEK C, BUCHBERGER A, LICK H (2001) - **Kiefern Schäden-Erkennen und Vermeiden.** *Merkblatt Amt der Steyermärkischen Landesregierung, Fachabteilung Forstwesen und Forstliche Bundesversuchsanstalt, Wien*
- PIGNATTI S (1982) - **La flora d'Italia.** *Edagricole, Bologna*
- POLACEK D, KOFLER W, OBERHUBER W (2006) - **Radial growth of Scots pine is sensitive to water level fluctuations.** *New Phytologist 169: 299-308*
- POLOMSKI J, SCHONFELD U, BRAASCH H, DOBBERTIN M, BURGERMEISTER W, RIGLING D (2006) - **Occurrence of *Bursaphelenchus* species in declining *Pinus sylvestris* in a dry Alpine valley in Switzerland.** *Forest Pathology 36: 110-118*
- PRICE MF, HASLETT JR (1995) - **Climate change and mountain ecosystems.** In: ALLAN NJR (ed) *Mountains at Risk: Current Issues in Environmental Studies. Manohar, New Delhi, pp. 73-97*
- QUAGLINO A, MONDINO GP, NOSENZO A, BORELLI M, MOTTA R, PIVIDORI M (1987) - **DEFOR86: Deperimento delle foreste in Valle d'Aosta. Possibili rapporti con l'inquinamento atmosferico. Rapporto anno 1986.** *Università degli Studi di Torino e Regione Autonoma Valle d'Aosta, Aosta*
- REBETEZ M, DOBBERTIN M (2004) - **Climate change may already threaten Scots pine stands in the Swiss Alps.** *Theoretical and Applied Climatology 79(1-2): 1-9*
- REBETEZ M, MEYER H, DUPONT O, SCHINDLER D, GARTNER K, KROPP JP, MENZEL A (2006) - **Heat and drought 2003 in Europe: a climate synthesis.** *Annals of Forest Science 63: 569-577*
- REDFERN DB, BOSWELL RC (2004) - **Assessment of crown condition in forest trees. Comparison**

