

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO**  
**FACOLTÀ DI SCIENZE AGRARIE E ALIMENTARI**

**CORSO DI LAUREA IN**  
**VALORIZZAZIONE E TUTELA DELL'AMBIENTE E DEL**  
**TERRITORIO MONTANO**



**NATURA E PISTE DA SCI:**  
**ANALISI PEDOLOGICHE A LES MENUIRES, SAVOIE,**  
**FRANCE**

**Relatore:** Prof. Gian Battista Bischetti, Università degli studi di Milano

**Correlatore:** Prof. Franco Previtali, Università degli studi di Milano-Bicocca

**Elaborato finale di:** Gloria Carletti

**Matricola:** 796555

**Anno Accademico:** 2013 / 2014



# “NATURA E PISTE DA SCI: ANALISI PEDOLOGICHE A LES MENUIRES, SAVOIE, FRANCE”

## INDICE

<b>1. Introduzione</b> .....	<b>5</b>
<b>2. “Les Menuires”</b> .....	<b>7</b>
2.1 Storia locale della stazione sciistica .....	7
2.2 Inquadramento geografico della località “Les Menuires” .....	7
2.3 Uso del suolo e vegetazione .....	9
2.4 Fisiografia e geologia generale della regione .....	11
2.5 Clima (stazioni meteo locali) .....	11
<b>3. Lo sci</b> .....	<b>12</b>
3.1 Realizzazione di una pista da sci .....	12
3.1.1 Progettazione .....	12
3.1.2 Costruzione (valutazione impatto ambientale) .....	14
3.1.3 Rifiniture e inerbimento .....	15
3.2 Battitura delle piste .....	16
3.3 La neve .....	17
3.3.1 Neve naturale ed artificiale .....	17
3.3.2 Tecnologie per produrre neve .....	18
3.3.3 Impianto di innevamento .....	19
3.4 Competizioni sportive .....	20
3.4.1 Preparazione .....	20
3.4.2 Trattamento delle piste con sali .....	21
<b>4. Tecniche di rilevamento</b> .....	<b>22</b>
4.1 Localizzazione dei profili .....	22
4.2 Descrizione di campagna .....	23
4.3 Analisi di laboratorio .....	25
4.3.1 Preparazione dei campioni .....	25
4.3.2 Reazione (pH) in H <sub>2</sub> O e KCl .....	26
4.3.3 Capacità di scambio cationico .....	26
4.3.4 Cationi di scambio (Ca, Mg, Na, K) .....	26
4.3.5 Carbonio organico e azoto totale .....	27
4.3.6 Tessitura apparente .....	27

<b>5. Determinazioni analitiche dei suoli e discussione dei risultati .....</b>	<b>28</b>
5.1 Prove infiltrometriche .....	28
5.2 Prove penetrometriche .....	30
5.3 pH in H <sub>2</sub> O .....	32
5.4 Sostanza organica .....	33
<b>6. Pubblicazioni e indagini future .....</b>	<b>36</b>
<b>Conclusioni .....</b>	<b>37</b>
<b>Bibliografia .....</b>	<b>38</b>
<b>Ringraziamenti .....</b>	<b>40</b>

## 1. INTRODUZIONE

La scelta di questa tesi è derivata dalla mia curiosità, come maestra di sci e quindi attrice diretta delle problematiche inerenti la natura e le attività antropiche come le piste da sci.

Ho avuto occasione, grazie al prof. Franco Previtali, dell'Università degli Studi di Milano Bicocca, di poter effettuare un'attività di tirocinio con la prof.ssa Carmen de Jong del Mountain Centre dell'Università di Savoia (Le Bourget du Lac, Francia) e con loro ho partecipato alla preparazione di una comunicazione e di un poster presentati al congresso della International Association of Engineering Geology, Mercoledì 17 Settembre 2014, a Torino.

Le Alpi rappresentano un "hot spot" di biodiversità della massima rilevanza ecologica: accanto ad ambienti naturali, in molti casi apprezzati e protetti da enti locali o nazionali, per la loro bellezza incontaminata, coesistono aree profondamente modificate dall'uomo, che con le tecniche in suo possesso ha trasformato per fini economici e sociali.

Tra le attività antropiche che mettono a repentaglio la conservazione dell'ambiente alpino, le piste da sci, insieme agli impianti di risalita, alle attività ricettive ed a molte altre opere accessorie, costituiscono delle vere e proprie infrastrutture turistico-sportive, realizzate e gestite con notevoli alterazioni nel paesaggio, nella morfologia e negli equilibri geologici.

Per molte aree alpine gli sport invernali rappresentano la più importante fonte di reddito, intorno alla quale ruota la possibilità di sopravvivenza di molti paesi di montagna che altrimenti subirebbero uno spopolamento quasi totale, fatto che è già accaduto e che continua inesorabilmente per molte delle valli secondarie delle regioni alpine.

L'ecosistema alpino rappresenta un'allettante attrattiva per diversi bacini d'utenza, sia in estate, per gli amanti delle passeggiate, dell'arrampicata e delle varie attività outdoor, che in inverno per chi pratica lo sci alpino, lo snowboard, lo sci di fondo o le più tranquille passeggiate con le racchette da neve.

Da un punto di vista prettamente stagionale, il periodo dell'anno in cui si ha un "bombardamento" più intenso dell'ecosistema alpino, è l'inverno.

L'infrastruttura della stazione sciistica può essere sottoposta al rischio di smottamenti, cadute di massi, valanghe e alluvioni, mentre la produzione di neve artificiale e la manipolazione delle piste da sci possono generare frane, colate detritiche ed erosione.

Gestendo i rischi, spesso si ha un parziale successo dopo 4-5 decenni, in ogni caso molti impatti sono irreversibili.

Questo studio affronta in particolare le possibili ripercussioni ambientali e pedologiche, che incidono maggiormente nella formazione e nell'evoluzione dei suoli, arrecate dalla realizzazione, gestione e utilizzo delle piste da sci nelle Alpi francesi.

Scarse sono le ricerche scientifiche in merito alla costruzione, alla gestione e al mantenimento delle piste, alle tecniche e ai mezzi di innevamento artificiale, alle tecnologie impiegate e a tutti i preparativi di cui una pista da sci necessita per essere sfruttata nel migliore dei modi dagli amanti dello sci in generale.

La ricerca è avvenuta interrogando personale di settore quali direttori di stazione, adetti agli impianti, maestri di sci e Corpo Forestale.

Sono state prese in esame due stazioni francesi, ma in questo elaborato ci si è soffermati sulle analisi dei suoli prelevati all'interno di uno dei più vasti e rappresentativi comprensori sciistici al mondo, quello di "Les 3 Vallées", in Francia.

In particolare la sperimentazione ha riguardato la stazione di Les Menuires, situata nel cuore della Savoia olimpionica, ad un'altitudine compresa fra i 1450 e i 3200 m s.l.m.

Ci si è proposti di studiare i suoli sia su piste da sci che al contorno, in aree a prato e arbusti, per poter paragonare tra loro diversi usi del territorio.

L'analisi dei suoli è stata effettuata mediante:

- 1) descrizione della stazione e delle proprietà morfologiche
- 2) prove di infiltrazione e di penetrabilità nel terreno in loco
- 3) prelievi di suolo e terreno a diverse profondità
- 4) analisi chimiche e granulometriche in laboratorio-suoli
- 5) classificazione e valutazioni pedologiche e ambientali.



*Piste "Stade", Les Menuires  
Photo: Carletti, May 2013*

## **2. LES MENUIRES**

### **2.1 STORIA LOCALE DELLA STAZIONE SCIISTICA**

La storia di Les Menuires comincia nella Savoia del 1960, quando nel comune di Saint-Martin-de-Belleville iniziarono i lavori per la costruzione del villaggio turistico.

Si trattava di un complesso costruito con i moderni canoni dei centri di villeggiatura, senza una storia alpina da raccontare, ma ben organizzato e ricco di opportunità.

La località è un esempio perfetto della breve storia quarantennale dello sviluppo dell'architettura montana, essa infatti vanta di essere contemporaneamente moderna e rispettosa dello stile tradizionale del villaggio, che utilizza legno e pietra.

Soltanto a partire dagli anni '80 gli abitanti di Belleville, determinati a conservare il loro patrimonio, accettarono di dividerlo con gli altri.

A quel punto, ciò che mancava, erano delle piste da sci ed un complesso di impianti di risalita comprendenti funivie, sciovie, seggiovie e telecabine che lo collegasse alle 3 Vallées, quindi decisero di creare, poco alla volta, le strutture e i collegamenti necessari per uno sviluppo di alta qualità, permettendo, insieme all'intero comprensorio delle 3 Vallées, di essere una delle migliori destinazioni internazionali per sport invernali.

La stazione ha ospitato lo slalom maschile della disciplina dello sci alpino durante i giochi olimpici invernali di Albertville del 1992, dove vinse la sua quarta medaglia olimpica (argento) Alberto Tomba.

### **2.2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELLA LOCALITA' "LES MENUIRES"**

L'area studiata fa parte del Parco della Vanoise, che è il primo parco nazionale francese, nato nel 1963, è situato nel dipartimento delle Alpi della Savoia, tra le valli dell'Arc e dell'Isère (detta Tarantasia), circondato dal Monte Bianco a nord, dal Gran Paradiso ad est e dal massiccio del Pelvoux a sud.

Insieme al Parco Naturale Regionale di Chartreuse e al Parco Naturale Regionale dell'Alto Giura ne fa una riserva grande quanto il Parco Nazionale di Yellowstone degli Stati Uniti d'America e l'area più grande d'Europa.

Il motivo principale della creazione del parco risiede nel tentativo di evitare l'estinzione dello stambecco nel massiccio della Vanoise.

La stazione sciistica Les Menuires, nel cuore della Savoia olimpica, fa parte della regione Rhone-Alpes, del prestigioso comprensorio Les Trois Vallées nella valle di Belleville tra Saint-Martin de Belleville e Val Thorens.

Il comune di Saint-Martin de Belleville, di cui fa parte Les Menuires, si estende per una superficie di circa 17,000 ettari.

Le piste da sci si sviluppano per più di 600 km nelle Trois Vallées, facendo parte della più grande area sciabile nel mondo, non includendo solo piste da sci ma offrendo anche numerose attività turistico-ricreative.

La stazione è situata a 1850 m s.l.m. e gli impianti sciistici si sviluppano da 1450 m a 3200 m.

La pista oggetto del presente studio è la “Stade” de Slalom Olympique, che parte da quota 2250 m e scende fino al cuore del paese a 1850 m.

È stata teatro delle gare di slalom speciale durante le Olimpiadi invernali di Albertville nel 1992 e tutt'ora è utilizzata per gare ed allenamenti grazie alla sua inclinazione pressoché costante e ripida per tutto il suo tracciato.

La pista è servita dallo skilift “Stade de Slalom” che sale appena sopra il paese a 1900 metri, segue l'andamento della pista (stranamente anche in curva) chiudendola sul lato sinistro.

Molto efficiente l'impianto di innevamento artificiale con cannoni su entrambi i lati della pista.

La stessa è chiusa a destra dalle reti di protezione che la dividono dal resto del comprensorio.

La pista Stade non è molto lunga ma la pendenza è abbastanza elevata e costante, anche il tracciato è molto regolare: un rettilineo in partenza, poi una curva lunga verso destra e il rettilineo finale, interrotto da due brevissimi cambi di pendenza.

È una pista molto emozionante anche se spesso chiusa per gare e allenamenti.



*Comprensorio sciistico Les Menuires*



## 2.3 USO DEL SUOLO E VEGETAZIONE

Les Menuires è una stazione moderna nata per un insediamento turistico-sportivo; prima degli anni '60 il territorio era conservato allo stato naturale, a fondo valle i boschi ed a monte i prati.

Si definisce comunità biotica “l'insieme di specie che occupano uno spazio definito e tra loro interagenti” (Pignatti 1995).

Il clima è uno dei fattori fondamentali che determinano una variazione spaziale (in latitudine e in altitudine) della vegetazione.

Si definisce fascia vegetale “l'unità elementare riconoscibile nella vegetazione naturale potenziale in relazione a variazioni di latitudine”.

È stata osservata, in tutte le valli alpine, una ripetizione regolare delle associazioni vegetali che si susseguono salendo dai fondovalle alle praterie, fino agli inospitali suoli detritici ai piedi dei ghiacciai, in relazione alle differenze di clima che si instaurano alle diverse quote.

All'aumentare dell'altitudine la temperatura si abbassa mediamente di 0.6 °C ogni 100 m e il regime delle precipitazioni si altera con trasformazione delle piogge in neve nelle stagioni invernali.

