



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

FACOLTÀ DI SCIENZE MM. FF. NN.

Dipartimento di Geoscienze  
Direttore Prof.ssa Cristina Stefani

TESI DI LAUREA MAGISTRALE  
IN  
GEOLOGIA E GEOLOGIA TECNICA

**LE PROPRIETÀ FISICHE DEL MANTO  
NEVOSO: RILIEVO ED ELABORAZIONE DI  
DATI PENETROMETRICI**

*Relatore:* Prof. Paolo Scotton  
*Correlatore:* Prof. Gabriele Stoppa

*Laureanda:* Alice Ferrari

ANNO ACCADEMICO 2014 / 2015



A tutti coloro che mi sono stati vicini.



## **Sommario**

Lo studio della stabilità del manto nevoso è un'operazione articolata a causa delle molteplici variabili in gioco sia spaziali sia temporali. Il rilievo in campo richiede una buona esperienza da parte dell'operatore incaricato e prolungati tempi d'analisi.

Per questo si è sviluppata la ricerca di nuovi strumenti d'investigazione della coltre nevosa per l'individuazione di eventuali strati deboli al suo interno cercando di rendere le analisi il più possibile oggettive e speditive. A tale scopo il presente lavoro mostra le fasi di taratura e analisi dei dati rilevati in campo di uno strumento penetrometrico per l'investigazione del manto nevoso.

Per comprendere il funzionamento e i meccanismi di questo strumento è essenziale studiare ciò che va ad analizzare: il manto nevoso.

La prima parte del lavoro descrive brevemente le caratteristiche della neve, partendo dalla formazione dei cristalli, i loro metamorfismi in atmosfera e al suolo e le proprietà principali della coltre. Si introducono le valanghe di neve, fenomeni innescati dal manto nevoso instabile, si delinea la loro formazione, le caratteristiche e la classificazione.

Il lavoro si articola nella descrizione della nivometria in Provincia di Trento, con l'illustrazione delle stazioni nivometeorologiche automatiche e manuali con i vari test annessi, si osservano gli interventi e le opere di prevenzione più utilizzate nell'arco alpino e la normativa vigente.

Si descrive poi lo strumento penetrometrico nelle sue parti e si procede con la sua taratura, soffermandoci infine sull'analisi dei dati di rilievi effettuati in campo. L'ultimo capitolo interessa alcune migliorie per rendere più pratico lo strumento soprattutto ai fini di rilievi itineranti.



|  |             |
|--|-------------|
| <b>INDICE.....</b>   | <b>I</b>    |
| <b>LISTA DEI SIMBOLI .....</b>   | <b>IV</b>   |
| <b>INDICE DELLE FIGURE .....</b>   | <b>VII</b>  |
| <b>INDICE DELLE TABELLE .....</b>  | <b>XI</b>   |
| <b>INDICE DELLE FOTOGRAFIE.....</b>  | <b>XIII</b> |
| <b>INTRODUZIONE .....</b>  | <b>1</b>    |
| <b>1. FORMAZIONE, METAMORFISMO E PROPRIETÀ DELLA NEVE .....</b>              | <b>3</b>    |
| 1.1INTRODUZIONE.....   | 3           |
| 1.2FORMAZIONE DELLA NEVE.....  | 3           |
| 1.3METAMORFISMO DELLA NEVE IN ATMOSFERA.....                                 | 11          |
| 1.4METAMORFISMO DELLA NEVE AL SUOLO .....                                    | 12          |
| 1.4.1 Metamorfismo da basso gradiente (distruttivo) .....                    | 14          |
| 1.4.2 Metamorfismo da medio gradiente .....                                  | 16          |
| 1.4.3 Metamorfismo da elevato gradiente .....                                | 16          |
| 1.4.4 Metamorfismo da fusione e rigelo .....                                 | 18          |
| 1.4.5 Metamorfismo da sinterizzazione da vento (meccanico).....              | 19          |
| 1.5PROPRIETÀ DELLA NEVE AL SUOLO .....                                       | 21          |
| 1.5.1 Tenore d'acqua .....   | 21          |
| 1.5.2 Densità ( $\rho$ , kg/m <sup>3</sup> ) .....                           | 22          |
| 1.5.3 Proprietà meccaniche della neve .....                                  | 23          |
| 1.5.4 Coesione.....  | 25          |
| 1.5.5 Attrito.....   | 26          |
| 1.5.6 Deformabilità del manto nevoso.....                                    | 26          |
| <b>2. FORMAZIONE, CARATTERISTICHE E CLASSIFICAZIONE DELLE VALANGHE .....</b> | <b>30</b>   |
| 2.1INTRODUZIONE.....   | 30          |
| 2.2FORMAZIONE DELLE VALANGHE .....   | 30          |
| 2.3TIPI DI VALANGHE .....  | 32          |
| 2.3.1 Valanghe di neve a debole coesione .....                               | 32          |
| 2.3.2 Valanghe a lastroni.....   | 33          |
| 2.3.3 Valanghe di ghiaccio.....  | 36          |
| 2.3.4 Valanghe di neve fradicia .....  | 36          |

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| 2.4       | CARATTERISTICHE DI UN SITO VALANGHIVO .....                        | 37         |
| 2.5       | CLASSIFICAZIONE DELLE VALANGHE.....                                | 38         |
| 2.6       | SINTESI SULLE CARATTERISTICHE DELLE VALANGHE PIÙ FREQUENTI .....   | 41         |
| 2.7       | SITUAZIONI PIÙ PROBABILI DI DISTACCO DI VALANGHE .....             | 44         |
| <b>3.</b> | <b>FATTORI CHE INFLUENZANO LA STABILITÀ DEL MANTO NEVOSO .....</b> | <b>47</b>  |
| 3.1       | INTRODUZIONE .....   | 47         |
| 3.2       | PARAMETRI MORFOLOGICI .....  | 47         |
| 3.3       | PARAMETRI METEOROLOGICI .....                                      | 51         |
| 3.4       | PARAMETRI NIVOLOGICI .....   | 55         |
| <b>4.</b> | <b>LA NIVOMETRIA NELLA PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO .....</b>      | <b>61</b>  |
| 4.1       | INTRODUZIONE .....   | 61         |
| 4.2       | INFORMAZIONI NIVOMETEOROLOGICHE.....                               | 61         |
| 4.3       | STAZIONE NIVOMETEOROLOGICA AUTOMATICA.....                         | 65         |
| 4.4       | STAZIONE NIVOMETEOROLOGICA MANUALE .....                           | 71         |
| 4.4.1.    | Dati meteorologici.....  | 72         |
| 4.4.2.    | Dati nivometrici .....   | 73         |
| 4.4.3.    | Valanghe osservate e cadute nelle ultime 24 ore.....               | 75         |
| 4.4.4.    | Pericolo valanghe .....  | 75         |
| 4.4.5.    | Testo in chiaro .....  | 75         |
| 4.4.6.    | Struttura del manto nevoso .....                                   | 75         |
| 4.4.7.    | Test di stabilità .....  | 81         |
| <b>5.</b> | <b>PREVENZIONE E INTERVENTI .....</b>                              | <b>87</b>  |
| 5.1       | INTRODUZIONE .....   | 87         |
| 5.2       | INTERVENTI E OPERE DI PROTEZIONE.....                              | 87         |
| 5.3       | IL DISTACCO ARTIFICIALE .....                                      | 92         |
| <b>6.</b> | <b>NORMATIVA .....</b>   | <b>99</b>  |
| 6.1       | INTRODUZIONE .....   | 99         |
| 6.2       | NORMATIVA PROVINCIALE.....   | 99         |
| 6.2.1     | P.I.D.A.V E P.I.S.T.E. ....  | 101        |
| <b>7.</b> | <b>STRUMENTO PENETROMETRO .....</b>                                | <b>103</b> |
| 7.1       | INTRODUZIONE .....   | 103        |

|  |            |
|--|------------|
| 7.2LO STRUMENTO .....  | 104        |
| 7.2.1. Catena di misura .....                                  | 105        |
| 7.2.2. Puntale .....   | 106        |
| 7.2.3. Trasmissione (asta di spinta) .....                     | 107        |
| 7.2.4. Sensore a due molle .....                               | 108        |
| 7.2.5. Misura delle forze .....                                | 111        |
| 7.2.6. Celle di carico .....                                   | 115        |
| 7.2.7. Potenzimetro .....                                      | 117        |
| 7.2.8. Condizionamento del segnale .....                       | 118        |
| 7.2.9. Datalogger .....  | 120        |
| 7.2.10. Base di sostegno .....                                 | 121        |
| <b>8. TARATURA E RILIEVI SUL CAMPO .....</b>                   | <b>123</b> |
| 8.1. INTRODUZIONE .....  | 123        |
| 8.2. LA TARATURA DEI SENSORI DELLO STRUMENTO .....             | 124        |
| 8.2.1. Cella di carico .....                                   | 124        |
| 8.2.2. Potenzimetro .....                                      | 127        |
| 8.3. PRIMA USCITA – VAL DI BREGUZZO .....                      | 130        |
| 8.4. SECONDA USCITA – VIOTE, MONTE BONDONE .....               | 135        |
| 8.5. TERZA USCITA – PRESENA, PASSO TONALE .....                | 147        |
| <b>9. IPOTESI PER IL MIGLIORAMENTO DELLO STRUMENTO .....</b>   | <b>157</b> |
| <b>CONCLUSIONI .....</b>                                       | <b>163</b> |
| <b>APPENDICE A .....</b>                                       | <b>167</b> |
| <b>APPENDICE B .....</b>                                       | <b>179</b> |
| <b>APPENDICE C .....</b>                                       | <b>191</b> |
| <b>APPENDICE D .....</b>                                       | <b>205</b> |
| <b>GLOSSARIO DEFINIZIONI PIÙ UTILIZZATE IN NIVOLOGIA .....</b> | <b>221</b> |
| <b>BIBLIOGRAFIA .....</b>                                      | <b>I</b>   |

## LISTA DEI SIMBOLI

|                 |  |
|-----------------|--|
| $\Delta V$      | Differenza di potenziale [mV];                         |
| B               | Brina di superficie;                                   |
| CS              | Caratteristiche dello strato superficiale;             |
| <i>DF, 2</i>    | Particelle di precipitazione decomposte e frammentate; |
| <i>DH, 5</i>    | Brina di profondità;                                   |
| DV              | Direzione del vento;                                   |
| ECT             | Extended Column Test (test della colonna estesa);      |
| <i>FC, 4</i>    | Cristalli sfaccettati;                                 |
| <i>Fp</i>       | Forza peso [N];  |
| <i>H</i>        | Profondità [cm];                                       |
| HN              | Altezza della neve fresca [cm];                        |
| HS              | Altezza del manto nevoso [cm];                         |
| <i>IF, 8</i>    | Formazioni di ghiaccio;                                |
| L1              | Numero e mole delle valanghe osservate;                |
| L2              | Tipo di valanghe osservate;                            |
| L3              | Esposizione del pendio;                                |
| L4              | Altitudine delle zone di distacco;                     |
| L5              | Periodo del distacco;                                  |
| L6              | Valanghe provocate;                                    |
| L7              | Pericolo valanghe;                                     |
| L8              | Tendenza del pericolo;                                 |
| <i>MF, 6</i>    | Forme fuse;  |
| <i>MM, 0</i>    | Neve artificiale;                                      |
| N               | Nuvolosità;  |
| OR              | O-ring, guarnizione;                                   |
| <i>PP, 1</i>    | Particelle di precipitazione;                          |
| PPrm,1r         | Galaverna;   |
| PR              | Penetrazione della sonda [cm];                         |
| PST             | Propagation Saw Test (test della sega);                |
| R               | Rugosità superficie;                                   |
| $R^2$           | Coefficiente di determinazione;                        |
| RB              | Rutschblock Test (test del blocco di slittamento);     |
| <i>RG, 3</i>    | Grani arrotondati;                                     |
| <i>RGxf, 3c</i> | Particelle rotonde sfaccettate;                        |
| <i>RH</i>       | Umidità relativa;                                      |
| SFT             | Shear Frame Test (test del telaio di taglio);          |

|              |   |
|--------------|---|
| <i>SH, 7</i> | Brina di superficie;  |
| ST           | Shovel Shear (test della pala);                             |
| TA           | Temperatura aria [°C];                                      |
| TH-01        | Temperatura della neve alla profondità di <i>10cm</i> [°C]; |
| TH-03        | Temperatura della neve alla profondità di <i>30cm</i> [°C]; |
| Tmin         | Temperatura minima [°C];                                    |
| Tmax         | Temperatura massima [°C];                                   |
| UR           | Umidità relativa;   |
| UV           | Raggi ultravioletti;  |
| V            | Visibilità;   |
| VQ1          | Vento in quota (tipo e attività del vento);                 |
| VQ2          | Vento in quota (localizzazione dei fenomeni);               |
| VV           | Velocità del vento;   |
| WW           | Condizioni del tempo;                                       |
| $\rho$       | Densità [kg/m <sup>3</sup> ];                               |



## INDICE DELLE FIGURE

### 1. FORMAZIONE, METAMORFISMO E PROPRIETÀ DELLA NEVE

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Figura 1.1  | Trasferimento di molecole dalle goccioline [2].  | 4  |
| Figura 1.2  | Distribuzione di acqua e ghiaccio in un cumulonembo [1].   | 5  |
| Figura 1.3  | Passaggi di stato [5].   | 5  |
| Figura 1.4  | Brinata per urti con le gocce durante la caduta nell'atmosfera [2].  | 6  |
| Figura 1.5  | Assi cristallografici ed esempi di crescita dei cristalli di neve [2].   | 7  |
| Figura 1.6  | Formazione dei cristalli di neve in funzione di densità di vapore in eccesso e di temperatura [14].  | 7  |
| Figura 1.7  | Classificazione delle forme principali di cristalli di neve redatta da W.M.O. e utilizzata da A.I.Ne.Va. [13].   | 9  |
| Figura 1.8  | Illustrazione delle variazioni termiche nel manto nevoso [2].  | 13 |
| Figura 1.9  | Metamorfismo da basso gradiente con evoluzione verso forme di equilibrio [5].  | 14 |
| Figura 1.10 | Metamorfismo da medio gradiente con lenta distruzione dei cristalli o loro lieve crescita cinetica [5].  | 16 |
| Figura 1.11 | Metamorfismo da elevato gradiente con forte crescita cinetica dei cristalli [5].   | 17 |
| Figura 1.12 | Contenuto di acqua liquida [3].  | 18 |
| Figura 1.13 | Meccanismi deformativi della neve [2].   | 27 |
| Figura 1.14 | Componenti della deformazione del manto nevoso. L'assestamento (deformazione per compressione) crea addensamento, mentre la deformazione da taglio genera rottura [2]. | 28 |

### 2. FORMAZIONE, CARATTERISTICHE E CLASSIFICAZIONE DELLE VALANGHE

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Figura 2.1 | Suddivisione delle tre zone di una valanga [3]. | 37 |
|------------|---|----|

### 3. FATTORI CHE INFLUENZANO LA STABILITÀ DEL MANTO NEVOSO

|            |                                     |    |
|------------|-------------------------------------|----|
| Figura 3.1 | Trasporto della neve dal vento [5]. | 53 |
|------------|-------------------------------------|----|

### 4. LA NIVOMETRIA NELLA PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| Figura 4.1  | Stazioni meteo attive nella Provincia Autonoma di Trento [8]. | 62 |
| Figura 4.2  | Campi neve della Provincia Autonoma di Trento [8].            | 62 |
| Figura 4.3  | Barometro [8].  | 67 |
| Figura 4.4  | Pluviometro SE181AA [8].                                      | 69 |
| Figura 4.5  | Pluviometro PPI-PPR [3].                                      | 69 |
| Figura 4.6  | Nivometro [8].  | 70 |
| Figura 4.7  | Sonda termometrica [3].                                       | 70 |
| Figura 4.8  | Strumentazione per rilievo manuale [13].                      | 79 |
| Figura 4.9  | Tipologia e descrizione della frattura [8].                   | 81 |
| Figura 4.10 | Test del blocco di slittamento [8].                           | 82 |

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| Figura 4.11 | Test ECT (test di compressione della pala – test della colonna estesa) [8]. | 83 |
| Figura 4.12 | Propagation Saw Test (PST) [8].   | 84 |
| Figura 4.13 | Classificazione dei profili penetrometrici A.I.Ne.Va. [14].                 | 85 |

## 5. PREVENZIONE E INTERVENTI

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| Figura 5.1  | Difesa attiva: ponti e reti da neve [13].   | 89 |
| Figura 5.2  | Difesa attiva: opere frangivento [13].  | 89 |
| Figura 5.3  | Difesa passiva: vista aerea di una galleria paravalanga [13].                           | 90 |
| Figura 5.4  | Difesa passiva: opere di deviazione e sullo sfondo opera d’arresto.                     | 90 |
| Figura 5.5  | Difesa passiva: cuneo frenante.   | 90 |
| Figura 5.6  | Lancio a mano di esplosivo [13].  | 93 |
| Figura 5.7  | Dispositivo trasporto e rilascio cariche esplosive [13].                                | 94 |
| Figura 5.8  | DaisyBell trasportata dall’elicottero [13].   | 95 |
| Figura 5.9  | Avalhex con pallone pronto per la detonazione ed esplosione della miscela gassosa [20]. | 96 |
| Figura 5.10 | Sistema O’Bellx su pendio [14].   | 96 |

## 7. STRUMENTO PENETROMETRO

|             |   |     |
|-------------|---|-----|
| Figura 7.1  | Punte a disposizione e raccordo.  | 106 |
| Figura 7.2  | Particolari asta di spinta.   | 107 |
| Figura 7.3  | Testa della sonda penetrometrica a due molle [29].                                      | 108 |
| Figura 7.4  | Particolare della prima molla del sensore a due molle.                                  | 108 |
| Figura 7.5  | Conduttore sottoposto a trazione [26].  | 113 |
| Figura 7.6  | Schema del ponte di Wheatstone [26].  | 113 |
| Figura 7.7  | Cella di carico [28].   | 115 |
| Figura 7.8  | Scheda tecnica della cella di carico FC22 [28].   | 116 |
| Figura 7.9  | Schema elettrico del potenziometro [26].  | 117 |
| Figura 7.10 | Modulo di condizionamento per ponti estensimetrici Mecostrain [26].                     | 119 |
| Figura 7.11 | Datalogger con circuito fissato sopra con, a fianco, la batteria di alimentazione [26]. | 120 |
| Figura 7.12 | Datasheet del datalogger Mecodarec [26].  | 120 |

## 8. TARATURA E RILIEVI SUL CAMPO

|            |  |     |
|------------|--|-----|
| Figura 8.1 | Grafico di taratura della cella di carico: in ordinata la differenza di potenziale in <i>mV</i> , in ascissa il tempo in minuti e secondi (programma MeCoDaRec). | 125 |
| Figura 8.2 | I dati sperimentali per la taratura della cella di carico e la curva di taratura.  | 126 |
| Figura 8.3 | Grafico di taratura del potenziometro: in ordinata la differenza di potenziale in <i>mV</i> , in ascissa il tempo in minuti e secondi (programma MeCoDaRec).     | 127 |
| Figura 8.4 | Particolare partenza prove per taratura potenziometro.   | 127 |
| Figura 8.5 | I dati sperimentali per la taratura del potenziometro e la curva di taratura.  | 128 |

|             |   |     |
|-------------|---|-----|
| Figura 8.6  | I primi rilievi eseguiti in Val di Breguzzo il 26 febbraio 2014.....  | 131 |
| Figura 8.7  | Particolare molla nel cilindro.....   | 131 |
| Figura 8.8  | Rilievo Val di Breguzzo: confronto tra le tre punte, la prova con penetrometro a massa battente e il test della mano.....   | 133 |
| Figura 8.9  | Rilievo Val di Breguzzo: rappresentazione delle pressioni sviluppate dal manto nevoso.....  | 134 |
| Figura 8.10 | Confronto punte grandi, medie e piccole con velocità di penetrazione di $1\text{cm/s}$ .....  | 138 |
| Figura 8.11 | Confronto punte grandi, medie e piccole con velocità di penetrazione di $2\text{cm/s}$ .....  | 139 |
| Figura 8.12 | Punta piccola con velocità di penetrazione di $3\text{cm/s}$ .....  | 141 |
| Figura 8.13 | Confronto punta grande e piccola con velocità di penetrazione di $1\text{cm/s}$ e punta piccola con velocità di $3\text{cm/s}$ .....                                  | 142 |
| Figura 8.14 | Confronto tra la resistenza alla penetrazione ottenuta utilizzando la punta grande e nelle prove con penetrometro a massa battente e mediante il test della mano..... | 143 |
| Figura 8.15 | Confronto punta grande e prova penetrometrica a massa battente.....   | 143 |
| Figura 8.16 | Confronto delle pressioni imposte al manto nevoso.....  | 144 |
| Figura 8.17 | Profili penetrometrici effettuati con punta grande sovrapposti al Modello 4 A.I.Ne.Va.....  | 146 |
| Figura 8.18 | I rilievi eseguiti in Presena il 25 marzo 2014 con velocità di penetrazione di $1\text{cm/s}$ e $2\text{cm/s}$ .....  | 148 |
| Figura 8.19 | I rilievi traslati per ottenere la massima concordanza, con velocità di penetrazione di $1\text{cm/s}$ e $2\text{cm/s}$ .....   | 150 |
| Figura 8.20 | Confronto punte grandi e medie con penetrazione di $1\text{cm/s}$ .....   | 151 |
| Figura 8.21 | Confronto punte grandi e medie con velocità di penetrazione di $2\text{cm/s}$ .....   | 151 |
| Figura 8.22 | Confronto punta grande e media con velocità di penetrazione di $1\text{cm/s}$ .....   | 152 |
| Figura 8.23 | Confronto tra punte grandi, prova con penetrometro a massa battente e test della mano.....  | 153 |
| Figura 8.24 | Confronto punta grande e prova penetrometrica a massa battente.....   | 153 |
| Figura 8.25 | Confronto delle pressioni imposte al manto nevoso.....  | 154 |
| Figura 8.26 | Profili penetrometrici effettuati con punta grande sovrapposti al Modello 4 A.I.Ne.Va.....  | 156 |

## 9. IPOTESI PER IL MIGLIORAMENTO DELLO STRUMENTO

|            |   |     |
|------------|---|-----|
| Figura 9.1 | Trasduttore di temperatura [28].....                  | 157 |
| Figura 9.2 | Rappresentazione modifiche strutturali strumento..... | 160 |
| Figura 9.3 | Particolare sistema di movimentazione.....            | 161 |

## APPENDICE A

|             |   |     |
|-------------|---|-----|
| Figura A. 1 | Principali classi morfologiche delle forme dei grani..... | 169 |
| Figura A. 2 | Descrizione particelle di precipitazione.....             | 170 |

|             |   |     |
|-------------|---|-----|
| Figura A. 3 | Descrizione neve artificiale e particelle di precipitazione decomposte e frammentate..... | 171 |
| Figura A. 4 | Descrizione grani arrotondati.....  | 172 |
| Figura A. 5 | Descrizione cristalli sfaccettati.....  | 173 |
| Figura A. 6 | Descrizione brina di profondità.....  | 174 |
| Figura A. 7 | Descrizione forme fuse.....   | 175 |
| Figura A. 8 | Descrizione formazioni di ghiaccio.....   | 176 |
| Figura A. 9 | Tavoletta cristallografica IACS 2009.....   | 177 |

**APPENDICE B**

|             |   |     |
|-------------|---|-----|
| Figura B. 1 | Modello 1 A.I.Ne.Va [8].....                        | 181 |
| Figura B. 2 | Modelli 2-3 A.I.Ne.Va [8].....                      | 182 |
| Figura B. 3 | Modello 4 A.I.Ne.Va [8].....                        | 183 |
| Figura B. 4 | Modello 6 A.I.Ne.Va [8].....                        | 184 |
| Figura B. 5 | Modello 7 A.I.Ne.Va pagina 1 [8]. ....              | 185 |
| Figura B. 6 | Modello 7 A.I.Ne.Va pagina 2 [8]. ....              | 186 |
| Figura B. 7 | Legenda simboli Modelli A.I.Ne.Va pagina 1 [8]..... | 187 |
| Figura B. 8 | Legenda simboli Modelli A.I.Ne.Va pagina 2 [8]..... | 188 |
| Figura B. 9 | Scala europea del pericolo valanghe [13]. ....      | 189 |

**APPENDICE D**

|             |  |     |
|-------------|--|-----|
| Figura D. 1 | Modelli 2e3 A.I.Ne.Va. prima uscita - Val di Breguzzo.....         | 208 |
| Figura D. 2 | Modello 4 A.I.Ne.Va. prima uscita – Val di Breguzzo.....           | 209 |
| Figura D. 3 | Modelli 2e3 A.I.Ne.Va. seconda uscita – Viote, Monte Bondone.....  | 212 |
| Figura D. 4 | Modello 4 A.I.Ne.Va. seconda uscita – Viote, Monte Bondone.....    | 213 |
| Figura D. 5 | Modelli 2e3 A.I.Ne.Va., seconda uscita – Viote, Monte Bondone..... | 214 |
| Figura D. 6 | Modello 4 A.I.Ne.Va. seconda uscita – Viote, Monte Bondone.....    | 215 |
| Figura D. 7 | Modelli 2e3 A.I.Ne.Va. terza uscita – stazione 30PN, Presena.....  | 218 |
| Figura D. 8 | Modello 4 A.I.Ne.Va. terza uscita – stazione 30PN, Presena.....    | 219 |

## INDICE DELLE TABELLE

### 1. FORMAZIONE, METAMORFISMO E PROPRIETÀ DELLA NEVE

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Tabella 1.1 | Classificazione manto nevoso in funzione dell'umidità [3]. | 22 |
| Tabella 1.2 | Relazione tipo di neve e densità [3].                      | 23 |
| Tabella 1.3 | Relazione tipo di neve e angolo d'attrito [2].             | 26 |
| Tabella 1.4 | Deformabilità del manto nevoso e proprietà della neve [3]. | 27 |

### 2. FORMAZIONE, CARATTERISTICHE E CLASSIFICAZIONE DELLE VALANGHE

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Tabella 2.1 | Classificazione internazionale morfologica delle valanghe [2].           | 39 |
| Tabella 2.2 | Classificazione A.I.Ne.Va delle valanghe [13].                           | 40 |
| Tabella 2.3 | Caratteristiche delle valanghe di neve asciutta a debole coesione [24].  | 41 |
| Tabella 2.4 | Caratteristiche delle valanghe di neve bagnata a debole coesione [24].   | 41 |
| Tabella 2.5 | Caratteristiche delle valanghe di lastroni duri [24].                    | 42 |
| Tabella 2.6 | Caratteristiche delle valanghe di lastroni di neve compatta [24].        | 42 |
| Tabella 2.7 | Caratteristiche delle valanghe di lastroni di neve soffice o molle [24]. | 42 |
| Tabella 2.8 | Caratteristiche delle valanghe di lastroni di neve bagnata [24].         | 43 |

### 3. FATTORI CHE INFLUENZANO LA STABILITÀ DEL MANTO NEVOSO

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Tabella 3.1 | Angoli di inclinazione delle zone di distacco [2].                       | 47 |
| Tabella 3.2 | Relazione tra temperatura della neve e caratteristiche del manto nevoso. | 57 |
| Tabella 3.3 | Classificazione dei fattori di valanga e relativi effetti [23].          | 59 |

### 4. LA NIVOMETRIA NELLA PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Tabella 4.1 | Elenco stazioni meteo-nivometriche compete (MN) e stazioni termopluviometriche con nivometro a ultrasuoni (TPN) [8]. | 63 |
|-------------|--|----|

### 7. STRUMENTO PENETROMETRO

|             |  |     |
|-------------|--|-----|
| Tabella 7.1 | Caratteristiche tecniche celle di carico [28]. | 117 |
|-------------|--|-----|

### 8. TARATURA E RILIEVI SUL CAMPO

|             |  |     |
|-------------|--|-----|
| Tabella 8.1 | Corrispondenza tra le diverse classi di durezza della neve determinate con vari metodi [29]. | 132 |
| Tabella 8.2 | Concordanza tra le prove in funzione del tempo e per le varie punte.                         | 140 |
| Tabella 8.3 | Concordanza tra le prove in funzione della profondità e delle diverse punte.                 | 141 |
| Tabella 8.4 | Concordanza tra le prove riferite alla velocità di penetrazione.                             | 149 |



## INDICE DELLE FOTOGRAFIE

### 4. LA NIVOMETRIA NELLA PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

|                 |   |    |
|-----------------|---|----|
| Fotografia 4.1  | Sensori nivologici.....   | 65 |
| Fotografia 4.2  | Sensore temperatura dell'aria.....  | 65 |
| Fotografia 4.3  | Anemometro a rotazione.....   | 66 |
| Fotografia 4.4  | Banderuola rotante.....   | 66 |
| Fotografia 4.5  | Igrometro.....  | 67 |
| Fotografia 4.6  | Trasduttore di presenza di pioggia e neve.....  | 68 |
| Fotografia 4.7  | Pluviometro T028 TP1KR.....   | 68 |
| Fotografia 4.8  | Sensore della radiazione solare.....  | 69 |
| Fotografia 4.9  | Test con sonda a massa battente.....  | 76 |
| Fotografia 4.10 | Rilievo stratigrafico su distacco laterale di valanga di fondo, Val Bona<br>inverno 2014..... | 80 |
| Fotografia 4.11 | Rilievo stratigrafico Passo Campo Carlo Magno inverno 2014.....                               | 80 |

### 5. PREVENZIONE E INTERVENTI

|                |   |    |
|----------------|---|----|
| Fotografia 5.1 | Gazex con deposito in primo piano lungo il "Viel del Pan" Passo Pordoi -<br>Passo Fedaia..... | 97 |
|----------------|---|----|

### 7. STRUMENTO PENETROMETRO

|                |  |     |
|----------------|--|-----|
| Fotografia 7.1 | Strumento penetrometrico collegato al computer per scaricare i dati..... | 104 |
| Fotografia 7.2 | Base di sostegno dello strumento.....                                    | 121 |

### 8. TARATURA E RILIEVI SUL CAMPO

|                |   |     |
|----------------|---|-----|
| Fotografia 8.1 | Taratura della cella di carico caricando una bilancia analogica con<br>capacità 10kg..... | 124 |
| Fotografia 8.2 | Taratura potenziometro a tutta altezza dello strumento.....                               | 128 |
| Fotografia 8.3 | Particolare della neve consolidata tra punta grande e asta di spinta.....                 | 131 |
| Fotografia 8.4 | Trincea per l'analisi del comportamento della punta.....                                  | 135 |
| Fotografia 8.5 | Particolare puntale in affondamento.....  | 135 |
| Fotografia 8.6 | Particolare del cilindro esterno con molla in posizione ottimale.....                     | 136 |
| Fotografia 8.7 | Stazione automatica 30PN del Presena.....   | 147 |



## INTRODUZIONE

La problematica delle valanghe è uno dei fenomeni naturali maggiormente attivi su tutto l'arco alpino. Lo studio di questi eventi ha assunto un'importanza notevole per il crescente numero di vittime e danni a strutture a causa della loro limitata prevedibilità.

La pratica di attività sportive, in aumento anche al di fuori delle aree controllate, e lo sviluppo di nuove zone abitative mai insediate nel passato, hanno incrementato la vulnerabilità dell'uomo nei confronti di questo fenomeno.

Per limitare il rischio valanghivo e difendere le infrastrutture (vie di comunicazione, costruzioni, impianti sciistici, ecc.), vengono messe in atto una serie di operazioni di controllo, che variano dalla possibilità di una difesa temporanea con limitazioni di accesso ad aree pericolose, alla difesa permanente mediante strutture fisse, a quella preventiva con distacco artificiale. Queste azioni di controllo necessitano di uno studio costante del manto nevoso da parte di personale qualificato sia mediante modelli d'analisi con diversi tempi di ritorno, sia durante l'intera stagione invernale effettuando varie prove in campo con profili stratigrafici, penetrometrici e test di stabilità.

La complessità delle variabili che influenzano i cristalli sia in atmosfera sia al suolo, rendono la neve estremamente mutabile e quindi richiedono analisi frequenti del manto anche in luoghi non sempre sicuri e difficilmente accessibili dagli operatori. Per ridurre sensibilmente i tempi necessari per l'investigazione della coltre nevosa, negli ultimi anni si è sviluppata la ricerca di strumenti di analisi diretta in grado di dare giudizi oggettivi in breve tempo, permettendo di effettuare un numero maggiore di indagini.

Il presente lavoro rappresenta il proseguimento di un precedente elaborato di tesi: "Analisi penetrometrica del manto nevoso: un nuovo strumento" (Emiliano Casagrande, a.a. 2009-2010, Università degli Studi di Trento). Lo strumento qui utilizzato risulta opportunamente migliorato come descritto nel seguito.

In questo lavoro si va ad analizzare le capacità d'investigazione del manto nevoso da parte di uno strumento penetrometrico continuo, attualmente in configurazione di prototipo.

Ci si chiede quali siano le principali caratteristiche tecniche delle componenti dello strumento, se siano necessarie eventuali modifiche e come analizzarne il comportamento.

Ci si propone di confrontare prove appaiate a distanze ridotte, al fine di determinarne la concordanza.

Si prevedono risultati migliori in favore del puntale piccolo, associato a una minore superficie di attrito. In particolare ci si chiede quanto lo strumento sia in grado di effettuare rilievi sensibili alle variazioni di resistenza del manto nevoso, e se sia in grado di individuare anche gli strati più sottili.

Si dovrà verificare se lo strumento tende ad attenuare il dato a una certa profondità come accade con il penetrometro a massa battente.

Sarà importante capire quale puntale è da preferire e a quale velocità. Durante la fase di rilievo, in funzione della velocità di penetrazione del puntale, ci si aspettano differenti comportamenti da parte dei legami presenti nel manto nevoso. Con elevate velocità si possono avere spaccature immediate e improvvise, viceversa i legami sono influenzati dalla coesione che deforma i cristalli lentamente fino a disgregarli.

In funzione dei risultati ottenuti si potranno suggerire eventuali modifiche al prototipo.

# **1. FORMAZIONE, METAMORFISMO E PROPRIETÀ DELLA NEVE**

## **1.1 INTRODUZIONE**

La neve è un mezzo granulare poroso eterogeneo, formato da cristalli di ghiaccio, in cui l'acqua è presente nei tre diversi stati: solido, liquido e vapore in proporzioni variabili. I cristalli, formati a temperature inferiori allo zero, presentano un'ampia varietà di forme composite in relazione alle diverse combinazioni di temperatura e umidità (vapore dell'aria) nelle zone di formazione all'interno delle nubi e nei diversi strati attraversati durante la discesa. Raggiunto il suolo i cristalli si accatastano uno sull'altro a strati uniformi o, in presenza di apporti eolici, in modo disomogeneo con accumuli sottovento. Per questo motivo si possono riconoscere caratteristiche meccaniche diverse all'interno del manto nevoso, con cristalli di diverso tipo e grado di metamorfismo e dunque con diverse proprietà della neve al suolo.

## **1.2 FORMAZIONE DELLA NEVE**

I cristalli, elementi complessi e multiformi, sono caratterizzati da continue trasformazioni a causa del loro stato spesso prossimo al punto di fusione.

Per poter parlare della loro formazione e del loro accrescimento, si può partire dalla formazione delle nubi e delle precipitazioni.

Le nuvole sono composte da microscopiche particelle d'acqua allo stato solido (ghiaccio) o liquido in sospensione nell'atmosfera. Esse possono subire trasformazioni per evaporazione che ne determinano il loro dissolvimento o fenomeni di precipitazione dovuti alla saturazione dell'aria.

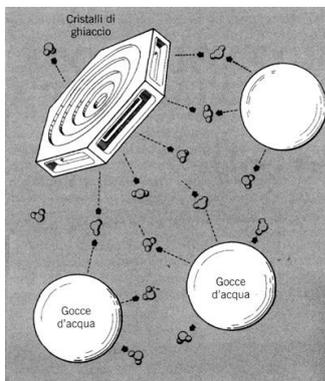
La precipitazione si forma nell'aria divenuta satura, a causa dei seguenti fenomeni: raffreddamento dell'aria umida per risalita delle masse (l'aumento della quota induce diminuzione di pressione e conseguente espansione con perdita di energia interna del sistema e di temperatura); raffreddamento isobarico (espansione di calore verso le quote più elevate con basse pressioni) e umidificazione della massa d'aria.

Per raggiungere la condensazione anche con elevate percentuali di umidità è fondamentale la contemporanea presenza di nuclei di condensazione. Quest'ultimi sono particelle sospese nell'aria, costituite principalmente da pulviscolo atmosferico (sostanze igroscopiche quali polveri, residui industriali, particelle saline derivate da evaporazione dei mari, pollini, fumi e ceneri) di dimensioni di 0.2-10 micron (milionesimo di millimetro:  $1\mu m = 1 \times 10^{-6}m$ ), che a  $-12^{\circ}C$  entrano in contatto con le goccioline d'acqua dando origine a minuscole particelle con struttura cristallina esagonale: i germi di ghiaccio.

Con temperature adeguate (al di sotto del punto di rugiada), il vapore condensa attorno al nucleo creando goccioline che rimanendo in sospensione, formano le nubi (a quote superiori a 1000 metri dal suolo) o le nebbie (a quote inferiori). Le neo-goccioline lungo i moti convettivi aumentano la propria massa attraendo altre molecole d'acqua fino a quando il loro peso supera la resistenza aerodinamica delle correnti ascensionali che le hanno formate e tenute in sospensione, precipitando sotto forma di pioggia.

Le precipitazioni sono dei fenomeni ancora non molto chiari. A tale proposito due sono le teorie più accreditate: formazione per processo di collisione e coalescenza e processo di Bergeron-Findeisen [1].

Il primo processo, che risulta essere un processo molto lento, comprende un iniziale aumento della condensazione del vapore attorno alle goccioline presenti all'interno della nube. Esso è affiancato dalla coalescenza, fenomeno nel quale

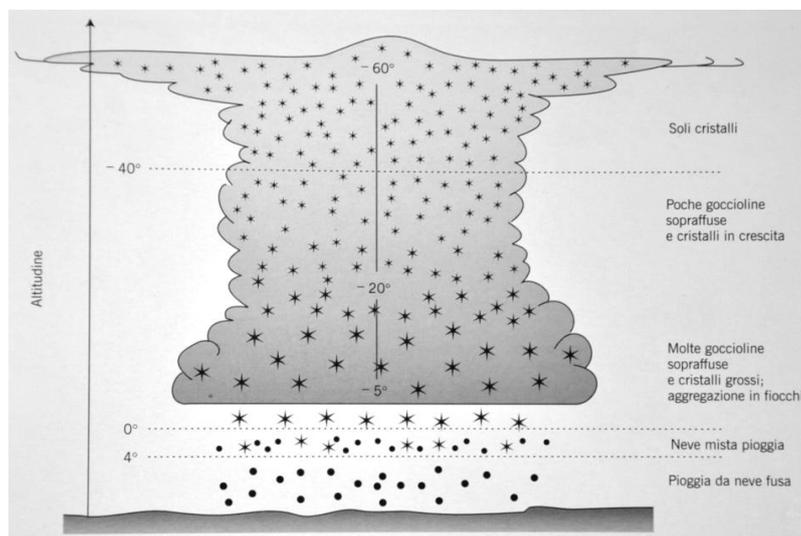


**Figura 1.1** Trasferimento di molecole dalle goccioline [2].

le goccioline di piccola dimensione, durante il moto ascendente, collidono e vengono inglobate da quelle più grandi. Si ha un ciclo dove le goccioline risalgono grazie alle spinte verticali, divergono lateralmente dove le forze sono minori, ridiscendono e proseguono il moto circolare fino a quando la forza peso vince la forza delle correnti ascensionali. Tale processo è caratteristico soprattutto nelle nubi cumuliformi sui mari tropicali, mentre nel continente

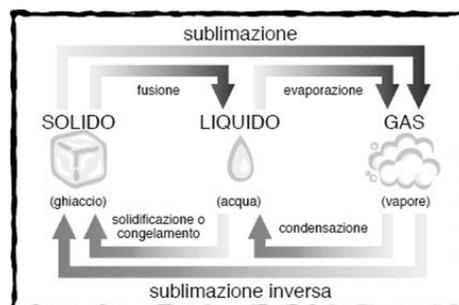
provoca solamente *piovigine* (Figura 1.1) [1].

Il processo di Bergeron-Findeisen si basa sulla contemporanea presenza di cristalli di ghiaccio e acqua all'interno delle nubi. Al raggiungimento di quote elevate e con temperature basse, nella parte superiore delle nubi (stratiformi e/o cumuliformi) si formano un numero sufficiente di cristalli di ghiaccio indispensabili per la formazione delle precipitazioni. La *Figura 1.2* può rendere l'idea del concetto.



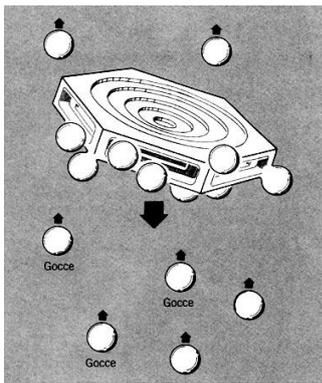
**Figura 1.2** Distribuzione di acqua e ghiaccio in un cumulonembo [1].

La quantità di vapore acqueo contenuta nell'aria dipende essenzialmente dalla temperatura dell'atmosfera: più la massa d'aria è fredda, meno acqua può contenere. Nel momento in cui si raggiunge il valore massimo di vapore acqueo (saturazione dell'aria), tutta la quantità in sovrassaturazione viene condensata in forma liquida. Nel caso in cui avvenga un sufficiente abbassamento della temperatura, le goccioline d'acqua e i cristalli di ghiaccio possono coesistere (nube mista). In queste condizioni si può avere un aumento di sublimazione (da solido a gassoso senza passare allo stato liquido) e di conseguenza il vapore in eccesso subisce un effetto di sublimazione inversa direttamente sul germe di ghiaccio, il quale accresce formando il cristallo di neve.



**Figura 1.3** Passaggi di stato [5].

Quando nella nube viene raggiunta una temperatura inferiore ai  $0^{\circ}\text{C}$ , non si verifica l'immediata formazione di cristalli di ghiaccio (in quanto si conserva acqua per il fenomeno di sovrassaturazione) e l'acqua delle goccioline può mantenersi allo stato liquido anche a temperature notevolmente inferiori allo zero termico (sopraffusione). Più il diametro delle particelle è piccolo, più bassa dovrà essere la temperatura per raggiungere il punto di congelamento, ma quando si raggiungono circa i  $-40^{\circ}\text{C}$ , si verifica il congelamento istantaneo anche delle particelle più piccole [1].



**Figura 1.4** Brinata per urti con le gocce durante la caduta nell'atmosfera [2].

Fino a dimensioni di qualche centinaio di micron i cristalli di ghiaccio hanno un accrescimento per collisione con le particelle di vapore. Oltre questo diametro iniziano a precipitare attraversando vari strati all'interno della nube in condizioni differenti di umidità e temperatura assumendo forme finali molto diverse e complesse grazie all'aggregazione con altri cristalli o all'ingrossamento per coalescenza con gocce d'acqua che congelano immediatamente al contatto: fenomeno di brinamento (*Figura 1.4*). Esso

consiste nel raffreddamento delle gocce d'acqua che, al momento del contatto con il cristallo di ghiaccio, solidificano attaccandosi al cristallo.

Il fiocco di neve, appena nato dall'unione dei cristalli, rimane tale se durante la discesa trova condizioni di temperatura al di sotto dello zero termico fino a quote prossime al suolo e si trasforma in gocce di pioggia con temperature positive [1].

I cristalli possono evolvere in svariate forme grazie alla crescita attorno alla primitiva lamina esagonale, derivante dalla struttura molecolare dell'acqua. Le direzioni spaziali sul piano basale si possono caratterizzare con tre assi posti a  $120^{\circ}$  e un asse  $c$  perpendicolare al piano di base. Il cristallo evolve principalmente o lungo l'asse  $c$  (crescita sulle superfici a temperature da  $-6^{\circ}$  a  $-10^{\circ}\text{C}$ ) o lungo gli assi basali (sui lati con temperature tra  $-10^{\circ}\text{C}$  e  $-12^{\circ}\text{C}$ ; sugli angoli con temperature tra  $-12^{\circ}\text{C}$  e  $-18^{\circ}\text{C}$ , *Figura 1.5*).