- of methods, sources of variation and observer bias.** *Forest Ecology and Management* 188: 149-160
- REDFERN DB, FILIP GM (1991) - **Inoculum and infection.** In: SHAW CG, KILE GA (eds) *Armillaria* root disease, *USDA Forest Service, Washington DC*, pp. 48-61
- REGIONE AUTONOMA VALLE D'AOSTA, REGIONE PIEMONTE (2006) - **Selvicoltura nelle foreste di protezione: esperienze e indirizzi gestionali in Piemonte e Valle d'Aosta.** *Compagnia delle Foreste, Arezzo*
- REINEKE LH (1933) - **Perfecting a stand-density index for even-aged forests.** *Journal of Agricultural Research* 46: 627-638
- RIGLING A, CHERUBINI P (1999) - **Wieso sterben die Waldföhren im Telwald bei Visp? Eine Zusammenfassung bisheriger Studien und eine dendroökologische Untersuchung.** *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 150(4): 113-131
- RIGLING A, DOBBERTIN M, BÜRGI M, GIMMI U, GRAF PANNATIER E, GUGERLI F, HEINIGER U, POLOMSKI J, REBETZ M, RIGLING D, WEBER P, WERMELINGER B, WOHLGEMUTH T (2006) - **Les chênes pubescents chassent-ils les pins sylvestres valaisans?** *Merkblatt für die Praxis* 41, *WSL Birmensdorf*
- RIGLING A, FORSTER B, WERMELINGER B, CHERUBINI P (1999) - **Waldföhrenbestände im Umbruch.** *Wald und Holz* 13: 8-12
- RIGLING A, WEBER P, CHERUBINI P, DOBBERTIN M (2004) - **Wald-dynamische Prozesse und Jahrringe. Bestandesdynamik zentralalpiner Waldföhrenwälder aufgezeigt anhand dendroökologischer Fallstudien aus dem Wallis.** *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 155: 178-190
- ROUAULT G, CANDAU JN, LIEUTIER F, NAGELEISEN LM, MARTIN JC, WARZÉE N (2006) - **Effects of drought and heat on forest insect populations in relation to the 2003 drought in Western Europe.** *Annals of Forest Science* 63(6): 613-624
- SABBATINI PEVERIERI G, CAPRETTI P, TIBERI R (2005) - **Associations between *Tomicus destruens* and *Leptographium* spp. in *Pinus pinea* and *P. pinaster* stands in Tuscany, central Italy.** *Forest Pathology* 35: 1-7
- SCHÄR C, VIDALE PL, LUTHI D, FREI C, HABERLI C, LINIGER MA, APPENZELLER C (2004) - **The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves.** *Nature* 427: 332-336
- SCHELHAAS JM, NABUURS GJ, SCHUCK A (2003) - **Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries.** *Global Change Biology* 9: 1620-1633
- SCHWANINGER C (1998) - **Kiefernsterben im Oberland.** *Tiroler Forstdienst* 10
- SCHWENKE W (1982) - **Die Forstschädlinge Europas.** *Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg*
- SHAW JD (2006) - **Population-wide changes in pinyon-juniper woodlands caused by drought in the American Southwest: Effects on structure, composition, and distribution.** In: LAFORTEZZA R, SANESI G (eds) *Patterns and processes in forest landscapes. Consequences of Human Management. Proceedings of the 4th Meeting of IUFRO Working Party 8.01.03, Sept. 26-29, 2006, Locorotondo*, pp. 117-124
- SLAUGHTER GW, PARMETER JR (1995) - **Enlargement of tree-mortality centers surrounding pine stumps infected by *Heterobasidion annosum* in northeastern California.** *Canadian Journal of Forest Research* 25: 244-252
- SOKOLOV VS (1961) - **O nizkoj ustojcivosti sosny v kritizeskij period lzv vyssh ucheb.** *Zaved Lesnoi Zhurnal* 4: 148-149
- SOLHEIM H, KROKENE P, LANGSTROM B (2001) - **Effects of growth and virulence of associated blue-stain fungi on host colonization behaviour of the pine shoot beetles *Tomicus minor* and *T. piniperda*.** *Plant Pathology* 50: 111-116
- SOLOMON S, QIN D, MANNING M, CHEN Z, MARQUIS M, AVE-RYT KB, TIGNOR M, MILLER HL (eds) (2007) - **Climate change 2007: the physical science basis.** Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Cambridge University Press, Cambridge*
- SPIES TA (1998) - **Forest structure: a key to the ecosystem.** *Northwest Science* 72(2): 34-39