Sono state individuate delle fasce di vegetazione naturale generalmente riscontrabili su tutti i rilievi montuosi alpini.

Localmente vi sono ovviamente delle differenze, in funzione della particolare morfologia, esposizione, microclima, substrato roccioso, suolo, impatto dell'attività dell'uomo, ecc.

Tutti questi fattori generano degli ambienti differenti e costituiscono la diversità della flora dell'intera regione, che comprende circa 2000 diverse specie (soldanella, anemone, rododendro, astro, stella alpina, azalea, androsace, genepi e giglio martagone).

A partire dal fondovalle si succedono i seguenti orizzonti:

- di montagna (800 – 1500 m), in cui è quasi interamente situato il cuore del parco; è densamente boscoso e costituito essenzialmente da foresta di faggi e abeti. L'uomo ha marcato il passaggio, disboscando;
- subalpino (1500 – 2000 m), è il luogo delle brughiere a rododendri, mirtili, ginepri e anche qualche arbusto, come gli ontani verdi. Confinano con le foreste di conifere dove prosperano il larice, il pino e il pino cembro. L'abete rosso è limitato ai posti meno elevati in altezza;
- alpino (2000 – 3000 m), è la zona situata al limite degli arbusti. La neve cade in inverno e persiste per parte dell'estate a macchie. Lo spazio è composto da zone rocciose dove solo i licheni e qualche pianta sono capaci di sopravvivere. È occupato anche da vasti prati alpini, guarniti di fiori durante i mesi estivi;
- nivale (oltre 3000 m), a questa altitudine i ghiacciai ricoprono le cime. La vegetazione non si può sviluppare eccetto rari licheni.

In particolare la pista da sci studiata, presenta un manto erboso che non è di origine naturale, ma è stato realizzato e viene rinnovato dall'uomo con apposite sementi. E' necessario per frenare l'erosione e per facilitare i lavori di cura della neve nella stagione invernale; ha poi un ruolo fondamentale nel limitare la devalorizzazione paesaggista dell'area sciistica.

Su versanti più acclivi si ricorre al rimboschimento per prevenire il distacco di valanghe e smottamenti allo scioglimento delle nevi.

Nella parte non adibita a pista in cui si sono svolte le analisi relative al presente studio, sono state riconosciute alcune specie caratteristiche.

Il Carice della Fanghiglia (*Carex limosa*), detta anche “La laiche des boubiers”, sono in realtà molte specie erbacee, in apparenza simili per i non specialisti.

È una pianta perenne che cresce quasi esclusivamente in ambienti molto umidi e in condizioni climatiche fredde fra 1850 e 2100 m d’altitudine.

A causa della rarità del suo ambiente, il carice è stato classificato nelle specie protette.

Il Cardo Blu delle Alpi (*Eryngium alpinum*), detto anche “Le chardon bleu des Alpes” o anche “Regina delle Alpi”, appartiene alla famiglia delle Apiaceae (o Umbellifere).

È una pianta facile da riconoscere grazie al suo portamento, al colore blu ametista della sua infiorescenza e alle sue foglie basali indivise.

Il cardo è una pianta perenne di montagna che si sviluppa principalmente agli stadi montagnosi e subalpini.

Preferisce gli ambienti aperti: praterie e radure su suoli calcarei umidi e ricchi; è una specie che frequenta i canali di percorrenza delle valanghe.

Il cardo è una specie molto rara, tipica delle montagne europee.

Questa specie è minacciata principalmente dall’abbandono della mietitura o del pascolo.

La raccolta abusiva (per escursionisti o per la commercializzazione) ha, in alcuni punti, fatto fortemente regredire le popolazioni di cardo; infatti in Francia è protetto e la raccolta è severamente vietata.

La Rosolida (*Drosera rotundifolia*), “Les rossolis à feuilles rondes”, è una pianta cosiddetta “carnivora” perché “cattura” piccoli insetti attraverso le ciglia ghiandolari delle sue foglie.

Ha foglie tonde guarnite di multiple estensioni ciliate, ghiandolari e rossastre, e non può essere confusa con nessun’altra pianta.

La Rosolida a foglie tonde è una pianta perenne che si adatta agli ambienti umidi acidi, poveri in nutrienti. Si è sviluppata in Savoia agli stadi collinari e subalpini: a Saint Martin de Belleville fra 1900 e 2100 m.



*Vegetazione a Les Menuires*

## 2.4 FISIOGRAFIA E GEOLOGIA GENERALE DELLA REGIONE

Il vasto territorio in oggetto, pur essendo compreso nella regione alpina, si scinde in unità fisografiche diverse per aspetto e caratteri naturali, ciascuna delle quali ha una fisionomia particolare e spesso anche un proprio nome.

Geologicamente l'area trattata è inclusa nella zona intra-alpina (costituita da scisti, arenarie, quarziti e conglomerati), formante il massiccio della Vanoise (3861 m nella Grande-Casse) e del Gran Paradiso.

Questo vasto massiccio d'alta montagna presenta tracce della storia geologica e geomorfologica di questa parte delle Alpi: i fenomeni glaciali sono imponenti, il Dome de Chassefort è la seconda calotta glaciale alpina, dopo quella del Monte Bianco, mentre il resto del parco è occupato da praterie d'altitudine, rocce e fasce di detrito.

Per le differenze di clima e la diversa costituzione geologica l'idrografia presenta notevoli diversità tra la zona alpina e quella prealpina. Quest'ultima, infatti, per la grande permeabilità del suolo, in prevalenza calcareo, ha una circolazione superficiale ridotta, mentre tutta la zona alpina è ricchissima di acque.

La Savoia appartiene al bacino del Rodano cui invia le acque direttamente per mezzo di numerosi affluenti.

La diversità dei suoli e del clima si rispecchia anche nel regime dei corsi d'acqua, che può essere glaciale con magre nella stagione invernale e piene in agosto (ad alte quote), nivale con massimo in giugno (a basse quote) nei fiumi alpini, pluvio-nivale con massimo in aprile-maggio e massimo secondario in autunno nei fiumi prealpini.

La Savoia conta numerosi bacini lacustri, per lo più di origine glaciale, sia i minori disseminati nelle alte valli, sia i maggiori (laghi di Annecy, 28 kmq., e del Bourget, 44,5 kmq.) che si trovano nelle Prealpi.

## 2.5 CLIMA

La regione, in generale, possiede un clima oceanico, ma presenta variazioni molto rilevanti a seconda dell'altimetria, esposizione, ecc.

Le temperature medie annue oscillano da 8° a 5° nelle alte valli alpine e nelle Prealpi e scendono a meno di 5° nei massicci cristallini.

Le estati sono calde, gli inverni lunghi e rigidi, con notevoli escursioni annue e diurne.

I grandi rilievi montuosi attirano forti precipitazioni che raggiungono una media annua di 3000-3500 mm nei più elevati massicci cristallini, nelle Prealpi settentrionali e nei tronchi superiori di alcune valli alpine; nel rimanente le piogge si aggirano sui 2000-2500 mm annui, e solo in alcune valli interne, riparate dai venti di SO, si hanno medie notevolmente inferiori (800 mm).

Le piogge, abbondanti in ogni stagione, hanno un massimo autunnale (ottobre), un massimo secondario in estate (luglio) e un minimo invernale.

A causa delle altitudini gran parte di queste precipitazioni cade sotto forma di neve, il cui limite permanente si aggira sui 2500 m nelle Prealpi settentrionali; nei massicci cristallini sale fino ai 3000 m. I ghiacciai ricoprono una superficie di 410 kmq.

Il gradiente termico verticale, per la regione alpina, è di circa - 0,51 °C/100 m.

### **3. LO SCI**

Questo capitolo è il risultato di osservazioni personali in campo, colloqui con operatori addetti alle piste e lettura di numerosi articoli e pubblicazioni sui diversi temi relativi alle piste da sci.

#### **3.1 REALIZZAZIONE DI UNA PISTA DA SCI**

Una pista sciistica o pista da sci costituisce una vera e propria infrastruttura turistico-sportiva, avente caratteristiche tecniche e strutturali ben definite.

Una pista di sci è un tratto di pendio montano, coperto dal manto nevoso sia naturale sia artificiale (quest'ultimo ottenuto attraverso l'innevamento programmato), formante un sistema integrato con gli impianti di risalita, i mezzi battipista, la rete stradale di accesso e gli edifici turistici ricettivi; quindi attrezzato per la pratica dello sci alpino.

Le piste possono essere di diversi livelli (dai campi-scuola e le piste blu per i principianti, alle rosse e nere per i più esperti) e nel tempo sono state affinate specifiche tecniche di costruzione e manutenzione, soprattutto negli ultimi anni, nei quali lo sciatore si è fatto estremamente esigente in termini di sicurezza, sciabilità e divertimento.

In estate pendii a prato o bosco vengono prima attentamente studiati, quindi sbancati, ricoperti di un sottile strato di terreno e rinverditi.

In autunno si procede al taglio dell'erba e con le prime nevi comincia il lavoro del battipista.

Le operazioni vengono eseguite sotto il controllo della società che gestisce la stazione, per conseguire la migliore offerta che attragga una clientela quanto più numerosa possibile.

Qui di seguito sono trattate in dettaglio le diverse fasi per la realizzazione di una pista. Gli impegni che una stazione sciistica si assume possono variare in funzione della destinazione della pista, che può essere sia per turisti, sia per tracciati ospitanti competizioni ad elevato livello.

##### **3.1.1 PROGETTAZIONE**

Essendo una fase in cui si va a modificare pesantemente un'area già di per sé fragile, quale è la montagna, è fondamentale ricercare le strategie che meno impattano sul paesaggio, sulla stabilità del versante e sugli ecosistemi naturali.

Nella progettazione di una pista da sci, sia essa rivolta ad un pubblico di sciatori, snowboardisti o fondisti, è necessaria la collaborazione di professionisti di diverse discipline (sci, scienze forestali, ingegneria, agronomia, biologia e geologia) per ottenere una qualità compatibile con le esigenti aspettative attuali.

Proprio per questo vengono innanzitutto valutate le caratteristiche dei siti interessanti, onde evitare alterazioni ambientali di alto profilo.

Nel presente paragrafo vengono identificate tutte quelle misure atte a ridurre gli impatti ambientali ed a favorire il pronto rinverdimento delle aree soggette a movimento terra; inoltre vengono studiate e progettate tutte quelle opere di carattere bioingegneristico atte alla stabilizzazione dei versanti interessati dai tracciati delle piste stesse.

Una pista ben progettata, costruita correttamente e gestita con intelligenza ed in modo dinamico rappresenta un'ottima garanzia di sicurezza per lo sciatore.

Le variazioni climatiche suggeriscono di non progettare e realizzare piste ad una quota inferiore ai 1300-1500 m s.l.m. La pista deve avere una esposizione favorevole alla assolazione e ai venti: le esposizioni migliori sono quelle verso nord, nord-est, nord-ovest ma molto dipende dalle quote ove sono poste le piste. Il fenomeno è però attenuato dalla possibilità di ricorrere all'impiego dell' innevamento programmato. Un terreno "naturalmente" predisposto ad accogliere una pista ha bisogno di interventi artificiali molto limitati; nella costruzione delle piste da sci la tendenza in atto è quella di limitare al massimo i movimenti di terra assecondando il più possibile la morfologia dei luoghi. La pendenza media di una pista è in genere compresa fra il 20 e il 40%, il limite minimo che garantisca la sciabilità è del 6-8% e il massimo è rappresentato da pendenze del 60%. Le dimensioni dovranno essere proporzionali al flusso di sciatori previsto dalle portate degli impianti di risalita che servono la pista.

In complesso, relativamente alle caratteristiche tecniche della pista, il livello di difficoltà dovrà essere omogeneo e consentire ai battipista di lavorare agevolmente (con una larghezza minima di 10 m).

Dopo aver raccolto una documentazione topografica e dei rischi naturali, si può dare inizio a dei sopralluoghi, sia al suolo che con visioni aeree, sia in estate che in inverno, per studiare i possibili tracciati.

Una volta verificata la compatibilità ambientale, si procede con la definizione del tracciato e dei lavori necessari per le singole sezioni, che possono consistere in semplici scavi e riporti o in sbancamenti e realizzazioni di opere di sostegno.

Per non avere materiali di avanzo o per non dover importare materiale da altri siti, bisogna cercare di ottenere una buona compensazione tra scavi e riporti.

In caso di piste in bosco, è necessario valutare i disboscamenti necessari, per la pista stessa e per gli impianti di risalita, evitando eccessi e prestando attenzione agli effetti sul paesaggio. Contemporaneamente vanno progettate le opere accessorie: impianto di innevamento e reti di protezione.