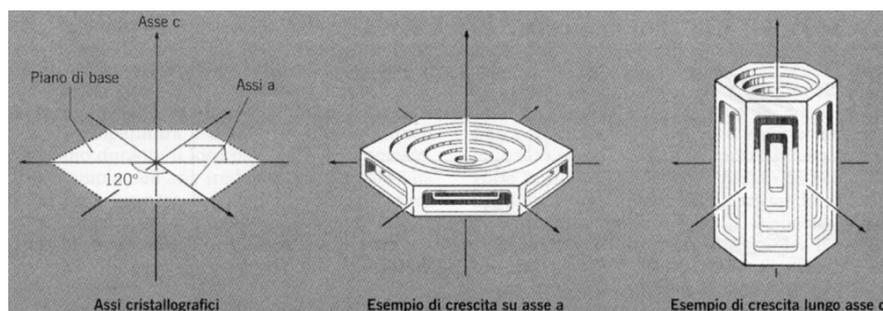


Figura 1.5 Assi cristallografici ed esempi di crescita dei cristalli di neve [2].

Si possono notare varie forme principali con direzioni di crescita diverse in base a temperatura e percentuale di umidità (Figura 1.6): cristalli a lamelle dendritiche (o a forma piatta) che si formano per accrescimento lungo gli assi basali (temperature tra  $0^{\circ}\text{C}$  e  $-4^{\circ}\text{C}$ ); cristalli aghiformi di sezione esagonale formatisi nel senso dell'asse c (attorno ai  $-6^{\circ}\text{C}$ ); colonne cave per accrescimento nel senso dell'altezza (a circa  $-8^{\circ}\text{C}$ ); lamine a settori con aumento del cristallo nel senso degli assi, formando piastrine più ampie (tra  $-9^{\circ}\text{C}$  e  $-12^{\circ}\text{C}$  e oltre i  $-18^{\circ}\text{C}$ ) e dendriti con crescita principale sui vertici del perimetro che conferiscono la caratteristica forma stellata a sei punte (tra i  $-12^{\circ}\text{C}$  e i  $-18^{\circ}\text{C}$ ).

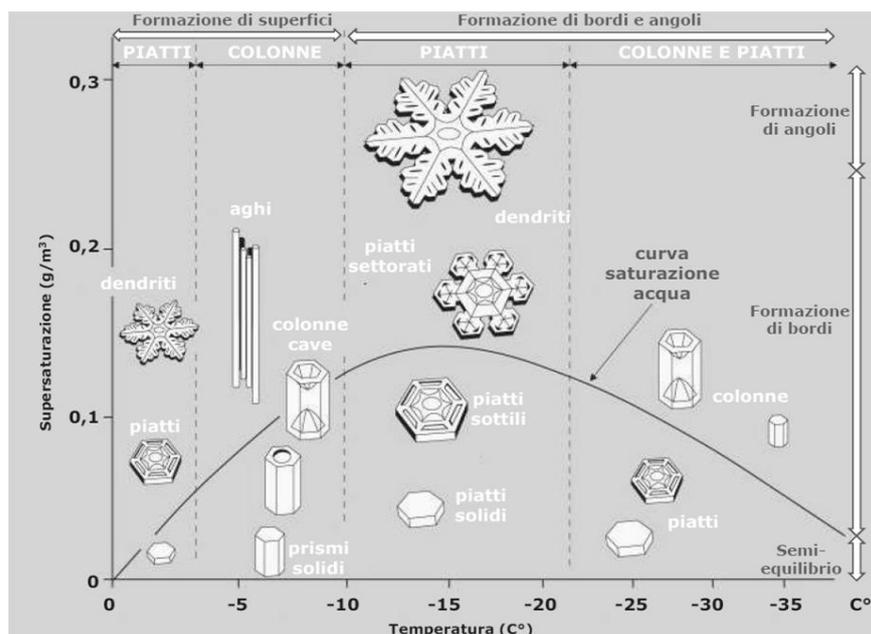


Figura 1.6 Formazione dei cristalli di neve in funzione di densità di vapore in eccesso e di temperatura [14].

Sulla base di queste forme si possono individuare varie soluzioni composite dipendenti dai movimenti dei cristalli di neve in zone delle nubi a temperature e umidità diverse che influenzano rispettivamente la forma e la dimensione. Pur avendo individuato che la temperatura è la principale variabile che determina le caratteristiche del cristallo in atmosfera, ancora oggi non si riescono a comprendere del tutto i processi superficiali attraverso i quali la direzione di crescita si sviluppa. A temperature più calde i processi di formazione e crescita dei cristalli si verificano più velocemente, l'aria calda è carica di umidità e ciò permette la formazione di cristalli più grandi. Si può notare, inoltre, che gli accrescimenti per collisione aumentano le dimensioni del cristallo nella parte inferiore, creando resistenza dell'aria durante la caduta, mentre la sublimazione del vapore aumenta le dimensioni basali rallentandone la caduta.

Lo studio degli effetti delle forme dei cristalli, in collaborazione con l'analisi della loro fratturazione durante le nevicite o a causa del vento e la conseguenza della brina, è fondamentale nel capire e determinare le discontinuità all'interno del manto nevoso. Questa instabilità può determinare la formazione di valanghe per distacco della copertura nevosa fresca od ostacolare i processi di consolidamento con gli strati precedenti.

I cristalli vengono classificati in base a diversi sistemi, tra i più citati troviamo quello dell'International Commission on Snow and Ice (I.C.S.I.), quello del World Meteorological Organization (W.M.O.) e quello dell'Associazione Interregionale per lo studio della Neve e delle Valanghe (A.I.Ne.Va.). Il più completo e probabilmente il più avanzato, è quello adottato dall'I.C.S.I.. Esso classifica cinque tipi di cristalli facilmente identificabili assieme a un gruppo di cristalli irregolari e due altre classi che comprendono grandine e sferette. Tale raggruppamento, essendo le diverse forme di cristalli di neve fresca un fattore secondario per la valutazione della stabilità del manto nevoso, non viene utilizzato dagli esperti di valanghe con la stessa frequenza del sistema più semplice a tre gruppi (con simboli: + per la neve fresca; +r per la neve fresca brinata e  $\Delta$  per la neve fresca interamente brinata) [2].

L’A.I.Ne.Va. prende in considerazione il sistema proposto da W.M.O., il quale individua e classifica dieci forme principali che vengono di seguito riportate.

|    |                       |   |  |   |   |
|----|-----------------------|---|--|---|---|
| 1  | Piastre               |    |    |    |    |
| 2  | Stelle                |    |    |    |    |
| 3  | Colonne               |    |    |    |    |
| 4  | Aghi                  |    |    |    |    |
| 5  | Dendriti spaziali     |    |    |    |    |
| 6  | «Gemelli di camicia»  |    |    |    |    |
| 7  | Particelle irregolari |    |    |    |    |
| 8  | Neve pallottolare     |  |  |  |  |
| 9  | Sferette di ghiaccio  |  |  |  |  |
| 10 | Grandine              |  |  |  |  |

**Figura 1.7** Classificazione delle forme principali di cristalli di neve redatta da W.M.O. e utilizzata da A.I.Ne.Va. [13].

Nel 2009, una commissione internazionale di lavoro con il compito di revisionare e modificare il documento di riferimento per quanto riguarda la classificazione della neve stagionale al suolo, ha pubblicato la nuova classificazione tradotta nel 2011 dall’A.I.Ne.Va. e utilizzata nel presente lavoro e durante i rilievi sul campo (vedi Appendice A).

La nuova classificazione dei cristalli e la tavoletta cristallografica IACS 2009, riportano la trasformazione dei cristalli e dei grani in funzione dei gradienti, come di seguito riassunto.

Le particelle di precipitazione (*PP*, 1) dopo circa 24 ore perdono coesione in quanto si trasformano per sublimazione delle zone convesse e loro sublimazione inversa verso le zone concave al centro del cristallo: si trasformano quindi in particelle di precipitazione decomposte e frammentate (*DF*, 2).

Con bassi gradienti le particelle di precipitazione iniziano un arrotondamento diventando grani arrotondati (*RG*, 3): rispettivamente prima si osservano grani di piccole dimensioni e poi sempre maggiori. A questo punto si possono verificare due situazioni distinte:

-Bassi gradienti: le temperature relativamente alte portano alla formazione di forme fuse (*MF*, 6) che in funzione della stagione possono andare incontro a rigelo o a progressiva fusione;

-Elevati gradienti: i grani arrotondati iniziano a sfaccettarsi (*RGxf*, 3c) e in seguito si trasformano in cristalli sfaccettati (*FC*, 4). Se l'elevato gradiente persiste i cristalli proseguono il loro accrescimento con la formazione di brina di profondità (*DH*, 5), mentre se le temperature all'interno del manto nevoso subiscono un incremento, le particelle sfaccettate ritornano in arrotondamento.

Si possono inoltre incontrare forme di brina di superficie (*SH*, 7) dovuta a un'elevata umidità dell'aria accompagnata da temperature minori di quella di brina, formazioni di ghiaccio (*IF*, 8) causate dalla percolazione di acqua all'interno del manto nevoso, e neve artificiale (*MM*, 0).

### 1.3 METAMORFISMO DELLA NEVE IN ATMOSFERA

Il cristallo di ghiaccio durante il suo tragitto dalla nube al suolo difficilmente arriva indenne a destinazione e può subire una serie di metamorfismi che determinano la variazione della forma o addirittura un cambio di stato da solido a liquido.

Il metamorfismo preso in considerazione è di tipo distruttivo, influenzato dall'isotermia o dall'effetto meccanico del vento. In entrambi i casi, da cristalli di neve fresca a forma dendritica, si passa a forme arrotondate.

Durante la trasformazione per isotermia il cristallo può perdere le ramificazioni per l'apporto di vapore dalle zone convesse a quelle concave nel centro del granulo. Altro fenomeno molto importante e incidente è l'azione del vento, in quanto influisce meccanicamente spezzando le ramificazioni dei cristalli che vengono ad assumere una forma arrotondata. Il metamorfismo distruttivo ostacola i legami tra le particelle o tra i nuovi cristalli e la neve di strati più vecchi.

Le forme dei cristalli possono influire sulla possibilità di fenomeni valanghivi già nel momento in cui si posano al suolo e vanno a costituire uno strato del manto nevoso. Infatti in entrambi i casi si possono avere fenomeni di instabilità per mancanza di legame tra i cristalli.

#### 1.4 METAMORFISMO DELLA NEVE AL SUOLO

Il cristallo di neve una volta raggiunto il suolo, trovando un nuovo ambiente rispetto a quello di formazione, è soggetto a una serie di trasformazioni in modi e tempi diversi che prendono il nome di metamorfismi. In base alle condizioni ambientali questo insieme di processi portano a variazioni della struttura della neve per effetto di vari fattori quali: temperatura, vento, flusso di calore geotermico, pressioni, radiazione solare (incidente e riflessa), irraggiamento notturno con cielo sereno e nebbia.

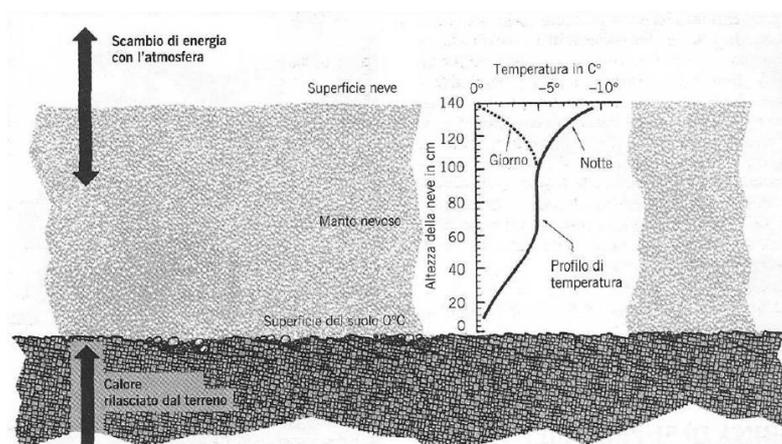
Da questi fattori si nota che lo scambio termico (calore sia ceduto sia acquisito) tra neve e il suolo e l'atmosfera, permette l'evoluzione del manto nevoso determinando la distribuzione delle temperature al suo interno e conseguentemente i metamorfismi. Lo scambio termico definisce il gradiente termico all'interno del manto nevoso: variazione di temperatura a partire dalla neve al suolo, fino alla superficie, misurata in gradi centimetro [ $^{\circ}C/cm$ ]. Si instaura nel manto nevoso e si sviluppa negli strati con tre tipi di gradiente termico corrispondenti a tre tipi di metamorfismo:

- alto gradiente: maggiore di  $0.2^{\circ}C/cm$ , permette metamorfismo costruttivo con forte crescita cinetica dei cristalli;
- medio gradiente: compreso tra  $0.05^{\circ}C/cm$  e  $0.2^{\circ}C/cm$ , è caratterizzato da metamorfismo distruttivo lento o lieve crescita cinetica dei cristalli;
- basso gradiente: valori inferiori a  $0.05^{\circ}C/cm$  che implicano metamorfismo distruttivo.

Si può instaurare anche una situazione di isoterma, con assenza di gradiente termico all'interno del manto nevoso e quindi con temperature di  $0^{\circ}C$  pressoché costanti in senso verticale che dà origine al metamorfismo da fusione e solitamente successivo rigelo.

Il gradiente si verifica dal basso verso l'alto, quando la temperatura esterna e al suolo sono adeguate e la porosità della neve è tale da permettere e favorire la circolazione dei moti convettivi dell'aria al suo interno.

Il calore accumulato nel terreno per riscaldamento estivo e il calore geotermico, permettono di mantenere lo stato di base del suolo a una temperatura costante di circa  $0^{\circ}\text{C}$  al di sotto del manto nevoso che funge da isolante.



**Figura 1.8** Illustrazione delle variazioni termiche nel manto nevoso [2].

Quando la superficie superiore del manto nevoso, che raggiunge temperature molto basse in periodi di aria fredda o cielo sereno, incontra il flusso di calore proveniente dal suolo, si instaura una circolazione di moti convettivi verticali con velocità maggiori all'aumentare della differenza di temperatura. L'aria calda diffusa dal terreno e trattenuta negli strati profondi a causa dell'effetto isolante del manto nevoso dà origine alla sublimazione in vapore dei grani più piccoli che, unendosi all'aria dei moti convettivi raggiunge gli strati sovrastanti più freddi i quali permettono al vapore d'acqua di cristallizzare sulle pareti dei cristalli incontrati.

Questi metamorfismi sono caratterizzati dalla modificazione nel tempo della forma del cristallo con evoluzione distruttiva, se la trasformazione tende a strutture d'equilibrio mediante formazione di grani arrotondati; con evoluzione costruttiva, se si hanno effetti di crescita cinetica da grani arrotondati o particelle frammentate a cristalli sfaccettati fino alla costruzione di brina; oppure con fusione e rigelo fino alla trasformazione di aggregati cristallini.

Per questo motivo il manto nevoso non può essere considerato isotopo e omogeneo, ma piuttosto come una sovrapposizione di strati con proprietà meccaniche diverse in base al tipo di trasformazione subita.

In dettaglio osserveremo i metamorfismi da gradiente termico (basso, medio ed elevato), da fusione e rigelo, da sinterizzazione del vento (per effetto meccanico).

Altri metamorfismi che incidono sulla trasformazione del manto nevoso e che vengono solamente accennati in questo lavoro sono:

- sinterizzazione da pressione dovuta a carico: il carico graduale indotto da nuove precipitazioni causa una progressiva diminuzione degli spessori, compattazione, variazione delle forme dei cristalli e diminuzione del contenuto d'aria, con conseguente assestamento del manto nevoso;
- soleggiamento diretto: formazione di crosta da sole (Firnspiegel), caratterizzata da uno strato molto sottile e traslucido di rigelo del vapore provocato dalla radiazione solare diretta.

#### 1.4.1 Metamorfismo da basso gradiente (distruttivo)

La prima trasformazione nel manto nevoso riguarda le particelle di precipitazione (*PP, 1*) (cristalli di neve fresca a forma ramificata o dendritica a stella) che subiscono notevoli trasformazioni in pochissimo tempo a causa della loro elevata instabilità. Esse infatti dopo circa 24 ore perdono coesione trasformandosi in particelle di precipitazione decomposte e frammentate (*DF, 2*)

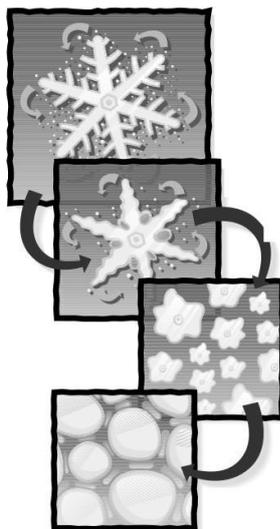


Figura 1.9 Metamorfismo da basso gradiente con evoluzione verso forme di equilibrio [5]

per sublimazione delle zone convesse e loro sublimazione inversa verso le zone concave al centro del cristallo. Con bassi gradienti le particelle di precipitazione iniziano un arrotondamento progressivo con grani di piccole dimensioni che via via aumentano il loro volume diventando grani arrotondati (*RG, 3*).

Il metamorfismo da basso gradiente o distruttivo, è tanto più rapido quanto la temperatura della neve è prossima allo zero termico. A basse temperature invece tale trasformazione è più lenta.

Questo fenomeno distrugge i cristalli che in condizioni di isoterma riducono la loro grandezza media fino a

grani dell'ordine dei decimi di millimetri e arrotondando gradualmente la loro forma (*Figura 1.9*). Lo spazio occupato da questi grani all'interno dello strato viene quindi ridotto, pur non modificandone la massa. Tale fenomeno può essere spiegato fisicamente con la differenza di tensione di vapore, presente tra cuspidi e zone concave, che favorisce la sublimazione. Grazie a quest'ultima la periferia del cristallo si trasforma in vapore che viene attratto e trasportato verso il nucleo dove, per sublimazione inversa (cambiamento dallo stato di vapore a quello solido), si trasforma in ghiaccio fino alla scomparsa delle ramificazioni e formazione di un grano arrotondato (diametro di circa *0.5mm*). Durante il processo che porta alla perdita delle ramificazioni e all'aumento di densità, i cristalli si staccano fra loro riducendo la coesione di tipo feltrosa e in seguito, per effetto della gravità, vengono assestati verso il basso e si comprimono l'uno sull'altro creando nuovi legami nei punti di contatto per compressione e per apporto di vapore dalle zone convesse a quelle concave [3].

Questo riequilibrio energetico che presenta migrazione delle molecole verso le zone a minor tensione di vapore, si verifica anche tra cristalli di piccole e grandi dimensioni.

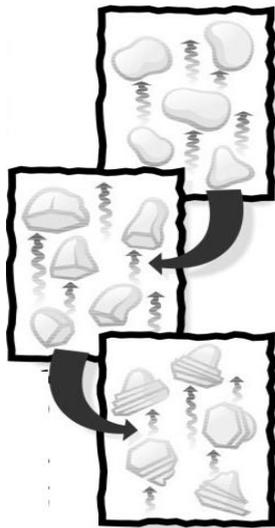
Il manto nevoso che da una situazione di coesione labile passa a una situazione di quasi assenza di coesione diventa successivamente compatto e stabile. Questo metamorfismo provoca l'assestamento della neve che diviene più densa, resistente e di conseguenza più stabile.

Durante la prima fase di perdita di coesione feltrosa con instabilità importanti soprattutto su versanti inclinati, dove i cristalli si muovono spontaneamente o per effetto di sollecitazioni esterne perché privi di legami, si possono generare valanghe di debole coesione caratteristiche dei giorni immediatamente successivi alle precipitazioni nevose. Temperature miti, neve a elevata densità e manto nevoso spesso, sono i fattori che promuovono il metamorfismo distruttivo. In particolare la temperatura influenza il tempo di instabilità della neve: con temperature più elevate il pericolo è immediato, ma di breve durata grazie all'assestamento rapido; con basse temperature, pendii in ombra o esposti a nord il pericolo è della stessa entità, ma più duraturo nel tempo in quanto le

valanghe spontanee possono staccarsi più tardi e l'instabilità può favorire valanghe provocate.

#### 1.4.2 Metamorfismo da medio gradiente

Il gradiente termico nel manto nevoso compreso tra  $0.05^{\circ}\text{C}/\text{cm}$  e  $0.2^{\circ}\text{C}/\text{cm}$ , è caratterizzato da metamorfismo distruttivo lento o lieve crescita cinetica dei cristalli che provoca sensibili differenze sia tra singoli cristalli sia tra strati adiacenti.



**Figura 1.10** Metamorfismo da medio gradiente con lenta distruzione dei cristalli o loro lieve crescita cinetica [5]

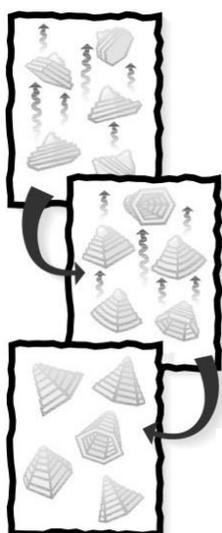
All'interno del manto nevoso si instaura un flusso di vapore ascensionale che dagli strati a temperature meno fredde (solitamente strati inferiori influenzati dal calore geotermico) risale verso gli strati più freddi, dove il vapore mediante sublimazione inversa forma superfici piane e sfaccettate (diametri da  $0.5\text{mm}$  ad alcuni  $\text{mm}$ ). Il metamorfismo da medio gradiente crea grani che presentano una bassa coesione e conseguentemente il manto nevoso diviene instabile.

Essendo il manto nevoso in continua trasformazione, presenta la possibilità di comportamenti reversibili, e con la diminuzione del gradiente i grani si arrotondano e la neve si stabilizza.

I fattori che maggiormente favoriscono il metamorfismo da medio gradiente e quindi la presenza di cristalli sfaccettati ( $FC$ ,  $4$ ) sono la bassa densità della neve, il manto nevoso poco spesso che permette gradienti di temperatura medi e basse temperature.

#### 1.4.3 Metamorfismo da elevato gradiente

Il metamorfismo da elevato gradiente presenta lo stesso procedimento di formazione e gli stessi fattori d'innescio del precedente, ma con trasformazioni più spinte dei cristalli. Anche strati compatti impermeabili costituiti da croste possono fungere da barriere di permeabilità creando strati basali virtuali e favorendo la formazione di brina al di sopra e al di sotto della loro superficie.



**Figura 1.11**

Metamorfismo da elevato gradiente con forte crescita cinetica dei cristalli [5]

Con gradiente maggiore di  $0.2^{\circ}C/cm$ , il flusso ascensionale di vapore è molto attivo e i cristalli sfaccettati (FC, 4) proseguono il loro accrescimento fino a dimensioni anche di qualche centimetro. Questi cristalli di nuova formazione costituiscono la brina di profondità (DH, 5) e tendono ad assumere forme a calice (forme piramidali cave a base esagonale) a causa del deposito successivo di sottili lamelle di ghiaccio con sfaccettature piatte a gradini e a raggiungere dimensioni anche superiori ai  $10mm$  (Figura 1.11). Quest'ultimi, che si riconoscono perché sono traslucidi e molto fragili, presentano inoltre scarsa coesione che porta alla formazione di una base d'appoggio instabile.

Quando i grani perdono la loro coesione rendono il manto nevoso instabile fino a quando un basso gradiente trasforma i cristalli a facce piane in forme arrotondate aumentandone la densità e *ri-stabilizzando* il manto nevoso. Gli strati sottoposti a questo fenomeno presentano scarsa resistenza al taglio (sforzo laterale), ma buona resistenza alle sollecitazioni verticali grazie alla conformazione di rigide colonne di cristalli. L'incremento di resistenza verticale si forma quando il cristallo superiore cresce fino a intercettare quello inferiore che decresce con la scomparsa di legami orizzontali e la formazione di quelli verticali molto deboli.

Più il manto nevoso è sottile più sarà elevato il gradiente e, con permanenza di temperature basse, lo spessore dello strato di brina di profondità aumenta a spese dello strato di neve preesistente conferendo una base di appoggio fragile. Quindi nevicate precoci con lunghi periodi freddi possono avere strati che si trasformano totalmente in brina di fondo compromettendo la stabilità delle successive nevicate per tutto il resto della stagione, con distacco di valanghe a lastroni provocate soprattutto se sottoposti a bruschi sforzi meccanici (nuova nevicata, sciatore, ecc.). Altro problema che crea la brina di fondo è la capacità di rendere instabile il manto nevoso pur non modificando l'aspetto superficiale dello strato, rendendo difficile identificare il pericolo di valanghe su pendii che

magari erano rimasti stabili e ben assestati per lungo tempo prima del periodo a basse temperature dell'aria.

Altro fenomeno simile che si può formare per condensazione del vapore atmosferico è la brina di superficie (SH, 7). Essa è l'equivalente solido della rugiada e si sviluppa rapidamente quando la tensione di vapore acqueo in aria supera la quantità di vapore dei cristalli di neve sulla superficie. Si sviluppa rapidamente se nell'aria è presente una sufficiente quantità di vapore acqueo ed esiste un elevato gradiente termico tra il manto nevoso, raffreddato al di sotto del punto di congelamento, e l'aria sovrastante a temperature più calde. La forma della brina dipende dalla temperatura di formazione e solitamente questi cristalli hanno una forma diversa da quelli contigui favorendo l'instabilità degli strati di neve che una volta sepolti tendono a creare zone di rottura che si propagano nel manto nevoso [2].

#### 1.4.4 Metamorfismo da fusione e rigelo

Il metamorfismo da fusione è dovuto al riscaldamento della neve fino a  $0^{\circ}\text{C}$  (punto di fusione) e si verifica soprattutto nel periodo primaverile o invernale con condizioni particolari di versanti soleggiati, a bassa quota, esposti a prolungato rialzo termico seguito da basse temperature. Durante questo metamorfismo i cristalli vengono arrotondati grazie ad un processo costruttivo

##### Diverso regime dell'acqua liquida nei grani bagnati

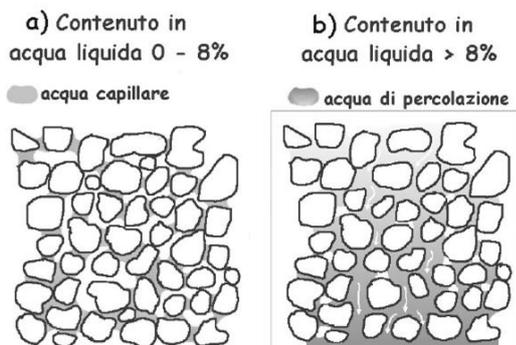


Figura 1.12 Contenuto di acqua liquida [3].

con formazione di grossi grani arrotondati e di aggregati cristallini.

Con temperature di  $0^{\circ}\text{C}$  i grani di grandi dimensioni vengono circondati e smussati dall'acqua di fusione derivante dai cristalli più piccoli. Tale liquido percola riempiendo le cavità con velocità diverse in base alla densità degli strati e nel momento in cui rcongela

augmenta le dimensioni dei cristalli non sciolti in precedenza conferendo loro la

forma arrotondata (*Figura 1.12*). Quando il manto nevoso presenta un contenuto d'acqua minore dell'8% il metamorfismo dei grani avviene con flusso di vapore passante nei pori attraverso l'aria e, al diminuire del contenuto d'acqua, aumenta la pressione capillare e i grani si uniscono in grappoli. Con contenuti d'acqua maggiori dell'8% avviene lubrificazione e fluidificazione del manto, le particelle si trovano separate tra loro e possono verificarsi colate e valanghe a densità molto elevata.

Durante la fase di fusione avviene la rottura dei legami diretti con una riduzione notevole di coesione tra uno strato e l'altro e all'interno degli stessi strati. Se si verifica il raffreddamento della zona superficiale, i cristalli saldati tra loro, potenziano la coesione e trasformano questi strati in croste. Il loro spessore e la loro resistenza varia in funzione del tempo d'esposizione alle basse temperature notturne e presentano un pessimo piano d'appoggio per le precipitazioni nevose successive.

Le precipitazioni piovose, la presenza di pendii ripidi esposti al sole, la neve con elevati tenori di acqua liquida e notti fredde e serene alternate a giornate calde e soleggiate, sono i fattori d'innescio principali per condizioni di fusione e rigelo.

Mediante questo metamorfismo si possono creare due diverse situazioni favorevoli per il distacco del manto nevoso: valanghe di neve a debole coesione bagnata (favorite nella tarda mattinata o pomeriggio fino a sera inoltrata) a distacco spontaneo verificabili nel caso di fusione; valanghe a lastroni su strati di neve bagnata a debole coesione, solitamente a distacco provocato, nel caso di rigelo.

#### **1.4.5 Metamorfismo da sinterizzazione da vento (meccanico)**

Questo tipo di metamorfismo, come quello da basso gradiente, comporta la rapida frammentazione delle forme originarie dei cristalli e la loro trasformazione in grani arrotondati. In questo caso però la trasformazione non avviene più a causa della temperatura, bensì per le azioni meccaniche che subisce il manto nevoso dovuto alla sua pressione interna e all'azione del vento. Il risultato della compattazione dovuta alla pressione meccanica dei grani gli uni sugli altri con conseguente sinterizzazione (saldatura reciproca tra cristalli), può

verificarsi in fase di assestamento soprattutto nel caso di precipitazioni intense e abbondanti o essere una conseguenza di azioni artificiali come la compressione esercitata sulla neve per la battitura delle piste da sci o il passaggio di escursionisti.

L'azione del vento è la causa principale che, sottoponendo i cristalli a continui urti e rotolamento, li frantuma in piccoli granelli progressivamente sempre più arrotondati che poi accumula nelle zone sottovento rispetto alle asperità del terreno. Si assiste alla formazione di forme coese per compattazione della neve trasportata costituite da cornici e lastroni (duri ma fragili o soffici e teneri) a caratteristiche variabili in funzione della temperatura e dell'umidità di aria e neve contraddistinti da elevata densità dovuta a neve compatta e scarso contenuto d'aria.

Le conformazioni formate dal vento si legano difficilmente alla superficie della neve preesistente perché le caratteristiche morfologiche e termiche non coincidono tra le due strutture. Per questo tale metamorfismo crea, sui pendii sottovento, negli avvallamenti, nei canaloni e a ridosso delle cornici, le condizioni per il distacco di lastroni. Questi ultimi sono causati da un sovraccarico o da una diminuzione di resistenza interna (dovuta da un forte e prolungato riscaldamento, da metamorfismi da fusione o da gradiente termico).

L'azione del vento sulla neve è analoga a quella sulla sabbia in quanto presenta lo stesso trasporto e tende a sagomare forme similari. In base alla velocità del vento si può avere: trasporto per rotolamento (vento debole) dove i cristalli, muovendosi a contatto con la superficie nella direzione del vento, si arrotondano e si accumulano nelle cavità dando origine a ondulazioni del manto nevoso; trasporto per saltazione (maggior intensità del vento) dove i cristalli costruiscono forme di dune e accumuli; trasporto turbolento.

La rottura del manto nevoso in questo metamorfismo caratterizza le valanghe a lastroni con scivolamento di questi sul piano d'appoggio sottostante e la loro rottura in blocchi di dimensioni sempre minori fino all'arresto nella zona di deposito.

## 1.5 PROPRIETÀ DELLA NEVE AL SUOLO

Tra le numerose variabili che controllano la neve al suolo, vengono di seguito descritte le principali: tenore d'acqua, densità, proprietà meccaniche della neve, coesione, attrito e deformabilità del manto nevoso.

Il manto nevoso è un mezzo granulare poroso eterogeneo costituito da strati di neve con diverse proprietà e caratteristiche sia fisiche sia meccaniche. Esso è caratterizzato da un miscuglio di ghiaccio, acqua e aria (porosità), in quanto può contenere l'acqua presente nelle tre diverse fasi: solido, liquido e vapore.

Queste peculiarità fisiche dipendono dai cristalli e dai grani che, fusi assieme, creano la tessitura del ghiaccio a diversi gradi di resistenza in base a diversi fattori: temperatura, dimensioni e quantità relative dei grani.

Le caratteristiche meccaniche dei vari strati sovrapposti che costituiscono il manto nevoso (dovuti a nevicate o apporti eolici) dipendono principalmente dal diverso grado e tipo di metamorfismo che caratterizzano i cristalli.

La distinzione tra i vari tipi di neve al suolo dipende, principalmente, dalle caratteristiche fisiche e dagli sforzi di trazione e compressione, dovuti a peso proprio della neve, sovraccarichi, variazioni di temperatura, morfologia del terreno, tensioni interne, ecc. Altri fattori incidenti sono forze d'attrito e coesione rafforzati dall'aumento di densità per i carichi a cui è sottoposto il manto.

### 1.5.1 Tenore d'acqua

Il contenuto in acqua della neve, definito come la percentuale d'acqua libera presente nel volume, costituisce un parametro fondamentale per spiegare le caratteristiche della neve al distacco, in quanto influisce, insieme alla temperatura, sul metamorfismo della neve, determinando il tipo di valanga [2].

Attualmente ci sono diversi metodi di misurazione del contenuto in acqua: calorimetria a caldo (fusione) e a freddo (rigelo), diluizione con misurazioni dielettriche.

L'acqua liquida diventa libera solo se viene superato il contenuto d'acqua capillare. Questo valore rappresenta il 3% circa del volume e dipende dalla tessitura della neve, dalla dimensione e dalla forma dei grani. L'acqua capillare

è l'acqua che può essere trattenuta dalle forze di superficie contro la forza di gravità [23].

Viene di seguito riportata la classificazione della neve in base al contenuto d'umidità.

| TERMINE              | CONTENUTO IN ACQUA | NOTE   |
|----------------------|--------------------|--|
| <b>Asciutta</b>      | 0%                 | La temperatura è solitamente $<0^{\circ}\text{C}$ , ma si può avere neve asciutta fino a $0^{\circ}\text{C}$ . I grani di neve hanno una scarsa tendenza ad unirsi.  |
| <b>Umida</b>         | $<3\%$             | $T=0^{\circ}\text{C}$ . L'acqua non è visibile nemmeno con ingrandimenti $10X$ . Quando viene schiacciata leggermente la neve ha una netta tendenza a restare unita.   |
| <b>Bagnata</b>       | 3-8%               | $T=0^{\circ}\text{C}$ . L'acqua è riconoscibile con ingrandimento $10X$ tramite il suo menisco tra i grani contigui; non è comunque possibile estrarre l'acqua schiacciando moderatamente la neve tra le mani. |
| <b>Molto bagnata</b> | 8-15%              | $T=0^{\circ}\text{C}$ . L'acqua si può estrarre premendo moderatamente la neve; vi è però ancora una certa quantità d'aria all'interno dei pori.   |
| <b>Fradicia</b>      | $>15\%$            | $T=0^{\circ}\text{C}$ . La neve è impregnata d'acqua e contiene una quantità d'aria relativamente limitata.  |

Tabella 1.1 Classificazione manto nevoso in funzione dell'umidità [3].

### 1.5.2 Densità ( $\rho$ , $\text{kg}/\text{m}^3$ )

La densità  $\rho$  è definita come il rapporto tra la massa della neve e il volume del campione stesso, misurata in  $\text{kg}/\text{m}^3$ . Essa varia stagionalmente tra i 30 e i  $600\text{kg}/\text{m}^3$ : nella neve secca tra i 50 e i  $100\text{kg}/\text{m}^3$  e nel caso di neve bagnata raggiunge anche i  $600\text{kg}/\text{m}^3$ . Il limite massimo di densità per la neve asciutta è solitamente di  $550\text{kg}/\text{m}^3$ , un valore vicino a quello calcolato per un insieme di sfere di ghiaccio il più possibile compattate in modo casuale. La densità presenta valori minimi (rari) di circa  $30\text{kg}/\text{m}^3$  per la neve fresca molto leggera (porosità del 97%) e massimi di circa  $600\text{kg}/\text{m}^3$  per la neve bagnata presente in un manto nevoso primaverile (porosità del 35%). Nel caso di nevai si hanno valori più elevati [2].

La tabella seguente rende i dettagli suddetti.

| <b>TIPO DI NEVE</b>                        | <b>DENSITA' [kg/m<sup>3</sup>]</b> |
|--|------------------------------------|
| <b>Neve fresca molto leggera</b>           | Ca. 30                             |
| <b>Neve fresca</b>                         | In media ca. 100                   |
| <b>Neve feltrata</b>                       | 150-300                            |
| <b>Neve a grani arrotondati</b>            | 250-450                            |
| <b>Neve a grani angolosi</b>               | 250-400                            |
| <b>Neve scorrevole-brina di profondità</b> | 150-350                            |
| <b>Neve bagnata</b>                        | 300-500                            |
| <b>Nevaio</b>                              | 500-830                            |
| <b>Ghiaccio</b>                            | 917                                |

**Tabella 1.2** Relazione tipo di neve e densità [3].

Questa variabile è collegata alla quantità di aria presente tra i cristalli e quindi direttamente collegata alla porosità. Quest'ultima influenzando sulle proprietà meccaniche, è collegata alla modalità di distacco delle valanghe.

Nella valutazione della stabilità del manto nevoso, la densità è uno dei parametri che consente di calcolare il carico prodotto da un manto nevoso sovrastante uno strato debole o il sovraccarico prodotto dalle nevicate.

### 1.5.3 Proprietà meccaniche della neve

La neve, essendo un materiale non omogeneo, presenta proprietà meccaniche diverse in base al piano geometrico di riferimento. La resistenza e la durezza del manto nevoso variano infatti sia a livello microscopico (determinando un diverso scheletro della struttura) sia macroscopico (andando ad analizzare ogni singolo strato dell'intero pacchetto della copertura).

La resistenza della neve è la capacità di resistere alle sollecitazioni ed è legata a temperatura, densità, durezza, velocità di deformazione (viscosità, elasticità) e al tipo di legame tra i cristalli. I tre meccanismi di deformazione che solitamente si riscontrano combinati tra loro sono: la resistenza alla trazione (dove i grani vengono separati), alla compressione (schiacciamento dei cristalli) e al taglio (i grani vengono spinti l'uno dietro l'altro).

La resistenza al taglio è una delle proprietà fisiche più importanti per la formazione e lo studio delle valanghe sia a neve di debole coesione sia per quelle a lastroni. La condizione necessaria per la formazione di tale fenomeno è proprio il fatto che le sollecitazioni applicate sulla neve superino la resistenza al

taglio, con rottura dello strato debole. Questa resistenza risulta più debole rispetto alle altre due prima citate con valori dell'ordine di  $1/10$  della resistenza alla trazione e di  $1/100$  della resistenza alla compressione. L'interstrato a debole resistenza al taglio è costituito solitamente da brina con cristalli grossi e sfaccettati che, ricoperta dalle successive nevicate, rende i due strati ben consolidati che la rendono instabile. La resistenza cresce con la presenza di grani fini a forma arrotondata in quanto aumenta anche la densità con la pressione esercitata dal peso del manto nevoso o con il crescere della temperatura. Importanti fattori incidenti su questa resistenza al taglio sono le proprietà di attrito e coesione del manto nevoso, quest'ultima tende a mantenere la neve sul posto, contrastando la forza di gravità che sollecita i cristalli a scorrere verso valle. Si creano così due forze parallele e opposte (vincolate da temperatura, forma dei granuli, metamorfismo e attrito) che inducono la sollecitazione al taglio. Questa rottura si verifica con sollecitazioni rapide che inducono a deformazioni veloci senza assestamento del manto nevoso.

Quando le deformazioni che interessano la neve su un pendio sono lente danno la possibilità al manto nevoso di assestarsi attraverso un comportamento fluido viscoso e quindi in grado di riorganizzare i cristalli al suo interno. Tali processi sono prodotti da resistenza a trazione e resistenza a compressione che dipendono a loro volta dalla velocità di deformazione. La resistenza alla compressione della neve, a differenza di molte altre strutture solide, prevale sulla trazione, con valori fino a circa  $10$  volte superiori.

La durezza, altra proprietà meccanica oltre alla resistenza, è la capacità della neve di resistere alle deformazioni locali prodotte da forze di compressione, per questo è utilizzata come misura rappresentativa della resistenza alla compressione. Tale relazione permette di considerare la durezza, che aumenta con l'addensamento e quindi con la profondità, uno strumento più utile nella valutazione delle valanghe rispetto alla densità. La proprietà della durezza può essere misurata in sito mediante il test della sonda a percussione o con la prova della mano, durante il quale si osserva il grado di penetrazione di differenti

oggetti (pugno, 4 dita, 1 dito, matita o lamina coltello) in una sezione stratigrafica verticale del manto nevoso.

#### 1.5.4 Coesione

La coesione è la capacità dei grani di ghiaccio (o cristalli) di restare uniti tra loro in virtù delle forze di attrazione intermolecolari o dei legami creati nei vari processi evolutivi (sinterizzazione, rigelo, ecc.). Essa dipende dalla forma dei grani, dalla densità e dal contenuto in acqua oltre al mutare della temperatura, dell'umidità, del grado di assestamento del manto nevoso e del tipo di cristalli presenti. La coesione condiziona anche la capacità di trasporto della neve a opera del vento e la trasmissione delle sollecitazioni all'interno del manto nevoso. Una coesione insufficiente provoca valanghe di neve bagnata a scarsa coesione. Una situazione di debole coesione è influenzata da basse temperature, caduta di neve in assenza di vento, con assenza di frantumazione e compattazione, e bassa densità con un ridotto numero di legami.

Il grado di coesione della neve è direttamente legato al modo in cui i grani e i cristalli di neve si legano ai grani contigui (forza del legame). Si possono avere varie forme di coesione.

Sinterizzazione: durante il metamorfismo per isotermità si creano dei "giunti" di ghiaccio tra i cristalli grazie all'effetto di temperatura e pressione dei grani sovrapposti.

Capillarità: legame tra i vari cristalli imposto all'umidità diffusa nel manto nevoso che si dispone come una sottile pellicola attorno ai grani creando legami tra loro (analogamente alle sabbie, se la quantità di liquido supera l'8% la coesione per capillarità si annulla e la neve viene definita bagnata o fradicia).

Feltratura: le ramificazioni dei cristalli, soprattutto in neve fresca e a forma dendritica stellata, si intrecciano tra loro, ma hanno una breve durata a causa della trasformazione dei cristalli verso forme di equilibrio.

Fusione e rigelo: all'aumentare di temperatura l'acqua superficiale di fusione percola negli strati più esterni attraverso le cavità presenti tra i cristalli e, a causa delle temperature inferiori che trova al di sotto, rigela (solidifica) consolidando

la struttura. I cristalli, in base alla temperatura, si aggregano in masse dallo spessore variabile da alcuni millimetri a qualche centimetro.

### 1.5.5 Attrito

L'attrito indica la resistenza che i grani appartenenti a uno strato esercitano sui grani dello strato adiacente. Essa è una proprietà che, come in tutti i materiali, ha valori diversi in relazione alle condizioni di moto della neve. Riveste un ruolo fondamentale nella formazione delle valanghe (soprattutto a lastroni), in quanto la resistenza del manto nevoso è data dalla somma tra attrito e coesione. Si va ad analizzare l'angolo limite in cui l'elemento granulare può restare in equilibrio su un piano inclinato (coefficiente di attrito statico) e l'angolo per il quale l'elemento granulare, messo in movimento su un piano inclinato, si ferma naturalmente (coefficiente cinematico). Tali valori sono variabili anche in base ai metamorfismi: la neve fresca resta in equilibrio anche su piani inclinati di  $80^\circ$  (a volte anche oltre) grazie alla forma e alla coesione feltrosa, fino a quando subentrano alterazioni che attivano il suo moto; situazioni di maggior pericolo si verificano con coesione prossima allo zero su strati prossimi alla superficie dove si possono sviluppare valanghe a debole coesione e con resistenze basse in strati intermedi nel manto nevoso con possibilità di valanghe a lastroni [2].

| TIPO DI NEVE                             | ANGOLO D'ATTRITO [°] |
|--|----------------------|
| Fresca                                   | $90^\circ$           |
| Metamorfismo distruttivo (fase iniziale) | $65^\circ$           |
| Metamorfismo distruttivo (fase finale)   | $45^\circ$           |
| Grani arrotondati (fusione)              | $30^\circ$           |
| Brina di fondo                           | $55^\circ$           |

Tabella 1.3 Relazione tipo di neve e angolo d'attrito [2].

