



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
FACOLTA' DI AGRARIA

Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali

TESI DI LAUREA TRIENNALE IN TUTELA E RIASSETTO DEL TERRITORIO

**ANALISI DELLA PROGETTAZIONE DEI COMPENSORI SCIISTICI E DELLA LORO
SOSTENIBILITA' PER IL FUTURO**

Relatore: Prof. Vincenzo D'Agostino

Laureando
Enrico Serafin
Matricola n. 510686

ANNO ACCADEMICO 2012-2013

INDICE

CAPITOLO 1

1	Introduzione - Il turismo invernale italiano.....	pag. 5
2	Impatto dello sci alpino sui versanti.....	pag. 6
2.1	Rimodellamento versante, disboscamento, inerbimento e degradazione da pascolamento.....	pag. 6
2.1.1	Rimodellamento versante.....	pag. 7
2.1.1.1	Progettazione geomeccanica dei profili di artificiali.....	pag. 9
2.1.1.2	Progettazione ecologico paesaggistica.....	pag. 10
2.1.1.3	La progettazione idraulica.....	pag. 12
2.1.1.4	Accessibilità.....	pag. 14
2.1.1.5	Sicurezza.....	pag. 15
2.1.2	Disboscamenti.....	pag. 20
2.1.3	Inerbimenti.....	pag. 24
2.1.3.1	La scelta dei materiali.....	pag. 29
2.1.3.2	La disponibilità di materiali per inerbimento.....	pag. 34
2.1.3.3	Le tecniche d'inerbimento.....	pag. 37
2.1.3.4	Il monitoraggio degli inerbimenti.....	pag. 39
2.1.3.5	La produzione sementiera.....	pag. 50
2.1.3.6	Linee guida alla produzione sementiera.....	pag. 52
2.1.4	Degradazione per pascolamento.....	pag. 55
2.2	Innevamento artificiale.....	pag. 58
2.2.1	Situazione attuale.....	pag. 58
2.2.2	Effetti sul versante.....	pag. 59
2.2.3	Gli additivi.....	pag. 63
2.2.4	Il consumo d'acqua.....	pag. 65
2.2.5	Il consumo energetico.....	pag. 68
2.3	Effetti sulla biodiversità.....	pag. 70
2.4	Impatto paesaggistico.....	pag. 72
3	Normativa.....	pag. 75
3.1	La valutazione dell'impatto ambientale negli impianti sciistici.....	pag. 75
3.2	Leggi nazionali, regionali e delle Province autonome relative agli impianti sciistici.....	pag. 81

4 Il cambiamento climatico.....	pag. 87
CAPITOLO 2.....	pag. 96
1 Caso di studio: Comprensorio sciistico Tревalli.....	pag. 96
2 Conclusioni.....	pag.107
3 Bibliografia.....	pag.111

Riassunto

Il presente lavoro riguarda l'analisi della progettazione dei comprensori sciistici e della loro sostenibilità per il futuro, considerandone aspetti idrogeologici ed ambientali.

L'idea per la stesura di un lavoro di tesi sull'argomento è nata, assieme al relatore Prof. Vincenzo D'Agostino, dalla curiosità di capire come vengono progettati gli impianti per lo sci alpino, quanto e come influiscono sull'ambiente che li ospita e, alla luce del cambiamento climatico in atto, quanto possono essere sostenibili in futuro.

Lo studio si concentra esclusivamente sugli effetti che gli impianti sciistici producono sul versante e non ai problemi che si possono ripercuotere a valle, come il traffico, lo smog, la ricettività ecc. Anche perché, questi problemi, non sono peculiari della pratica dello sci alpino, ma si manifestano ogni qualvolta si ha un assembramento temporaneo di persone, indipendentemente dal motivo del richiamo. Queste tematiche sono pertanto escluse dal presente studio.

Il lavoro è suddiviso in due capitoli: il primo di carattere generale si occupa dell'impatto dello sci alpino sui versanti; il secondo dell'impianto di innevamento programmato di un comprensorio specifico preso come caso di studio

Nel primo capitolo, il primo paragrafo illustra i "numeri" dello sci alpino italiano e aiuta a comprendere lo stato della "maturità" di tale disciplina, il numero di praticanti e l'indotto economico.

Il secondo paragrafo, di carattere generale, verifica in che modo la realizzazione e la manutenzione di una pista da sci alpino influiscono sul versante montano, quali sono le loro metodologie esecutive più corrette e le possibili mitigazioni.

Il terzo paragrafo si occupa della normativa nazionale e confronta quelle regionali e provinciali del Veneto e del Trentino Alto Adige.

Il quarto paragrafo analizza alcuni studi effettuati sul cambiamento climatico nelle Alpi, i possibili scenari futuri e le eventuali ripercussioni sulla pratica dello sci.

Nel secondo capitolo, la prima parte si concentra sullo studio del comprensorio Trevali della provincia di Trento e Belluno, per verificare come il cambiamento climatico influirà sui costi dell'innnevamento programmato.

Infine, la seconda parte, trae le conclusioni dell'intero studio, dando delle linee guida da seguire per un turismo montano economicamente e ambientalmente più sostenibile.

Abstract

The current work deals with an analysis on the planning of ski areas and their sustainability in the future, with a focus on hydrogeological and environmental aspects.

The idea, developed with Prof. Vincenzo D'Agostino, generated from the interest in understanding how ski areas are planned, what is their impact on the environment and last but not least their sustainability in the future, against the background of the current process of climate change.

The analysis is focused exclusively on the impact that ski resorts produce on the mountainside and not on the externalities that might affect the valley - e.g. pollution, traffic, accommodation capacity, etc. – chiefly because these problems are not peculiar of Alpine Ski but are rather a common feature of every temporary aggregation of people, notwithstanding the purpose of their presence. This is why these side-effects are excluded from this study.

The work is divided in two chapters. The first is an overview of the impact of Alpine Ski on mountains slopes. The second is a specific case study focused on the artificial snow machinery system of a specific ski resort.

The first paragraph of the first chapter shows data and figures of Italian Alpine ski and is meant to provide how the discipline works, how many sportsmen practice it and its economic relevance. The second paragraph explains the way in which the realization and the maintenance of a ski run affects a mountain slope, which are the more significant methodologies of execution and the possible mitigations. The third paragraph deals with national legislation on the subject and compares the regional and provincial law of both Veneto and Trentino Alto-Adige. The fourth paragraph is focused on some academic research dealing with climate change in the Alps, possible future scenarios and some predictable outcomes on ski practice.

The second chapter, in turn, is divided into two parts. The first is an analysis of the Trevalle ski resort in the provinces of Trento and Belluno with the aim to verify how climate change will affect the costs of artificial snow making. In the end, the second part draws the conclusions of the whole analysis, pointing out some guidelines for a more sustainable mountain tourism, both from the economic and the environmental points of view.

CAPITOLO 1

1 Introduzione - Il turismo invernale italiano

Nell'Arco Alpino Italiano sono presenti 251 aree sciistiche (Accademia Europea di Bolzano, 2007). Sulle Alpi ogni anno si riversano tra i 60 e gli 80 milioni di turisti secondo OCSE (Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico) e oltre 100 milioni secondo CIPRA (Commissione Internazionale per la Protezione delle Alpi), con un indotto intorno ai 50 miliardi di euro/anno. Sulle Alpi Italiane la percentuale di presenze nel periodo invernale è quasi uguale a quella registrata nel periodo estivo.

Nel periodo invernale lo sci da discesa è quello che raccoglie la maggior parte degli appassionati ossia il 78,7% (Centro Internazionale di Studi sull'Economia Turistica, 2001).

Le Alpi italiane sono attraversate da 4693 km di piste da sci da discesa, di cui oltre il 60% innevato artificialmente, da 2981 km di piste da fondo, di cui 304 innevati artificialmente, da 61 km di piste dedicate allo snowboard, da 129 cabinovie, 684 seggiovie, 74 funivie, 487 skilift e 84 tapis roulant (Furlani e Ludovici, 2006).

La pratica dello sci alpino è caratterizzata da una forte stagionalità e concentrazione territoriale. Il Trentino è la principale area montana di destinazione degli sciatori italiani (39%), seguita dall'Alto Adige (14%), dal Veneto (12%), dalla Lombardia (9%) e dalla Valle d'Aosta (6%) (CISSET, 2001).

Lo stato di "maturità" del prodotto turistico della montagna invernale è ormai riconosciuto da tutti gli addetti ai lavori. Alcuni dati, riferiti a differenti contesti e strutture, confermano da angolature diverse questa tendenza diffusa:

- sia l'Austria che la Svizzera, paesi che possono considerarsi interamente alpini, hanno vissuto negli anni '90 una decisa contrazione della loro quota di mercato europea del turismo internazionale, passando, la prima, da poco più del 9% del 1990 a poco più del 6% del 2003 (dopo essere scesa al 5,5% nel 2000) e la seconda dal 5,5% del 1990 a meno del 4% nel 2003;
- dalla Francia, paese che lotta strenuamente per difendere le posizioni acquisite, ci perviene il segnale di una sostanziale staticità. Nel decennio (1994-2003) si registra un aumento complessivo di presenze in Savoia (+8,2%), mentre si

riscontra un decremento del 6,2% in Alta Savoia e una totale staticità in Val d'Isère;

- in Italia la situazione è complessa e variegata; il decremento è avvertito soprattutto nelle stazioni di media e bassa quota, le più esposte ai rischi meteorologici e meno dotate di piste, impianti e servizi. Trentino e Alto Adige presentano una crescita delle presenze invernali, nelle ultime 5-6 stagioni, con tassi medi annui attorno al 3-3,5%; entrambe le aree dispongono di un'offerta turistica non in quota verso la quale sono state orientate forti azioni promozionali (es. lago, città d'arte) (Marchetti e Bellina, 2010).

2 Impatto dello sci alpino sui versanti

La realizzazione e il mantenimento delle piste da sci alpino hanno un notevole impatto sui versanti montani a causa degli interventi antropologici (rimodellamento versante, disboscamento, inerbimento), dell'utilizzo estivo (degradazione da pascolamento) e dalla pratica dell'innnevamento artificiale. La presenza di questi impianti, inoltre, provoca effetti negativi sia sulla biodiversità che sul paesaggio.

2.1 Rimodellamento versante, disboscamento, inerbimento e degradazione da pascolamento

La realizzazione di un impianto sciistico comporta spesso un rimodellamento del versante con disboscamenti ed inerbimenti nelle aree di sterro e/o riporto.

Nel periodo estivo, inoltre, le piste da sci vengono utilizzate a pascolo con conseguente degradazione del pendio (rimodellamento indiretto).

I paragrafi che seguono descrivono le linee guida per una corretta esecuzione degli interventi di rimodellamento, disboscamento e inerbimento del versante elencando il tipo di impatto procurato.

2.1.1 Rimodellamento versante

Per la realizzazione di una pista da sci il progettista deve cercare di far aderire il più possibile il tracciato alla conformazione del versante. Ovviamente ciò non è sempre possibile per la totalità della pista e quindi è necessario eseguire degli interventi di rimodellamento del versante (spianamenti, livellamento dei tracciati e eliminazione di elementi del suolo).

Gli interventi meccanici, nel corso dei quali si procede al livellamento del terreno e all'asportazione, allo spianamento o alla copertura del suolo, sono denominati spianamenti. Essi si differenziano dagli altri interventi innanzitutto per la loro estensione e per l'impiego di pesanti macchine da cantiere (per es. scavatrici meccaniche, bulldozer). Questi spianamenti distruggono o comunque modificano in misura notevole lo strato superficiale su vasti aree. Ma gli spianamenti non costituiscono sempre interventi sull'intera superficie. Anche le eliminazioni delle gobbe di un terreno devono essere considerate spianamenti. Questi lavori avvengono spesso in prossimità degli impianti di trasporto allo scopo di ampliare gli spazi d'arresto e d'attesa.

Per livellamento dei tracciati s'intende la realizzazione di un profilo di tracciato simile a quello necessario per realizzare le piste da cantiere e di manutenzione, oppure i percorsi di collegamento per gli sciatori. I percorsi sciabili servono innanzitutto all'accesso, per esempio come tronchi di collegamento fra le piste di discesa, come percorsi d'accesso per la costruzione e la manutenzione dei spianamenti, degli impianti di trasporto e delle piste da sci, per facilitare le discese attraverso le foreste o di altri passaggi ripidi. Il loro tracciato attraversa il pendio, non hanno forti pendenze e la loro larghezza è generalmente inferiore a 10 m.

L'asportazione di singole gobbe o il minamento di massi o lastroni di roccia è detta «eliminazione di elementi del suolo». In generale, bisogna ricordare che anche gli interventi su piccola superficie (riempimenti e scavi), sempre che avvengano con macchine da cantiere o con l'impiego di esplosivi sono fonte di danni indiretti, specialmente se effettuati sopra il limite della foresta. Vegetazione e suolo sono spesso strappati fino al sottosuolo roccioso (per es. quando si fanno esplodere massi rocciosi) (Dipartimento federale dell'interno della Confederazione Svizzera, 1991).

Il rimodellamento deve assicurare una stabilità meccanica permanente, sia strutturale che superficiale, ricreando nel contempo forme diversificate e in stretta

connessione con il paesaggio circostante. L'obiettivo è ricercare un equilibrio tra forme e processi geomorfologici in atto.

Il modellamento delle superfici di un'area del versante deve sottendere a diversi vincoli fondamentali:

- *vincolo meccanico*: l'area deve essere in primo luogo stabile da un punto di vista statico. In particolare, accanto ad una stabilità "generale", comunemente calcolata, che caratterizza il substrato minerale è necessario associare un'analisi della stabilità "superficiale", relativa allo strato di terreno riportato, dove si insedierà la vegetazione. Mentre la stabilità "generale" deve essere comunque verificata, anche in base alla normativa in vigore; la stabilità "superficiale" può invece presentarsi:
 - totalmente verificata: nelle aree pianeggianti o poco inclinate;
 - parzialmente verificata: nelle aree inclinate, dove gli interventi di ripristino devono sempre essere associati ad interventi di consolidamento e di tipo bio-tecnico (sostegni, drenaggi, ecc.);
 - non verificata: nelle aree molto inclinate, dove non sono auspicabili possibili interventi di ripristino vegetazionale.

Nel progetto possono coesistere situazioni e condizioni diverse: in tutti i casi il progetto deve tendere a minimizzare la ripidità del fronte di scavo e a ridurre al minimo la necessità di interventi di manutenzione, per rendere il sito stabile nel lungo periodo.

- *vincolo ecologico*: l'area deve essere caratterizzata dalla massima variabilità morfologica possibile (compatibilmente con le esigenze della pratica sciistica): si devono creare delle condizioni locali omogenee, coordinarle tra loro e rapportarle con l'area circostante. Questo è il presupposto per la realizzazione e il successivo sviluppo di unità di paesaggio diversificate e stabili;
- *vincolo paesaggistico*: ogni progetto deve trovare un riscontro più ampio, partendo da un'analisi paesaggistica territoriale. Le forme artificiali devono coordinarsi o, al contrario, contrapporsi all'ambito circostante, sulla base di un progetto che interpreti le complesse relazioni storiche e biologiche che caratterizzano il sito;
- *vincolo idraulico*: la risistemazione deve favorire un corretto regime idraulico permettendo la creazione di una rete di scolo delle acque, minimizzando nel contempo i possibili fenomeni di erosione associati.

Infine va ricordata anche la necessità di garantire al sito una buona accessibilità e condizioni ottimali di sicurezza nel breve e lungo periodo (Berti et al., 2003).

Gli interventi necessari per la progettazione e realizzazione delle forme artificiali del tracciato coinvolgono diversi aspetti, che vanno opportunamente approfonditi: gli aspetti statico-meccanici, gli aspetti paesaggistici, gli aspetti ecologici e quelli pratici. Tutti questi devono essere affrontati e risolti analiticamente, prima di sviluppare qualsiasi altra problematica. In particolare si considerano:

- la progettazione geomeccanica dei profili artificiali;
- la progettazione ecologico-paesaggistica;
- la progettazione idraulica;
- l'accessibilità;
- la sicurezza.

2.1.1.1 Progettazione geomeccanica dei profili di artificiali

Il problema della valutazione della stabilità dei profili artificiali è fortemente dipendente dai materiali coinvolti e dalla scala del problema. In primo luogo occorre considerare separatamente la stabilità del substrato (terre e rocce) e del terreno di copertura, nel breve e nel lungo periodo. In secondo luogo va considerato il concetto di "settori di progetto", ossia settori dove i parametri che influenzano le condizioni di stabilità sono costanti. La loro definizione comporta la conoscenza dei principali parametri che influenzano le condizioni di stabilità (litologia, discontinuità, geometria del versante ecc.) e la formulazione di ipotesi riguardanti il cinematismo di rottura potenzialmente più pericoloso (Berti et al., 2003).

Segue la fase più propriamente analitica con approcci di tipo deterministico e/o di tipo probabilistico. Il primo metodo, più propriamente ingegneristico, richiede la conoscenza esplicita delle caratteristiche meccaniche del materiale, delle condizioni idrauliche e della geometria del problema. Nell'approccio probabilistico ogni parametro viene descritto come una distribuzione di valori piuttosto che come un valore puntuale e la combinazione delle probabilità di ogni valore dei parametri permette di calcolare la probabilità di rottura.

I profili artificiali possono essere in terra (terre granulari o terre fini, ma anche terre strutturate, pseudo-coerenti o parzialmente cementate) o in roccia (Berti et al., 2003).

2.1.1.2 Progettazione ecologico paesaggistica

Variabilità morfologica ed ecologica

Le forme delle superfici modificate assumono una funzione ecologica molto importante che va al di là della semplice percezione visiva. Le geo-forme sono il risultato di una intensa e complessa attività naturale: esse sono strettamente correlate con i processi che avvengono nel sito. Tutti questi processi e le loro interazioni creano le forme in un processo continuo di adattamento. La morfologia diviene perciò un indicatore dello stato e delle funzioni del paesaggio, cioè di tutte le interazioni presenti. Non si deve perciò sottovalutare il problema funzionale dei processi che interagiscono con le forme. D'altra parte la forma rappresenta un elemento centrale per tutti i processi e quindi per tutta l'evoluzione del sito: il progetto di rimodellamento deve perciò modificare le forme anche funzione dei processi ecologici da rigenerare. Come regola generale la nuova morfologia deve favorire la massima diversificazione possibile degli ambiti (compatibilmente con le esigenze del tracciato), al fine di ricreare delle condizioni locali omogenee, ove ricostruire delle unità di paesaggio distinte, coordinate con il reticolo ambientale circostante (Neonato, 2003).

Questa massima variabilità morfologica è il presupposto della possibile variabilità ecologica che viene normalmente ricercata. La variabilità può avere diverse scale di riferimento:

- essere legata all'area circostante: svolgere cioè una funzione strutturale o di ampio respiro, mantenendo nel contempo un'elevata omogeneità al suo interno;
- essere legata al sito: svolgere cioè una funzione locale che coinvolge le diverse zone del sito che si stanno differenziando e che devono perciò essere ecologicamente interconnesse tra loro;
- essere legata al versante: svolgere cioè una funzione puntuale che coinvolge la singola unità di paesaggio, intrinsecamente omogenea al suo interno.

Il progetto deve confrontarsi comunque con tutte e tre le scale di riferimento, privilegiando di volta in volta il reticolo e la funzione prescelti: questo nascerà da una analisi del paesaggio che dovrà coinvolgere tutto l'areale circostante la zona d'intervento e avrà come ricaduta la individuazione delle unità di paesaggio da ricostruire (Neonato, 2003).

Relazioni con il paesaggio circostante

Dall'analisi precedente si è visto come sia soprattutto la pendenza il fattore limitante che, correlato ad altri fattori, determina il grado di libertà del progettista. Esiste in realtà un altro fattore che deve pesare direttamente sulle scelte del progettista: il paesaggio, inteso come sintesi delle interrelazioni storiche tra uomo e risorse naturali.

La comprensione di tali complesse interrelazioni si basa sia sulla classica analisi visiva, ovvero definizione dello spazio visivo di riferimento, individuazione dei punti di vista chiave, delle emergenze e delle criticità, ma anche sull'indagine bibliografica ed iconografica della zona, una volta individuata l'unità di paesaggio d'appartenenza. Qualsiasi intervento, seppure localizzato e limitato, deve trovare un riscontro analitico più ampio, all'interno di un'analisi territoriale più ampia. Questa deve essere finalizzata a trovare le coordinate storiche di riferimento per quel sito, sia in senso spaziale (usi più o meno procrastinati, che hanno determinato nel tempo delle invariabili nel paesaggio, assimilabili ad altri elementi quali le emergenze geomorfologiche, o architettoniche, ed anche elementi "invisibili", quali le tradizioni, le consuetudini, ecc.), che temporale (flussi energetici sul territorio, quali arterie e vie di comunicazione, dilatazioni demografiche, scambi commerciali) (Neonato, 2003).

A questo punto le condizioni di partenza per l'intervento di riconnesione al paesaggio possono essere ricondotte alle tre diverse opzioni prospettate al paragrafo precedente, ovvero condizioni per il progettista di massima, o di media o di minima libertà. E' chiaro che solo nel primo caso è realizzabile un intervento di modifica del paesaggio, in continuità con il sistema paesaggistico di riferimento ed assimilabile alle condizioni ante intervento. Pertanto la maglia, cioè le dimensioni delle sub unità di paesaggio, le loro dimensioni, le componenti biotiche e non, possono e devono essere coordinate con il contorno. Su di esse si immetteranno le scelte progettuali, in funzione evidentemente dei tempi e delle risorse economiche previste.

Nel terzo caso possono non valere più le considerazioni sopra esposte, se non per quanto riguarda il ricercare la continuità storico-spaziale con il territorio circostante.

Chiaramente si verificherà una variazione della destinazione d'uso rispetto alla situazione *ante*, e pertanto nel post intervento possono anche esser ignorate le leggi di funzionamento del paesaggio circostante, purché le scelte progettuali siano consapevoli in tal senso e circostanziate. Una parete verticale e scabra può assolvere una funzione decorativa, o sportiva, o altro ancora, anche se non avviene

la ricostruzione delle cenosi vegetali preesistenti. Questo approccio consente inoltre di limitare in certi casi i costi dell'intervento.

In posizione intermedia si pone chiaramente il secondo caso, laddove esistono limitazioni medie al progettista. In questo caso sarà soprattutto la natura del progetto ad imporre una scelta volta più ad una visione di mitigazione dell'intervento (Neonato, 2003).

2.1.1.3 La progettazione idraulica

Il rimodellamento morfologico gioca un ruolo molto importante anche nella gestione dell'acqua e nel controllo dei suoi effetti, sia dal punto di vista ecologico (disponibilità idrica) che tecnico (erosione superficiale). La progettazione complessiva di tutta la rete idraulica del sito è pesantemente condizionata dalla ricostruzione topografica.

L'attenzione deve essere rivolta innanzitutto alla presenza di corsi d'acqua naturali: questi possono essere rigidamente tutelati (Leggi Regionali, Leggi di Province autonome, Codice civile, ecc.), limitando quindi ogni intervento diretto o, viceversa, modificando il loro percorso, mantenendo, od eventualmente potenziando, i parametri idraulici (ad es. sezioni), per tenere conto degli eventi critici di progetto (tempo di ritorno di progetto di almeno 100 anni). Si deve sempre preferire un approccio di tipo geomorfologico, che richiami i caratteri originari del corso d'acqua (ampiezza, profondità, sinuosità), ben sapendo che le condizioni ricostruite sono comunque diverse da quelle originarie, per cui ci si deve aspettare una fase di aggiustamento fino al raggiungimento di un nuovo equilibrio (Berti et al., 2003).

Per diminuire l'impatto si devono limitare gli interventi strettamente ingegneristici che portano alla realizzazione di aste fluviali troppo regolari (D'Agostino, 2003), ma molto più rigidi nei confronti dei possibili aggiustamenti operati dal moto della corrente.

Viceversa, l'acqua di deflusso superficiale dell'area genera problematiche diverse, a seconda delle condizioni ambientali.

In siti umidi o in aree particolarmente sensibili a fenomeni erosivi, e a movimenti di massa superficiali, il rimodellamento deve favorire un rapido e sicuro allontanamento delle acque in eccesso limitandone l'infiltrazione e l'accumulo. Pendii ripidi favoriscono un maggiore deflusso superficiale a scapito dell'infiltrazione; viceversa pendii poco inclinati favoriscono una maggiore infiltrazione, ed accumulo di acqua.

Anche la lunghezza delle scarpate gioca un ruolo importante: al suo aumentare si registra sempre un aumento nei volumi del deflusso associati ad un aumento nella velocità e nell'erosione, specie quella incanalata. Così come la loro altezza: a parità di materiale, alti dislivelli risultano più stabili se modellati con pendii a limitata pendenza; mentre piccoli dislivelli possono essere sistemati facendo ricorso a scarpate ripide, con pendenze forti, senza che si manifestino particolari problemi di stabilità.

Invece la forma differenzia le superfici convesse, dove vi è un aumento diretto del deflusso, all'aumentare della pendenza, rispetto alle superfici concave, dove al diminuire della pendenza si ha, in genere, un forte decremento nel deflusso.

In zone siccitose od in aree esposte a meridione si devono invece preferire forme che reindirizzino il deflusso rallentandolo, favorendo, ove è possibile, l'infiltrazione e/o lo stoccaggio delle acque meteoriche a servizio della vegetazione presente. In queste aree, infatti la disponibilità idrica rappresenta il fattore limitante di tutta l'attività biologica (Berti et al., 2003).

Questo accumulo, sia superficiale che sotterraneo, non deve in nessun modo compromettere le condizioni di stabilità geomeccaniche del sito.

In tutte le situazioni il modellamento deve sempre minimizzare il rischio di erosione. Si devono evitare pendici troppo pendenti o troppo lunghe, così come grandi concentrazioni di deflusso, sia superficiale che sotterraneo, alla base dei versanti, interrompendo i lunghi pendii con zone subpianeggianti (gradoni, terrazzi), ove posizionare la rete di raccolta ed allontanamento dell'acqua in eccesso.

Altro elemento fondamentale per il mantenimento della stabilità è rappresentato dalla presenza di falde e dei relativi affioramenti a giorno. La loro azione si manifesta direttamente, con pressioni idrostatiche, idrodinamiche, saturazioni ed, indirettamente, con alterazioni delle rocce e lisciviazioni. Per un loro efficace controllo si possono adottare strategie passive, adattando le zone interessate dall'affioramento a queste condizioni più critiche, limitando ad esempio le pendenze, o all'opposto adottando strategie attive con interventi di tipo ingegneristico. Si possono così progettare interventi che intercettino le falde, le captino, permettendo un abbassamento delle quote piezometriche ed un allontanamento controllato delle acque stesse.

Visti gli ambiti di lavoro, è certamente preferibile un approccio, che non comporta la presenza di opere artificiali, che hanno una operatività comunque limitata nel tempo.

Si evitano in questo modo le conseguenze nefaste derivate dalla perdita delle loro funzioni, elemento certo nel lungo periodo. Non bisogna infatti dimenticare che si è in presenza di interventi, nella maggior parte dei casi, estensivi, dove la successiva manutenzione deve essere la minore possibile.

Una strategia attiva può però essere necessaria in presenza di fattori limitanti che impediscono un adeguato rimodellamento o in presenza di manufatti che devono essere preservati, dove esiste cioè una disponibilità di risorse che permette una periodica manutenzione (Berti et al., 2003).

2.1.1.4 Accessibilità

Quando si interviene su un versante per creare una pista da sci, un ulteriore elemento di grande importanza riguarda la predisposizione di vie di accesso alle aree oggetto s'intervento. Questo aspetto può apparire trascurabile, ma da un punto di vista operativo rappresenta invece un fattore decisivo: nel breve periodo per l'esecuzione dei lavori, per la manutenzione, per il recupero delle fallanze e per la sorveglianza; nel lungo periodo, per consentire le attività legate alla gestione dell'area, al suo controllo e per gli interventi straordinari, come per esempio l'azione antincendio.

La problematica dell'accessibilità deve essere risolta in termini generali, con la predisposizione un accesso stabile, utilizzabile in tutte le stagioni, che consenta il passaggio di macchine ed attrezzature necessarie sia alla risistemazione, che alla gestione ed utilizzazione finale del sito. L'accesso deve essere preferibilmente unico e controllato, specie in presenza di elementi vulnerabili (laghi, falde superficiali, ecc.), al fine di evitare danneggiamenti o scarichi abusivi. Le esigenze comunque variano in funzione della localizzazione del sito (Berti et al., 2003).

Dall'accesso esterno inoltre si deve sviluppare un sistema viario interno, che connetta tutte le diverse zone del tracciato, in modo funzionale ma non ridondante.

Anche questo sistema deve essere stabile e percorribile nelle diverse stagioni con opportuni mezzi (es. gatto delle nevi) per favorire interventi di manutenzione rapidi. L'assenza di questa rete, od un suo sottodimensionamento, oltre che porre problemi in fase realizzativa, comporta problemi ben più gravi in fase di manutenzione, gestione e controllo.

L'eventualità di interventi di risistemazione legati a cedimenti, risarcimenti, rilavorazioni (sia per scarpate, che per la rete idraulica) non deve mai essere sottovalutata, vista la natura dell'intervento. In assenza di un accesso comodo e stabile questi interventi imprevisi comporteranno la necessità di nuove piste di accesso, a volte anche per mezzi meccanici di dimensione e peso considerevoli. Queste sconvolgerebbero situazioni ed ambiti o già sistemati e stabilizzati o naturali, con un ulteriore impatto sul versante, sia in fase di apertura delle piste che nella loro sistemazione periodica.

Il sistema viario interno, per essere meno impattante possibile, si deve armonizzare con gli altri interventi, utilizzandolo, ad esempio, come sede di parte della rete idraulica per l'innervamento artificiale e facilitando così sia la sua costruzione sia la sua gestione.

La viabilità va progettata di pari passo con la sistemazione morfologica, idraulica e paesaggistica, limitando allo stretto necessario le piste di accesso, raccordandola con i versanti e rendendola, nel contempo, meno visibile possibile, grazie anche ad un restauro vegetazionale (Berti et al., 2003).

2.1.1.5 Sicurezza

La progettazione morfologica deve infine cercare di massimizzare il grado di sicurezza dell'area rimodellata. Infatti, anche in presenza di una corretta progettazione ingegneristica e geotecnica ed una accurata esecuzione dei lavori di rimodellamento morfologico, esistono sempre situazioni di rischio legate alla morfologia creata (salti, scarpate, ecc.) ed alla natura delle rocce presenti (distacchi, crolli, frane, ecc.).

In particolare è necessario considerare:

- rischi provenienti dall'esterno all'area, rappresentati da:
 - caduta di massi o altro materiale, in condizioni di stabilità precarie;
 - arrivi di acque superficiali e profonde non controllate;
 - presenza di salti o dirupi lungo i margini del sito;
- rischi interni all'area, rappresentati da:
 - cedimenti strutturali profondi;
 - distacco e caduta di singoli massi o ciottoli dalle pareti ricostruite;

- smottamenti superficiali di materiale riportato;
- presenza di situazioni di pericolo quali salti, bacini idrici o altro.

Tutto questo comporta un certo grado di rischio, che deve essere attenuato se non eliminato del tutto (Berti et al., 2003). Una gran parte di questi rischi può essere abbattuta direttamente attraverso la progettazione generale, in modo tale da rendere le nuove forme le più stabili possibili, limitando al massimo le pendenze finali. Ove questo non sia possibile, si deve allora adottare tutta una serie di misure attive di protezione, in funzione delle particolari situazioni locali che sono richiamate di seguito:

- Recinzione e segnaletica

Tutte le aree potenzialmente pericolose devono essere adeguatamente recintate e segnalate da appositi cartelli dissuasivi: in particolare tutte le aree scoscese, o a forte pendenza, devono sempre avere la loro barriera di protezione, associata ad apposite segnalazioni di pericolo. Accanto a questi interventi, che comunque hanno una durata limitata nel tempo e richiedono controllo e manutenzione, è utile associare (ove possibile, anche in merito all'altitudine), una barriera naturale; questa può essere costituita da arbusti ed alberelli, messi a dimora con sesti molto ravvicinati, a formare un ostacolo permanente, invalicabile ed a crescita continua.

Allo stesso modo delle scarpate, devono essere segnalate e isolate tutte le altre presenze pericolose, come i bacini d'acqua o le zone paludose, questo sia per evitare intrusioni pericolose che per difendere l'habitat da azioni fraudolente (scarico materiali, caccia non autorizzata, ecc.).

Qualora le barriere a protezione non siano a carattere temporaneo si devono utilizzare materiali e forme meno impattanti possibili (Berti et al., 2003).

- Regimazione idraulica

Lungo tutto il perimetro dell'area, in posizione stabile e sicura, è necessario predisporre una profonda affossatura, per raccogliere l'eventuale acqua di scorrimento superficiale proveniente dalle aree limitrofe; questa affossatura deve essere poi raccordata al reticolo idraulico territoriale. Quest'intervento ha lo scopo di isolare idraulicamente tutta l'area ed in particolare scarpate o pareti, evitando scorrimenti incontrollati che potrebbero favorire erosioni localizzate o cedimenti. Nel contempo questo limiterà la quantità di acque superficiali da gestire all'interno del sito. Essendo l'affossatura un'opera fondamentale per il mantenimento di un buon livello di sicurezza, è necessario realizzare anche tutte le opere accessorie,

necessarie per favorire un veloce, sicuro e stabile allontanamento delle acque in eccesso. Queste opere, anche se effettuate con metodi di ingegneria naturalistica vanno a modificare l'andamento naturale del pendio con un impatto visivo di un certo grado (Berti et al., 2003).

- Scoronamento del ciglio e disgaggio delle scarpate

Lungo tutte le pendici presenti nell'area è necessario predisporre un intervento di scoronamento e di raccordo, per abbattere sia materiale roccioso, che terreno e vegetazione posizionati in prossimità del ciglio.

A questo lavoro di messa in sicurezza va poi associato un intervento di rimodellamento dei bordi, al fine di creare delle superfici raccordate più stabili. In queste aree è estremamente utile inserire opere di ingegneria naturalistica, che mitigano l'effetto sia sul paesaggio che sull'erosione superficiale. A tale proposito è conveniente predisporre una canaletta di raccolta delle acque superficiali in prossimità del ciglio, collegata con il reticolo idraulico generale. Infine si deve prevedere il disgaggio di tutte le scarpate, al fine di scaricare le pareti di tutto il materiale smosso (Berti et al., 2003).