*Lavori di costruzione per una nuova pista da sci*

### 3.1.2 COSTRUZIONE E VALUTAZIONE DELL'IMPATTO AMBIENTALE

Per la creazione e l'esercizio di impianti di sport invernali deve essere prescritta una valutazione obbligatoria di impatto ambientale (VIA), che ha il compito di esaminare il progetto alla luce delle attuali conoscenze tecnico-scientifiche, nonché di valutare i concreti effetti sull'ambiente, su persone, flora, fauna, suolo, acqua, aria, fattori climatici e paesaggio. Attraverso la VIA deve essere soprattutto garantito che prima della realizzazione di nuovi impianti vengano risanati ecologicamente gli impianti già esistenti, le piste e il territorio adiacente interessato; la realizzazione e l'esercizio degli impianti progettati vengano così regolati, attraverso delle direttive, in modo che non subentrino degli effetti negativi e attraverso un processo di assunzione di sempre nuovi elementi, vengano tenuti sotto controllo non solo il rispetto delle norme, ma anche l'efficacia degli impianti.

Gli studi di VIA devono comunque essere condotti conformemente allo stato della ricerca applicata sugli ecosistemi in montagna.

I principali esami necessari per i singoli ambiti di studio di VIA sono un'analisi pedologica, analisi morfologico-idraulica del terreno, analisi fitosociologica, analisi ecologico-forestale, analisi sulla fauna selvatica, perizie speciali ecologiche per la valutazione degli effetti degli impianti di innevamento sulla vegetazione e sul suolo, perizia speciale di igiene ambientale per gli impianti di innevamento artificiale, perizia speciale limnologica per impianti di innevamento.

La prima operazione per la costruzione di una pista da sci è l'apertura di strade di cantiere, che devono servire in fase di realizzazione per i lavori su impianti di risalita, linee elettriche, captazioni d'acqua e tracciato di pista. Successivamente in fase di esercizio lo svolgimento dei lavori di manutenzione estiva e, in inverno, l'accesso dei mezzi battipista o di soccorso alle aree sciabili.

Affinché la pista venga realizzata secondo il piano progettuale, si eseguono diversi lavori di sbancamento mediante mezzi meccanici (bulldozer, scavatori, pale, ecc.); è un'operazione molto complessa, innanzitutto per le dimensioni ed inoltre perché si devono creare avvallamenti, pendenze, cunette,... Sovente gli sbancamenti possono essere accompagnati da scavi in roccia con l'impiego di mine, murature (in cemento armato e in legno), opere di difesa massi, ponti, taglio di alberi. Inoltre, se si è effettuato un accurato studio preliminare, si possono direttamente eseguire le opere di drenaggio e le pose delle tubazioni per l'innnevamento artificiale, senza dover ricorrere ad interventi successivi. Le opere di drenaggio sono di fondamentale importanza per la regimazione delle acque; con esse si provvede alla raccolta e al convogliamento di acque superficiali e profonde, a regolare o ridurre la pressione delle acque interstiziali e ad attivare l'aerazione del suolo.

In questa fase il danno al paesaggio è devastante e la vulnerabilità all'erosione delle zone messe a nudo è estremamente alta (un forte temporale provoca sicuramente franamenti). È opportuno quindi, non appena i lavori di movimenti terra siano terminati, procedere con i lavori di rifinitura.

### 3.1.3 RIFINITURE E INERBIMENTO

Complementari agli sbancamenti devono essere i lavori di ricostituzione dei suoli e del manto erboso.

Il materiale per formare i suoli di copertura viene recuperato dagli scavi mediante selezione gravitativa delle frazioni meno grossolane: una pala meccanica spinge verso il basso i volumi asportati e naturalmente le porzioni maggiori rotolano più a valle. Completando con un lavoro manuale di spietramento e con macchine schiacciasassi, si riesce ad ottenere materiale sufficiente a creare uno spessore superficiale di circa 20 cm.

Per controllare lo scorrimento delle acque superficiali è indispensabile la formazione di scoline, ovvero canalette, generalmente in terra, delle dimensioni 30\*40 cm, disposte trasversalmente alla pista. Vanno opportunamente calcolate le pendenze delle singole scoline e le spaziature tra esse, affinché siano efficienti nello smaltire rapidamente l'acqua di ruscellamento, che viene poi convogliata ad un torrente o canale di scolo. Per dare maggiore solidità alle scoline, è possibile pavimentarle con pietre o perfino rivestirle con del cemento. In estate andrà controllato che non si siano create delle ostruzioni.

L'ultima fase è quella dell'inerbimento artificiale, per cercare di ricreare in maniera accelerata un ecosistema semi-naturale distrutto a seguito di eventi traumatici, quali le operazioni meccaniche.

L'inerbimento consiste nello spandimento di una selezionata miscela di semi atti allo sviluppo nell'habitat di destinazione e in una fertilizzazione per apportare gli elementi nutritivi indispensabili alle piante (N, P, K).

Le specie erbacee dovranno essere perenni, adatte al clima e alla copertura pedologica del posto e con rapido attecchimento.

In genere vengono scelte da due famiglie, le graminacee e le leguminose. Le prime attecchiscono rapidamente e stabiliscono una buona copertura del suolo. Le leguminose invece presentano un radicamento potente e sparso che consolida bene il suolo e sono in grado di fissare l'azoto atmosferico, grazie ai batteri simbiotici, potendo così far fronte autonomamente alla povertà di azoto del suolo.

La semina viene fatta manualmente, a spaglio, o con la tecnica dell'idrosemina, un efficiente sistema che dà risultati rapidi e sicuri facendo uso di un idrante che irrori una miscela ad alta pressione di acqua, semi, fertilizzanti ed eventuali agglomerati.

Sarebbe ottimale effettuare a complemento dell'inerbimento un fissaggio, ad esempio mediante geojuta (georete in juta a maglia quadrata di 4x4 cm).

Infine vengono posizionate le varie attrezzature di servizio pista, come reti di protezione e pali.

Da un'indagine del 1982 effettuata dal Cemagref (Tesi di Laurea "Conseguenze pedologiche della costruzione, gestione e utilizzo delle piste da sci" di Ester Bernardelli, A.A. 2002-2003), attuale Irstea, su inerbimenti realizzati in 121 stazioni francesi, si è potuto evidenziare che:

- sopra i 2300 m non è possibile effettuare un rinverdimento artificiale;
- tra i 1800 e i 2300 m si ottengono risultati positivi se si concima correttamente;
- sotto i 1800 m i risultati sono positivi.

Negli anni successivi all'inerbimento si effettuano opere di manutenzione come sfalcio, decespugliamento o pascolo.

### 3.2 BATTITURA DELLE PISTE

La preparazione, la manutenzione e la battitura della neve nelle stazioni sciistiche consistono in operazioni complesse e costose, richiedenti un grande lavoro e una buona abilità e professionalità da parte dei gestori e degli operatori del comprensorio sciistico.

Questo tipo di operazioni vengono effettuate mediante l'utilizzo di speciali mezzi cingolati, gatti delle nevi, dotati di attrezzi per spostare, fresare e battere la neve.

Inizialmente la battitura fu inventata per le necessità delle competizioni e veniva praticata con gli sci o anche a piedi, ma con la trasformazione dello sci ad attività turistica iniziò la meccanizzazione.

Comparvero prima dei rulli trainati dagli addetti alle piste, poi vennero le prime macchine fino agli attuali gatti, potenti e ad alte prestazioni, che richiedono un notevole impegno gestionale, in termini monetari in tutte le loro fasi di vita, in termini di manutenzione e in termini di guida.

Oltre alla conoscenza tecnica sull'utilizzo delle attrezzature e dei macchinari, è necessaria una lunga esperienza, quindi pratica e precisa conoscenza della neve, derivante da una continua presenza sul campo nelle diverse condizioni meteorologiche e stagionali.

Le operazioni del battipista mirano a ridurre e arrotondare i grani di neve e ad aumentare la densità, inducendo così una maggiore resistenza meccanica della copertura nevosa.

In una stagione normale, ovvero con nevicate abbondanti prima dell'apertura degli impianti, la prima fase della preparazione consiste nel compattare la neve fresca caduta passando su e giù per le piste con i gatti delle nevi. Passare con i gatti per le piste garantisce il mescolamento della neve e consente di compattarla al meglio, al fine di garantire una buona qualità della neve in pista per gran parte della stagione.

In secondo luogo, prima dell'apertura degli impianti di risalita, si ricorre all'uso della fresa. La fresa consente una lavorazione omogenea della pista ed una distribuzione uniforme della qualità e tipo di neve in tutto lo strato di neve compattata. L'uniformità fino agli strati più profondi è il requisito necessario per avere una pista di qualità.

Per la preparazione di piste ripide si utilizza il verricello, uno strumento completamente automatizzato che aiuta l'autista del gatto della neve a preparare al meglio la pista senza rischiare di rovinare gli strati della neve.



*Gatto delle nevi al lavoro con l'utilizzo di verricello su una pista ad elevata pendenza*



### 3.3 LA NEVE

#### 3.3.1 NEVE NATURALE ED ARTIFICIALE

La neve è una forma di precipitazione atmosferica solida avente come unità elementare i cristalli di ghiaccio, i quali hanno forme differenti in base all'origine che hanno avuto nell'atmosfera.

I cristalli appena formati per cattura diretta del vapore ambientale assumono, inizialmente, la forma di una microscopica piastrina esagonale che si accresce mano a mano che, durante il suo movimento nell'aria satura della nube, aggrega a sé altre molecole di vapore e gocce di acqua sopraffusa, mantenendo però la stessa forma di prismi esagonali allungati.

La forma di accrescimento avviene in modo diverso a seconda delle fasce di temperatura in cui avviene il fenomeno: tra 0 °C e -4 °C si formano delle lamelle esagonali piatte o "plates"; intorno a -6 °C la piastrina cresce in spessore, formando sottilissimi aghi o "needles" di sezione sempre esagonale; nell'intervallo compreso tra -10 °C e -12 °C, l'aumento della dimensione dei cristalli avviene nel senso maggiore dell'esagono iniziale, formando piastrine esagonali più ampie come prismi o colonne; sotto a -12 °C e fino a -18 °C, la crescita avviene ai vertici con la formazione di dendriti che conferiscono, alla piastrina iniziale, la forma stellare a sei punte; sotto i -18 °C, la crescita avviene ancora nel senso dell'altezza, dando luogo alla formazione di prismi esagonali cavi internamente.

La possibilità che i cristalli di neve perdurino durante tutta la fase di caduta nell'atmosfera dipende dal livello dello zero termico, dalla temperatura media dello strato tra la base della nube e il suolo e dall'umidità di tale strato, dalla dimensione e dal peso dei fiocchi.

La densità della neve appena caduta è di solito compresa tra 60 e 120 kg/m<sup>3</sup>, ma può variare fino a valori compresi tra 20 e 300 kg/m<sup>3</sup>; densità maggiori caratterizzano la neve umida e quella trasformata dal vento.

Per quanto riguarda la neve artificiale, essa si ottiene per solidificazione di gocce d'acqua nebulizzate che a contatto con l'aria fredda ghiacciano prima di toccare il suolo.

Le particelle che fungono da nuclei di congelamento sono indispensabili per la formazione dei cristalli di neve. La struttura dei cristalli, a differenza di quelli naturali, è più compatta, più impermeabile e meno isolante.

Le dimensioni delle gocce, che andranno a costituire cristalli di forma granulare, sono comprese tra i 10 ed i 700 micron. La densità è elevata, tra i 360 e 450 Kg/m<sup>3</sup> e le trasformazioni fisiche sono ridotte.

Questa "neve" è molto diversa da quella naturale poiché nelle nuvole si formano cristalli ramificati e sviluppati secondo forme a volte molto elaborate, mentre il processo ricreato dall'uomo forma sferette ghiacciate poco sviluppate simili a neve già trasformata.

In molti casi addirittura, per effetto della temperatura prossima allo 0 °C e del breve tragitto percorso dalle goccioline, il processo di congelamento avviene solo all'esterno delle goccioline d'acqua e si formano delle sferette ghiacciate con un nucleo interno di acqua ancora allo stato liquido: in questo caso il processo termina a terra con il progressivo congelamento di tutto il grano.