Questa proprietà dipende soprattutto dal contenuto in acqua, dal peso degli strati di neve sovrastanti e dalla struttura del manto (tipo, dimensione e forma dei grani).

### 1.5.6 Deformabilità del manto nevoso

La neve può essere sottoposta a effetti di sollecitazione senza frantumarsi e più aumenta la velocità di applicazione del carico più la deformabilità diminuisce. Le risposte a tali deformazioni possono essere di tipo elastico se il corpo si

deforma sotto l'azione della forza e riprende la sua forma iniziale una volta che questa cessa oppure di tipo plastico se il corpo si deforma definitivamente senza rompersi. Di seguito viene riportata la tabella riassuntiva del grado di deformabilità della neve in funzione del tipo e della coesione.

| TIPO DI NEVE               | TIPO COESIONE           | DEFORMABILITA'                     | RESISTENZA          |
|----------------------------|-------------------------|------------------------------------|---------------------|
| <b>Fresca - fredda</b>     | Feltratura              | Modesta, tollera i microcollassi   | Scarsa              |
| <b>Fresca - umida</b>      | Feltratura, capillarità | Plastica, tollera i microcollassi  | Da scarsa a modesta |
| <b>Gradiente debole</b>    | Sinterizzazione         | Plastica, visco-elastica           | Da buona a elevata  |
| <b>Gradiente elevato</b>   | Nessuna                 | Nessuna, fragilità strutturale     | Scarsa              |
| <b>Fondente</b>            | Capillarità             | Visco-plastica                     | Modesta             |
| <b>Croste gelate</b>       | Aggregati granulari     | Elastica                           | Da buona a elevata  |
| <b>Lastroni da vento</b>   | Sinterizzazione         | Elastica, fragilità strutturale    | Da scarsa a elevata |
| <b>Neve pallotolare</b>    | Nessuna                 | Fratture per fragilità strutturale | Scarsa o nulla      |
| <b>Brina di superficie</b> | Nessuna                 | Fratture per fragilità strutturale | Scarsa o nulla      |

Tabella 1.4 Deformabilità del manto nevoso e proprietà della neve [3].

La deformabilità su una superficie innevata avviene secondo tre meccanismi che solitamente si presentano combinati tra loro.

Trazione: i grani si separano.

Compressione: i cristalli si comprimono l'uno contro l'altro.

Taglio: i grani soggetti a sollecitazione scorrono l'uno sull'altro creando superfici di scorrimento.

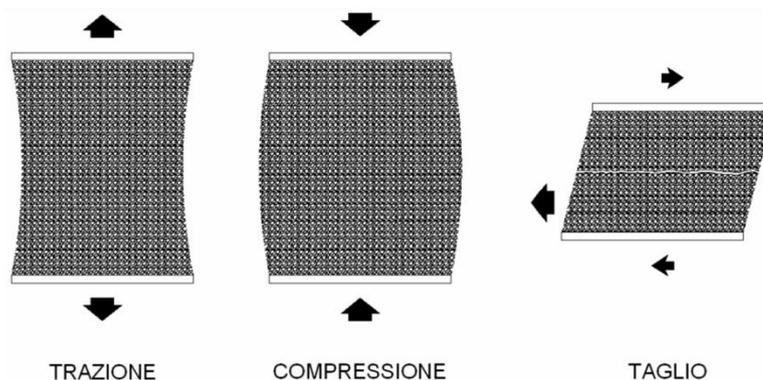


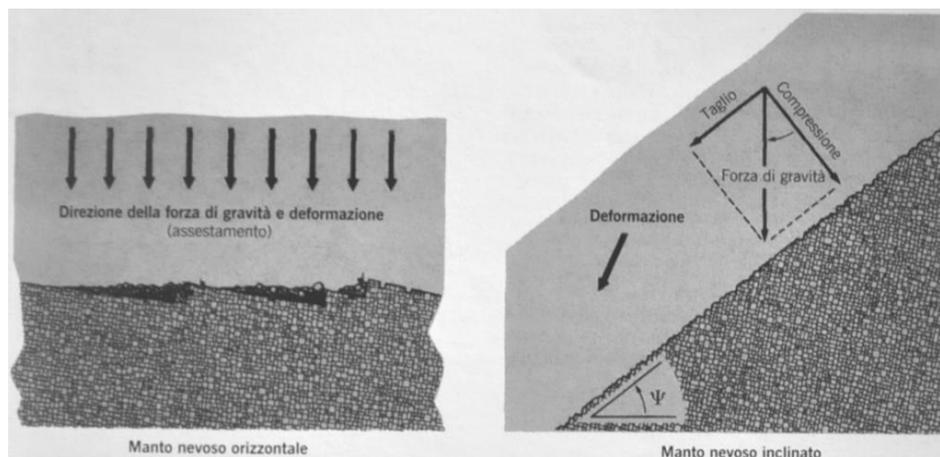
Figura 1.13 Meccanismi deformativi della neve [2].

In base al tipo di meccanismo sopra citato e all'inclinazione del pendio, la forza di gravità implica diversi moti di deformazione nel manto nevoso.

La presenza di suolo pianeggiante e manto nevoso ad altezza costante, coinvolgono solamente sollecitazione di compressione verticale con

l'assestamento dei singoli grani e conseguente aumento di densità e consolidamento.

La presenza di un pendio inclinato e manto nevoso anche d'altezza non costante, implicano il fenomeno di neviflusso contraddistinto da una serie di moti con andamento verso valle nella direzione del versante. Queste sollecitazioni sono meglio capibili scomponendo la deformazione in grandezze vettoriali parallele e perpendicolari al manto nevoso, rispettivamente in sforzi di taglio (causa di instabilità) e sforzi normali (stabilità per assestamento), che permangono a causa della viscosità della neve. All'interno della copertura nevosa si forma un movimento totale, concomitanza di reptazione e slittamento. Il moto di slittamento è il scivolamento del manto nevoso sul suolo o su interfaccia a scarso attrito (es. strato di ghiaccio) con formazione di valanghe a lastroni. La reptazione è il moto creato da scorrimento (verso valle) e assestamento (verso suolo) dei cristalli, con conseguente movimento dei granuli favorito in superficie e diminuzione dello spessore (*Figura 1.14*).



**Figura 1.14** Componenti della deformazione del manto nevoso. L'assestamento (deformazione per compressione) crea addensamento, mentre la deformazione da taglio genera rottura [2].

La velocità del movimento totale dipende da vari fattori, tra cui i principali risultano la quantità d'acqua presente sul terreno e negli strati, l'aumento di temperatura e la profondità del manto nevoso. L'aumento di temperatura incide sulla crescita del tenore d'acqua, comporta una riduzione d'attrito tra neve e suolo, un conseguente aumento di plasticità (riduzione di viscosità) con

fenomeno di neviflusso veloce e deformazioni rilevanti anche in presenza di terreni rugosi.

Il neviflusso dipende quindi dalla temperatura atmosferica, dalle caratteristiche fisiche della neve e dalla superficie del manto nevoso e del terreno che comportano sforzi di compressione in zone concave e sforzi di trazione in zone convesse.

La neve presenta solitamente un comportamento fluido viscoso con deformazioni da taglio e assestamento, ma durante il fenomeno di movimento totale (reptazione combinata a slittamento) mostra una minima deformazione elastica per l'applicazione di piccoli carichi per brevi periodi. Per questo motivo la neve è definita come un materiale visco-plastico. Il campione di neve sottoposto a compressione tende ad assestarsi, terminato lo sforzo agiscono le componenti elastica e viscosa. La prima, definita anche deformazione recuperabile, si manifesta con velocità elevate di reptazione e si comporta come una molla che permette al manto nevoso di recuperare una minima parte dell'altezza persa. La seconda, detta deformazione irrecuperabile o permanente, rappresenta la porzione di altezza che non ha un comportamento di "ritorno" e quindi rimane compressa.

Il comportamento visco-plastico del manto nevoso si differenzia in base ai carichi agenti sugli stati, alla densità, alla temperatura e al metamorfismo della neve.

## 2. FORMAZIONE, CARATTERISTICHE E CLASSIFICAZIONE DELLE VALANGHE

### 2.1 INTRODUZIONE

La valanga è definita come una massa di neve, di qualsiasi dimensione, in movimento verso valle. Essa è caratterizzata da elementi essenziali che incidono sulla sua entità come la pendenza del versante, l'altezza del manto nevoso e la variabilità della neve che incidono sulla forma e sulla dimensione della valanga. L'area valanghiva interessata, caratterizzata da uno o più pendii soggetti a distacco di masse nevose, è distinta in tre zone: zona di distacco, zona di scorrimento e zona di arresto.

### 2.2 FORMAZIONE DELLE VALANGHE

Tutte le tipologie di valanga hanno uguali condizioni di distacco raggiunte nel momento in cui, su un pendio, le sollecitazioni destabilizzanti (forza peso) agenti all'interno e sul manto nevoso eguagliano o superano le forze di resistenza. In altre parole la condizione necessaria per la formazione di qualsiasi valanga è che le sollecitazioni applicate eguagliano o superino le resistenze al taglio. Una volta raggiunto questo limite di rottura in un punto si innesca il distacco, in quanto le forze si propagano velocemente nel manto nevoso andando a interessare le zone limitrofe che diffondono a loro volta le spinte dando origine a nuove rotture.

Le deformazioni del manto nevoso che si sviluppano e originano il distacco di valanghe non sono dello stesso tipo. Si possono riconoscere infatti tre categorie: reptazione, scivolamento e rottura a taglio.

La *reptazione del manto nevoso* è il fenomeno che permette la deformazione del manto nevoso per compressione e per taglio, basandosi sulle trasformazioni interne dello strato, quindi sul carico costante del peso proprio. Questo fenomeno è favorito dall'elevata porosità, dalla temperatura sempre prossima al punto di fusione, dai fenomeni di metamorfismo, dalla ridistribuzione dei grani e dagli effetti meccanici. La deformazione per compressione del manto nevoso ha l'effetto di aumentare la densità e la compattezza dello stesso, causando

l'addensamento della neve e quindi una maggiore resistenza alla compressione per l'aumento della durezza. Se lo strato viene interessato solamente da deformazioni di compressione in senso verticale, cioè sotto l'azione della gravità della forza peso della neve che comprime i singoli cristalli, si verifica il fenomeno dell'assestamento con addensamento e consolidamento dello strato. Le velocità di assestamento variano notevolmente nel manto nevoso, oscillando da 10cm al giorno, nel caso di neve fresca poco densa, a circa 0.01mm al giorno con neve densa. Con piani inclinati la deformazione totale dei grani di neve avviene lungo la direzione del pendio. Se si scompone la forza peso nelle direzioni parallele e perpendicolari alla superficie della neve, si osserva che la componente verticale rappresenta l'assestamento e quella parallela la deformazione da taglio. Le sollecitazioni e le deformazioni da taglio sono gli elementi responsabili della formazione di valanghe in quanto ne determinano l'instabilità, mentre l'assestamento, cioè le forze di compressione, collaborano con la stabilità della neve [2].

Lo *scivolamento da neve* è la terza componente di deformazione del manto nevoso oltre a compressione e taglio. Esso indica il moto di scivolamento dell'intero manto nevoso. Quando la neve è asciutta lo scivolamento è molto ridotto in quanto questa neve presenta un elevato attrito sull'interfaccia neve-terreno e sarebbe quindi soggetta a frattura per taglio prima di poter sopportare una forte deformazione. La velocità di scivolamento varia generalmente tra 1mm/giorno e 100mm/giorno. Perché tale fenomeno si verifichi devono essere rispettate le condizioni che il terreno sia molto liscio, la temperatura sull'interfaccia o sul fondo del manto sia 0°C, in modo da assicurare acqua libera nel punto di contatto e l'angolo di inclinazione sia almeno di 15°.

La *rottura da taglio della neve* è un fenomeno che si verifica solo con velocità di deformazione critica maggiore di 100 o più volte la velocità di deformazione durante la normale reptazione. Il manto nevoso si comporta principalmente come un fluido viscoso all'aumentare della temperatura e parzialmente elastico al crescere della velocità di deformazione ed è interessato da deformazioni per taglio e per assestamento. La resistenza al taglio è la principale componente per

il distacco delle valanghe. Essa aumenta al crescere della componente perpendicolare del peso del manto nevoso, della densità, della temperatura o con la presenza di grani fini arrotondati, mentre diminuisce con grani grossi o cristalli sfaccettati.

### 2.3 TIPI DI VALANGHE

Nonostante le diverse combinazioni di elementi che incidono su questo fenomeno e le molteplici varietà di neve che si possono considerare esistono due principali tipi di valanghe: di neve a debole coesione e a lastroni.

#### 2.3.1 Valanghe di neve a debole coesione

La neve che caratterizza le valanghe a debole coesione presenta un grado di coesione scarso o nullo a causa dei legami intergranulari insufficienti. Il distacco puntuale ha origine con la rottura delle condizioni di equilibrio esistente tra uno o alcuni cristalli di neve localizzati in superficie. Avviene la perdita locale di coesione, dovuta al metamorfismo o agli effetti del sole, con un'espansione a reazione a catena che coinvolge via via un numero sempre maggiore di particelle. Il punto di partenza è solitamente in prossimità di zone dove affiorano rocce che aumentano la temperatura e coinvolgono un volume iniziale ridotto (minore di  $10^{-4}m^3$ ). In un secondo momento si verifica un moto a forma triangolare con cattura di altra neve superficiale e, una volta che il movimento si è innescato e la massa aumenta la propria velocità, può catturare la neve presente negli strati interni (soprattutto se bagnata).

Fattore importante in queste valanghe è il tenore d'acqua che incide sulle dimensioni del fenomeno e permette di distinguere valanghe di neve asciutta e valanghe di neve bagnata (dimensioni più rilevanti). In entrambi i casi si ha un identico meccanismo di formazione con distacco puntiforme e propagazione triangolare.

Le **valanghe di neve bagnata a debole coesione** si innescano per la presenza di un elevato processo di fusione provocato da irraggiamento solare o da pioggia, in quanto il grado di coesione diminuisce con il tenore d'acqua fino a situazioni di distacco. Questo tipo di valanghe possono presentare grandi dimensioni e

hanno elevata densità ( $300-500\text{kg/m}^3$ ). Si muovono molto lentamente e si innescano su pendii con angoli d'attrito che dipendono dal contenuto d'acqua: inferiori ai  $30^\circ$  (neve bagnata) o inferiori ai  $15^\circ$  (neve fradicia).

Le **valanghe di neve asciutta a debole coesione** sono favorite da brusche variazioni della resistenza dei cristalli in seguito al metamorfismo distruttivo o costruttivo (con formazione di uno strato superficiale di neve a debole coesione). Si innescano solitamente per fattori meccanici esterni o per elevate pendenze, soprattutto in inverno dopo abbondanti nevicate e con temperature fredde dell'aria. Sono costituite da neve a bassa densità ( $100\text{kg/m}^3$ ) che attiva valanghe a dimensioni minori rispetto a quelle a neve bagnata, quindi anche la formazione di grossi depositi viene evitata, ma possono fungere da innesco di valanghe a lastroni nei pendii sottostanti. Il loro angolo d'attrito varia in base al tipo di cristalli presenti, con valori di circa  $80^\circ$  con grani a forma dendritica e di circa  $35^\circ$  se di forma arrotondata.

### 2.3.2 Valanghe a lastroni

Le valanghe a lastroni sono definite come blocchi di neve delineate nettamente da una linea di fratturazione. Questo tipo di valanga si innesca se all'interno del manto nevoso esistono strati di neve a coesione media o elevata che consentono di trasmettere le forze a grande distanza e, se queste superfici poggiano su strati più sottili e fragili, provocano lo scorrimento del lastrone stesso. Le valanghe a lastroni sono quelle che portano più danni, raggiungendo velocità massime di propagazione di alcune centinaia di metri al secondo. Il distacco parte quando sulla superficie del lastrone la forza di sollecitazione raggiunge il valore di rottura e la fessura iniziale si propaga rapidamente in ogni direzione fino alla periferia del lastrone.

Per comprendere in che modo si forma una valanga di lastroni conviene distinguere il cedimento dalla rottura. Il cedimento si verifica quando la componente del peso del lastrone si avvicina alla resistenza al taglio nello strato debole. La rottura è la condizione essenziale nella formazione delle valanghe a lastroni ed è una fratturazione improvvisa della neve. Si può avere cedimento senza raggiungere rottura, e ciò avviene nel momento in cui il campione di neve

ha subito una lenta deformazione da taglio o ha assorbito il massimo carico in grado di sopportare.

In seguito alla rottura da taglio si ha la formazione di un cedimento primario, individuato in corrispondenza della superficie di contatto del lastrone con il sottostante strato debole che si propaga all'interno del manto e attraverso il pendio.

La frattura iniziale, detta frattura primaria, delimita l'area del lastrone e si propaga poi in fratture secondarie che dipendono dalla morfologia del terreno. Queste ultime si formano soprattutto dove la pendenza diminuisce e il distacco di neve è impedito dall'elevata stabilità o si propagano nei dossi laterali.

Le fratture primarie si innescano nel fronte di rottura (limite superiore verso monte) e nei piani di scorrimento paralleli al pendio. Nel primo caso la frattura è causata da spaccatura a trazione, in quanto gli strati superficiali sono fragili, come la neve trasportata dal vento. Tutte le forze di trazione si concentrano in un punto a causa della loro rigidità e il minimo sovraccarico può determinarne la rottura. Nel caso di piani di scorrimento paralleli al pendio si innescano distacchi o per fratture di taglio, che si possono propagare causando fratture secondarie, o per compressione di uno strato debole con conseguente assestamento spontaneo.

Tali valanghe possono nascere anche da movimenti di slittamento che determinano la formazione di fratture secondarie senza l'originarsi e il propagarsi di fratture primarie [23].

Le valanghe a lastroni si formano con maggiore frequenza su pendii con inclinazione variabile dai  $30^\circ$  ai  $50^\circ$ .

Esiste una precisa nomenclatura per descrivere un lastrone di neve, qui di seguito riportata.

Il *piano di slittamento* è la superficie sulla quale scivola il lastrone e può essere costituito da strati inferiori di neve, brina di fondo o terreno.

Il *fronte del distacco* è il lato dell'area del distacco del lastrone che solitamente ha un angolo di  $90^\circ$  ed è formato dalla frattura per trazione che attraversa il lastrone.

I *fianchi* sono le pareti laterali che delimitano il lastrone e sono composti da superfici lisce formate da fratture per taglio.

Il *piede del lastrone* è la superficie di frattura inferiore e comunemente consiste in una frattura da taglio diagonale di forma simile a un cuneo che si origina assieme ai fianchi appena prima che la lastra cominci a muoversi lungo il pendio.

Anche per le valanghe a lastroni, come per quelle a debole coesione, si possono classificare in base al tipo di neve che le compongono: valanghe di neve bagnata o umida e valanghe di neve asciutta.

Le **valanghe di lastroni di neve bagnata o umida** hanno tre meccanismi principali di distacco: sovraccarico dovuto a precipitazioni piovose, alterazione della resistenza di uno strato debole a causa dell'acqua o lubrificazione con acqua di una superficie di scorrimento. Ciò avviene perché la resistenza della neve bagnata diminuisce all'aumentare del contenuto d'acqua. Le valanghe a lastroni di neve bagnata possono essere molto ampie e a volte percorrono lunghe distanze; sono caratterizzate da velocità piuttosto modeste per il maggior attrito sul fondo, ma presentano un'elevata forza distruttiva a causa della loro alta densità. Queste valanghe tendono a incanalarsi e a mantenere la forma di scorrimento anche senza espandersi lateralmente. Lungo il loro percorso si frantumano in blocchi arrotondati che possono inglobare rocce, terreno o altro trovati lungo il percorso.

Le **valanghe di lastroni di neve asciutta** sono le più pericolose perché possono raggiungere velocità elevatissime (700-800km/h) ed evolversi da valanghe radenti a nubiformi se frantumate producendo le più grandi pressioni d'impatto. Il distacco avviene quando in uno strato nevoso lo sforzo normale supera la resistenza al taglio. La rottura si propaga verso monte, verso valle e lungo il pendio causando la rottura per trazione in corrispondenza del lastrone. La superficie di scorrimento è costituita dal suolo o da strati deboli di brina di superficie, scorre verso valle inglobando altra neve e aumentando anche notevolmente il suo volume. Si possono distinguere due tipi di distacco, quello provocato e quello spontaneo per sovraccarico di neve fresca, ventata o pioggia,

impatto di cornici in caduta e terremoti. Al momento del loro arresto tendono a consolidarsi velocemente e a formare depositi compatti. Con versanti ripidi e neve molto secca si possono formare valanghe nubiformi nelle quali manca un nucleo di neve densa sul fondo. Queste valanghe sono contraddistinte da:

- depositi spesso privi di blocchi con andamento ondulato, a causa dell'estensione e della propagazione della componente polverosa;
- da effetti distruttivi con forze d'impatto che si propagano molto più in alto del nucleo denso sul fondo e dall'onda di pressione che si genera davanti alla valanga (densità dell'aria circa il 10% della densità della nuvola);
- dalla presenza di una parte centrale più densa con quasi tutto il materiale sospeso in un miscuglio di neve e aria.

### 2.3.3 Valanghe di ghiaccio

Le valanghe di ghiaccio sono formate dalla rottura per trazione del ghiaccio provocata dalla combinazione di flusso interno (reptazione) e scorrimento del ghiaccio sulla superficie. Queste valanghe vengono classificate in base alla grandezza della massa di ghiaccio che viene interessata dal distacco. La prima tipologia comprende la caduta di masse di ghiaccio sospese o seracchi, quindi relativamente di piccole dimensioni, in punti in cui il ghiacciaio scorre sopra un pendio ripido o una striscia di roccia. La seconda categoria è rappresentata dal distacco di grossi frammenti di ghiacciaio, che provoca un fenomeno simile alle frane.

### 2.3.4 Valanghe di neve fradicia

Questo tipo di valanghe fanno parte delle valanghe a lastroni di neve bagnata, ma le condizioni in cui si verificano sono diverse. Si formano prevalentemente per un precoce scioglimento della neve primaverile, quindi con un manto nevoso in parte o completamente saturo d'acqua per il brusco e rapido scioglimento della neve o per piogge intense. Il piano di scorrimento solitamente è impermeabile all'acqua, costituito da brina di fondo e con pendenze della zona di distacco tra i 5° e i 40° (anche se raramente superano i 25°). Questo tipo di valanghe, che possono raggiungere densità dell'ordine dei  $1000\text{kg/m}^3$ , hanno

forze di impatto sugli oggetti che sono pari a quelle delle valanghe più distruttive conosciute [2].

#### 2.4 CARATTERISTICHE DI UN SITO VALANGHIVO

L'area valanghiva, dal punto di vista morfologico si divide, come prima accennato, in tre zone: distacco, scorrimento e accumulo. Queste aree non sempre hanno limiti netti che le definiscono e, con dimensioni ridotte, si può avere anche l'assenza della zona di scorrimento.

La **zona di distacco** è il luogo dove la neve instabile si frattura e comincia a muoversi. Essa definisce il limite superiore di ogni tipo di valanga, sia a scarsa coesione sia a lastroni. La zona di distacco può avere estensione estremamente variabile, da zone circoscritte e ben

limitate ad aree molto vaste. Solitamente la zona d'origine di questo fenomeno è collocata in prossimità di creste e dorsali o nelle zone di accumulo di precipitazioni e di trasporto eolico, specie dove la vegetazione è carente.

La **zona di scorrimento** è l'area che collega la zona di distacco con quella di accumulo. In questa zona si hanno le massime velocità della valanga con angoli di scorrimento di circa  $15-30^\circ$ , ma non sempre quest'area è facilmente distinguibile, soprattutto con valanghe di piccole dimensioni. Si possono avere infatti tratti brevi molto pendenti o poco pendenti che non modificano sostanzialmente la velocità raggiunta. Esistono diverse configurazioni, ma le principali sono i canali, con percorso obbligato al loro interno che determinano le valanghe incanalate e i pendii aperti, che non presentano confini laterali e definiscono le valanghe di versante. Le zone di scorrimento più lunghe sono spesso costituite da terreno misto e un canale può terminare in un pendio aperto.

Solitamente le valanghe seguono la linea di massima pendenza, ma se non sono limitate da confini laterali possono seguire direzioni inaspettate. All'interno



Figura 2.1 Suddivisione delle tre zone di una valanga [3]

della valanga l'attrito dinamico (movimento) è inferiore all'attrito statico e per questo motivo, per far continuare il movimento della neve può essere sufficiente un angolo di inclinazione relativamente basso [2].

La **zona di accumulo** è l'area dove generalmente si ha un cambio di pendenza più o meno brusco (solitamente attorno ai  $15^\circ$  o minori), con conseguente rapida decelerazione per accumulo della neve e arresto della valanga. L'accumulo generalmente ha origine quando l'angolo d'inclinazione del pendio è pari all'angolo d'attrito statico (dipende da proprietà meccaniche della neve in movimento e dalla rugosità della superficie di slittamento). La bassa velocità e l'elevato attrito creano una situazione di elevata sensibilità alle variazioni del terreno con possibili deviazioni anche per piccoli ostacoli.

## 2.5 CLASSIFICAZIONE DELLE VALANGHE

In natura esistono molti tipi di valanghe e svariate combinazioni delle loro caratteristiche principali. Anche i sistemi di classificazione delle proprietà osservabili di eventi valanghivi sono numerosi, in questa sede vengono presi in considerazione solamente i principali. Queste classificazioni, a differenza di quelle dei cristalli di ghiaccio, non vengono rappresentate da simboli, ma nella pratica si esaminano i criteri e le peculiarità degli elementi che le caratterizzano individuando correttamente i tipi di valanga.

In tutti i casi di classificazione delle valanghe, si osservano i fenomeni, le proprietà, le caratteristiche e la tipologia di movimento che caratterizzano la neve durante l'evento.

Uno di questi è la "Classificazione internazionale morfologica delle valanghe", pubblicato dall'ICSI (Commissione Internazionale Neve e Ghiaccio) nel 1981.

Questo sistema, riportato nella tabella sottostante [2], si suddivide in una parte morfologica che comprende tre zone (zona di distacco, di scorrimento e di accumulo) e una parte generica. La prima comprende le proprietà direttamente osservabili e serve per determinare il tipo di valanga; la seconda si riferisce ai processi e alle condizioni che provocano le valanghe o che sono responsabili dei loro effetti. Tale classificazione non è stata adottata da tutti i Paesi e i suoi codici sono poco utilizzati nella pratica.

| ZONA                       | CRITERIO                             | CARATTERISTICHE ALTERNATIVE   |  |
|----------------------------|--------------------------------------|---|--|
| <b>Zona di distacco</b>    | A Modalità del distacco              | A1 Distacco da un punto: <i>valanga a debole coesione</i><br>A3 Soffice             | A2 Distacco lineare: <i>valanga a lastroni</i><br><br>A4 Dura  |
|                            | B Posizione della superficie         | B1 All'interno del manto: <i>valanga di superficie</i>                              | B2 Frattura in neve fresca<br>B3 Frattura in neve vecchia<br><br>B4 Sul terreno: <i>valanga di fondo</i> |
|                            | C Acqua liquida nella neve           | C1 Assente: <i>valanga di neve asciutta</i>   | C2 Presente: <i>valanga di neve umida o bagnata</i>  |
| <b>Zona di scorrimento</b> | D Configurazione del percorso        | D1 Su pendio aperto: <i>valanga di versante</i>                                     | D2 Percorso in canalone: <i>valanga incanalata</i>   |
|                            | E Tipo di movimento                  | E1 Nuvola di neve polverosa: <i>valanga nubiforme</i>                               | E2 Movimento lungo il terreno: <i>valanga radente</i>  |
| <b>Zona di deposito</b>    | F Rugosità superficiale del deposito | F1 Grossolana: <i>deposito grossolano</i>   | F2 Fine: <i>deposito fine</i>  |
|                            | G Acqua liquida nel deposito         | Assente: <i>deposito di neve asciutta</i>   | Presente: <i>deposito di neve umida o bagnata</i>  |
|                            | H Contaminazione del deposito        | H1 Nessun oggetto visibile: <i>valanga pulita</i><br>H3 Detriti rocciosi, terriccio | H2 Contaminazione presente: <i>valanga con detriti</i><br>H4 rami, alberi<br>H5 resti di strutture       |

**Tabella 2.1** Classificazione internazionale morfologica delle valanghe [2].

Una seconda classificazione, adottata dall'A.I.Ne.Va (Associazione Interregionale per lo studio della Neve e delle Valanghe), viene riportata sintetizzata nella seguente tabella.

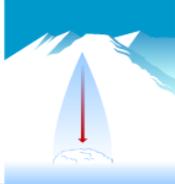
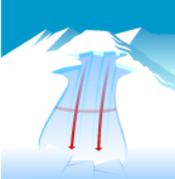
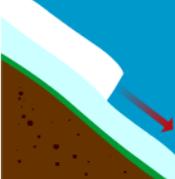
| CLASSIFICAZIONE                           | CARATTERISTICHE   | IMMAGINE   |
|---|---|--|
| Tipo di distacco                          | Distacco puntiforme: <i>valanga a debole coesione</i>                                       |    |
|   | Distacco lineare: <i>valanga a lastroni</i>   |    |
| Posizione della superficie di slittamento | Rottura all'interno del manto nevoso: <i>valanga di superficie</i>                          |    |
|   | Rottura a livello del terreno: <i>valanga di fondo</i>                                      |   |
| Umidità della neve                        | Elevato contenuto di acqua: <i>valanga di neve umida o bagnata</i>                          |  |
|   | Basso o assente contenuto di acqua: <i>valanga di neve asciutta</i> (polverose o nubiformi) |  |
| Forma del percorso                        | Scorrimento in canalone: <i>valanga incanalata</i>  |  |
|   | Scorrimento su pendio aperto: <i>valanga di versante</i>                                    |  |
| Tipo di movimento                         | Moto a contatto con superficie: <i>valanga radente</i>                                      |  |
|   | Moto sotto forma di nuvola di polvere: <i>valanga nubiforme</i>                             |  |
| Causa innescante                          | <i>Valanga spontanea</i>  |  |
|   | <i>Valanga provocata</i>  |  |

Tabella 2.2 Classificazione A.I.Ne.Va delle valanghe [13].

## 2.6 SINTESI SULLE CARATTERISTICHE DELLE VALANGHE PIÙ FREQUENTI

### VALANGHE DI NEVE ASCIUTTA A DEBOLE COESIONE

|   |   |
|---|---|
| <b>Condizioni favorevoli al distacco</b>  | a) Precipitazioni nevose a basse temperature<br>b) Persistenza delle basse temperature dopo la precipitazione   |
| <b>Zone di possibile distacco</b>         | a) Tutti i versanti con inclinazioni superiori a 28-30°. Sopra i 50° i distacchi sono assai frequenti ma di modesta entità, tuttavia possono innescare valanghe di grandi dimensioni a inclinazioni inferiori |
| <b>Periodo più favorevole al distacco</b> | a) Pieno inverno<br>b) In autunno e primavera solo alle quote più elevate<br>c) Durante e subito dopo le nevicate sui versanti esposti ai quadranti meridionali più tardi con instabilità più prolungata      |
| <b>Cause principali del distacco</b>      | a) Spontanee: metamorfismo da isoterma<br>b) Accidentali: caduta di sassi, grumi di neve da alberi e cornici, vento, passaggio di animali, sciatori, onde sonore molto intense                                |

Tabella 2.3 Caratteristiche delle valanghe di neve asciutta a debole coesione [24].

### VALANGHE DI NEVE BAGNATA A DEBOLE COESIONE

|   |  |
|---|--|
| <b>Condizioni favorevoli al distacco</b>  | a) Precipitazioni nevose a temperature elevate con pioggia o con deposito al di sotto della quota dello zero termico<br>b) Elevati incrementi di temperatura primaverili   |
| <b>Zone di possibile distacco</b>         | a) Tutti i versanti con inclinazioni superiori a 28-30°<br>b) A inclinazioni superiori a 45° i distacchi sono frequenti ma di piccola mole, tuttavia possono innescare movimenti a inclinazioni inferiori<br>c) Distacchi più frequenti su versanti esposti ai quadranti meridionali |
| <b>Periodo più favorevole al distacco</b> | a) In primavera, talvolta in autunno, durante o dopo le precipitazioni (raramente in inverno)<br>b) In assenza di precipitazioni, in tarda primavera, specie nelle ore della tarda mattinata, pomeridiane e serali   |
| <b>Cause principali del distacco</b>      | a) Spontanee: metamorfismo da fusione, sovraccarico<br>b) Accidentali: caduta di sassi, grumi di neve da alberi e cornici, vento, passaggio di animali, sciatori, onde sonore molto intense in situazioni di equilibrio già precario   |

Tabella 2.4 Caratteristiche delle valanghe di neve bagnata a debole coesione [24].

**VALANGHE DI LASTRONI DURI**

|   |  |
|---|--|
| <b>Condizioni favorevoli al distacco</b>  | a) Vento<br>b) Alternanza di fusione e rigelo<br>c) Presenza di strati deboli sottostanti  |
| <b>Zone di possibile distacco</b>         | a) Tutti i versanti, anche sopravento, prevalentemente tra i 28° e i 50°<br>b) Gli avvallamenti e i canali   |
| <b>Periodo più favorevole al distacco</b> | a) In inverno e anche in primavera alle quote più elevate, dopo periodi di vento specie se con effetto da Föhn (placche da vento)<br>b) In primavera nelle ore diurne (croste di fusione e rigelo) |
| <b>Cause principali del distacco</b>      | a) Spontanee: distacco difficile<br>b) Accidentali: passaggio di animali, sciatori, nuove neviccate, sovraccarico, urto violento (esplosione), ecc.  |

**Tabella 2.5** Caratteristiche delle valanghe di lastroni duri [24].

**VALANGHE DI LASTRONI DI NEVE COMPATTA**

|   |   |
|---|---|
| <b>Condizioni favorevoli al distacco</b>  | a) Vento<br>b) Presenza di strati deboli sottostanti (brina di superficie incorporata, brina di profondità, strati parzialmente metamorfizzati per isoterma)  |
| <b>Zone di possibile distacco</b>         | a) Tutti i versanti prevalentemente tra i 28° e i 50°. Le valanghe specie quelle a distacco spontaneo, sono spesso catastrofiche  |
| <b>Periodo più favorevole al distacco</b> | a) In inverno inoltrato e inizio primavera, specie dopo lunghi periodi di tempo bello, stabile e freddo   |
| <b>Cause principali del distacco</b>      | a) Spontanee: metamorfismo da gradiente<br>b) Progressiva riduzione della resistenza al taglio degli strati interni<br>c) Accidentali: sovraccarico (caduta di massi, cornici, passaggio di animali, sciatori, nuove neviccate) |

**Tabella 2.6** Caratteristiche delle valanghe di lastroni di neve compatta [24].

**VALANGHE DI LASTRONI DI NEVE SOFFICE O MOLLE**

|   |  |
|---|--|
| <b>Condizioni favorevoli al distacco</b>  | a) Precipitazioni nevose di intensità elevata, a temperature moderate o elevate, su strati deboli per presenza di brina di profondità o brina di superficie incorporata o croste superficiali preesistenti                                   |
| <b>Zone di possibile distacco</b>         | a) Tutti i versanti con inclinazione superiore a 20°-30°<br>b) tra i 28° e i 50° si possono verificare accumuli ingenti e successivi distacchi catastrofici  |
| <b>Periodo più favorevole al distacco</b> | a) Durante o dopo le precipitazioni<br>b) A temperatura di caduta elevata corrisponde un periodo di durata minore sia per assestamento più rapido che per aumento temporaneo della resistenza (se la temperatura si riduce dopo la nevicata) |
| <b>Cause principali del distacco</b>      | a) Spontanee: sovraccarico di neve su strati deboli (brina di superficie o croste ghiacciate incorporate, brina di profondità)<br>b) Accidentali: sovraccarico (caduta di massi, cornici, passaggio di animali, sciatori, urti esplosivi)    |

**Tabella 2.7** Caratteristiche delle valanghe di lastroni di neve soffice o molle [24].

**VALANGHE DI LASTRONI DI NEVE BAGNATA**

|   |  |
|---|--|
| <b>Condizioni favorevoli al distacco</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Isotermia a 0°C in tutto lo strato</li> <li>b) Presenza di strati deboli interni o croste ghiacciate impermeabili</li> </ul>   |
| <b>Zone di possibile distacco</b>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Tutti i versanti con inclinazione tra i 28° e i 50°</li> <li>b) Oltre tali inclinazioni i casi di distacco di questo tipo di lastroni sono rari in quanto la neve si è già staccata prima per altre cause</li> </ul>   |
| <b>Periodo più favorevole al distacco</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Prevalentemente la primavera</li> </ul>  |
| <b>Cause principali del distacco</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Spontanee: metamorfismo da fusione con percolazione di acqua liquida nel manto nevoso fino a raggiungere il terreno o strati impermeabili</li> <li>b) Diminuzione della resistenza a trazione e taglio</li> <li>c) Accidentali: sovraccarico, sollecitazioni superficiali</li> </ul> |

**Tabella 2.8** Caratteristiche delle valanghe di lastroni di neve bagnata [24].

## 2.7 SITUAZIONI PIÙ PROBABILI DI DISTACCO DI VALANGHE

Interessante ai fini pratici è lo studio effettuato da Patrick Nairz e Rudi Mair che, esaminando 20 anni di analisi di incidenti, affermano l'esistenza di un filo logico nella nivologia che determina situazioni tipo di pericolo valanghe, come riportato nel loro libro "Valanga. Manuale pratico di Rudi Mair e Patrick Nairz, Riconoscere le 10 più importanti situazioni tipo di pericolo valanghe". Osservando le correlazioni che esistono tra condizioni atmosferiche, neve e valanghe, hanno individuato 10 situazioni di pericolo chiaramente definibili, evidenti e sempre ricorrenti.

- La prima situazione tipo è riferita alla seconda nevicata, cioè alla nevicata importante successiva alla prima che si deposita su un manto nevoso vecchio trasformato dai metamorfismi dopo un determinato lasso di tempo da una a più settimane. Solitamente si presenta durante il periodo autunnale e d'inizio inverno nei mesi di ottobre, novembre e dicembre. Essa provoca gli scaricamenti di neve con valanghe a lastroni che interessano soprattutto pendii ripidi e lisci in ombra (versanti nord, ovest ed est) in alta quota (>2000m s.l.m.) o zone a quota molto alta (>3000m s. l.m.) vicini alla cresta. Le valanghe correlate alla seconda nevicata sono considerate le tipiche causate da sciatori, in quanto lo strato debole tra il primo manto nevoso composto da neve vecchia e il successivo di neve fresca coesa o ventata, può essere facilmente reso instabile dal sovraccarico degli sciatori.
- La valanga per scivolamento di neve, seconda situazione tipo, è la meno prevedibile. Essa può verificarsi anche senza sovraccarico supplementare su qualsiasi esposizione, a qualsiasi quota, durante tutta la stagione invernale (da ottobre ad aprile), con qualsiasi condizione di temperatura e in qualsiasi momento (sia di giorno sia di notte) anche con condizioni nivologiche generalmente stabili. Indicatori di questo fenomeno sono la progressiva umidificazione del manto nevoso e le crepe da slittamento a "bocca di balena", che segnalano la possibilità di una valanga per scivolamento.

- Altra situazione tipo è la pioggia precipitata sopra un manto nevoso. Essa provoca un aumento del sovraccarico e una rapida perdita di resistenza interna con conseguenti fenomeni valanghivi. Si può verificare su qualsiasi esposizione a quote diverse in base alla stagione da ottobre ad aprile ed è facilmente riconoscibile.
- La situazione tipo di freddo su caldo o caldo su freddo nella maggior parte dei casi crea condizioni sfavorevoli alla stabilità del manto nevoso per l'attivazione di metamorfismo costruttivo al suo interno, che favorisce la presenza di strati deboli instabili estesi in ampie zone a diverse quote su tutte le esposizioni. Per quanto riguarda i periodi più inclini a questa situazione vanno solitamente da novembre a febbraio. Fondamentale per l'individuazione di questa condizione è l'osservazione dell'andamento meteorologico della stagione e l'alternanza di un periodo freddo con uno caldo, o viceversa, che formano strati deboli all'interno del manto nevoso.
- La neve dopo un lungo periodo di freddo presenta una situazione pericolosa anche senza la presenza di nuove nevicate, ma con un trasporto eolico attivo. Si creano infatti zone di accumulo non legate al sottostante manto nevoso vecchio solitamente privo di coesione. Tutti i versanti e le quote sono inclini a questa situazione che si verifica soprattutto nei mesi di dicembre, gennaio e febbraio.
- La sesta situazione tipo è caratterizzata da neve fresca fredda a debole coesione e vento. Come nel caso precedente i mesi di dicembre, gennaio e febbraio sono i più favorevoli. Si presenta a qualsiasi quota ed esposizione, con trasporto eolico della neve asciutta a debole coesione formata durante un breve periodo di tempo e trasportata ed accumulata sottovento. Importanti segni di riconoscimento sul manto nevoso sono la galaverna, la presenza di cornici, pennacchi di neve, cavità formate dal vento o altri fenomeni come i sastrugi.
- Zone con poca neve durante inverni ricchi di neve possono provocare valanghe su quasi tutte le esposizioni e quote, soprattutto nei mesi tra gennaio e marzo. Con la presenza di molta neve solitamente la struttura del manto

nevoso è migliore, ma i pendii più ripidi vicini alla cresta ed esposti al vento sono relativamente poco innevati. Il punto di contatto tra queste due zone a diverso spessore sono aree critiche in quanto l'eventuale strato debole può essere sovraccaricato con conseguente distacco di valanghe. Indizi particolari per il riconoscimento di tali zone sono il sub-affioramento di pietre e rocce.

- La situazione tipo con brina di superficie sepolta, interessa tutte le quote e le esposizioni, soprattutto i versanti a nord dal periodo di dicembre a maggio. Solo quando viene sepolta da nuovi strati di neve consolidata, la brina diviene pericolosa e critica. Anche per questa situazione tipo si deve essere al corrente dell'andamento stagionale in quanto una volta sepolto lo strato non è più visibile.
- La neve pallottolare coperta da neve fresca, possibile da gennaio a maggio (soprattutto nel periodo primaverile durante i fenomeni temporaleschi) a qualsiasi quota ed esposizione, crea strati deboli all'interno del manto nevoso. Essa è difficilmente riconoscibile, ma di breve durata.
- La decima condizione tipo, ma non ultima per pericolosità, è la situazione primaverile che interessa il manto nevoso da febbraio a maggio. Il periodo primaverile presenta gradi di pericolosità diversi durante il solo arco di una giornata per l'influenza contemporanea di struttura del manto nevoso, temperatura, umidità dell'aria, irraggiamento e vento. Si presenta su tutte le esposizioni e le quote durante la fase iniziale (febbraio, marzo) e soprattutto verso nord, ovest ed est su tutte le quote durante la fase tardiva (aprile, maggio).

### 3. FATTORI CHE INFLUENZANO LA STABILITÀ DEL MANTO NEVOSO

#### 3.1 INTRODUZIONE

Per studiare le valanghe è fondamentale conoscere i parametri che le provocano e che caratterizzano il manto nevoso. Questo paragrafo tratta i parametri morfologici, meteorologici e nivologici, fondamentali per l'attività di previsione delle valanghe la quale richiede l'assemblaggio di tutti i dati a disposizione.

#### 3.2 PARAMETRI MORFOLOGICI

Questi parametri morfologici interessano soprattutto la zona di distacco determinando l'instabilità della neve e il suo movimento verso valle.

##### 3.2.1 Inclinazione del pendio

Il principale fattore topografico per il distacco della valanga è l'inclinazione del pendio che permette l'innescò e determina la velocità di discesa delle masse nevose. Il distacco avviene con diverse tempistiche in base alla pendenza, alle condizioni e alle caratteristiche della neve che interessa il pendio e con angoli di inclinazione minimi differenti.