- Messa in sicurezza delle pareti

Anche in presenza di un'attenta progettazione ingegneristica e geotecnica esiste sempre una probabilità di distacco di rocce e massi più o meno grandi dalle pareti fortemente inclinate, ottenute dallo scavo e dalla sistemazione finale. Questa probabilità aumenta all'aumentare della pendenza e dell'altezza delle pareti. Oltre ad un'azione preventiva diretta volta al disgaggio di tutto il materiale instabile, per limitare gli effetti di questi eventuali distacchi è utile predisporre delle strutture di contenimento e difesa passiva (Berti et al., 2003).

Al riguardo esistono diverse possibilità:

- *reti di protezione*: direttamente sulla parete si distende e fissa una rete metallica, allo scopo di limitare il distacco e controllare l'eventuale caduta di materiale smosso. In genere si usa una rete tessuta in acciaio zincato (2.7-3 mm), a formare una struttura a doppia torsione, a maglie esagonali, capace di intercettare detrito fino a 80-100 cm di diametro. Queste reti vengono fissate alla parete, mediante un sistema di ancoraggio costituito da bulloni, tasselli, barre, partendo dall'alto e via via scendendo, lasciando la parte inferiore allentata, per favorire l'accumulo del materiale caduto e l'eventuale sua rimozione periodica. Per rinforzare le reti è utile posizionare funi di armatura in diverse direzioni

anch'esse periodicamente ancorate. Queste strutture difensive hanno un certo impatto visivo, ma non limitano lo sviluppo della copertura vegetale, almeno fino ad un certo diametro. Visti i costi sono opere da prevedersi solo in prossimità della pista da sci, ove sia richiesta una protezione elevata, anche verso piccole cadute;

- *barriere paramassi*: sono strutture passive, posizionate al piede di scarpate, allo scopo di arrestare sassi e massi, anche di grosse dimensioni. Possono essere:
 - *barriere rigide*: realizzate in calcestruzzo, gabbionate o altro, a formare strutture di grandi dimensioni, capaci di assorbire impatti violenti. Hanno un impatto ambientale e soprattutto paesaggistico importante, sia in fase di realizzazione, per le opere accessorie che richiedono, sia in fase di esercizio. Si può in parte mitigarne l'effetto con un sapiente uso della vegetazione. Sono da utilizzare dove esistono spazi sufficienti al loro posizionamento e dove maggiore è il rischio di scarichi o flussi detritici di grandi dimensioni;
 - *barriere elastiche*: realizzate con elementi leggeri, facilmente deformabili e resistenti. Sono strutture semplici, di facile trasporto ed installazione, adatte anche ad ambiti scoscesi o in spazi ristretti. Sono in genere formate da pannelli di rete estensibile, realizzate in acciaio galvanizzato, ad elevata resistenza. Questi pannelli devono essere posizionati al piede delle scarpate, utilizzando ritzi metallici, opportunamente controventati, sia a monte che a valle, come sostegno. I singoli pannelli devono essere tra loro legati attraverso funi di cucitura in acciaio. Tutti gli elementi di sostegno devono essere ancorati alla roccia o a barre o micropali. Hanno un impatto visivo limitato, sia nella fase di realizzazione che di esercizio. Si adottano dove non si prevedono cadute di grandi dimensioni. Molte volte sono associate ad altre strutture difensive, con lo scopo di rallentare e frenare il materiale in movimento (Berti et al., 2003).

Le barriere paramassi, specialmente quelle rigide, hanno un importante impatto visivo.

- *valli e rilevati paramassi*: sono strutture passive, di grandi dimensioni, da posizionare alla base dei versanti rocciosi soggetti a possibili crolli, distacchi o colate di grandi dimensioni e sono realizzate attraverso scavi o riporti, a seconda delle condizioni morfologiche locali. Si possono avere:
 - *valli*: fossati ottenuti dallo scavo di una cunetta sagomata di grandi dimensioni che intercetta ed accumula il materiale in movimento. Il fondo dello scavo può

essere difeso dagli urti da uno strato di materiale sciolto (50-100 cm di spessore) che attutisce l'effetto della caduta dei massi. Essendo opere artificiali con forme lineari possono impattare con l'ambiente naturale circostante ma possono anche risultare ben mascherate;

- *rilevati*: costituiti da un terrapieno situato alla base del pendio, posto trasversalmente alla parete e realizzato con materiale incoerente prelevato in *situ*. Le possibilità costruttive variano in funzione degli spazi e delle disponibilità economiche, potendo anche associare gabbionate, muri cellulari, o sostegni in calcestruzzo. Sono strutture a forte impatto visivo, ma che possono essere adeguatamente rivegetate e reinserite nell'ambito circostante.

Valli e rilevati sono entrambe strutture di tipo ingegneristico, per cui devono essere progettate sulla base di accurate analisi volte a definire i volumi, le traiettorie, il comportamento cinematico dei massi (Berti et al., 2003).

- Barriere antivalanga

Queste strutture vengono utilizzate a protezione del tracciato sciistico, indipendentemente dal fatto che ci si trovi in un'area morfologicamente modificata o meno.

Le reti da neve, quali componente principale di questo sistema di costruzioni antivalanghivive, formano una superficie d'appoggio ancorata nel suolo, disposta perpendicolarmente al pendio ed elevata al livello del manto nevoso.

L'effetto di ritenuta della superficie d'appoggio impedisce l'eventuale scorrimento (strisciamento) nella coltre nevosa e lo scivolamento (slittamento) del manto nevoso lungo il terreno. In questo modo si previene attivamente il distacco di valanghe o si riducono a un livello innocuo i movimenti della neve. Le forze di pressione della neve sono assorbite dalle reti da neve e trasmesse, tramite i puntoni pendolari e i tiranti in fune, ai punti d'ancoraggio.

Nei periodi senza neve le barriere fermaneve in rete, grazie alla loro costruzione elastica, offrono un'efficace protezione contro la caduta massi potendo assorbire, senza danni, elevate energie dinamiche. Le barriere fermaneve permettono una protezione ecologica contro le valanghe, poiché l'impiego di materiali leggeri ad alta resistenza, riducono gli effetti impattanti dell'opera (specie a grande distanza).

La costruzione in filigrana rende le opere quasi invisibili sia d'inverno che d'estate, rendendole particolarmente idonee per la messa in sicurezza di zone turistiche. Molte barriere antivalanga a barre d'acciaio, installate fino agli inizi degli anni ottanta,

hanno invece un pesante impatto visivo sul versante sia d'inverno che d'estate (Fig. 1.1).

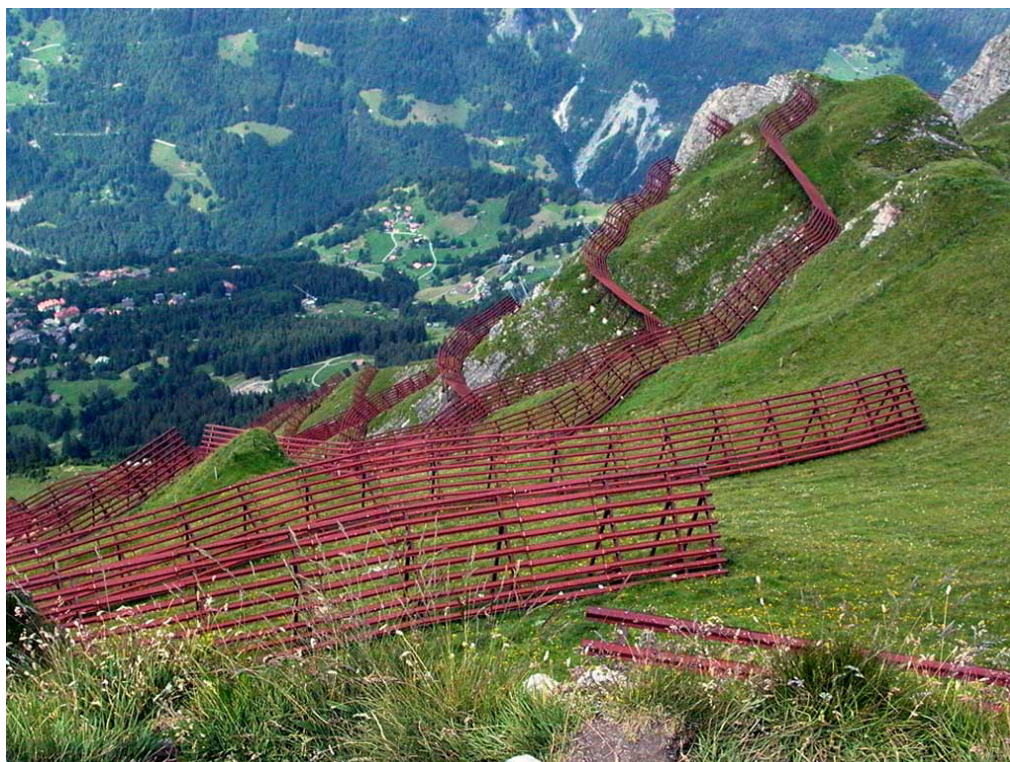


Figura 1.1 - Protezioni anti-valanga, Oberland bernese (BE)

2.1.2 Disboscamenti

Quando le piste da sci scendono sotto l'altitudine di 2200 m s.l.m. (quota indicativa al di sopra della quale raramente si trova il bosco nelle Alpi Italiane) vengono realizzati dei disboscamenti.

Al fine di spiegare il disordine idrogeologico conseguente al disboscamento e/o alla riduzione dell'efficienza di un bosco, occorre trattare prioritariamente del ruolo svolto dal complesso suolo-vegetazione sul ciclo dell'acqua e le relative proprietà.

La copertura vegetale esercita una fondamentale azione protettiva e tutelare del suolo e del sottosuolo, quindi di prevenzione dai fenomeni erosivi, dai fenomeni di dissesto geologico-idraulico, di difesa dalle valanghe e dal vento.

Complessi vegetazionali con appropriate densità, dotati di buona complessità ecologica e capaci di garantire lo sviluppo e la conservazione di suoli forestali, agiscono svolgendo una funzione antierosiva nei confronti delle acque e del vento e interagiscono con il ciclo dell'acqua, esercitando una funzione regimante dei flussi

idrici. Secondo questo metro di giudizio un bosco o una foresta funzionalmente ed ecologicamente integri assicurano il massimo grado di efficienza regimante e antierosiva, mentre l'estremo opposto è rappresentato da un terreno nudo e lavorato secondo le linee di massima pendenza (Dalla Fontana, 1996, Dalla Fontana, 1992 e 2001, Giordano, 2002, Risotti e Benedini, 2000, Motroni et al., 1990).

L'azione regimante della vegetazione sul deflusso idrico viene esercitata tramite la sua capacità di modificare la circolazione idrica sia superficiale, sia sotterranea.

Gli strati di vegetazione che costituiscono un bosco (arboreo, arbustivo, erbaceo) agiscono limitando e rallentando lo scorrimento superficiale, principalmente intercettando le precipitazioni e riducendo la velocità delle gocce di acqua che li attraversano. Essi insieme alla copertura morta o lettiera (sostanza organica caduta sul suolo e non ancora decomposta, costituita da foglie rami, fusti, escrementi, animali morti, ecc.), oltre alla funzione di intercettazione, sono capaci di trattenere parte delle precipitazioni e di restituirne una quota all'atmosfera, attraverso l'evapotraspirazione.

L'effetto regimante è svolto soprattutto a livello del suolo, grazie alle sue caratteristiche di permeabilità e ritenzione dell'acqua.

Suoli forestali evoluti sono, in genere, profondi e dotati di una struttura equilibrata e di una porosità equamente distribuita, caratteri che favoriscono l'infiltrazione, la conducibilità e la ritenzione idrica; infatti essi sono capaci di invasare temporaneamente grosse quantità di acqua e di lasciarla muovere lentamente al loro interno anziché sulla superficie. In tali condizioni il deflusso superficiale è molto ridotto, anche in occasione di piogge intense. L'azione frenante della vegetazione, rallentando lo scorrimento superficiale, modera le portate massime di piena nei corsi d'acqua e prolunga i tempi di corrivazione. In caso di eventi piovosi modesti e di breve durata l'intercettazione può essere totale, mentre in caso di precipitazioni intense le percentuali di acqua trattenuta si riducono fino a raggiungere la saturazione.

Si può avere un'idea dell'importanza di quanto asserito, considerando che il taglio a raso provoca, infatti, aumenti del deflusso compresi fra il 20 e l'80%, con incremento degli eventi di piena dal 50% al 100% (Dalla Fontana, 1996, Dalla Fontana, 1992 e 2001, Giordano, 2002, Risotti e Benedini, 2000, Motroni et al., 1990).

La grande importanza dell'intercettazione non è solo nell'acqua trattenuta, che come visto può essere anche modesta, bensì nella sua capacità di contenere l'erosione del

suolo, riducendo l'azione battente che essa ha sul terreno, azione che può essere rilevante e disastrosa durante eventi meteorici di forte intensità.

L'azione esplicata dal bosco a contenimento dell'erosione dipende dagli stessi fattori che ostacolano il deflusso superficiale e favoriscono l'infiltrazione.

La resistenza all'erosione del suolo dipende dalla resistenza degli aggregati al distacco e al trasporto, quindi dalla stabilità della struttura.

Altrettanto importante è la funzione protettiva svolta dalle radici delle piante, che hanno la capacità di bloccare volumi di terreno variabili da alcuni metri cubi a molte decine di metri cubi per individuo, intrecciando le radici con quelle di individui adiacenti su differenti piani.

L'azione stabilizzatrice sui versanti deriva dalla interazione sinergica di molteplici fattori di natura idrologica e meccanica, giustificabili solamente considerando la foresta (o il bosco) come un sistema formato in modo inscindibile da suolo e vegetazione.

Si comprende quindi come nella prevenzione dei dissesti idrogeologici giochi un ruolo essenziale la copertura vegetale, intesa in tutte le sue varie articolazioni, passando dal bosco con terreni forestali evoluti, fino ad arrivare ai popolamenti arbustivi ed erbacei.

La vegetazione esplica, inoltre, un'azione di controllo nei confronti dell'erosione eolica, esercitata mediante l'azione di barriera che essa offre. Il vento viene intercettato, cambiato nella sua direzione e smorzato nell'intensità, fino a riduzioni quasi totali della velocità in un popolamento con buon grado di conservazione.

Le trasformazioni a cui può essere sottoposta la copertura forestale, intesa in senso quantitativo e qualitativo, hanno riflessi sul ciclo dell'acqua e su quello dell'erosione che al primo è strettamente legato.

Generalmente le normali pratiche colturali legate a una selvicoltura naturalistica, se operate con oculatezza, hanno un impatto modesto sull'idrologia del bacino.

Il bosco d'alto fusto rappresenta la forma di governo più efficace nei riguardi della difesa del suolo. Attualmente in Italia l'alto fusto copre circa il 44% della superficie forestale, il bosco ceduo copre la parte restante (Dalla Fontana, 1996, Dalla Fontana, 1992 e 2001, Giordano, 2002, Risotti e Benedini, 2000, Motroni et al., 1990).

La maggior parte dei problemi degli ambiti forestali, compresi quelli di erosione accelerata, sono attribuibili essenzialmente alla degradazione per cause naturali, per cattiva gestione o, come troppo spesso accade, indotta dagli incendi.

Se operate con raziocinio, le attività umane in ambito forestale non hanno grosso impatto. Va, tuttavia, sottolineato che ne esistono alcune potenzialmente dannose. Un pericolo è costituito dalla realizzazione delle infrastrutture viarie legate allo sfruttamento e al controllo da parte dell'uomo degli ecosistemi forestali. La costruzione di strade e di vie d'esbosco, se non realizzate secondo un piano coordinato e con appropriate tecniche costruttive, può far sì che in concomitanza di eventi di precipitazione, queste si comportino come una linea preferenziale di drenaggio superficiale delle acque. Ciò accade in genere quando il manufatto è realizzato su versanti ad elevata pendenza e su terreni prevalentemente impermeabili o poco permeabili. In presenza di forti concentrazioni di deflusso, aumenta considerevolmente il pericolo di innesco di potenziali fenomeni di erosione e dissesto.

Le attività di raccolta del legno possono essere un'altra fonte di problemi, tra queste sono incluse il tagliare, trascinare, caricare e trasportare. L'impatto è tanto più negativo quanto eccessiva è l'utilizzazione e quanto poco funzionali risultano le vie di comunicazione.

Altre situazioni rischiose sono la mancanza di programmi per tale gestione e tutta quella serie di attività ricreative che prevedono una fruizione della foresta come piste da sci, fuori strada, campeggio, ecc.

L'efficacia di una foresta nella protezione idrogeologica è quindi strettamente correlata col suo armonico inserimento nelle condizioni ecologiche locali e dipende dalla sua composizione, struttura e densità, dalle forme di governo e trattamento. Ecco quindi che anche il rinfoltimento dei boschi radi, il miglioramento dei boschi degradati, le conversioni dei cedui in fustaie, la scelta delle forme di trattamento più consone con la protezione del suolo e con la rinnovazione e l'evoluzione della foresta, la lotta contro gli incendi boschivi, l'asestamento dei soprassuoli su basi naturalistiche (ossia cercando di favorire il più possibile la vegetazione naturale potenziale), sono altrettante componenti della sistemazione idrogeologica del territorio, non meno importanti del rimboschimento dei terreni nudi.

Per quanto riguarda il ruolo svolto dalla copertura vegetale sulla stabilità dei versanti, occorre considerare che in alcune condizioni la sua presenza può avere anche effetti negativi. Il bosco agisce sui pendii anche come fattore peso, quindi per quelli poco stabili e/o molto acclivi, può rappresentare uno dei fattori che predispongono ai fenomeni di dissesto geologico-idraulico, soprattutto per quei movimenti in cui il

distacco si verifica al di sotto del limite raggiunto dalle radici. L'origine di questi effetti va ricondotta, in parte, alla incapacità dell'uomo di presidiare e gestire il proprio territorio. Il peso di un bosco varia molto se esso è ad alto fusto oppure un ceduo abbandonato o "ceduo invecchiato", nel quale i numerosi polloni caricano le ceppaie oltremisura e possono costituire un peso ingestibile in situazioni di equilibrio precario. Altro effetto di una grossa quantità di biomassa vegetale sui pendii è rappresentato dalla possibilità di crollo di alcuni individui, dai quali si possono innescare movimenti franosi con portata ben più ampia.

A ciò va aggiunta la capacità della vegetazione di trasmettere gli sforzi dinamici esercitati dal vento al terreno, che sono in grado di innescare dei movimenti gravitativi, ma qui l'effetto è difficilmente quantificabile. Occorre sottolineare che in quei movimenti gravitativi che coinvolgono masse di notevoli dimensioni, quali le deformazioni gravitative profonde di versante, la presenza o meno della vegetazione può essere considerata, ragionevolmente, ininfluenza ai fini della stabilità. Le colate rapide di detrito che si sono verificate nella Regione Campania (Sarno 1998, Cervinara 1999, Ischia 2006) con drammatiche conseguenze, hanno interessato aree boschive. Per questi fenomeni gli effetti svolti dalla copertura vegetale sono ancora in esame.

Secondo vari Autori (Gray e Megahan, 1981, Mulder, 1991 e Sidle, 1992) l'effetto sui versanti del sovraccarico dovuto alla biomassa sarebbe comunque di entità modesta e soprattutto l'entità degli effetti positivi, dovuta alla presenza della vegetazione, è di gran lunga superiore a quella dei negativi (Dalla Fontana, 1996)

2.1.3 Inerbimenti

Una delle principali sfide in termini di ripristino ambientale effettuato nel rispetto delle peculiari caratteristiche del territorio è rappresentata dall'inerbimento delle piste da sci. Il ripristino ambientale nel territorio montano e soprattutto in quello alpino, a quote superiori ai 2.000 m s.l.m., richiede un'attenzione particolare e deve essere attentamente programmato a causa delle peculiari condizioni ambientali.

Le difficoltà di inerbimento (Fig. 1.2) e il frequente ricorso a tecniche e/o materiali a basso costo, comportano spesso danni ecologici ed economici considerevoli, in relazione a fenomeni quali erosione, aumento del deflusso superficiale, copertura

vegetale insufficiente, costi elevati per interventi di concimazione e risemine, impegno manutentivo sproporzionato ed inquinamento floristico (Graiss e Krautzer, 2007).



Figura 1.2 - L'assenza di inerbimento delle piste provoca erosione superficiale e piccoli dissesti. Pista "Bobbio" Barzio (LC), 2005

A partire più o meno dal limite del bosco è perciò molto importante l'adozione di tecniche di semina adeguate. In questi ambiti, i fattori ambientali limitanti sono principalmente quelli climatici ed edafici (fattori che influiscono sulla distribuzione della flora in rapporto alla struttura chimica e fisica del terreno). Tra i primi gioca un ruolo decisivo la temperatura media, che decresce di circa $0,6^{\circ}\text{C}$ ogni 100 m di quota: al di sopra del limite del bosco le gelate e nevicate possono verificarsi durante l'intera stagione vegetativa, anche nei mesi di luglio e agosto, e questo può costituire un fattore di stress letale per la maggior parte delle specie non adatte a questi climi (Peratoner, 2006). Inoltre, all'aumentare della quota aumentano la velocità del vento e la frequenza degli episodi di precipitazioni intense. Alle basse temperature l'attività microbica risulta pure rallentata, la mineralizzazione della biomassa è ostacolata, così che alcuni nutrienti non sono più a disposizione delle piante (Piano, 2004;

Krautzer et al., 2006). La stagione vegetativa si accorcia all'aumentare della quota (indicativamente di 1-2 settimane ogni 100 m), riducendo il tempo a disposizione delle piante per portare a termine il ciclo vegetativo. Questo fenomeno può diventare un fattore limitante per le specie che si riproducono di preferenza per seme: infatti a 2000 m s.l.m. il periodo di sviluppo vegetativo è poco più di tre mesi e andamenti climatici anomali possono diminuirne la durata impedendo alle specie di portare a termine il ciclo riproduttivo (Blaschka et al., 2006).

In un ambiente già fortemente condizionato da fattori ecologici e fisici estremi, la realizzazione di grandi opere, prima fra tutte la costruzione e il mantenimento di piste da sci, comporta un'ulteriore forte alterazione soprattutto a carico delle caratteristiche fisiche e chimiche del suolo. In generale si osservano: una diminuzione della potenza del terreno e quindi del volume utile per lo sviluppo degli apparati radicali, una forte riduzione della capacità di ritenzione idrica (volume ridotto dei pori) con conseguente forte deflusso superficiale di acqua, una riduzione del contenuto in sostanza organica, una diminuzione percentuale di terra fine.

Durante le varie fasi di realizzazione, si osserva spesso la rimozione dell'orizzonte superficiale del suolo con conseguente perdita di elementi nutritivi, componenti organiche, semi dormienti autoctoni e microrganismi importanti per la vita delle piante. Si viene quindi a creare una situazione in cui permane suolo sterile, ricco in scheletro e povero in frazioni fini, senza componente organica e microbiologica.

In condizioni naturali questo favorisce l'avvento di vegetazioni pioniere, che si insediano stabilmente finché, anche a distanza di anni, non si formano orizzonti organici capaci di sostenere le vegetazioni originarie. In alcuni casi i lavori possono prevedere anche il riporto di terreno alloctono: sebbene questo materiale possa apparentemente ovviare ai problemi appena descritti, la sua presenza può in realtà rallentare o compromettere l'insediamento delle specie locali, se le sue caratteristiche differiscono da quelle dei suoli autoctoni circostanti (Peratoner, 2006).

Anche il mantenimento e l'uso delle piste da sci possono introdurre nuovi fattori condizionanti la riuscita degli interventi di ripristino in quota. Ad esempio, la formazione di strati ghiacciati che si verifica verso la fine della stagione sciistica, può provocare ripetuti fenomeni di gelo e disgelo del terreno e indurre l'inizio precoce dell'attività vegetativa. A ciò si aggiungono fenomeni di danneggiamento meccanico della vegetazione, che si verificano quando la pista da sci viene mantenuta in esercizio: tali danni sono provocati in genere dalle lamine degli sci e sono tipici di

aree in cui gli sciatori si arrestano di frequente, oppure dai cingoli delle macchine operatrici per la preparazione, ormai divenuta quotidiana, del manto nevoso (Peratoner, 2006; Florineth, 2007 e Conti, 2005).

Tutti i fattori sopra descritti devono essere tenuti in debito conto nella progettazione degli interventi di ripristino ambientale, soprattutto in relazione alla scelta delle tecniche e dei materiali per l'inerbimento.

Già a partire dall'inizio degli anni '80 diversi Autori (Florineth, 1982; Spatz et al., 1987; Urbanska, 1990) hanno messo in evidenza che, per la buona riuscita degli inerbimenti al di sopra del limite del bosco e su piste da sci, è fondamentale l'impiego di un miscuglio idoneo di sementi e se è il caso di piante alpine coltivate. In questo modo si possono garantire soprassuoli di graminacee ed erbe non graminoidi con un alto grado di copertura per molti anni, poiché a queste quote la colonizzazione da parte di altre specie è ridotta e avviene lentamente. Presupposto indispensabile per la buona riuscita dell'intervento è anche l'ottenimento di un buon grado di protezione contro l'erosione: infatti, solo una copertura vegetale adeguata, può stabilizzare il terreno in superficie e ridurre l'erosione ad un livello accettabile (Graiss e Krautzer, 2007).

I miscugli che vengono impiegati per l'inerbimento delle piste da sci rispondono poco a queste caratteristiche e sono composti da varietà di specie foraggere di pianura, selezionate per lo più per garantire produzioni di foraggio elevate. Queste specie, spesso molto rapide nella fase di insediamento, non offrono la persistenza necessaria per assicurare le funzioni protettive nel medio e nel lungo periodo. Inoltre il loro fabbisogno di sostanze nutritive rende necessari interventi di concimazione costosi e ripetuti e, pertanto, una volta concluso il loro ciclo vitale nel primo rinverdimento, possono scomparire completamente (Schiechtl, 1972; Kock, 1975; Spatz, 1985; Peratoner et al., 2005).

Più adatti per l'inerbimento duraturo ad alta quota sono i seguenti materiali (Florineth, 2007):

- semente autoctona prodotta a partire da semi raccolti in natura e coltivati a bassa quota; la coltivazione a bassa quota consente di ottenere maggiori produzioni e un miglioramento qualitativo del seme in termini di peso di mille semi e capacità germinativa (Krautzer, 1995);
- fiorume proveniente da prati alpini di aree limitrofe;
- piantine prodotte a partire da semente propria del sito;

- piantine prodotte per moltiplicazione vegetativa di erbe alpine della stessa area.

I genetisti ecologi, in accordo con botanici e naturalisti, suggeriscono di raccogliere localmente i genotipi base, far coincidere le condizioni climatiche ed ambientali dei siti di raccolta con le condizioni dei siti da ripristinare, conoscere il sistema riproduttivo delle specie da impiegare, conoscere i livelli di ploidia (coefficiente per cui il numero fondamentale dei cromosomi è moltiplicato) delle specie e minimizzare la selezione involontaria durante la coltivazione (McKay et al., 2005; McKay e Latta, 2002; Lesica e Allendorf, 1999; Rice e Emery, 2003).

In sostanza le specie più indicate sono quindi le autoctone (Figura 1.3), che crescono bene nelle condizioni climatiche ed edafiche delle aree di intervento, preparando il terreno alle successioni naturali (Florineth, 2007) e mantenendo la struttura genetica originaria negli inerbimenti artificiali.



Figura 1.3 - Le specie indicate per gli inerbimenti sono di fatto le autoctone, adattate alle condizioni climatiche ed edafiche delle aree di intervento e capaci di preparare il terreno alle successioni naturali. (Piani di Artavaggio – BG; Foto A. Ferrario).

Il raggiungimento del risultato dipende anche da altri fattori, quali l'epoca della semina e l'adeguata preparazione del terreno (Rodaro, 2007). La semina dovrebbe essere effettuata preferibilmente dopo lo scioglimento della neve entro l'inizio dell'estate (metà luglio), in modo da garantire alle piantine il raggiungimento di uno stadio di sviluppo che consenta loro di superare la stagione invernale. In alternativa,

sebbene i fattori di rischio siano più elevati soprattutto alle quote maggiori, si può effettuare una “semina dormiente” in autunno (dall’inizio - metà di ottobre), così che la germinazione dei semi avvenga allo scioglimento del manto nevoso nella primavera successiva (Peratoner, 2006; Bottinelli, 2008).

I terreni di alta quota sono ricchi di scheletro, trattengono poco l’acqua e sono poveri di elementi nutritivi. La loro preparazione necessita quindi dell’utilizzo di materiali a base di cellulose e lignine per trattenere l’acqua e la somministrazione di concimi a lento rilascio per permettere l’insediamento del cotico.

Alle quote più elevate è infine opportuno sfruttare anche i benefici offerti dalla copertura per consentire una rapida germinazione e crescita delle piante, graminoidi e non. È quindi consigliabile la semina a spessore con collanti: l’emulsione bituminosa nera assicura non solo l’azione collante dei semi sulla superficie, ma anche l’assorbimento e il mantenimento del calore sulla superficie del suolo. Anche la copertura con paglia o fieno aiuta a ridurre l’escursione termica e previene il disseccamento superficiale del suolo. Simili pacciamature costituiscono inoltre un’efficace protezione del suolo dalla pioggia battente e sono in grado di prevenire l’erosione superficiale e il dilavamento dei semi (Florineth, 2007; Bottinelli, 2008).

2.1.3.1 La scelta dei materiali

Negli ultimi anni ha assunto grande importanza il concetto di paesaggio, tanto che gli Stati membri della Comunità europea, identificando la necessità di conoscere e tutelare gli aspetti culturali e naturali che lo caratterizzano, hanno assunto precisi impegni per la sua salvaguardia, sottoscrivendo la Convenzione europea sul paesaggio; ratificata per l’Italia con il Codice per i beni culturali e del paesaggio, D.lgs. n. 42 del 22 gennaio 2004.

In quest’ottica il paesaggio assume un ruolo strategico nella gestione del territorio e nella conservazione della diversità biologica e culturale, superando nettamente il vecchio concetto di tutela ambientale intesa essenzialmente come salvaguardia di specie e habitat: viene infatti introdotta l’idea di gestione dinamica del territorio che prevede non solo la tutela e conservazione delle aree a maggior grado di diversità biologica esistenti, ma anche il miglioramento delle stesse.

L'ingegneria naturalistica opera nella zona di confine tra paesaggio-ambiente ed esigenze antropiche, in quanto utilizza materiali ecocompatibili e soprattutto piante vive come materiali da costruzione, avendo come obiettivi principali la minimizzazione dell'impatto ambientale, la riqualificazione, il miglioramento funzionale degli ecosistemi ed il miglioramento del paesaggio inteso in termini di diversità biologica (si considera migliore il paesaggio che presenta il maggior grado di biodiversità) (Pellizzari e Sauli, 2007).

In questo contesto vengono collocati pure gli interventi d'inerbimento in cui il ruolo chiave è assunto proprio dai materiali di base e tra questi dalle piante, prevalentemente sottoforma di sementi. In questo contesto l'utilizzo di materiale vegetale autoctono può giocare un ruolo determinante per la buona riuscita dell'opera.

L'utilizzo di piante autoctone (specie naturalmente presenti in una determinata area geografica nella quale si sono originate o sono giunte senza l'intervento diretto - intenzionale o accidentale dell'uomo) per interventi di ripristino ambientale dovrebbe diventare uno standard. L'impiego di specie autoctone è certamente la soluzione migliore a fini conservazionistici; le specie locali hanno infatti evoluto i propri tratti caratteristici all'interno di un sistema dinamico che comprende componenti abiotiche e biotiche specifiche e rappresentano quindi la migliore forma di adattamento per quel tipo di ambiente. Il loro uso è perciò essenziale nei ripristini ambientali perché consente l'evoluzione del cotico verso la naturalizzazione, ospitando specie vegetali a propagazione spontanea nonché microflora e fauna. Perciò inerbire con specie native favorisce il recupero paesaggistico ed ecologico degli ambienti innescando successioni naturali.

Questo discorso vale tanto più per il materiale da impiegare negli inerbimenti tecnici soprattutto in ambito montano ed alpino, dove il valore dell'ambiente e del paesaggio è particolarmente elevato.

L'obiettivo di tutti gli inerbimenti è la copertura pressoché continua del suolo con una vegetazione erbacea costituita dal giusto equilibrio di graminoidi (Poaceae, Cyperaceae e Juncaceae) e non graminoidi (dicotiledoni erbacee) (Quaderni della ricerca N. 134/2011 - Regione Lombardia).

Nel loro insieme queste piante offrono una copertura del suolo molto densa e sono pertanto adatte alla protezione superficiale del terreno. Mentre le graminacee, attraverso il loro fitto apparato radicale, radicano prevalentemente solo negli strati

superficiali del terreno, fino a una profondità di circa 20-25 cm, le non graminoidi invece, e in particolar modo le leguminose, con il loro radicamento estensivo raggiungono profondità molto maggiori (Florineth, 2007).

Oltre al consolidamento del terreno, attraverso radicazione intensiva ed estensiva, l'inerbimento permette di limitare l'erosione e migliorare le caratteristiche generali del suolo (coesione delle particelle, arricchimento trofico, lettiera, microrganismi, ecc.). Una scelta oculata delle specie garantisce inoltre la resistenza al disturbo, inteso come distruzione di biomassa, dovuto ad esempio allo sfalcio periodico, al pascolo e al calpestio del bestiame (alpeggi) e ad altre attività antropiche in genere. Tenendo conto delle caratteristiche sopra descritte e delle condizioni particolari dell'ambiente montano e alpino, fondamentale risulta quindi la scelta del miscuglio di sementi e delle specie che lo costituiscono.

Il miscuglio può essere costituito da semente commerciale certificata e controllata, da semente autoctona appositamente prodotta, pure certificata e controllata, oppure da semente cosiddetta "alternativa" con particolare riferimento al fiorume (Quaderni della ricerca N. 134/2011 - Regione Lombardia).

Per la buona riuscita di una semina sono necessari miscugli di sementi comprendenti un numero elevato di specie con un equilibrato rapporto in peso (es. almeno 10 specie), la cui ripartizione dovrebbe rispecchiare il più possibile quella delle vegetazioni naturali: tali caratteristiche danno più sicurezza in condizioni climatiche o stagionali sfavorevoli, riducendo il rischio di comparsa di malattie o parassiti (Florineth, 2007); inoltre le monocolture o comunque le comunità paucispecifiche (comunità vegetale povera di specie), oltre ad essere facilmente minacciate, sono rare in natura e in tal caso sono indice di condizioni sfavorevoli.