### 3.3.2 TECNOLOGIE PER PRODURRE NEVE

Negli ultimi decenni hanno trovato largo impiego in vari comprensori sciistici diversi dispositivi per la produzione di neve artificiale o “programmata”, le motivazioni sono multiple:

- la necessità di sopperire alla carenza dell’inizio stagione e garantire l’apertura almeno per le feste natalizie
- intervenire durante la stagione sui punti più esposti alla degradazione della coltre nevosa, a causa di fattori meteorologici (sole e vento) e per l’azione degli sciatori, particolarmente visibile su passaggi obbligati a forte pendenze e in generale sulle piste che raggiungono un elevato numero totale di passaggi
- offrire la possibilità di rientro con gli sci, che trasmette una buona immagine della stazione al turista
- migliorare la distribuzione dei flussi di sciatori
- garantire lo svolgimento di una competizione sportiva.

I primi sistemi di innevamento artificiale vennero installati nel 1950 negli Stati Uniti; nel decennio successivo si effettuarono diverse prove, ma solo dalla seconda metà degli anni ’60 cominciarono ad arrivare progressi significativi e negli anni ’70 nacque l’industria per la fabbricazione artificiale della neve; in Italia le prime tecnologie arrivarono nel 1975.

Gli impianti di innevamento cercano di riprodurre meccanicamente la formazione della neve, con caratteristiche il più vicine possibili a quelle della neve naturale, ricorrendo però ad un utilizzo sempre più consistente di risorse idriche.

Si distinguono due principali tipologie di macchine, dette cannoni per la neve:

- ad alta pressione: nel corpo del cannone vengono miscelate acqua ed aria ad alta pressione e l’espulsione avviene da un singolo ugello; la formazione dei cristalli di ghiaccio avviene per espansione e superraffreddamento della miscela; è un sistema che crea un getto concentrato e di buona gittata, caratterizzato da elevata produttività anche a temperature relativamente alte, ma che richiede notevole impegno di energia
- a bassa pressione: una serie di ugelli disposti a corona spruzzano acqua o una miscela di aria e acqua solo debolmente in pressione, e una ventola produce un flusso d’aria che ne permette l’espulsione e la nebulizzazione; è necessario predisporre una rete elettrica lungo le piste per azionare le ventole; permette un miglior controllo nella distribuzione della neve.

La produzione di neve (“snowmaking”) richiede quindi la gestione dell’approvvigionamento idrico e la profonda conoscenza delle condizioni meteorologiche.

Partendo da zero, su una superficie ben preparata, è possibile realizzare una copertura nevosa variabile tra 15 e 40 cm, che preparata in novembre ed integrata nel corso della stagione, consente la normale pratica sciistica.

In presenza di innevamento naturale, la percentuale di neve prodotta varia in maniera consistente con le condizioni meteorologiche.

### 3.3.3 IMPIANTO DI INNEVAMENTO

La realizzazione di un impianto di innevamento richiede una specifica progettazione, che può essere effettuata contemporaneamente alla realizzazione della pista da sci o in un secondo tempo, necessaria alla scelta del sistema più idoneo in base alla stazione nonché al corretto dimensionamento.

Per una corretta progettazione è necessario tenere in considerazione: la copertura del comprensorio che si vuole realizzare, le disponibilità idriche ed energetiche e le condizioni di temperatura, umidità e vento in cui si opererà.

Le principali componenti dell'impianto di innevamento sono:

- prese d'acqua: l'acqua può essere prelevata da sorgenti, pozzi, corsi d'acqua o acquedotti; con la fusione primaverile rientrerà nel ciclo idrologico
- bacini di accumulo: generalmente, per avere sempre acqua disponibile, si costruiscono dei bacini di accumulo, laghi o vasche interrato, tendenzialmente collocati in quota per portare l'acqua alla maggior parte dei cannoni per semplice ricaduta
- pompe d'acqua: pompe per l'invio d'acqua ai cannoni; possono esserci anche pompe di prelievo alle prese dell'acqua e per i sistemi di raffreddamento dell'acqua e dei compressori
- compressori dell'aria: per gli impianti ad alta pressione
- tubazioni: per l'acqua e per l'aria, quasi sempre sono interrato
- prese per i cannoni: punti di collegamento dei cannoni alle tubazioni e anche alle linee elettriche per il sistema a bassa pressione, lungo il bordo pista
- cannoni: ad alta o bassa pressione, fissi o mobili.

In fase di produzione di neve, si decide riguardo le quantità di acqua da erogare in funzione del tipo di neve che si vuole ottenere e la distribuzione spaziale.



*Snowmaker in azione con acqua prelevata dalla riserva idrica artificiale*

### **3.4 COMPETIZIONI SPORTIVE**

Le competizioni, in particolare le specialità alpine comprendenti discesa libera, super gigante, slalom gigante, slalom speciale, ebbero un ruolo fondamentale nello sviluppo delle stazioni sciistiche.

La possibilità di accogliere gare riconosciute dalle federazioni sportive nazionali ed internazionali (F.I.S.I. e F.I.S.) costituisce un elemento di grande prestigio e richiamo turistico per l'immagine che viene trasmessa nei confronti della stazione.

Affinché una pista possa ospitare una gara, deve possedere una vera e propria omologazione rilasciata da un ispettore federale a seguito della predisposizione di una documentazione da parte dei responsabili della stazione sciistica quindi deve presentare precise caratteristiche tecniche che vengono stabilite da regole dettate dalle federazioni.

Viene posta la massima attenzione per la sicurezza degli atleti e per un corretto svolgimento della competizione.

Le caratteristiche dei tracciati devono rispettare precise regole, riguardanti larghezze, lunghezze, dislivelli, pendenze minime e massime, ecc. I percorsi devono essere preparati tre giorni prima della competizione.

Un grande lavoro è richiesto per la preparazione del manto nevoso, soprattutto in gare ad alto livello in cui devono essere garantite identiche condizioni per tutti i concorrenti, qualunque sia la condizione nivometeorologica.

La neve deve essere preparata in modo da consentire le massime prestazioni, ovvero compatta, consistente, priva di grumosità e resistente al forte stress causato dal passaggio degli atleti; le operazioni vengono eseguite da un'apposita squadra di operatori coordinate da un direttore di pista, una persona con notevole esperienza di gare e pratica conoscenza della neve e delle sue trasformazioni.

Non esiste una metodica precisa e applicabile in tutte le situazioni, poiché le condizioni variano sempre e sono singolari in ogni caso.

In vista di una gara, oltre che cominciare i lavori di cura della pista fin dall'inizio della stagione, si interviene con tecniche apposite, che comprendono la pratica di gettare acqua per ghiacciare la pista e il trattamento con sali (si sfrutta l'abbassamento del punto di congelamento del liquido in cui si sciogliono), comunemente indicati come "concimi".

L'obiettivo è ottenere della neve con alta coesione e resistenza meccanica, tenendo conto delle particolari condizioni meteorologiche.

#### **3.4.1 PREPARAZIONE**

La battitura della pista riesce ad aumentare la resistenza e la tenuta della neve se innesca i seguenti fenomeni: "diminuzione della grandezza dei grani, formazione di gradi di grandezze differenti, arrotondamento dei grani, densificazione". "Queste azioni permettono alla neve [...] di solidificare per addensamento e calcificazione in modo naturale" (Fauve, 2001).

### 3.4.2 TRATTAMENTO DI PISTE CON SALI

Le sostanze che vengono utilizzate per compattare/indurire la neve appartengono a due categorie: endotermiche ed esotermiche. La principale differenza è che le prime vengono impiegate con temperature alte e nevi umide, mentre le seconde si possono utilizzare quando la neve è talmente fredda e polverosa da non riuscire a compattarsi.

In gran parte d'Europa vengono fondamentalmente utilizzate le sostanze a reazione endotermica.

I reagenti endotermici sono prodotti che tolgono dalla neve il calore e l'umidità compattando i cristalli di ghiaccio, i quali si ricongelano e creano una base solida. I principali sono: solfato di ammonio, cloruro di sodio, cloruro di potassio e urea (fertilizzante azotato). Risulta però, nonostante le difficoltà di reperimento delle relative informazioni, che trovino anche impiego composti organici e particolari batteri.

Nei luoghi in cui esistono il tempo e le risorse e per le competizioni ad elevato livello, vengono sparse direttamente dal gatto delle nevi durante la battitura, alcuni giorni prima della gara, altrimenti possono essere utilizzati il giorno stesso e all'occorrenza.



*Preparazione pista da sci per competizione sportiva ad alti livelli*

## **4. TECNICHE DI RILEVAMENTO E DETERMINAZIONI ANALITICHE SUI SUOLI**

Il suolo è un corpo naturale tridimensionale, costituito da componenti minerali, organici e organo-minerali, sviluppatosi ed evolvente sulla superficie della crosta terrestre, sotto l'influenza di fattori genetici ed ambientali (USDA-NRCS, 2014).

È un'entità che, a partire da disgregazione e alterazione di materiale minerale e organico, si trasforma nel tempo attraverso i processi pedogenetici, sotto lo stretto controllo di clima, organismi animali e vegetali, rilievo, roccia madre e altri fattori (quali acque superficiali e sotterranee e attività antropica).

Le caratteristiche e qualità dei suoli sono così funzione di fattori naturali e degli usi che l'uomo fa del territorio.

I suoli vengono studiati nel loro ambiente mediante l'osservazione del profilo pedologico, successione verticale degli orizzonti pedologici, risultanti da trasformazioni, migrazioni, spostamenti di elementi costitutivi del suolo.

Di tali orizzonti si effettua una descrizione morfologica, quindi si procede al loro campionamento, in funzione degli obiettivi specifici dello studio.

I campioni vengono quindi portati in un laboratorio di analisi del suolo, dove si possono determinare diverse caratteristiche chimico-fisiche, dal pH alla curva di ritenzione idrica.

Nel presente lavoro sono state studiate e poste a confronto le coperture costituite in parte da terreno di riporto, in parte da suolo in posto, di una pista da sci, la Stade, e i suoli naturali e semi-naturali di prato, non interessati dall'attività sciistica.

### **4.1 LOCALIZZAZIONE DEI PROFILI**

Il rilevamento pedologico si è svolto nella primavera e nell'estate 2013, dal 18 al 26 Maggio e dal 14 al 23 Luglio, per un totale di 12 giorni di lavoro.

Sono stati aperti 3 profili sulla pista, da quota 1860 m a quota 2160 m.

Prevedendo una variabilità pedologica determinata più che da caratteri topografici e ambientali, dalle operazioni di scavo e rifinitura della costruzione delle piste, si è deciso di effettuare un campionamento alla partenza, a metà e in prossimità dell'arrivo della pista.

Parallelamente sono stati studiati altrettanti suoli fuori pista, 3 nel prato, alle medesime quote di quelli studiati sulla pista.

Il materiale da rilevamento che è stato utilizzato è il seguente: carte topografiche, bussola, altimetro, pala e piccone, coltello, acqua, metro rigido, carta e penna, macchina fotografica, schede di rilevamento e cancelleria, tavole Munsell, sacchetti in PE, penetrometro.

## 4.2 DESCRIZIONE DI CAMPAGNA

Lo studio dei suoli in campagna è consistito di diverse osservazioni e determinazioni.

Dopo l'annotazione dei caratteri principali della stazione (quota, pendenza, vegetazione, morfologia, ecc.), la descrizione del profilo si è articolata in:

1. fotografia del paesaggio e del profilo;
2. individuazione degli orizzonti: ci si è basati fondamentalmente su colore, tessitura e scheletro; il codice utilizzato per la designazione è quello del (World Reference Base for Soil Resources, 2014), che distingue tra:
  - H: orizzonte o strato caratterizzato da accumulazione di materiale organico e saturazione idrica per periodi prolungati;
  - O: orizzonte o strato costituito quasi completamente da materiale organico accumulato sulla superficie e in stato più o meno avanzato di decomposizione (Oa, sapric, altamente decomposto; Oe, hemic, a medio grado di decomposizione; Oi, fibric, a basso grado di decomposizione); gli orizzonti O sono anche indicati comunemente come lettiera;
  - A: orizzonte minerale che si forma in superficie o sotto un O; la struttura della roccia è stata totalmente o quasi obliterata, e sono presenti una o più delle seguenti proprietà: accumulo di sostanza organica umificata intimamente legata alla frazione minerale; proprietà risultanti dalla coltivazione, pascolamento, o disturbi affini; una morfologia che è differente dall'orizzonte B o C sottostante come risultato di processi riferiti alla superficie;
  - E: orizzonte minerale, con struttura originale della roccia completamente o quasi cancellata, caratterizzato da perdita d'argilla silicata, ferro e alluminio che produce una concentrazione residuale di sabbia e limo; si presenta decolorato e povero in elementi nutritivi;
  - B: orizzonte minerale di profondità, con totale o quasi obliterazione dell'originale struttura della roccia, ed avente uno o più dei seguenti caratteri: concentrazione illuviale di argilla silicata, ferro, alluminio, humus, carbonati, gesso o silice; evidenze di rimozione di carbonati; concentrazione residuale di sesquiossidi; rivestimenti di sesquiossidi che conferiscono un colore più rosso o più vivace; alterazione con formazione di argille silicate e/o liberazione di ossidi e acquisizione di struttura, fragilità;
  - C: orizzonte o strato incoerente, poco interessato dalla pedogenesi;
  - R: roccia dura sottostante il suolo.
  - W: banco di acqua, entro o sotto il suolo, talvolta gelata.