Nella tabella sottostante vengono riportate in dettaglio le inclinazioni e le caratteristiche assunte dalla neve presente [3]:

| INCLINAZIONE (°) | CARATTERISTICHE  |
|------------------|--|
| 60°-90°          | Valanghe rare<br>Colate frequenti di piccola quantità  |
| 30°-60°          | Valanghe di neve asciutta a scarsa coesione  |
| 45°-55°          | Frequenti valanghe a lastroni di piccole dimensioni  |
| 35°-45°          | Valanghe di lastroni di ogni dimensione  |
| 25°-35°          | Valanghe di lastroni non frequenti (spesso grandi)<br>Valanghe di neve bagnata a debole coesione |
| 10°-25°          | Valanghe di neve bagnata e fradicia, non frequenti   |

Tabella 3.1 Angoli di inclinazione delle zone di distacco [2].

Si osserva che l'inclinazione critica è tra i 25° e i 60°, contraddistinta dai distacchi più frequenti, dove si concentrano accumuli di masse nevose instabili anche per lunghi periodi fino al distacco per cause naturali o accidentali. Con valori superiori e neve appena precipitata il processo è più rapido. Tra i 10° e i 25° le valanghe si verificano più raramente e sono legate a un manto nevoso

molto instabile (nevi fredde e incoerenti su lastre di ghiaccio oppure nevi bagnate o molli su nevi dure) o per propagazione di fratture dai pendii sovrastanti. Infine, per angoli minori di  $15^\circ$ , si verificano valanghe solo in condizioni di neve freddissima e molto leggera o con neve fradicia.

### 3.2.2 **Orientazione riguardo al vento**

L'esposizione del suolo al vento è la seconda osservazione fondamentale da affrontare. Su pendii con adeguato angolo d'inclinazione e interessati alla forza di gravità questo agente atmosferico può aumentare la probabilità di coinvolgimento a fenomeni valanghivi. Il vento rappresenta la causa più pericolosa di formazione di valanghe invernali per la capacità di creare accumuli nelle zone sottovento delle creste, sui pendii caratterizzati da avvallamenti e dietro agli ostacoli naturali e artificiali. Anche i pendii interessati dal vento non sono risparmiati dalle valanghe, in quanto gli strati critici possono essere sovraccaricati e può avvenire la rottura anche se lo strato è parzialmente eroso. Per ulteriori approfondimenti inerenti questo argomento si rimanda alla tesi "*L'influenza del vento sul fenomeno valanghe*" di Michele Cavada, Università degli Studi di Trento: Facoltà di Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio, anno accademico 1995-96.

### 3.2.3 **Orientazione riguardo al sole**

Altro aspetto fondamentale, che però alcuni autori considerano "meno incidente", è l'esposizione solare, un fattore molto variabile che deve essere valutato giornalmente. L'esposizione rispetto al sole influisce sull'irraggiamento determinando la temperatura e la resistenza del manto nevoso e permette di aumentare il fenomeno di metamorfismo del manto nevoso consentendo la stabilizzazione dei vari strati che lo caratterizzano. Esiste tuttavia un angolo critico che gioca un ruolo fondamentale. Pur presentandosi situazioni di quasi certa stabilità, ad esempio con temperature bassissime e un manto nevoso stabile, nel momento in cui i raggi solari irradiano perpendicolarmente il versante (con pendenza adeguata) avviene la fase critica con destabilizzazione e cedimento del manto nevoso. Su pendii non soleggiati con basse quantità di

radiazione solare diretta il manto nevoso presenta strati deboli in quanto subisce delle lenti stabilizzazioni.

#### 3.2.4 **Vegetazione**

La vegetazione può determinare la dinamica di distacco delle valanghe presentando sia effetti positivi sia negativi nel modificare l'equilibrio del manto nevoso.

In funzione delle specie vegetali (erbe, arbusti, alberi), si notano diverse conseguenze sul manto nevoso e altrettanti fattori di slittamento e quindi di attrito.

L'erba, se a stelo breve grazie al pascolo o allo sfalcio, favorisce l'ancoraggio al suolo degli strati di fondo permettendo il drenaggio di eventuali acque di fusione. Se invece la cotica erbosa è lunga, permette lo scorrimento delle acque di fusione con lubrificazione della superficie di contatto con il suolo e si schiaccia lungo la linea di massima pendenza creando un piano di scorrimento ideale per il manto nevoso e una zona areata, che permette metamorfismi da elevato gradiente e quindi la formazione di brina di fondo.

L'influenza degli arbusti ha un comportamento simile all'erba. Costituisce inizialmente una superficie scabra con un buon attrito, ma successivamente i bassi arbusti compromettono il processo di assestamento della neve per la migrazione, all'interno delle cavità, di vapore che si trasforma in brina e rende il manto nevoso debole e a scarsa coesione.

La presenza di un bosco con una fitta vegetazione adulta può essere considerato una barriera naturale frangivento perché si contrappone al trasporto eolico della neve impedendo o riducendone gli accumuli al suo interno; i tronchi possono fungere da struttura di contenimento riducendo la formazione di valanghe a lastroni; nel sottobosco si riduce la penetrazione dei raggi solari e l'intercettazione della neve che precipita gradualmente dai rami (dal 10 al 70% di neve intercettata) può conferire una struttura più eterogenea del manto nevoso spesso riducendo la formazione di cristalli sfaccettati e brina di profondità. Il bosco fitto può prevenire quindi la formazione delle valanghe, ma può non riuscire ad arrestarle.

La vegetazione rada invece può creare effetti negativi, in quanto i tronchi possono conferire punti di discontinuità all'interno del manto nevoso; gli ancoraggi risultano inefficaci; l'intercettazione della precipitazione crea un diverso spessore del deposito accelerando o ritardando i processi di trasformazione dei cristalli.

Anche la presenza di ampie radure e il limite del bosco sono aree da non sottovalutare per la stabilità del manto nevoso, infatti vengono a crearsi zone di accumulo instabili per la modificazione del flusso del vento che produce la redistribuzione del manto nevoso.

In base al tipo di bosco presente nella zona di distacco la vegetazione può essere un elemento più o meno positivo rispetto alla formazione di grosse valanghe.

Con boschi a conifere la propagazione della frattura del manto nevoso è meno agevolata grazie alle discontinuità che si generano in prossimità dei tronchi e alla struttura eterogenea della neve presente in questo sottobosco.

In boschi a foglia caduca si possono riscontrare valanghe in quanto i rami spogli non riescono a trattenere la neve, inoltre l'assenza di sottobosco rimpiazzato dallo spesso strato di foglie, favorisce lo slittamento verso valle del manto nevoso per la formazione di brina di fondo che compromette la stabilità.

### 3.2.5 **Terreno**

La morfologia del terreno può avere un effetto positivo di stabilità del manto nevoso in quanto una superficie irregolare esercita un'azione di ancoraggio della neve al suolo. In dettaglio su terreno relativamente regolare (ghiaione fine, erba, roccia compatta) la copertura nevosa è preservata da valanghe fino a spessori di circa a  $0.3m$ ; su terreno di media regolarità (pietraie, arbusti, superfici irregolari) lo spessore stabile è di  $0.6m$ ; su terreno irregolare (grosse pietraie, ceppi, detriti permanenti) si possono raggiungere spessori anche di un metro. Esistono però anche effetti negativi a causa delle rocce o dei tronchi affioranti che possono concentrare le sollecitazioni in quel punto aumentando la possibilità di frattura e dei pendii non più falciati dove le valanghe si verificano con maggior frequenza.

### 3.2.6 **Altitudine**

L'altitudine influisce sulla formazione delle valanghe perché al variare della quota variano alcune caratteristiche come temperatura, tipo di precipitazioni, diversa esposizione a vento e sole, manto di natura diversa, diverso terreno di fondo e tipo di vegetazione. Tutti questi fattori possono causare situazioni differenti di stabilità sui pendii a diversa quota.

### 3.2.7 **Posizione del fronte di distacco e dei fianchi**

Le posizioni delle linee di frattura, cioè del fronte di distacco e dei fianchi, sono fondamentali per prevedere il percorso della valanga. In una valanga a lastroni questi limiti possono essere sensibilmente influenzati dalle caratteristiche del terreno. I punti più critici sono le sommità dei pendii, ai piedi di pareti rocciose, al di sotto delle cornici, su pendii convessi e in aree adiacenti ad alberi o affioramenti in genere (rocce o massi sparsi). Gran parte delle linee di frattura di lastroni di neve asciutta si formano su terreno privo di significative ondulazioni; le valanghe per slittamento interno degli strati tendono invece a formarsi su un terreno convesso.

## 3.3 **PARAMETRI METEOROLOGICI**

I parametri meteorologici vengono utilizzati per l'attività di previsione delle valanghe. Essi sono fondamentali in quanto vengono utilizzati per la valutazione della stabilità del manto nevoso che lungo lo stesso versante presenta spesso una cospicua variabilità delle condizioni da punto a punto. Rispetto ai parametri topografici quelli meteorologici possono mutare anche sensibilmente nel tempo e nello spazio.

### 3.3.1 **Condizione della superficie**

La neve fresca, o quella trasportata dal vento, si deposita in modo diverso in base alla condizione della superficie del manto nevoso. Nel caso di superficie irregolare (sastrugi per vento o sole) la neve fresca avrà una maggiore capacità di legarsi, mentre nel caso di superficie liscia (crosta di ghiaccio o vento) la neve asciutta non riesce a legarsi con conseguente incremento del rischio di valanghe.

### 3.3.2 Precipitazione

La precipitazione, sia nevosa che piovosa, possiede parametri meteorologici fondamentali.

L'intensità della nevicata è la velocità di aumento dello spessore per unità di tempo. Essa incide sulla stabilità del manto nevoso in quanto la sollecitazione a taglio dipende dalla densità e dallo spessore.

L'intensità di precipitazione è l'equivalente in acqua per unità di tempo e incide maggiormente nello studio della probabilità di distacco di valanghe rispetto all'intensità di nevicata. Seppur la pioggia sia considerata positiva nella fusione della neve l'intensità di precipitazione incide sul carico critico applicato alla neve che genera la rottura. L'aumento di carico negli strati superficiali incrementa infatti la pressione e assesta il manto nevoso che, evidenziato dalla percolazione dell'acqua di fusione, riduce i legami tra i cristalli.

### 3.3.3 Direzione e velocità del vento

Il vento è uno dei fenomeni più importanti nello studio di previsione delle valanghe in quanto altera le condizioni della neve in tutto il suo ciclo, dalla precipitazione al trasporto, contribuendo in modo cospicuo alla formazione delle valanghe. Il suo effetto dipende dalla sua velocità, dal tipo di neve sulla quale agisce, dall'umidità e dalla temperatura.

Durante le precipitazioni nevose in assenza di vento le traiettorie sono pressoché verticali e i depositi risultano uniformi in base alla morfologia del terreno; in presenza di vento aumenta invece la velocità di caduta e le traiettorie vengono modificate con trasporto dei cristalli di neve anche a distanze elevate e con possibile formazione di accumuli non omogenei nelle zone sottovento. In questo modo l'entità e i luoghi dei depositi dipendono dalla velocità, dalla direzione del vento e dall'intensità di precipitazione.

Una volta avvenuta la precipitazione il vento modella il suolo con diverse velocità in base al tipo di neve presente (*5m/s* per neve fresca; *10m/s* per neve dura e compatta). La velocità critica maggiore di *10m/s* comporta i processi di compattamento della neve con formazione di lastroni, mentre con velocità pari a *20-25m/s* si formano pennacchi che si innalzano sulle cime delle montagne.

Solitamente i cristalli di neve possono essere sollevati fino a *50cm*, ma con imponenti velocità e inclinazioni elevate possono raggiungere le decine di metri e depositarsi a centinaia di metri di distanza.



Figura 3.1 Trasporto della neve dal vento [5]

Il trasporto della neve dal vento viene suddiviso in tre categorie: il *rotolamento* sulla superficie del manto nevoso, la *saltazione* con il rimbalzo delle particelle per vento moderatamente veloce e presenza di micro rilievi, la *sospensione* per vortici turbolenti su pendii ripidi con sollevamento della neve per decine di metri e trasporto a grande distanza. La quantità di neve trasportata e ridistribuita non è uniforme e dipende dalla velocità del vento, dalla vegetazione, dalla topografia del luogo, dalla pendenza e molti altri aspetti.

Durante il metamorfismo meccanico per trasporto del vento, i cristalli di neve si frantumano e vanno a depositarsi nelle zone sottovento in accumuli fragili e irregolari chiamati lastroni da vento. Essi possono cedere improvvisamente con linee di frattura rapide che si propagano per tutta la loro ampiezza, con spessori di pochi centimetri alle estremità fino a qualche metro al centro e con estensioni che possono comprendere l'intero versante. La maggior parte degli incidenti da valanga sono prodotti da lastroni di neve perché difficili da individuare in quanto si tratta di strati duri, ma con struttura fragile con base costituita solitamente da brina di fondo che ne impedisce l'ancoraggio.

In canali o creste con brusca variazione dell'angolo d'inclinazione si ha una istantanea diminuzione di velocità del vento con inversione del flusso e conseguente formazione di cornici. Esse presentano accumuli che si dirigono verso la zona di sottovento con sporgenze nel vuoto anche di diversi metri, con spessori notevoli e con cedimento di lastroni sul versante sottostante.

#### 3.3.4 **Temperatura dell'aria**

Con neve asciutta la temperatura dell'aria influisce sul tipo e sulle proprietà del distacco in quanto condiziona la temperatura della neve al suolo. A basse temperature la formazione di legami è rallentata con formazione di strati deboli per deposizione di neve a bassa densità; con temperature più elevate invece la neve che precipita si stabilizza maggiormente al suolo con densità solitamente maggiori. Durante la nevicata è utile osservare l'evoluzione della temperatura dell'aria per notare gli eventuali fenomeni che determinano la formazione di valanghe a lastroni. Con temperature in aumento durante le precipitazioni nevose la neve meno fredda può andare a depositarsi su quella più gelata che rimane più debole, formando lastroni a maggiore coesione su strati più deboli e determinare quindi un pericolo di valanghe più marcato.

Con neve bagnata la temperatura dell'aria è un fattore critico nella previsione delle valanghe. Con periodi prolungati di riscaldamento dell'aria si possono avere formazioni di lastroni bagnati di spessore anche rilevante, il cui distacco è difficile da prevedere in quanto dipende spesso dalla complessa interazione tra acqua, topografia e natura della superficie di slittamento.

#### 3.3.5 **Umidità relativa**

Si ritiene che un'umidità elevata (85-100%) associata a depositi di neve trasportata dal vento, favorisca la formazione di neve ad alta coesione che forma valanghe di lastroni. Elevata umidità si rileva solitamente durante una nevicata in presenza di aria calda e umida. L'alta umidità inoltre rallenta il processo di sublimazione delle particelle nella neve soffiata, facendo in modo che questa venga trasportata a una maggiore distanza, ed è inoltre essenziale per la formazione di brina di superficie [2].

#### 3.3.6 **Irraggiamento solare**

I raggi del sole influiscono sulla stabilità della neve perché alterano le sue proprietà. Alle elevate latitudini l'intensità dei raggi cresce notevolmente man mano che ci si inoltra nell'inverno, mentre in primavera l'irraggiamento solare è

il fattore principale che influenza l'intensità del disgelo e la temperatura della neve.

Le irradiazioni che interagiscono con il manto nevoso possono essere a onda corta (luce del sole) o a onda lunga (provenienti dalla terra o altre sorgenti come le nuvole). Quando i raggi a onda corta colpiscono la superficie del manto nevoso, fino al 90% delle irradiazioni vengono riflesse nello spazio se la neve che forma il manto nevoso è secca, mentre fino all'80% se la neve è bagnata. La percentuale che non viene riflessa può penetrare nel manto nevoso, ma diminuisce esponenzialmente con la profondità. Nel caso di neve asciutta con densità simile a quella delle valanghe di lastroni ( $100\text{kg/m}^3$ ) è stato calcolato che oltre i 10cm di profondità viene trattenuto meno del 10% dei raggi solari. Mentre l'irradiazione solare crea calore perlopiù sulla superficie del manto nevoso, i raggi a onda lunga provenienti dalla terra possono riscaldare o raffreddare l'intero manto. L'equilibrio di queste due sorgenti può portare alla formazione di strati deboli nel manto nevoso che possono agire da strato di slittamento quando vengono coperti da neve successiva.

La nuvolosità incide sull'indebolimento in tempi brevi della neve in superficie, che guadagna rapidamente calore. Con forte nuvolosità o nebbia sottile la luce del sole riesce a penetrare raggiungendo il manto nevoso, ma impedisce all'onda lunga della neve di oltrepassare lo strato di nubi creando un effetto serra.

Poiché la neve molto densa e bagnata assorbe una maggiore quantità di raggi incidenti e la quantità assorbita può penetrare più in profondità, a causa della maggiore granulometria, la neve bagnata può diventare instabile più rapidamente rispetto a quella asciutta [2].

### 3.4 PARAMETRI NIVOLOGICI

#### 3.4.1 Temperatura della neve

La variazione di temperatura della neve provocata da trasferimento di calore, radiazioni solari e calore geotermico, influisce sulla stabilità del manto nevoso incidendo sulla sua durezza e sulla sua resistenza. Queste dipendono dal metamorfismo che viene a sua volta condizionato dalla temperatura e dal suo

gradiente (esempio: la durezza della neve umida aumenta rapidamente al diminuire della temperatura e allo stesso tempo cresce la fragilità, con l'avvicinarsi ai  $0^{\circ}\text{C}$  la resistenza decresce in modo significativo).

Le variazioni di temperatura hanno un effetto determinante sulle proprietà meccaniche del manto, definendo l'intensità e le modalità di metamorfismo della neve. Come visto in precedenza, si possono avere situazioni particolari di forte gradiente termico che definisce la formazione di brina di fondo o di superficie, con struttura particolarmente fragile a grani grossi che presenta una esile coesione. Al contrario, in assenza di gradiente termico, i grani piccoli e tondeggianti caratterizzano un materiale più compatto con resistenza aumentata proporzionalmente al crescere della temperatura e accresce in base alla forma e alla dimensione dei grani di neve.

La temperatura risulta influenzata dal suolo e dall'atmosfera. Il suolo costituisce un apporto di calore costante mentre l'atmosfera causa un continuo scambio termico neve-aria con bilanci sia positivi sia negativi. A causa di queste variazioni di temperatura superficiali, dovute a flussi geotermici provenienti dal suolo e all'isolazione stessa del manto nevoso, la distribuzione della temperatura al suo interno può assumere andamenti diversi e raggiungere gradienti di  $20^{\circ}$  tra terreno e superficie (quest'ultima determinata da temperatura dell'aria, irraggiamento, copertura nuvolosa e vento). Aspetti importanti nell'alterazione della temperatura sono la radiazione all'infrarosso (al di sotto delle nubi riscalda l'aria e quindi la superficie superiore dello strato di neve a contatto con l'atmosfera), la precipitazione (apporta o toglie calore rispettivamente se di tipo piovosa o nevosa), il vento (controlla l'umidità del manto nevoso creando uno strato di ghiaccio se induce evaporazione e sublimazione di vapore d'acqua o creando uno strato bagnato se cede umidità).

Vengono rappresentati di seguito alcuni esempi dell'influenza della temperatura della neve relativamente alle caratteristiche del manto nevoso: [2]

| TEMPERATURA  | CARATTERISTICHE  |
|--|--|
| Bassa ( $< -5^{\circ}\text{C}$ )   | Lenta formazione dei legami<br>Debolezze permanenti per lungo tempo  |
| Compresa tra $-1^{\circ}$ e $-5^{\circ}\text{C}$<br>Gradiente termico $<10^{\circ}\text{C}/\text{m}$ | Rapido arrotondamento e sinterizzazione dei grani<br>Aumento della resistenza  |
| Compresa tra $-1^{\circ}$ e $0^{\circ}\text{C}$  | Rapido arrotondamento, assestamento e sinterizzazione<br>Contribuiscono all'incremento della resistenza<br>Resistenza può essere bassa se la temperatura si avvicina al punto di fusione |
| Manto nevoso isotermico  | Possibili valanghe di fondo per fusione della neve. Se la temperatura è $<0^{\circ}\text{C}$ , rigelo dell'acqua di disgelo prima che questa raggiunga gli strati deboli in profondità   |
| Elevato gradiente termico<br>$>10^{\circ}\text{C}/\text{m}$  | La neve perde resistenza formando cristalli sfaccettati  |

**Tabella 3.2** Relazione tra temperatura della neve e caratteristiche del manto nevoso

### 3.4.2 Spessore ed equivalente in acqua della neve fresca

La causa più frequente di distacco di valanghe è caratterizzata dall'incremento del carico sugli strati deboli sottostanti con l'aumentare dello spessore di neve per nevicate o azione del vento. Solitamente il pericolo di valanghe cresce proporzionale allo spessore della neve (facilmente misurabile). I distacchi si possono infatti verificare quando uno strato debole associato alle sollecitazioni di taglio, cioè quelle dovute a carico, sono prossime al limite della resistenza dello strato stesso. A incidere sul fenomeno entra in gioco la struttura del manto nevoso in quanto deboli spessori possono dare origine alla formazione di grandi valanghe. Nello studio di previsione delle valanghe si deve tener conto della misurazione delle precipitazioni totali anziché dello spessore dello strato. La precipitazione totale è calcolata in millimetri equivalenti d'acqua con verifiche della precipitazione nevosa effettiva esaminata ogni 24 ore.

### 3.4.3 Densità della neve fresca

La densità della neve fresca è importante per prevedere la stabilità del manto nevoso. Essa indica infatti la resistenza e serve per verificare la probabilità di evoluzione di una struttura a lastroni. Nella maggior parte dei casi le linee di frattura del lastrone per la formazione di valanghe sono comprese tra  $10 \text{ kg}/\text{m}^3$  e  $250 \text{ kg}/\text{m}^3$ , ma sul campo i lastroni si formano anche al di fuori di questi valori.

#### 3.4.4 **Assestamento della neve fresca**

L'assestamento è la riduzione percentuale dello spessore della neve fresca durante il processo di addensamento. Esso determina l'incremento di resistenza del manto nevoso nel tempo. Se l'assestamento avviene in modo rapido (>30% per 24 ore) è associato ad attività valanghiva, mentre se si prolunga nel tempo si ha una situazione di instabilità estesa (con temperature rigide).

#### 3.4.5 **Classificazione dei fattori di valanga**

I fattori che influenzano la formazione di valanghe possono essere riassunti e classificati come nella *Tabella 3.3*, che li raggruppa in due grandi categorie: i fattori permanenti, ossia quelli legati alle caratteristiche del terreno e i fattori variabili, ossia quelli relativi alle condizioni meteorologiche e della neve. Ognuno di questi fattori è associato a una descrizione degli effetti che esso provoca sulla formazione delle valanghe.

| <b>FATTORI PERMANENTI</b>                                | <b>EFFETTI</b>  |
|--|---|
| <b>Quota relativa</b>                                    |   |
| Situazione topografica generale                          | Effetti dipendenti dalla latitudine e dall'altezza delle montagne circostanti   |
| zona delle creste e degli altopiani                      | Forte influenza del vento, cornici, valanghe localizzate di lastroni  |
| zone superiori al limite della foresta e sotto le creste | Grandi zone di formazioni di valanghe di lastroni   |
| zone al di sotto del limite della foresta                | Influenza ridotta del vento. Minor numero di valanghe di lastroni, soprattutto del tipo a lastroni teneri   |
| <b>Pendenza</b>  |   |
| 60° - 90°  | Le valanghe sono rare; frequente formazione di colare di neve di piccola quantità   |
| 30° - 60°  | Possibilità di formazione di valanghe di neve asciutta a scarsa coesione  |
| 10° - 25°  | Possibilità di valanghe di neve bagnata e fradicia  |
| <b>Esposizione del versante</b>                          |   |
| rispetto al sole   | I pendii all'ombra favoriscono la formazione di valanghe di lastroni asciutti. I pendii al sole favoriscono la formazione di valanghe di neve umida.  |
| rispetto al vento  | Sui pendii sottovento accumulo di neve che favorisce la formazione di valanghe di lastroni. Sui versanti sopravvento l'erosione   |
| <b>Conformazione del terreno</b>                         |   |
| pendii aperti uniformi                                   | Valanghe di versante  |
| canaloni, imbuti, crinali                                | Valanghe incanalate, valanghe concentrate, rotture di lastroni o di neve senza coesione nelle zone convesse   |
| cambi di pendenza  | Valanghe nubiformi, formazione di cascate   |
| <b>Rugosità</b>  |   |
| superficie liscia  | Reptazione della neve (su suolo umido); favorisce le valanghe di fondo  |
| ostacoli in rilievo (rocce crinali trasversali)          | Valanghe di superficie al di sopra del livello degli ostacoli   |
| vegetazione  | Erba: favorisce la reptazione e le valanghe di fondo<br>Arbusti: riducono la formazione di valanghe se non coperti dalla neve<br>Bosco: impedisce la formazione di valanghe, quando è denso   |
| <b>FATTORI VARIABILI</b>                                 | <b>EFFETTI</b>  |
| <b>Precipitazioni nevose</b>                             | Accrescono il carico. Accrescono la massa a debole stabilità  |
| tipo di neve fresca                                      | Neve asciutta: valanghe di neve senza coesione<br>Neve coerente: valanga di lastroni  |
| intensità delle precipitazioni                           | Instabilità crescente con l'intensità; favorisce le rotture di neve fresca; estende il pericolo verso le lievi pendenze   |
| <b>Pioggia</b>   | Favorisce le valanghe di neve umida senza coesione o le valanghe di lastroni teneri   |
| <b>Vento</b>   | Due effetti: favorisce gli accumuli locali di neve e aumenta la fragilità della neve  |
| direzione  | Accresce la formazione di valanghe sui versanti sottovento. Formazione di cornici   |
| velocità e durata  | Aumento della formazione locale di valanghe di lastroni se la velocità e la durata del vento aumentano  |
| <b>Fattori termici</b>                                   |   |
| temperatura e percentuale d'acqua nella neve             | Doppio effetto sulla resistenza meccanica e sulle sollecitazioni, cioè sulla formazione di valanghe. Un aumento di temperatura provoca un pericolo ma, a termine, nel tempo aumenta la stabilità. Un aumento del tenore d'acqua libera facilita la formazione di valanghe |
| temperatura dell'aria                                    | Effetti simili su ogni esposizione  |
| irraggiamento solare                                     | Effetto dominante sui versanti soleggiati   |
| radiazione termica                                       | Raffreddamento della superficie della neve di notte e all'ombra; importante con cielo sereno. Favorisce la formazione di brina di superficie e profonda   |
| <b>Manto</b>   |   |
| Altezza totale della neve                                | Non è un fattore dominante del pericolo di valanga. Importante l'assestamento e il metamorfismo del manto nevoso  |
| Stratificazione  | La stabilità dipende dallo strato meno resistente in rapporto alle sollecitazioni   |

Tabella 3.3 Classificazione dei fattori di valanga e relativi effetti [23]



## **4. LA NIVOMETRIA NELLA PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO**

### **4.1 INTRODUZIONE**

Le numerose variabili del manto nevoso e le loro combinazioni rendono le previsioni dell'istante critico del distacco delle valanghe un lavoro piuttosto articolato. Per studiare le valanghe è necessario effettuare una serie di misurazioni di tipo morfologico, nivologico e meteorologico con rilevamenti in opportuni siti di osservazione. I parametri morfologici sono caratterizzati da dati invariabili nel tempo come pendenza dei versanti, esposizione, altitudine e morfologia del terreno. Quelli nivologici e meteorologici variano invece nel tempo e nello spazio e le misurazioni devono essere effettuate a intervalli regolari in modo automatico o manuale. Nelle descrizioni che riporteremo in questo lavoro, saranno prese come riferimento le metodologie utilizzate dall'associazione A.I.Ne.Va. nella Provincia Autonoma di Trento.

### **4.2 INFORMAZIONI NIVOMETEOROLOGICHE**

Le indagini nivometeorologiche comprendono la raccolta di dati in specifiche aree d'osservazione. Le misurazioni, effettuate a intervalli regolari, permettono di valutare costantemente la stabilità del manto nevoso, le sue variazioni e perfezionare la capacità di valutazione del rischio valanghe.

La Provincia Autonoma di Trento, grazie all'Ufficio Previsioni e Pianificazione del Servizio Prevenzione Rischi, gestisce una rete di stazioni automatiche comprendenti:

- 4 stazioni idrometriche;
- 61 stazioni termo-pluviometriche;
- 8 stazioni termo-pluviometriche con nivometro a ultrasuoni;
- 25 stazioni meteo-nivometriche complete (stazioni meteo complete di nivometro a ultrasuoni);
- 24 stazioni meteorologiche complete (temperatura, pluviometria, radiazioni solare, direzione e intensità del vento) [8].

Vengono gestiti inoltre 50 campi neve sparsi su tutto il territorio, come mostrato in *Figura 4.1* e *Figura 4.2*, dei quali alcuni sono anche stazioni automatiche e altri sono di tipo misto (meteo e campo neve) [8].

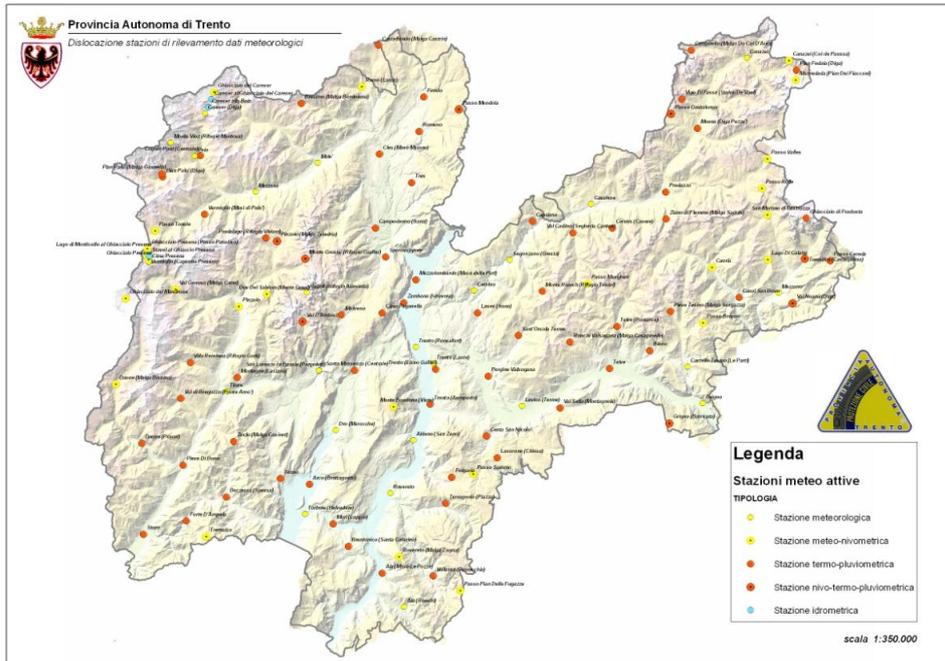


Figura 4.1 Stazioni meteo attive nella Provincia Autonoma di Trento [8]

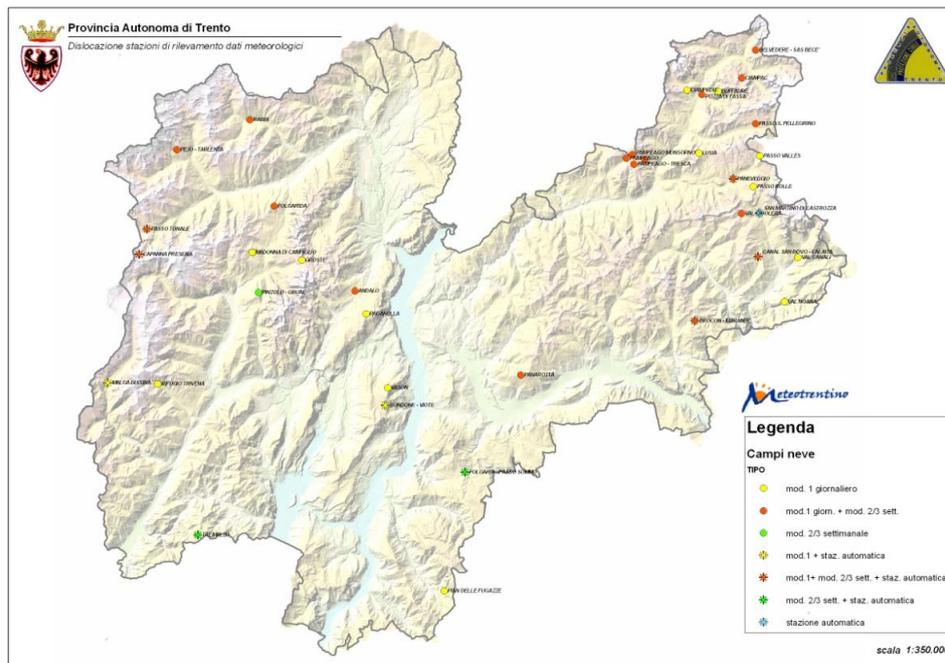


Figura 4.2 Campi neve della Provincia Autonoma di Trento [8].

| NOME STAZIONE                       | LATITUDINE | LONGITUDINE | QUOTA<br>m s.l.m. | INIZIO<br>MISURE. | TIPOLOGIA |
|-------------------------------------|------------|-------------|-------------------|-------------------|-----------|
| Canazei (Coi de Paussa)             | 46,471964  | 11,849006   | 2376              | 01/01/2009        | MN        |
| Caoria                              | 46,191875  | 11,683835   | 803               | 15/05/2007        | MN        |
| Daone (Malga Bissina)               | 46,052931  | 10,514191   | 1785              | 03/10/2002        | MN        |
| Dos Del Sabiom (Monte Grial)        | 46,172286  | 10,812657   | 1899              | 24/11/2011        | MN        |
| Ghiacciaio del Careser              | 46,451278  | 10,718272   | 3093              | 02/09/2011        | MN        |
| Ghiacciaio del Mandrone             | 46,170693  | 10,536891   | 2955              | 08/09/2011        | MN        |
| Ghiacciaio Presena                  | 46,223506  | 10,583114   | 2852              | 17/11/2011        | MN        |
| Ghiacciaio Presena (Passo Paradiso) | 46,238523  | 10,581405   | 2587              | 28/10/2011        | MN        |
| Lago Di Calaita                     | 46,200297  | 11,793541   | 1605              | 23/05/2007        | MN        |
| Marmolada (Pian Dei Fiacconi)       | 46,444738  | 11,860795   | 2676              | 04/06/2001        | MN        |
| Monte Bondone (Viote)               | 46,013651  | 11,054869   | 1490              | 25/11/1999        | MN        |
| Monte Groste' (Rifugio Graffer)     | 46,219626  | 10,889418   | 2262              | 11/09/1991        | TPN       |
| Passo Brocon                        | 46,116590  | 11,662897   | 1610              | 09/01/1988        | MN        |
| Passo Costalunga                    | 46,404401  | 11,613491   | 1750              | 01/01/1967        | TPN       |
| Passo Manghen                       | 46,175026  | 11,440221   | 2035              | 18/08/2011        | MN        |
| Passo Mendola                       | 46,418944  | 11,197451   | 1360              | 01/01/1921        | TPN       |
| Passo Pian Delle Fugazze            | 45,758998  | 11,174718   | 1170              | 16/05/2012        | MN        |
| Passo Rolle                         | 46,297971  | 11,786970   | 2012              | 01/01/1921        | MN        |
| Passo Sommo                         | 45,918691  | 11,206085   | 1360              | 05/08/1999        | MN        |
| Passo Tonale                        | 46,262510  | 10,596823   | 1875              | 27/11/1987        | MN        |
| Passo Valles                        | 46,338390  | 11,799791   | 2032              | 01/01/1985        | MN        |
| Pinzolo                             | 46,156480  | 10,757483   | 760               | 01/01/1921        | MN        |
| Pinzolo (Malga Zeledria)            | 46,244902  | 10,834519   | 1775              | 05/10/2011        | TPN       |
| Rovereto (Malga Zugna)              | 45,807536  | 11,057866   | 1620              | 12/06/2003        | MN        |
| Rumo (Lanza)                        | 46,453910  | 11,008531   | 1100              | 14/03/2012        | MN        |
| San Martino di Castrozza            | 46,261596  | 11,796253   | 1470              | 17/05/2007        | MN        |
| Tonadico (Castelpietra)             | 46,199483  | 11,866021   | 1045              | 11/05/2007        | TPN       |
| Tremalzo                            | 45,841659  | 10,684142   | 1560              | 08/01/1988        | MN        |
| Val D'Ambiez                        | 46,133483  | 10,881355   | 1888              | 18/11/2011        | TPN       |
| Val Genova (Malga Caret)            | 46,181488  | 10,634821   | 1418              | 06/10/2011        | MN        |
| Val Noana (Diga)                    | 46,138788  | 11,839173   | 1030              | 01/01/1981        | TPN       |
| Vermiglio (Capanna Presena)         | 46,227993  | 10,580130   | 2730              | 17/07/2000        | MN        |

**Tabella 4.1** Elenco stazioni meteo-nivometriche competenti (MN) e stazioni termo-pluviometriche con nivometro a ultrasuoni (TPN) [8].

Le stazioni automatiche, posizionate a quote tra i 1000m e i 3000m, registrano i dati meteorologici principali e quelli relativi alla neve al suolo (altezza, temperatura e densità). I campi neve manuali, attivi nella stagione invernale, rilevano giornalmente i parametri nivometeorologici utilizzati per le attività di monitoraggio e valutazione del rischio valanghivo, per la gestione del catasto delle valanghe e per la produzione e aggiornamento della cartografia tematica. I dati raccolti vengono utilizzati per compilare giornalmente il bollettino valanghe nel periodo invernale e successivamente vengono validati, archiviati e pubblicati nei quaderni di nivologia annuali. L'attività di gestione del Catasto delle Valanghe ha permesso di ricavare la Carta di probabile localizzazione delle valanghe (C.L.P.V.) in scala 1:25000 che indaga un territorio di 215000ha.

I campi di rilevamento devono essere situati in luoghi lontani da ostacoli, non soggetti a vento, non sottovento e posti su terrazzamenti naturali piani che permettano un normale drenaggio. Tali stazioni nivometeorologiche sono situate in aree rappresentative di zone soggette a pericolosità valanghiva che può interessare edifici e infrastrutture.

Il personale qualificato raccoglie i dati manualmente o vengono trasferiti automaticamente utilizzando apposite strumentazioni. Uno degli aspetti che contraddistingue questi tipi di registrazione è la diversa frequenza di raccolta del dato. Le stazioni automatiche, collegate in tempo reale al centro di elaborazione dati, effettuano un rilievo ogni 10-15 minuti su tutte le 24 ore, fornendo informazioni sia sull'intensità di precipitazione sia sul comportamento temporale dell'evento. I rilievi manuali vengono invece eseguiti una o due volte al giorno (mattino ore 7.00-9.00 e pomeriggio ore 13.00-14.00) registrando le altezze della neve fresca in quel preciso momento senza intensità della nevicata e assestamento durante la precipitazione.

Nei comuni con infrastrutture ubicate in zone a rischio valanghe, dove non sono presenti stazioni nivometeorologiche, può essere istituita una specifica Commissione Locale Valanghe diretta dal Sindaco. Essa ha il compito di monitorare il proprio territorio di competenza, verificando la stabilità del manto nevoso e fornendo pareri tecnici per una puntuale valutazione del pericolo valanghivo e di eventuali misure preventive.

### 4.3 STAZIONE NIVOMETEOROLOGICA AUTOMATICA



**Fotografia 4.1** Sensori nivologici.

Le stazioni automatiche derivano dalle stazioni meteorologiche automatiche di montagna integrate con sensori nivologici (*Fotografia 4.1*). Le misure effettuate in queste stazioni avvengono in modo automatico a cadenza prefissata e non richiedono un operatore sul posto. I sensori presenti misurano i parametri meteorologici con l'aggiunta di rilievi relativi all'altezza e all'andamento delle temperature interne del manto nevoso.

Altro tipo di stazioni automatiche sono quelle per la rilevazione delle precipitazioni nevose in corso. Sono dotate di sensori in grado di segnalare la presenza di fenomeni precipitativi in atto, indicando la tipologia

ed effettuando una stima sull'intensità della precipitazione.

La Provincia Autonoma di Trento ha eseguito un progetto di aggiornamento della rete meteorologica principale concluso nel 2012, che ha riguardato 100 stazioni di diversa tipologia: termo-pluviometrica (54 stazioni), termo-pluviometrica con altezza neve (8 stazioni), meteo completa (21 stazioni), meteo completa con altezza neve (17 stazioni), e con la quale ha uniformato la strumentazione con i dispositivi sotto riportati. La maggior parte delle stazioni presenta inoltre un collegamento alla rete elettrica, ma sono presenti anche 18 stazioni con sistema di alimentazione autonomo a pannelli solari [8].

#### Temperatura dell'aria



**Fotografia 4.2** Sensore temperatura dell'aria.

Il trasduttore di temperatura dell'aria T001 TTEP-N riportato in *Fotografia 4.2*, in dotazione nelle stazioni automatiche del Trentino, è composto da un elemento sensibile costituito da termoresistenza al platino, racchiuso in uno schermo esterno in materiale plastico resistente, non igroscopico che ripara dalla pioggia e dalla

radiazione solare garantendo un'adeguata ventilazione naturale.

Il trasduttore appartiene ai sensori intelligenti che, dotato di micro-processore, controlla il corretto funzionamento, converte i segnali elettrici e pre-elabora i dati. Il campo di misura varia da  $-30^{\circ}\text{C}$  a  $+50^{\circ}\text{C}$ , con una sensibilità di  $0.03^{\circ}\text{C}$ . Il valore ricavato è espresso in  $^{\circ}\text{C}$  [8].

### Velocità del vento



Fotografia 4.3 Anemometro a rotazione.

La velocità del vento, misurata in  $m/s$ , viene monitorata attraverso un anemometro, trasduttore di velocità vento riscaldato T032 TVVR (Fotografia 4.3). Esso è costituito da un elemento sensibile costituito da un mulinello di Robinson a tre coppe collegato a un cilindro magnete a quattro poli. La rotazione dei poli magnetici è rilevata da un sensore e a ogni passaggio del polo magnetico viene generato un impulso. Un conduttore esterno aziona gli elementi riscaldanti del trasduttore per impedire la formazione di ghiaccio tra le parti in movimento. Anche questo strumento come il precedente, fa parte dei sensori intelligenti. Il campo di misura varia da  $0.25m/s$  a  $50m/s$ , con una sensibilità di  $0.1m/s$  [8].

### Direzione del vento



Fotografia 4.4 Banderuola rotante.

La banderuola ruotante (Fotografia 4.4), trasduttore di direzione vento riscaldato T037 TDVR, osserva la direzione del vento in gradi. L'elemento sensibile è costituito da una banderuola bilanciata accoppiata a un magnete, un sensore rileva la collocazione di quest'ultimo calcolando la posizione della banderuola e permettendo in questo modo di definire la direzione del vento. Queste caratteristiche garantiscono una risoluzione angolare molto elevata. Mediante l'utilizzo di un controllore esterno è possibile azionare gli elementi riscaldanti del trasduttore per impedire la formazione di ghiaccio tra

le parti in movimento. Lo strumento fa parte della famiglia dei sensori intelligenti, con campo di misura da  $0^\circ$  a  $360^\circ$ , una sensibilità minore di  $0.1^\circ$  e un'accuratezza dei dati di  $\pm 0.5^\circ$  [8].

### Umidità relativa



Fotografia 4.5 Igrometro.

L'umidità viene misurata in percentuale con un igrometro come quello riportato in *Fotografia 4.5*, trasduttore di umidità dell'aria *T003 TRH-V* caratterizzato da un elemento sensibile di tipo polimero-capacitivo tagliato al laser, con un sistema integrato di condizionamento del segnale. La struttura multistrato dell'elemento sensibile determina un'eccellente resistenza in

condizioni di lavoro critiche quali: contatto con l'acqua, polvere, sporcizia, olio o comuni prodotti chimici. Come nel caso del trasduttore di temperatura dell'aria anche questo strumento è protetto da uno schermo esterno in materiale plastico resistente e non igroscopico, protetto da raggi UV e a bassa capacità termica, in modo da garantire una stabilità nel tempo e appartiene alla famiglia dei sensori intelligenti. Ha una sensibilità di  $\pm 0.5RH\%$ , un'accuratezza del dato di  $\pm 2RH\%$  e un campo di misura da  $0$  a  $100RH\%$  (con RH umidità relativa) [8].