La semente disponibile sul mercato, pur essendo la scelta più semplice, non è quasi mai completamente adatta soprattutto all'inerbimento di aree oltre il limite del bosco: i miscugli più economici e usualmente impiegati sono spesso poveri di specie, hanno rapporti tra le specie altamente sbilanciati (1 o 2 specie costituiscono l'85% o il 90% del miscuglio, mentre le altre specie sono presenti solo in tracce), e sono spesso formati da semente non autoctona e perciò potenzialmente pericolosa per l'ambiente (inquinamento genetico, piante invasive, danni per la salute, ecc) (Florineth, 2007). Come già accennato, tali miscugli contengono prevalentemente varietà commerciali di specie foraggere di pianura, con caratteri prettamente produttivi con conseguente aumento delle esigenze nutrizionali e delle necessità di cure colturali. Per questo

motivo, all'aumentare della quota, queste specie presentano notevoli problemi di persistenza negli anni successivi alla semina, anche se i risultati appaiono soddisfacenti nel breve periodo. Il mantenimento di un grado di copertura soddisfacente è infatti legato in prima istanza alla compatibilità climatica delle specie (se le esigenze termiche minime delle specie non sono soddisfatte, esse non potranno sopravvivere) e, in secondo luogo, all'esecuzione delle cure colturali (Peratoner, 2006).

L'impiego di materiale vegetale autoctono evita questi problemi poiché le specie sono compatibili con il sito da inerbire anche dal punto di vista climatico ed edafico, se le caratteristiche pedologiche dell'area non sono state radicalmente modificate. L'impiego di tali specie garantisce pertanto una maggiore persistenza della vegetazione (Peratoner, 2006).

Un altro aspetto da tenere in debita considerazione nella scelta delle specie, fa riferimento alla lunghezza del periodo vegetativo nelle stazioni in quota: qui i periodi vegetativi sono infatti molto brevi e le specie foraggere non sono capaci di riprodursi producendo semi vitali, mentre le specie autoctone garantiscono una maggior probabilità di concludere il ciclo riproduttivo quasi in tutti gli anni. Inoltre l'elevata biomassa prodotta dalle foraggere si mineralizza con difficoltà a causa della basse temperature, rallentando il riciclo dei nutrienti. Tale situazione può rendere necessari ripetuti interventi di risemina, concimazione e/o sfalcio con tutti gli oneri ad essi connessi.

In un miscuglio ottimale la percentuale in peso delle specie che trovano nell'alta quota il loro habitat principale dovrebbe essere del 60%. Inoltre la scelta delle specie e della loro proporzione deve variare anche in dipendenza dall'acidità dei suoli: le leguminose preferiscono suoli poco acidi, le graminacee come *Avenella flexuosa*, *Deschampsia caespitosa*, *Festuca nigrescens*, *Phleum raethicum* e *Poa alpina* in genere anche suoli acidi. L'*Achillea* e l'*Avenella* sopportano anche terreni molto acidi. L'utilizzo di semente derivata da popolazioni locali e quindi autoctona, permette infine la naturale selezione di microecotipi a partire da pool genetici adeguati, evitando l'introduzione nelle popolazioni locali di geni poco adatti, che ne possano indebolire o troppo rafforzare le capacità competitive (Quaderni della ricerca N. 134/2011 - Regione Lombardia).

Queste caratteristiche sono necessarie per evitare che nei siti artificialmente inverditi cambino i rapporti fra le diverse specie originariamente presenti, con tutte le

conseguenze che, seppur inizialmente poco tangibili, si avrebbero sulla microfauna e microflora. In relazione ai materiali impiegabili per gli inerbimenti tecnici in quota, specie sotto la linea del bosco, vale la pena spendere alcune parole in merito al fiorume, un materiale autoctono già noto all'agricoltura tradizionale, che è stato oggi riscoperto grazie alla realizzazione di appositi macchinari che ne facilitano la raccolta anche in montagna e su terreni difficili. Con il termine "fiorume" si intende originariamente la semente proveniente da fieno disseccato rinvenibile sull'aia o sul pavimento di fienili, un materiale reperibile con difficoltà e in quantità decisamente modiche (Peratoner, 2006).

Come si accennava, è oggi possibile ottenere un materiale analogo, sebbene con qualità e quantità decisamente più elevate, trebbiando il fieno proveniente da comunità vegetali naturali o naturaliformi che agiscono come "prati donatori". La qualità del materiale dipende dalla vegetazione di partenza e dal momento della raccolta: la semente è migliore se la trebbiatura viene effettuata quando molte delle specie presenti hanno frutti e/o semi maturi. Il materiale raccolto, pur presentando un grado variabile di purezza, non necessita di setacciatura ma solo di trinciatura, finalizzata all'omogeneizzazione della pezzatura degli steli: questi infatti possono sostituire almeno in parte la paglia o il fieno che vengono comunemente aggiunti nelle successive semine. Il fiorume può inoltre essere arricchito se necessario con altra semente (Quaderni della ricerca N. 134/2011 - Regione Lombardia).

A completamento delle opere di inerbimento è opportuno ricordare anche altri materiali, necessari soprattutto nei casi più difficili come dossi e canali ad elevata pendenza. In questi ambiti è infatti opportuno ricorrere all'utilizzo di zolle erbose preformate o al trapianto di singole piantine, anch'esse possibilmente di origine autoctona, per evitare che il ruscellamento provocato dalle intemperie dilavi la semente o i piccoli germinelli.

Moltiplicate da seme o per via vegetativa in serra o in vivaio, le piantine radicate vengono solitamente impiegate per completare l'inerbimento, al fine di aumentare la biodiversità del sito qualora il miscuglio utilizzato non fosse particolarmente ricco di specie o laddove si siano osservate lacune nell'efficacia della semina.

Le piantine radicate possono inoltre servire per la realizzazione di nuclei di ricolonizzazione e siti sicuri (*safe sites*), dove si instaura un microclima adatto alla germinazione dei semi e all'attecchimento delle plantule, ricreando le condizioni che si osservano in natura durante la colonizzazione di aree nude. Durante la

realizzazione di opere nell'ambiente (spianamenti, sentieri, piste da sci, strade, ecc.) è possibile recuperare zolle erbose o porzioni di vegetazione più ampie che, se opportunamente conservate, possono essere utilizzate per rinverdire l'area. Secondo Peratoner (2006) questa rappresenta l'unica possibilità di reintrodurre vegetazione autoctona in siti estremi dell'orizzonte alpino (a quote superiori a 2300- 2400 m), laddove la brevità della stagione vegetativa impedisce l'insediamento, in tempi brevi, di una copertura vegetale adeguata mediante l'apporto di seme.

2.1.3.2 La disponibilità di materiali per inerbimento

Nella sintetica descrizione dei materiali per inerbimento riportata nel paragrafo precedente, si è ribadita più volte la necessità di ricorrere per quanto possibile a sementi e/o piante radicate di provenienza autoctona, sia per scopi prettamente naturalistici e conservazionistici, sia per le loro indiscusse proprietà tecniche e di adattamento alle condizioni ambientali anche estreme.

A livello commerciale incominciano ad essere disponibili sul mercato anche miscugli di specie idonee al sito o miscugli che presentano alcune di esse. La loro origine è però a settentrione delle Alpi, quindi con una base genetica adattata a condizioni diverse dalle nostre. La domanda di materiale riproduttivo di qualità, con caratteristiche di provenienza differenti rispetto a quanto fino ad ora presente sul mercato, si evince in estrema sintesi dall'esigenza di tutela della biodiversità e dell'impiego di materiale vegetale autoctono e quindi geneticamente compatibile e rappresentativo di ecotipi locali (Quaderni della ricerca N. 134/2011 - Regione Lombardia).

Tale necessità è sancita da varie Convenzioni e Direttive internazionali, e trova oggi espressione sempre maggiore nelle regioni dell'arco Alpino Italiano:

- nelle prescrizioni poste ai progetti di mitigazione e compensazione di grandi opere infrastrutturali;
- nelle prescrizioni poste a progetti di grande impatto sul territorio (es.: cave);
- più in generale, in tutto quanto rientra nelle procedure di V.I.A.;
- negli interventi di gestione naturalistica direttamente effettuati dagli enti gestori delle aree protette;

- negli indirizzi forniti per la realizzazione delle Reti Ecologiche Regionali e locali e per l'esecuzione di interventi di ingegneria naturalistica;
- nei vari Regolamenti del Verde di Comuni virtuosi che, al fine di tutelare e valorizzare il verde urbano esistente, indicano come preferibile la scelta delle essenze autoctone alle cultivar commerciali.

Questi aspetti, uniti ad una crescente informazione e sensibilizzazione di progettisti e tecnici degli enti locali, sta di fatto sviluppando ulteriormente la domanda, anche in connessione alle funzioni ordinarie degli enti locali in materia di opere a verde e dagli enti gestori delle aree protette (con specifico riferimento a parchi, riserve, SIC, ZPS), sia in tema di valutazione di incidenza, sia in tema di autorizzazioni paesaggistiche. In questo contesto, molte regioni italiane dell'arco alpino hanno emanato delle "Linee guida per la tutela della vegetazione e della flora nelle aree protette", (come per esempio quelle redatte dal Centro Flora Autoctona della Regione Lombardia su richiesta della DG Qualità dell'Ambiente), che contengono una proposta di definizione dei criteri, disposizioni e vincoli per la difesa, la gestione, la rinnovazione e lo sviluppo della flora erbacea nemorale (piante, per lo più erbacee, che crescono nei boschi) e della vegetazione in aree non boscate.

Tali regolamenti, che solitamente si applicano a tutto il sistema delle aree protette (parchi naturali, parchi regionali, riserve naturali, monumenti naturali, zone di particolare rilevanza naturale e ambientale, parchi locali di interesse sovracomunale, rete ecologica europea "Natura 2000") interessano complessivamente almeno 1/3 del territorio del nord Italia in relazione a tutti i popolamenti arborei, arbustivi ed erbacei naturali e seminaturali, che non costituiscono bosco ai sensi delle varie leggi forestali regionali, inclusa la flora erbacea nemorale dei boschi.

Le tipologie di intervento cui si applicano i regolamenti comprendono la gestione degli ambienti naturali e seminaturali e gli interventi di riqualificazione ambientale (inclusi il recupero di cave, discariche, aree dismesse, ecc.), di ingegneria naturalistica, di compensazione ecologica, di rinaturazione (piste da sci alpino) e di riqualificazione floristica e vegetazionale, di miglioramento ambientale quali la piantagione di siepi e alberature, il ripristino di corpi idrici e simili.

Il regolamenti contengono precise prescrizioni che impongono, nel rispetto di una gradualità realistica dei vincoli, l'impiego di piante autoctone certificate.

In particolare la Regione Lombardia con la Legge Regionale 31 marzo 2008, n. 10 "Disposizioni per la tutela e la conservazione della piccola fauna, della flora e della

vegetazione spontanea” ha vietato l’introduzione di specie vegetali alloctone negli ambienti naturali lombardi: di qui discende l’ovvia necessità di piante autoctone idonee.

Sulla base di quanto accennato, non c’è quindi alcun dubbio che allo stato di fatto esista già una notevole domanda di piante autoctone, cui i diversi operatori tentano di rispondere con le attuali risorse del mercato. Si deve ritenere inoltre che nel prossimo futuro tale domanda sia destinata ad aumentare. A fronte di una tale domanda reale e potenziale, l’offerta di materiale autoctono di origine certa e possibilmente certificata, è decisamente limitata, se non addirittura nulla per determinate tipologie di piante e sementi (Quaderni della ricerca N. 134/2011 - Regione Lombardia).

Vale infine la pena ricordare che esistono anche incentivi alla produzione di materiale vegetale autoctono con conseguenti incrementi nell’offerta sul mercato, derivanti dall’applicazione della Direttiva Europea 2010/60/UE del 30 agosto 2010, che dispone deroghe per la commercializzazione delle miscele di sementi di piante foraggere destinate a essere utilizzate per la preservazione dell’ambiente naturale.

In particolare vengono concesse deroghe speciali per sementi destinate a scopi conservazionistici, incluso il fiorume, rispetto agli standard fissati per le sementi commerciali dalla Direttiva 66/401/CEE del 14 giugno 1966 relativa alla commercializzazione delle sementi di piante foraggere.

Diventa pertanto possibile riprodurre e commercializzare anche specie utilizzate nella nutrizione animale, senza la definizione della varietà nelle cosiddette “miscele di sementi per la preservazione”, mentre tra le indicazioni in etichetta si può anche dichiarare il tasso di germinazione nel caso non coincida con quello della direttiva 66/401/CEE.

Infine la nuova Direttiva impone alcune regole sia per la raccolta di fiorume che deve avvenire in campi donatori mai seminati nei precedenti 40 anni, sia per la coltivazione in purezza di specie locali. A questo proposito le specie devono essere tipiche dell’habitat di impiego, avere caratteristiche qualitative simili alle corrispondenti foraggere ed essere riprodotte *ex situ* per non più di 5 anni, passati i quali tutto il materiale deve essere rinnovato procedendo nuovamente alla raccolta in natura (Quaderni della ricerca N. 134/2011 - Regione Lombardia).

2.1.3.3 Le tecniche d'inerbimento

Gli inerbimenti hanno lo scopo di:

- stabilizzare il terreno attraverso l'azione consolidante degli apparati radicali;
- proteggere il terreno dall'erosione superficiale dovuta all'azione battente delle precipitazioni, al ruscellamento superficiale, al vento e alle escursioni termiche;
- ricostruire la vegetazione e, se necessario, le condizioni di fertilità.

I rivestimenti antierosivi di pendii e scarpate realizzati con le tecniche d'inerbimento, hanno un ridotto impatto ambientale. Questi sistemi rappresentano una delle soluzioni più indicate nelle zone di particolare pregio ambientale, dove occorre garantire, oltre all'efficacia tecnico-funzionale anche gli aspetti ecologici, paesaggistici e naturalistici.

Queste tecniche infatti, se opportunamente realizzate utilizzando materiali vegetali autoctoni, consentono un ottimo recupero naturale delle aree degradate, favorendo il consolidamento di pendii, lo sviluppo successivo della copertura vegetale e/o il ripristino degli ecosistemi naturali danneggiati (Quaderni della ricerca N. 134/2011 - Regione Lombardia).

Oltre alla corretta selezione dei miscugli, particolare attenzione deve essere posta anche nell'adeguato modellamento del terreno, nella corretta scelta del periodo di intervento. Per ottenere migliori risultati occorre utilizzare gli strati più superficiali del terreno, per riformare le superfici che saranno seminate, possibilmente recuperando e conservando in modo opportuno le zolle erbose asportate nel corso dei lavori.

La tecnica di inerbimento di eccellenza è rappresentata dalla semina, che consente di poter ripristinare, nel più breve tempo possibile, la copertura vegetale sulle superfici oggetto di movimento terra. Le essenze vegetali vengono seminate con diverse tecniche al fine di aumentare la protezione del suolo dall'erosione e rendere più efficaci gli altri interventi previsti. Con la semina vengono migliorati il bilancio termico ed idrico, e viene promossa l'attivazione biologica del terreno. La semina può trovare applicazione negli ambiti e alle quote più varie, interessando versanti franosi, scarpate naturali ed artificiali soggette ad erosione, piste da sci, argini fluviali, aree dismesse dall'attività di escavazione, discariche, infrastrutture viarie o ferroviarie, e così via. Se la semina è finalizzata al controllo dell'erosione deve essere associata a sistemi per la regimazione delle acque superficiali (canalette, viminate, ecc). Quando necessario, in presenza di scarpate molto ripide o lunghe, di forte irraggiamento

solare o periodo siccitoso, la semina può essere associata a biostuoie ed eventualmente a reti metalliche.

Qui ci soffermiamo sull'idrosemina a spessore che meglio si adatta alle avverse condizioni dell'ambiente montano. Questo tipo di semina consiste nel ricoprimento della superficie con più strati di idrosemina contenenti oltre al seme, nutrienti e materiali di supporto come mulch ad alta ritenzione idrica e adesivante la semente al terreno. Il mulch usato nelle idrosemina è generalmente composto di fibre di legno; la misura delle fibre è importante per la massima protezione contro l'erosione e per una copertura più omogenea della superficie trattata. Inoltre le fibre di legno trattengono più umidità e allo stesso tempo riducono l'evaporazione dal suolo, necessaria ai semi per germogliare e crescere. Infatti, una scarsa crescita dell'erba è molto spesso imputabile alla mancanza di umidità (Quaderni della ricerca N. 134/2011 - Regione Lombardia).

L'idrosemina (Fig. 1.4) è adatta a quasi tutte le condizioni comprese quelle a forte pendenza. In linea generale la composizione è formata da semente (15-30 gr/mq), mulch – fibra di legno, fibra organica di paglia, torba, sfarinati etc. – nella quantità di 200 – 500 gr/mq, collante a base di amido, concime organico e/o inorganico e acqua.



Figura 1.4 - Idrosemina a Livigno Foto G. Della Marianna

L'esecuzione prevede la preparazione del letto di semina, distribuzione della miscela prescelta in sospensione acquosa con leganti e concimanti mediante motopompe montate su mezzi mobili. Durante l'operazione di idrosemina bisognerà aver cura di agitare la sospensione per evitare la sedimentazione dei componenti. Si procede

irrorando più strati. Prima di procedere alle successive irrorazioni, sarà opportuno aspettare che lo strato sottostante sia asciutto. L'intervento dovrebbe essere realizzato preferibilmente nella stagione umida (marzo-maggio, settembre-novembre). La tecnica è la più adatta alle superfici grossolane e ricche di scheletro e ai pendii, situazioni tipiche dell'alta montagna. In alternativa ad essa si possono utilizzare mulch di fieno o paglia a protezione dell'idrosemina nella quantità di circa mezzo kg a metro quadrato oppure biostuoie per le scarpate particolarmente ripide (Krautzer et. al., 2004).

2.1.3.4 Il monitoraggio degli inerbimenti

Per valutare il successo degli interventi di inerbimento è necessario eseguire un attento monitoraggio che interessa tre fasi principali:

1. *fase di pre-intervento o di progetto*: rileva lo stato dei luoghi dal punto di vista ambientale, i problemi da risolvere, le varietà flogistiche, ecc.;
2. *fase di realizzazione*: rileva ciò che viene effettivamente realizzato (tipologie opere, quantità, costi, modalità di esecuzione, approvvigionamento materiale di propagazione, problematiche riscontrate durante l'esecuzione lavori, periodi di esecuzione lavori, ecc.).
3. *fase di post-intervento*: rileva lo sviluppo e il comportamento degli interventi realizzati, il grado di risoluzione dei problemi (efficacia tecnica), la necessità di cure colturali ed il grado di attuazione delle stesse. Questa fase del monitoraggio dovrebbe essere effettuata nei 5 anni successivi alla consegna dei lavori, come indicato per le opere di ingegneria naturalistica in genere, e considerato anche che i semi di alcune specie potenzialmente presenti nei miscugli possono germinare anche a distanza di uno o due anni dalla semina.

Il controllo degli inerbimenti (Fig. 1.5) dovrebbe far parte del monitoraggio sistematico delle opere di ingegneria naturalistica, quale parte fondamentale della valutazione della loro efficacia, insieme ad altri importanti elementi di interesse pratico operativo finalizzati a mappare sul territorio gli interventi, acquisire informazioni sulle problematiche che si riscontrano sia nella fase esecutiva che successivamente, valutare dal punto di vista del rapporto costi/benefici le varie tipologie di opere, programmare e se necessario ridefinire gli interventi colturali di

manutenzione, individuare eventuali fonti di approvvigionamento del materiale vivo (Quaderni della ricerca N. 134/2011 - Regione Lombardia).



Figura 1.5 - Situazione dell'inerbimento nel primo (a sinistra) e nel secondo anno dopo la semina (a destra). San Simone – BG; foto S. Pierce.

Il successo dell'inerbimento, lo sviluppo delle piante e il progressivo insediamento della vegetazione nelle aree inerbite possono essere monitorati attraverso l'utilizzo di una "scheda tipo", definita in ogni sua parte, in modo che si possa verificare, in ogni momento o a determinate scadenze temporali prefissate in fase progettuale, lo stato di conservazione, la capacità di attecchimento e sviluppo, la densità di semina utilizzata della semente impiegata. Questo consente di intervenire tempestivamente, con opportuni provvedimenti, nel caso in cui non si riscontrino risultati soddisfacenti. Il monitoraggio si concretizza in una serie di sopralluoghi nell'area degli interventi ed eventualmente nelle aree limitrofe partendo dal presupposto che lo stato di conservazione e di efficienza delle opere sono interconnesse con una serie di fenomeni chimico-fisici, processi biologici e relazioni di ecosistemi e comunità. Di fatto il monitoraggio è un sistema di controllo dell'opera nel tempo che si attua attraverso l'osservazione visiva, la misura di determinati parametri fisici e biologici, la verifica di determinati valori impostati a livello di progetto, rilievi topografici e fotografici, rilievi fitosociologici. Le informazioni rilevate vengono raccolte in schede di monitoraggio che vengono utilizzate nell'attività di manutenzione e nella successiva progettazione di opere.

La scheda assolve pertanto a diversi scopi:

1. monitorare gli interventi effettuati sul territorio per valutare i risultati nel tempo;
2. consentire un rapido approccio agli interventi realizzati fornendo le tipologie ed i materiali effettivamente utilizzati;
3. realizzare l'inventario delle opere di ingegneria naturalistica.

Di seguito si riporta un esempio di scheda tipo per il monitoraggio degli inerbimenti (Direttiva sull'impiego di materiali vivi negli interventi di ingegneria naturalistica in Lombardia D.G.R. n. 6/29567 del 1 luglio 1997).

I parametri sono stati selezionati in modo da associare la significatività dell'informazione in essi contenuta, con la facilità e/o la rapidità di misurazione nel corso del rilievo. Questo approccio, largamente impiegato in ecologia vegetale permette infatti di individuare caratteri di semplice misurazione (*soft traits*) che siano però strettamente correlati con fattori fondamentali nella fisiologia delle piante, non misurabili tuttavia se non con complessi strumenti di laboratorio (*hard traits*).

Tutte le parti della scheda possono essere compilate da un naturalista, biologo o agronomo con specifiche conoscenze di botanica (incluso botanica sistematica) e con un minimo di esperienza nell'osservazione delle diverse fasi di crescita e sviluppo delle piante erbacee, dallo stadio di seme a quello di pianta adulta.

I dati relativi alle fasi 1 e 2 possono essere ricavati dai documenti di progettazione ed esecuzione dell'opera, ovvero da brevi interviste al progettista e/o al direttore lavori, e rimangono sostanzialmente invariati nel corso dei successivi monitoraggi dello stesso intervento. L'evoluzione della vegetazione e, in ultima analisi, il successo dell'inerbimento e/o degli eventuali lavori di manutenzione, saranno definiti proprio dal confronto e dall'analisi dei dati raccolti nel corso degli anni di monitoraggio.

Parte 1 – dati generali - In questa parte vanno riportati i dati generali relativi al/ai rilevatore/i, alla località (provincia, comune, coordinate UTM) e alla tipologia di intervento che deve essere brevemente descritto. Devono essere anche specificate le modalità di esecuzione delle opere, la provenienza delle fonti di finanziamento, e il periodo di esecuzione dei lavori (inizio, fine e collaudo).

Parte 2 – dati stazionali - Vanno qui riportati i dati stazionali del sito di intervento, incluse la quota, l'inclinazione e l'esposizione. Per interventi di ampie proporzioni, è possibile indicare i valori medi, o meglio ancora il range dei diversi parametri, eventualmente allegando materiale cartografico. Per quanto riguarda la voce relativa alla breve descrizione della vegetazione presente nelle aree limitrofe, questa va

sinteticamente effettuata elencando le fitocenosi osservate, utilizzando la nomenclatura fitosociologica (ad es. *Festuco-Brometalia*), la corrispondente nomenclatura italiana (ad es. prati magri su substrati calcarei), il numero di habitat secondo la Direttiva 92/43/CEE (ad es. habitat 6210), ovvero ogni altra definizione oggettiva secondo elenchi ufficialmente riconosciuti. Per ottenere un quadro più completo è possibile allegare elenchi di rilievi e/o carte della vegetazione eseguiti nell'area in esame dagli stessi o da altri rilevatori, sia in fase di progettazione che indipendentemente dall'opera in oggetto.

La disponibilità di tale materiale può essere utile nelle fasi di elaborazione dei risultati del monitoraggio, per esaminare le tendenze evolutive della vegetazione nell'area inerbita, nonché per verificare eventuali contaminazioni di quest'ultima da parte delle specie presenti nelle aree circostanti. Non si ritiene tuttavia necessario eseguire specifici rilievi o studi dettagliati nel caso in cui il materiale di studio sopra descritto non sia disponibile. In questo caso, un'alternativa rapida, ma comunque valida può essere rappresentata dall'elenco floristico relativo alle sole specie dominanti delle diverse tipologie vegetazionali individuate nella zona.

Parte 3 – modalità di inerbimento - In questa parte vanno indicate le tecniche di inerbimento utilizzate, scelte dall'elenco riportato nella scheda, con le relative superfici espresse in metri quadrati. Accanto a questo vanno riportate tutte le informazioni relative al miscuglio o ai miscugli utilizzati secondo quanto riportato nella scheda. Per i miscugli commerciali e per quelli prodotti ad hoc è necessario riportare la composizione specifica, incluse le percentuali in peso delle singole specie riportata sulla confezione e/o nei documenti relativi all'acquisto. Se possibile, è pure opportuno specificare se le specie utilizzate sono autoctone secondo la definizione data nei paragrafi precedenti, ed eventualmente indicare la provenienza del materiale vegetale e il sito di produzione. In questo contesto può essere utile allegare documenti attestanti l'autoctonia del materiale vegetale, quali etichette e/o altri documenti certificativi. Nel caso in cui sia stato impiegato fiorume è opportuno sintetizzare tutte le informazioni concernenti la sua possibile composizione (elenco floristico, purezza), o almeno specificare località e data di raccolta e tipo di vegetazione di partenza. Anche in questo caso possono essere allegati documenti attestanti la provenienza e l'autoctonia del fiorume, nonché relativi ai trattamenti subiti (modalità di conservazione, caratterizzazione, setacciatura, trinciatura, ecc.). La disponibilità di tali informazioni può essere utile per l'interpretazione dei risultati

del monitoraggio, quali la presenza o l'assenza di determinate specie, il ritardo alla germinazione, lo sfasamento nella germinazione di alcune specie rispetto ad altre, e così via.

Parte 4 – interventi integrativi - Vanno qui evidenziati eventuali interventi accessori. Tra questi, particolare importanza per il successo e la valutazione dell'inerbimento è rappresentato dalla messa a dimora di piante radicate sia in modo sparso sia, come viene normalmente consigliato, riunite a formare nuclei di ricolonizzazione (Fig. 1.6). Questi ultimi, come già detto, favoriscono la dispersione naturale delle specie sia in quanto fonti di semi e/o propagali vegetativi, sia in quanto modificatori del microclima a favore dell'insediamento e dell'attecchimento di nuove piante. Naturalmente, a seconda del sito e della tipologia di intervento, i nuclei di ricolonizzazione potranno avere caratteristiche diverse in termini di estensione, composizione specifica, densità di messa a dimora e così via: tutti questi dati vanno inseriti nei corrispondenti campi della scheda di monitoraggio. L'elenco delle specie messe a dimora deve pure essere riportato, specificandone o meno la provenienza autoctona. A questo proposito può essere utile allegare documenti attestanti l'autoctonia del materiale vegetale, come già indicato per le sementi (v. *Parte 3*). Sempre in questa sezione deve essere indicato se l'intervento di semina è stato integrato con altri interventi di Ingegneria Naturalistica, specificando quali.



Figura 1.6 - Stato di un nucleo di ricolonizzazione rado a un anno dalla messa a dimora delle piante (San Simone – BG; foto A. Ferrario).

Parte 5 – monitoraggio dell'inerbimento - Questa è la parte centrale della scheda, che va compilata nuovamente in ogni periodo di rilevamento nell'arco dei 5 anni previsti per il completamento del monitoraggio. Prima di esaminare in dettaglio le informazioni da inserire e i parametri da misurare, è necessario soffermarsi brevemente sull'impostazione dei rilievi da effettuare. Una volta inquadrata l'area d'intervento, il monitoraggio deve essere pianificato attentamente individuando "punti chiave" in cui eseguire i rilevamenti. Considerando l'intera opera, tali punti devono essere scelti sulla base delle caratteristiche ambientali, fisiche, tecniche, in modo da rappresentare tutte le varianti che possono influenzare positivamente o negativamente la germinazione dei semi, l'attecchimento delle piante e/o lo sviluppo e l'evoluzione della vegetazione: una scelta non ragionata dei punti di rilevamento può portare infatti a sottostime o sovrastime del successo dell'intervento, soprattutto nei primi anni dopo la semina. Nel caso d'inerbimento di una pista da sci, essendo la pista realizzata lungo gradiente altitudinale, è innanzitutto opportuno prevedere rilevamenti a diverse quote, tenendo conto almeno della quota minima e della quota massima. Performances diverse da parte delle specie vegetali, potranno essere osservate nel corso del monitoraggio, soprattutto se, come di norma accade, l'inerbimento è stato effettuato su tutto il versante con lo stesso miscuglio. Un altro aspetto importante è rappresentato anche da pendenza ed esposizione delle singole sezioni della pista: entrambe influenzano sia l'efficacia delle tecniche impiegate (ad es. elevate pendenze possono dilavare semi, pacciamanti e nutrienti), sia lo sviluppo e la crescita delle piante, sia ancora la tipologia di specie che riusciranno a germinare e ad attecchire. Quanto al numero di "punti chiave", è ovviamente difficile generalizzare, anche perché, a seconda dell'opera si deve trovare un giusto compromesso tra le esigenze di rappresentatività e completezza dei dati e quelle di rapidità del monitoraggio, anche in relazione alla necessità di eseguire un numero minimo di repliche per assicurarsi la possibilità di eseguire eventuali analisi statistiche. In ciascun punto devono essere effettuate almeno tre repliche del rilevamento vero e proprio, repliche la cui posizione viene individuata in modo casuale all'interno di un'area omogenea. Un metodo rapido per la scelta oggettiva delle posizioni delle repliche consiste nel lancio delle freccette (Fig. 1.7).

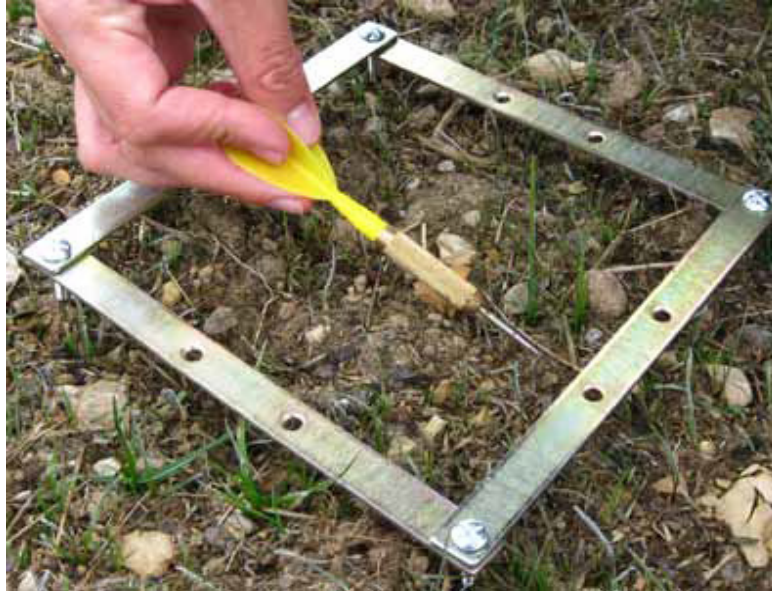


Figura 1.7 - la posizione delle repliche in cui effettuare il monitoraggio deve essere determinata in modo casuale, ad esempio con il lancio di freccette (foto A . Ferrario).

I rilievi per il monitoraggio dell'inerbimento consistono sostanzialmente nella verifica della presenza delle specie seminate con una copertura, almeno al termine delle fasi iniziali di germinazione e attecchimento, comparabile con la densità di semina e comunque prossima alla massima copertura possibile compatibilmente con le condizioni ambientali del sito. Tale valutazione si realizza attraverso il conteggio delle piante presenti (germinate) per unità di superficie, utilizzando quadrati metallici o di altro materiale di piccole dimensioni (cm 15x15 o 20x20) (Fig. 1.8).



Figura 1.8 - L'utilizzo di quadrati permette la valutazione della copertura e del numero di piante (foto A . Ferrario).

Una volta appoggiato il quadrato sulla superficie del terreno si procede innanzitutto alla misurazione di due parametri generali:

1. *copertura complessiva*: esprime in termini percentuali la copertura del suolo da parte della vegetazione e viene stimata ad occhio con il medesimo approccio impiegato in ambito fitosociologico. Già da sola può dare un'idea della riuscita dell'intervento di idrosemina, presupponendo che lo stato ottimale sia rappresentato da una copertura prossima al 100%. Tale parametro non fornisce però informazioni sulla composizione specifica della vegetazione che si sta sviluppando, anche rispetto a quanto presente nel miscuglio di semina: coperture elevate possono essere ottenute solo da una o poche specie dominanti, a volte appartenenti a cultivar/varietà appositamente selezionati proprio per le caratteristiche competitive, a scapito delle altre specie presenti nei miscugli o di quelle che possono giungere spontaneamente dalle comunità naturali circostanti.
2. *altezza massima della vegetazione*: può esprimere in modo indiretto lo stato di sviluppo e di salute della vegetazione, ed è utile soprattutto nelle prime fasi che seguono la germinazione. Si calcola misurando l'altezza della foglia più alta a prescindere dalla specie di appartenenza. Idealmente questo parametro, se considerato insieme al precedente, può indicare il raggiungimento di uno stato di equilibrio della vegetazione erbacea che si è formata, quando vengono raggiunte l'altezza massima e la copertura complessiva proprie della fitocenosi realizzata con l'inerbimento.