Si possono definire anche degli orizzonti di transizione, quando si trovano caratteristiche comuni o parti fisicamente separate riferibili a due diverse tipologie di orizzonti pedologici;

3. determinazione, per orizzonte, delle seguenti proprietà: spessore (misurato in cm); colore (determinato allo stato umido mediante le tavole Munsell); prova penetrometrica; limite inferiore (descritto per tipo e andamento). E' possibile stimare anche altri caratteri, quale la tessitura, che però durante il rilevamento non è stata considerata perché determinata in laboratorio;
4. prelievo dei campioni da analizzare in laboratorio.

Il campionamento è avvenuto per singolo orizzonte, lungo l'intero spessore ed escludendo le radici e le frazioni più grossolane dello scheletro.



*Apertura di un profilo*



*Misura della profondità del profilo*



*Prelievo del campione di terreno*



*Prova penetrometrica*



### 4.3 ANALISI DI LABORATORIO

Le analisi di laboratorio si sono svolte presso il laboratorio di Geopedologia dell'Università degli Studi di Milano Bicocca, nell'estate e nell'autunno 2013, per un totale di 10 giorni di lavoro.

#### 4.3.1 PREPARAZIONE DEI CAMPIONI

I campioni prelevati dai vari orizzonti sono stati conservati in sacchetti PE da 1 L.

Prima di iniziare con le analisi è necessaria la preparazione dei campioni, i quali vengono stesi su un vassoio di cartone, rompendo a mano gli aggregati di maggiori dimensioni; sono poi stati fatti essiccare all'aria per qualche settimana.

Allo scopo di frantumare il più possibile gli aggregati, si è trattato i campioni con mattarello o tappo di gomma dura, a seguire il materiale è stato raccolto con paletta e spazzola, per porlo sul setaccio da 2 mm, coperto con coperchio e scosso.

Il materiale non passato dalle maglie è stato svuotato sulla tavola e sono state ripetute le operazioni di frantumazione e poi di setacciatura.

Concluso il lavoro, si è gettato lo scheletro (diametro >2 mm) nel contenitore del terreno di scarto e posto la terra fine (diametro <2 mm) in un contenitore di plastica da 200 ml munito di etichetta.

Per alcune determinazioni, ad esempio, quella di C ed N con analizzatore elementare, veniva richiesta setacciatura completa a 0.2 mm, ovvero, il passaggio del materiale deve essere completo, non lasciando scarti.

Il risultato ottenuto si è quindi riposto in contenitore munito di etichetta.

Sulla frazione di terra fine sono state eseguite le determinazioni analitiche di: pH in H<sub>2</sub>O e in KCl, capacità di scambio cationico, cationi di scambio, carbonio organico e azoto totale, tessitura apparente.

Si è fatto riferimento ai metodi analitici indicati dal Ministero delle politiche agricole e forestali – Osservatorio nazionale pedologico e per la qualità del suolo (2000).



*Essiccazione dei campioni di terreno prelevati in campo*

#### 4.3.2 REAZIONE (pH) in H<sub>2</sub>O e KCl

Con pH del suolo si indica il pH della soluzione circolante.

La determinazione è avvenuta in una sospensione di 10.0 g di suolo, in 25 ml di acqua demineralizzata e di soluzione di KCl 1 M.

Le soluzioni sono state agitate con una bacchetta di vetro e lasciate riposare.

Una volta tarato il pH-metro ed agitati nuovamente i campioni, si è immerso l'elettrodo nella sospensione mantenuta in agitazione (muovendo quest'ultimo in senso circolare) e si è letto il valore del pH.

I risultati si esprimono in unità di pH con una sola cifra decimale.

#### 4.3.3 CAPACITA' DI SCAMBIO CATIONICO

La CSC, capacità di scambio cationico, è data dalla somma dei cationi scambiabili presenti sulle superfici degli scambiatori del suolo (colloidi, costituiti principalmente da sostanza organica e minerali argillosi).

La CSC è una misura della capacità di adsorbimento (accumulo netto di materia per formazione di complessi di superficie).

La determinazione si basa su un doppio scambio: prima una soluzione a pH 8.1 al bario cloruro (BaCl<sub>2</sub>\*2H<sub>2</sub>O) sposta i cationi adsorbiti in soluzione, poi con una soluzione di solfato di magnesio (0.05 mol/L MgSO<sub>4</sub>\*7H<sub>2</sub>O) si allontana il bario che si era sostituito ai cationi di scambio, così le particelle di suolo vengono saturate dal magnesio; titolando ioni magnesio residui (non adsorbiti) si risale alla CSC.

I risultati si esprimono in cmol/kg con una cifra decimale, o in modo del tutto equivalente in meq/100 g.

#### 4.3.4 CATIONI DI SCAMBIO (Ca, Mg, Na, K)

I cationi (basi) di scambio vengono determinati sull'estratto ottenuto per la determinazione della Capacità di Scambio Cationico (CSC) dopo lo scambio con il bario; i cationi vengono letti allo spettrofotometro ad assorbimento atomico con sistema di atomizzazione in fiamma.

Le basi di scambio si esprimono in cmol/kg con due cifre decimali.

Il tasso di saturazione in basi (TSB) si ottiene dividendo la somma dei cationi di scambio per la capacità di scambio cationico e si esprime in valore percentuale; per esprimere i risultati in cmol/kg bisogna dividere i valori di K per 390.983; Mg per 121.525; Na per 229.898 e Ca per 200.40.

#### 4.3.5 CARBONIO ORGANICO E AZOTO TOTALE

Il contenuto in carbonio organico e azoto totale è stato determinato mediante un analizzatore elementare carbonio-azoto.

Si sono macinati pochi grammi di terra fine in un mortaio di porcellana, in modo tale da polverizzarlo sin quando tutta la quantità presa passasse attraverso le maglie di un setaccio di 0.25 mm.

Dopo aver verificato l'assenza di carbonati nel campione (aggiungendo alcune gocce di HCl) si è posta una piccola quantità del campione, variabile a seconda del presunto contenuto di sostanza organica (valori bassi per contenuti elevati, e viceversa), e pesato con bilancia analitica a 5 decimali, in capsule di stagno per analizzatore.

Le capsule sono poi state richiuse e appallottolate, per inserirle nell'autocampionatore dell'analizzatore elementare e quindi sono state effettuate le misure.

I risultati (C organico, N totale) si esprimono in  $\text{g kg}^{-1}$ , con una sola cifra decimale.

#### 4.3.6 TESSITURA APPARENTE

La tessitura esprime il contenuto percentuale delle particelle di sabbia, limo e argilla, può essere stimata grossolanamente con esame manuale o essere misurata accuratamente in laboratorio con attrezzature particolari: levigatore, idrometro.

Con "tessitura apparente a cinque frazioni" si intende la tessitura determinata per dispersione (rottura degli aggregati) in soluzione acquosa 33.0 g/L di sodio esametafosfato, setacciatura a 0.1 mm e sedimentazione in acqua all'interno di un levigatore.

Con una speciale pipetta (pipetta di Esenwein), si prelevano dal levigatore 10 mL della sospensione acqua-suolo a tempi ben determinati, in funzione della temperatura ambiente.

Il principio su cui si fonda tale metodo è la separazione delle frazioni granulometriche in base alla diversa velocità di sedimentazione, in un liquido di quiete (legge di Stokes).

I risultati (contenuto in sabbia grossa e fine, limo e argilla) si esprimono in g/kg; per la classe di tessitura si fa riferimento alla classificazione USDA-NRCS (2014).



*Analisi della tessitura apparente in laboratorio*

## 5. DETERMINAZIONI ANALITICHE DEI SUOLI E DISCUSSIONE DEI RISULTATI

Le piste da sci, per come vengono costruite e trattate, presentano generalmente delle coperture pedologiche poco evolute, limitate nello spessore, con un'elevata percentuale di scheletro e con una struttura molto debolmente sviluppata e poco stabile.

La fertilità (disponibilità di elementi nutritivi e di acqua) è pertanto compromessa; a meno di fertilizzazioni e di condizioni locali particolarmente favorevoli, la crescita del cotico erboso è discontinua e rada.

Tutto questo è dovuto anche all'erosione idrica superficiale, costituente un importante fattore di degradazione dei suoli, che agisce disgregando ed asportando materiale pedogenizzato.

Il rilevamento e l'analisi dei suoli ha permesso di mettere in evidenza come le caratteristiche pedologiche possano essere altamente alterate e condizionate dall'attività antropica.

I terreni sedi delle piste da sci sono quindi artificiali e secondo il World Reference Base rientrano nella categoria dei tecnosol.

### 5.1 PROVE INFILTROMETRICHE

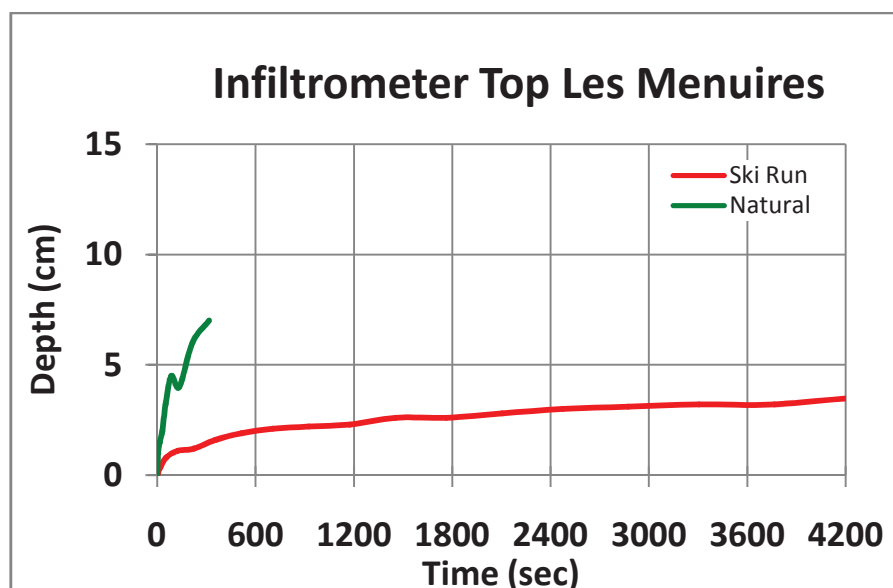
Dalle prove di infiltrazione è emerso che il terreno è molto meno permeabile sulla pista rispetto all'area naturale perché maggiormente compattato.

L'acqua non infiltrandosi nel terreno, crea dei ruscellamenti superficiali accelerando i processi di erosione dei suoli, causando nei casi più gravi smottamenti e zone franose.

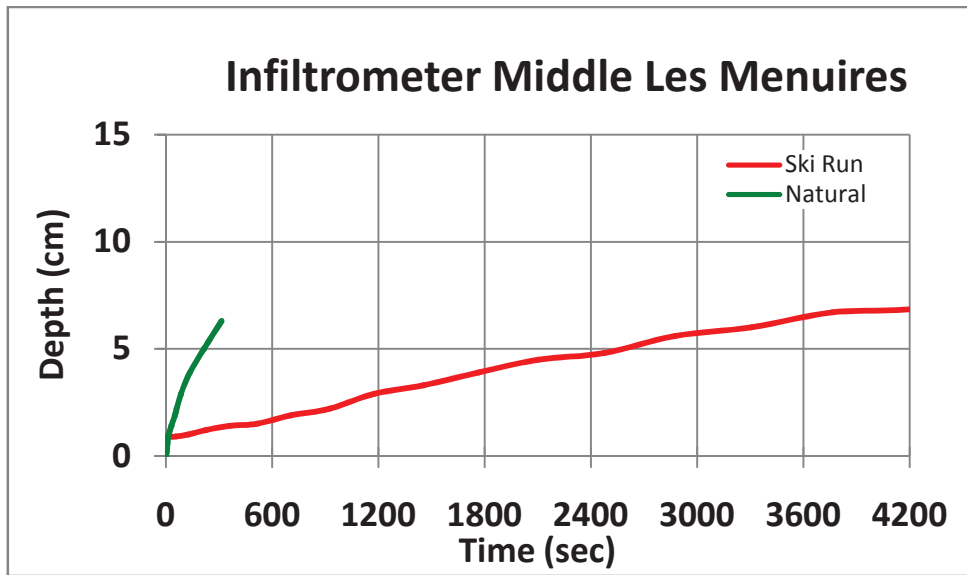
I seguenti grafici mostrano i risultati delle prove infiltrometriche effettuate sulla pista "Stade" di Les Menuires, differenziando per ogni grafico la differenza fra il sito naturale e il terreno ospitante la pista da sci.