### Pressione atmosferica

Il trasduttore di pressione atmosferica *T011d TBAR-IVS* di *Figura 4.3*, è un



Figura 4.3 Barometro [8].

barometro digitale ad alta precisione che misura la pressione atmosferica in etto Pascal (*hPa*). Il trasduttore, di tipo elettronico, è provvisto di un controllo elettronico interno che compensa automaticamente le variazioni di temperatura, garantendo una buona precisione su tutto il campo di funzionamento. Sempre facente parte dei sensori intelligenti, è composto da un

trasduttore alloggiato all'interno di un contenitore che permette il corretto funzionamento all'esterno o in condizioni ambientali avverse. Il campo di

misura è compreso tra  $700$  e  $1100hPa$ , con sensibilità di  $0.1hPa$  e accuratezza di  $\pm 0.9hPa$  o  $\pm 0.5hPa$  in funzione del modello a disposizione [8].

### Presenza di precipitazione e neve



**Fotografia 4.6** Trasduttore di presenza di pioggia e neve.

La presenza di precipitazione viene controllata attraverso un trasduttore di presenza di pioggia e neve *T018 TPP* (Fotografia 4.6). Esso è costituito da due elettrodi laminati, uno dei quali forato, leggermente inclinati, posti a breve distanza uno dall'altro. In presenza di acqua il sistema entra in conduzione chiudendo il contatto di uscita, un riscaldatore posto dietro la lamina inferiore provvede all'evaporazione di residui di pioggia, condensa, rugiada o alla

formazione di ghiaccio. Il sensore può rilevare, oltre alla presenza di pioggia, anche la presenza di neve se opportunamente configurato. Il corpo del sensore è in lega di alluminio anticorrosione, acciaio inox e materiale plastico. La sensibilità e l'accuratezza del dato sono di 1 secondo [8].

### Equivalente in acqua della precipitazione nevosa

La Provincia Autonoma di Trento ha a disposizione tre tipi di pluviometri differenti. Nel dettaglio:



**Fotografia 4.7** Pluviometro T028 TP1KR.

Il trasduttore di precipitazione riscaldato *T028 TP1KR* di Fotografia 4.7, area bocca  $1000cm^2$ , è formato da un sensore composto da un'area di raccolta nota e da una bilancia a doppia vaschetta collegata a un magnete che genera un impulso in uscita a ogni commutazione. Quando una vaschetta è piena, il peso dell'acqua attua la basculazione, provocando lo scarico dell'acqua e posizionando l'altra vaschetta nella posizione di

raccolta, pronta per eseguire il successivo ciclo. Il dispositivo di controllo, appartenente alla famiglia dei sensori intelligenti, presenta un corpo in lega di

alluminio anticorrosione. Il campo di misura varia in base al modello (illimitato o compreso tra  $0$  e  $82\text{mm}$ ) e la sensibilità è di  $0.2\text{mm}$  [8].



**Figura 4.4** Pluviometro SE181AA [8].

Il pluviometro *SE181AA* di *Fotografia 4.4* è un sensore a bascula con doppio interruttore magnetico per la misura della quantità di precipitazione in versione munita di riscaldamento termostato automatico. Lo strumento, come il precedente, presenta un'area della bocca tarata a  $1000\text{cm}^2$ , sensibilità di  $0.2\text{mm}$  di pioggia o neve equivalente disciolta e una precisione  $\leq 1\%$  a  $24\text{l/h m}^2$  [8].



**Figura 4.5** Pluviometro PPI-PPR [3].

Il sensore di precipitazione serie *PPI-PPR* di *Figura 4.5*, presenta una bocca tarata a  $1000\text{cm}^2$  a vaschetta basculante in alluminio anodizzato con doppio contatto magnetico, una sensibilità di  $0.2\text{mm}$  di pioggia o neve equivalente e una precisione dell'1% a  $24\text{l/h m}^2$  [8].

### Radiazione solare incidente e riflessa



**Fotografia 4.8** Sensore della radiazione solare.

Il trasduttore di radiazione solare globale *T055 TPIR* (*Fotografia 4.8*) permette di monitorare la radiazione solare globale, cioè l'energia dovuta alla radiazione diretta del sole più quella diffusa e riflessa dal cielo e dai sistemi nuvolosi, in kJoule al metro quadro ( $\text{kJ/m}^2$ ). Lo strumento è costituito da un trasduttore che si riscalda proporzionalmente alla radiazione solare incidente, assorbita da una speciale vernice nera

che ricopre la superficie del termoelemento di misura. Una doppia cupola realizzata in vetro ottico speciale ottimizza le caratteristiche di misura nelle varie condizioni ambientali e lo schermo di protezione, essendo realizzato in

materiale non igroscopico resistente agli UV e a bassa capacità termica, garantisce una stabilità nel tempo. Il campo di misura è compreso tra 0 e  $1300W/m^2$ , con una sensibilità di  $\pm 0.5W/m^2$  e un'accuratezza di  $\pm 10W/m$  [8].

### Altezza manto nevoso

Il nivometro in *Figura 4.6*, trasduttore a ultrasuoni 0÷8 metri, misura il livello



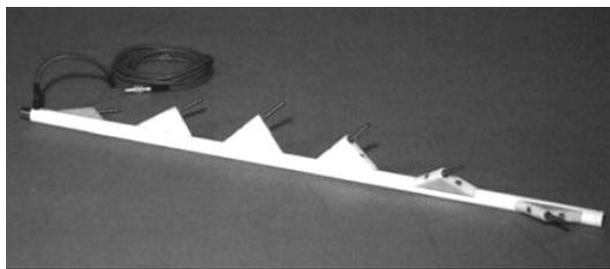
**Figura 4.6** Nivometro [8].

nivometrico emettendo impulsi a frequenza ultrasonica verso la superficie d'interesse e rilevando gli echi di ritorno. L'elettronica di controllo determina la distanza in base al tempo intercorso fra emissione e ricezione del segnale. Per tener conto della variazione della velocità del suono in funzione della densità dell'aria, il trasduttore misura la temperatura dell'aria e compensa automaticamente i valori misurati. Il trasduttore, facente parte dei sensori intelligenti, è protetto dagli urti e dalla neve grazie a uno schermo che ne minimizza anche il

riscaldamento. L'altezza del manto nevoso, determinata ogni 5 minuti, è misurata in *cm*. Il campo di misura varia da 0.8m a 8m, con una sensibilità di 0.5cm e una precisione di  $\pm 2cm$  [8].

### Temperatura del manto nevoso (a diversi livelli)

Una sonda termometrica come quella raffigurata in *Figura 4.7*, misura



costantemente la temperatura della neve a diversi livelli di profondità. All'interno di un puntale in acciaio a tenuta stagna, protetto dall'umidità e

in equilibrio termico col manto nevoso, vengono inseriti dei trasduttori sporgenti con distribuzione elicoidale per garantire una costante aderenza alla neve. Le misure effettuate in corrispondenza della superficie nevosa e a profondità di 40cm, 60cm, 80cm, 100cm, vengono registrate con cadenza oraria.

#### 4.4 STAZIONE NIVOMETEOROLOGICA MANUALE

Le misure manuali sono effettuate in apposite stazioni tradizionali con effettuazione di rilievi giornalieri una o due volte al giorno (mattino ore 7.00-9.00 e pomeriggio ore 13.00-14.00) da personale qualificato quale dipendenti provinciali (Servizio Foreste, Parchi e Foreste Demaniali, Servizio Gestione del Patrimonio Stradale), Guardia di Finanza, addetti agli impianti di risalita e dell'E.N.E.L.. Tali stazioni sono dotate di alcuni semplici strumenti incapaci di registrare i dati. Gli osservatori provvedono a raccogliere manualmente i valori e a integrarli mediante strumenti portatili. In queste prove si presentano parametri misurati (temperature, altezza neve al suolo, altezza della neve fresca, massa volumica della neve fresca, penetrazione della sonda) o valutati (condizioni del tempo, nuvolosità, visibilità, vento in quota, caratteristiche degli strati superficiali, rugosità, brina di superficie, valanghe osservate e pericolo valanghe). In questo modo si ha la possibilità di effettuare osservazioni che le stazioni automatiche possono fare solamente con strumentazione a costi elevati, ma come precedentemente accennato i parametri non forniscono informazioni sull'evoluzione temporale.

Esistono inoltre i campi neve destinati a rilievi a cadenza non giornaliera o occasionale che, anche se interessati da prove periodiche complete, non sono destinati all'esecuzione del rilievo giornaliero (vedi Modello 1 A.I.Ne.Va. sotto descritto). Il campo occasionale prevede un luogo adatto allo svolgimento dei test di stabilità del manto nevoso, ma privo di strumenti di misura e spesso di recinzioni. L'osservatore raccoglie i dati manualmente mediante strumentazione portata sul campo, esegue i profili stratigrafici e penetrometrici del manto nevoso ed eventuali test di stabilità.

Le indagini e le misurazioni, che riportano i dati di seguito descritti, sono raggruppate e semplificate in appositi modelli A.I.Ne.Va che vengono trasmessi on-line direttamente al servizio Meteotrentino della Provincia Autonoma di Trento grazie all'applicazione software Husky. Questo sistema informativo basato su interfaccia web raccoglie i dati in un unico database centralizzato dove

i nivologi dell'ufficio centrale possono controllare e verificare i rilievi inseriti dagli osservatori.

Nello specifico il “Modello 1: Osservazioni nivometeorologiche”, che racchiude il rilievo nivometeorologico giornaliero, è finalizzato alla previsione valanghiva, studia con continuità parametri connessi direttamente a tale fenomeno, analizza la trasformazione del manto nevoso e costituisce un archivio storico. I Modelli 2 e 3, che spesso vengono raggruppati in un unico “Modello 2-3: Profilo del manto nevoso”, servono per la raccolta dei dati strutturali interni del manto nevoso effettuati con rilievo penetrometrico con sonda a massa battente e per il rilievo stratigrafico. Il “Modello 4: Profilo del manto nevoso” semplifica e sintetizza i dati dell'intero rilievo (penetrometrico, stratigrafico, termico e di densità) in un grafico, contribuendo in questo modo a determinare e valutare il grado di consolidamento del manto nevoso in esame. Il “Modello 6: Osservazioni nivometeo” consiste in una serie di osservazioni per inquadrare la situazione nivologica di grandi aree, fornendo informazioni utili ad ampliare su un territorio più vasto le valutazioni fatte con stazioni automatiche, manuali giornaliere, stratigrafiche fisse e stratigrafiche itineranti. Il “Modello 7: Inchiesta permanente sulle valanghe” raccoglie e documenta i dati relativi agli eventi valanghivi rilevati dall'inizio degli anni settanta a oggi per inserirli all'interno del Catasto valanghe. La segnalazione dei fenomeni relativi a tale scheda, nella Provincia Autonoma di Trento, viene compilata quasi esclusivamente dal personale forestale che effettua un monitoraggio continuo del territorio.

I modelli che l'A.I.Ne.Va. ha adottato, sull'esempio degli stati alpini limitrofi, e le codifiche numeriche caratterizzate da un proprio Codice Nivometeorologico, che si divide in sei gruppi, vengono riportati in Appendice B.

#### **4.4.1. Dati meteorologici**

I dati meteorologici costituiscono il “gruppo 9” dei parametri presenti nei modelli nivometeorologici A.I.Ne.Va..

##### **Condizioni del tempo (WW)**

Viene osservato il tempo atmosferico al momento del rilievo.

**Nuvolosità (N)**

Esprime la copertura nuvolosa del cielo osservabile in ottavi.

**Visibilità (V)**

La visibilità è la capacità visiva in orizzontale osservata dall'operatore dopo aver individuato dei punti di riferimento.

**Vento in quota (VQ1 e VQ2)**

Osservazione dalla stazione di rilevamento dell'attività del vento in quota riferita alle ultime 24 ore, esprimendo il tipo e l'attività del vento (VQ1) e la localizzazione dei fenomeni (VQ2).

**Temperatura aria (TA)**

La temperatura viene misurata a circa 1.5m dalla superficie, viene codificata in gradi interi, letta al decimo di grado °C e per temperature negative si aggiunge il valore 50. Per esempio:

$$+1.40^{\circ}C=01^{\circ}C; \quad +1.70^{\circ}C=02^{\circ}C; \quad -0.50^{\circ}C=51^{\circ}C; \quad -11.50^{\circ}C=62^{\circ}C$$

**Temperatura minima e massima (Tmin e Tmax)**

Le temperature estreme sono riferite alle ultime 24 ore e vengono codificate come la temperatura dell'aria.

**4.4.2. Dati nivometrici**

Vengono di seguito elencati i dati nivometrici facenti parte dei valori del "gruppo 8".

**Altezza del manto nevoso (HS)**

L'altezza del manto nevoso al suolo viene letta sull'asta nivometrica (solitamente di legno o metallica) e codificata in cm. Essa è situata all'interno del campo recintato che evita l'intrusione e il passaggio di persone o animali.

**Altezza della neve fresca (HN)**

Valore codificato in cm riferito all'altezza di neve fresca caduta fra due osservazioni successive (24h), su una tavoletta di 40x40cm con un'asta graduata al suo centro.

**Densità della neve (ρ)**

La misura della densità della neve fresca fra due osservazioni successive e misurata sulla tavoletta può essere eseguita orizzontalmente se lo spessore del

nuovo strato supera i  $6\text{cm}$  o verticalmente se  $HN$  è minore di  $6\text{cm}$ . Con un tubo di carotaggio metallico (diametro  $6\text{cm}$  e altezza  $20\text{cm}$ ) si estrae un campione di neve che viene deposto in un sacchetto e pesato mediante dinamometro. La densità viene determinata con le formule:

$$\rho = \frac{P}{V} \quad \text{con misure orizzontali}$$

$$\rho = \frac{P}{V} \cdot \frac{L}{h} \quad \text{con misure verticali}$$

dove: P = massa in  $\text{kg}$  della neve contenuta nel cilindro

V = volume del cilindro

L = lunghezza cilindro

h = altezza di riempimento del cilindro

### **Temperatura della neve (TH-01 e TH-03)**

Le temperature della neve si codificano come la temperatura dell'aria e si riferiscono a profondità del manto nevoso di  $10\text{cm}$  e  $30\text{cm}$  dalla superficie rispettivamente.

### **Penetrazione della sonda (PR)**

È il valore di penetrazione della sonda appoggiata verticalmente sulla superficie della neve e lasciata affondare per il proprio peso ( $10\text{N}$ ). Viene letto il valore corrispondente in centimetri.

### **Caratteristiche dello strato superficiale (CS)**

Osservazione delle caratteristiche dello strato superficiale e dell'umidità del manto nevoso nel campo di rilevamento. Si fa particolare attenzione al contenuto in acqua allo stato liquido (superficie asciutta o bagnata), alla capacità della superficie di portare il peso di una persona a piedi e se l'origine della superficie è dovuta a fenomeni di fusione e rigelo o all'azione del vento.

### **Rugosità superficiale (R)**

Aspetto predominante dello strato superficiale con particolare riferimento alla rugosità.

### **Brina di superficie (B)**

Osservazione della presenza di brina di superficie sul manto nevoso.

#### 4.4.3. Valanghe osservate e cadute nelle ultime 24 ore

I parametri relativi alle valanghe osservate e cadute nelle ultime 24 ore fanno parte del “gruppo 7” e racchiudono:

**Numero e mole delle valanghe osservate (L1)**

**Tipo di valanghe osservate (L2)**

**Esposizione del pendio (L3)**

**Altitudine (s.l.m.) delle zone di distacco (L4)**

**Periodo del distacco (L5)**

**Valanghe provocate (L6)**

#### 4.4.4. Pericolo valanghe

È la valutazione da parte del rilevatore facente parte del “gruppo 6” suddivisa in pericolo valanghe e tendenza del pericolo.

**Pericolo valanghe (L7)**

Valutazione del pericolo da valanghe nell’area circostante la stazione sulla base della scala europea.

**Tendenza del pericolo (L8)**

Valutazione della tendenza del pericolo dell’area circostante la stazione per le 24 ore successive.

#### 4.4.5. Testo in chiaro

In questa sezione, che caratterizza il “gruppo 5”, viene scritto il commento a fenomeni particolari, ulteriori specifiche su misure e osservazioni effettuati e tutti quei valori che vanno a completare i dati precedenti, cioè la pressione atmosferica (*hPa*), l’umidità relativa (*UR*) e la direzione e velocità del vento (*DV* e *VV* rispettivamente).

#### 4.4.6. Struttura del manto nevoso

Una volta alla settimana, solitamente il mercoledì, vengono effettuate da parte del rilevatore una serie di osservazioni per verificare la stabilità del manto nevoso e le mutazioni subite dalle variazioni meteorologiche. A tale scopo si procede effettuando le prove empiriche più rappresentative per stabilire il grado

di consolidamento del manto nevoso, il profilo penetrometrico con sonda a massa battente e quello stratigrafico.

### **Profilo penetrometrico con sonda a massa battente (o battage)**

Il test effettuato mediante sonda a massa battente, che permette di compilare il Modello 2, registra la resistenza alla penetrazione della sonda in una sezione verticale del manto nevoso, fornendo la variazione di durezza dei vari strati (*Fotografia 4.9* *Fotografia 4.9 Test con sonda a massa battente.*). La sonda a battage utilizzata per determinare la resistenza alla penetrazione si compone di:

- Massa battente cilindrica (martello) con peso di *1kg (10 N)*;
- Asta graduata d'alloggiamento per il peso mobile;
- Tubi sonda sormontabili composti da spezzoni di lunghezza *50cm*, peso *0.5kg (5N)* e con graduazione in cm a numeri crescenti. La prima asta presenta una testa a punta conica con misure standard (*4cm* di diametro, angolo sommitale d'apertura di *60°*, superficie resistente alla penetrazione di *12cm<sup>2</sup>*) e un peso leggermente inferiore per permettere un valore di *0.5kg* con l'aggiunta dell'asta graduata.



**Fotografia 4.9** Test con sonda a massa battente.

Durante il rilievo si utilizzeranno, al fine di una standardizzazione e semplificazione dei calcoli, due tubi sonda e l'asta graduata per raggiungere un peso complessivo di 10 N ed eventuali aggiunte successive di due tubi sonda alla volta se il manto nevoso lo richiede (*1m=10N; 2m=20N; 3m=30N*).

Il sondaggio comincia con la misura della penetrazione della sonda, priva di massa battente, appoggiando la punta conica alla superficie del manto nevoso e facendo penetrare lo strumento solo per il peso proprio. Mantenendo verticale il tubo si

appoggia la massa battente a fine corsa dell'asta d'alloggiamento e si osserva la penetrazione nella copertura nevosa sempre per peso proprio. Assicurando

manualmente la verticalità della sonda e contemporaneamente evitando di creare attriti, l'operatore prosegue nel far scendere costantemente, con uno sprofondamento di circa 1 cm per ogni colpo, la sonda nel manto nevoso sotto l'effetto della massa cilindrica caduta lungo l'asta da un'altezza adeguata. Vengono registrati il peso del tubo sonda in  $N$ , il peso del martello in  $N$ , il numero di colpi effettuati, l'altezza di caduta del peso in  $cm$ , la penetrazione della sonda in  $cm$  e l'affondamento dei colpi in  $cm$ . Durante il test è importante osservare l'affondamento per ogni colpo inferto e la sua regolarità determinata dalla durezza degli strati incontrati, in quanto nel caso di variazioni sensibili si deve cambiare l'altezza di caduta della massa (diminuire con elevate penetrazioni dovute a strati fragili e aumentare con bassi affondamenti causati da strati resistenti) e con eccessivi sprofondamenti si devono scorporare le serie di dati raccolti. Risulta quindi molto importante sorvegliare l'abbassamento della sonda e memorizzare i valori relativi all'ultimo colpo inferto dalla massa battente per evitare di perdere i dati della misura precedente in caso di improvviso e brusco sprofondamento dovuto al raggiungimento di uno strato debole.

Dopo aver riportato gli effetti del peso, il numero di colpi e l'altezza di caduta con i relativi affondamenti fino alla fine del rilievo, vengono calcolati gli indici di durezza  $R$ :

$$R = \frac{(nh)}{\Delta} + P + qN$$

Dove:  $R$  = indice di durezza [N]

$P$  = peso del martello [N]

$n$  = numero di colpi

$h$  = altezza di caduta del peso [cm]

$\Delta$  = affondamento dei colpi [cm]

$q$  = peso dei tubi sonda [N]

$N$  = numero dei tubi sonda

L'indice di durezza dà un'idea abbastanza precisa della diversa resistenza dei vari strati che costituiscono il manto nevoso in modo più preciso e meno

soggettivo rispetto al test della mano che vedremo di seguito. La rappresentazione grafica di questi dati, riportata nel Modello 4, illustra la sequenza degli strati con la loro relativa durezza e aiuta a valutare il grado di consolidamento del manto nevoso. Tale profilo penetrometrico non permette di localizzare gli strati più importanti, spesso causa principale del distacco di valanghe, cioè gli strati deboli molto sottili che la sonda attraversa senza incontrare resistenza e gli strati di neve morbida nella quale questo strumento non offre una buona risoluzione.

### **Profilo stratigrafico**

Il profilo stratigrafico permette di ottenere informazioni fondamentali sulle caratteristiche dei diversi strati di neve al suolo e, rispetto ai dati quantitativi della prova precedente, fornisce indicazioni sulla qualità della neve. La prova consiste nello scavare una buca nella neve con fronte all'ombra (solitamente davanti alla sonda della prova penetrometrica che funge da asta graduata), sezionando e osservando i singoli strati del manto nevoso. In dettaglio le osservazioni che vengono riportate nel Modello 3 dell'A.I.Ne.Va. riguardano:

- La misura della temperatura all'interno del manto nevoso, inserendo il termometro in prossimità della superficie e poi ogni *10cm* se il manto nevoso misura un metro di spessore. Con sezioni maggiori di un metro si rileva in superficie, ogni *10cm* fino alla profondità di *50cm* e poi ogni *20cm* fino al suolo;
- L'individuazione degli strati (con l'ausilio di un pennello oppure facendo scorrere il dito o la tavoletta cristallografica sulla superficie e ascoltando le variazioni di durezza della neve) con annotazione delle diverse altezze;
- L'esame dei differenti singoli strati con determinazione dell'umidità (effettuando una palla di neve con la mano guantata), della forma dei grani (osservati con una lente e valutando l'entità dei processi di metamorfismo in atto), della loro dimensione (stimata osservando i cristalli su una tabella cristallometrica millimetrata) e della durezza (effettuando il test della mano e valutando la facilità di penetrazione orizzontale nel manto nevoso con un pugno, quattro dita, un dito, una matita o una lama);

- La determinazione del peso specifico della neve prelevando una carota di neve con un cilindro metallico e pesandola con il dinamometro (come descritto nella determinazione della densità della neve dei dati nivometrici).

Gli strumenti normalmente utilizzati per reperire tali dati sono (*Figura 4.8*):

- Pala leggera smontabile;
- Sonda da valanga o sonda a massa battente per misurare gli strati;
- Lente d'ingrandimento;
- Tavoletta cristallometrica;
- Termometro;
- Cilindro di carotaggio;
- Dinamometro;
- Sega da neve o cordino;
- Modelli A.I.Ne.Va..



**Figura 4.8** Strumentazione per rilievo manuale [13].

Le osservazioni vengono registrate sul Modello A.I.Ne.Va. con simboli standard (aggiornati nel 2009) ed eventualmente aggiunte le note dovute alla complessa struttura del manto nevoso (es. presenza di sabbia del deserto, presenza di sottili croste intercluse, ecc.).

Alcuni autori sostengono che spesso non serve scavare fino a raggiungere il terreno se il manto nevoso è molto profondo e nel caso in cui precedenti osservazioni effettuate nello stesso punto abbiano appurato la presenza di neve densa e dura vicino al terreno. A sfatare tale affermazione prendiamo in esame l'inverno 2014. Esso mostra situazioni a ingenti spessori per le eccezionali nevicate con strati che si consolidano e aumentano la loro resistenza col passare del tempo, ma comunque molto instabili in quanto interessati da distacchi spontanei di valanghe di fondo per la presenza di intercapedini d'aria tra il suolo non gelato e l'intero blocco. Il profilo stratigrafico nell'ambito dello studio delle valanghe deve quindi interessare l'intera coltre di neve in tutto il suo spessore indipendentemente dall'altezza del manto stesso.



**Fotografia 4.10** Rilievo stratigrafico su distacco laterale di valanga di fondo, Val Bona inverno 2014.

Questa prova permette di identificare gli strati deboli che possono causare rottura del manto nevoso, i possibili strati che fungono da superficie di slittamento ed effettuare il calcolo del carico presente al di sopra di uno strato debole. Si verificano inoltre i cambiamenti di forma e struttura dei cristalli, della loro resistenza e le temperature che caratterizzano il gradiente termico all'interno del manto nevoso e quindi i tipi di metamorfismo in atto.



**Fotografia 4.11** Rilievo stratigrafico Passo Campo Carlo Magno inverno 2014.

Tali profili permettono di individuare gli strati presenti, la quantità di neve caduta, l'assestamento subito fino a quel momento e gli effetti della temperatura. Aspetto negativo di questo tipo di prova, che ha lo scopo di prendere decisioni rapide riguardo la stabilità della neve, sono i tempi di procedura molto lunghi che possono raggiungere anche le due ore. Altro conseguente problema della prolungata esposizione all'aria degli strati sezionati è la modifica delle loro caratteristiche per l'influenza dovuta alle variazioni climatiche.

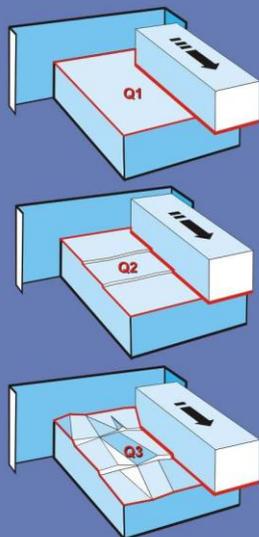
#### 4.4.7. Test di stabilità

Oltre alle valutazioni indirette viste in precedenza (prova stratigrafica e penetrometrica) esistono una serie di test diretti per determinare la stabilità del manto nevoso, cioè di sistemi speditivi diretti. Tali prove di stabilità possono però essere utilizzati solo in condizioni strutturali in cui il manto produce principalmente valanghe a lastroni e non in condizioni di neve interamente a debole coesione. Si tratta di un insieme di procedure operative che definiscono le condizioni di equilibrio, la presenza e la collocazione di possibili strati deboli, lo spessore di eventuali lastroni che potrebbero originarsi a conseguenza della rottura e la tendenza alla propagazione della frattura. I test di seguito descritti, facenti parte delle prove dirette, valutano la resistenza meccanica dello strato debole e la tipologia della frattura, permettendo la valutazione della tendenza a generare la frattura stessa e la capacità di propagazione che porta al distacco. Uno degli scopi di questi test è l'interpretazione e la valutazione della qualità della superficie di taglio, come riassunto in *Figura 4.9*.

**QUALITY SHEAR - TIPOLOGIA DI FRATTURA**

after Moore, M., (2006) - emended

| shear quality tipo frattura | DESCRIZIONE   | TIPO DI FRATTURA  |
|-----------------------------|---|---|
| <b>Q1</b>                   | FRATTURA NETTA E RAPIDA, PLANARE, LISCIA. IL LIVELLO FRAGILE PUO' COLLASSARE DURANTE LA FRATTURA ED IL BLOCCO SCIVOLA SU PENDENZE > 35° O, PIU' RARAMENTE, GIA' SU PENDENZE > 25°   | <b>SC</b><br>COLLASSO IMPROVVISO<br>O<br><b>SP</b><br>PLANARE IMPROVVISO      |
| <b>Q2</b>                   | FRATTURA «MEDIA», MENO NETTA E NON COSI' RAPIDA, PLANARE, PRESENTA PICCOLE ASPERITA' SULLA SUPERFICIE. IL BLOCCO SCIVOLA MENO FACILMENTE RISPETTO A Q1 MA NON SONO PRESENTI GROSSE IRREGOLARITA' SUL PIANO DI SCIVOLAMENTO COME IN Q3 | <b>PC</b><br>COMPRESSIONE PROGRESSIVA<br>O<br><b>RP</b><br>PLANARE RESISTENTE |
| <b>Q3</b>                   | FRATTURA IRREGOLARE, NON-PLANARE, CON MOLTE GRANDI ASPERITA' SULLA SUPERFICIE. NON TUTTO IL LIVELLO FRAGILE COLLASSA E PROPAGA LA FRATTURA. DOPO LA FRATTURA IL BLOCCO SCIVOLA POCO O NON SCIVOLA AFFATTO                             | <b>B</b><br>FRATTURA NON PLANARE  |



**Figura 4.9** Tipologia e descrizione della frattura [8].

### Test del blocco di slittamento (Rutschblock Test) RB

Mediante questo test viene testata una determinata superficie e assegnato un valore al manto nevoso in base al momento e al tipo di cedimento subito da un blocco di neve sollecitato nel suo terzo superiore. Sinteticamente:

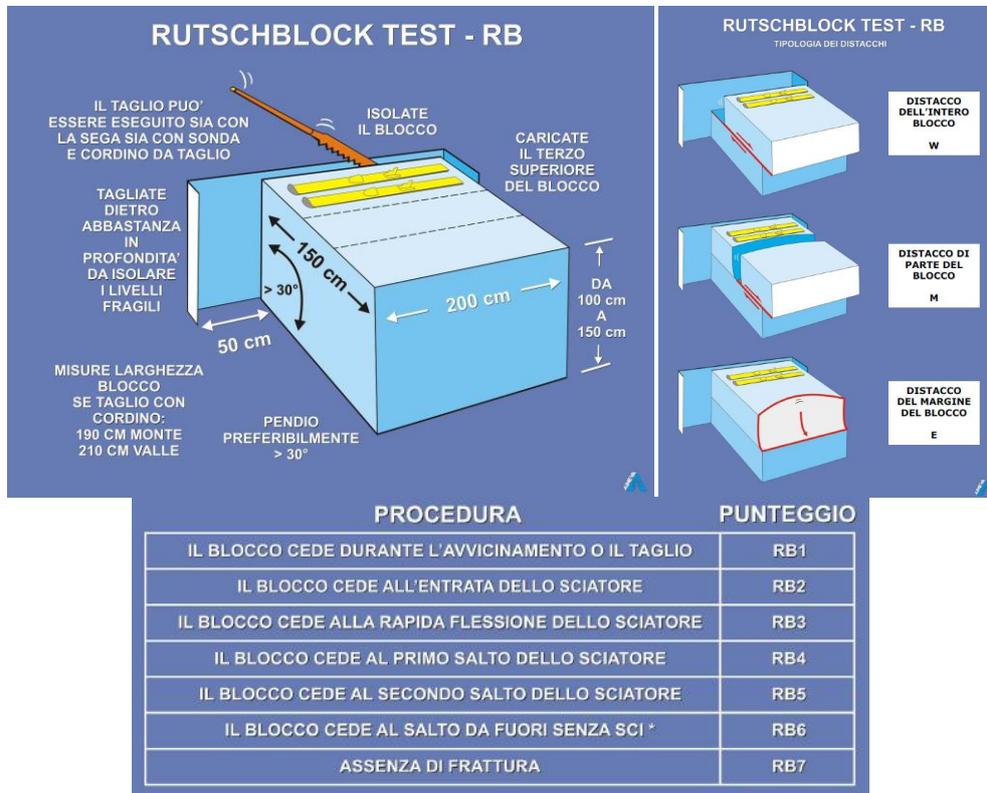


Figura 4.10 Test del blocco di slittamento [8].

### Test di compressione della pala – test della colonna estesa (Compression test – Extended Column Test) ECT

L'ECT permette di valutare la stabilità del manto nevoso, fino a una profondità massima di 100–120cm, intercettando facilmente livelli fragili in un breve tempo di esecuzione e su pendii con qualsiasi inclinazione (anche minori di 25°, quindi meno pericolosi al momento del rilievo). Di seguito viene riportata schematicamente la procedura:



Figura 4.11 Test ECT (test di compressione della pala – test della colonna estesa) [8].

### Test della pala (Shovel Shear) ST

Il test della pala può essere eseguito su pendii di inclinazione minore di 25° e richiede brevi tempi di esecuzione, fornisce dati difficilmente correlabili alla stabilità del manto nevoso e all'attività valanghiva. Per tale motivo nelle Alpi Italiane questo test non è rappresentativo.

### Test del telaio di taglio (Shear Frame Test) SFT

Il test del telaio di taglio fornisce valori di resistenza al taglio in  $N/m^2$  utilizzati in seguito per il calcolo dell'indice di stabilità. Non è una prova molto utilizzata in quanto richiede l'iniziale individuazione dello strato debole che si vuole analizzare, un'attrezzatura specifica, una serie di operazioni delicate che prevedono una certa esperienza nell'esecuzione e inoltre richiede una serie di complessi calcoli.

### Test della sega (Propagation Saw Test) PST

Questo test diretto permette di osservare in una profondità di 100-120cm la frattura e la propagazione, ma risulta un processo più lento del test ECT in quanto l'isolazione del blocco richiede uno scavo maggiore. Il test si svolge nel modo sotto schematizzato:

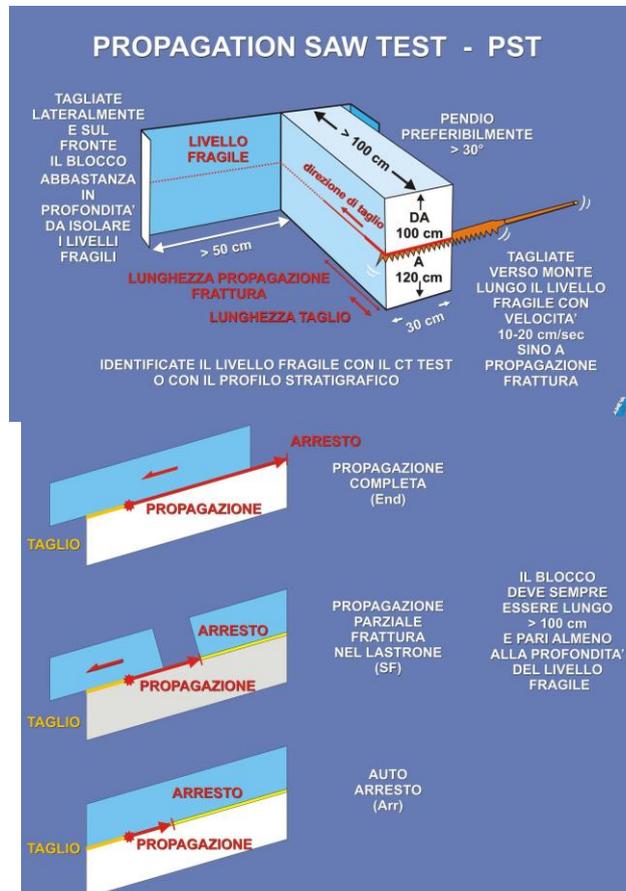


Figura 4.12 Propagation Saw Test (PST) [8].

### Codifica dei dati rilevati

Il profilo stratigrafico dei dati rilevati permette di suddividere il manto nevoso in differenti classi di stabilità, generalmente basati sulla correlazione fra il tipo di profilo e l'attività valanghiva spontanea. Esistono varie classificazioni dei profili penetrometrici. Di seguito riportiamo quello adottato dall'associazione A.I.Ne.Va. che permette una prima determinazione del grado di consolidamento confrontando la stratigrafia effettuata con i tipi di profili in *Figura 4.13*.

| Classificazione dei profili penetrometrici AINEVA |                     |       |       |        |        |        |
|---|---------------------|-------|-------|--------|--------|--------|
| Tipo di profilo                                   | spessore della neve |       |       |        |        |        |
|   | 30 cm               | 60 cm | 90 cm | 120 cm | 150 cm | 180 cm |
| 1   |                     | bc    | bc    | bc     | bc     | bc     |
| 2   |                     | mc    | mc    | mc     | bc     | bc     |
| 3   |                     | bc    | bc    | bc     | mc     | mc     |
| 4   |                     | dmc   | dmc   | dmc    | mc     | mc     |
| 5   |                     | bc    | bc    | mc     | mc     | dmc    |
| 6   |                     | mc    | mc    | mc     | dmc    | dmc    |
| 7   |                     | bc    | bc    | mc     | mc     | dmc    |
| 8   |                     | bc    | mc    | mc     | dmc    | dmc    |
| 9   |                     | mc    | dmc   | dmc    | dmc    | dmc    |
| 10  |                     | dmc   | dmc   | dmc    | dmc    | mc     |
| 11  |                     | mc    | dmc   | dc     | dmc    | mc     |
| 12  |                     | bc    | mc    | dmc    | dmc    | dc     |
| 13  |                     | mc    | dmc   | dc     | dmc    | mc     |
| 14  |                     | dmc   | dc    | dc     | dc     | dc     |
| 15  |                     | mc    | dmc   | dc     | dc     | dc     |
| 16  |                     | dmc   | dmc   | dc     | dc     | dmc    |

**bc**  
ben consolidato

**mc**  
moderatamente consolidato

**dmc**  
da moderatamente a debolmente consolidato

**dc**  
debolmente consolidato

Figura 4.13 Classificazione dei profili penetrometrici A.I.Ne.Va. [14].

Tale metodo non mette in relazione oggettivamente la tipologia dei grani e gli indici di durezza che le precipitazioni nevose, sovrapponendosi cronologicamente, formano con strati a caratteristiche fisiche e meccaniche differenti e con lo svilupparsi di forze e tensioni che non sempre possono essere bilanciate soprattutto su pendii ripidi. Se, per esempio, prendiamo in considerazione un manto che presenta strati superficiali costituiti da piccoli grani e quelli intermedi e basali con dimensioni dei cristalli maggiori, le capacità di assorbimento delle sollecitazioni meccaniche sono diverse. Per questo motivo vengono introdotti gli indici di instabilità che valutano la differenza tra sei

variabili strutturali indicatrici di potenziali precarietà all'interno del manto nevoso: dimensioni dei grani tra strati adiacenti, dimensioni dei grani dei singoli strati, differenze di durezza, durezza, forma dei grani e profondità. Se il valore di una variabile raggiunge una soglia critica è considerata una potenziale forma di instabilità. Si osservano quindi le differenze tra le interfacce degli strati e più differenze si presentano tra i vari strati, più la loro interfaccia è considerata potenzialmente debole. Mediante l'individuazione degli indici di instabilità si evidenziano sia le caratteristiche dello strato debole sia le proprietà strutturali del potenziale lastrone, parametri fondamentali ai fini dell'analisi di stabilità del manto nevoso.

## 5. PREVENZIONE E INTERVENTI

### 5.1 INTRODUZIONE

L'associazione A.I.Ne.Va. ha effettuato una statistica riguardante l'analisi degli incidenti da valanghe avvenuti in Italia negli ultimi 15 anni dimostrando che: [13]

- gli incidenti riguardano principalmente la pratica di attività sportive in aree non controllate;
- nell'ultimo decennio esiste una netta correlazione fra incidenti da valanghe e cumulo annuale di neve fresca;
- nell'ultimo decennio c'è stato un continuo incremento di incidenti da valanghe riguardanti nuove attività sportive (snowboard, scalata di cascate di ghiaccio, escursionismo con racchette da neve);
- la fase critica è la discesa (con gli sci o snowboard) al di fuori delle piste controllate;
- le tecniche di autosoccorso sono ancora poco diffuse e mal utilizzate;
- i servizi di previsione valanghe devono compiere uno sforzo maggiore per la produzione di informazioni sul pericolo di valanghe durante tutto l'anno e non limitatamente alla stagione invernale.

Per questo la difesa mediante bonifica dei siti soggetti a eventi valanghivi si sta evolvendo sempre più con nuovi studi e nuove tecniche.

### 5.2 INTERVENTI E OPERE DI PROTEZIONE

La protezione e il controllo delle valanghe prevede quattro obiettivi principali:

- minimizzare la perdita di vite umane e i danni alle persone;
- limitare i danni alle strutture;
- minimizzare l'interruzione del traffico;
- mantenere sicure le aree destinate al tempo libero e agli usi ricreativi.

Le misure di protezione dalle valanghe dipendono dal livello di protezione richiesto, dal tipo di valanghe prevalenti, dal terreno e dai costi.

Esistono tre tipologie di interventi che si differenziano per il loro punto di applicazione (zona di distacco, scorrimento o arresto) e che comprendono

diversi metodi di operazione tra i quali la prevenzione del distacco delle masse nevose, il distacco controllato, la deviazione e il rallentamento e la segnalazione di valanga.

La protezione dalle valanghe può essere attuata con misure temporanee o permanenti.

#### 5.2.1. **Difesa temporanea**

Le difese più utilizzate e semplici di prevenzione contro le valanghe comprendono restrizioni temporanee sull'impiego di strutture, aree, impianti e piste da sci. Questo tipo di difesa, che comprende due tipi di interventi puntuali e temporanei, viene messo in atto quando si verificano elevati pericoli a seguito di eventi eccezionali. Il principale accorgimento consiste nell'evacuazione di edifici e nella chiusura di strade e piste da sci per mezzo di provvedimenti straordinari delle autorità competenti o di ordinanze emesse dal sindaco avvalendosi delle commissioni locali valanghe. Se previsto da specifici piani di intervento o in casi eccezionali è possibile intervenire con il distacco artificiale tramite esplosivi. Le più comuni difese sviluppate per ridurre la possibilità di tali disastri, includono il monitoraggio delle valanghe con sistemi di allerta, chiusure di infrastrutture e segnali di pericolo.

#### 5.2.2. **Difesa permanente**

Le strutture permanenti e gli sbancamenti di difesa dalle valanghe sono costituite da una duplice funzione di difesa attiva e passiva. La prima prevede la riduzione delle condizioni che favoriscono lo sviluppo di valanghe, agendo sulla stabilizzazione del manto nevoso in zona di distacco. La seconda limita o annulla i danni dovuti al passaggio di una eventuale valanga deviandone il percorso e proteggendo le infrastrutture.

#### 5.2.3. **Difesa attiva**

Le opere di difesa per la protezione dalle valanghe, costituite da strutture permanenti e sbancamenti, hanno la funzione di prevenire e deviare le valanghe, proteggere le infrastrutture e provocare la decelerazione e l'arresto di una valanga [2].

Solitamente esse impediscono il movimento della massa nevosa nella zona di distacco e si attua con tre tipi di interventi:

- stabilizzazione della zona di distacco trattenendo il manto nevoso con opere paravalanghe permanenti, collocate su più linee perpendicolarmente alla zona di scorrimento. Si tratta di ponti da neve, rastrelliere e reti con strutture in legno o in acciaio.



**Figura 5.1** Difesa attiva: ponti e reti da neve [13].

- modifica della conformazione del suolo generalmente tramite il rimboschimento e la creazione di terrazzamenti che aumentano la rugosità del suolo frenando lo slittamento della neve.
- controllo della neve accumulata per apporto eolico tramite barriere frangivento e deflettori che limitano la formazione di cornici in punti particolarmente critici modificando il flusso del vento.



**Figura 5.2** Difesa attiva: opere frangivento [13].

#### 5.2.4. Difesa passiva

Le opere posizionate in zona di scorrimento o di arresto della valanga, che fanno parte della difesa passiva, sono solitamente realizzate in struttura massiccia per opporsi alle notevoli spinte dinamiche cui sono soggette. Esse hanno lo scopo di deviare, frenare o arrestare il flusso di masse nevose in movimento e sono composte da diverse tipologie:



**Figura 5.3** Difesa passiva: vista aerea di una galleria paravalanga [13].

- opere di deviazione: hanno il compito di far cambiare la direzione di scorrimento delle valanghe radenti al fine di deviarle dalla zona da proteggere o di dividere la massa valanghiva in parti più facilmente controllabili. Nel caso di strade sono utilizzate delle gallerie.



**Figura 5.4** Difesa passiva: opere di deviazione e sullo sfondo opera d'arresto

- opere di arresto: sono delle dighe di contenimento o intercettazione con lo scopo di bloccare la valanga in movimento o per rallentarne la velocità e ridurre la distanza di



**Figura 5.5** Difesa passiva: cuneo frenante

- opere di frenaggio: favoriscono la decelerazione della valanga provocandone l'espansione laterale per effetto di una serie di deviazioni (cunei frenanti).

#### 5.2.5. **Difesa preventiva**

Prima che le masse di neve raggiungano dimensioni pericolose entrano in atto una serie di sistemi preventivi che permettono il distacco artificiale (o programmato) delle valanghe e le tecniche di compattazione.