Una volta misurati i due parametri generali, si deve procedere ai conteggi delle piante presenti nella superficie considerata, distinguendo tra graminoidi (*Poaceae*, *Cyperaceae* e *Juncaceae*) e non graminoidi (tutte le altre specie). Tale distinzione è necessaria perché le due tipologie di piante hanno funzioni e densità diverse sia nei miscugli per inerbimento, sia nelle vegetazioni naturali che si vuole ottenere. Idealmente sarebbe opportuno distinguere dalle altre anche le leguminose, che germinano e si sviluppano in ritardo rispetto alle altre specie, ma che pure dovrebbero costituire una componente importante del materiale di semina. Tuttavia l'identificazione anche solo a livello di famiglia delle plantule è particolarmente difficoltosa e richiede notevole esperienza. Pertanto è sufficiente effettuare il conteggio delle piante/plantule e la stima della copertura percentuale solo per le due categorie sopra richiamate, ricordando che già dopo circa due mesi dalla semina

risultano ben visibili le caratteristiche tipiche delle plantule, quali cotiledoni, picciolo, prima foglia e seconda foglia per le specie non graminoidi, e guaina basale e ligula per le specie graminoidi. I valori misurati tenderanno a cambiare nel corso degli anni soprattutto per quanto riguarda il numero di piante: soprattutto nei primi due anni di monitoraggio, molti semi germineranno originando numeri elevati di plantule; poi col passare del tempo eventi di mortalità dovuti alla competizione tra le specie e/o a fattori ambientali, porteranno al raggiungimento di un equilibrio simile a quello che caratterizza le comunità naturali, e il numero di piante tenderà a stabilizzarsi.

Nel caso in cui sia necessario esaminare in dettaglio l'andamento del processo germinativo, ad esempio nel caso sia stato impiegato un miscuglio sperimentale e/o di nuova concezione, è opportuno aumentare la frequenza dei conteggi, che andranno effettuati all'incirca ogni 15 giorni nel corso della prima stagione vegetativa successiva alla semina: tale attività non è comunque richiesta per il normale monitoraggio dell'inerbimento. Per verificare il successo dell'intervento è opportuno esaminare anche la composizione specifica di quanto si sta sviluppando nelle aree inerbite.

L'identificazione tassonomica delle specie presenti è utile:

- per verificare l'efficienza del miscuglio (se tutte le specie presenti germinano);
- per programmare eventuali interventi di risemina eventualmente modificando opportunamente la composizione del miscuglio;
- per monitorare l'ingresso di specie mediante dispersione dalla vegetazione circostante e/o da eventuali nuclei di ricolonizzazione;
- per individuare tempestivamente e se necessario eradicare specie non compatibili con il sito incluse specie esotiche invasive, eventualmente introdotte accidentalmente nel corso dei lavori con particolare riferimento al possibile riporto di substrati alloctoni;
- valutare rapidamente il grado di biodiversità raggiunto dalla vegetazione (numero di specie).

L'identificazione tassonomica può essere effettuata riportando innanzitutto l'elenco delle specie presenti nel miscuglio (se note) e aggiungendo man mano le altre specie presenti possibilmente in ognuno dei punti chiave prescelti, o almeno una volta per l'intero sito.

Nel caso sia stato utilizzato quale materiale di semina il fiorume, l'elenco di partenza, se disponibile, potrà essere basato sulla vegetazione del sito di raccolta (prato

donatore) e non necessariamente sulla reale presenza dei semi nel miscuglio. In questo caso la mancata presenza nella vegetazione di una o più specie non è indicativa del mal funzionamento del materiale. Chiaramente l'identificazione tassonomica può risultare particolarmente difficoltosa nelle prime fasi di sviluppo delle piante. Utili sono a questo proposito gli atlanti delle plantule dove si riportano immagini e descrizioni dettagliate delle parti caratterizzanti le specie, sebbene siano spesso mirati sulle piante infestanti e non su quelle autoctone presenti nelle vegetazioni naturali.

Durante la valutazione floristica oltre alla mera presenza, devono essere annotati in modo rapido dati relativi a:

- frequenza, espressa in termini percentuali o più semplicemente attraverso una scala qualitativa (ad esempio: rara, frequente, dominante);
- distribuzione, distinguendo almeno in omogenea e localmente concentrata, per evidenziare immediatamente cause e fattori particolari;
- presenza di fiori e frutti, per verificare ancora una volta lo stato di salute delle piante utilizzate per l'inerbimento, registrarne il raggiungimento della maturità sessuale, evidenziare le fonti di nuovi semi dispersi naturalmente nell'area d'intervento.

A completamento del monitoraggio, potrebbe essere utile, in alcuni casi particolari, approfondire l'esame delle specie vegetali mediante caratterizzazione funzionale (Cornelissen et al., 2003). Tale analisi, in uso presso gli ecologi vegetali, si basa sulla misurazione di semplici parametri in campo e in laboratorio, e sulla definizione delle strategie adottate dalle piante, allo scopo tra l'altro di individuare possibili anomalie nelle specie esaminate (ad es. sviluppo non ottimale) e stati di disequilibrio nella comunità considerata.

Parte 6 – valutazione complessiva dell'inerbimento - A conclusione della sezione più corposa del monitoraggio, in questa parte va espresso la valutazione complessiva dell'inerbimento sia mediante un giudizio sintetico (ottima, buona, scarsa), sia eventualmente mediante una breve descrizione (Figura 1.9).

Contemporaneamente devono essere evidenziate esplicitamente le problematiche riscontrate (Fig. 1.10) e le manutenzioni previste specificando eventuali misure correttive o proponendo manutenzioni straordinarie.

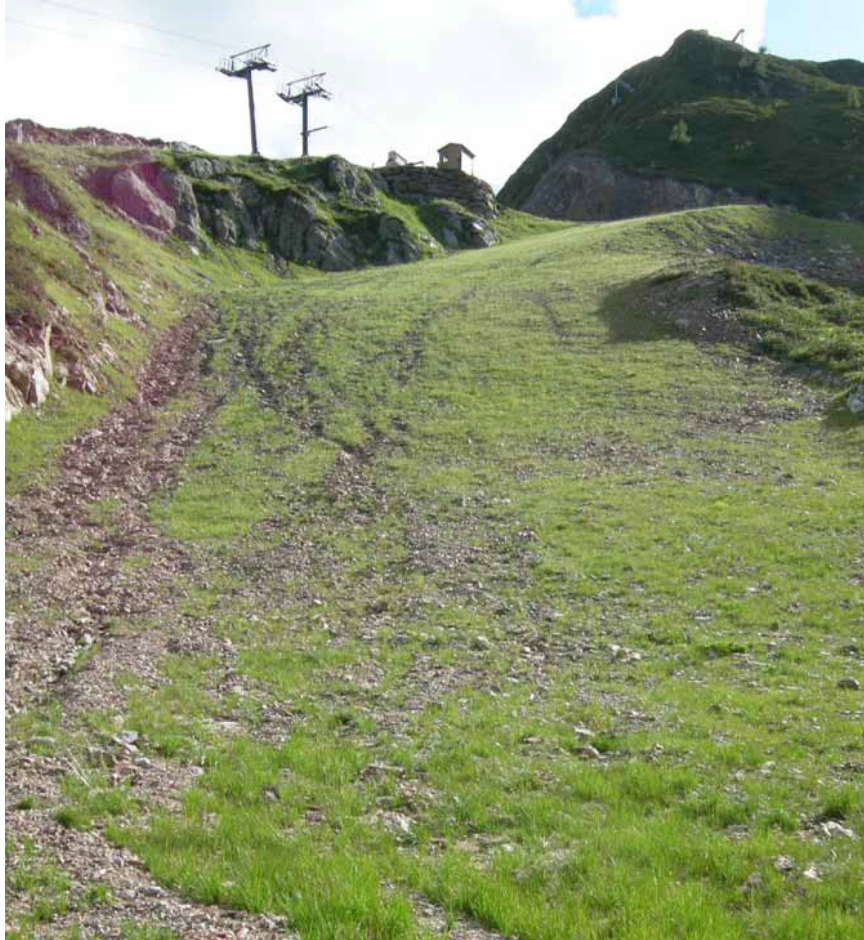


Figura 1.9 - La buona riuscita di un intervento di inerbimento può essere valutata già nei primi anni dopo la semina (San Simone – BG; foto S. Pierce).



Figura 1.10 - L'impatto paesaggistico non armonico con la vegetazione locale derivante dall'uso di sementi non autoctone in Alta Valtellina (Livigno –SO; foto G. Della Marianna).

2.1.3.5 La produzione sementiera

Come precedentemente evidenziato, l'impiego di materiale vegetale autoctono e quindi l'origine delle sementi assumono un'importanza sempre maggiore nelle opere di inerbimento.

Questi fattori garantiscono un maggiore successo degli interventi di inerbimento nel medio lungo periodo e minori manutenzioni dei cotici erbosi grazie alla maggiore biodiversità e qualità paesaggistica (Quaderni della ricerca N. 134/2011 - Regione Lombardia).

Gli aspetti ambientali possono quindi diventare un'opportunità economica per gli operatori agricoli specie delle zone montane. Infatti le problematiche tecnico scientifiche insite in questa attività, se da un lato ne complica gli aspetti produttivi, dall'altro ancora alla realtà locale queste nuove prospettive agricole. L'approccio strettamente naturalistico prevederebbe un utilizzo locale di semente, per non alterare i rapporti fra i caratteri ereditari. Però sul piano tecnico ed economico un simile approccio diventa molto dispendioso. Solo approfonditi studi di genetica delle popolazioni svolte anche con l'ausilio delle moderne tecniche di indagine molecolare potrebbero fornire una base solida di decisione. Infatti la struttura genetica dipende molto dai meccanismi di riproduzione come le percentuali di allogamia/autogamia, i vettori dei gameti (vento, insetti, ecc.), la dispersione dei semi, la percentuale di propagazione clonale. Tuttavia rimarrebbe un miraggio il voler coltivare una popolazione mantenendo intatti i rapporti fra i suoi genotipi: infatti ci sarebbero giocoforza errori di campionamento (si raccolgono un po' di più i genotipi più produttivi, oppure quelli che maturano i semi in un dato periodo, ecc.), poi la situazione ecologica di un campo coltivato è diversa da quella naturale e il comportamento di alcuni genotipi cambierebbe, i genotipi più aggressivi e produttivi nel corso di pochi anni sarebbero più rappresentati, la suscettibilità alle malattie sarebbe diversa, ecc. Gli aspetti agronomici poi contano molto sulla selezione involontaria dei caratteri. La coltivazione di certe specie è poi limitata dalle sue potenzialità agronomiche: una specie come la *Festuca nigrescens* o *F. rubra* crescono bene anche in pianura, non così per il *fleolo*, la *poa alpina* o il *trifoglio nivale* (Romani, citazioni; Pecetti et al., 2008), che richiedono ambienti freschi, pena la suscettibilità alle malattie quali le ruggini e l'oidio. Alcune specie riescono bene anche con semina diretta in campo, altre necessitano di un approccio orticolo con il

trapianto delle piantine in plug. Alcune come la *Sanguisorba officinalis* possono essere coltivate anche in pianura, ma richiedono interventi ripetuti contro l'oidio.

La raccolta poi costituisce un momento delicato per vari motivi. Il primo riguarda la scarsa omogeneità di maturazione, per cui è necessario valutare attentamente il momento della raccolta: in genere si punta a raccogliere quando il 70% delle spighe sono mature. Le disomogeneità nel portamento della pianta poi possono costituire difficoltà per la raccolta. Si pensi ad esempio ai genotipi di *Poa alpina* che presentano talvolta spighe molto corte che non possono essere mietute efficacemente dalle macchine.

Infine la cascola più o meno repentina dei semi costituisce un fattore di rischio per il raccolto. La disomogeneità nella dimensione della pianta costituisce un altro punto delicato: gli individui piccoli sono soppiantati da quelli più grandi oppure lasciano spazio alle infestanti. Il capitolo della lotta alle malerbe è uno dei più delicati: le popolazioni autoctone infatti sono meno competitive nell'ambiente ecologico agrario.

L'approccio pragmatico alla riproduzione a scopo di ripristino naturalistico deriva anche dalla necessità di accumulare caratteri che rendano fattibile da un punto di vista tecnico ed economico la coltivazione. Spesso le popolazioni differiscono una dall'altra solo nella frequenza degli alleli (variante di sequenza di un gene o gruppo di geni) o di certi individui: in base a questo concetto un'ampia variabilità permetterà poi all'ambiente di selezionare le frequenze alleliche e gli individui più adatti all'ambiente. Per tutti questi fattori la produzione di semente autoctona non è un'applicazione banale: accanto alle problematiche sementiere comuni alle specie foraggere, esistono problematiche legate alla scarsa selezione dei materiali per i caratteri legati alla riproduzione. Inoltre accanto alle problematiche agricole, occorre sviluppare competenze nel campo della selezione della semente e quelle più specificatamente commerciali e imprenditoriali così da permettere redditi remunerativi su tutta la filiera. Una struttura consortile o cooperativa deve pure essere prevista al fine di poter specializzare il coltivatore su poche colture e nel contempo poter condividere e suddividere i costi per la specializzazione delle macchine agricole e di lavorazione post raccolta (Quaderni della ricerca N. 134/2011 - Regione Lombardia).

Una buona configurazione del parco macchine si basa su seminatrici per frumento, magari con possibilità di doppia tramoggia per permettere semine primaverili alternate di specie autoctone con orzo. Ciò permette una protezione della graminacea autoctona nel primo anno e un raccolto di orzo, mentre nel secondo

anno di raccolta del seme autoctono, la competizione della specie autoctona con le infestanti risulta di gran lunga migliorata. In genere però le semine autunnali sono migliori negli ambienti italiani, e permettono già al primo anno un primo raccolto seppur ridotto rispetto a quello del secondo anno.

L'utilizzo di un erpice strigliatore può giovare grandemente alla coltura sebbene siano da considerare con estrema attenzione i momenti di intervento (terreno in tempera o poco più secco, infestanti nelle primissime fasi di crescita, andamenti meteorologici relativamente soleggiati, piante in coltivazione ben radicate, oltre ad un ovvia abilità di guida. Il corredo di attrezzature si basa poi su botti per trattamenti e diserbi e barra a corde per irrorare diserbanti sulle infestanti che oltrepassano in altezza la coltura. Infine la raccolta si può basare su mietitrebbiatrici oppure su sole mietitrici a cui segue la trebbiatura statica del raccolto a prodotto secco. Questa operazione è consigliabile nel caso di terreni con difficoltà di accesso. L'utilizzo di un essiccatoio è poi raccomandabile per ottenere seme della migliore qualità.

Nell'ambito della selezione delle sementi, la macchina base può accorpate una vagliatrice con una tarara (vaglio ventilatore). Macchine di piccole dimensioni possono essere adatte all'avvio di una produzione di filiera di non grandissimi quantitativi. Una volta avviata la filiera altre macchine possono agevolare l'attività di selezione della semente, ma dipendono fondamentalmente, oltre che dalla coltura, anche dal tipo di infestanti presenti. Una buona pulizia del seme dipende però da un buon controllo delle infestanti in campo. Spesso infatti non è possibile eliminare alcune infestanti senza perdere parte del raccolto (Quaderni della ricerca N. 134/2011 - Regione Lombardia).

2.1.3.6 Linee guida alla produzione sementiera

La produzione di semente di specie e popolazioni autoctone è in genere più rischiosa e più onerosa rispetto a quella della semente convenzionale.

Esiste il problema di gestire numerose popolazioni e allevarle in ambienti spesso inadatti, dove la competizione con le malerbe è particolarmente difficile per il fatto che le specie autoctone, rispetto a quelle convenzionali, tendono ad avere un lento sviluppo nelle fasi giovanili e una modesta capacità competitiva. Come già accennato

queste colture sono più rischiose ed onerose anche delle coltivazioni da seme di specie agrarie (Quaderni della ricerca N. 134/2011 - Regione Lombardia).

Dalle esperienze europee risulta che i prezzi di queste sementi sono sensibilmente più alte delle normali foraggere che sono coltivate in zone vocate all'attività sementiera (Nord Europa, sud dell'Argentina). Le direttive comunitarie, nazionali e regionali prospettano però una riproduzione delle specie legate al territorio in ambito locale con la definizione di appositi distretti geobotanici. Ciò permetterà di ripagare i maggiori costi di produzione dovuti sia alla natura delle specie sia alla scarsa vocazione delle aree. Infatti la vocazione di un'area sementiera deriva innanzitutto dall'assenza di eventi meteorici violenti (vento, temporali ecc.) soprattutto nel periodo di maturazione e raccolta. Uno dei rischi principali di queste produzioni è infatti la caduta del seme che per molte specie è immediata appena dopo la maturazione. E' quindi necessaria un'ottima tempestività nelle operazioni colturali (prima fra tutte la raccolta).

Il secondo fattore di rischio è dovuto alle malerbe. La situazione malerbologica a sud delle Alpi è alquanto difficoltosa. I mezzi disponibili sono:

- la falsa semina anche ripetuta e seguita da continue erpicature e distribuzione di erbicidi totali;
- i graminicidi da usarsi nelle colture di dicotiledoni e per alcuni tipi nella coltura di festuca;
- i dicotiledonici da usarsi nelle colture di graminacee e nelle colture di alcune leguminose;
- la distribuzione di erbicidi (in particolare glyfosate) impiegando la barra a corde che permette di colpire le infestanti che superano in altezza la coltura;
- passaggi con l'erpice strigliatore (oppure con appositi erpici a spazzole rotanti);
- l'utilizzo di pacciamatura.

La semina primaverile può essere associata ad un cereale anche se la semina in tarda estate inizio autunno ha sempre un migliore successo a causa di una minor pressione delle infestanti.

Tra le specie autoctone, attualmente più coltivate, troviamo: *Festuca Nigrescens Poaceae*, *Phleum Rhaeticum Poaceae*, *Poa Alpina Poaceae*, *Trifolium Pratense Subsp Nivale Fabaceae*, *Achillea Millefolium Asteraceae*, *Plantago Serpentina Plantaginaceae* e *Plantago Alpina Plantaginaceae*.

La produzione delle zolle erbose (Fig. 1.11), invece, avviene in apposite vaschette di materiale plastico, oppure su teli di polietilene microforato o addirittura utilizzando le tecniche tipiche dei rotoli per tappeto erboso adatte questa specialmente quando si coltivano le sole graminacee. Il substrato migliore è quello a base di sabbia addizionato con torba per il 20%. Altro materiale come il compost vegetale ben maturo potrebbe pure essere consono. La concimazione per 1000 l di substrato è di 70-100 g di N sotto forma di urea e 30-40 g di P_2O_5 e K_2O e 10 g di MgO .

Bisogna prevedere una durata di coltivazione di 3-4 mesi e la necessità di disporre delle zolle in maggio giugno, appena dopo lo scioglimento della neve oppure in ottobre. La coltivazione avviene in tunnel freddi dotati di irrigazione a pioggia ripetuta nella giornata. La difficoltà maggiore infatti è che le zolle si seccano. La tecnica consiste nella semina diretta sulla superficie di circa 50 g/mq di seme ben distribuito. Graminacee a crescita veloce come la Festuca vanno preferibilmente tagliate ogni due mesi. L'Achillea invece non necessita di tagli. Nel caso della Poa alpina le piante possono essere taleate per divisione ogni tre mesi con un tasso di circa 3 talee per ogni pianta. Per specie come la citata poa o il Phleum raethicum può essere utile l'utilizzo di anti ruggini.

Le zolle trasportate in quota si sistemano ancorandole con picchetti preferibilmente di legno.



Figura 1.11 - Zolle Erbose

2.1.4 Degradazione per pascolamento

Nel periodo estivo quasi tutte le piste da sci vengono utilizzate a pascolo con conseguente degradazione del versante (Fig. 1.12).



Figura 1.12 - Località dorsale di M. Calvo, comune di Cagnano Amiterno (AQ), 2006

L'attività di pastorizia diventa un problema quando comporta il sovrappascolo, cioè la sovrabbondanza di animali per unità di superficie. L'eccessivo carico di bestiame in un pascolo può determinare molteplici alterazioni, più o meno consistenti, al sistema suolo-vegetazione, sia per l'eccessivo calpestamento, sia per l'intenso consumo di vegetazione, con la distruzione continua dei ricacci e del novellame che la dovrebbero ripristinare (Gusmeroli, 2004; Ziliotto et al., 2004; Zanchi, 1981).

Il sovrappascolo causa il cambiamento del profilo del suolo (Fig. 1.13), l'orizzonte più superficiale viene degradato e arricchito di letame, questo determina modifiche nella composizione e nella struttura.

Nelle zone di maggior transito animale si verifica la compattazione del suolo, specialmente se umido, dovuta al calpestio degli animali che altera le normali caratteristiche strutturali e di porosità, riducendo pertanto la capacità di infiltrazione delle acque e degradando la copertura erbosa fino alla sua scomparsa. Lungo i percorsi degli animali si formano dei camminamenti o dei sentieri, che diventano direttrici preferenziali di scorrimento delle acque di deflusso superficiale, in modo tale

da favorire il ruscellamento e innescare dei veri e propri fenomeni erosivi, anche di notevole intensità. Qualora questi processi si verificano in un ambiente fragile, in precarie condizioni di equilibrio, ad essi si possono associare fenomeni d'instabilità dei versanti, generalmente movimenti superficiali lenti, quali soliflussi o reptazioni (Gusmeroli, 2004; Ziliotto et al., 2004; Zanchi, 1981).



Figura 1.13 - Pendio degradato dall'eccessivo calpestio degli animali che hanno prodotto molteplici camminamenti, asportando parte della copertura erbosa. Località dorsale di M. Calvo, comune di Cagnano Amiterno (AQ), 2006

Come precedentemente visto, la copertura vegetale esercita un'importante azione di protezione del suolo e di stabilizzazione dei versanti: riduce l'azione battente della pioggia e l'entità del ruscellamento superficiale, facilita nel contempo l'infiltrazione nel suolo degli afflussi idrici, apporta sostanza organica nel suolo che ne favorisce una struttura maggiormente stabile, in alcune condizioni le radici svolgono un'azione fisica di ancoraggio del suolo o del sottosuolo.

Il sovrapascolamento determina una diminuzione della velocità di accumulo della sostanza organica nel suolo, in concomitanza della diminuita produttività della prateria; questo è dovuto alla variazione della composizione di specie, con sostituzione delle specie originarie con specie più tipiche di una intensa frequentazione animale (nitrofile), e al minor contributo della lettiera (residui organici

prevalentemente vegetali, intatti o poco trasformati, disposti sulla superficie del suolo) (Gusmeroli, 2004; Ziliotto et al., 2004; Zanchi, 1981).

Tutte le funzioni elencate possono essere espletate in modo maggiore o minore, a seconda delle modalità di utilizzo del pascolo stesso.

Sicuramente la conformazione areale delle piste da sci, adibite a pascolo estivo, comporta un sovrappascolo puntuale.

L'impatto sul territorio generato dal pascolamento può essere mitigato attraverso una razionale gestione dei pascoli che consenta il mantenimento della cotica erbosa a un buon livello vegetativo, il contenimento dei fenomeni di degrado, l'adeguamento della produttività e, di conseguenza, l'appropriata funzione di conservazione del suolo.

L'eccessivo calpestio, legato a un carico troppo forte di animali al pascolo, può essere evitato mediante il ricorso a pratiche tipo il riposo pascolativo e il controllo del carico di bestiame in base alla produttività del pascolo.

A questo riguardo è utile la conoscenza degli indici di pascolamento attuale (Actual Stocking Rate, ASR) e di pascolamento sostenibile (Sustainable Stocking Rate, SSR), calcolati tenendo conto del tipo, del numero e delle caratteristiche fisiologiche dei capi e della durata del pascolo.

Un ulteriore strumento da utilizzare è il piano di pascolamento che fornisce indicazioni su carico di bestiame teorico, organizzazione della mandria, tempo di permanenza della mandria nei lotti di pascolo, disegno dei lotti, processione nell'utilizzo dei lotti (Gusmeroli, 2004; Ziliotto et al., 2004; Zanchi, 1981).

Le pratiche per una buona gestione dei pascoli prevedono, inoltre, la semina di specie miglioratrici, le concimazioni, il diserbo, l'irrigazione, la fertirrigazione (compreso il tracciamento di fosse livellari nel caso di alta erodibilità del suolo e morfologia a rischio).

Il pascolamento non dovrebbe essere esercitato nei periodi nei quali il suolo è troppo umido, poiché può essere maggiore l'effetto di riduzione della porosità.

Particolari attenzioni vanno dedicate ai punti d'acqua utilizzati per l'abbeverata del bestiame, in corrispondenza dei quali aumenta moltissimo il carico temporaneo degli animali, che, generalmente, compromette l'integrità del suolo.

Negli ultimi anni, in Italia, si è assistito ad una riduzione generale del patrimonio zootecnico e ad un incremento dell'attività di allevamento intensivo.

Le ripercussioni maggiori si sono avute sull'uso del territorio, per cui si sono create principalmente due distinte situazioni: prevalentemente nelle zone pianeggianti si

sono manifestati fenomeni di inquinamento ambientale dovuti alla necessità di smaltimento delle deiezioni animali su superfici spesso troppo limitate; in aree collinari e montane marginali si ricorre maggiormente all'utilizzo di aree a pascolo, limitato spesso a quelle di più facile accesso e meglio servite da infrastrutture e servizi, che è proprio il caso delle piste da sci.

In queste aree si sono spesso riscontrati carichi animali eccessivi e conseguenti fenomeni di degrado della vegetazione naturale, compattazione ed erosione dei suoli e, nelle aree più vulnerabili, di processi di desertificazione (Gusmeroli, 2004; Ziliotto et al., 2004; Zanchi, 1981).

2.2 Innevamento artificiale

2.2.1 Situazione attuale

L'innervamento artificiale presenta più problematiche di quanto si possa comunemente pensare. Se l'uso della neve programmata, fino a qualche anno fa, veniva considerato straordinario in senso sia spaziale che temporale, oggi non è più così. Soprattutto in conseguenza di un regime climatico sempre più mite, s'innevano sistematicamente per anticipare l'apertura e procrastinare il termine della stagione sciistica, così come s'innevano sistematicamente quei siti che per motivi microclimatici non sono favoriti dall'innervamento naturale. I deplianti turistici degli anni 60/70 riferivano la stagione invernale dall'8 dicembre al 30 marzo; attualmente, e spessissimo, la stagione viene anticipata di un mese e allungata di più di due; passando da 4 mesi a 6/7 mesi circa di neve sicura (Cainer, 2007).

Si preferisce innervare artificialmente anche perché la conformazione dei cristalli della neve artificiale è diversa da quella naturale e conferisce alla neve battuta una "resistenza" maggiore all'usura del passaggio degli sci.

Nelle Alpi un numero crescente di piste da sci è dotato di impianti di innervamento artificiale per far fronte alla diminuzione delle precipitazioni nevose, e alcuni comprensori sciistici sono in grado di innervare il 100% delle piste: sempre più spesso l'innervamento naturale è visto come un'integrazione della neve artificiale.

Questa tendenza è ormai generalizzata sia in ambito alpino che appenninico; fra l'altro, il primato nell'uso della neve programmata spetta proprio alla zona dolomitica,

dove circa il 70% delle piste possiede un impianto d'innevamento artificiale (Giacometti, 2001).

Leader assoluto per quanto riguarda l'innevamento artificiale nell'arco alpino è la provincia di Bolzano in Alto Adige, nella quale viene innevato oltre l'80% delle piste da sci (Istituto provinciale di statistica della Provincia Autonoma di Bolzano e Ufficio trasporti funiviari della Provincia Autonoma di Bolzano, 2004).

In generale in Italia su 4693 km di piste da sci da discesa, oltre il 60% è innevato artificialmente (Furlani e Ludovici, 2006).

Non solo l'aumento delle superfici innevabili è preoccupante, ma anche il fatto che gli impianti di innevamento si diffondano in aree sempre più vaste e ad altitudini particolarmente sensibili dal punto di vista ecologico. Questa tendenza segue coerentemente la strategia di molte aree sciistiche, volta ad un'espansione verso l'alto. Già oggi, alcuni ghiacciai vengono innevati artificialmente.

2.2.2 Effetti sul versante

Mentre la neve naturale trae la sua origine da un processo di sublimazione inversa (cioè da un passaggio diretto dallo stato di vapore allo stato solido) a carico del vapore d'acqua atmosferico a temperature vicine a 0° C., la neve artificiale è prodotta mediante il raffreddamento istantaneo d'acqua atomizzata; il processo non è quindi una sublimazione inversa, bensì una solidificazione, cioè una transizione da liquido a solido.

Ciò rende conto delle anomale caratteristiche nivologiche del manto artificiale.

L'alto contenuto in acqua liquida, circa il 15-20% rispetto al 7-10% della neve naturale fa sì che la neve artificiale pesi di più: circa 350-400 kg per metro cubo rispetto ai 70- 100 kg, della neve naturale (Umweltbundesamt Oesterreich, 1992).

La maggiore quantità d'acqua contenuta fa diminuire sensibilmente le caratteristiche di isolamento termico che la neve asciutta esercita fra suolo e atmosfera (l'acqua infatti possiede un'elevatissima conducibilità termica).

Il maggior peso e la mancanza di isolamento termico causano il congelamento del suolo con gravi conseguenze:

- la formazione di strati di ghiaccio impediscono il passaggio di ossigeno ed il permanere delle basse temperature anche a primavera inoltrata;

- la ridotta disponibilità di ossigeno provoca l'asfissia del sottostante manto vegetale, il quale è soggetto in seguito a morte e putrefazione;
- lo strato di ghiaccio ostacola lo scorrimento sottosuperficiale e l'infiltrazione in falda dell'acqua meteorica, a tutto vantaggio del deflusso superficiale, il quale è il principale responsabile dell'aumento delle portate di piena in caso di precipitazioni intense.

Inoltre il prolungamento dell'innevamento fino a stagione inoltrata provoca un ritardo dell'inizio dell'attività vegetativa, fino a 20-25 giorni rispetto alla media (Mosimann et al., 1991).

Tutti questi fattori possono essere di forte disturbo per la stabilità della cortina erbosa delle piste da sci. La sua degradazione prelude a una maggiore erodibilità dei pendii, poiché viene meno l'azione dissipativa esercitata nei confronti delle precipitazioni e la coesione determinata dalla presenza di sostanza organica e dall'azione legante delle radici.

Uno studio dell'Istituto federale Svizzero per lo studio della neve e delle valanghe (SNV), mostra che, sulle piste innevate artificialmente, in primavera si può manifestare un flusso d'acqua aggiuntivo di notevole portata. Nelle aree oggetto del test dello SNV, rispetto ad altre aree di riferimento non soggette ad interventi, la neve artificiale provocava in media un flusso d'acqua di oltre 360 litri al metro quadro, accentuando ulteriormente i problemi di scorrimento dell'acqua, comunque presenti sulle piste da sci a causa del forte costipamento del terreno. In condizioni sfavorevoli di terreno e vegetazione, come quelle che spesso si incontrano sulle piste da sci, si può manifestare localmente un aumento dell'erosione (Hahn, 2004).

Risulta quindi di estrema importanza realizzare delle opere per la difesa dei suoli che favoriscano il drenaggio delle acque superficiali (fondamentali in caso di scarso inerbimento) (Fig. 1.14). L'eventuale erosione del suolo può portare a un circolo vizioso in virtù del fatto che l'acqua, una volta incanalata, acquista velocità ed energia erosiva.



Figura 1.14 - Canaline varie ai bordi della pista da sci. (Bormio, impianto Vallecetta, 2005)

In primavera, si possono inoltre creare zone umide nei territori confinanti con le piste, ad esempio nelle foreste. Gli ecosistemi particolarmente sensibili, come le paludi o i biotopi umidi, vengono rapidamente distrutti dalle variazioni del bilancio idrico e sui pendii trasformati in zone umide aumenta il pericolo di frane.

Esiste inoltre un altro problema d'ordine ecologico in senso stretto, cioè secondo la valenza che il termine ecologia assume in ambito scientifico.

Nella maggior parte dei casi l'acqua utilizzata per la produzione della neve non è disponibile in quota, per cui si ricorre a sollevamento forzato da corpi idrici di fondovalle. L'acqua trasferita in quota tuttavia è ben più ricca d'elementi minerali rispetto all'acqua meteorica che irriga naturalmente i prati e i pascoli alto-alpini nel corso dell'anno, sicché l'ambiente d'alta quota viene a trovarsi modificato dal punto di vista edafico, cioè dell'approvvigionamento di sostanze nutritive da parte dei vegetali. La maggior disponibilità di queste, infatti, permetteranno l'introduzione progressiva, nell'ambito della fitocenosi, di specie più nemorali, cioè più esigenti, rispetto alle tradizionali abitatrici delle praterie alto-alpine, di carattere ben più frugale. Le nuove specie, oltre a trovarsi in ambienti inadatti rispetto al loro temperamento, presentano un minore sviluppo e una minore capacità esplorativa dell'apparato radicale rispetto alla flora endemica. Ciò rappresenta un'ulteriore causa di destabilizzazione dei pendii (Giacometti, 2001).

Infine, senza infrastrutture adeguate, non è possibile procedere all'innevamento. La posa di tubazioni per acqua, aria e corrente elettrica richiede opere edili (Fig. 1.15 e

Fig. 1.16), da effettuarsi con macchinari pesanti che danneggiano il suolo, la flora, la fauna, e il paesaggio. Gli ecosistemi montani sono delicati e maggiore è l'altitudine, alla quale si trova il cantiere, tanto più tempo occorrerà normalmente perché scompaiano i segni di disturbo. Possono passare anche vari decenni, prima che il suolo e la vegetazione si riprendano da tali interventi.



Figura 1.15 - Posa impianto d'innevamento artificiale nel comprensorio sciistico di Lagorai
Novembre 2010



Figura 1.16 - Posa impianto d'innevamento artificiale nel comprensorio sciistico di Lagorai
Novembre 2010

2.2.3 Gli additivi

Per produrre la neve artificiale, occorre nebulizzare finissime goccioline d'acqua con l'utilizzo di cannoni ad aria compressa: una parte dell'acqua evapora sottraendo calore all'ambiente circostante e di conseguenza le restanti goccioline si raffreddano, gelano e cadono al suolo sotto forma di cristalli di ghiaccio. Questo processo funziona con temperature dell'aria inferiori a -4°C , temperatura dell'acqua inferiore a $+2^{\circ}\text{C}$ e umidità dell'aria inferiore a 80% (Leicht, 1993). Nel caso in cui non si verificano tali condizioni, è necessario l'utilizzo di additivi (agenti di nucleazione) che influiscono sulla temperatura alla quale l'acqua ghiaccia.