A seguire si mostrano rispettivamente, le prove effettuate in cima, a metà e in fondo alla pista.

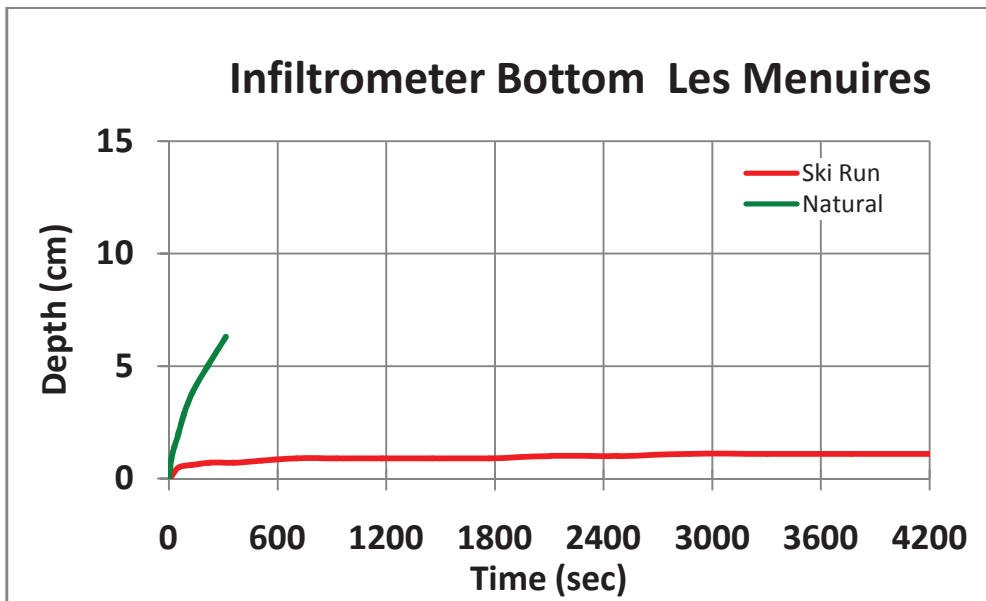
Prova infiltrometrica in cima alla pista:



Prova infiltrometrica a metà pista:

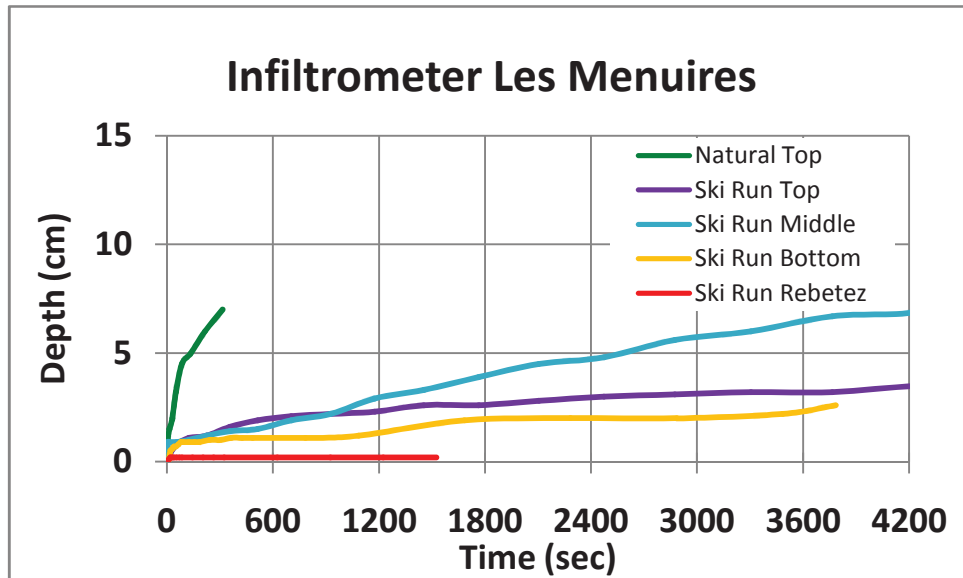


Prova infiltrometrica in fondo alla pista:



Si è inoltre voluto provare ad effettuare una prova infiltrometrica in una nuova pista, la “Rebetez”, costruita a Maggio 2013, adiacente la pista “Stade”.

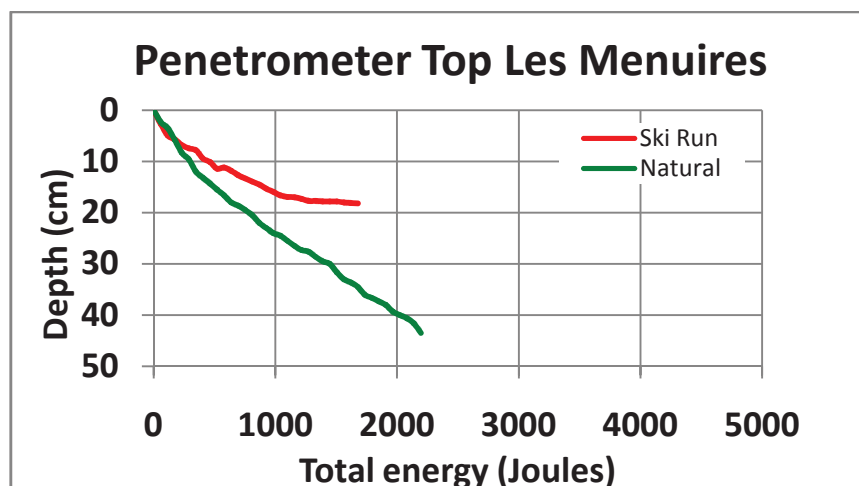
Il suolo della Rebetez è risultato completamente impermeabile, a causa delle operazioni dei mezzi meccanici.



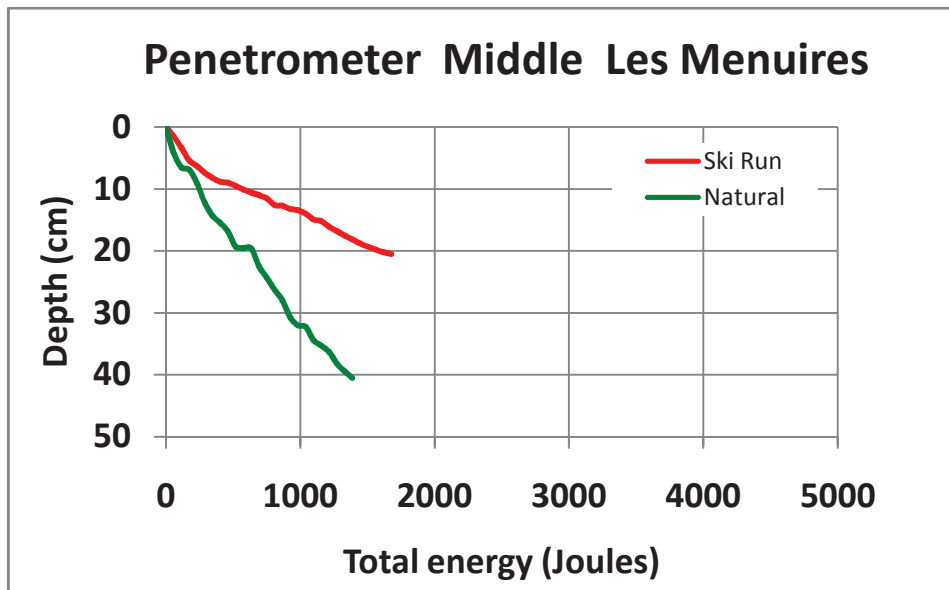
## 5.2 PROVE PENETROMETRICHE

Sono state eseguite alcune prove meccaniche, mediante penetrometro, da cui è emersa un'elevata resistenza negli orizzonti di profili aperti sulle piste da sci rispetto a quelli naturali, a causa dell'asportazione, durante la realizzazione delle piste, degli orizzonti superficiali dei suoli e dell'ulteriore compattazione durante la battitura delle piste. I grafici sottostanti riportano i risultati delle analisi penetrometriche, effettuate a tre differenti altitudini, in cima, a metà e in fondo alla pista, mettendo a confronto il sito naturale e l'area adibita a pista da sci.

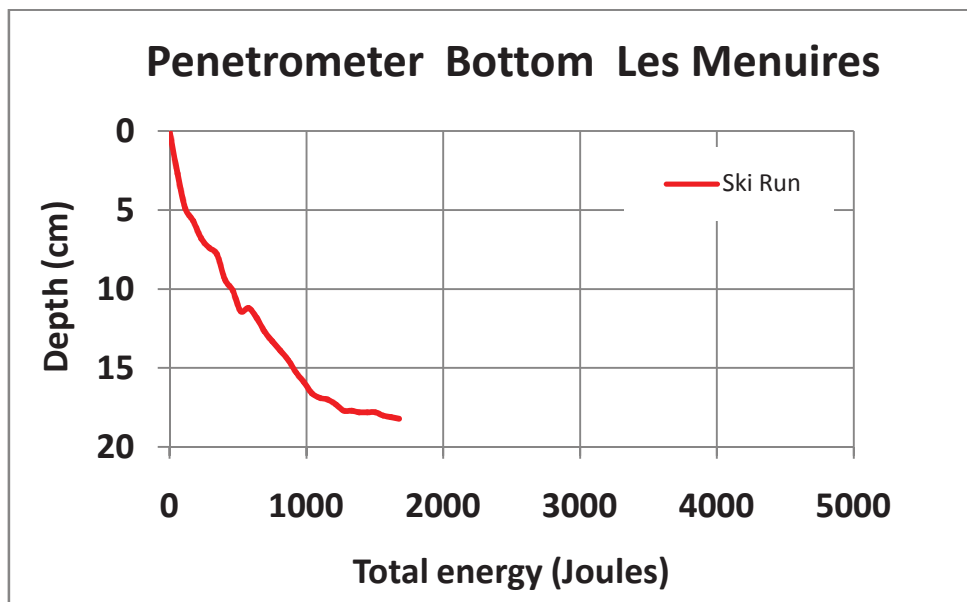
Prova penetrometrica in cima alla pista:



Prova penetrometrica a metà pista:



Prova penetrometrica in fondo alla pista:

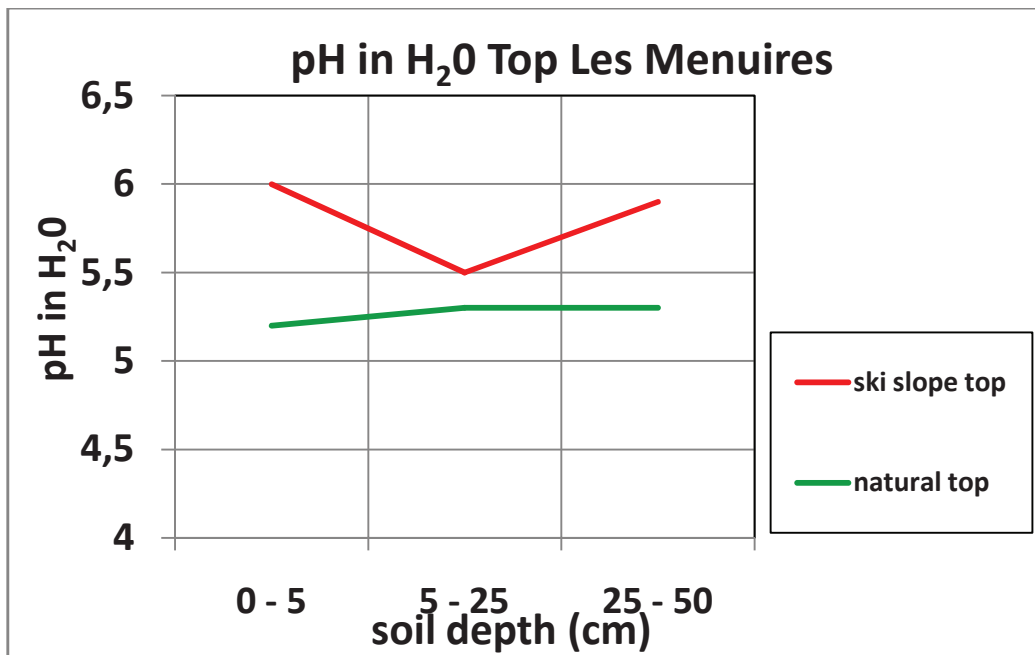


### 5.3 pH IN H<sub>2</sub>O

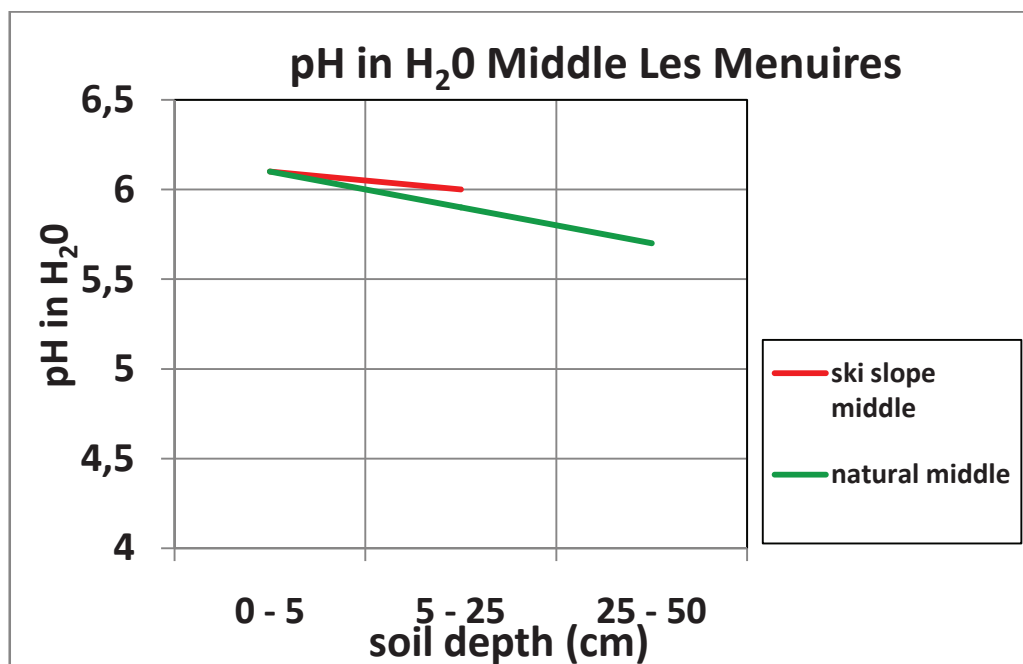
Dalle analisi del pH in acqua, sono risultati valori leggermente superiori nei campioni di terreni prelevati sulle piste rispetto alle aree adiacenti, probabilmente per i trattamenti, effettuati con Sali, delle acque o delle piste durante la stagione.

I grafici riportano i valori di pH misurati in acqua, dei campioni di suolo prelevati in cima, a metà e in fondo alla pista da sci, paragonando l'area naturale e la pista da sci.

Prova del pH in cima alla pista:

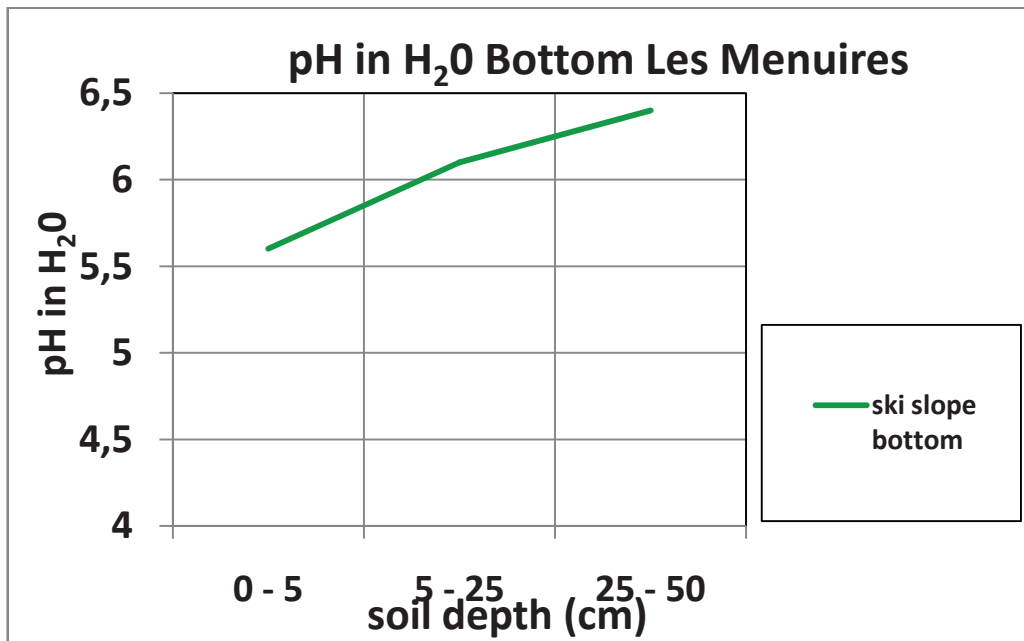


Prova del pH a metà pista:





Prova del pH in fondo alla pista:



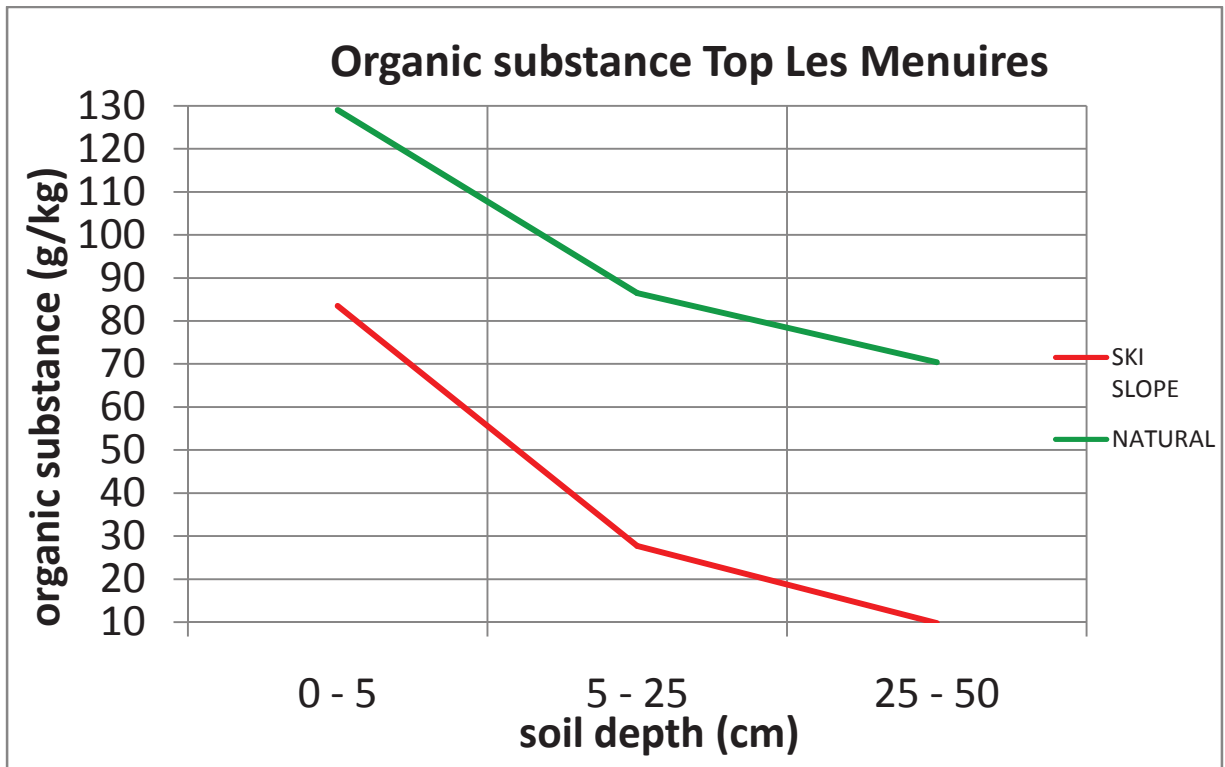
#### 5.4 SOSTANZA ORGANICA

Una delle analisi più rilevanti è stata quella riguardante il contenuto di sostanza organica; infatti, a causa dell'asportazione di suolo, i valori evidenziano una drastica diminuzione.

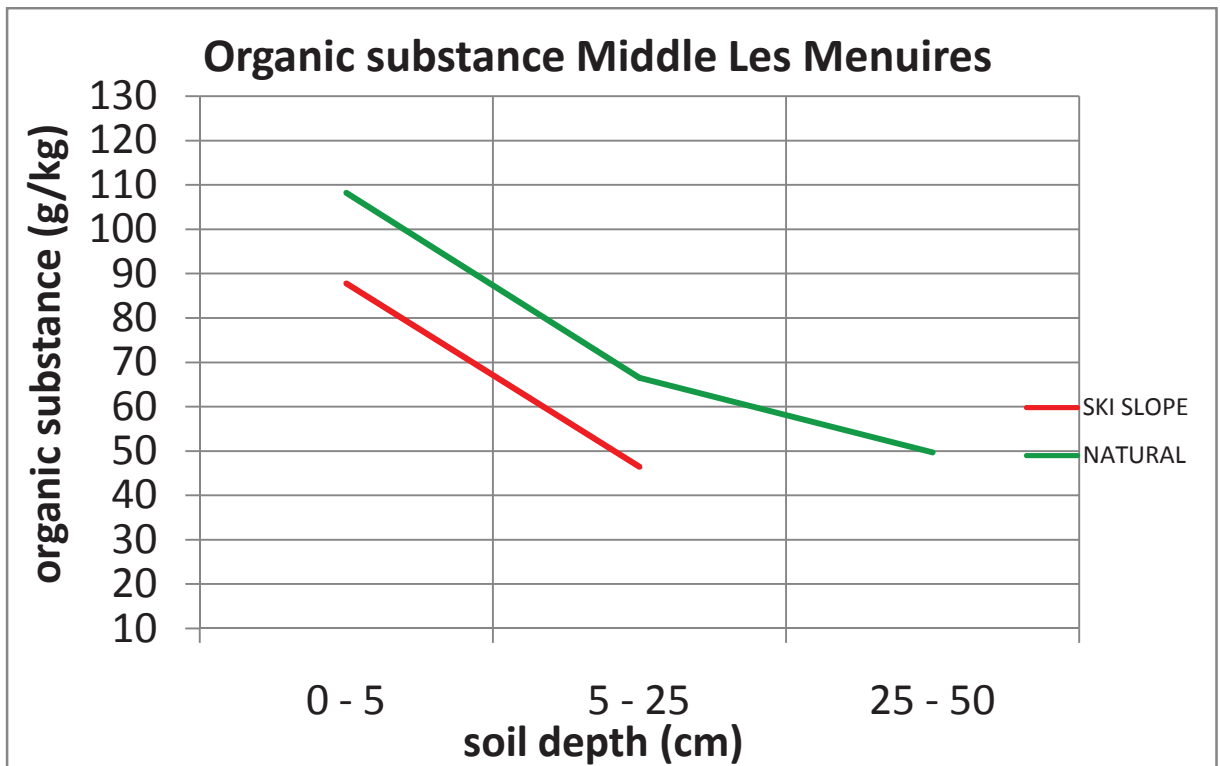
La riduzione di sostanza organica è dovuta anche all'impossibilità di inerbire, soprattutto nelle zone di forte pendenza e questo rende impossibile o quasi la ricostituzione dei suoli.

I grafici riportano i valori della sostanza organica, dei campioni di suolo prelevati in cima, a metà e in fondo alla pista da sci, paragonando l'area naturale e la pista da sci.