Il distacco programmato, che permette di provocare la rottura del manto nevoso prima che questa si verifichi spontaneamente, si basa sulla capacità di creare sovraccarichi temporanei e improvvisi nella zona di distacco della valanga al momento voluto, limitando le dimensioni volumetriche e areali di propagazione del fenomeno.

Tale difesa permette di scegliere il momento più favorevole al distacco, in funzione delle condizioni del manto nevoso, chiudendo al pubblico le aree soggette al pericolo per tempi relativamente brevi. Gli interventi preventivi permettono, dopo la fase di distacco, condizioni di sicurezza fino al ripetersi di nuove nevicate o accumuli di masse nevose instabili per azioni eoliche.

### 5.3 IL DISTACCO ARTIFICIALE

Le tecniche di distacco controllato si basano sul fattore d'innescò dovuto a sovraccarico, modifica o distruzione interna del manto nevoso e rottura dei legami tra i cristalli di neve. Il distacco artificiale impedisce il raggiungimento di masse a dimensioni pericolose per le attività umane grazie alla bonifica preventiva dei pendii a manto nevoso instabile.

Il distacco preventivo per esplosione, metodo molto diffuso, permette di creare artificialmente queste situazioni con sovraccarico generato dalla sovrappressione dell'onda d'urto. La scelta delle tempistiche d'intervento sono fondamentali per la buona riuscita della messa in sicurezza in quanto un ritardo dell'intervento, che interessa una coltre composta da numerose nevicata, può causare il distacco di masse con dimensioni sconsigliabili o la mancanza del distacco con conseguente stabilizzazione o ulteriore indebolimento della copertura. Fondamentale è anche la capacità di posizionamento delle cariche nella zona di distacco nel momento in cui la relazione sforzo-resistenza della neve è critica. Risulta quindi fondamentale valutare la stabilità del manto nevoso, la collocazione e la potenza della carica esplosiva che permette la formazione di onde di sollecitazione che generano fatturazioni.

L'utilizzo degli esplosivi in Italia è limitata rispetto ad altre nazioni come Svizzera, Canada e USA, infatti l'uso delle artiglierie, dei lanciarazzi, dei cannoni pneumatici a gas (Avalancheur) o dei mortai non sono ammessi. Esistono numerose problematiche relative a queste tecniche legate a sicurezza, trasporto, deposito, rimaneggiamento degli esplosivi solamente da personale specializzato, l'inquinamento prodotto dai residui e il recupero e la gestione delle cariche inesplose.

Le limitazioni normative e la difficoltà di utilizzo degli esplosivi (mezzi convenzionali di distacco artificiale) hanno spinto, per poter agire in tempi utili e con risultati efficaci, all'utilizzo di soluzioni alternative che sfruttano l'esplosione di miscele di gas.

Le tecniche ammesse in Italia si dividono in sistemi trasportabili con il lancio a mano o per scivolamento dell'esplosivo tradizionale, gli impianti fissi quali

Catex a esplosivo tradizionale, Gazex (miscela di gas ossigeno e propano), Avalhex e O'Bellx entrambi con detonante composto da miscela di gas (ossigeno e idrogeno). Per quanto riguarda i metodi di distacco elitransportabili, sono utilizzabili il sistema Vassale con detonante tradizionale, la DaisyBell ed Heli-Avalhex entrambi a miscela di ossigeno e idrogeno.

### Lancio a mano e messa in opera per scivolata:



Figura 5.6 Lancio a mano di esplosivo [13].

Tale tecnica prevede il posizionamento manuale della carica composta da esplosivo, una capsula e una spoletta con un peso complessivo ridotto per facilitarne la messa in opera (una carica di 3kg raramente supera i 3m di distanza). Le cariche sono collegate a una fune d'ancoraggio che permette il loro recupero nel caso in cui il lancio non vada a buon fine e il tutto rimanga inesplosivo.

Nonostante sia stato superato da tecniche più efficaci e sicure questo metodo è ancora in uso. I problemi principali sono il raggiungimento in sicurezza del luogo di lancio e la riuscita del

getto della carica nella zona efficace per innescare il distacco.

Il lancio a mano può essere sostituito con la messa in opera per scivolata della carica sulla superficie del manto nevoso fino alla zona efficace, in caso di neve fresca si ricorre a particolari slittini di plastica. Rispetto alla precedente applicazione lo scivolamento permette di collocare la carica nella zona di potenziale distacco e in superficie.

Entrambe queste tecniche prevedono un quantitativo ridotto di esplosivo che richiede un maggiore numero di cariche per riuscire a sollecitare ampie zone di frattura. Per questo si effettuano soprattutto nelle aree sciistiche dove si raggiungono più facilmente le zone interessate.

### Sistemi con ausilio di elicottero

L'utilizzo dell'elicottero permette di posizionare le cariche in zone difficilmente raggiungibili, ma solamente in condizioni meteo favorevoli. Questo risulta un problema non indifferente in quanto subito dopo la nevicata si presentano le condizioni migliori di intervento, con un manto nevoso non compattato e con quantitativi di masse nevose relativamente ridotte. Inoltre l'elicottero permette di proteggere una vasta area che gli impianti fissi non sono in grado di difendere. Diversi sono i meccanismi di distacco utilizzando questo mezzo di trasporto.

#### - Dispositivo per trasporto e rilascio di cariche esplosive



**Figura 5.7** Dispositivo trasporto e rilascio cariche esplosive [13].

La bonifica con l'ausilio di cariche rilasciate dall'elicottero non avviene lanciando l'esplosivo manualmente, ma ci si avvale di un gancio baricentrico dal quale si lascia cadere la carica. Una complicazione che si manifesta, oltre alle problematiche meteorologiche, è la necessità di disinnesco delle cariche inesplose su terreni di difficile accessibilità. Date le difficili possibilità di trasporto di esplosivo da parte dei mezzi aerei per le normative vigenti, in Italia questo metodo di distacco artificiale di valanghe è stato pressoché abbandonato.

#### - Sistema Vassale

Particolare metodo esplosivo di bonifica da valanghe rilasciato dall'elicottero in hovering è il sistema Vassale. Esso è costituito da un contenitore metallico cilindrico chiuso inferiormente da un disco di cartone dove viene inserito un diverso quantitativo di massa esplosiva in funzione delle esigenze. L'innesco della massa esplosiva avviene solamente dopo aver depresso il sistema sulla neve, grazie a una piccola carica (booster), una serie di detonatori fissati a due rami di miccia a lenta combustione e due accenditori che innescano la carica principale. Dall'innesco delle micce l'elicottero ha tre minuti di tempo per allontanarsi dalla zona interessata dall'esplosione, ma anche tale metodo è stato abbandonato in Italia per le problematiche del trasporto di esplosivo.

### - DaisyBell

La Provincia Autonoma di Trento dispone attualmente della DaisyBell, apparato elitrasportabile basato sul principio di esplosione per miscela di gas.

Composto da una campana conica appesa sotto l'elicottero a una distanza di 10m, nel cono in acciaio viene fatta esplodere una miscela uniforme di  $1/3$  d'ossigeno e  $2/3$  d'idrogeno sopra la zona efficace. Il comando è azionato dal velivolo via onde radio dopo aver acquisito i principali dati tecnici (altezza dal suolo, autonomia del tiro, test di funzionamento, ecc.). L'operazione, che avviene interamente in 7 secondi, provoca un iniziale rottura delle resistenze del manto nevoso, un successivo suo sollevamento verso l'alto e una fase di destabilizzazione che contribuisce all'innesco della valanga. La distanza dal suolo dipende dal tipo di neve oggetto di bonifica, per esempio con lastroni duri e rigidi l'altezza ideale di azionamento dovrà essere minore rispetto alla presenza di lastroni di neve soffici.

Questo sistema, come tutti quelli connessi all'utilizzo dell'elicottero, può essere adottato solamente se è possibile alzarsi in volo solitamente al termine di una nevicata.



Figura 5.8 DaisyBell trasportata dall'elicottero [13].

### - Heli-Avalhex

Il sistema Heli-Avalhex è una variante elitrasportata dell'Avalhex sotto descritto, ma per la sua complessità e la ridotta autonomia, esiste solamente sottoforma di prototipo.

### Avalhex



**Figura 5.9** Avalhex con pallone pronto per la detonazione ed esplosione della miscela gassosa [20].

Il metodo di distacco Avalhex, basato sull'esplosione di una miscela di ossigeno e idrogeno all'interno di un pallone di lattice sospeso a un'altezza fissa dal manto nevoso, prevede la generazione di un'onda sferica in tutte le direzioni sulla zona d'innescò. Questo metodo presenta un facile trasporto delle cariche per il peso ridotto, una facile installazione e manutenzione con l'assenza di condotti per il gas, ma richiede di rifornire lo strumento durante il periodo invernale per il numero ridotto di tiri. Tale sistema è stato ritirato dal mercato

mondiale per i problemi tecnici che presenta a basse temperature.

### O'Bellx



**Figura 5.10** Sistema O'Bellx su pendio [14].

Il detonatore fisso O'Bellx è simile alla DasyBell, con esplosione indotta dalla miscela di idrogeno e ossigeno, ma è operativo indipendentemente dalle condizioni meteo per il suo comando a distanza per un buon numero di tiri e opera senza canalizzazioni. Il cono d'esplosione in acciaio circondato da una struttura protettiva in fibra di vetro e sostenuto da un palo in acciaio, viene fissato al terreno con barre di ancoraggio e la campana mobile può essere trasportata dal sito senza supporto da terra

solamente con l'elicottero, facilitandone in questo modo la manutenzione.

## Gazex



**Fotografia 5.1** Gazex con deposito in primo piano lungo il "Viel del Pan" Passo Pordoi - Passo Fedaia.

Una delle tecniche di bonifica più utilizzata in Italia è il Gaz.ex, detonatore composto da un tubo esploditore in acciaio orientato verso il manto nevoso e collocato stabilmente nei punti più critici della zona di distacco

e collegato a un deposito di gas. Viene provocata un esplosione sopra la copertura nevosa grazie alla miscelazione di propano e ossigeno in rapporto rispettivamente di  $1/6$  e  $5/6$ , che permettono di generare un'onda d'urto localizzata e conseguentemente il distacco.

Il funzionamento di questo sistema avviene con qualsiasi condizione atmosferica, azionandolo e comandandolo a distanza. Ha un tempo di attivazione ridottissimo, un funzionamento sia diurno sia notturno ed è energeticamente autonomo. L'esploditore per essere efficace deve presentare un posizionamento e un dimensionamento ottimale.

### **Catex (Cavo Trasportatore di Esplosivo)**

Il Cavo Trasportatore di Esplosivo è un sistema fisso di bonifica dei siti valanghivi. Costituito da una fune aerea sostenuta da piloni regolabili a diverse altezze, permette di trasportare e rilasciare la carica di esplosivo sulla verticale del punto prescelto della zona di distacco.

Questo metodo permette di operare in sicurezza da una postazione di controllo e comando, consente di raggiungere luoghi altrimenti inaccessibili, in qualsiasi condizione atmosferica e consente l'esplosione al di sopra della superficie nevosa con il facile recupero di eventuale carica inesplosa.



## 6. NORMATIVA

### 6.1 INTRODUZIONE

La normativa italiana prevede alcune leggi che permettono il distacco controllato della coltre nevosa per bonificare i siti a rischio valanghe. Essendo le Leggi provinciali emanate nel rispetto di quelle nazionali, di seguito esamineremo solamente il caso della Provincia Autonoma di Trento. Queste Leggi provinciali stabiliscono e prevedono alcune norme specifiche in materia di prevenzione da pericolo valanghe.

### 6.2 NORMATIVA PROVINCIALE

La Provincia Autonoma di Trento stabilisce i punti relativi alla previsione e prevenzione delle valanghe mediante la Legge Provinciale sugli impianti a fune del 21 aprile 1989: *Disciplina delle linee funiviarie in servizio pubblico e delle piste da sci*, e il relativo regolamento di esecuzione. L'*art.7*, riportato in Appendice C, riguarda l'idoneità delle aree e misure di difesa dal pericolo valanghe.

Tale articolo presenta lo scopo di impegnarsi sulla sicurezza passiva (con direttive dalla progettazione, comprendendo la realizzazione e i controlli, fino alla gestione delle piste da sci) e sulla sicurezza attiva (con regolamentazione della segnaletica e del comportamento dello sciatore), disciplinata congiuntamente dalle disposizioni della *L.P. 7/87* in oggetto.

Gli obiettivi principali sono essenzialmente tre e riguardano in primo luogo la stabilità delle opere, la sicurezza dell'esercizio degli impianti funiviari e delle piste da sci che devono essere esenti da pericoli quali frane e valanghe, anche mediante l'adozione di idonee misure strutturali e/o gestionali di difesa.

Secondo aspetto fondamentale riportato nell'*Art.7, comma 2* della *L.P. 7/87* espone: "Ai fini del rilascio e della modifica delle concessioni di linea funiviaria ... nonché ai fini delle autorizzazioni all'apprestamento delle piste da sci ... i progetti relativi alla realizzazione di nuovi impianti a fune e nuove piste da sci ed i progetti relativi alla modifica di quelli esistenti sono corredati da uno *specifico piano delle misure per la difesa dal pericolo di valanghe* ... Per

l'attivazione delle misure gestionali previste dal piano per le piste da fondo e per i tracciati escursionistici soggetti a pericolo di valanghe il piano può prevedere l'intervento della competente commissione valanghe, prevista dall'*art.5 della LP21/82.*". In questo modo si stabilisce l'obbligo di utilizzare uno specifico piano che introduce misure gestionali per la difesa degli impianti di risalita.

Altro punto preso in considerazione in questo articolo è la possibile sospensione dell'esercizio di impianti e piste, in caso di pericoli per cose e persone, fino al termine delle condizioni di possibilità di valanghe o mancata attuazione delle prescrizioni del piano di gestione.

Questa legge disciplina inoltre le opere di difesa dal pericolo di valanghe, prevedendo "interventi di carattere strutturale, eventualmente accompagnati da idonee misure gestionali".

Nella Legge provinciale 29 aprile 1983 n. 12: *Nuovo ordinamento dei servizi del personale della Provincia autonoma di Trento*, e successive modifiche, disciplina il sistema organizzativo provinciale e contiene le indicazioni per la diffusione e disponibilità dei dati meteonivometrici e nivometeorologici per la previsione, la gestione e l'informazione sul pericolo da valanghe. Per poter usufruire di associazioni locali diffuse sul territorio provinciale, la Legge provinciale 27 agosto 1982, n.21: *Piani di ricostruzione e modifiche della legge provinciale 29 agosto 1977, n.19*, nel Capo II "Interventi di prevenzione per le valanghe" all'art.5, riportata in Appendice C, prescrive l'istituzione di Commissioni locali. In particolari condizioni in cui il territorio richieda controlli dei fenomeni nivo-meteorologici, i Comuni interessati possono richiedere alla Giunta provinciale di istituire una Commissione Locale Valanghe composta da non meno di cinque e non più di dieci persone, con conoscenza della zona ed esperte in fenomeni legati all'innevamento.

### 6.2.1 P.I.D.A.V e P.I.S.T.E.

Il regolamento di attuazione della Legge provinciale 7/87, attiva con la delibera del 7 luglio 2000, n. 1672, descrive in dettaglio le procedure per la realizzazione dei Piani d'Intervento per il pericolo valanghe e ne individua le figure professionali che applicano le procedure gestionali, riportate nell'*art.31 Capo III bis* (vedi Appendice C).

Cercando di riassumere la delibera, il Piano delle misure per la difesa dal pericolo di valanghe deve comprendere una relazione nivologica e un progetto degli interventi. La relazione nivologica si suddivide in una sezione di analisi con le caratteristiche generali e gli aspetti geomorfologici, le caratteristiche vegetazionali e quelle nivologiche, una sezione di valutazione e una sezione di indirizzi per la progettazione. Il progetto degli interventi di difesa prevede interventi di tipo strutturale (obbligatorie nel caso di impianti a fune) e interventi di tipo gestionale che possono essere utilizzati unicamente in presenza di fenomeni valanghivi prevedibili. Gli interventi gestionali presentano le misure e le procedure che garantiscono l'esercizio delle infrastrutture sciistiche in assoluta sicurezza, come l'interruzione temporanea dell'esercizio e successiva eventuale bonifica dei versanti tramite operazioni di distacco artificiale. Il Piano di Gestione del Rischio di Valanghe (P.G.R.V.) è un progetto che comprende gli interventi di difesa di tipo gestionale distinti in:

- Piano di Distacco Artificiale delle Valanghe (P.I.D.A.V.): insieme di documenti (piano di tiro, piano di sicurezza e organigramma con mansionario delle operazioni) che dettano le norme di utilizzo di esplosivo per provocare il distacco artificiale delle valanghe in un determinato ambito territoriale, considera tutti i punti e le procedure necessarie per la sicurezza delle operazioni;
- Piano di Intervento per la Sospensione Temporanea dell'Esercizio (P.I.S.T.E.): gestisce il rischio e i provvedimenti di chiusura e riapertura dell'esercizio (strade, edifici, piste da sci e impianti, ecc.) mediante il piano di localizzazione che identifica preventivamente le superfici a rischio quantificandone il rischio, il piano di monitoraggio del manto nevoso di riferimento e il piano delle

procedure che comprende l'organigramma dei procedimenti e il mansionario che identifica il personale addetto ai singoli interventi.

Entrambi presentano una relazione tecnico-illustrativa, un piano di monitoraggio e un piano delle procedure, nel quale sono descritti in modo esaustivo luoghi, modalità di svolgimento delle operazioni e criteri di sicurezza da adottare in caso di distacco artificiale.

Vengono chiarite inoltre le figure professionali addette all'attuazione degli interventi di carattere gestionale. Viene definito il responsabile della sicurezza valanghe che svolge compiti di supervisione ed è sempre reperibile durante il periodo di apertura degli impianti per la verifica della corretta applicazione del piano, ne promuove l'aggiornamento e accerta il possesso delle abilitazioni del personale addetto. Il direttore delle operazioni, tra i molteplici compiti riportati nella delibera, cura la gestione del piano, è presente sul posto di lavoro in determinate situazioni previste dal piano stesso e ha un rapporto professionale di esclusività con il concessionario o con il titolare dell'autorizzazione all'esercizio della pista da sci. La figura che effettua le operazioni di distacco artificiale delle valanghe su disposizione del direttore delle operazioni e secondo le procedure del piano è l'operatore del distacco artificiale, mentre l'osservatore nivologico rileva e archivia i dati nivometrici e meteorologici, nonché quelli relativi alle valanghe.

Qualora, nel corso dell'esercizio, si riscontrino situazioni di pericolo per l'incolumità delle persone, il servizio competente in materia di prevenzione delle calamità pubbliche subordina la prosecuzione dell'esercizio di impianti e piste da sci, all'attivazione della competente commissione locale valanghe, con atto motivato da comunicare, anche per via telegrafica, alla medesima commissione. Il controllo della commissione perdura fino all'accertamento, da parte del servizio competente in materia di prevenzione delle calamità pubbliche, dell'esecuzione dei provvedimenti atti a ripristinare le condizioni di sicurezza, secondo quanto stabilito dalla Commissione di Coordinamento di cui all'*art.6 della L.P. 7/87*, riportato in Appendice C. [8]

## 7. STRUMENTO PENETROMETRO

### 7.1 INTRODUZIONE

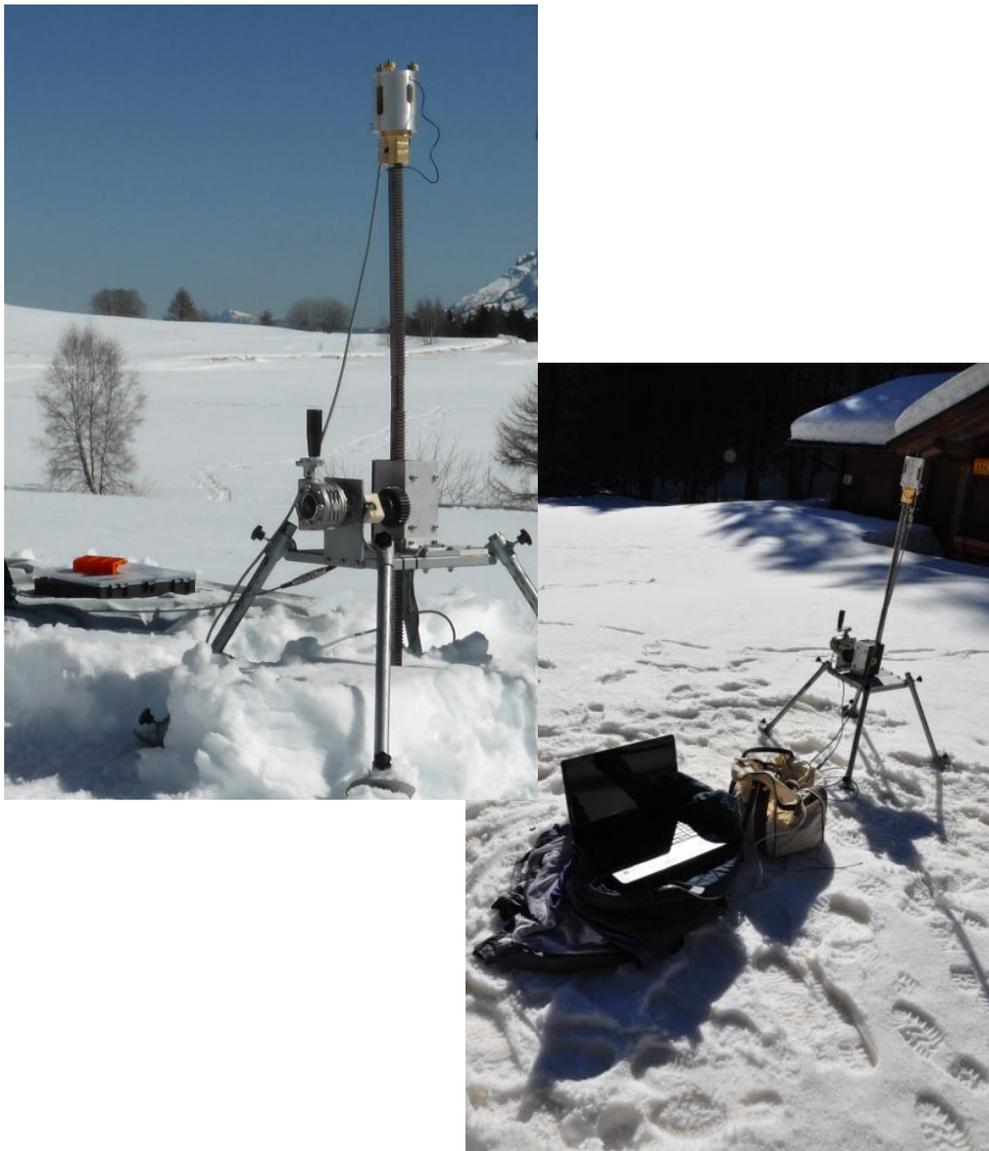
Abbiamo visto come il controllo delle valanghe sia fondamentale in alcune aree montane per individuare le zone a rischio e per adottare provvedimenti e misure di sicurezza in situazioni nivometeorologiche critiche, come la realizzazione di opere a protezione di infrastrutture ed edifici o la realizzazione di eventuali distacchi controllati. Mediante varie prove, come profili stratigrafici, penetrometrici, test di stabilità e osservazioni sulla frequenza delle valanghe, viene effettuata l'analisi di stabilità del manto nevoso che valuta la probabilità che si verifichi un evento valanghivo in una determinata area. La stabilità del manto nevoso è considerata elemento essenziale per la prevenzione delle valanghe e richiede l'analisi dei fattori legati al manto nevoso, fattori meteorologici e fattori di stabilità. Tra i parametri principali che permettono di individuare strati deboli all'interno del manto nevoso deve essere considerata la resistenza interna, determinata mediante il profilo penetrometrico, e il gradiente di temperatura, determinato mediante il profilo stratigrafico. Spesso la situazione del manto nevoso è molto variabile e complessa, con difficile individuazione degli strati deboli sottili che, negli ultimi anni hanno portato allo sviluppo della ricerca e dello studio di nuove strumentazioni per un'analisi diretta della neve sempre più dettagliata.

Presso il Laboratorio di Idraulica dell'Università degli Studi di Trento è stato sviluppato un nuovo penetrometro statico da neve, descritto nel lavoro di tesi dell'ing. Emiliano Casagrande, in collaborazione con l'azienda Famas System S.p.A di Egna (BZ) (ditta che si occupa di sistemi di telecontrollo ambientale anche in ambito montano). Lo strumento ha poi subito modifiche sostanziali nella parte sensoristica, sviluppate presso il Laboratorio di Idrogeologia dell'Università di Padova. Questa nuova versione dello strumento è stata utilizzata in questo lavoro di tesi, mettendo a confronto i risultati ottenuti con i dati raccolti, in parallelo, con i metodi standard, che prevedono l'uso del penetrometro a massa battente.

## 7.2 LO STRUMENTO

Lo strumento in oggetto (*Fotografia 7.1*) è stato realizzato per ottenere dati inerenti la resistenza alla penetrazione del manto nevoso in tempi brevi e per aumentare la capacità di individuazione degli strati deboli.

Di seguito viene descritto lo strumento nel dettaglio, analizzando le caratteristiche strutturali delle singole componenti.



**Fotografia 7.1** Strumento penetrometrico collegato al computer per scaricare i dati.

### 7.2.1. Catena di misura

La catena di misura, sistema composto da una successione di strumenti che elaborano un segnale, è contraddistinta da un trasduttore che converte un segnale in input in una grandezza in output, un dispositivo che elabora il segnale e un sistema di visualizzazione e/o registrazione. Nello specifico lo strumento si compone di due sensori, particolari trasduttori in grado di trasformare il segnale entrante in una grandezza elettrica:

- una cella di carico, che viene utilizzata per determinare la resistenza opposta dal manto nevoso durante l'avanzamento del penetrometro nella coltre;
- un potenziometro rotazionale, per la determinazione della distanza d'avanzamento.

Il dato in uscita dalla cella viene trasformato e amplificato da un condizionatore di segnale e infine i valori dei sensori vengono registrati su un datalogger.

### 7.2.2. Puntale

Parte fondamentale per la precisione dei dati raccolti con questo strumento è il puntale avvitato con apposito raccordo di fissaggio all'astina filettata reggi-punta. I tre tipi di punte a disposizione, caratterizzate da diversa forma e superficie, permettono infatti una differente risposta dei dati di penetrazione nel manto nevoso.

I puntali presentano una punta conica con apertura standard di  $60^\circ$ , come tutte le sonde penetrometriche utilizzate nell'arco alpino. L'area delle sezioni delle punte raffigurate di seguito, corrisponde a  $28.28\text{mm}^2$  per la punta piccola,  $86.60\text{mm}^2$  per quella media e  $312.70\text{mm}^2$  per quella grande (Figura 7.1).

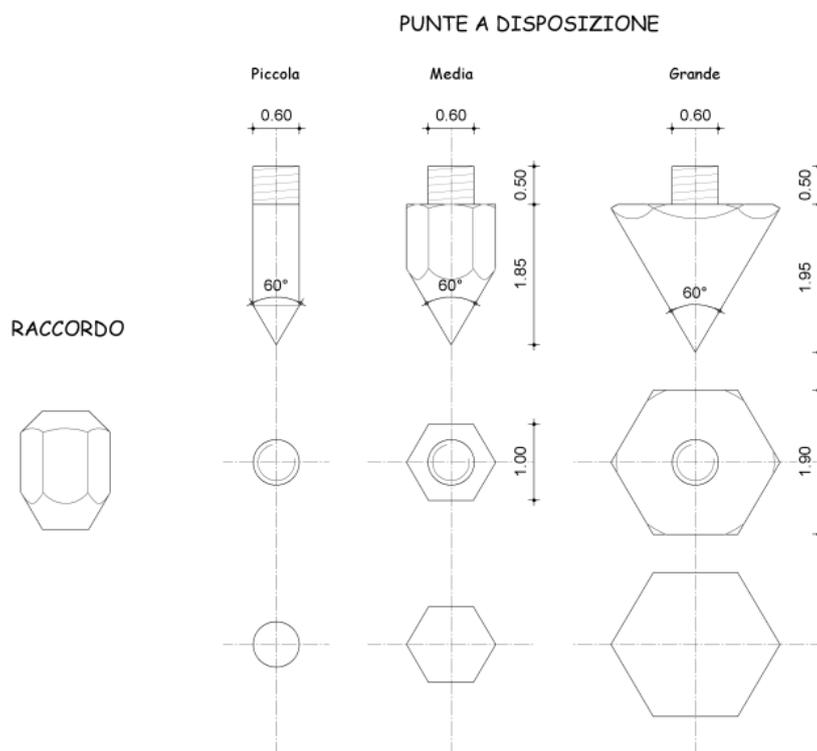


Figura 7.1 Punta a disposizione e raccordo.

### 7.2.3. Trasmissione (asta di spinta)

Il puntale, avvitato sull'astina reggi-punta con l'apposito raccordo, viene infilato all'interno di un'asta di spinta (Figura 7.2) che viene fatta poi penetrare nel manto nevoso. L'asta di spinta è costituita da cremagliere cave a U, in acciaio lunghe 0.5m, con sezione 20mm x 20mm, passo 6.2mm, peso di circa 0.4kg l'una e raccordate avvitando delle piastrine. La testa dell'asta di spinta ha gli spigoli smussati per ridurre gli attriti nella fase di penetrazione, mentre la parte finale presenta due scanalature circolari che permettono di fissare il cilindro contenente la cella di carico alla sua estremità mediante due viti. Nella parte cava, l'asta contiene una serie di tasselli che non permettono all'astina reggi-punta sforzi diversi da quello assiale di compressione e quindi, rimanendo in sede, il suo movimento non è ostacolato da attriti.

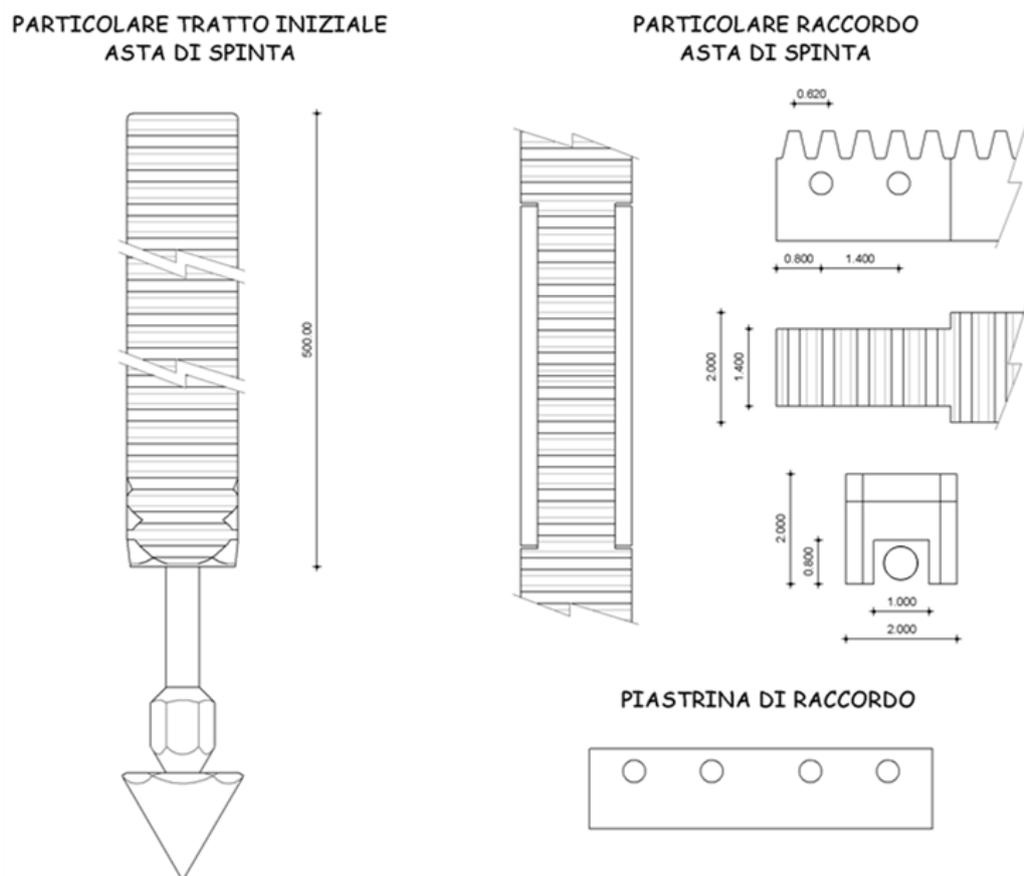


Figura 7.2 Particolari asta di spinta.

## 7.2.4. Sensore a due molle

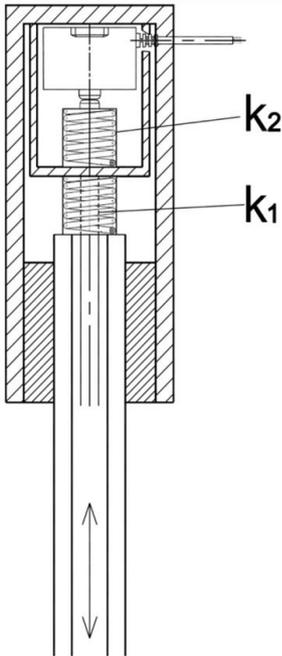


Figura 7.3 Testa della sonda penetrometrica a due molle [29].

All'estremità superiore dell'asta di spinta, è fissato il cilindro contenente il sensore di forza (cella di carico) e il sistema di molle (Figura 7.3). Questo sistema è una proprietà fondamentale dello strumento, in quanto le doppie molle permettono di rimuovere il peso dell'asta reggi-punta e della punta stessa dai valori di resistenza registrati durante l'investigazione del manto nevoso. In questo modo è possibile osservare le basse resistenze, che con altri prototipi e sistemi di rilievo non sempre vengono evidenziati, permettendo l'individuazione di strati deboli anche di spessore ridotto all'interno della coltre.

La cella di carico è fissata sulla parte inferiore del coperchio del cilindro. Tale cilindro filettato internamente, funge da fondo corsa grazie alla possibilità di allontanamento o avvicinamento dal sensore di un piattino cilindrico, il quale ha il compito di comprimere il piccolo rilievo sulla superficie della cella di carico in base alla resistenza del manto. Il disco cilindrico è sostenuto da una molla

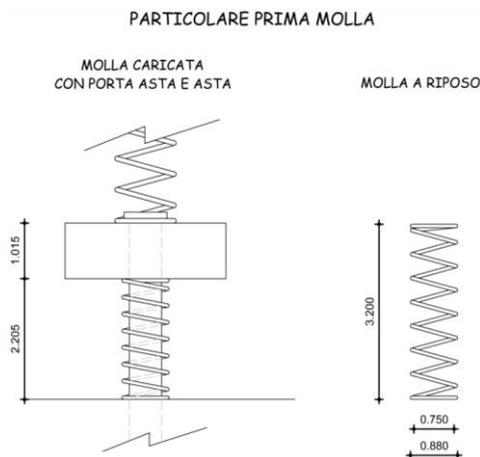


Figura 7.4 Particolare della prima molla del sensore a due molle.

(intercambiabile in funzione delle diverse necessità di rilievo) leggermente compressa in fase di montaggio dello strumento per avere sensibilità anche con resistenze minime e situata sul porta astina reggi-punta. Quest'ultima viene sorretta da una prima molla (Figura 7.4), anch'essa sostituibile in base alle diverse esigenze, con il compito di sorreggere l'asta reggi-punta e la punta, annullando

in questo modo il suo peso all'interno del dato registrato. Per evitare eventuali deformazioni di questa molla, è stato inserito un anello in acciaio che non permette accorciamenti eccessivi, mantenendo una compressione controllata.

La legge caratteristica della sonda [29] permette di osservare il sensore a due molle a riposo e con l'asta carica, cioè inserita all'interno del manto nevoso.

Con asta scarica le condizioni di equilibrio delle molle sono le seguenti:

$$P + F_2^0 = k_1 \cdot \epsilon_1^0$$

$$F_2^0 = k_2 \cdot \epsilon_2^0$$

dove P è il peso dell'asta di trasmissione della forza di penetrazione e di tutto quanto collegato;  $F_2^0$  è la forza impressa dalla seconda molla sull'asta di trasmissione del carico;  $k_1, k_2$  sono le costanti elastiche della prima e seconda molla;  $\epsilon_1^0, \epsilon_2^0$  sono le deformazioni delle due molle pari a  $\Delta L/L$ , con L lunghezza della molla.

Nel momento in cui l'asta reggi-punta viene inserita nel manto nevoso, le condizioni di equilibrio devono tenere in considerazione la resistenza opposta dalla neve:

$$P - F_N + F_2^1 = k_1 \cdot \epsilon_1^1$$

$$F_2^1 = k_2 \cdot \epsilon_2^1$$

dove  $F_N$  è la resistenza alla penetrazione nel manto nevoso.

Dall'unione delle due condizioni di equilibrio con asta carica o a riposo, si ottiene:

$$P + k_2 \cdot \epsilon_2^0 = k_1 \cdot \epsilon_1^0$$

$$P - F_N + k_2 \cdot \epsilon_2^1 = k_1 \cdot \epsilon_1^1$$

Sottraendo la prima dalla seconda si ottiene:

$$P - F_N + k_2 \cdot \epsilon_2^1 - (P + k_2 \cdot \epsilon_2^0) = k_1 \cdot \epsilon_1^1 - k_1 \cdot \epsilon_1^0$$

$$-F_N + k_2 \cdot (\epsilon_2^1 \cdot \epsilon_2^0) = k_1 \cdot (\epsilon_1^1 - \epsilon_1^0)$$

dal quale si ottiene:

$$F_N = k_2 \cdot (\epsilon_2^1 \cdot \epsilon_2^0) - k_1 \cdot (\epsilon_1^1 - \epsilon_1^0)$$

$$= (k_2/L_2) \cdot (\epsilon_2^1 \cdot \epsilon_2^0) \cdot L_2 - (k_1/L_1) \cdot (\epsilon_1^1 - \epsilon_1^0) \cdot L_1$$

con  $L_1$  e  $L_2$  lunghezza a riposo delle molle.

Si ottiene la legge caratteristica per lo strumento:

$$F_N = (k_1/L_1 + k_2/L_2) \cdot \Delta_x$$

con  $\Delta_x$  allungamento della molla.

In caso di utilizzo di due molle a uguale costante elastica e lunghezza, la resistenza opposta dal manto nevoso si divide in parti uguali sulle due molle. Si ottiene:

$$F_N = 2(k/L) \cdot \Delta_x$$

### 7.2.5. Misura delle forze

Il sensore di forza è stato scelto tenendo conto dei parametri che li caratterizzano, dell'ambiente operativo e dei costi.

Tra i parametri considerati si elencano i seguenti:

- accuratezza: è il massimo scostamento tra la misura fornita dal sensore e il valore reale del misurando;
- precisione o ripetibilità: esprime la riproducibilità della misura, cioè l'attitudine a fornire valori della grandezza in uscita poco diversi tra loro, a parità di segnale d'ingresso, nelle stesse condizioni di lavoro e in tempi diversi;
- sensibilità: è il rapporto tra la variazione del segnale di uscita e la corrispondente variazione della grandezza in ingresso;
- risoluzione: è la minima variazione in ingresso che genera una variazione apprezzabile del segnale di uscita, ovvero la più piccola quantità che può essere misurata. Nell'intorno dello zero si usa il termine *soglia*;
- campo di misura: rappresenta i limiti entro cui deve mantenersi la grandezza di ingresso affinché il sensore funzioni secondo le specifiche fornite dal produttore;
- campo di sicurezza: specifica i limiti entro cui deve mantenersi la grandezza in ingresso per non danneggiare il sensore;
- taratura o calibrazione: è la misura del segnale di uscita per valori noti della grandezza d'ingresso. Il ciclo di taratura è una prova che copre tutto il campo di misura del sensore, suddivisa in due parti, una per valori crescenti e una per valori decrescenti della grandezza misurata;
- isteresi: è la massima differenza tra i due percorsi di andata e ritorno dell'uscita durante il ciclo di calibrazione, espressa in percentuale del fondo scala;
- non linearità: è lo scostamento della curva di taratura dall'andamento rettilineo, espresso in percentuale del fondo scala.

- tempo di risposta: è l'intervallo temporale tra la variazione della grandezza misurata e quella del segnale in uscita, quando si applica una sollecitazione a gradino in ingresso al sensore;
- stabilità: è la capacità di conservare inalterate nel tempo le caratteristiche di funzionamento;
- vita utile: è il tempo per il quale il sensore opera senza modificare le sue prestazioni.

Tra le caratteristiche dinamiche principali si osservano:

- errore di misura: è la differenza tra il comportamento reale del sensore e il comportamento ideale rappresentato dalla curva teorica;
- range di temperatura: è il campo in cui gli eventuali errori si mantengono entro la banda di errore prefissata. Variazioni di temperatura possono portare anche a una traslazione e a un cambiamento di pendenza della curva di calibrazione. Si deve considerare inoltre il tipo di segnale di uscita desiderato.

Un sensore utilizzato per misurare una forza è detto anche cella di carico. Le celle di carico prese in considerazione per la presente applicazione sono quelle a compressione, in commercio se ne trovano due tipi: celle piezoresistive (o celle estensimetriche) e celle piezoelettriche (o celle al quarzo o altro tipo di cristallo).

Per quello che riguarda le *celle estensimetriche*, la forza agente sulla cella causa una deformazione del conduttore che provoca una variazione di resistenza (effetto piezoresistivo).

L'effetto piezoresistivo è dato da un allungamento e assottigliamento di un conduttore sottoposto a trazione, un estensimetro incollato su un supporto di resina, a sua volta fissato a una parte deformabile su cui agisce il carico. Applicato il carico  $P$  si verifica un aumento della resistenza (*Figura 7.5*) secondo la relazione:

$$R = (r \cdot L)/S,$$

dove  $R$  è la resistenza,  $r$  la resistività,  $L$  la lunghezza della parte deformabile e  $S$  la sezione della parte deformabile.

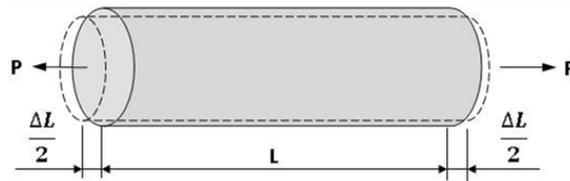


Figura 7.5 Conduttore sottoposto a trazione [26].

La sensibilità dell'estensimetro, chiamata anche gauge factor  $G$ , è data dal rapporto tra variazione relativa di resistenza e di lunghezza:

$$G = (\Delta R/R)/(\Delta L/L),$$

dove  $G$  è la sensibilità dell'estensimetro,  $\Delta R$  la variazione di resistenza,  $R$  la resistenza,  $\Delta L$  la variazione di lunghezza e  $L$  la lunghezza dell'estensimetro.

L'estensimetro è fissato, con interposto uno strato isolante, all'elemento di cui si vuole misurare la deformazione, in modo da espandersi o contrarsi allo stesso modo.

Grazie alla propria elasticità, l'estensimetro riprende la forma primitiva una volta che è cessata la sollecitazione che lo ha deformato. La risposta dell'estensimetro è pressoché istantanea, per questo motivo si possono rilevare carichi sia statici che dinamici.

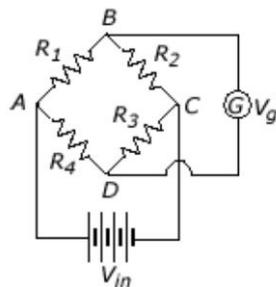


Figura 7.6 Schema del ponte di Wheatstone [26].

I circuiti elettrici utilizzati per misurare le variazioni di resistenza degli estensimetri derivano dal ponte di Wheatstone (Figura 7.6).

Il ponte viene alimentato con una tensione  $V_{in}$  su una diagonale e si rileva la tensione  $V_g$  sull'altra diagonale.

Una resistenza viene sostituita dall'estensimetro.

Le *celle piezoelettriche* si basano sulla capacità di alcuni materiali di caricarsi elettricamente quando sono sottoposti a deformazione. Misurando la tensione ai capi dell'elemento sensibile si risale alla deformazione e quindi alla forza applicata.