L'agente di nucleazione svolge quindi un ruolo essenziale nel processo di trasformazione dell'acqua in ghiaccio.

Il principio di nucleazione sta alla base di questo cambiamento di stato. In teoria, per gelare, una goccia d'acqua deve raggiungere, prima, la propria temperatura di nucleazione. Allo stato naturale, esistono due tipi di nucleazione distinti, quello omogeneo e quello eterogeneo (Giacometti, 2001):

- **La nucleazione omogenea** - La nucleazione omogenea appare solo in condizioni molto specifiche, ad una temperatura inferiore a -40°C e senza l'influenza d'elementi estranei. È possibile, infatti, trovare acqua allo stato liquido fino a tale temperatura: si tratta del fenomeno di sopraffusione.

Nella nucleazione omogenea, infinite molecole d'acqua cambiano stato e diventano solide. Il nucleo così formato dà luogo al congelamento delle goccioline. Infatti, le molecole d'acqua, si attaccano al nucleo, detto anche "sito di congelamento" ad un determinato ritmo grazie al tasso di sprigionamento del calore latente.

Al processo di congelamento è, pertanto, legato un fenomeno di sprigionamento d'energia. Tale processo prosegue finché tutte le molecole non si siano "attaccate" e non abbiano formato un cristallo. Vi è, allora, nucleazione 'omogenea', senza l'influenza di un agente esterno. Tali condizioni si verificano raramente nell'ambiente circostante.

- **La nucleazione eterogenea** - La nucleazione eterogenea, invece, ha luogo senza sosta nel nostro ambiente circostante, a temperature superiori a -40°C ,

sotto l'azione di un elemento estraneo. Tale elemento svolge il ruolo di sito di congelamento per lanciare il processo di cristallizzazione.

La produzione di neve coltivata si basa sul principio della nucleazione eterogenea. Esistono naturalmente numerosi elementi che possono svolgere il ruolo di nucleatore. Tuttavia, ogni elemento possiede una temperatura di nucleazione diversa. Vi sono due categorie principali di nucleatori:

- a bassa temperatura, d'origine minerale;
- ad alta temperatura, d'origine organica.

La temperatura di nucleazione di tali nucleatori determina la temperatura di congelamento delle goccioline. Alcuni studi hanno dimostrato che, con acqua non trattata, il 95% delle goccioline gela a temperature molto diverse. Il punto medio di congelamento osservato è di $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Giacometti, 2001).

La presenza di un nucleatore ad alta temperatura fa aumentare il punto di congelamento delle goccioline d'acqua. L'aggiunta di additivi consente di far aumentare la temperatura di nucleazione fino a -3°C . L'acqua non gela, dunque, a 0°C come tutti pensano. La gocciolina d'acqua deve, prima, raggiungere la propria temperatura di nucleazione. A mano a mano che la gocciolina si raffredda, viene sprigionata dell'energia (una caloria per grammo d'acqua). Quando il cristallo si forma intorno al nucleatore, viene liberato un eccesso d'energia (80 calorie per grammo d'acqua) che fa salire la temperatura della gocciolina fino a 0°C . 0°C è il punto al quale l'acqua rimane congelata.

Il principio di fabbricazione di una neve di buona qualità consiste nel far congelare, nel modo più completo, il maggior numero possibile di goccioline d'acqua appena uscite dal cannone, prima che tocchino terra e vengano disperse mediante l'evaporazione. Le goccioline d'acqua trattate richiedono un livello di raffreddamento meno intenso per congelare, grazie all'azione dell'agente di nucleazione ad alta temperatura. Il congelamento è, pertanto, più completo e più rapido. Tuttavia, per garantire un congelamento ottimale, si devono avere uno o più agenti di nucleazione ad alta temperatura in ogni gocciolina d'acqua.

Per poter produrre neve anche con temperature elevate si è pensato di manipolare geneticamente il batterio *Pseudomonas syringae* per poi trapiantarlo in altri microrganismi, per esempio *Escheria coli*. Questi nuovi batteri manipolati geneticamente sono stati ulteriormente selezionati fino a raggiungere la capacità di formare nuclei di ghiaccio a temperature superiori allo 0 (Giacometti, 2001).

Questo procedimento, negli USA già impiegato negli anni Ottanta, è stato brevettato dal Parlamento europeo nel 1997. Tuttavia non è ancora stato chiarito se questi organismi manipolati geneticamente possano sviluppare conseguenze negative anche perché sperimentazioni specifiche non ne sono state fatte (ufficialmente).

Uno di questi prodotti è lo Snomax, nel quale non sono stati rinvenuti batteri di *Pseudomonas syringae*, ma specie di enterococchi e bacilli vivi, i quali rappresentano una possibile minaccia sanitaria. L'acqua, nebulizzata in minuscole goccioline per la produzione di neve, può penetrare nelle vie respiratorie, nelle falde dell'acqua potabile, ecc. Non sono state finora condotte ricerche sulle possibili conseguenze a medio-lungo termine dell'esposizione dell'uomo e dell'ambiente al contatto con questi microrganismi.

I prodotti di questo tipo avviano un processo di formazione del ghiaccio accelerato che inizia già a temperature superiori a 0° C. In conseguenza di ciò le piante congelano, o almeno subiscono danni considerevoli. Il danneggiamento delle piante può inoltre essere arrecato dagli additivi stessi, poiché i nuclei cristallizzati di *Pseudomonas syringae* hanno margini e spigoli molto taglienti (di questo ultimo eventuale danno ci può anche interessare relativamente perché il silenzio e riposo vegetativo in qualche maniera tutelano l'essenza bersagliata) (Giacometti, 2001).

2.2.4 Il consumo d'acqua

Il consumo d'acqua, ogni stagione, si aggira tra i 200 e i 600 litri per metro quadrato per l'innevamento di base e gli innevamenti successivi. Il consumo di acqua è massimo quando tutti i cannoni possono funzionare a massimo regime, ovvero quando si riscontrano delle temperature al di sotto dei -10 °C (Giacometti, 2001). A queste temperature la quantità di acqua presente in forma liquida è ancora minore. Se la temperatura dell'acqua attinta è troppo alta è necessario raffreddarla in speciali torri di raffreddamento (Fig. 1.17).



Figura 1.17 - Esempio di torri di raffreddamento - Cortina d'Ampezzo (BL)

Con un metro cubo di acqua si possono produrre in media da 2 a 2,5 metri cubi di neve; per l'innervamento di base di una pista da 1 ha occorrono almeno 1000 metri cubi di acqua, mentre gli innervamenti successivi richiedono un consumo nettamente superiore. La CIPRA (Commissione Internazionale per la Protezione delle Alpi) ha calcolato che per i 23.800 ha di piste innevabili delle Alpi occorrono ogni anno circa 95 milioni di metri cubi di acqua, pari al consumo annuo di una città con 1,5 milioni di abitanti (Hahn, 2004). È da tenere in particolare attenzione che l'acqua utilizzata viene attinta dalla rete idrica naturale e da quella potabile, eventualmente anche con la costruzione di bacini di raccolta appositi che garantiscono la disponibilità in breve tempo di grandi quantità di acqua nel periodo invernale (Fig. 1.18).



Figura 1.18 - Bacino di raccolta in località Vervei presso Cortina d'Ampezzo (BL)

Uno studio realizzato dal WWF Italia (Furlani e Ludovici, 2006) evidenzia come spesso vengano sfruttati gli acquedotti comunali per l'approvvigionamento idrico dei cannoni.

In Provincia di Bolzano, dove si innevano artificialmente 2/3 delle piste da sci, i consumi idrici aumentano: per alimentare i cannoni sono quasi triplicati in dodici anni, passando dai 2,2 milioni di metri cubi del 1996/1997 ai quasi 5,7 milioni del 2007/2008 (Fig. 1.19) (Agenzia provinciale di Bolzano per l'ambiente, 2012).

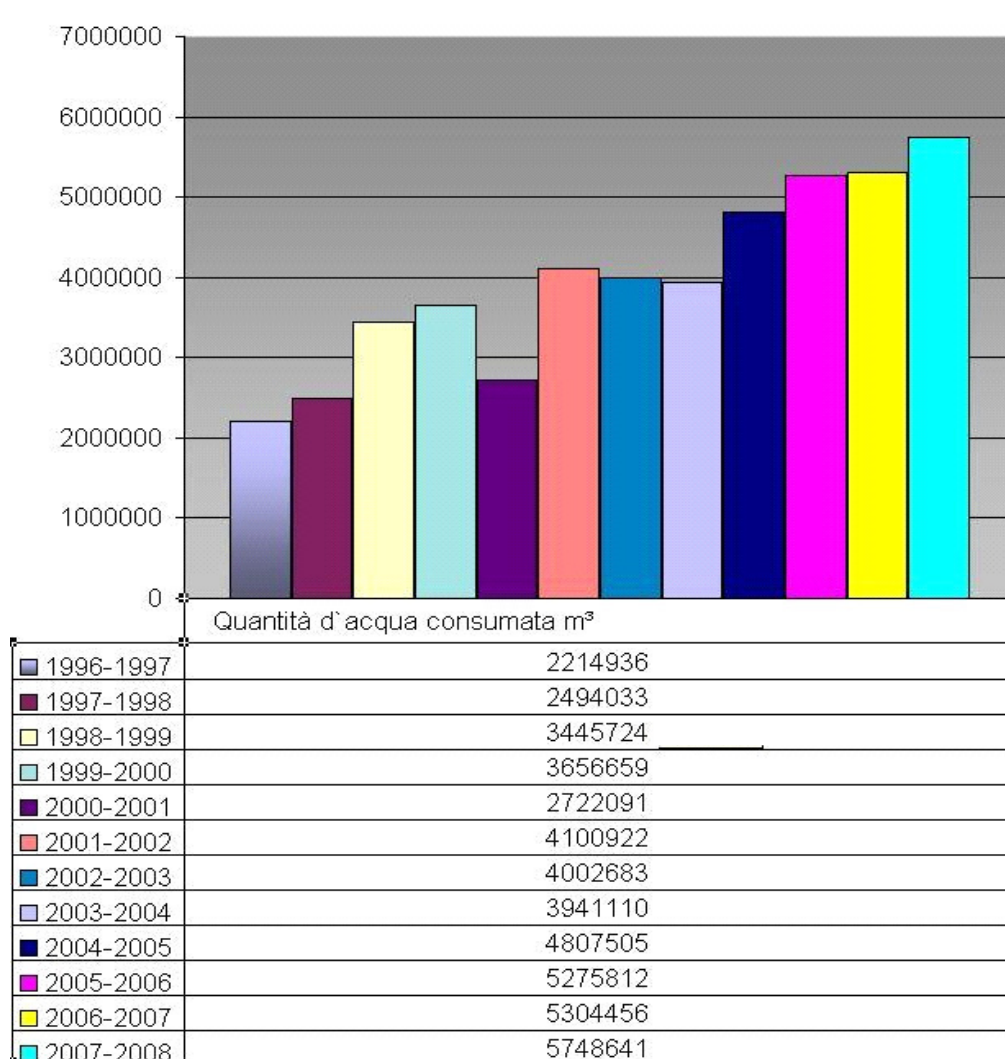


Figura 1.19 - Acqua consumata nelle varie stagioni sciistiche nella sola provincia di Bolzano

Questo trend è indipendente dalle condizioni nivo-meteorologiche locali testimoniando così come sia più importante avere a disposizione l'acqua in novembre e dicembre, quando viene preparato "il fondo" del manto nevoso, piuttosto che avere un inverno ricco di nevicate.

Ciò significa che, proprio in periodi di scarse quantità di scorrimento di acqua, vengono sottratte grandi quantità idrauliche al bilancio naturale. Le quantità d'acqua

residua, generalmente prescritte, sono talvolta insufficienti dal punto di vista limnologico (relativo alle caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche delle acque interne) e spesso non vengono rispettate (Doering e Hamberger, 1996). In taluni casi, può addirittura essere messa a rischio la fornitura di acqua potabile.

Il fenomeno non risparmia neppure le aree protette come il Parco nazionale dello Stelvio che, già impoverito dai prelievi idrici a scopo idroelettrico e dalla crisi dei ghiacciai, ospita attivi ed impattanti comprensori sciistici (Pirovano et al., 2003)

Le opere edili di supporto, spesso considerate un male temporaneo e necessario, producono alterazioni all'ecosistema montano difficilmente risanabili se non in tempi lunghissimi.

2.2.5 Il consumo energetico

Oltre all'acqua e all'aria, nella neve artificiale c'è anche una notevole quantità d'energia. Il consumo energetico dipende dal sistema tecnico prescelto, dall'ubicazione, dall'approvvigionamento d'acqua e dalle condizioni climatiche.

I sistemi di produzione di neve artificiale devono garantire la nebulizzazione dell'acqua in gocce di dimensioni adeguate e la loro espulsione ad una distanza tale che, con la ricaduta al suolo, siano in grado di solidificare completamente.

Attualmente esistono due tipi principali di sistemi per l'innevamento programmato:

1. *Sistema a bassa pressione.* Con questo sistema la nebulizzazione dell'acqua viene ottenuta mediante il passaggio attraverso una serie di ugelli di ridotto diametro, disposti in una o più corone concentriche. L'acqua è in pressione e la nebulizzazione viene favorita mediante una certa quantità d'aria compressa fornita da un piccolo compressore presente nel sistema. L'espulsione delle gocce è ottenuta mediante l'impiego di una grande ventola in grado di produrre una corrente d'aria sufficiente al trasporto delle gocce a grande distanza. A bassa pressione si lavora con pressioni che variano tra 4-6 bar per l'aria e 10/40 bar per l'acqua (Cainer, 2007);
2. *Sistema ad alta pressione.* La nebulizzazione dell'acqua è qui ottenuta mediante il passaggio attraverso un ugello di emissione di una miscela di acqua e di aria fortemente compressa. L'espansione dell'aria compressa alla pressione atmosferica determina un sensibile raffreddamento dell'acqua che permette di

produrre neve artificiale a temperature superiori rispetto al sistema a bassa pressione. Ad alta pressione con range per l'aria da 6-10 bar e per l'acqua da 10-18 bar (Cainer, 2007);

Meccanismi di controllo computerizzato garantiscono a questi sistemi la migliore resa produttiva in relazione a umidità, temperatura e velocità del vento.

La produzione di neve artificiale è quindi caratterizzata da un elevato costo energetico, perciò ogni tecnica economicamente vantaggiosa e che consenta la produzione di neve in un ampio intervallo di temperatura è di notevole interesse per l'industria dello sci.

In Francia, secondo un'inchiesta del Service d'Études et d'Aménagement Touristique de la Montagne SEATM (2002), durante la stagione 2001/02, il consumo d'energia per ettaro di pista innevata ammontava a 25'426 kWh (Hahn, 2004).

Se si applica questa cifra all'intero arco alpino, (23'800 ha di piste innevate), ne consegue un consumo energetico totale degli impianti di innevamento pari a 600 GWh, corrispondente all'incirca al consumo annuo di energia elettrica di 130'000 famiglie di quattro persone.

In Francia, il consumo di energia per metro cubo di neve artificiale durante la stagione 2001/02 ammontava in media a 3,48 kWh. Da un lato i nuovi modelli di cannoni da neve sono sempre più efficienti dal punto di vista dei consumi energetici e, dall'altro, i nuovi impianti e gli ampliamenti degli impianti di innevamento già esistenti attraversano una fase di boom (Hahn, 2004).

La potenza installata degli impianti di innevamento aumenta di conseguenza e, nel contempo, gli impianti sono in funzione con sempre maggiore frequenza (Fig. 1.20).



Figura 1.20 - Stazione di pompaggio del Piz Sella – Val Gardena - Dolomiti

Complessivamente, negli ultimi anni, il consumo di energia è cresciuto enormemente e, con i trend attuali, si prevede che continuerà ad incrementarsi. Per le centrali elettriche, tuttavia, gli impianti di innevamento si annoverano tra gli utenti meno vantaggiosi. Infatti, da un lato, essi sono in funzione nei mesi invernali, quando il fabbisogno di energia è generalmente alto, e dall'altro, l'acqua idonea alla produzione di corrente viene trasformata in neve per poi in ultima analisi ridiventare acqua di fusione in un periodo, in cui l'acqua sarebbe comunque disponibile in quantità sufficienti.

Infine è utile ricordare che tutte le operazioni di innevamento, sistemazione e battitura delle piste vengono effettuate nelle ore notturne, con conseguente ulteriore utilizzo di energia per illuminare il loro svolgimento (Fig. 1.21).



Figura 1.21 - Consumo energetico per illuminazione notturna per sistemazione piste - Cortina d'Ampezzo (BL)

2.3 Effetti sulla biodiversità

Le Alpi rappresentano un hot spot di biodiversità della massima rilevanza ecologica. Tra le attività antropiche che mettono a repentaglio la conservazione dell'ambiente alpino, lo sci rappresenta una minaccia spesso sottovalutata. Numerose ricerche hanno dimostrato come le attuali tecniche impiegate nella costruzione e gestione delle piste da sci possano provocare danni anche gravi alla biodiversità vegetale.

L'impatto dello sci sulla componente animale è stato meno indagato, anche se i risultati di alcune indagini del Dipartimento di Biologia Animale e dell'Uomo dell'Università degli studi di Torino (Negro e Rolando, 2007) hanno dimostrato che le piste dell'orizzonte subalpino inducono un effetto margine negativo sulle comunità ornitiche e causano una significativa riduzione dei micromammiferi e dei coleotteri carabidi brachitteri. Queste piste sono colonizzate da carabidi macrotteri e ragni, ma in misura significativamente minore rispetto ai pascoli di controllo. Le piste di alta quota sono povere di artropodi (carabidi e ragni) e sono inoltre sostanzialmente evitate dall'avifauna.

La costruzione delle piste da sci si configura sostanzialmente come un classico caso di perdita di habitat, con possibili, ulteriori effetti riconducibili alla frammentazione ambientale.

Trai fattori che si oppongono alla colonizzazione di questi ambienti, il grado di copertura erbacea è sicuramente il più significativo.

L'attività sciistica influisce negativamente sulla fauna la cui sopravvivenza, proprio in inverno, è legata alla ricerca di quiete e al risparmio di energie. L'innevamento artificiale costituisce un ulteriore fattore di disturbo, soprattutto durante la notte, principalmente a causa del rumore e della luce. Dalle indagini, svolte al Fellhorn in Germania, risulta che l'inizio dell'attività sciistica (a metà dicembre) provoca un improvviso cambiamento nella scelta degli habitat e nelle attività diurne dei tetraonidi (gallo cedrone, fagiano di monte, pernice bianca e francolino di monte), ma anche di altri animali selvatici. Gli allocchi, le civette caporosso e le civette nane hanno completamente abbandonato i propri habitat oltre i 1'500 m di altitudine, influenzati dall'innevamento, ma anche le lepri, i camosci, i cervi e i caprioli evitano di avvicinarsi agli impianti di innevamento in funzione.

I serbatoi dell'acqua per l'innevamento, a causa delle forti variazioni del livello dell'acqua, possono inoltre diventare delle trappole per gli anfibi. Il prelievo dell'acqua dai torrenti ne può danneggiare l'ecosistema, soprattutto laddove non sia più garantita la permanenza di determinate quantità d'acqua residua.

La luce e il rumore degli impianti di innevamento, soprattutto nelle ore notturne, possono essere molto molesti per gli animali. Se disturbati, gli animali si ritirano sempre più nelle foreste, provocando un maggior numero di danni da morsicatura agli alberi giovani (Negro e Rolando, 2007).

Gli impianti ad alta pressione sono normalmente più rumorosi rispetto agli impianti a bassa pressione. Il livello sonoro di un cannone a elica scarsamente rumoroso ammonta lateralmente a 92 dB e davanti e dietro a 94 dB (Ufficio bavarese per la protezione dell'ambiente, 2001). Da una serie di misurazioni delle emissioni sonore dei cannoni da neve, effettuate nella Stiria (Austria) nel 2009, è emerso un livello sonoro tra i 76 e i 95 dB a 50 m davanti al cannone, per quanto riguarda i cannoni ad alta pressione, e un livello oscillante tra i 58 e i 70 dB per i cannoni a bassa pressione.

Si riportano valori di confronto: un'automobile 70 dB, forte traffico automobilistico 80 dB, un camion 90 dB. Nei sistemi ad alta pressione, le emissioni sonore possono raggiungere punte massime di 115 dB, più di un martello pneumatico.

Le ulteriori fonti di rumore possono essere rappresentate dalle pompe e dagli impianti di raffreddamento.

Secondo l'ufficio bavarese per la protezione dell'ambiente (2000), la fascia di pertinenza dell'inquinamento acustico è fino a sei volte maggiore della superficie innevata.

L'impatto negativo delle piste da sci sulla biodiversità alpina è particolarmente allarmante quando si consideri che il loro sviluppo lineare sulle Alpi è di alcune migliaia di chilometri e che, in virtù della rilevanza socio-economica dell'industria turistica invernale, la costruzione di nuovi impianti è tuttora in atto.

2.4 Impatto paesaggistico

Paesaggio, con questo termine si "designa una determinata parte di territorio, così come è percepita dalle popolazioni, il cui carattere deriva dall'azione di fattori naturali e/o umani e dalle loro interrelazioni" (Convenzione Europea del Paesaggio, 2000).

Da tale definizione discende:

- l'importanza della percezione del paesaggio da parte degli abitanti del luogo e da parte dei suoi fruitori;
- i caratteri identificativi del luogo sono determinati da fattori naturali e/o culturali, ossia antropici: il paesaggio è visto in evoluzione nel tempo, per effetto di forze naturali e/o per l'azione dell'uomo;
- il paesaggio forma un insieme unico interrelato di elementi naturali e culturali, che vanno considerati simultaneamente.

Emerge chiaramente l'estrema complessità del paesaggio, che deve essere letto come unione inscindibile di molteplici aspetti: naturali, antropico-culturali, percettivi: "La caratterizzazione di un paesaggio è determinata oltre che dagli elementi in sé (climatico-fisici-morfologici, biologici, storico-formali) dalla loro reciproca correlazione nel tempo e nello spazio, ossia dal fattore ecologico. Il paesaggio risulta quindi dalla interazione tra fattori fisico-biologici e attività umane, viste come parte integrante del processo di costruzione storica dell'ambiente e può essere definito la complessa combinazione di oggetti e fenomeni legati tra loro da mutui rapporti funzionali, oltre che da posizioni, sì da costituire un'unità organica" (Calzolari, 1969).

Occupandoci di interventi di modificazione del paesaggio, si ritiene utile evidenziare i diversi approcci attraverso i quali viene letto ed interpretato. L'esame delle sue componenti permette di comprendere in maniera più completa le necessità di tutela e salvaguardia.

Le analisi e le indagini, volte ad approfondire il valore degli elementi caratterizzanti il paesaggio e ad individuarne i punti di debolezza e di forza, diventano necessari presupposti per una progettazione maggiormente consapevole e qualificata (D.G.R. n. 21-9251 del 2003 Regione Piemonte).

Di seguito schematizziamo le componenti fondative del paesaggio:



Come visto in precedenza sono molteplici gli interventi da eseguire per la creazione e/o ampliamento di piste sciistiche. Gli interventi possono comportare: movimenti di terra e modifiche della morfologia dei luoghi, abbattimento della vegetazione boschiva e/o utilizzo delle zone prative, realizzazione dell'arrivo pista con parcheggi per le autovetture in prossimità; realizzazione di seggiovia, funivia, ovovia, con opere accessorie, posa di cavi elettrici per l'alimentazione degli impianti, realizzazione di edifici di servizio, realizzazione di opere di protezione da fenomeni valanghivi. La

realizzazione di impianti per l'innevamento artificiale comportano: prelievo d'acqua da corpi idrici, formazione di bacini idrici, opere di convogliamento delle acque, posa di condutture interrate ed edifici accessori.

Tutti gli interventi atti alla realizzazione di impianti sciistici vengono generalmente realizzati in paesaggi con spiccate caratteristiche di naturalità e pertanto hanno un accentuato impatto visivo, specialmente se non adeguatamente mitigato.

Avendo già approfondito l'impatto delle piste da sci sulla "componente naturale" (in quanto argomento principale del presente studio), in questo paragrafo vengono discussi gli impatti sulle altre due componenti del paesaggio.

A riguardo della "componente antropico-culturale", quando viene realizzato un intervento, raramente viene presa in considerazione le peculiarità storico culturali delle valli interessate, così come della percezione sociale del paesaggio, del senso di appartenenza, del radicamento ai luoghi, della loro identificabilità e riconoscibilità.

Non sempre, per quanto riguarda la progettazione di fabbricati di servizio connessi all'impianto di risalita, viene mantenuta la coerenza tipologica ed edilizia rispetto al contesto storico-architettonico nel quale l'intervento si va a collocare; il rispetto delle tipologie locali e tradizionali, l'utilizzo di materiali e forme compositive dei volumi appropriate. Spesso si tende anche a tralasciare la salvaguardia della diversità paesistica, con riferimento agli ambienti coltivati e naturali, la conservazione per quanto possibile di elementi minori di costruzione del paesaggio che testimoniano l'uso storico del territorio (D.G.R. n. 21-9251 del 2003 Regione Piemonte).

Relativamente alla "componente percettiva" spesso non vengono rispettati tutti gli accorgimenti necessari alla mitigazione dell'opera che prevede un disegno complessivo del paesaggio, all'interno del quale integrare l'intervento che determina alterazioni poco controllabili dal punto di vista paesistico, per la geometria dei tracciati o l'emergenza di piloni ed altre infrastrutture.

Uno studio approfondito sull'impatto "percettivo" dell'opera dovrebbe :

- verificare se la localizzazione proposta è aperta ad ampie visuali, qual'è la visibilità dell'intervento dal versante opposto e dai principali punti panoramici e/o percorsi di fruizione;
- controllare che l'eliminazione di vegetazione boschiva e/o la rettifica dei bordi del bosco non determini la linearizzazione della percezione visiva dei versanti a discapito della naturalità dell'inserimento;

- appurare che le zone di partenza per l'utilizzo del bacino sciabile non siano eccessivamente impattanti con particolare attenzione alla definizione e alla mitigazione degli spazi di servizio e di sosta per le autovetture;
- accertare che la progettazione di bacini idrici per l'innevamento artificiale e la realizzazione di opere accessorie quali captazioni, condotte ecc., abbiano un oculato inserimento nel contesto; che gli invasi abbiano forme non troppo artificiali e geometriche, richiamando per quanto possibile un paesaggio naturale; privilegiando la loro collocazione in prossimità di zone coltivate o parzialmente antropizzate piuttosto che in contesti ancora intatti;
- prevedere il contenimento dell'altezza dei sostegni degli impianti e di tutte le strutture in elevazione, soprattutto se risultano inserite in ambiti aperti ad ampie visuali, dove modifiche anche minime hanno un consistente impatto visivo;
- prevedere l'interramento di tutte le tubazioni e delle linee elettriche di alimentazione a servizio degli impianti per ridurre l'impatto visivo (D.G.R. n. 21-9251 del 2003 Regione Piemonte).

3 Normativa

3.1 La valutazione dell'impatto ambientale negli impianti sciistici

La valutazione dell'impatto ambientale consiste nel giudizio complessivo di compatibilità delle opere e degli interventi oggetto della valutazione stessa con le modificazioni dell'ambiente, i processi di trasformazione di questo e l'uso delle risorse, che potrebbero derivare dalla loro realizzazione. Essa costituisce una procedura tecnico-amministrativa volta alla formulazione di un giudizio di ammissibilità sugli effetti che una determinata azione avrà sull'ambiente globale inteso come l'insieme delle attività umane e delle risorse naturali (Vismara, 2001). L'impatto ambientale può anche essere definito come qualsiasi creazione di nuove condizioni ambientali o alterazione di quelle preesistenti, favorevoli o sfavorevoli, causate o indotte da interventi realizzati nell'ambiente, intendendo per quest'ultimo non solo le risorse fondamentali ma anche l'insieme delle attività umane che vengono svolte nel comprensorio in esame (Direttiva CEE n. 85/337 del 27 giugno 1985).

La Valutazione di Impatto Ambientale (V.I.A.) è uno strumento che garantisce il raggiungimento di elevati livelli di tutela e qualità dell'ambiente attraverso l'analisi e la valutazione preliminare ed integrata delle possibili conseguenze sull'ambiente della realizzazione di progetti relativi ad opere ed interventi pubblici e privati. Fondamentale nella politica ambientale poiché subordina la realizzazione di detti progetti alla valutazione preventiva dei loro effetti sull'ambiente. Globale poiché considera gli effetti su ogni aspetto dell'ambiente (emissioni solide, liquide, gassose, inquinamento acustico, impatto visivo, effetti sulla flora e sulla fauna, effetti sul traffico ecc.).

Scopi e vantaggi della valutazione di impatto ambientale sono:

- la valutazione della soluzione scelta fra un set di interventi possibili;
- miglioramento della qualità dell'ambiente e della vita attraverso:
 - la valutazione preventiva degli effetti ambientali che potrebbe provocare un determinato intervento;
 - la progettazione tempestiva di interventi di prevenzione per quanto riguarda gli effetti negativi;
- miglioramento del rapporto tra Pubblica Amministrazione, soggetti proponenti e cittadini, grazie ad una logica di interazione e partecipazione;
- miglioramento del funzionamento della Pubblica Amministrazione, grazie ad una razionale assegnazione delle competenze e ad una riduzione delle procedure di autorizzazione.

A livello internazionale si comincia a parlare di V.I.A. prima nella Convenzione di Espoo del 25.02.1991 e poi nella Convenzione di Aarhus 25.06.1998 (ratificata con Legge del 16 marzo 2001, n. 108); si tratta di convenzioni sull'accesso alle informazioni, la partecipazione del pubblico ai processi decisionali e l'accesso alla giustizia in materia ambientale.

A livello di Comunità Europea la V.I.A. viene introdotta con la Direttiva 85/337/CEE (direttiva del Consiglio concernente la valutazione dell'impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati) e successivamente con la Direttiva 97/11/CE (a modifica della precedente).

Con la Direttiva 97/11/CE vengono introdotti i concetti relativi a 2 fasi importanti nella procedura di V.I.A.:

- **Screening** (o verifica): è la fase di selezione, dove bisogna decidere se il progetto compreso nell'Allegato II della Direttiva 85/337/CEE, va sottoposto a VIA;

- *Scoping*: fase di specificazione a monte della relazione del S.I.A. (Studio di impatto ambientale), non obbligatoria, relazione in cui si definiscono nei dettagli i contenuti del S.I.A..

Inoltre, vengono sostituiti gli allegati I e II della Direttiva 85/337/CEE con 4 nuovi allegati I-IV di cui l'I e il II sono relativi alle categorie progettuali, il III ai criteri di selezione e il IV ai contenuti.

Nel suddetto allegato II, relativamente alle categorie progettuali, al numero 12 (turismo e svaghi) lettera a) troviamo: Piste da sci, impianti di risalita, funivie e strutture connesse. Quindi questi interventi devono essere sottoposti a V.I.A..

A livello nazionale, sono intervenute negli anni numerose leggi riguardanti l'argomento della valutazione dell'impatto ambientale: Legge 349/86 (Istituzione del Ministero dell'Ambiente e norme in materia di danno ambientale); DPCM 377/88 (Regolamentazione delle pronunce di compatibilità ambientale di cui all'art. 6 della legge 349/86); DPCM 27.12.1988: (Norme tecniche per la redazione e la formazione del giudizio di compatibilità ambientale di cui all'art. 6 della legge 349/86); D.lgs 152/2006 ("Codice Ambiente" che integra i due DPCM nel recepimento delle direttive); D.lgs 04/2008 ("Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del D.lgs 152/06 recante norme in materia ambientale"); D.lgs 128/2010 ("Modifiche ed integrazioni al decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale, a norma dell'articolo 12 della legge 18 giugno 2009, n. 69").

Attualmente, in Italia, si presentano due livelli di procedura V.I.A.:

- a livello nazionale: per opere a rilevante impatto e/o di interesse nazionale, l'Autorità competente è il Ministero dell'Ambiente;
- a livello regionale: per opere/interventi di minore rilevanza, l'Autorità competente è rappresentata dalle Regioni e dalle Province Autonome.

Con il DPCM 377/88 vengono emanate le norme tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale e la formulazione del giudizio di compatibilità di cui all'art. 6, Legge 8 luglio 1986, n. 349, adottate ai sensi dell'art. 3 del D.P.C.M. 10 agosto 1988, n. 377 e si disciplinano tutte le opere dell'Allegato I della Direttiva 85/337/CEE e si amplia l'elenco delle categorie degli interventi da sottoporre a V.I.A.

L'Italia recepisce l'Allegato II (elenco progetti oggetto di una valutazione a discrezione dello Stato membro) della Direttiva 85/337/CEE con Legge 146 del 22 febbraio 1994 (disposizioni per l'adempimento di obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia alle Comunità europee – legge comunitaria 1993) e con D.P.R. 12 aprile

1996 (atto di indirizzo e coordinamento per l'attuazione dell'art. 40 comma 1, della legge 146 del 22 febbraio 1994, concernente disposizioni in materia di valutazione di impatto ambientale).

Il recepimento dell'Allegato I (categorie progettuali che necessitano di V.I.A. obbligatoria) della Direttiva 97/11/CE, invece avviene con D.P.R. 11.02.98 (disposizioni integrative al DPCM 377/88, in materia di disciplina delle procedure di compatibilità ambientale, di cui alla legge 8 luglio 1986, n°349, art. 6) e con D.P.R. 348 del 2 settembre 1999 (regolamento recante norme tecniche concernenti gli studi di impatto ambientale per talune categorie di opere).

Il D.LGS 152/2006 "Codice Ambiente" è un importante tappa dell'evoluzione della normativa italiana riguardante la V.I.A. perché:

- recepisce la Direttiva CE 2001/42 (sulla VAS) e completa il recepimento delle Direttive 88/377 e 97/11;
- definisce la VAS "valutazione ambientale strategica" anche per piani e programmi;
- stabilisce che la fase progettuale su cui applicare la V.I.A. è quella del preliminare;
- determina le categorie progettuali in funzione dell'Ente preposto al rilascio delle autorizzazioni per la realizzazione dell'opera o all'esercizio: sono sottoposte a V.I.A. statale le opere autorizzate da organi dello Stato e a V.I.A. regionale o provinciale le opere autorizzate da ciascuno dei due organi. La classificazione delle categorie non è più incentrata sulla presumibile importanza degli impatti.