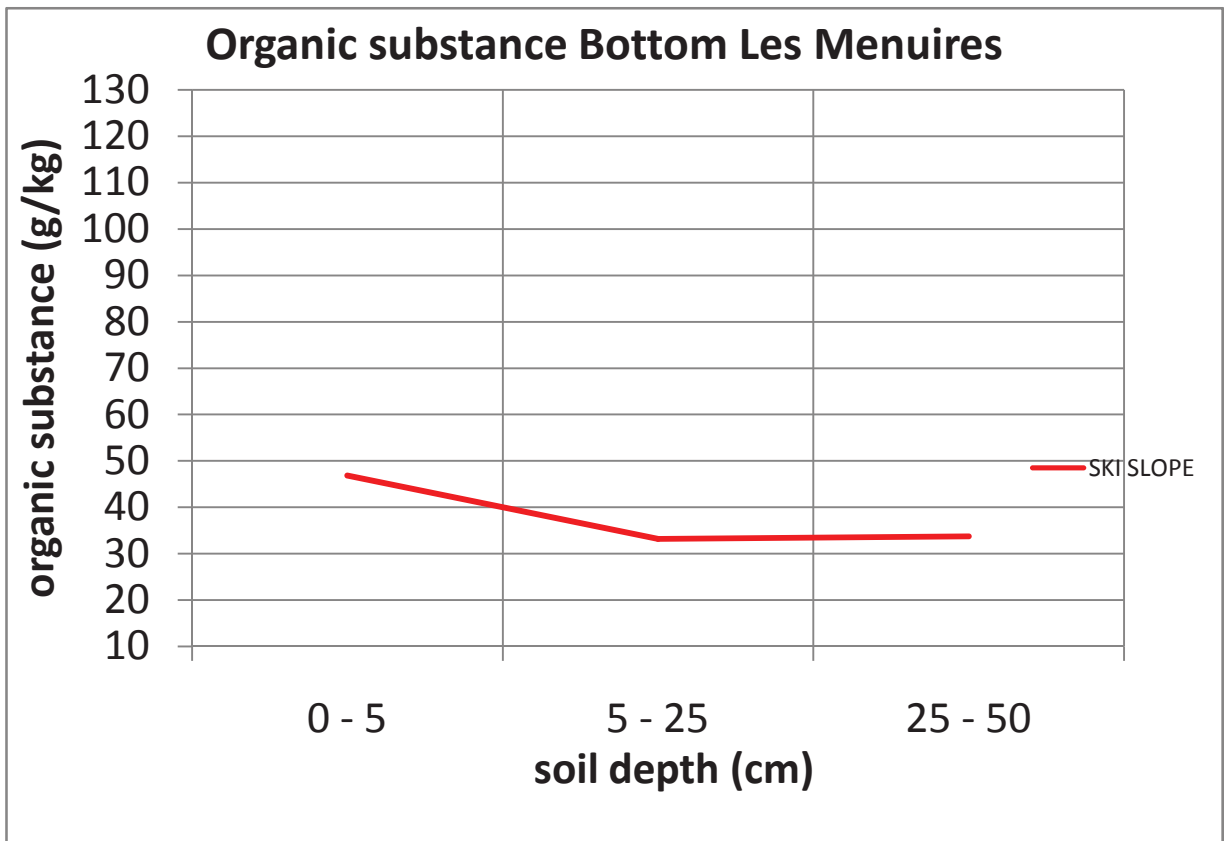
Contenuto di sostanza organica in cima alla pista:



Contenuto di sostanza organica a metà pista:



Contenuto di sostanza organica in fondo alla pista:



Si può quindi concludere che la realizzazione e gestione di stazioni per la pratica dello sci comporta la perdita di suoli naturali e la sostituzione con coperture pedologiche antropiche di scarsa qualità.

Al di là della de valorizzazione ambientale, è importante valutare se ciò comporta elevati rischi di erosione ed eventuali danni ad altri ecosistemi.

## 6. PUBBLICAZIONI E INDAGINI FUTURE

Parte del seguente studio è stato oggetto di una pubblicazione, di una presentazione e dell'esposizione di un poster in lingua inglese all'International Association of Engineering Geology, Mercoledì 17 Settembre 2014, a Torino.

Il titolo della presentazione al congresso era "Challenges in Assessing and Managing Geohydrological Risk related to Natural and Anthropogenic Pressures in Alpine Ski Resorts".

Le stazioni sciistiche attirano una grande massa di popolazione ad altitudini relativamente alte, causando sia uno sviluppo a livello urbanistico che delle infrastrutture sciistiche, in regioni ecologicamente vulnerabili e soggette a rischi idrogeologici.

Lo studio considera l'impatto dell'urbanizzazione (costruzione di case, strade, parcheggi, eliporti), l'impatto delle piste da sci (lavorazioni dei gatti delle nevi, costruzioni di drenaggi) e l'impatto delle tecnologie per la produzione della neve artificiale (cannoni, riserve d'acqua) nelle alpi francesi e italiane.

Tutte queste opere possono causare franamenti, smottamenti, colate detritiche, erosione, distacchi valanghivi e alluvioni.

Il poster era invece intitolato "Assessing Impacts of Climate Change, Ski Slope, Snow and Hydraulic Engineering on Slope Stability in Ski Resorts (French and Italian Alps).

In esso sono stati inseriti gli studi effettuati sui suoli di tre diverse stazioni sciistiche (Les Menuires, La Rosière e Foppolo) nelle alpi francesi e italiane, i risultati mostrano la differenza fra i terreni "naturali" e quelli sedi di piste da sci, con un contenuto di azoto e carbonio più basso in queste ultime ed in pH più alto dovuto alla distribuzione di sali utilizzati per i trattamenti (durante le competizioni).

Inoltre si è messo in evidenza come sulle piste la compattazione del suolo sia molto maggiore rispetto ai siti naturali e l'infiltrazione dell'acqua consista in molto più tempo rispetto alle aree adiacenti non soggette alla lavorazione come le piste da sci.

Alcune piste da sci nuove sono risultate impermeabili al 100 %, questo spiega perché le piste sono più propense all'erosione dei suoli, agli scorrimenti superficiali di acqua e smottamenti di terra, oltre che ad avere una diversa copertura vegetativa.

Tutto ciò è dovuto alla costruzione, alla gestione e all'utilizzo delle piste da sci che consiste nello spostamento di terra e nella lavorazione della neve mediante l'utilizzo della neve artificiale e i gatti delle nevi.

La ricerca ha suscitato un notevole interesse sia il giorno della presentazione al congresso, da parte dei presenti, con diversi interventi e numerose domande riguardo gli studi effettuati, ma anche successivamente ed ancora oggi, in quanto docenti e ricercatori di tutto il mondo.

Questo studio verrà ulteriormente studiato e approfondito in numerose stazioni italiane e francesi.

In particolare verranno misurate le densità apparenti dei campioni di piste e suoli naturali; verrà inoltre monitorata la qualità delle acque utilizzate per l'innervamento artificiale.

## CONCLUSIONI

L'obiettivo del presente studio, svolto in parte durante uno stage, in parte in laboratorio, è stato quello di eseguire prove ed analisi per verificare le possibili conseguenze sulle caratteristiche dei suoli destinati a piste da sci, ponendoli a confronto con suoli di siti "semi-naturali".

Dalle differenti analisi effettuate è emerso che la realizzazione e la gestione delle stazioni per la pratica dello sci comporta un notevole peggioramento delle caratteristiche idrologiche e meccaniche del terreno, una diminuzione del contenuto di sostanza organica e una alterazione di alcuni caratteri chimici. Quindi si è verificata una perdita di molte caratteristiche dei suoli naturali, sostituiti con coperture pedologiche antropiche di scarsa qualità.

Tutto ciò non permette al suolo di ricostituire il suo ciclo naturale, a causa della mancanza di alcuni elementi fondamentali.

Tale deterioramento dei caratteri naturali dei suoli, accompagnato all'eliminazione delle coperture vegetali sui tracciati di risalita e discesa, innesca processi erosivi che peggiorano il quadro idrogeologico in loco ed a valle.

In conclusione, si suggerisce di porre sistematicamente a confronto **costi ambientali e benefici economici** quando si progettano nuovi impianti o ampliamento di quelli esistenti.

## BIBLIOGRAFIA

- A.Cernusca, U. Tappeiner, 1990. Impianti di risalita e piste da sci, VIA. Provincia autonoma di Trento – Assessorato al Territorio, Ambiente e Foreste.
- AA.VV., 2011. Encyclopedia of Snow, Ice and Glaciers. Springer.
- AFES, 1995. Référentiel Pédologique.
- C. de Jong, F. Previtali, G. Carletti, 2015. Assessing Impacts of Climate Change, Ski Slope, Snow and Hydraulic Engineering on Slope Stability in Ski Resorts (French and Italian Alps). Engineering Geology for Society and Territory, vol. 1, pp. 51-55
- C. de Jong, F. Previtali, G. Carletti, 2015. Challenges in Assessing and Managing Geohydrological Risk related to Natural and Anthropogenic Pressures in Alpine Ski Resort. Engineering Geology for Society and Territory, vol. 5, pp. 781-785
- Découvrir le patrimoine naturel de Saint-Martin de Belleville. La Vanoise, Parc National.
- EEA, 2009. Regional climate change and adaptation. EEA Report, n. 8/2009.
- F. Previtali, 2011. Mountain anthroscapes, the case of the Italian Alps. Springer Book.
- FAO, 2014. World Reference Base for Soil Resources.
- FAO, Rome, 2006. Guidelines for soil description. Fourth edition.
- Fauve M., Rhyner H., Schneebeli M., 2002: Préparation et entretien des pistes, Manual pour le praticien, Institut fédéral pour l'étude de la neige et des avances (ENA), Davos
- Freppaz M., Zanini E. (2002). L'innnevamento artificiale. Environnement n. 18: 27-29.
- Legge 24 dicembre 2003, n.363. Norme in materia di sicurezza nella pratica degli sport invernali da discesa e da fondo.
- Legge regionale 14 marzo 1989, n. 7 (BUR n. 13/1989)
- Legge regionale 26 gennaio 2009, n. 2.
- Ministero delle politiche agricole e forestali – Osservatorio nazionale pedologico e per la qualità del suolo (2000). Metodi di analisi chimica del suolo. Franco Angeli. Milano.
- Pignatti S. (1995). Ecologia vegetale. UTET
- Provincia autonoma di Trento – Servizio turismo (2007). Le piste da sci e la gestione di un'area sciabile.
- Service d'Etudes et d'Amenagement Touristique de la Montagne (SEATM), 1985 e 1990. Aménagement des pistes de ski alpin, Ministère de l'Equipement. France.
- Tesi di Laurea di Ester Bernardelli (A.A. 2002-2003).
- USDA-NRCS, 2014. Keys to Soil Taxonomy. Twelfth Edition. Whashington D.C.
- V. May, 1995. Environmental implications of the 1992 Winter Olympic Games. Tourism management. Vol. 16, n. 4.

## **SITI INTERNET DI RIFERIMENTO:**

[www.les3vallees.com](http://www.les3vallees.com)

[www.lesmenuires.com](http://www.lesmenuires.com)

[www.neveitalia.it](http://www.neveitalia.it)

[www.provincia.bz.it](http://www.provincia.bz.it)

[www.aineva.it](http://www.aineva.it)

[www.treccani.it](http://www.treccani.it)

[www.fisi.org](http://www.fisi.org)

[www.fis-ski.com](http://www.fis-ski.com)

[www.vanoise-parcnational.fr](http://www.vanoise-parcnational.fr)

[www.irstea.fr](http://www.irstea.fr)

[www.france.fr](http://www.france.fr)

[www.fao.org](http://www.fao.org)

[www.isric.org](http://www.isric.org)

[www.politicheagricole.it](http://www.politicheagricole.it)

[www.cipra.org](http://www.cipra.org)

## RINGRAZIAMENTI

Desidero innanzitutto ringraziare il Professor G. B. Bischetti e il Professor F. Previtali per i preziosi insegnamenti e le numerose ore dedicate alla mia tesi, rendendosi sempre disponibili a dirimere i miei dubbi durante la stesura del lavoro.

Ringrazio inoltre la Professoressa C. de Jong per la disponibilità, la collaborazione e l'esperienza che mi ha fatto vivere sui campi durante i sopralluoghi e le analisi, è a Lei e al Professor Previtali che vorrei esprimere la mia sincera gratitudine per avermi dato la possibilità di partecipare attivamente al congresso della International Association of Engineering Geology, facendo in modo che questo studio non sia solo la fine di un percorso ma anche l'inizio di future ricerche.

Un ringraziamento va anche al tecnico di laboratorio Fabio Moia per l'indispensabile ausilio fornitomi durante le analisi di laboratorio.

Ringrazio per la collaborazione la Società Brembo Superski di Foppolo.

Ringrazio con affetto Giuliano per l'aiuto, il sostegno e l'incoraggiamento che mi ha dato in questi anni, dedicandomi parte del suo tempo.

Grazie a mio cugino Francesco per avermi sopportata e consigliata per la stesura finale dell'elaborato.

Ringrazio tutti i miei parenti, amici e compagni di corso con cui ho condiviso questo percorso.

Infine un ringraziamento particolare, non meno importante, va alla mia Famiglia, mamma, papà e Nico che mi hanno sempre sostenuto, incoraggiandomi ed aiutandomi nelle mie scelte e nei miei percorsi nonché nella stesura della tesi con suggerimenti, critiche ed osservazioni. Loro mi hanno trasmesso serenità e passione, permettendomi di *scalare anche le montagne più ripide*.