L'effetto piezoelettrico ha luogo in alcuni materiali cristallini nei quali una sollecitazione meccanica provoca una variazione di spazio interatomico e quindi un addensamento di cariche su due facce opposte del cristallo.

Questo effetto tende a svanire nel tempo a causa della riorganizzazione delle cariche elettriche, per cui le celle che funzionano in base a questo principio sono più adatte a misurare un carico dinamico.

In effetti questi trasduttori, accoppiati ad adeguati circuiti per il condizionamento del segnale, possono effettuare misure quasi statiche, ma non viene eliminata la deriva nel tempo del segnale.

La maggior parte dei trasduttori piezoelettrici utilizza il quarzo come sensore, in virtù delle sue eccellenti caratteristiche: elevata resistenza allo stress meccanico, resistenza ad alte temperature, alta rigidità, alta linearità, isteresi trascurabile, sensibilità costante in un ampio range di temperature e conducibilità molto bassa.

I trasduttori in quarzo consistono essenzialmente in sottili lastre di cristallo tagliate in modo opportuno (rispetto agli assi del cristallo), a seconda della specifica applicazione; il cristallo genera un segnale (una carica da pochi piconCoulomb) che è proporzionale alla forza applicata.

Sensori basati sull'effetto piezoresistivo sono classificati tra i sensori passivi, in quanto richiedono energia dall'esterno per convertire il segnale di ingresso in quello di uscita, mentre i sensori basati sull'effetto piezoelettrico sono di tipo attivo, poiché non necessitano dell'ausilio di sorgenti esterne, convertendo direttamente il segnale.

Tenuto conto anche del consiglio di tutte le persone interpellate presso ditte o laboratori (tranne di chi commercia solo celle piezoelettriche), si è deciso di usare per l'applicazione di cui si tratta una cella estensimetrica. Questo a causa della maggiore delicatezza delle celle piezoelettriche, dal fatto che queste sono valide soprattutto per misurare carichi rapidamente variabili e, vista la natura sperimentale dell'apparato, della maggior economicità delle celle a estensimetri. Le celle piezoelettriche sono inoltre difficili da calibrare in condizioni statiche, per le caratteristiche viste sopra.

Per quanto riguarda il fondo scala del sensore, il carico massimo che si è calcolato di avere è sicuramente sotto il quintale, peso del meccanismo più l'operatore che ci può salire sopra. Basta molto meno, per il campo di misura

che interessa, da quanto si è visto nelle prove. Si deve però considerare che non si deve superare il carico massimo ammissibile dalla cella per non danneggiarla. In genere le celle estensimetriche possono sopportare senza danneggiarsi un carico pari al 150% di quello del fondo scala [26].

#### 7.2.6. Celle di carico

Per la misurazione della resistenza, lo strumento ha a disposizione varie celle di carico con diversi limiti massimi di compressione, utilizzate in base alle caratteristiche della neve presente e al tipo di studio che si vuole condurre.



Figura 7.7 Cella di carico [28].

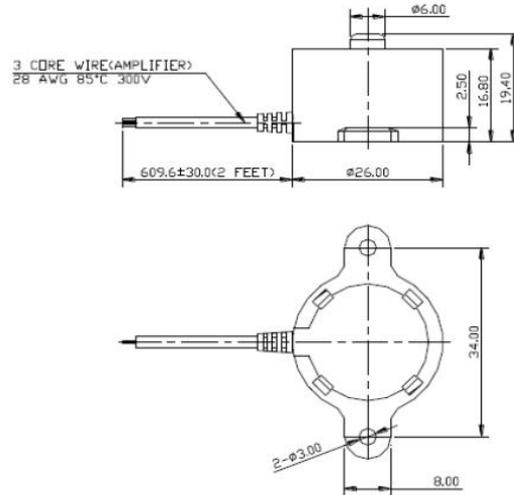
Le celle di carico utilizzate durante le analisi del presente lavoro differiscono da quelle del prototipo iniziale sia per tipo sia per collocazione (*Figura 7.7*), in quanto durante i primi rilievi in campo si erano riscontrati dei problemi di delicatezza del sensore che si danneggiava irrimediabilmente. Per questo la cella di carico, inizialmente posizionata in prossimità del puntale, è stata fissata sul coperchio superiore del cilindro di protezione in acciaio collocato sulla sommità dell'asta di spinta e sollecitata dall'astina reggi-punta che, collegata al sistema di molle, imprime le resistenze incontrate all'interno del manto nevoso.

Le celle di carico disponibili (Digi-Key Corporation) presentano quattro range di forza diversi, da utilizzare in funzione del tipo di manto da investigare.

In *Figura 7.8* viene riportata la scheda tecnica.

## FC22 Compression Load Cell

### DIMENSIONS



### STANDARD RANGES

| Range    | lbf |
|----------|-----|
| 0 to 10  | •   |
| 0 to 25  | •   |
| 0 to 50  | •   |
| 0 to 100 | •   |

### PERFORMANCE SPECIFICATIONS

Supply Voltage: 5.0V, Ambient Temperature: 25°C (unless otherwise specified)

| PARAMETERS  | MIN   | TYP     | MAX  | UNITS      | NOTES |
|---|-------|---------|------|------------|-------|
| Span (Unamplified)                                      | 19    | 20      | 21   | mV/V       | 1     |
| Span (Amplified)  | 3.88  | 4.00    | 4.12 | V          | 1     |
| Zero Force Output (Unamplified)                         | -1    | 0       | 1    | mV/V       | 1     |
| Zero Force Output (Amplified)                           | 0.3   | 0.5     | 0.7  | V          | 1     |
| Accuracy (non linearity, hysteresis, and repeatability) |       | $\pm 1$ |      | %Span      | 2     |
| Output Resistance (Unamplified)                         |       | 2.2     |      | k $\Omega$ |       |
| Input Resistance (Unamplified)                          |       | 3       |      | k $\Omega$ |       |
| Temperature Error – Zero                                | -1.25 |         | 1.25 | %Span      | 3     |
| Temperature Error – Span                                | -1.25 |         | 1.25 | %Span      | 3     |
| Long Term Stability (1 year)                            |       | $\pm 1$ |      | %Span      |       |
| Maximum Overload  |       |         | 2.5X | Rated      |       |
| Compensated Temperature                                 | 0     |         | 50   | °C         |       |
| Operating Temperature                                   | -40   |         | +85  | °C         |       |
| Storage Temperature                                     | -40   |         | +85  | °C         |       |
| Excitation Voltage (Unamplified)                        |       |         | 5    | Vdc        |       |
| Excitation Voltage (Amplified)                          | 3.3   |         | 5    | Vdc        |       |
| Isolation Resistance (250Vdc)                           | 50    |         |      | M $\Omega$ |       |
| Deflection at Rated Load                                |       |         | 0.05 | mm         |       |
| Humidity  | 0     |         | 90   | %RH        |       |
| Weight  |       | 18.41   |      | grams      |       |

For custom configurations, consult factory.

#### Notes

1. Ratiometric to supply.
2. Best fit straight line.
3. Maximum temperature error over compensated range with respect to 25°C.

Figura 7.8 Scheda tecnica della cella di carico FC22 [28].

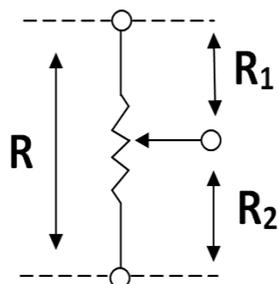
Per quanto riguarda il fondo scala e altre informazioni delle singole celle si osserva la *Tabella 7.1*.

| Caratteristiche tecniche | FC2231-0000-0010-L   | FC2231-0000-0025-L   | FC2231-0000-0050-L   | FC2231-0000-0100-L   |
|--------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Fondo scala              | 4.54kgf              | 11.34kgf             | 22.68kgf             | 45.36kgf             |
| Attivatore               | Pulsante             | Pulsante             | Pulsante             | Pulsante             |
| Categoria                | Sensore, trasduttore | Sensore, trasduttore | Sensore, trasduttore | Sensore, trasduttore |
| Output                   | 0.5V / 4.5V          | 0.5V / 4.5V          | 0.5V / 4.5V          | 0.5V / 4.5V          |
| Voltaggio-alimentazione  | 5V                   | 5V                   | 5V                   | 5V                   |

**Tabella 7.1** Caratteristiche tecniche celle di carico [28].

### 7.2.7. Potenzimetro

L'avanzamento dello strumento è misurato attraverso un potenziometro rotativo, dispositivo a resistenza variabile. Basandosi sul movimento rotativo attorno all'albero di cui si vuole determinare la posizione, converte questo moto in una variazione di resistenza all'interno di un circuito elettrico.



**Figura 7.9** Schema elettrico del potenziometro [26].

I potenziometri sono dispositivi a tre terminali, in cui la resistenza è costante tra due terminali ma variabile tra il terzo terminale e gli altri due. Sono costituiti da una resistenza elettrica con tre contatti: due fissi agli estremi e uno strisciante che può muoversi da un estremo all'altro come mostrato in *Figura 7.9*.

Per lo strumento in oggetto è stato scelto un potenziometro multigiro.

La legge che lega resistenza e posizione del cursore, che specifica l'andamento della resistenza tra il cursore e uno degli altri due terminali al variare della posizione del cursore stesso, può avere un andamento lineare, logaritmico o esponenziale.

Per il potenziometro scelto, la relazione tra angolo di rotazione e resistenza è di tipo lineare:

$$R = k \cdot \alpha,$$

con  $k$  costante dello strumento e  $\alpha$  angolo di rotazione.

Dalle prove si è notato che, convertendo la tensione in uscita dal potenziometro, la risoluzione di quest'ultimo è tale da riuscire ad apprezzare differenze di quota nell'ordine del millimetro. Valore sicuramente accettabile, anche considerando che l'importante è la rilevazione della presenza, nel manto nevoso, di un eventuale strato debole sottile, più che la sua precisa collocazione al millimetro.

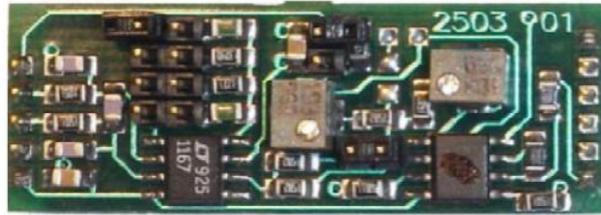
Con il potenziometro accoppiato al meccanismo che fa scendere la cremagliera è stato possibile misurare la profondità raggiunta e, in un secondo tempo, visto che i campionamenti venivano fatti a intervalli temporali costanti e predefiniti, anche la velocità di avanzamento. Si è potuto quindi controllare, quando successivamente si sono esaminati i dati, che questa sia stata mantenuta abbastanza vicina al valore prescelto.

È stato anche possibile correlare velocità di avanzamento diverse con risposte diverse della cella e quindi della reazione della neve alla penetrazione della punta.

#### 7.2.8. Condizionamento del segnale

Il sensore della cella di carico produce un segnale sotto forma di differenza di potenziale in millivolt ( $mV$ ), che viene amplificato dallo stesso strumento prima di giungere al datalogger. Per permettere la registrazione e l'elaborazione dei dati, il condizionatore converte il segnale analogico in uno digitale basato su un tempo definito, cioè sugli istanti di campionamento.

Il modulo di condizionamento per ponti estensimetrici Mecostain (*Figura 7.10*) che è stato utilizzato, è stato alimentato da una batteria a 12 V [26].

**Specifiche principali:**

|   |   |
|---|---|
| Alimentazione generale :                        | 9.5 ± 25 Vdc  |
| Alimentazione al ponte :                        | 5 Vdc o 10 Vdc @ 30mA<br>(selezionabile con ponticelli)     |
| Resistenza del ponte :                          | > 350 Ω   |
| Segnale in uscita :                             | ±5 Vdc @ ±2, 3, 10, 20 mV/V<br>0-5 Vdc @ ±2, 3, 10, 20 mV/V |
| Ponticelli selezionabili per :                  | 2, 3, 10, 20 mV/V   |
| Regolazione fine dello zero :<br>e del guadagno | ± 20%   |
| Dimensioni :                                    | 40 x 15 x 14 mm   |
| Campo di temperatura :                          | -40 ÷ 80 °C   |

**Figura 7.10** Modulo di condizionamento per ponti estensimetrici Mecostain [26].

Il condizionatore è stato inserito in una scatola con coperchio trasparente assieme a un circuito eseguito appositamente nel laboratorio della Famas System ed è stato fissato al datalogger [26].

Il circuito, composto da una fila di 10 led colorati (verdi, gialli e rossi) che si accendono in successione per ogni aumento di 0.5V, è nato con lo scopo di evitare il sovraccarico della cella. Ad oggi serve per un'indicazione approssimata sul voltaggio uscente dal condizionatore, in quanto la cella di carico non può essere caricata eccessivamente per la possibilità di regolazione del cilindro di supporto come sopra descritto. È presente un undicesimo led al di sotto della fila di quelli connessi alla cella di carico, inserito per segnalare l'approssimarsi del fine corsa del potenziometro che permette la misura della distanza di penetrazione nel manto nevoso.



Figura 7.11 Datalogger con circuito fissato sopra con, a fianco, la batteria di alimentazione [26].

### 7.2.9. Datalogger

La registrazione dei dati è avvenuta mediante il datalogger, che registra in diversi canali le varie grandezze che vengono monitorate. Questo dispositivo permette di registrare il voltaggio della cella di carico (amplificato dal condizionatore) nel Canale 2 e quello del potenziometro nel Canale 1.

Il datalogger utilizzato per lo strumento è il Measure Control Data Recorder (MeCoDaRec) prodotto dalla DSPM Industria di Milano, le cui caratteristiche principali sono riportate in *Figura 7.12*.

| SPECIFICHE TECNICHE                          |  |
|--|--|
| MECODAREC versione A:                        | 16 canali analogici  |
| Ingressi analogici:                          | 0 – 5 V ( ADC a 12 bit )   |
| Impedenza di ingresso:                       | 1 Mohm   |
| Ingressi temperature:                        | tipo K ( crome allumen fino a 1400 °C )  |
| Ingressi digitali:                           | 10 – 500 Hz oppure 0,1 – 5 kHz   |
| Frequenza di campionamento:                  | max 4 kHz 2 canali<br>max 150 - 200 Hz 16 canali<br>( in funzione del tipo di versione ) |
| Velocità di campionamento:                   | 250 µs – 10 s  |
| Dimensione della memoria:                    | 1Mbyte ( estendibile )   |
| Uscita ausiliaria:                           | 10 VDC 1 A ( per alimentazione dei sensori )   |
| Alimentazione:                               | 10 – 16 VDC 100 mA ( esclusa l'uscita ausiliaria )                                       |
| Temperatura di funzionamento:                | -20 – 60 °C  |
| Dimensioni:                                  |  |
| Massa:                                       | 250 g  |
| Connessione elettrica ai canali di ingresso: | connettore DB44HD  |
| Connessione interfaccia seriale RS 232:      | connettore Fischer 4 poli miniaturizzato e DIN standard per PC                           |



Figura 7.12 Datasheet del datalogger Mecodarec [26].

Il datalogger durante l'acquisizione utilizza due variabili: profondità e forza agente sulla cella di carico.

I dati registrati dal datalogger devono essere scaricati sul computer a ogni acquisizione mediante connessione seriale via cavo e un apposito programma che permette di configurare e analizzare i dati.

Il datalogger permette l'acquisizione di tensioni nell'intervallo  $0-5V$ . La conversione analogico-digitale avviene a  $12$  bit, che corrisponde a  $4096$  suddivisioni del campo di misura. Per la cella con fondo scala di  $111N$  si ottiene una risoluzione di  $111/4096 = 0.027N$ , più che adeguata al presente scopo, anche considerando le caratteristiche della cella.

#### 7.2.10. Base di sostegno



**Fotografia 7.2** Base di sostegno dello strumento.

Lo strumento presenta un sistema manuale per l'affondamento dell'asta di spinta composto da una manovella collegata mediante un riduttore a un pignone a  $23$  denti che appoggia sulla cremagliera (Fotografia 7.2). Nello specifico la manovella, che presenta un raggio di

$70mm$ , viene fatta ruotare con una velocità di uno o due giri al secondo (a scelta) per agevolare l'operatore e permettere un tempo di rilievo ragionevole. Il potenziometro è collegato alla cremagliera tramite due pignoni, il primo a  $12$  denti sull'asse uscente dal riduttore e il secondo a  $35$  denti fissato all'asse del potenziometro.

Questo sistema di ingranaggi è collocato al di sopra di un ripiano sostenuto da quattro piedini in acciaio che terminano in un elemento rettangolare per facilitarne il galleggiamento sul manto nevoso e sono completamente smontabili per facilitarne il trasporto.



## **8. TARATURA E RILIEVI SUL CAMPO**

### **8.1. INTRODUZIONE**

La taratura dello strumento è necessaria per verificare la correttezza dei dati raccolti e permettere la loro trasformazione in grandezze adatte ai fini del confronto che si vuole effettuare con i rilievi tradizionali.

I test sul campo eseguiti sia con lo strumento, effettuando diversi profili penetrometrici, sia con rilievi stratigrafici e penetrometrici con sonda a massa battente, compiuti in collaborazione con gli operatori nivometeorologici della Provincia Autonoma di Trento, hanno permesso il confronto dei dati.

In Appendice D sono riportati i Modelli A.I.Ne.Va. per ogni singolo test sul campo, compilati con rilievo stratigrafico e penetrometrico mediante i metodi convenzionali.

Durante i rilievi sul campo è stata utilizzata la cella di carico con fine scala e molle prefissate. Tali parti hanno fornito una risposta positiva al tipo di manto nevoso analizzato, offrendo ottimi risultati senza giungere a fondo scala dello strumento.

## 8.2. LA TARATURA DEI SENSORI DELLO STRUMENTO

Nel presente paragrafo viene descritta la taratura dello strumento penetrometrico.

L'operazione viene eseguita per entrambi i sensori utilizzati per la misura della resistenza alla penetrazione e per la misura della distanza di penetrazione.

L'operazione consiste nel descrivere le leggi che legano le due grandezze indagate con la differenza di potenziale fornita dai sensori ed è propedeutica alla attività di campo.

Le tarature sono state eseguite secondo il procedimento descritto nei paragrafi seguenti.

### 8.2.1. Cella di carico

La taratura della cella di carico è stata effettuata, misurando il segnale in millivolt [ $mV$ ] in ingresso al datalogger, posizionando lo strumento a cavallo di una bilancia analogica con capacità massima di  $10kg$  (Fotografia 8.1), in modo che l'asta reggi-punta ne centri il piatto.



**Fotografia 8.1** Taratura della cella di carico caricando una bilancia analogica con capacità  $10kg$ .

È stato misurato il segnale a forza stabilita da  $0N$  a  $100N$  fermando l'affondamento dell'asta per alcuni secondi ogni  $10N$ . In questo modo è stato possibile raccogliere i valori del voltaggio in millivolt in uscita dalla cella di carico e determinare la differenza di potenziale  $\Delta V$  [mV] in funzione della forza peso  $Fp$ . In fase di taratura la bilancia analogica permette la lettura della forza di compressione dell'asta reggi-punta sia nell'avanzamento della sonda sia durante il ritorno. Per la taratura della cella di carico sono stati eseguiti quattro test, uno dei quali con i dati d'andata rilevati ogni  $5N$ .

In *Figura 8.1* è rappresentato l'andamento di un test di taratura utilizzando la grafica del programma Measure Control Data Recorder (MeCoDaRec). In ordinata è riportata la differenza di potenziale ai vari step di forza (linea verde), in ascissa il tempo.



**Figura 8.1** Grafico di taratura della cella di carico: in ordinata la differenza di potenziale in mV, in ascissa il tempo in minuti e secondi (programma MeCoDaRec).

Dopo aver esportato i dati da MeCoDaRec in formato .txt, sono stati immessi in un foglio di lavoro di Microsoft Excel in corrispondenza dei Newton osservati in modo da stimare la forza peso in funzione della differenza di potenziale.

In *Figura 8.2* è riportata la regressione lineare dei dati di forza sulla differenza di potenziale, valutata su tutti i dati di taratura rilevati.

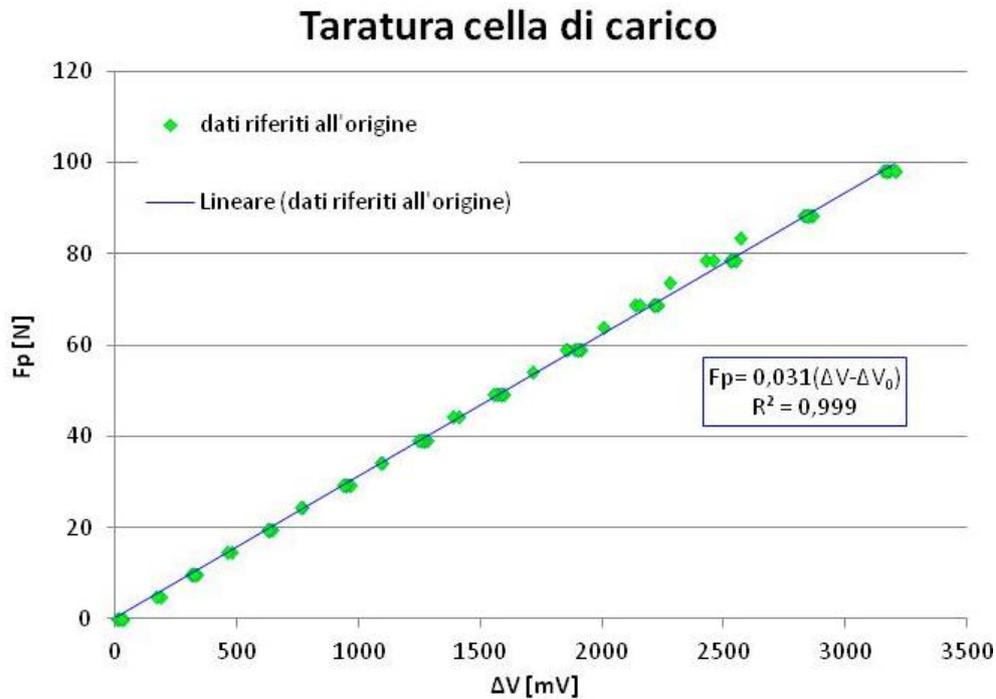


Figura 8.2 I dati sperimentali per la taratura della cella di carico e la curva di taratura.

Il valore medio del coefficiente di variazione della forza peso vale  $0.012$ , che in termini di forza peso corrisponde a uno scarto medio di  $0.57N$ .

$$c. v. = \frac{S}{|\bar{x}|} = 0.012$$

Dove:  $c. v.$  = coefficiente di variazione

$S$  = scarto quadratico medio

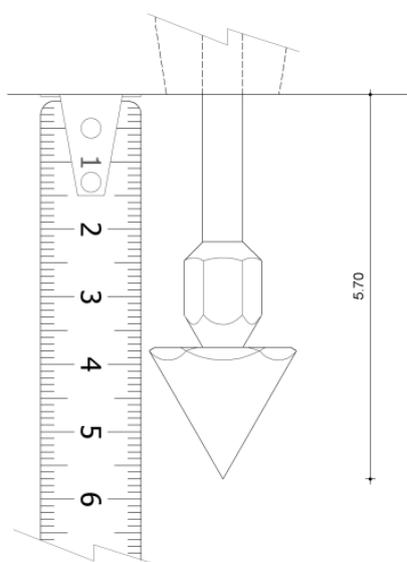
$\bar{x}$  = media

### 8.2.2. Potenzimetro

La taratura del potenziometro è stata effettuata mediante una procedura simile a quella presa in considerazione per la cella di carico. Sono stati determinati, istante per istante, a incrementi di profondità costanti e pari a  $10\text{cm}$  ( $20\text{cm}$  in una prova), i valori della differenza di potenziale in  $mV$  del potenziometro, ottenendo in funzione del tempo, grafici come quello di *Figura 8.3*.



**Figura 8.3** Grafico di taratura del potenziometro: in ordinata la differenza di potenziale in  $mV$ , in ascissa il tempo in minuti e secondi (programma MeCoDaRec).



**Figura 8.4** Particolare partenza prove per taratura potenziometro.

In particolare sono state effettuate cinque prove osservando, come punto di riferimento per la misura, l'estremità inferiore della punta. Tutti i test sono riferiti a una profondità fissa di  $5.7\text{cm}$ , ottenuta mantenendo la parte finale dell'asta di spinta in corrispondenza della parte inferiore del ripiano costituente la base di sostegno dello strumento (*Figura 8.4*).

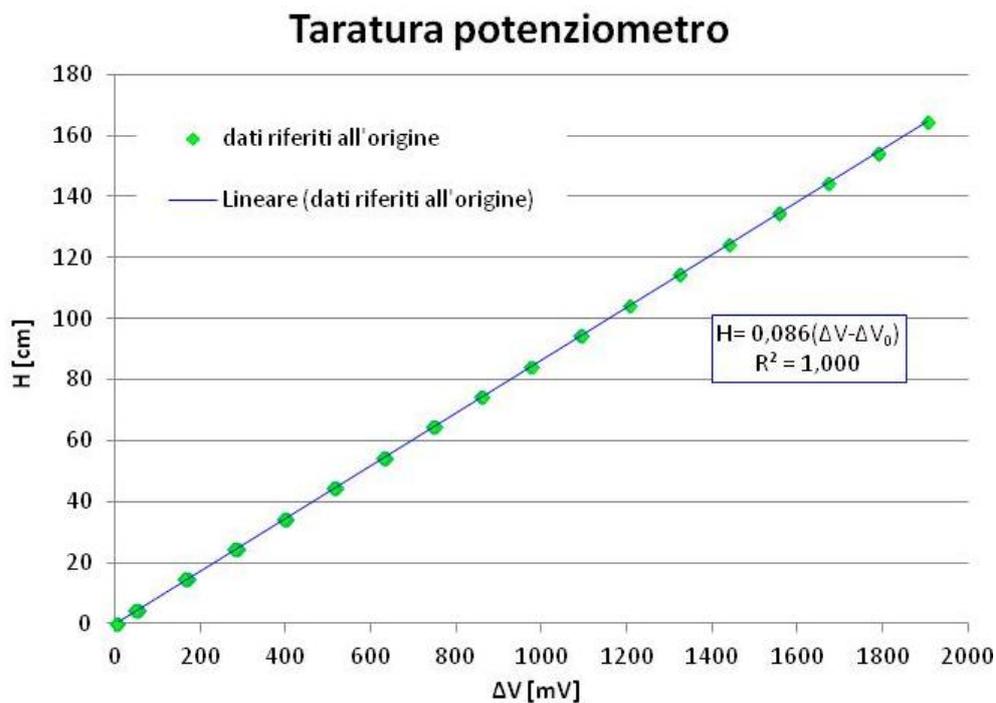


**Fotografia 8.2** Taratura potenziometro a tutta altezza dello strumento.

Con le prime tre prove è stata raggiunta una profondità massima di  $0.793m$ , mentre nelle altre due è stato possibile verificare e tarare l'intera altezza dell'asta di spinta arrivando a una distanza di  $1.740m$ , grazie all'alloggiamento dello strumento a un'altezza idonea (Fotografia 8.2).

La differenza massima in percentuale tra i valori di differenza di potenziale misurati, a una quota stabilita, in fase di approfondimento e in fase di sollevamento dell'asta guida, è stata dello  $0.31\%$ .

In Figura 8.5 sono riportati i valori delle cinque prove, riferiti sia all'avanzamento sia al ritiro dell'asta, che indicano la profondità  $H$  in funzione della differenza di potenziale  $\Delta V$ . La regressione lineare ai minimi quadrati, calcolata sull'origine fornisce la relazione riportata in figura.



**Figura 8.5** I dati sperimentali per la taratura del potenziometro e la curva di taratura.

La precisione della taratura, intesa come media delle variabilità relative (coefficienti di variazione), vale  $0.0195$ , che corrisponde a uno scarto medio di  $0.58\text{cm}$ .

### 8.3. PRIMA USCITA – VAL DI BREGUZZO

La prima uscita, dopo la fase di taratura, è stata compiuta il 26 febbraio 2014 in Val di Breguzzo a una quota di *1130m s.l.m.*, su un terreno pianeggiante adiacente la strada principale. Il peso dello strumento (circa *15kg*) consente di percorrere agevolmente tragitti brevi.

Sono state eseguite tre prove penetrometriche con il nuovo strumento, una per ogni punta a disposizione, con una velocità di penetrazione di un giro di manovella al secondo, corrispondente a circa *1cm/s*. Lo strumento, spostato a una distanza di circa *20cm* a ogni prova, ha permesso di indagare l'intera coltre di neve che presentava uno spessore di *77cm*.

Per quanto riguarda la frequenza di campionamento è stato impostato un intervallo di *100ms* (millisecondi), quindi un'acquisizione del dato dalla cella di carico ogni decimo di secondo e circa 10 dati di resistenza ogni *cm* di profondità.

Durante le prove è stata osservata una notevole difficoltà nell'attribuire velocità di avanzamento costante della sonda nel manto nevoso. Si è manifestata, inoltre, la tendenza della molla inferiore ad uscire dal proprio alloggiamento (*Figura 8.7*), in fase di ritiro della sonda. Il primo malfunzionamento è stato attribuito all'attrito tra la neve e le pareti laterali dell'asta a cremagliera che ha indotto ad inserire, nei rilievi successivi, un allargatore dietro al puntale, per formare un foro nel manto nevoso di dimensioni maggiori delle dimensioni dell'asta a cremagliera. Il secondo malfunzionamento è stato corretto inserendo un anello metallico di fine corsa della molla inferiore.

In *Figura 8.6* vengono riportati i dati delle tre prove a punta grande, punta media e punta piccola.

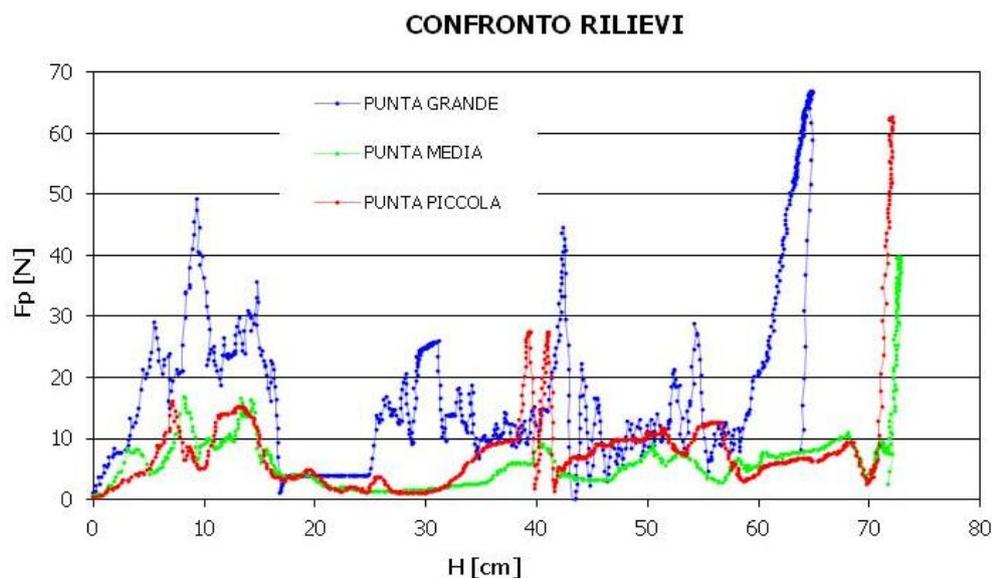


Figura 8.6 I primi rilievi eseguiti in Val di Breguzzo il 26 febbraio 2014.

In figura viene riportato in ordinata la resistenza alla penetrazione in  $N$  e in ascissa la profondità in  $cm$ .



Fotografia 8.3 Particolare della neve consolidata tra punta grande e asta di spinta.

La profondità di avanzamento della sonda è stata ricavata dalla relazione,  $H = 0.086 \cdot \Delta V$  determinata in fase di taratura con  $H$  profondità in  $cm$  e  $\Delta V$  differenza di potenziale in  $mV$  in uscita dal potenziometro.

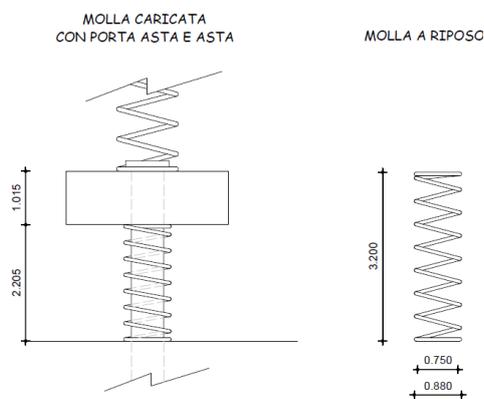


Figura 8.7 Particolare molla nel cilindro.

La resistenza, rilevata a quella profondità e ottenuta sempre dalla fase di taratura, deriva dalla relazione  $F_p = 0.031 \cdot \Delta V$  con  $F_p$  resistenza in  $N$  e  $\Delta V$  differenza di potenziale in  $mV$  in uscita dalla cella di carico.

A causa dei malfunzionamenti sopra descritti, non appare ragionevole proporre una interpretazione dei risultati, che

spieghi l'apparente sfasamento sulla profondità dei dati di pressione ottenuti con la punta grossa rispetto ai dati ottenuti con le altre due punte e altri comportamenti anomali come la zona a resistenza costante, intorno ai venti centimetri di profondità, della punta grossa (dovuta forse all'anello di neve sull'asta di trasmissione della forza sul retro del puntale, *Fotografia 8.3*).

I profili ottenuti con il penetrometro sono stati, comunque, confrontati con i dati ottenibili dalla prova stratigrafica e dalla prova penetrometrica realizzate con la sonda a massa battente. Facendo riferimento alla bibliografia di Cagnati A.: "Strumenti di misura e metodi di osservazione nivometeorologici - Manuale per i rilevatori dei Servizi di previsione valanghe", è stato possibile trasformare in  $N$  i dati ottenuti con il test della mano, durante il rilievo stratigrafico. Nello specifico si è fatta una media aritmetica dei valori in Newton della sonda a percussione associati al test della mano come riportato in *Tabella 8.1*.

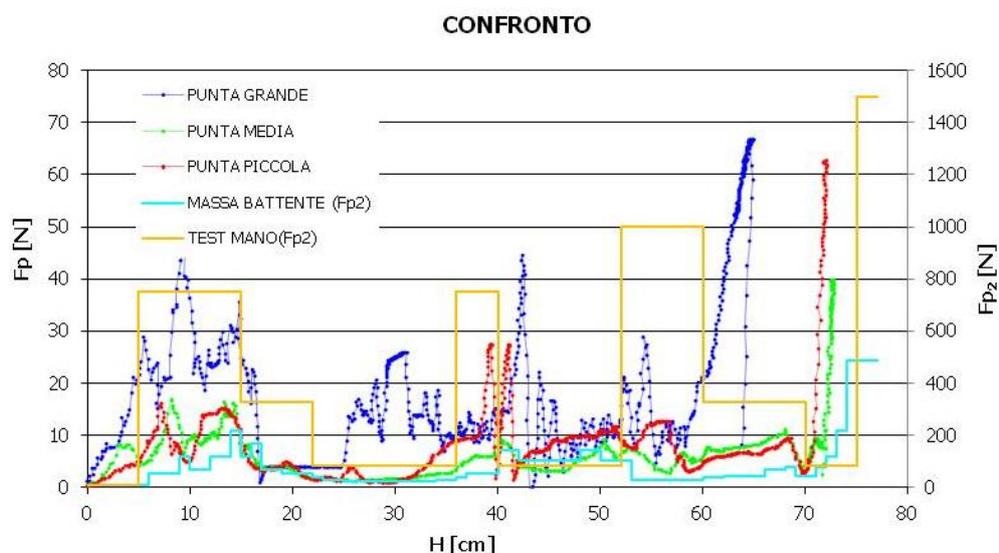
Nel caso del test della mano, ciascuna classe di durezza corrisponde alla possibilità di ottenere una rottura a compressione premendo vari oggetti (dito, matita, lama) contro la neve con una forza teorica fissa di  $50N$ . Siccome dal punto di vista fisico la durezza è una misura che rappresenta la resistenza a compressione, i valori misurati possono essere tradotti in Pascal ( $Pa$ ) [15].

| <b>Termine<br/>(descrizione<br/>qualitativa)</b> | <b>Sonda a<br/>percussione (N)</b> | <b>Test della mano</b> | <b>Ordine di grandezza<br/>della resistenza a<br/>compressione (Pa)</b> |
|--|------------------------------------|------------------------|---|
| Molto bassa                                      | 0-20                               | Pugno                  | $0-10^3$  |
| Bassa  | 20-150                             | 4 dita                 | $10^3-10^4$   |
| Media  | 150-500                            | 1 dito                 | $10^4-10^5$   |
| Alta   | 500-1000                           | Matita                 | $10^5-10^6$   |
| Molto alta                                       | >1000                              | Lama                   | $>10^6$   |
| Ghiaccio   | -                                  | -                      | -   |

**Tabella 8.1** Corrispondenza tra le diverse classi di durezza della neve determinate con vari metodi [15].

Come si nota in *Figura 8.8*, i dati derivanti dal Modello 4 A.I.Ne.Va. (Appendice D), per uniformarli ai grafici del programma MeCoDaRec, sono stati ruotati di  $90^\circ$  in senso orario e specchiati per disporli sull'asse delle ascisse in ordine di profondità crescente verso destra. Per rappresentare i rilievi in un unico grafico, sono state inserite una scala relativa alla forza peso per quanto

riguarda le varie punte, a sinistra, e una scala per il test della mano e la prova a massa battente, a destra.

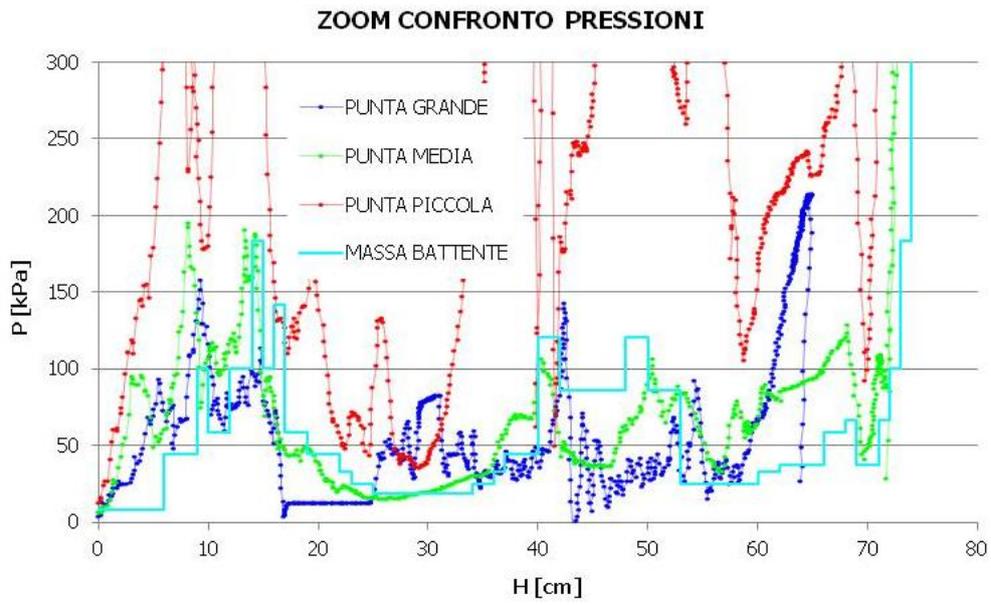


**Figura 8.8** Rilievo Val di Breguzzo: confronto tra le tre punte, la prova con penetrometro a massa battente e il test della mano.

In *Figura 8.9* è rappresentato l'andamento delle pressioni ottenuto dal rapporto tra la forza misurata e la superficie dei diversi puntali. La superficie della sezione massima del penetrometro a massa battente è pari a  $1200\text{mm}^2$ , quella della punta grande del nuovo penetrometro è pari a  $312.70\text{mm}^2$ , quella della punta media vale  $68.60\text{mm}^2$  e quella della punta piccola vale  $28.28\text{mm}^2$ . In figura i dati sono riportati come media mobile di ordine 11.

Come si nota la punta piccola (profilo in rosso) fornisce valori di pressione decisamente superiori ai valori ottenuti con le altre punte e con il penetrometro a massa battente. Le altre non si discostano tra loro in modo evidente.

Le prove eseguite in Val di Breguzzo non hanno permesso un'analisi approfondita dei dati rilevati, a causa dei malfunzionamenti sopra riportati. Hanno comunque permesso di modificare lo strumento prima delle successive uscite e di testare i metodi di rilievo e di confronto dei dati provenienti dai vari metodi di misura della resistenza alla penetrazione della neve.



**Figura 8.9** Rilievo Val di Breguzzo: rappresentazione delle pressioni sviluppate dal manto nevoso.

#### 8.4. SECONDA USCITA – VIOTE, MONTE BONDONE

Come precedentemente descritto, durante la prima uscita si sono riscontrati problemi con il coagularsi della neve tra la cremagliera e la punta, che potevano provocare un'acquisizione dei dati sbagliati e la continua fuoriuscita dal loro alloggiamento delle molle all'interno del cilindro contenente la cella di carico.

Il primo problema è stato analizzato osservando il modo in cui il puntale, dotato della punta grossa, penetra all'interno del manto nevoso in prossimità del fronte di scavo di una buca ricavata nel manto nevoso (*Fotografia 8.4*).

La penetrazione della punta avveniva creando uno spazio cilindrico vuoto tra l'asta di spinta e la punta che non permetteva alla neve di accumularsi attorno all'asta di trasmissione della forza (*Fotografia 8.5*).

L'influenza di questo fattore sulla qualità delle misurazioni, almeno nelle condizioni del manto nevoso incontrate durante la seconda uscita, non è parsa significativa.



**Fotografia 8.4** Trincea per l'analisi del comportamento della punta.



**Fotografia 8.5** Particolare puntale in affondamento.



**Fotografia 8.6** Particolare del cilindro esterno con molla in posizione ottimale.

Il problema inerente la fuoriuscita dall'alloggiamento della molla inferiore all'interno del cilindro contenente la cella di carico e la possibilità di deformazione o modificazione delle caratteristiche elastiche della molla durante l'estrazione della sonda dal manto nevoso, è stato risolto in via definitiva inserendo un fine corsa alla possibilità di allungamento della molla stessa. La lunghezza di questo elemento deve essere ben calibrata allo scopo di evitare di ridurre la sensibilità dello strumento alle basse resistenze alla penetrazione.

Il secondo test sul campo, si è svolto il 7 marzo 2014 in collaborazione con il personale del Servizio Prevenzioni Rischi, Ufficio Previsioni e Pianificazione della Provincia Autonoma di Trento. Per questa uscita è stata scelta la località Viote presso il Monte Bondone a una quota di *1495m s.l.m.*, in un'area pianeggiante e libera da vegetazione.

In parallelo con il personale della Provincia Autonoma di Trento, per avere un maggior numero di dati di confronto, sono state eseguite inizialmente due prove penetrometriche con la sonda a massa battente e un unico rilievo stratigrafico completo in tutte le sue parti. I Modelli A.I.Ne.Va. 2, 3 e 4 compilati durante queste fasi sono riportati in Appendice D. In un secondo tempo sono state compiute complessivamente tredici prove con il nuovo strumento penetrometrico, utilizzando le diverse punte in dotazione a velocità diverse, comprendenti quattro prove con punta grande (*PG*) (due a velocità di un 1cm di affondamento al secondo e due con velocità doppia), quattro prove con punta media (*PM*) (due a velocità normale e due a velocità doppia) e cinque con punta

piccola (*PP*) (due a velocità normale, due a velocità doppia e una a velocità tripla con tre giri di manovella al secondo).

Durante le prove effettuate con il nuovo strumento penetrometrico, non è stato possibile indagare l'intero spessore di *1.81m* del manto nevoso, arrivando fino a una profondità di circa *1.00m*, a causa della eccessiva resistenza in corrispondenza di questa profondità, dovuta a uno strato di ghiaccio.

Dopo aver importato i dati a ogni rilievo in MeCoDaRec e averli estratti nel formato opportuno, sono stati inseriti nei fogli Excel e catalogati in funzione della punta e della velocità che li caratterizzava. Di seguito si riportano i grafici utilizzando la media mobile di ordine *11* per i motivi descritti nel paragrafo 8.3.