Successivamente con D.lgs 04/08, in vigore dal 13 febbraio 2008 è stato modificato ed integrato il D.lgs 152/06 "Codice Ambiente".

Infine con D.lgs 128/2010 è stato modificato per la seconda volta il D.lgs 152/06. La principale modifica riguarda il campo di applicazione della V.I.A. che deve rispondere al doppio requisito di significatività e negatività dell'impatto. Scopo della V.I.A. è: individuare gli effetti sull'ambiente di un determinato progetto e raggiungere soluzioni migliori per garantire la compatibilità dell'intervento.

A livello regionale, per quanto riguarda il Veneto, la normativa sulla valutazione dell'impatto ambientale nasce con la Legge Regionale n. 10 del 26 Marzo 1999 e s.m.i. (Disciplina dei contenuti e delle procedure di valutazione d'impatto ambientale).

La normativa regionale prescrive che gli impianti sciistici, non ricadenti anche parzialmente all'interno di aree naturali protette, devono essere assoggettati alla procedura di V.I.A. (Allegato A1-bis lettere *h-bis* e *h-ter*), qualora si tratti di:

- impianti meccanici di risalita, escluse le sciovie e le monofuni a collegamento permanente aventi lunghezza inclinata non superiore a 500 metri, con portata oraria massima superiore a 2200 persone (Il limite di «2200 persone» è stato fissato dall'art. 6, comma 1, della L.R. n. 27/2002, in precedenza era «1500 persone»);
- piste da sci da discesa con lunghezza superiore a 2.000 metri o superficie superiore a 5 ha (Le parole «da discesa con lunghezza superiore a 2.000 metri o superficie superiore a 5 ha» sono state aggiunte dall'art. 6, comma 2, della L.R. n. 27/2002).

La normativa regionale prescrive invece che gli impianti sciistici, ricadenti anche parzialmente all'interno di aree naturali protette, devono essere assoggettati alla procedura di V.I.A. (Allegato B2 – n. 7 Progetti di infrastrutture - lettera *m*), qualora si tratti di:

- impianti meccanici di risalita, escluse le sciovie e le monofuni a collegamento permanente aventi lunghezza inclinata non superiore a 500 metri, con portata oraria massima superiore a 900 persone.

Il comma 1 dell'articolo 4 della L.R. n. 10/99, prescrive che l'autorità competente per le procedure di V.I.A. è la Regione solo se, i progetti dei predetti impianti sciistici, interessano il territorio di due o più province o se presentano impatti interregionali e/o transfrontalieri.

Il comma 2 del medesimo articolo, prescrive invece, che l'autorità competente per le procedure di V.I.A. è la Provincia se i progetti interessano il territorio di una sola provincia e se non presentano impatti interregionali o transfrontalieri.

La procedura di V.I.A. non si applica solo per i nuovi progetti di impianti sciistici ma anche per progetti di variante, qualora la variante comporti un incremento di capacità produttiva o di dimensioni originarie superiore al venticinque per cento; la procedura di V.I.A. si applica inoltre qualora la sommatoria di successivi incrementi superi la suddetta percentuale (art. 3 comma 1 lettera e).

Per quanto riguarda la regione Trentino Alto Adige la procedura di V.I.A., essendo una regione a statuto speciale, è demandata alle singole province autonome.

La provincia di Trento ha adottato la V.I.A. con Legge provinciale 29 agosto 1988, n. 28 (Disciplina della valutazione dell'impatto ambientale e ulteriori norme di tutela dell'ambiente). La valutazione dell'impatto ambientale è effettuata dalla Giunta provinciale (art. 6).

La colonna 2 dell'allegato A del Decreto del Presidente della Giunta Provinciale 22 novembre 1989, n. 13-11/Leg., prescrive le soglie limite per assoggettare le opere a procedura di verifica per la V.I.A..

Alla lettera 12 a) troviamo le soglie limite, oltre la quale entra in funzione la verifica per la V.I.A., per gli impianti di risalita, funivie bifuni e strutture connesse, (escluse le sciovie e le monofuni a collegamento permanente aventi lunghezza inclinata non superiore a 500 m), che sono:

- con portata oraria massima, richiesta ai fini della concessione, superiore a 1800 persone per i nuovi tracciati,
- sostituzione sullo stesso tracciato di impianti, esistenti o autorizzati alla data di entrata in vigore del presente allegato, con impianti che superano la portata oraria, richiesta ai fini della concessione, di 2200 persone.

Per le nuove piste da sci con lunghezza superiore a 2 km o con superficie superiore a 5 ha è obbligatoria la verifica per la V.I.A..

La procedura di V.I.A. inizia qualora lo richieda l'esito della procedura di verifica, oppure qualora ricadano, anche parzialmente, all'interno delle aree naturali protette.

Per i progetti di impianti, opere o interventi elencati nelle colonne 1 e 2 dell'allegato A ricadenti, anche parzialmente, all'interno delle aree naturali protette, le soglie dimensionali - ove previste - sono ridotte del cinquanta per cento (art. 2 del D.P.G.P 13-11/89)).

Sono inoltre sottoposti alla procedura di V.I.A.:

- i progetti riguardanti ampliamenti o modifiche a impianti, opere o interventi esistenti, qualora da essi derivi complessivamente un impianto, opera o intervento rientrante nelle tipologie di progetto e nelle relative soglie dimensionali previste dai commi 1 e 2 e purché lo richieda l'esito della procedura di verifica;
- i progetti riguardanti ampliamenti o modifiche sostanziali a impianti, opere o interventi già autorizzati o realizzati o in fase di realizzazione, che siano compresi nelle tipologie di progetto e nelle relative soglie dimensionali previste dalle colonne 1 e 2 dell'allegato A, qualora lo richieda l'esito della procedura di verifica.

La provincia di Bolzano ha adottato la V.I.A. con Legge provinciale 24 luglio 1998, n. 7, sostituita poi con la Legge provinciale 5 aprile 2007, n. 2 - valutazione ambientale per piani e progetti. La valutazione dell'impatto ambientale è effettuata dalla Giunta provinciale su parere conforme del Comitato ambientale che è un organo tecnico consultivo (art. 3).

Il comma 1 dell'art. 12 della suddetta legge prescrive che i progetti di opere che per la loro natura, le loro dimensioni o la loro ubicazione esercitano un notevole impatto ambientale e, in quanto tali, sono sottoposti a valutazione di impatto ambientale, sono elencati negli allegati C e D.

Il comma 2 del medesimo articolo recita che la procedura di V.I.A. si applica altresì in caso di ampliamento delle opere di cui al comma 1 quando il singolo ampliamento o la somma degli ampliamenti effettuati negli ultimi cinque anni, compreso l'attuale, a parere del presidente del comitato ambientale potrebbe avere un notevole impatto ambientale. In particolare, per ciascuna attività per la quale gli allegati C o D indicano valori di soglia, si applica la procedura di V.I.A. quando gli ampliamenti superano il 50 per cento della soglia limite oppure, per progetti ricadenti nelle aree protette, il 30 per cento della soglia limite.

Nell'allegato D, che contiene l'elenco dei progetti da sottoporre a valutazione dell'impatto ambientale al numero 13) Turismo e svaghi, troviamo i seguenti progetti e soglie:

- a) costruzione di nuove piste da sci da discesa con lunghezza superiore a 2.000 m o superficie superiore a 5 ha;
- b) modifiche o estensioni di piste da sci da discesa o la somma delle modifiche o estensioni di piste da sci da discesa degli ultimi cinque anni, comprese l'attuale richiesta: con lunghezza superiore a 1200 m o superficie superiore a 3 ha;
- c) impianti di risalita o funivie e strutture connesse: portata oraria massima superiore a 2.200 persone/ora.

3.2 Leggi nazionali, regionali e delle Province autonome relative agli impianti sciistici

La Legge nazionale 24 dicembre 2003, n. 363, "Norme in materia di sicurezza nella pratica degli sport invernali da discesa e da fondo", detta le disposizioni in materia di sicurezza nella pratica non agonistica degli sport invernali da discesa e da fondo,

compresi i principi fondamentali per la gestione in sicurezza delle aree sciabili, favorendo lo sviluppo delle attività economiche nelle località montane, nel quadro di una crescente attenzione per la tutela dell'ambiente. Questa legge, di carattere generale, definisce la gestione delle aree sciabili attrezzate e le norme di comportamento che gli utenti devono tenere al loro interno.

La Regione Veneto ha legiferato sugli impianti sciistici con Legge regionale 21 novembre 2008, n. 21 "Disciplina degli impianti a fune adibiti a servizio pubblico di trasporto, delle piste e dei sistemi di innevamento programmato e della sicurezza nella pratica degli sport sulla neve". L'art. 3, della predetta Legge, prevede che siano di competenza della Provincia (con riferimento agli impianti ed alle piste che si estendono sul territorio di una sola provincia), le seguenti funzioni:

- la concessione di linea, l'autorizzazione alla realizzazione e l'autorizzazione all'apertura al pubblico esercizio degli impianti;
- l'autorizzazione alla realizzazione e l'autorizzazione all'apertura al pubblico esercizio delle piste;
- l'autorizzazione alla realizzazione dei sistemi di innevamento programmato;
- l'autorizzazione alla realizzazione delle infrastrutture complementari ed accessorie agli impianti, alle piste ed ai sistemi di innevamento programmato;
- l'autorizzazione paesaggistica e l'adozione dei provvedimenti di vigilanza, cautelari e sanzionatori;
- la modifica, la sospensione, la decadenza, il trasferimento ed il rinnovo delle concessioni e delle autorizzazioni;
- la costituzione coattiva delle servitù di impianto e di pista.

Con riferimento agli impianti ed alle piste che si estendono sul territorio di più province, le suddette funzioni spettano alla provincia nel cui territorio ricadono in maniera prevalente gli impianti e le piste.

L'art. 4 prescrive che sono di competenza dei Comuni l'adozione di provvedimenti urgenti di sospensione dell'esercizio di impianti e di piste, l'adozione di ordinanze contenenti prescrizioni integrative per il corretto utilizzo delle piste e la vigilanza in materia di sicurezza e l'applicazione delle sanzioni amministrative previste.

Sono invece di competenza dell'Agenzia regionale per la prevenzione e protezione ambientale del Veneto (ARPAV), la dichiarazione sulla situazione valanghiva, la verifica delle relative opere di difesa dal pericolo di valanghe e la vigilanza sull'attuazione delle misure di difesa dal pericolo di valanghe.

La Legge regionale 21/08, art. 7, introduce inoltre il nuovo piano regionale neve (PRN) che costituisce lo strumento di pianificazione del sistema impiantistico funiviario e sciistico regionale rappresentando il documento politico programmatico che definisce gli interventi per la razionalizzazione degli impianti e delle piste da sci e delle strutture connesse.

L'art. 14, infine, è molto importante per questo studio, perché conferisce al soggetto autorizzato le seguenti facoltà di intervento sul versante:

- per gli impianti:
 - eseguire le opere di scavo, sbancamento, livellamento, bonifica, disboscamento, taglio alberi e rami necessarie per l'esercizio di linea in conformità al progetto approvato;
 - realizzare i sentieri ed accessi per la sicurezza dell'impianto, le opere di difesa, le stazioni di partenza, di arrivo, i sostegni di linea, gli spazi ad uso dell'impianto e le necessarie linee e condutture interrate;
 - usare il terreno e i relativi accessi per le operazioni di apprestamento e manutenzione della linea, impedendo ogni attività pregiudizievole all'esercizio e sicurezza della stessa;
- per le piste:
 - eseguire le opere di scavo, sbancamento, livellamento, bonifica, disboscamento, taglio alberi e rami necessari per l'esercizio della pista in conformità al progetto approvato, nonché apporre ai margini della pista gli opportuni cartelli indicatori e ogni altro apprestamento di sicurezza;
 - realizzare spazi per l'accumulo della neve, l'installazione e l'uso di condutture per acqua, aria, energia elettrica con relative stazioni di utilizzazione per la produzione di neve, nonché eseguire le opere di manutenzione ordinaria, anche fuori stagione, quali risemina, cura del fondo, sfalcio manutentivo con eventuale riserva di fienagione al proprietario del fondo;
 - usare il terreno per il passaggio degli utenti e la manutenzione del manto durante la stagione sciistica, inibendo a chiunque, salvo i soggetti legittimati ai sensi della presente legge, nel corso dell'esercizio e durante i lavori di manutenzione, battitura e riassetto, l'accesso alla pista ed impedendo ogni altra attività pregiudizievole al regolare utilizzo della stessa;
 - per i sistemi di innevamento programmato: usare le aree necessarie alla realizzazione e all'utilizzo della sala macchine, dei bacini di accumulo e di ogni

altro manufatto relativo ai sistemi per la produzione della neve, consentendo il passaggio delle tubazioni di pertinenza comprensive dei relativi pozzetti con diritto di accedere ai fondi serventi per le fasi di montaggio, regolazione ed eventuali manutenzioni.

La provincia autonoma di Trento ha legiferato sugli impianti sciistici con Legge provinciale del 21 aprile 1987, n. 7 (e s.m.i.) "Disciplina delle linee funiviarie in servizio pubblico e delle piste da sci". L'art. 34 prescrive che l'apprestamento delle piste da sci è soggetto ad autorizzazione della Giunta provinciale. L'autorizzazione viene rilasciata dietro presentazione al servizio competente in materia di turismo di apposita domanda corredata del progetto esecutivo della pista, dell'indicazione delle servitù di cui si chiede la costituzione coattiva e di una relazione illustrativa, secondo quanto stabilito dal regolamento di esecuzione.

La servitù di pista è regolamentata dall'art. 43; tale articolo prevede che il richiedente di un autorizzazione o il titolare della stessa possa ottenere in via coattiva la titolarità di servitù di pista. La servitù di pista conferisce il diritto di:

- eseguire sul terreno le opere di sbancamento, livellamento, bonifica, taglio di alberi e asportazione di ostacoli, stabilite nel progetto approvato o prescritte successivamente dai Servizi o Uffici;
- apporre l'opportuna segnaletica ed ogni altro apprestamento di sicurezza;
- disporre liberamente del terreno per il passaggio degli sciatori e per la manutenzione del manto nevoso durante il normale periodo di innevamento;
- inibire a chiunque, nel periodo di innevamento, nonché durante i lavori di manutenzione, preparazione e riassetto delle piste, l'accesso all'area sciabile e impedire altresì qualsiasi attività comunque pregiudizievole al regolare esercizio della pista; procedere, durante il periodo di non innevamento, alla sistemazione dei terreni comunque interessati dalla pista e dalle sue pertinenze al fine di evitare fenomeni di erosione; il titolare della servitù deve poter curare la permanente copertura vegetativa, con periodici controlli ed interventi manutentivi, al fine di garantire la perfetta efficienza del piano della pista delle scarpate, delle eventuali opere artificiali, nonché dei drenaggi, condutture, tombini, canalette e fossati per la captazione, deviazione, dispersione o razionale accompagnamento delle acque profonde e superficiali;
- accedere alla pista a piedi e con i veicoli necessari per l'esecuzione delle opere previste nel presente articolo.

Sempre il medesimo articolo prescrive che il proprietario del terreno non può impedire od ostacolare l'uso della servitù mentre il titolare di essa non può aggravare la servitù medesima; inoltre alla fine di ogni stagione invernale il titolare della servitù è obbligato a riattivare le recinzioni ed a provvedere alla pulizia del terreno.

L'innnevamento artificiale, invece, è regolamentato dall'art. 44 e prevede che il richiedente di un'autorizzazione o il titolare della stessa possa ottenere in via coattiva la titolarità dei seguenti diritti reali relativi agli impianti per la produzione di neve o comunque attinenti alla manutenzione e funzionalità della pista:

- la proprietà o l'asservimento delle aree necessarie alla costruzione e all'utilizzo della sala macchine, dei bacini di accumulo e di ogni altro manufatto destinato ad integrare le finalità degli impianti;
- la servitù di tollerare il passaggio delle tubazioni di pertinenza delle opere del punto precedente, comprensive dei relativi pozzetti, con diritto di accedere ai fondi serventi per le fasi di montaggio, regolazione ed eventuali manutenzioni.

La provincia autonoma di Bolzano ha legiferato per la prima volta sugli impianti sciistici con Legge provinciale n. 6 del 26 febbraio 1981, e successivamente con Legge provinciale n. 14 del 23 novembre 2010 (e s.m.i.), dal titolo: "Ordinamento delle aree sciabili attrezzate".

L'art. 5 della suddetta legge introduce il "Piano di settore, impianti di risalita e piste da sci". Tale piano disciplina l'uso e le modificazioni del territorio finalizzati all'esercizio dello sci. Il regolamento di esecuzione definisce i criteri e le procedure per l'approvazione degli interventi finalizzati alla realizzazione delle infrastrutture.

Il piano di settore definisce i principi programmatici per lo sviluppo degli ambiti di pianificazione per un periodo di 10 anni, tenuto conto della tutela del paesaggio e dell'ambiente, delle caratteristiche del territorio, nonché dello sviluppo sociale, economico e turistico nell'interesse della popolazione locale.

L'art. 24 prescrive il procedimento per l'imposizione della servitù di area sciabile attrezzata. L'art. 26, invece, stabilisce quali sono le facoltà che conferisce la servitù di un'area sciabile:

- esecuzione delle opere di sbancamento, livellamento e bonifica, disboscamento, taglio di alberi e rami in conformità al progetto approvato sottostante, se ed in quanto necessario, all'autorizzazione per l'apprestamento dell'area sciabile;
- apposizione della segnaletica e ogni altro apprestamento di sicurezza;

- uso del terreno per il passaggio degli utenti e per la manutenzione del manto nevoso durante il normale periodo di innevamento, nonché per la realizzazione di impianti di innevamento;
- inibizione dell'accesso all'area sciabile e agli impianti alle persone non autorizzate nel periodo di innevamento, durante i lavori di manutenzione, preparazione e riassetto delle piste;
- impedimento di qualsiasi attività pregiudizievole al regolare esercizio delle piste o degli impianti;
- fatte salve le vigenti disposizioni di legge, autorizzazione di accesso al terreno durante il periodo estivo, salvo il risarcimento al proprietario tavolare di eventuali danni, per eseguire tutti gli interventi di manutenzione ordinaria su piste, impianti ed opere accessorie, anche con mezzi meccanici.

Gli impianti a fune, invece, sono normati dalla Legge provinciale 30 gennaio 2006, n. 1, "Disciplina degli impianti a fune e prescrizioni per gli ostacoli alla navigazione aerea". L'art. 7 prescrive che la concessione è rilasciata dall'assessore provinciale competente in materia di mobilità, previa acquisizione dei dovuti pareri e autorizzazioni. Mentre l'art. 22 stabilisce che, in favore del richiedente di una concessione o del titolare della stessa, possano essere costituiti i seguenti diritti reali:

- la proprietà delle aree necessarie alla costruzione delle stazioni, con eventuale locale di ricovero d'emergenza, e degli accessi alla pubblica via;
- la proprietà delle aree limitrofe alle stazioni, destinate a parcheggio;
- la servitù di passaggio di vie funicolari entro i limiti di sicurezza stabiliti dalle norme tecniche per la costruzione e l'esercizio del tipo di funivia per il quale è stata rilasciata la concessione, che conferisce il diritto di tendere funi e mantenere le stesse appoggiate o meno a sostegni infissi nel terreno, il diritto di transito aereo con veicoli su fune, il diritto di accesso del personale addetto alla manutenzione ordinaria e straordinaria e del personale di sorveglianza, il diritto di adattare il profilo del terreno alle esigenze del servizio e di provvedere, se necessario, al taglio di alberi e piante e all'asportazione di ostacoli;
- la servitù di elettrodotto consistente nel diritto di raggiungere, per l'allacciamento, la più vicina linea di distribuzione di energia elettrica;
- entro i limiti di sicurezza stabiliti dalle norme tecniche per la costruzione e l'esercizio delle sciovie, il diritto di superficie per la costruzione e l'esercizio di detti impianti facenti parte di un sistema di linee e realizzanti linee di seconda

categoria, limitatamente ai terreni necessari per gli impianti e le opere relative alla pista di risalita;

- la servitù di passaggio a piedi e con veicoli, per consentire il raccordo col più vicino impianto di risalita;
- la servitù di acquedotto per impianti di innevamento.

La giunta provinciale di Bolzano, con delibera n. 2691 del 25.07.2005 “Direttive per le utenze di innevamento artificiale”, ha stabilito le prescrizioni per le utenze d’acqua per l’innnevamento artificiale, che sono integrative a quelle già contenute nelle esistenti concessioni di derivazione d’acqua. L’art. 5 prevede che i controlli vadano effettuati almeno una volta all’anno presso il sistema di distribuzione ed utilizzo dell’acqua; che Vengono rilevati i parametri microbiologici ed almeno i seguenti parametri chimici: nitrati, nitriti, ammonio, conduttività elettrica specifica, pH, ossidabilità, solfato, durezza totale (nei decreti di concessione il numero e il modo dei controlli di qualità possono essere fissati anche diversamente).

L’art. 6 si occupa dei requisiti di qualità d’acqua, e dispone che ad essa non possano essere aggiunte sostanze di alcun tipo, neanche sostanze disinfettanti. Individua inoltre i valori limite microbiologici e chimici da rispettare.

Infine l’art. 8 argomenta l’uso razionale dell’acqua. Prescrive, qualora non siano disponibili grandi fonti di approvvigionamento (fiumi, laghi), che l’innnevamento debba avvenire in modo razionale e nel rispetto dell’ambiente soltanto mediante l’impiego di serbatoi di accumulo; suggerisce una capacità d’invaso di 700 mc. per ha di pista. Per un ettaro di pista viene concessa una portata d’acqua media non superiore a 0,4 l/s.

4 Il cambiamento climatico

La tendenza all’incremento delle temperature in corso a livello planetario da almeno un secolo ha subito negli ultimi due decenni un’accelerazione capace di rapide e ben evidenti conseguenze, tanto sui sistemi naturali coinvolti, tanto su quelli, ai primi strettamente connessi, antropici. In rapporto a ciò, le diverse componenti di entrambi i sistemi (ghiacciai, foreste, oceani solo per fare qualche esempio da un lato, assetti sociali, economici e culturali dall’altro) appaiono impegnate in forme di non facile adattamento al nuovo ordine climatico; quest’ultimo, per parte sua, probabilmente

lontano da un nuovo e duraturo assetto. Anche laddove (per ora) contenibili, gli effetti del riscaldamento climatico vanno producendo significative trasformazioni del paesaggio naturale come di quello umano. In taluni casi, poi, la resistenza degli antichi equilibri e le capacità di adattamento degli elementi coinvolti appaiono insufficienti di fronte all'intensità e alla rapidità del cambiamento, con effetti che appaiono, in taluni casi e sin da ora, totalizzanti. In tale quadro, ogni componente ambientale di cui l'uomo ha, tradizionalmente o meno, sfruttato i favori, risulta disponibile in forme e con contenuti in parte nuovi, tra esse, la risorsa neve oggetto di significative variazioni qualitative e quantitative anche rispetto a un passato non lontano (Furlani e Ludovici, 2006).

Da un punto di vista climatico, la regione alpina è caratterizzata da un'ampia varietà di situazioni riferibili a un'altrettanto estesa pluralità di fattori di ordine geografico. Tra questi spiccano, per il ruolo svolto, l'orientamento dei versanti, la localizzazione specifica all'interno della stessa catena alpina e rispetto alle correnti atmosferiche prevalenti e, ovviamente, la quota. Queste e altre variabili determinano una vera e propria frammentazione del quadro climatico rinvenibile tanto alla macroscala quanto a livello topografico e locale. Esemplificative dell'irriducibilità del clima alpino entro schemi preconfezionati sono le forti differenze termiche e pluviometriche che si registrano anche tra località site, tra loro, a pochi chilometri di distanza. Così, solo per fare qualche esempio limitato al versante sud-alpino, ai 450 mm di pioggia che interessano annualmente Aosta, fanno da contraltare gli oltre 3000 che si riversano su alcune stazioni del tarvisiano o, a più stretto contatto, gli oltre 2000 mm annui che cadono lungo il crinale orobico occidentale ed i 1200 mm del fondovalle valtellinese, distante solo 15 km (Furlani e Ludovici, 2006). A tale, forte variabilità spaziale fa da corredo un'altrettanto importante variabilità interannuale, a sua volta capace di manifestazioni contrastanti nel passaggio da un'area all'altra (mosaico metacronico). In altri termini, una stagione ricca di contributi piovosi in un dato settore della montagna alpina può accompagnarsi a una situazione opposta, o almeno diversa, in un'altra area. A questa variabilità sono ascrivibili risposte, ambientali e umane, diverse che impediscono approcci di indagine generalizzanti. Tuttavia, se dalla scala interannuale ci si sposta verso cornici temporali di lungo periodo, gli andamenti climatici di aree diverse tendono a manifestare tendenze nettamente più omogenee. Una prima parziale ricomposizione avviene già però nelle tendenze di medio periodo, qui intese come gli andamenti assunti dal clima in fasi di durata venti-trentennale.

E' principalmente a questa scala intermedia che WWF Italia (Furlani e Ludovici, 2006) ha svolto un'indagine condotta sui parametri nivometrici di trentacinque stazioni campione (Tab. 1.1) sparse lungo l'intero arco alpino meridionale.

L'analisi proposta non lascia dubbi riguardo l'individuazione di un trend dominante. Il decremento dei contributi nevosi negli ultimi decenni è un evento che, con poche eccezioni, ha colpito l'intero settore meridionale delle Alpi (Tab. 1.2), senza particolari distinzioni geografiche o altimetriche.

Stazione	Quota	Media precipitazioni nevose 1982/1992 (in cm)	Media precipitazioni nevose 1993/2003 (in cm)	Variazione (in cm)	Variazione (%)
Noasca	1062	172,6	177,6	+ 5,0	+ 2,9
Ceresole Reale	1579	304,4	273,5	- 30,9	- 10,2
Lago Telesio	1917	502,7	416,8	- 85,9	- 17,1
Lago Serru	2275	606,5	528,0	- 78,5	- 12,9
Lago Valsoera	2440	619,3	531,0	- 88,3	- 14,3
Piotta	1007	286,9	177,3	- 109,6	- 38,2
Robbia	1078	148,2	109,7	- 38,5	- 25,9
Ponte Formazza	1300	521,0	385,2	- 135,8	- 26,1
S.Maria/Mustair	1390	208,8	170,5	- 38,3	- 18,3
S.Bernardino	1639	614,4	468,4	- 146,00	- 23,9
Valgerola	1840	371,1	412,4	+ 41,3	+ 11,1
Aprica Magnolta	1870	435,0	358,2	- 76,8	- 17,7
Gressoney	1880	430,5	344,9	- 85,6	- 19,9
Cancano	1940	375,7	308,5	- 67,2	- 17,9
Bornio 2000	1960	280,1	226,3	- 53,8	- 19,2
Lago Toggia	2200	882,8	824,4	- 58,4	- 6,6
Ospizio Bernina	2256	764,5	821,0	+ 56,5	+ 7,4
Rabbi	1310	227,1	149,7	- 77,4	- 34,1
Passo Sommo	1360	251,5	178,1	- 73,4	- 29,2
Pinzolo	1530	300,5	182,3	- 118,2	- 39,3
Pampeago	1760	249,0	203,5	- 45,5	- 18,3
Peio	2010	342,0	243,5	- 98,5	- 28,8
Passo Valles	2045	547,8	412,9	- 134,9	- 24,6
Ciampac	2145	329,7	235,3	- 94,4	- 28,6
Careser	2600	499,3	420,4	- 78,9	- 15,8
Riva Tures	1560	285,0	272,0	- 13,0	- 5,0
S. Floriano	1865	283,0	216,0	- 67,0	- 24,0
Fontana Bianca	1890	462,0	376,0	- 86,0	- 19,0
Pelago	1915	256,0	308,0	+ 52,0	+ 20,0
Forni di Sopra	900	262,5	135,7	- 126,8	- 48,3
Falcade	1150	303,5	202,6	- 100,9	- 33,3
Cortina	1150	217,6	125,5	- 92,1	- 42,4
Arabba	1630	404,9	305,3	- 99,6	- 24,6
Rifugio Gilberti	1850	689,3	535,8	- 153,5	- 22,3
Lago di Cavia	2100	668,9	449,3	- 219,6	- 32,8
MEDIA		402,0	327,0	- 75, 00	- 18,7

Tabella 1.1 - Variazione assoluta e percentuale della nevosità nei periodi 1982/92-1993/03 nelle trentacinque stazioni campione utilizzate nella ricerca.

Settore	Media precipitazioni nevose 1982/1992 (in cm)	Media precipitazioni nevose 1993/2003 (in cm)	Variazione (in cm)	Variazione (%)
Alpi Occidentali	441,1	385,4	- 55,7	- 12,6
Alpi Centrali	443,3	383,9	- 59,4	- 13,4
Alpi Orientali	365,5	274,5	- 91	- 24,9

Tabella 1.2 - Variazione assoluta e percentuale della nevosità nei periodi 1982/92-1993/03 nei tre settori alpini.

Il valore di decremento medio del 18,7 %, valido per le 35 stazioni, può considerarsi indicativo di un ordine di grandezza che, con buona probabilità, si può ritenere valido per larga parte dei settori alpini meridionali posti tra i 1000 e i 2500 metri di quota, fascia entro cui trovano posto la maggior parte delle stazioni sciistiche invernali. Più nello specifico, l'analisi mostra come le località di bassa quota abbiano subito i decrementi proporzionalmente più consistenti, con punte di contrazione vicine o superiori al 40%. Per contro, le stazioni poste nei pressi dello spartiacque alpino principale risultano meno toccate dal trend in atto, mostrando anche alcuni tra i pochi dati in leggera controtendenza (Ospizio Bernina, Pelago). Il costante rialzo delle temperature, particolarmente evidente proprio nell'ultimo trentennio è la causa principale di questa tendenza.

In questo contesto, risulta di estremo interesse il picco di deficit che mostrano le stazioni dell'area orientale, e in particolare dolomitica, penalizzate da una quota modesta, ma, d'altro lato, interessate pure da un importante sviluppo delle attività turistiche invernali (Fig. 1.22 e Fig. 1.23).

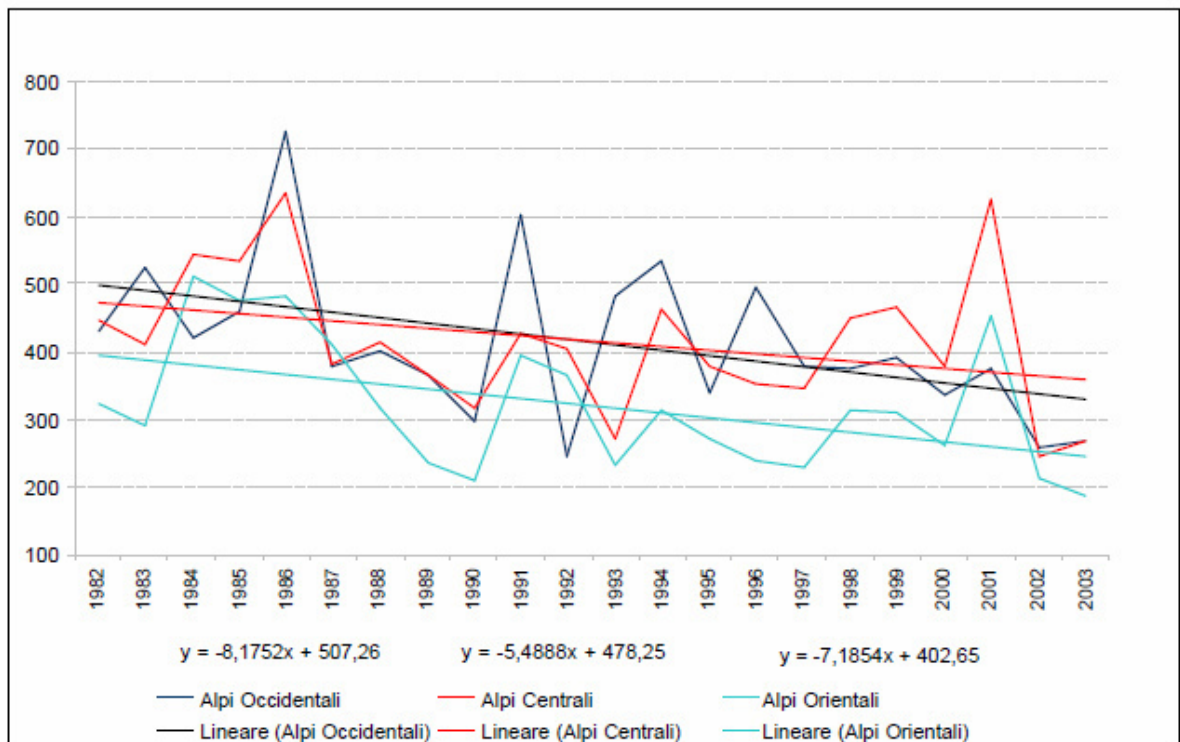


Figura 1.22 - Quantità medie annuali (anno idrologico) di neve fresca (in cm) relative ai tre settori alpini, 1982-2003

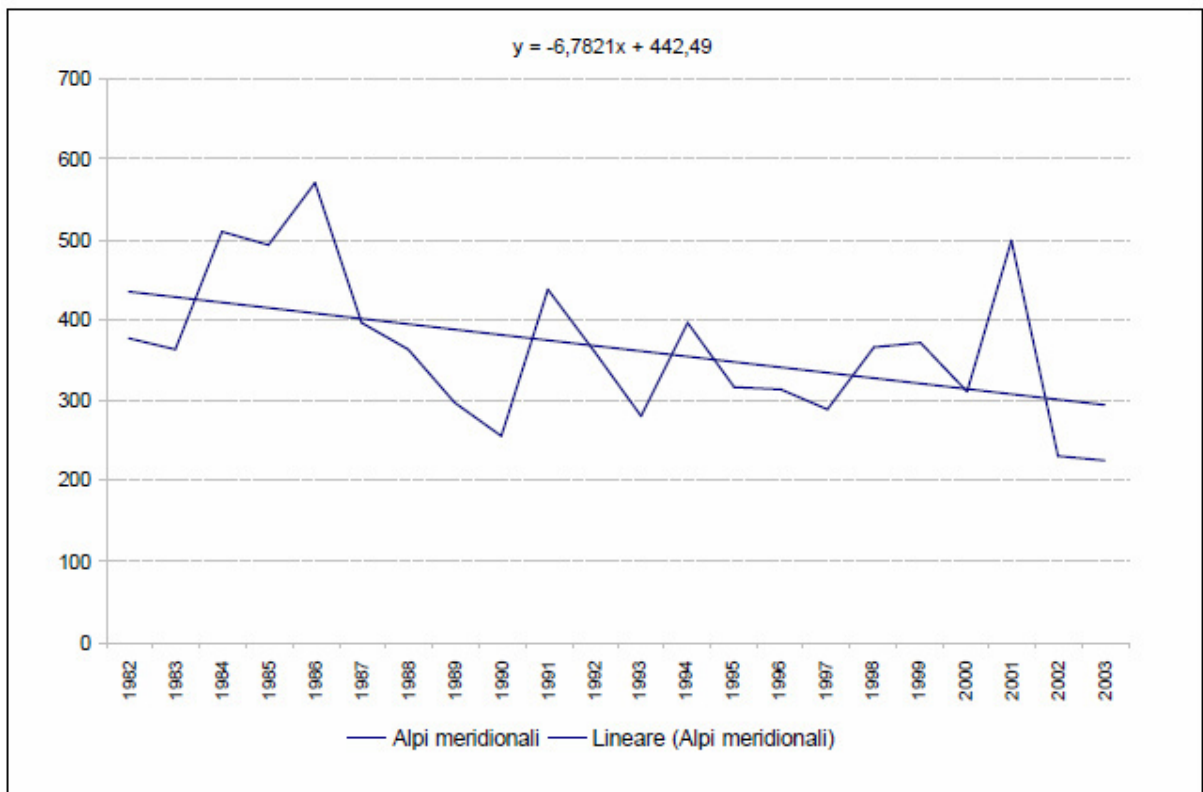


Figura 1.23 - Quantità medie annuali (anno idrologico) di neve fresca (in cm) relativa al versante meridionale delle Alpi dal 1982 al 2003 (sulla base dei dati di 35 serie nivologiche).