- STASTNY M, BATTISTI A, PETRUCCO-TOFFOLO E, SCHLYTER F, LARSSON S (2006) - **Host-plant use in the range expansion of the pine processionary moth, *Thaumetopoea pityocampa*.** *Ecological Entomology* 31: 481-490
- THEURILLAT JP, GUISAN A (2001) - **Potential impact of climate change on vegetation in the European Alps: A review.** *Climatic Change* 50: 77-109
- THOMAS FM, BLANK R, HARTMAN G (2002) - **Abiotic and biotic factors and their interactions as causes of oak decline in Central Europe.** *Forest Pathology* 32: 277-307
- TINNER R (2004) - **Luftbildanalytische Erfassung des Strukturwandels von Föhrenwäldern in Richtung Flaumeichenwälder in der Region Visp.** *Diplomarbeit, ETH Zürich, Zürich*
- THORNTHWAITE CW (1954) - **A re-examination of the concept and measurement of potential evapotranspiration.** *Publications in Climatology* 7:200-209
- TOMICZEK A (1996) - **Beteiligung von Splintholznematoden am Kiefernsterben in Österreich.** *Forstschutz Aktuell* 17-18: 15-16
- VACCHIANO G, MOTTA R, LONG JN, SHAW JD (2008) - **Density management diagrams: tools for assessing current and future functionality of protection forests.** *Forest Ecology and Management, in stampa, doi:10.1016/j.foreco.2008.01.015*
- VERTUI F, TAGLIAFERRO F (1998) - **Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) dieback by unknown causes in the Aosta Valley, Italy.** *Chemosphere* 36: 1061-1065
- WALLACE JM, HOBBS PV (2006) - **Atmospheric science: an introductory survey.** *Academic Press, London*
- WALTHER GR (2002) - **Ecological responses to recent climate change.** *Nature* 416: 389-395
- WARGO PM, HARRINGTON TC (1991) - **Host stress and susceptibility to *Armillaria*.** In: SHAW CG, KILE GA (eds) *Armillaria* root disease, *USDA Forest Service, Washington DC, pp. 88-101*
- WARING KM, O'HARA KL (2005) - **Silvicultural strategies in forest ecosystems affected by introduced pests.** *Forest Ecology and Management* 209, 27-41
- WARING RH, PITMAN GB (1985) - **Modifying lodgepole pine stands to change susceptibility to mountain pine beetle attack.** *Ecology* 66: 889-897
- WEBER P (2005) - **Intra- and interspecific competition in mixed *Pinus sylvestris* and *Quercus pubescens* stands. Modelling stand dynamics based on tree-ring analysis.** *Dissertation ETH No. 16235. Department of Environmental Sciences, ETH Zürich, Zürich*
- WERMELINGER B, SEIFERT M (1998) - **Analysis of the temperature dependent development of the spruce bark beetle *Ips typographus* (L.) (Col. Scolytidae).** *Journal of Applied Entomology* 122: 185-191
- WERMELINGER B, SEIFERT M (1999) - **Temperature-dependent reproduction of the spruce bark beetle *Ips typographus*, and analysis of the potential population growth.** *Ecological Entomology* 24: 103-110
- WHITE PS, PICKETT STA (1985) - **Natural disturbance and patch dynamics: an introduction.** In: PICKETT STA, WHITE PS (eds) *The ecology of natural disturbance and patch dynamics. Academic Press, New York, pp. 3-16*
- WIEDEMANN E (1949) - **Ertragstabellen der wichtigsten Holzarten bei verschiedener Durchforstung.** *Schaper, Hannover*
- WILLIS KJ, BENNETT KD, BIRKS HJB (1998) - **The late Quaternary dynamics of pines in Europe.** In: RICHARDSON DM (ed) *Ecology and biogeography of *Pinus*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 107-121*
- WINGFIELD MJ, SEIFERT KA, WEBBER JF (1993) - ***Ceratomyces* and *Ophiostoma*. Taxonomy, Ecology, and Pathogenicity.** *APS PRESS, The American Phytopathological Society, St. Paul MN*
- WORRALL JJ, HARRINGTON TC (1988) - **Etiology of canopy gaps in spruce-fir forests at Crawford Notch, New Hampshire.** *Canadian Journal of Forest Research* 18: 1463-1469



---

**Forma consigliata di citazione:**  
REGIONE PIEMONTE, REGIONE AUTONOMA VALLE D'AOSTA (2008) – **Il deperimento del pino silvestre nelle Alpi occidentali: natura e indirizzi di gestione.**  
Compagnia delle Foreste, Arezzo, pp.128.

Finito di stampare nel mese di  
Gennaio 2008  
da Litograf Editor S.r.l.  
Città di Castello (PG)

---

## **Indirizzi**

### **REGIONE PIEMONTE**

*Direzione Opere pubbliche, Difesa del suolo,  
Economia montana e Foreste*

Corso Stati Uniti, 21-10128 Torino

Tel. +390114325184

e-mail: tosettore.foreste14-2@regione.piemonte.it

### **REGIONE AUTONOMA VALLE D'AOSTA**

*Direzione Foreste*

Località Amérique, 127/a - 11020 Quart

Tel. +390165776221

e-mail: j.haudemand@regione.vda.it