Per quanto riguarda la temperatura, quella globale media alla superficie è aumentata di 0,74 °C nel periodo 1906-2005 ed il tasso di crescita è in aumento (IPCC, 2007).

La regione euromediterranea (compresa la regione alpina) è considerata un “hot spot”, in quanto la temperatura è aumentata maggiormente rispetto alla media globale (+0,95 °C dal 1900, secondo l’Agenzia europea dell’ambiente – E.E.A.) e si prevede che anche in futuro la temperatura crescerà maggiormente in Europa.

Sulle Alpi l’incremento di temperatura medio registrato nel XX secolo, pari a circa 1,1 °C, è risultato molto superiore rispetto a quello medio globale (Bohm et al., 2001).

In Svizzera, nel periodo tra il 1900 e il 2006, le temperature medie sono aumentate di 1,47 °C, mentre nell’insieme dell’emisfero Nord sono cresciute di 0,87 °C (Ufficio federale dell’ambiente UFAM, 2007).

Esaminando l’evoluzione delle temperature in Svizzera secondo le stagioni nel corso degli ultimi 50 anni circa si osserva che le variazioni climatiche sono più accentuate in estate che in inverno (+0,54 °C rispetto a +0,33 °C per decennio). Stando ad alcuni modelli di calcolo tale evoluzione proseguirà e si accelererà nei prossimi anni (IPCC, 2007).

La quota delle nevi persistenti sulle Alpi (Equilibrium Line Altitude – ELA) è salita di circa 200 metri nel periodo 1980-2003, da circa 2.850 m a circa 3.050 m s.l.m. (CAI, 2007).

Inoltre la quantità media annuale di neve fresca (in cm) relativa al versante meridionale delle Alpi è diminuita del 19% nel periodo 1993-03 rispetto al periodo 1982-1992 (CAI, 2007). Le foto sottostanti (Fig. 1.24) danno la vista sul versante Nord del Pizzo Bernina (4.049 m. s.l.m.) nel 1978 e nel 2003, a fine estate. L’aspetto della montagna nel 2003 è il risultato sia di minori nevicate invernali che di un aumento della fusione estiva. Nel 2003 lo zero termico estivo è risultato in diverse località e per molti giorni posto al di sopra dei 4.000 metri di quota

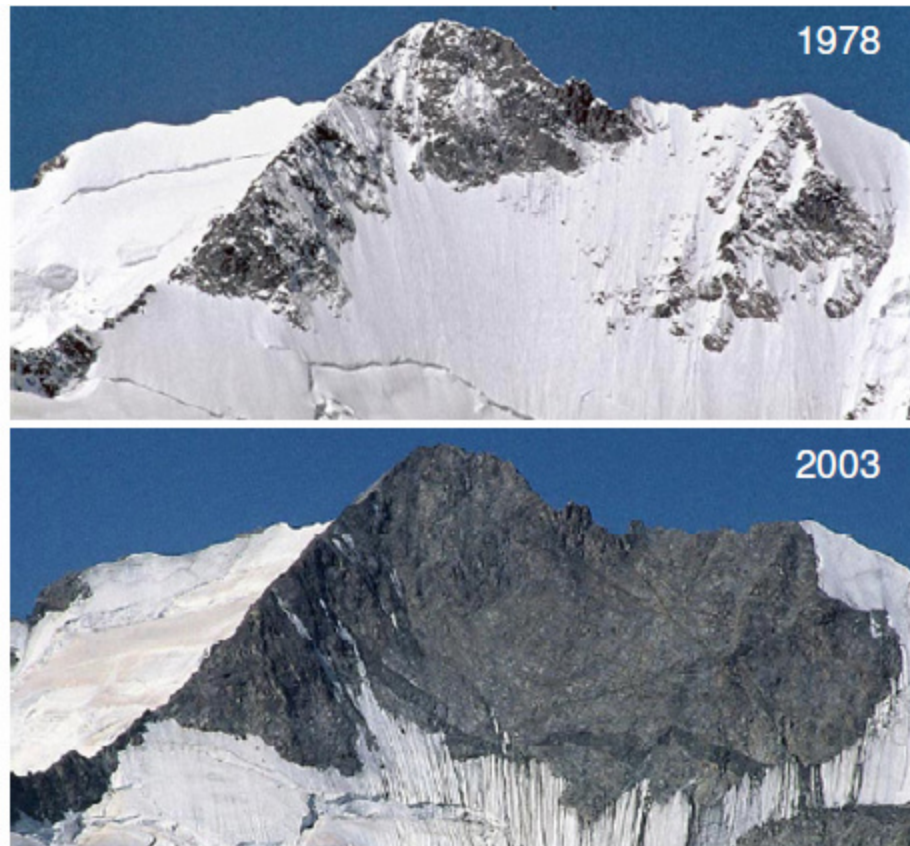


Figura 1.24 - Vista sul versante Nord del Pizzo Bernina (4.049 m. s.l.m.)

I possibili scenari futuri, per quanto riguarda il settore alpino, parlano di un aumento di temperatura media annuale maggiore rispetto alla media globale; precisamente $+2,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ nello scenario intermedio A1B nel 2090-2099 rispetto al periodo 1980-1999. Aumento più marcato in estate. Per l'anno 2050 è atteso in Svizzera, rispetto al 1990, un ulteriore aumento della temperatura di circa $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ in inverno e di quasi $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ in estate (OcCC-ProClim, 2007).

I comprensori sciistici delle Alpi Italiane sono 251, tenendo conto che la L.A.N. (Linea Affidabilità della Neve, quota con almeno 100 giorni con 30 cm di neve) attualmente è di 1500 m, si calcola che attualmente già 84 comprensori si trovano in grossa difficoltà, in quanto hanno altitudine inferiore ai 1500 m s.l.m. (EURAC, 2007).

Tenendo conto che la L.A.N. aumenta di 150 m per ogni $^{\circ}\text{C}$ di aumento della temperatura, si può prevedere il numero di comprensori alpini che avranno problemi di innevamento naturale a seguito del riscaldamento terrestre (Fig. 1.25).

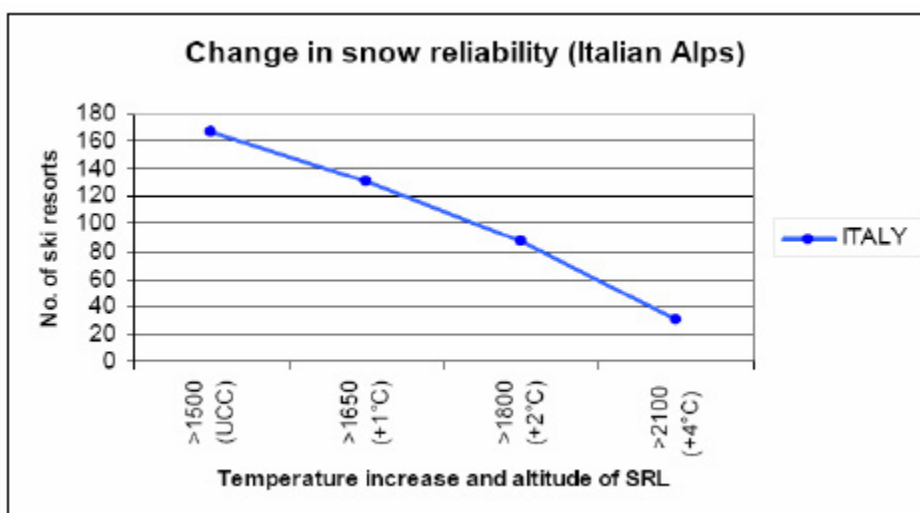


Figura 1.25 - Numero impianti con innevamento naturale “affidabile” all’aumentare della temperatura media invernale (EURAC, 2007)

La sottostante tabella (Tab. 1.3) riporta il numero delle stazioni sciistiche delle Alpi Italiane con copertura nevosa affidabile (più del 50% del comprensorio ad altitudine superiore alla L.A.N.) a seconda di diversi scenari di aumento della temperatura (EURAC, 2007)

Altitudine LAN →	> 1.500m (situazione attuale)	> 1.650m (+1°C)	> 1.800m (+2°C)	> 2.100m (+4°C)
Valle d’Aosta	22	20	16	5
Piemonte	30	22	16	6
Lombardia	21	14	11	6
Veneto	14	12	8	2
Trentino	25	17	14	4
Alto Adige	54	46	23	7
Friuli Venezia Giulia	1	0	0	0
Italia	167	131	88	30

Tabella 1.3 - Numero delle stazioni sciistiche delle Alpi Italiane con copertura nevosa affidabile (più del 50% del comprensorio ad altitudine superiore alla L.A.N.) a seconda di diversi scenari di aumento della temperatura

Da questi dati emerge che è sconsigliabile la costruzione di nuovi impianti a quote inferiori a 2.000 m (Conferenza sul Clima, Roma 2007).

Inoltre è consigliabile il mantenimento degli impianti di innevamento programmato soltanto ove questo sia sostenibile economicamente e consenta con investimenti ragionevolmente contenuti di attenuare/risolvere le principali le crisi di innevamento.

Questa situazione potrebbe realizzarsi soltanto oltre i 1800÷2000 m s.l.m. circa, mentre a quote inferiori l'aumento delle temperature potrebbe spesso compromettere la funzionalità degli impianti anche in pieno inverno. Si tenga tuttavia presente che tale soluzione comporta elevati dispendi energetici con ulteriore incremento delle emissioni che alterano il clima, pertanto la sua espansione deve essere attentamente valutata anche in termini di esternalità negative (Società Meteorologica Subalpina, 2006).

CAPITOLO 2

1 Caso di studio: Comprensorio sciistico Trevalli

Il comprensorio sciistico Trevalli si estende a cavallo tra le province di Trento e Belluno (Fig. 2.1), intorno alle tre località principali di Moena, Passo San Pellegrino e Falcade al centro delle Dolomiti trentine e venete.

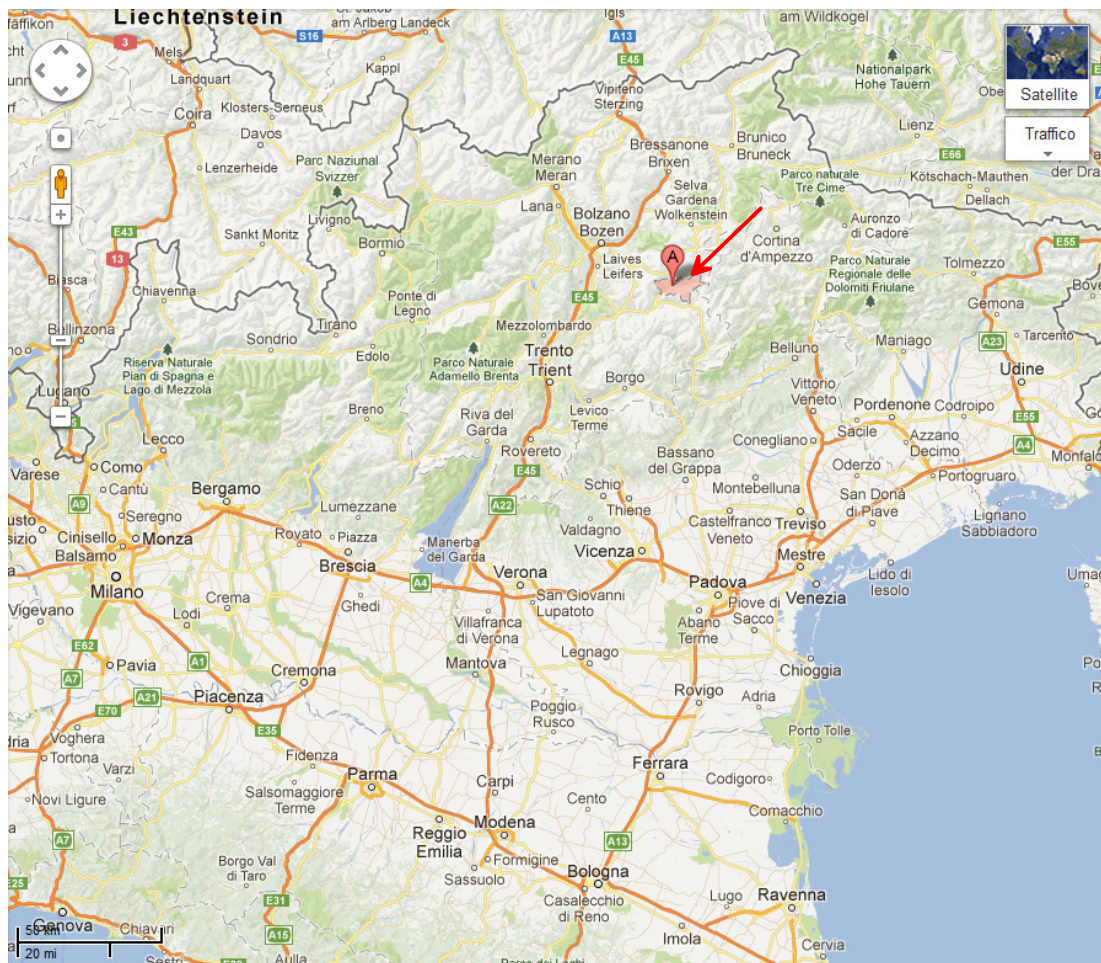


Figura 2.1 - Localizzazione del comprensorio sciistico Trevalli

Si estende in direzione est-ovest, delimitato a nord dal gruppo montuoso della Marmolada; a est dal canale d'Agordo, monte Pelmo e Civetta; a sud dal gruppo le Pale di San Martino; ad ovest dalla Val di Fassa e Val di Fiemme.

La Ski Area Trevallì (Fig. 2.2) comprende le Alpi di Lusia, il Passo S. Pellegrino e la Ski Area di Falcade.



Figura 2.2 - Localizzazione 3D della Ski area Trevalli

Sulle Alpi di Lusia troviamo un centro sciistico che offre la possibilità di sciare su 8 impianti di risalita: 1 telecabina 12 posti ad agganciamento automatico, 1 funivia 36 posti, 5 seggiovie quadriposto ad agganciamento automatico di cui 3 carenate, uno skilift campo scuola. Le piste, per un totale di 40 km sono servite totalmente dall'innnevamento programmato.

La Ski Area del Passo di S. Pellegrino è situata a metà strada tra Moena e Falcade a quota 1918 m. s.l.m., ci sono 11 impianti di risalita: 1 funivia 100 posti, 1 seggiovia quadriposto ad agganciamento automatico, 4 seggiovie ad agganciamento fisso e 5 skilift campo scuola. Il collegamento sci ai piedi con la zona di Falcade è garantito dalla Funivia "Col Margherita", un impianto con 2 cabine 100 posti, che permette di salire da quota 1918 a quota 2513 m. s.l.m..

La Ski area di Falcade, versante veneto/bellunese del comprensorio Trevalli, è situata a 1200 m. s.l.m., ed è collegato al Passo San Pellegrino grazie a tre seggiovie ad agganciamento automatico ed ha in totale 7 impianti di risalita.

Falcade ed il Passo S. Pellegrino propongono assieme circa 54 km di piste con innnevamento programmato.

Il presente studio si focalizza su una porzione del comprensorio sciistico Trevalli, precisamente quello delle aree di Falcade e di Passo S. Pellegrino (Fig. 2.3).



Figura 2.3 - Piste e impianti di risalita della Ski area Trevalli

L'area sciistica del Passo San Pellegrino gode di circa 24 km di piste con un altitudine che varia da 1920 del passo ai 2393 m sotto Cima Uomo.

L'area sciistica di FalCADE, invece, possiede circa 29 km di piste con un altitudine che varia dai 1190 metri di FalCADE ai 2513 metri del Col Margherita.

Quasi il 95% delle piste si trovano ad un'altitudine compresa tra i 1900 e 2500 m s.l.m.; in pratica solo una porzione della pista "innamorati" che collega Col Margherita a FalCADE scende al di sotto dei 1900 m s.l.m..

Le piste, in totale, hanno una superficie di 183,78 ha dei quali 153,86 ha con innevamento programmato, ossia quasi l'84%.

Seguono i dati dimensionali (Tab. 2.1) delle singole piste e delle superfici con innevamento programmato delle aree sciistiche di Passo S. Pellegrino e FalCADE, forniti dall'ufficio tecnico del comprensorio Trevalli.

Area sciistica Passo San Pellegrino

Denominazione	Lunghezza ml.	Larghezza ml.	Superficie mq.	Superficie con innevamento programmato mq.
CIMA UOMO	1.050	36	37.800	37.800
CHIESETTA	800	67	51.590	51.590
SNOWPARK SAN PELLEGRINO	140	30	4.200	4.200
RACC. COSTABELLA-CIADIN	315	13	4.095	
VAR. CHIESETTA	380	40	15.200	15.200
CIADIN	1.900	45	85.500	85.500
LE COSTE	1.800	48	79.200	79.200
CAMPO PRIMI PASSI CHIESETTA	80	60	4.800	4.800
NUOVA CIMA UOMO	750	34	25.500	25.500
LE CAVIETTE	2.400	20	48.000	48.000
LA VOLATA	518	30	15.540	15.540
DEL PASSO	770	20	15.400	15.400
COL MARGHERITA	2.900	34	98.600	98.600
FUCHIADE	1.680	31	51.590	51.590
COSTABELLA	1.380	39	54.190	54.190
MONZONI	1.520	56	85.080	85.080
CAMPAGNOLA	740	25	18.500	18.500
CAMPIGOL	590	83	49.410	49.410
PARADISO	1.180	67	79.060	79.060
PANORAMA	1.230	77	94.710	94.710
COLL. CIADIN -COSTABELLA	400	13	5.000	5.000
RACCORDO PARADISO - MONZONI	585	41	23.985	23.985
VARIANTE MONZONI	380	40	15.200	15.200
MARTINET	370	38	14.060	14.060
CAPANNA MARGHERITA	380	34	12.920	12.920
TOTALE	24.238		989.130	985.035

Area sciistica Falcade

Denominazione	Lunghezza ml.	Larghezza ml.	Superficie mq.	Superficie con innevamento programmato mq.
LE BUSE - MOLINO (ROSSIGNOL)	3.626	28	101.525	101.525
LARESEI - LE BUSE (PANORAMICA)	1.760	31	54.545	54.545
LARESEI - LE BUSE I° (PLATEAU)	1.636	58	94.876	94.876
COL MARGHERITA - LAGO CAVIA	2.361	40	94.420	94.420
LARESEI 1	1.563	31	48.453	48.453
SALINE 4	1.004	30	30.126	30.126
SALINE - LAGO CAVIA	744	28	20.832	20.832
CAMPO SCUOLA LE BUSE	403	60	24.198	24.198
RACCORDO ZINGARI - PRADAZZO	480	30	14.412	14.412
CAMPO SCUOLA SCOIATTOLO	200	20	4.000	4.000
MALGHETTE	1.048	18	18.864	18.864
RACCORDO SALINE - MALGHETTE	193	21	4.043	4.043
INNAMORATI	11.150	20	223.000	
ZINGARI	1.463	23	33.649	
RACCORDO ZINGARI - LAGO CAVIA	508	30	15.237	15.237
RACCORDO LARESEI 1 - SALINE 4	393	55	21.615	21.615
VARIANTE DEL GIGIO	308	21	6.468	6.468
VARIANTE CAVIAZZA	549	70	38.430	
TOTALE	29.388		848.693	553.614

TOTALE AREE	53.626		1.837.823	1.538.649
--------------------	---------------	--	------------------	------------------

Tabella 2.1 - dati dimensionali delle singole piste e delle superfici con innevamento programmato delle aree sciistiche di Passo S. Pellegrino e Falcade

Gli impianti di innevamento programmato sono impianti a bassa pressione con cannoni: a lancia (Fig. 2.4), ventola fissi (Fig. 2.5), ventola mobili sia manuali che automatici.



Figura 2.4 - Cannone a lancia



Figura 2.5 - Cannone a ventola fisso

La distinta cannoni delle aree sciistiche di Passo S. Pellegrino e Falcade è riportata in tabella 2.2:

SOCIETA	TIPO DI INNEVAMENTO				TOTALE CANNONI SOCIETA
	LANCE	CANNONI A VENTOLA FISSI	CANNONI A VENTOLA MOBILI MANUALI	CANNONI A VENTOLA MOBILI AUTOMATICI	
CIMA UOMO	20	12	9	9	50
FUNIVIA	12	5	3	14	34
CATINACCIO	1	7	0	15	23
IMPIANTI FALCADE	25	4	30	26	85
TOTALE CANNONI AREA	58	28	42	64	192

Tabella 2.2 - Distinta cannoni delle aree sciistiche di Passo S. Pellegrino e Falcade

Le potenze elettriche delle sale pompe a servizio degli impianti di innevamento programmato sono riassunte in tabella 2.3:

Potenze elettriche sale pompe area	Potenza kw	Portata acqua L/s	Portata acqua Mc/h
Potenza elettrica sala pompe Caverson	50	50	180
Potenza elettrica pompe installate al Lago di Cavia	2.450	470	1.692
Potenza elettrica sala pompe Funivia	980	161	580
Potenza elettrica sala pompe Cima Uomo	550	50	180
Potenza elettrica Cima Uomo pompa di rilancio	160	50	180
Potenza elettrica sala pompe Costabella	490	98	353
Potenza elettrica sala pompe Campigol	160	25	90
Totale potenza installata	4.840	904	3.255
Potenza istantanea	4.790	650	2.340

Numero idranti area	436
----------------------------	------------

Tabella 2.3 - Potenze elettriche delle sale pompe a servizio degli impianti di innevamento programmato

Il volume totale dell'acqua utilizzata per l'innevamento artificiale normalmente viene prelevata per il 70 % dal lago di Cavia, per il 2-3% dalle vasche artificiali site in località Caverson, per 8% dai rivi presenti lungo la funivia e infine per quasi il 20% da due rivi del versante Costabella e da una piccola vasca di accumulo (800 mc circa). Le percentuali dei prelievi possono variare a seconda delle precipitazioni stagionali, ma generalmente non si discostano molto da quelle predette.

La società che gestisce il comprensorio Trevalli, per le sole aree sciistiche di Passo S. Pellegrino e Falcade, ha utilizzato per l'innevamento programmato delle ultime tre stagioni invernali i seguenti quantitativi di acqua e energia elettrica (Tab. 2.4):

		Stagione 2010/11	Stagione 2011/12	Stagione 2012/13
Acqua prelevata	mc	400.000	686.220	381.351
Energia consumata	Kwh	1.680.000	2.828.524	1.504.416

Tabella 2.4 - Quantitativi di acqua e energia elettrica utilizzata per l'innevamento programmato delle ultime tre stagioni invernali dal comprensorio Trevalli

I costi unitari di acqua ed energia elettrica sono così aumentati nelle tre stagioni (Tab. 2.5) :

		Stagione 2010/11	Stagione 2011/12	Stagione 2012/13
costo unitario acqua	€/mc	0,1577	0,1776	0,1975
costo unitario energia	€/Kwh	0,12	0,13	0,15

Tabella 2.5 - Costi unitari di acqua ed energia elettrica delle ultime tre stagioni invernali sostenuti dalla società che gestisce il comprensorio Trevalli

Il costo complessivo stagionale per l'acqua e l'energia elettrica è stato pertanto (Tab. 2.6):

	Stagione 2010/11	Stagione 2011/12	Stagione 2012/13
costo totale acqua	€ 63.080,00	€ 121.872,67	€ 75.316,82
costo totale energia	€ 201.600,00	€ 367.708,12	€ 225.662,40
Totali	€ 264.680,00	€ 489.580,79	€ 300.979,22

Tabella 2.6 - Costo complessivo stagionale per l'acqua e l'energia elettrica sostenuto dalla società che gestisce il comprensorio Trevalli

Per poter fare una previsione dei costi di gestione dell'innevamento programmato per le stagioni future, si deve analizzare la serie storica delle temperature rilevate in zona, in quanto fattore determinante per la produzione sia naturale che artificiale della neve e del suo mantenimento una volta posata al suolo.

Le stazioni meteorologiche idonee allo studio sono quelle di Cima Predazzo (2200 m s.l.m.) e quella di Passo Valles (2032 m s.l.m.).

La serie storica delle temperature medie annue rilevate dalle due predette stazioni e fornite dall'ARPAV - Centro Valanghe di Arabba (BL) sono le seguenti (Tab. 2.7):

	PASSO VALLES	CIMA PREDAZZO
Anno	Ta Media °C	Ta Media °C
1987	n.p.	0,84
1988	n.p.	2,31
1989	n.p.	3,18
1990	n.p.	2,84
1991	n.p.	2,02
1992	0,00	1,24
1993	2,30	1,84
1994	3,40	2,86
1995	2,00	1,43
1996	1,50	0,97
1997	3,10	2,53
1998	2,60	3,48
1999	2,30	0,70
2000	3,10	2,49
2001	2,50	2,84
2002	2,90	3,21
2003	3,30	2,73
2004	2,40	1,79
2005	1,90	1,29
2006	3,20	2,37
2007	3,30	2,39
2008	2,60	1,92
2009	2,60	2,00
2010	1,40	0,70
2011	3,70	2,93
2012	3,20	2,33

Tabella 2.7 - Serie storica delle temperature medie annue rilevate dalle due stazioni di Cima Predazzo e di Passo Valles

Dalle quali possiamo ricavare i seguenti grafici con le relative linee di tendenza (Fig. 2.6 e Fig. 2.7):

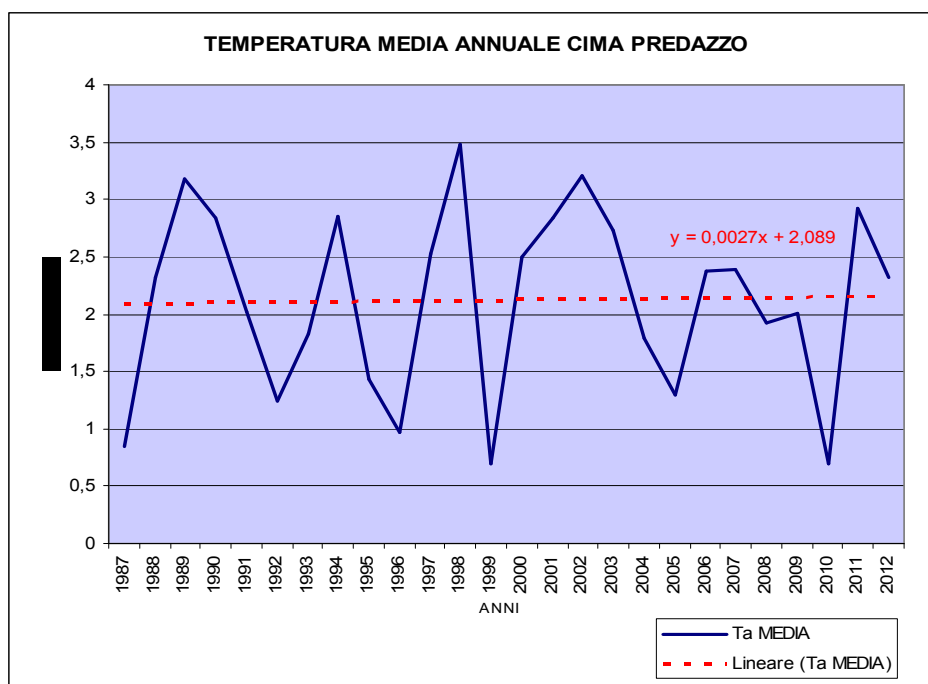


Figura 2.6 - Linea di tendenza della temperatura media annuale di Cima Predazzo

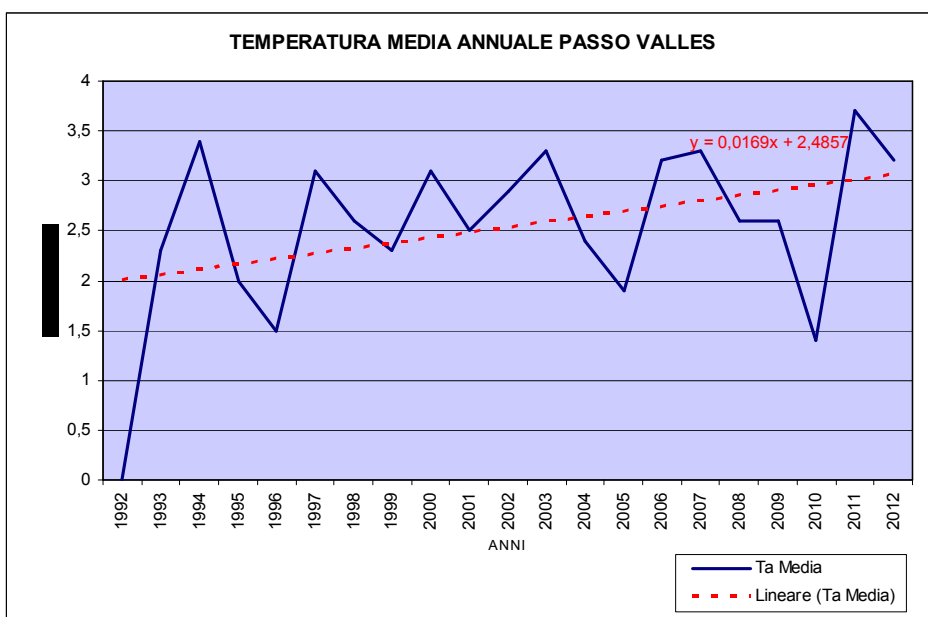


Figura 2.7 - Linea di tendenza della temperatura media annuale di Passo Valles

Facendo una media delle due temperature medie annue delle stazioni di Cima Predazzo e di Passo Valles, per gli anni dal 1992-2012 (funzionamento di entrambe le stazioni), otteniamo il seguente grafico con relativa linea di tendenza (Fig. 2.8).

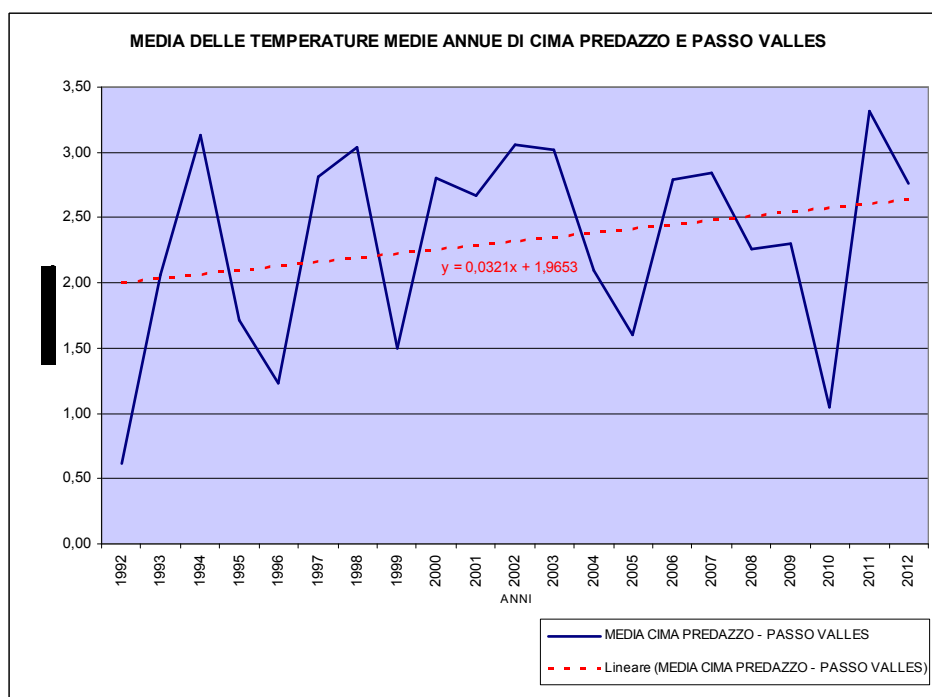


Figura 2.8 - Linea di tendenza della media delle temperature medie annuali di Cima Predazzo e Passo Valles

Utilizzando l'equazione della linea di tendenza ($y=0,0321x+1,9653$) si può calcolare la temperatura media prevista per le stagioni future in base alla tendenza degli ultimi vent'anni. Facendo la stessa operazione con i costi totali sostenuti per l'innevamento programmato degli anni 2010/2011, 2011/12 e 2012/13 in base alle temperature medie dei medesimi anni calcolate con la precedente linea di tendenza di temperature medie ($y=0,0321x+1,9653$) otteniamo i costi previsti per le stagioni future riportati in tabella 2.8.

Stagione	CALIBRAZIONE			PROIEZIONE				
	2010/11	2011/12	2012/13	2020/21	2030/31	2040/41	2050/51	2100/01
Tendenza Temp. Media °C	2,58	2,61	2,64	2,90	3,22	3,54	3,86	5,46
Costo Totale	€ 264.680	€ 489.581	€ 300.979	€ 515.097	€ 696.597	€ 878.097	€ 1.059.597	€ 1.967.097
Costo al mq.	€ 0,17	€ 0,32	€ 0,20	€ 0,33	€ 0,45	€ 0,57	€ 0,69	€ 1,28

Tabella 2.8 - Proiezione dei trend di crescita dei costi dell'innevamento artificiale

Il primo dato che otteniamo è l'incremento della temperatura media che per la stagione 2050/51 risulta essere di +1,22 °C rispetto a quest'anno e +1,89 °C rispetto al 1992.

Quest'ultimo dato è perfettamente in linea con quanto calcolato dall' OcCC (Organe consultatif sur les changements climatiques) con il Reports ProClim (2007): *“Per l'anno 2050 è atteso in Svizzera, rispetto al 1990, un ulteriore aumento della temperatura di circa 2 °C in inverno e di quasi 3 °C in estate”*.

Questo dato rende quindi attendibile l'aumento previsto di temperatura media per la stagione 2100/01, di 2,82 °C rispetto all'attuale, nella parte di comprensorio sciistico Trevalli preso in studio.

L'aumento di temperatura previsto nel comprensorio si ripercuote sui costi dell'innevamento programmato passando (dati arrotondati) dagli attuali € 300.000 al € 1.000.000 previsto per la stagione 2050/51 al € 1.900.000 previsto per la stagione 2100/01. Ovviamente questo risultato va preso con molta cautela poiché è stato ottenuto utilizzando l'andamento a soli 3 anni consecutivi. Nel trend è inglobato, e non è stato possibile disaggregarlo, anche la crescente tariffazione relativa al costo unitario di acqua ed energia.

Attualmente innevare artificialmente 1 mq di pista costa (solo di acqua ed energia elettrica) € 0,20, per passare ai € 0,69 previsti per la stagione 2050/51 e ai € 1,28 previsti per la stagione 2100/01.

Quindi in circa 90 anni il costo dell'innevamento artificiale, a causa del cambiamento climatico, potrebbe aumentare di circa 6-7 volte.

Oggi, la società che gestisce il comprensorio sciistico Trevalli, spende annualmente per l'innevamento programmato il 25-30% delle spese totali di gestione, pertanto nel futuro questa pratica rischia di non essere più economicamente sostenibile.

L'aumento della temperatura media comporterà anche un innalzamento della quota della L.A.N. (Linea Affidabilità della Neve, quota con almeno 100 giorni con 30 cm di neve) che per la stagione 2100/01 sarà prevista a quota 1950 m (attualmente è di 1500 m - EURAC, 2007). La zona del comprensorio Trevalli presa come caso di studio (aree sciistiche di Passo S. Pellegrino e Falcade) si trova "fortunatamente" ad una quota abbastanza elevata (come già detto quasi il 95% delle piste si trovano ad un'altitudine compresa tra i 1900 e 2500 m s.l.m.) e quindi verrà, secondo i predetti calcoli, solo "lambita" dalla L.A.N. per la stagione 2100/01.

Se andiamo a calcolare anche la linea di tendenza dei dati nivometeorologici rilevati dal 2005 al 2013 presso la stazione di Lusia (vicino all'area analizzata) posta a 2050 m s.l.m. (<http://www.meteotrentino.it>) vediamo che il coefficiente angolare è negativo (Fig. 2.9). Pertanto, in base ai dati rilevati, la tendenza futura sembrerebbe quella di una sempre minor presenza di neve naturale a causa dell'innalzamento della temperatura, a conferma di quanto risulta dal trend dei costi di innevamento.

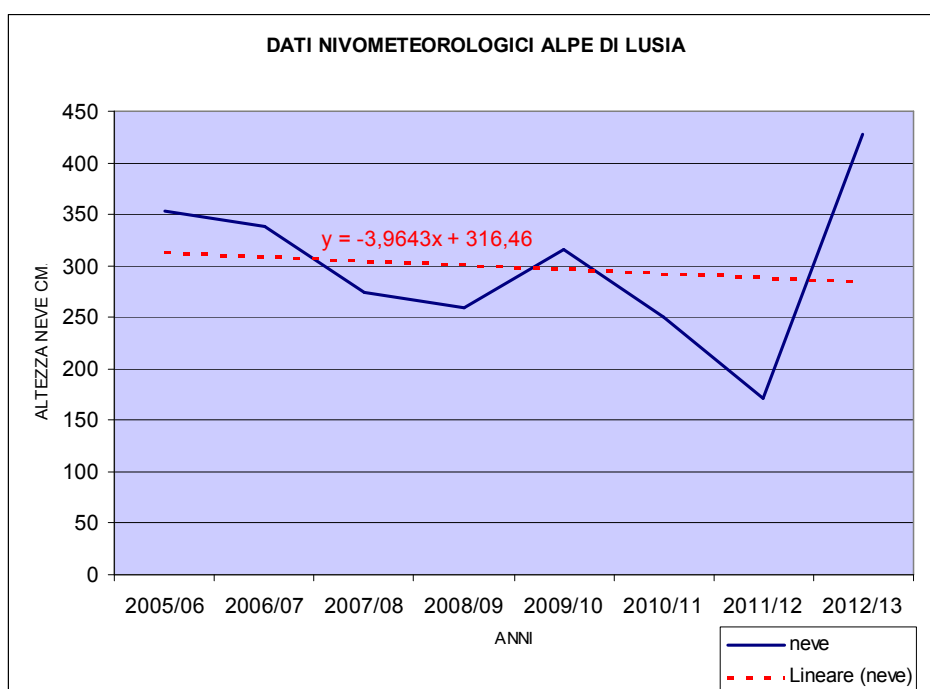


Figura 2.9 - Linea di tendenza dei dati nivometeorologici rilevati dal 2005 al 2013 presso la stazione di Lusia (TN)

Se l'andamento di figura 2.9 si protrasse nel tempo si arriverebbe ai valori riportati in tabella 2.9:

Stagioni invernali	2020/21	2030/31	2040/41	2050/51	2084/85
Neve prevista cm.	253,0312	213,3882	173,7452	134,1022	-0,684

Tabella 2.9 - dati nivometeorologici stimati per le stagioni invernali future

Questa proiezione ci indica che già a partire dalla stagione invernale 2084/85 non ci sarebbe più presenza di neve naturale a quota 2050 m s.l.m..

Questo dato è peggiorativo rispetto a quello restituito dalla linea di tendenza calcolata sulle temperature medie rilevate nelle stazioni di Cima Predazzo (2200 m s.l.m.) e quella di Passo Valles (2032 m s.l.m.) che prevedevano la L.A.N. a 1950 m. s.l.m. per la stagione invernale 2100/01.

Le due estrapolazioni che paiono abbastanza pessimistiche, trovano dunque una certa conferma.

2 Conclusioni

L'obiettivo di questo lavoro è stato quello di analizzare tutti gli effetti che uno sport come lo sci alpino determina "sull'ambiente" versante montano delle Alpi italiane e verificare se, alla luce del cambiamento climatico in atto, l'approntamento e la manutenzione delle piste da sci possa, in futuro, essere economicamente sostenibile.

Il presente lavoro è stato suddiviso in due capitoli separando gli aspetti di carattere generale dallo studio puntuale di un comprensorio.

Nel primo capitolo, la parte introduttiva dello studio, ha inquadrato il "fenomeno" sci alpino in Italia dove la situazione è risultata complessa e variegata. Il decremento di utenti è avvertito soprattutto nelle stazioni di media e bassa quota, le più esposte ai rischi meteorologici e meno dotate di piste, impianti e servizi. E' stato rilevato che attualmente per sostenere il turismo invernale si deve abbinare ad attrezzati comprensori in quota (preferibilmente dai 1900 m s.l.m. in su) un'offerta turistica a valle (es. lago, città d'arte) verso la quale orientare forti azioni promozionali.

Il secondo paragrafo, ha illustrato tutti gli effetti che la realizzazione e il mantenimento di un impianto sciistico può provocare sul versante montano e i possibili interventi di mitigazione che si possono attuare. Si è visto che la pratica dello sci alpino incide sull'equilibrio "naturale" del versante in maniera più profonda di quello che ad uno sguardo superficiale potrebbe sembrare.

Il terzo paragrafo ha descritto la procedura di valutazione dell'impatto ambientale (V.I.A.) inerente la costruzione o la modifica di impianti sciistici. Questa procedura è molto utile in quanto fa emergere preventivamente tutti gli effetti, che la costruzione di una nuova opera, produrrà sull'ambiente.

Inoltre sono state verificate e confrontate le normative esistenti per gli impianti sciistici (piste e risalite) per la regione Veneto e le province autonome di Trento e Bolzano. E' stato accertato che tra le normative non esistono marcate differenze, tranne per quanto riguarda l'innevamento artificiale, dove la provincia di Bolzano è risultata essere quella più sensibile ad eventuali problemi che tale pratica può recare all'ambiente.

Nel quarto paragrafo si è cercato di capire quali saranno gli scenari climatici futuri dell'ambiente alpino, analizzando i vari studi eseguiti da WWF Italia, dal gruppo IPCC, dall'Organe consultatif sur les changements climatiques Svizzero, ecc.. Questi studi sono concordi nel prevedere, per i prossimi 40 anni, una forte accelerazione del riscaldamento della regione Alpina di 2-3 °C, con conseguente diminuzione della quantità di precipitazione nevosa ed innalzamento della linea di affidabilità della neve (L.A.N.).

Il secondo capitolo è stato dedicato allo studio di un comprensorio sciistico reale, ossia quello di Trevalli (province di Trento e Belluno), in particolare per le aree di Falcade e di Passo S. Pellegrino.

Grazie ai dati forniti dalla società Trevalli, che gestisce gli impianti di tale area, e ai valori storici termici e nivologici (fornite dall'ARPAV e Meteo Trentino) si è potuto prevedere un probabile scenario futuro, sia per quanto riguarda l'evoluzione delle temperature che delle precipitazioni nevose, per i prossimi 40-90 anni (quindi fino alle stagioni invernali 2050/51 e 2100/01). E' stato calcolato che il costo dell'innevamento artificiale, a causa del riscaldamento climatico, passerà dagli attuali 0,20 €/mq a 0,69 €/mq per la stagione 2050/51 e ad 1,28 €/mq per la stagione 2100/01. In circa 90 anni il costo dell'innevamento artificiale aumenterà di quasi 7 volte rendendo economicamente sconveniente questa pratica a meno che non sia

sempre più sostenuta dai vari portatori di interesse (albergatori, enti pubblici, ecc.). Senza contare che la L.A.N. (Linea Affidabilità della Neve), alzandosi alla quota prevista di 1950 m s.l.m. per la stagione invernale 2100/01, metterà in grosse difficoltà quasi il 60% dei 167 comprensori sciistici attualmente sopra a tale linea.

Nonostante queste previsioni nelle Alpi si continuano a progettare grandi interventi infrastrutturali nel campo degli sport invernali. Si parla di un centinaio di progetti nell'area alpina (CIPRA).

Se si vuole sostenere l'economia montana, che dal turismo invernale legato alla pratica dello sci alpino dipende in modo sensibile, bisogna in parte correggere la rotta intrapresa che è rappresentata da:

- ampliamento dei comprensori sciistici con spostamento e concentrazione delle piste nelle zone più elevate;
- progetti di collegamento tra i vari comprensori;
- nuovi impianti di risalita con portate orarie sempre maggiori;
- manutenzione esasperata delle piste;
- sviluppo di impianti sui ghiacciai.

Servirebbe invece seguire una rotta più "sostenibile" sia dal punto di vista ambientale che economico, ossia:

- ampliamento della gamma dei servizi offerti nel periodo invernale che non necessitino della presenza di impianti sui versanti montuosi e/o di una certa quantità di neve (per esempio sci da fondo, trekking con ciaspole, turismo escursionistico-naturalistico, terme, fitness, ecc);
- potenziamento dell'offerta turistica al di fuori della stagione invernale, soprattutto turismo estivo (climbing, trekking, mountain biking, sport, itinerari naturali e culturali, ecc);
- diversa cultura dello sport in montagna.

Seguendo queste indicazioni bisognerà quindi per il futuro ridurre al minimo la realizzazione di nuovi impianti per lo sci alpino, con tutti i possibili effetti negativi che possono comportare. Anche perché questi impianti saranno difficilmente sostenibili dal punto di vista economico.

E infine, si dovrà ripristinare l'ambiente naturale nei comprensori che mano a mano verranno dismessi a causa dell'innalzamento della linea di affidabilità della neve.

Ringraziamenti

Ringrazio di cuore la mia famiglia di origine per avermi aiutato e sostenuto specialmente durante la prima “fase” di studio. Grazie papà, mamma e Matteo.

Ringrazio mia moglie Martina per essermi sempre stata vicina, aiutato e sopportato con amore.

Ringrazio infine le mie due splendide figlie Emma e Laura per il solo fatto che esistono.

3 Bibliografia

Agenzia provinciale di Bolzano per l'ambiente, 2012 - Impianti per l'innevamento artificiale in Provincia di Bolzano (consumi annuali - statistica) - <http://www.provincia.bz.it>

Berti M., Elmi C., Muzzi E. e Simoni A., 2003; Il recupero e la riqualificazione ambientale delle cave in Emilia Romagna, capitolo 4 - Manuale Teorico Pratico della Regione Emilia Romagna, Bologna 2003

Blaschka A., Krautzer B., Graiss W., Burella P., Dainese M., Diana E., Iliadis K., Karyotis T., Kitzekova M., Zimkova M., 2006. Restoration at high altitudes-Results from European restoration trials in the frame of the EU-Project "SURE". Proceedings of Workshop "Restoration after infrastructural interventions" - Irdning (Austria), 8-9 September 2006: 1-9.

Böhm C., Berchtold S. e Keim D. A., 2001 in: L'impatto ambientale dello sci Montagna, neve e sviluppo sostenibile – quali prospettive di Simone Guidetti Ufficio Tecnico Ambiente CAI. Corso di aggiornamento Tutela Ambiente Montano (TAM) del Club Alpino Italiano, Leonessa (RI), 18 settembre 2010

CAI, 2007 in: L'impatto ambientale dello sci Montagna, neve e sviluppo sostenibile – quali prospettive di Simone Guidetti Ufficio Tecnico Ambiente CAI. Corso di aggiornamento Tutela Ambiente Montano (TAM) del Club Alpino Italiano, Leonessa (RI), 18 settembre 2010

Cainer A., 2007; Neve tecnica - L'innevamento artificiale 2, 2007 - <http://www.orobievive.net/>

Calzolari V., 1969 in Criteri e indirizzi per la tutela del paesaggio di Bianco M., Olivero E. , 2002 - Regione Piemonte assessorato ai beni ambientali

CIPRA - Commissione Internazionale per la Protezione delle Alpi in L'impatto ambientale dello sci - Montagna, neve e sviluppo sostenibile, quali prospettive - Corso di aggiornamento TAM, Leonessa (RI), 18 settembre 2010

CISET, 2001- Prospettive, sviluppo e promozione delle Dolomiti del Veneto, Rapporto finale, APT 1 Dolomiti, Programma Leader II, - GAL Alto Bellunese, Azione 5 –Predisposizione di strumenti di marketing e pianificazione strategica.

Conferenza sul Clima, Roma 2007. Atti preparatori della conferenza sul Clima di Roma del 2007 in: L'impatto ambientale dello sci Montagna, neve e sviluppo sostenibile – quali prospettive di Simone Guidetti Ufficio Tecnico Ambiente CAI. Corso di aggiornamento Tutela Ambiente Montano (TAM) del Club Alpino Italiano, Leonessa (RI), 18 settembre 2010

Cornelissen J.H.C., Lavorel S., Garnier E., Diaz S., Buchmann N., Gurvich D.E., Reich P.B., ter Steege H., Morgan H.D., van der Heijden M.G.A., Pausas J.G., Poorter H., 2003. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany*, 51:335-380

D'Agostino V., 2003; Dinamica dei corsi d'acqua ed interventi di ricostruzione morfologica in Bischetti G., D' Agostino V., Baldo G., Goltara A., Boz B., Quaderni - Corsi d'acqua e aree di sponda: per un progetto di valorizzazione - Tecniche di intervento sui corsi d'acqua e sulle aree spondali, a cura di Lelio Pagani. BERGAMO: Bergamo - University Press - Edizioni Sestante, pp. 21-34 (ISBN: 88-87445-43-5).

Dalla Fontana G., 1996; Il contributo della foresta alla mitigazione della vulnerabilità del territorio. *Parchi. Rivista del Coordinamento Nazionale dei Parchi e delle Riserve Naturali*, n. 19, Ottobre 1996. <http://www.parks.it/federparchi/rivista/P19/56.html>

Dalla Fontana G. 1996, Dalla Fontana G. 1992-2001, Giordano A. 2002, Gisotti G. e Benedini M. 2000, Motroni A., Canu S., Bianco G., Loj G. e Panizza M. 1990 in *Fenomeni di dissesto geologico – idraulico sui versanti*, 125-129 - Manuali e Linee Guida 39/2006 - APAT Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici

Dipartimento federale dell'interno della Confederazione Svizzera, 1991; Interventi sul paesaggio a favore della pratica dello sci - Diffusione: Ufficio centrale federale degli stampati e del materiale, 3000 Berna

Doering A. e Hamberger S., 1996; Schneekanonen, Aufrüstung gegen die Natur

EURAC, 2007. European Academy of Bozen in: L'impatto ambientale dello sci Montagna, neve e sviluppo sostenibile – quali prospettive di Simone Guidetti Ufficio Tecnico Ambiente CAI. Corso di aggiornamento Tutela Ambiente Montano (TAM) del Club Alpino Italiano, Leonessa (RI), 18 settembre 2010

Florineth F., 1982; Spatz G., Park G.J., Weis G.B., 1987; Urbanska K. M., 1990 in Inerbimenti tecnici ad alta quota - Quaderni della ricerca n. 134 - Settembre 2011 – Regione Lombardia settore Agricoltura

Florineth F., 2007 in Inerbimenti tecnici ad alta quota - Quaderni della ricerca n. 134 - Settembre 2011 – Regione Lombardia settore Agricoltura

Furlani R. e Ludovici A. A., 2006; Alpi, turismo e ambiente: alla ricerca di un equilibrio. Collana Ecoregione Alpi n. 1 - Febbraio 2006 - Dossier a cura dell'Ufficio Turismo - WWF Italia

Giacometti G., 2001 in Le Alpi Venete Anno LV n. 2 - 2° semestre 2001 - Autunno-Inverno 2001-2002

Graiss W., Krautzer B., 2007. Inerbimenti idonei al sito su piste da sci: nuovi sviluppi nel campo dei miscugli e metodi. Research and education Centre for Agriculture Raumberg-Gumpenstein. Department for Vegetation Management in Alpine Regions.

Gray D.H. e Megahan W. F. 1981, Mulder H. F. H. M. 1991 e Sidle R. C. 1992 in Fenomeni di dissesto geologico – idraulico sui versanti, 125-129 - Manuali e Linee Guida 39/2006 - APAT Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici

Gusmeroli F., 2004; Ziliotto U., Scotton M. e Da Ronc F., 2004; Zanchi C., 1981 in Fenomeni di dissesto geologico – idraulico sui versanti, 129-131 - Manuali e Linee Guida 39/2006 - APAT Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici

Hahn F., 2004; Innevamento artificiale nelle Alpi – CIPRA - International alpMedia approfondimenti - dicembre 2004

IPCC, 2007 in: L'impatto ambientale dello sci Montagna, neve e sviluppo sostenibile – quali prospettive di Simone Guidetti Ufficio Tecnico Ambiente CAI. Corso di aggiornamento Tutela Ambiente Montano (TAM) del Club Alpino Italiano, Leonessa (RI), 18 settembre 2010

Istituto provinciale di statistica della Provincia Autonoma di Bolzano e Ufficio trasporti funiviari della Provincia Autonoma di Bolzano, 2004; Impianti a fune in Alto Adige, 2004 - <http://www.provincia.bz.it>

Krautzer B., 1995 in Inerbimenti tecnici ad alta quota - Quaderni della ricerca n. 134 - Settembre 2011 – Regione Lombardia settore Agricoltura

Krautzer B., Peratoner G., Bozzo F., 2004 in Inerbimenti tecnici ad alta quota - Quaderni della ricerca n. 134 - Settembre 2011 – Regione Lombardia settore Agricoltura

Leicht H., 1993 in L'innnevamento artificiale 1, 2007 - <http://www.orobievive.net/>

Marchetti M. e Bellina R., 2010; Impianti sci ed impatto ambientale - in http://www.sellanevea.net/Home/Editoriali/No_Impianti_Sci.pdf

McKay J. K., CE. Christian Susan Harrison e Kevin J. Rice, 2005; McKay, J. K. e R. G. Latta, 2002; Lesica P. e Allendorf F. W., 1999; Rice, K. J. e Emery N. C., 2003 in Inerbimenti tecnici ad alta quota - Quaderni della ricerca n. 134 - Settembre 2011 – Regione Lombardia settore Agricoltura

Mosimann S., Meleshko R. e James M. N. G., 1991 in L'innervamento artificiale 1, 2007 - <http://www.orobievive.net/>

Negro M. e Rolando A., 2007; PRIN 2007 Impatto dello sci in ambiente alpino ed appenninico – Dipartimento di Biologia Animale e dell'Uomo dell'Università degli studi di Torino

Neonato F., Il recupero e la riqualificazione ambientale delle cave in Emilia Romagna, capitolo 4 - Manuale Teorico Pratico della Regione Emilia Romagna, Bologna, 2003

OcCC-ProClim, 2007. Organe consultatif sur les changements climatiques Suisse ProClim, 2007 in: L'impatto ambientale dello sci Montagna, neve e sviluppo sostenibile – quali prospettive di Simone Guidetti Ufficio Tecnico Ambiente CAI. Corso di aggiornamento Tutela Ambiente Montano (TAM) del Club Alpino Italiano, Leonessa (RI), 18 settembre 2010

OCSE - Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico in L'impatto ambientale dello sci - Montagna, neve e sviluppo sostenibile, quali prospettive - Corso di aggiornamento TAM, Leonessa (RI), 18 settembre 2010

Pellizzari L. e Sauli G., 2007 in Inerbimenti tecnici ad alta quota - Quaderni della ricerca n. 134 - Settembre 2011 – Regione Lombardia settore Agricoltura

Peratoner G, 2006 in Inerbimenti tecnici ad alta quota - Quaderni della ricerca n. 134 - Settembre 2011 – Regione Lombardia settore Agricoltura

Peratoner G., 2006 e Bottinelli A., 2008 in Inerbimenti tecnici ad alta quota - Quaderni della ricerca n. 134 - Settembre 2011 – Regione Lombardia settore Agricoltura

Peratoner G., 2006; Florineth F., 2007 e Conti G., 2005 in Inerbimenti tecnici ad alta quota - Quaderni della ricerca n. 134 - Settembre 2011 – Regione Lombardia settore Agricoltura

Piano E., 2004; Krautzer B., Wittmann H., Peratoner G., Graiss W., Partl C., Parente G., Venerus S., Rixen C., Streit M., 2006 in Inerbimenti tecnici ad alta quota - Quaderni della ricerca n. 134 - Settembre 2011 – Regione Lombardia settore Agricoltura

Pirovano C, Miriconi L., Barcella M., Bosi R., Bonardi L., Galluccio A., 2003; Relazione sullo stato dell'ambiente. Progetto Agenda 21 locale Parco Nazionale dello Stelvio

Rodaro P., 2007. Inerbimenti di piste da sci: esperienze in Alto Adige. Professione Montagna - Ambiente/Ingegneria Naturalistica - 91: 70-71

Romani M., citazioni; Pecetti, L., Romani M., De Rosa L., Franzini E., Della Marianna G., Gusmeroli F., Tosca A., Paoletti R., Piano E., 2008 in Inerbimenti tecnici ad alta quota - Quaderni della ricerca n. 134 - Settembre 2011 – Regione Lombardia settore Agricoltura

Schiechtl H. M. , 1972; Kock L., 1975; Spatz G., 1985; Peratoner G., Krautzer B., Graiss W., Venerus S., Partl C, 2005 in Inerbimenti tecnici ad alta quota - Quaderni della ricerca n. 134 - Settembre 2011 – Regione Lombardia settore Agricoltura

Società Meteorologica Subalpina, 2006. Cambiamenti climatici in Valle d'Aosta in: L'impatto ambientale dello sci Montagna, neve e sviluppo sostenibile – quali prospettive di Simone Guidetti Ufficio Tecnico Ambiente CAI. Corso di aggiornamento Tutela Ambiente Montano (TAM) del Club Alpino Italiano, Leonessa (RI), 18 settembre 2010

Ufficio bavarese per la protezione dell'ambiente, 2000 in Hahn F., 2004; Innevamento artificiale nelle Alpi - CIPRA-International alpMedia approfondimenti - dicembre 2004

Ufficio bavarese per la protezione dell'ambiente, 2001 in Hahn F., 2004; Innevamento artificiale nelle Alpi - CIPRA-International alpMedia approfondimenti - dicembre 2004

Ufficio federale dell'ambiente UFAM, 2007 in: L'impatto ambientale dello sci Montagna, neve e sviluppo sostenibile – quali prospettive di Simone Guidetti Ufficio Tecnico Ambiente CAI. Corso di aggiornamento Tutela Ambiente Montano (TAM) del Club Alpino Italiano, Leonessa (RI), 18 settembre 2010

Umweltbundesamt Oesterreich, 1992 in L'innevamento artificiale 1, 2007 - <http://www.orobievive.net/>

Vismara R., 2001. Protezione Ambientale. Esselibri-Simone Editore, Napoli

Normativa citata

- 1966. Direttiva 66/401/CEE del Consiglio del 14 giugno 1966 relativa alla commercializzazione delle sementi di piante foraggere. Gazzetta ufficiale n. 125 del 11.7.1966, pag. 2298
- 1981. Legge provinciale n. 6 del 26 febbraio 1981 concernente l'ordinamento delle piste da sci. Bollettino ufficiale del 31 marzo 1981, n. 17.
- 1985. Direttiva 85/337/CEE del Consiglio del 27 giugno 1985 concernente la valutazione dell'impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati. Gazzetta ufficiale n. L 175 del 05/07/1985 pagg. 40 - 48
- 1986. Legge 8 luglio 1986, n. 349 concernente l'istituzione del Ministero dell'ambiente e norme in materia di danno ambientale. Gazzetta ufficiale n. 162 del 15 luglio 1986 - Supplemento ordinario n. 59
- 1987. Legge provinciale del 21 aprile 1987, n. 7 concernente la disciplina delle linee funiviarie in servizio pubblico e delle piste da sci. Bollettino ufficiale del 26 aprile 1987, n. 19. Supplemento ordinario n. 2
- 1988. Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 10 agosto 1988 n. 377 concernente la regolamentazione delle pronunce di compatibilità ambientale di cui all'art. 6 della legge 8 luglio 1986, n. 349, recante istituzione del Ministero

dell'ambiente e norme in materia di danno ambientale. Gazzetta ufficiale del 31 agosto 1988 n. 204

- 1988. Legge provinciale 29 agosto 1988, n. 28 concernente la disciplina della valutazione dell'impatto ambientale e ulteriori norme di tutela dell'ambiente. Bollettino ufficiale del 6 settembre 1988, n. 40. Supplemento ordinario n. 1
- 1988. Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 27 dicembre 1988 concernente le norme tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale e la formulazione del giudizio di compatibilità di cui all'articolo 6, legge 8 luglio 1986, n. 349, adottate ai sensi dell'articolo 3 del D.p.c.m. 10 agosto 1988, n. 377. Gazzetta ufficiale 5 gennaio 1989 n. 4
- 1989. Decreto del presidente della giunta provinciale 22 novembre 1989, n. 13-11/Leg. concernente il regolamento di esecuzione della L.P. 29 agosto 1988, n. 28 "Disciplina della valutazione dell'impatto ambientale e ulteriori norme a tutela dell'ambiente. Bollettino ufficiale del 30 gennaio 1990, n. 5. Supplemento ordinario n. 1
- 1992. Direttiva 92/43/CEE del Consiglio, del 21 maggio 1992, relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche. Gazzetta ufficiale n. L 206 del 22/07/1992 pag. 0007 - 0050
- 1994. Legge 22 febbraio 1994, n. 146 concernente le disposizioni per l'adempimento di obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia alle Comunità europee - Legge comunitaria 1993. Gazzetta ufficiale del 4 marzo 1994 n. 52 - Supplemento Ordinario n. 39
- 1996. Decreto Presidente della Repubblica 12 aprile 1996. Atto di indirizzo e coordinamento per l'attuazione dell'art. 40, comma 1, della Legge 22 febbraio 1994, n. 146, concernente disposizioni in materia di valutazione di impatto ambientale. Gazzetta ufficiale del 7 settembre 1996 n. 210

- 1997. Direttiva 97/11/CE del Consiglio del 3 marzo 1997 modifica della direttiva 85/337/CEE concernente la valutazione dell'impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati. Gazzetta ufficiale del 14.3.1997 n. L 73, pagg. 5–15

- 1997. D.G.R. n. 6/29567 del 1 luglio 1997 Direttiva sull'impiego dei materiali vegetali vivi negli interventi di ingegneria naturalistica in Lombardia. Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia del 29.7.1997, 1° Supplemento Straordinario al n. 31

- 1998. Decreto Presidente della Repubblica 11 febbraio 1998 concernente le disposizioni integrative al D.P.C.M. 10 agosto 1988, n. 377, in materia di disciplina delle pronunce di compatibilità ambientale, di cui alla L. 8 luglio 1986, n. 349, art. 6. Gazzetta ufficiale del 27 marzo 1998 n. 72

- 1998. Legge provinciale 24 luglio 1998, n. 7 concernente la valutazione dell'impatto ambientale. Bollettino ufficiale del 4 agosto 1998, n. 32

- 1999. Legge regionale 26 marzo 1999, n. 10 concernente la disciplina dei contenuti e delle procedure di valutazione d'impatto ambientale. Bollettino ufficiale regionale n. 29/1999

- 1999. Decreto Presidente della Repubblica 2 settembre 1999 n. 348 concernente il regolamento recante norme tecniche concernenti gli studi di impatto ambientale per talune categorie di opere. Gazzetta Ufficiale del 29 ottobre 1999 n. 240

- 2000. Convenzione Europea del Paesaggio, 2000; art. 1, comma a) della Convenzione Europea del Paesaggio, Firenze, 20 ottobre 2000; Gazzetta Ufficiale n. 16 del 20 gennaio 2006 - Supplemento ordinario n. 16

- 2001. Legge 16 marzo 2001, n. 108 concernente la ratifica ed esecuzione della Convenzione sull'accesso alle informazioni, la partecipazione del pubblico ai processi decisionali e l'accesso alla giustizia in materia ambientale, con due allegati, fatta ad Aarhus il 25 giugno 1998. Gazzetta Ufficiale n. 85 del 11 aprile 2001 - Supplemento Ordinario n. 80

- 2001. Direttiva 2001/42/CE del Parlamento e del Consiglio Europeo del 27 giugno 2001 concernente la valutazione degli effetti di determinati piani e programmi sull'ambiente. Gazzetta Ufficiale del 21 luglio 2001 n. L 197/30

- 2002. Legge regionale 16 agosto 2002, n. 27 concernente le disposizioni di riordino e semplificazione normativa – collegato alla Legge Finanziaria 2002 in materia di ambiente e difesa del suolo. Bollettino ufficiale regionale n. 82/2002

- 2003, D.G.R. n. 21-9251 del 05/05/03 Criteri e indirizzi per la tutela del paesaggio, Regione Piemonte - B.U.R. n. 23 del 05/06/03

- 2003. Legge 24 dicembre 2003, n. 363, concernente le norme in materia di sicurezza nella pratica degli sport invernali da discesa e da fondo. Gazzetta Ufficiale del 5 gennaio 2004 n. 3

- 2004. D.lgs. n. 42 del 22 gennaio 2004 Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137. Gazzetta ufficiale n. 45 del 24 febbraio 2004 - Supplemento Ordinario n. 28

- 2005. Delibera della giunta provinciale di Bolzano n. 2691 del 25.07.2005 concernente le direttive per le utenze di innevamento artificiale. Bollettino ufficiale del 16/08/2005 n. 33.

- 2006. Legge provinciale 30 gennaio 2006, n. 1, concernente la disciplina degli impianti a fune e prescrizioni per gli ostacoli alla navigazione aerea. Bollettino ufficiale del 7 febbraio 2006, n. 6 Supplemento ordinario n. 3

- 2006. Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 concernente le norme in materia ambientale. Gazzetta Ufficiale del 14 aprile 2006 n. 88 - Supplemento Ordinario n. 96

- 2007. Legge provinciale 5 aprile 2007, n. 2 concernente la valutazione ambientale per piani e progetti. Bollettino ufficiale del 17 aprile 2007, n. 16. Supplemento ordinario n. 3

- 2008. Decreto Legislativo 16 gennaio 2008, n. 4 concernente le ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale. Gazzetta Ufficiale del 29 gennaio 2008 n. 24 - Supplemento Ordinario n. 24/L

- 2008. Legge regionale 31 marzo 2008 - n. 10 Disposizioni per la tutela e la conservazione della piccola fauna, della flora e della vegetazione spontanea. Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia 1° Suppl. Ordinario al n. 14 del 4 aprile 2008

- 2008. Legge regionale 21 novembre 2008, n. 21 concernente la disciplina degli impianti a fune adibiti a servizio pubblico di trasporto, delle piste e dei sistemi di innevamento programmato e della sicurezza nella pratica degli sport sulla neve. Bollettino ufficiale n. 97/2008

- 2010. Decreto Legislativo 29 giugno 2010, n. 128 concernente le modifiche ed integrazioni al decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale, a norma dell'articolo 12 della legge 18 giugno 2009, n. 69. Gazzetta Ufficiale del 11 agosto 2010 n. 186 - Supplemento Ordinario n. 184

- 2010. Direttiva 2010/60/UE della Commissione del 30 agosto 2010 che dispone deroghe per la commercializzazione delle miscele di sementi di piante foraggere destinate a essere utilizzate per la preservazione dell'ambiente naturale. Gazzetta ufficiale dell'Unione europea n. L 228/10 del 31.08.2010

- 2010. Legge provinciale n. 14 del 23 novembre 2010 concernente l'ordinamento delle aree sciabili attrezzate. Bollettino ufficiale del 30 novembre 2010, n. 48.