Riunendo i rilievi effettuati a uguale velocità riportati in *Figura 8.10* e *Figura 8.11*, si nota, con tutte le punte utilizzate, una buona capacità di descrivere la variabilità della resistenza alla penetrazione. La punta grande mette in maggiore evidenza questo parametro. I rilievi, eseguiti a breve distanza l'uno dall'altro, mostrano anche una buona omogeneità del manto nevoso. Gli strati a maggiore e a minore resistenza sono collocati a profondità molto simile nei vari profili.

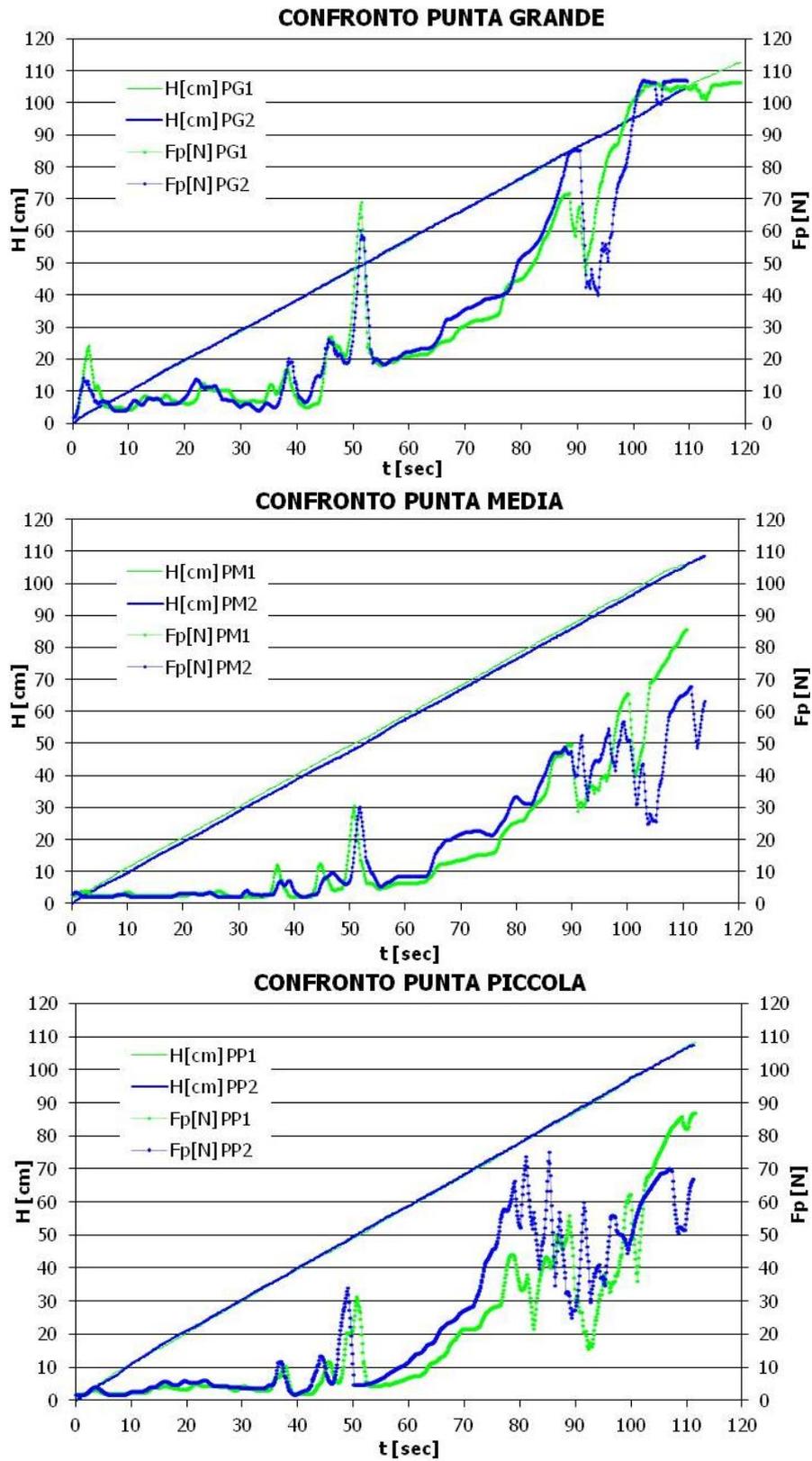


Figura 8.10 Confronto punte grandi, medie e piccole con velocità di penetrazione di  $1\text{ cm/s}$ .

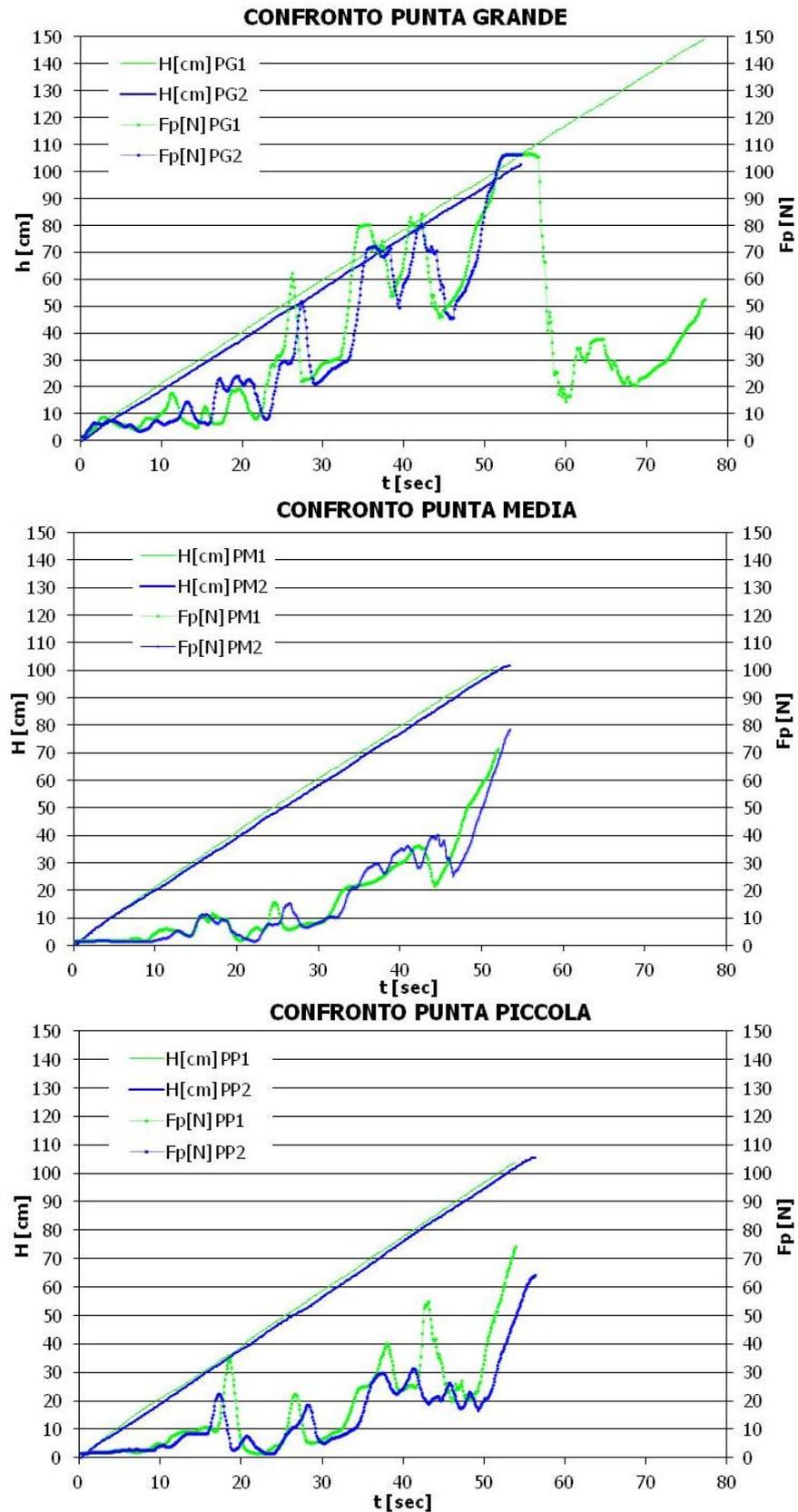


Figura 8.11 Confronto punte grandi, medie e piccole con velocità di penetrazione di 2cm/s.

Ad una prima analisi visiva, sia per i rilievi a velocità normale che per quelli realizzati a velocità doppia, si osserva una maggiore ripetibilità nel caso d'uso della punta grossa e della punta media. Essi presentano meno differenze di resistenza alla penetrazione a uguale tempo di rilevamento e quindi a uguale profondità.

Viste le differenze tra i rilievi a uguale punta, si è pensato di confrontare le varie prove. Per ogni coppia di rilievi, ottenuti nella stessa configurazione sperimentale, viene analizzata la concordanza, disponendo i due rilievi uno in ordinata e uno in ascissa e valutando il coefficiente angolare e di determinazione ( $R^2$ ) della retta di regressione.

In *Tabella 8.2* sono riportati i valori ottenuti al variare dei parametri dei test effettuati in funzione del tempo.

| Velocità                                 | Puntale | Coefficiente angolare | Coefficiente di determinazione |
|--|---------|-----------------------|--------------------------------|
| Velocità di penetrazione<br><i>1cm/s</i> | Grande  | <i>0.9949</i>         | <i>0.9473</i>                  |
|  | Medio   | <i>1.0616</i>         | <i>0.8257</i>                  |
|  | Piccolo | <i>0.9943</i>         | <i>0.7384</i>                  |
| Velocità di penetrazione<br><i>2cm/s</i> | Grande  | <i>1.0236</i>         | <i>0.9148</i>                  |
|  | Medio   | <i>1.0244</i>         | <i>0.9171</i>                  |
|  | Piccolo | <i>1.2701</i>         | <i>0.8353</i>                  |

**Tabella 8.2** Concordanza tra le prove in funzione del tempo e per le varie punte.

Le due prove appaiate mostrano un'ottima corrispondenza. Ad esempio, la punta grande nella prima prova fornisce mediamente il 99% del valore della seconda con coefficiente di determinazione di 0.95.

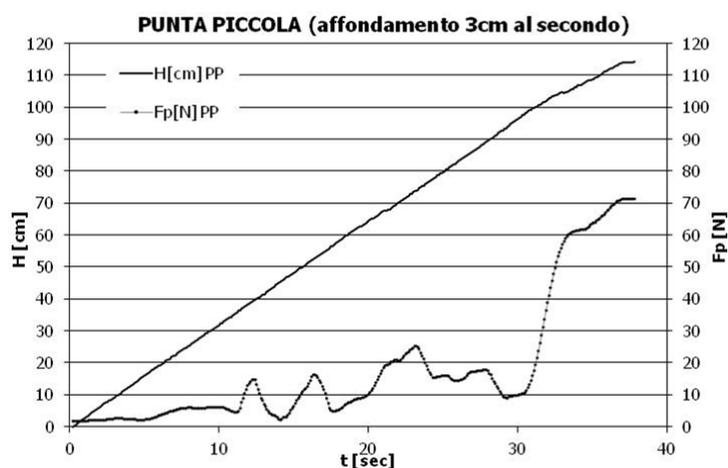
Il confronto tra le prove riferito alla velocità di penetrazione conferma una migliore risposta per le prove a velocità di affondamento di *1cm* al secondo, con dimensioni del puntale grande.

In *Tabella 8.3* sono riportati i valori ottenuti al variare dei parametri dei test effettuati in funzione della profondità.

| Velocità                                   | Puntale | Coefficiente angolare | Coefficiente di determinazione |
|--|---------|-----------------------|--------------------------------|
| Velocità di penetrazione<br>$1\text{cm/s}$ | Grande  | $1.0074$              | $0.9369$                       |
|  | Medio   | $1.0138$              | $0.8467$                       |
|  | Piccolo | $1.0238$              | $0.7800$                       |
| Velocità di penetrazione<br>$2\text{cm/s}$ | Grande  | $1.0353$              | $0.9572$                       |
|  | Media   | $1.0392$              | $0.9625$                       |
|  | Piccolo | $1.2403$              | $0.6166$                       |

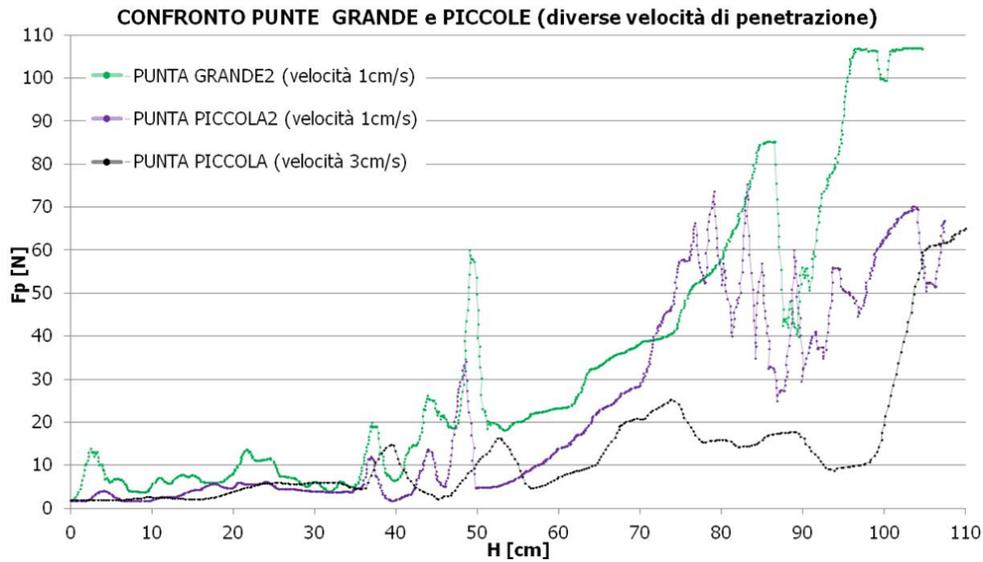
**Tabella 8.3** Concordanza tra le prove in funzione della profondità e delle diverse punte.

Come nel caso precedente la maggiore concordanza si manifesta con velocità di penetrazione di  $1\text{cm/s}$  e con punta grande, con coefficiente angolare di  $1.01$  e coefficiente di determinazione di  $0.94$ .



**Figura 8.12** Punta piccola con velocità di penetrazione di  $3\text{cm/s}$ .

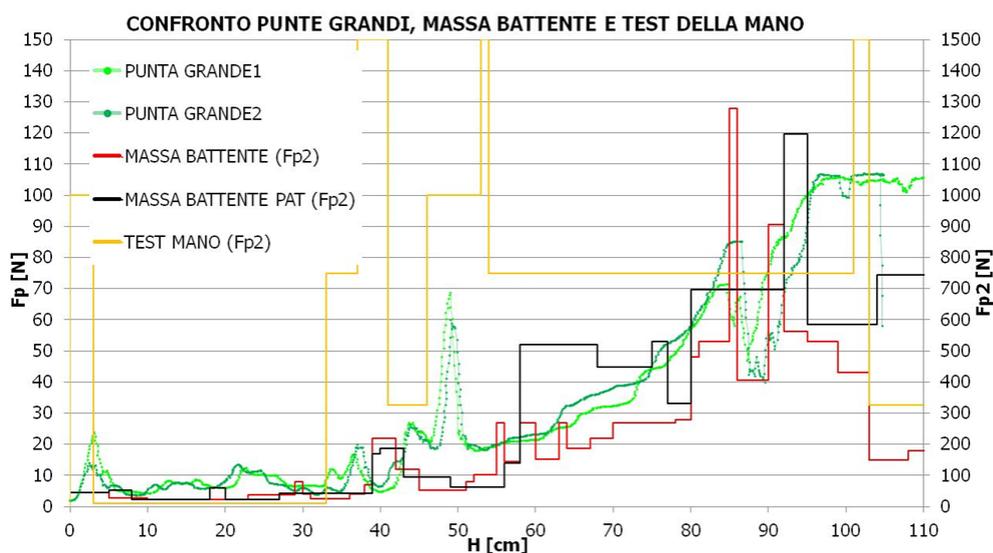
L'ultimo rilievo a punta piccola, eseguito a velocità di penetrazione tripla (*Figura 8.12*), è stato confrontato in *Figura 8.13* con un rilievo a punta grossa a velocità di  $1\text{cm/s}$  e con un rilievo a punta piccola alla velocità di  $1\text{cm/s}$ , in funzione della profondità.



**Figura 8.13** Confronto punta grande e piccola con velocità di penetrazione di  $1\text{cm/s}$  e punta piccola con velocità di  $3\text{cm/s}$ .

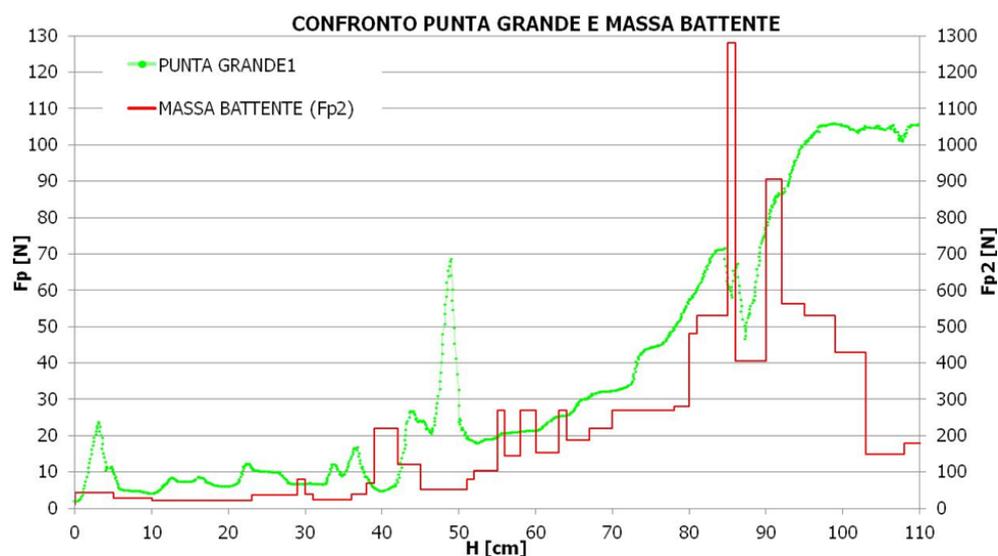
I valori di resistenza ottenuti con la punta grossa sono tendenzialmente più elevati quasi ovunque come era da attendersi. A resistenze minori la punta grande mette in evidenza un maggior numero di picchi di resistenza. La punta grande fornisce, mediamente, valori  $1.35$  volte quelli a punta piccola con velocità di penetrazione di  $1\text{cm/s}$  ( $R^2=0.72$ ), mentre la punta piccola a velocità di  $1\text{cm/s}$  fornisce valori  $1.60$  volte quelli a punta piccola con velocità di  $3\text{cm/s}$  ( $R^2=0.46$ ). Esaminando tali dati si può osservare che ai fini dell'individuazione di strati deboli all'interno del manto nevoso appaiono preferibili la punta grossa a velocità di penetrazione di  $1\text{cm/s}$ .

In *Figura 8.14* vengono confrontati i due rilievi effettuati con il penetrometro a massa battente e quelli del test della mano (paragrafo 8.3) con i dati del nuovo strumento penetrometrico. Ai fini di una più facile interpretazione dei grafici, nel proseguo del lavoro si riportano solo i rilievi a punta grande con velocità di penetrazione di  $1\text{cm}$  al secondo.



**Figura 8.14** Confronto tra la resistenza alla penetrazione ottenuta utilizzando la punta grande e nelle prove con penetrometro a massa battente e mediante il test della mano.

Nella successiva *Figura 8.15* si riporta il confronto tra la prima prova eseguita con la punta grande e la prova eseguita con il penetrometro a massa battente.



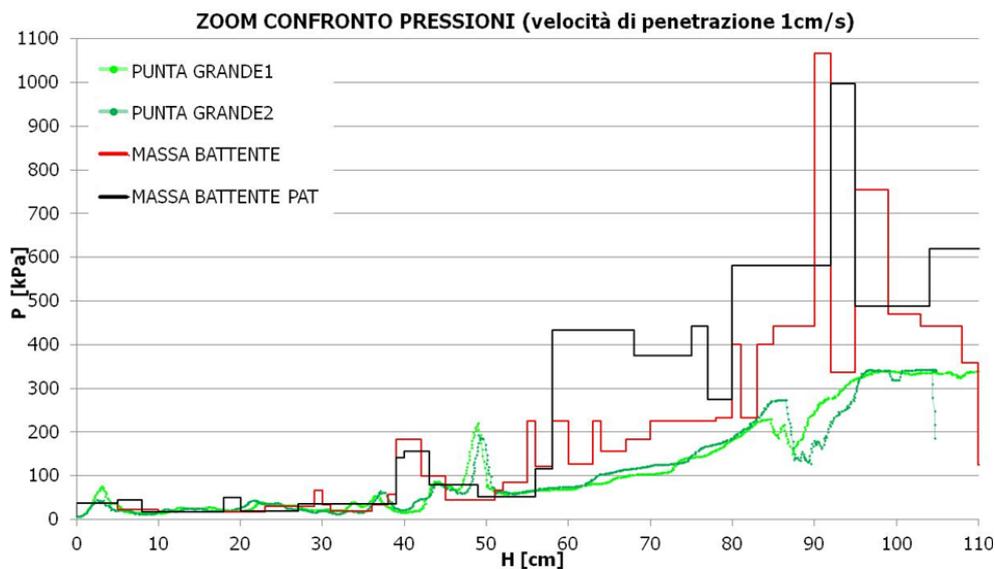
**Figura 8.15** Confronto punta grande e prova penetrometrica a massa battente.

Volendo quantificare il rapporto esistente tra i dati dei rilievi effettuati con il nuovo strumento penetrometrico e le analisi standard, si effettua la concordanza tra le prove di *Figura 8.15*. Si può dire che il penetrometro a massa battente

fornisce mediamente valori 4.57 volte quelli a punta grande con un coefficiente di determinazione piuttosto basso e pari a  $R^2=0.33$ .

Nel valutare i dati tra rilievi effettuati mediante sonda a massa battente e prove con strumento penetrometrico, si osservano evidenti differenze tra i picchi principali. Le traslazioni di resistenza possono essere spiegate facendo diverse ipotesi. I rilievi sono stati effettuati in differenti punti, a distanze anche di qualche metro, quindi relativamente lontane per l'analisi di un materiale molto alterabile come la neve. Il metodo d'investigazione con strumenti che differiscono sia per struttura sia per procedure d'analisi, restituisce una precisione e un tipo di dato diversi. Considerando inoltre che l'area investigata non era delimitata come accade nei campi neve e si trovava nelle vicinanze di una pista da fondo, non si possono escludere alterazioni del manto nevoso causate dal passaggio di mezzi o sciatori che possono aver costipato la neve durante il periodo invernale.

In *Figura 8.16* si confrontano le pressioni, valutate come descritto in precedenza, ottenute nelle prove realizzate con punta grande a velocità di penetrazione di  $1\text{cm/s}$  e nei test con il penetrometro a massa battente.



**Figura 8.16** Confronto delle pressioni imposte al manto nevoso.

Si considera la prima prova realizzata con punta grande a velocità di penetrazione di  $1\text{cm/s}$  e le pressioni ottenute dal profilo penetrometrico realizzato in proprio con massa battente. Il secondo fornisce mediamente valori 1.19 volte maggiori del primo ( $R^2=0.33$ ).

Mediante queste prove sul campo è stato possibile osservare i diversi strati, le loro caratteristiche e lo spessore di ciascuno in funzione delle differenze di resistenza alla penetrazione.

In *Figura 8.17* è riportato, a titolo di esempio, il modello 4 A.I.Ne.Va. che riporta i dati ottenuti attraverso il profilo penetrometrico più dettagliato e l'analisi stratigrafica realizzati in collaborazione con la PAT. Sullo stesso modello sono anche riportati i profili penetrometrici ottenuti con il nuovo strumento nel caso di uso della punta grande e alla velocità di penetrazione di  $1\text{cm/s}$ , ruotati in senso orario di  $90^\circ$  e specchiati.

Dall'analisi dei dati ricavati da questa seconda uscita presso il Monte Bondone, si può osservare che il nuovo strumento penetrometrico è in grado di effettuare rilievi molto sensibili alle variazioni di resistenza del manto nevoso. Considerando i picchi sia positivi sia negativi presenti nei primi centimetri di profondità, si può affermare che lo strumento, che registra il dato in modo continuo, è in grado di registrare anche gli strati più sottili che la strumentazione standard non riesce a recepire o tende ad attenuare. La durezza stessa degli strati percepita con il test della mano è maggiormente in linea con le prove effettuate con il prototipo rispetto al penetrometro a massa battente, come si vede soprattutto nei primi centimetri e nei picchi presenti a  $50\text{cm}$  di profondità.

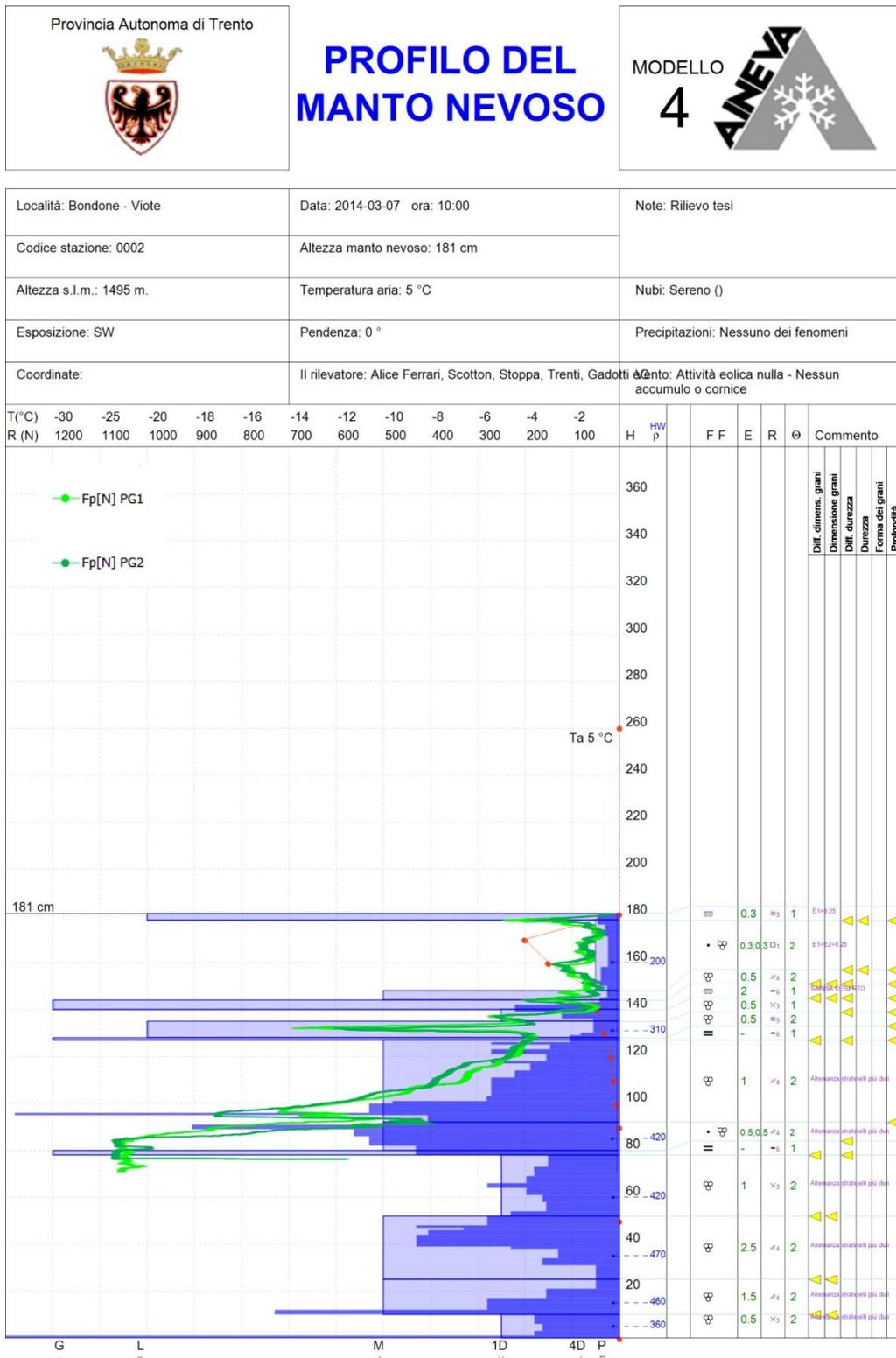


Figura 8.17 Profili penetrometrici effettuati con punta grande sovrapposti al Modello 4 A.I.Ne.Va..

### 8.5. TERZA USCITA – PRESENA, PASSO TONALE

Per l'uscita presso il passo Tonale, lo strumento è stato dotato di un allargatore posizionato alla estremità dell'asta guida con il fine di creare, in fase di avanzamento, un foro cilindrico di dimensioni maggiori rispetto alle dimensioni dell'asta stessa, riducendo l'attrito laterale in fase di avanzamento.

Questo test è stato effettuato il 25 marzo 2014 presso la stazione automatica



**Fotografia 8.7** Stazione automatica 30PN del Presena.

30PN del Presena (*Fotografia 8.7*) a una quota di 2730m s.l.m. Il rilievo è stato effettuato con il nuovo strumento e con i metodi standard, anche in questo caso in collaborazione con il personale del Servizio Prevenzioni Rischi, Ufficio Previsioni e Pianificazione della Provincia Autonoma di Trento.

Diversamente dalla precedente uscita, è stata effettuata una sola prova penetrometrica con sonda a massa battente e un rilievo stratigrafico, come dimostrano i Modelli A.I.Ne.Va. riportati in Appendice D.

Con il nuovo strumento penetrometrico è stata indagata una profondità massima di circa 1.70m compiendo complessivamente dieci prove: cinque con punta grande (due a velocità di penetrazione di 1cm al secondo e tre con velocità doppia); quattro prove con punta media (due a velocità normale e due a velocità doppia) e una con punta piccola a velocità normale.

Durante il presente rilievo il penetrometro è stato dotato di un allargatore conico all'estremità inferiore dell'asta a cremagliera per ridurre gli attriti in fase di avanzamento, rilevati sia durante il rilievo in Val di Breguzzo che durante il rilievo del Bondone.

Dopo aver estrapolato e catalogato i dati, come descritto nei paragrafi precedenti, si riuniscono le prove in due grafici in base alla velocità di penetrazione della sonda.

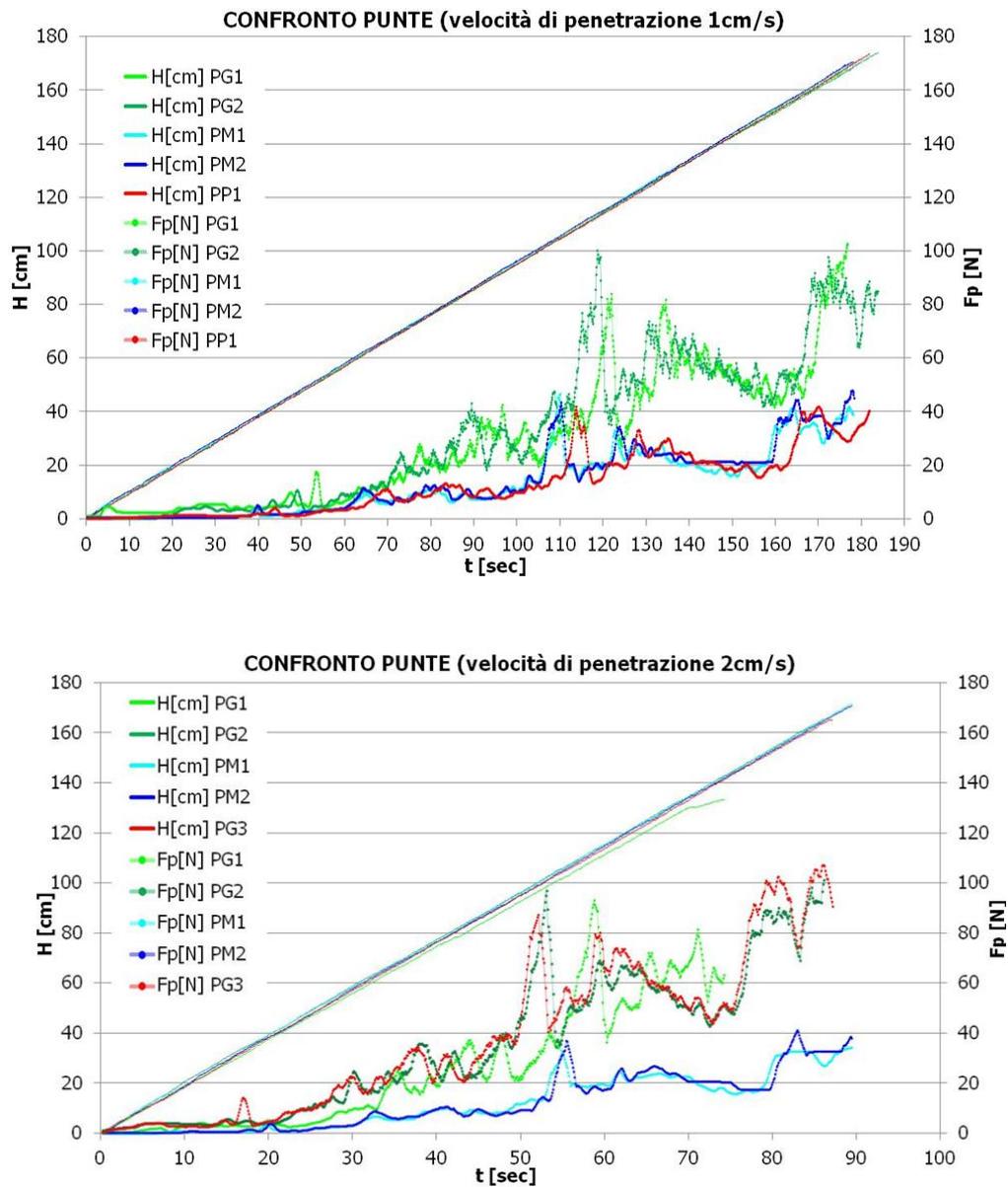


Figura 8.18 I rilievi eseguiti in Presena il 25 marzo 2014 con velocità di penetrazione di 1cm/s e 2cm/s.

Ad una prima analisi visiva dei grafici sopra riportati, si nota una buona corrispondenza dei picchi principali, che risultano leggermente traslati per alcuni rilievi. Ciò è dovuto, in grande parte, a una quota iniziale della punta leggermente diversa tra i vari rilievi, e, in parte minore, alla differente posizione dei rilievi, effettuati a distanza di circa 10-20 cm l'uno dall'altro.

In *Figura 8.19* viene mostrata la massima concordanza ottenuta traslando i rilievi in funzione del tempo e quindi anche la probabile quota iniziale della punta. Si nota come la posizione iniziale della punta del penetrometro differisca dalla quota della superficie del manto nevoso all'interno di una lunghezza di *5cm*.

In *Tabella 8.4*, si riportano i valori della concordanza ottenuta nelle prove effettuate con lo strumento penetrometrico.

| Velocità                                 | Puntale       | Coefficiente angolare | Coefficiente di determinazione |
|--|---------------|-----------------------|--------------------------------|
| Velocità di penetrazione<br><i>1cm/s</i> | Grande        | <i>1.0320</i>         | <i>0.9532</i>                  |
|  | Medio         | <i>1.0625</i>         | <i>0.9798</i>                  |
|  | Grande-Medio  | <i>0.3881</i>         | <i>0.9310</i>                  |
|  | Medio-Piccolo | <i>1.0152</i>         | <i>0.9718</i>                  |
| Velocità di penetrazione<br><i>2cm/s</i> | Grande        | <i>1.0521</i>         | <i>0.9719</i>                  |
|  | Grande        | <i>1.0402</i>         | <i>0.9840</i>                  |
|  | Medio         | <i>1.0482</i>         | <i>0.9809</i>                  |
|  | Grande-Medio  | <i>2.7814</i>         | <i>0.9706</i>                  |

**Tabella 8.4** Concordanza tra le prove riferite alla velocità di penetrazione.

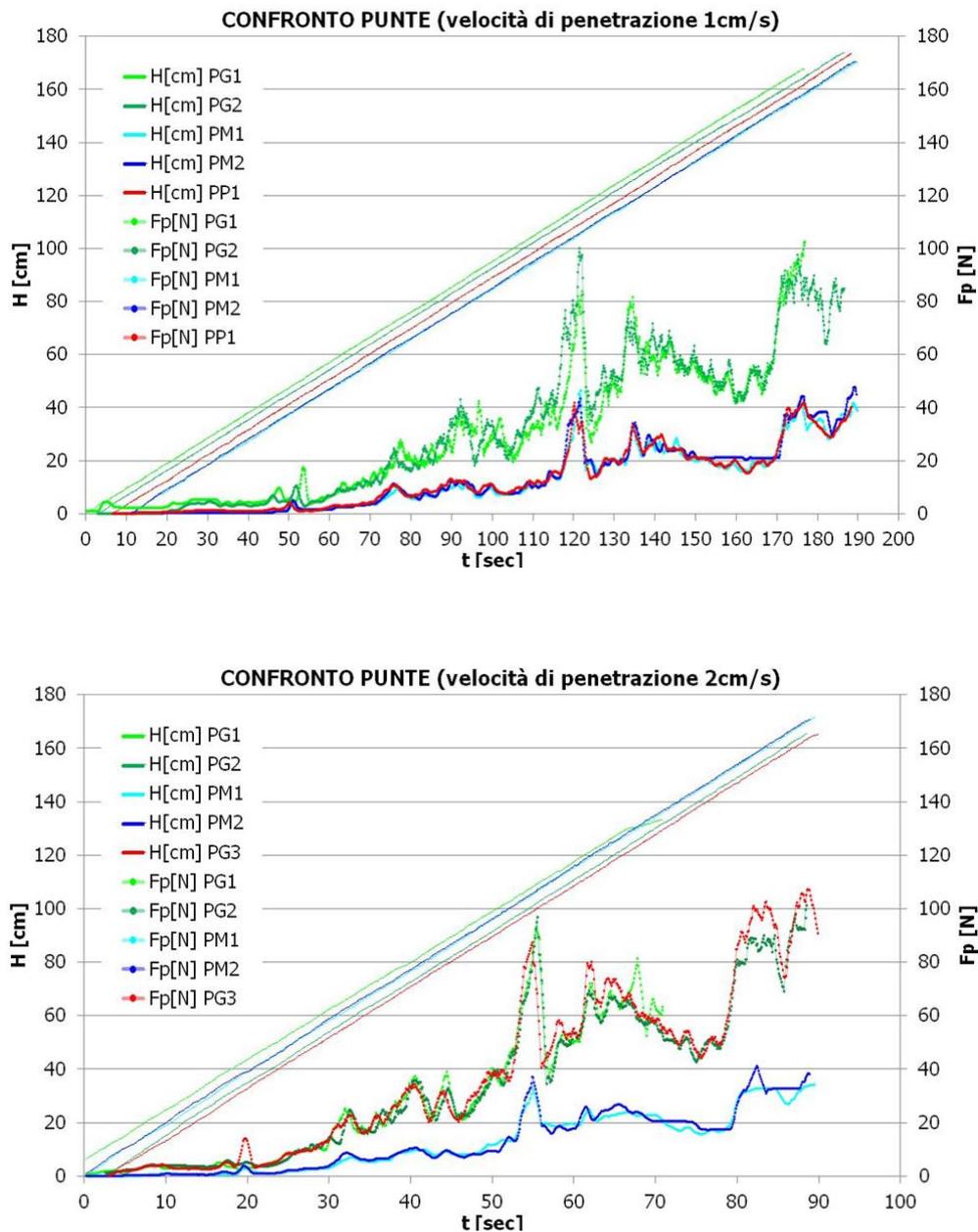


Figura 8.19 I rilievi traslati per ottenere la massima concordanza, con velocità di penetrazione di 1cm/s e 2cm/s.

Come per la seconda uscita presso Monte Bondone, si procede a osservare i rilievi a uguale punta svolti con velocità normale e a doppia velocità (Figura 8.20 e Figura 8.21).

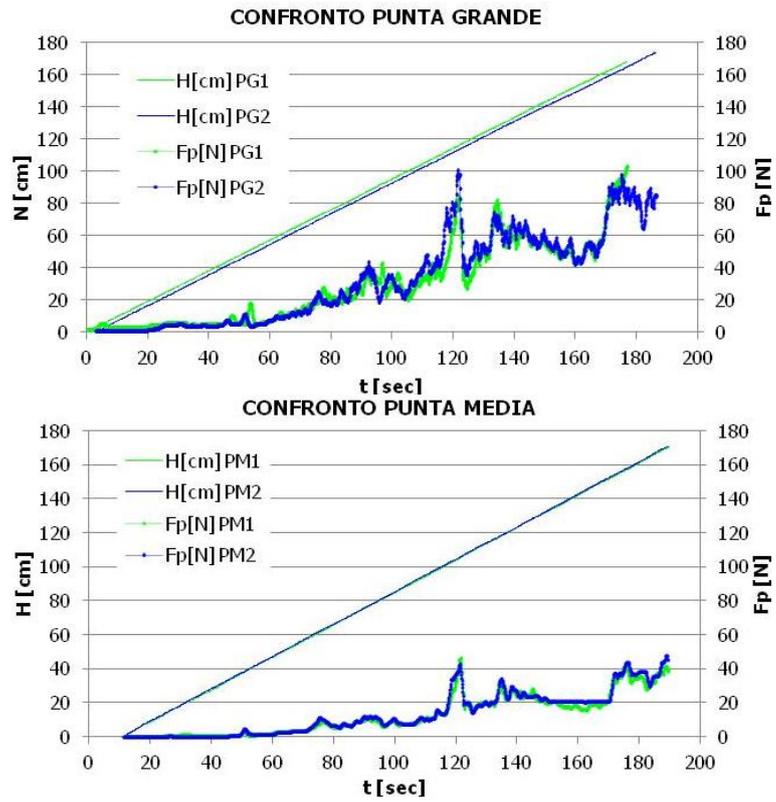


Figura 8.20 Confronto punte grandi e medie con penetrazione di 1cm/s.

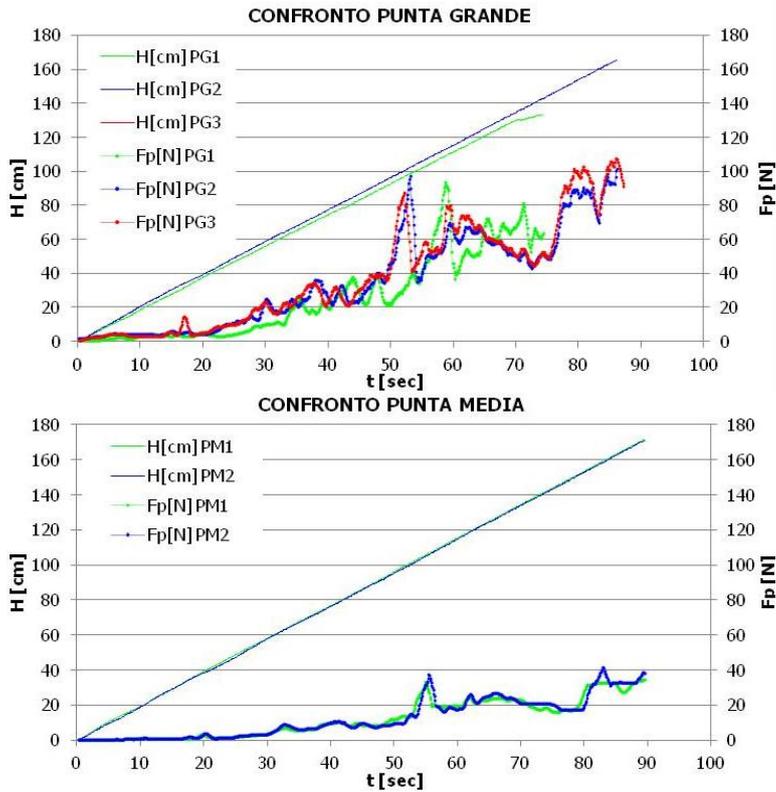
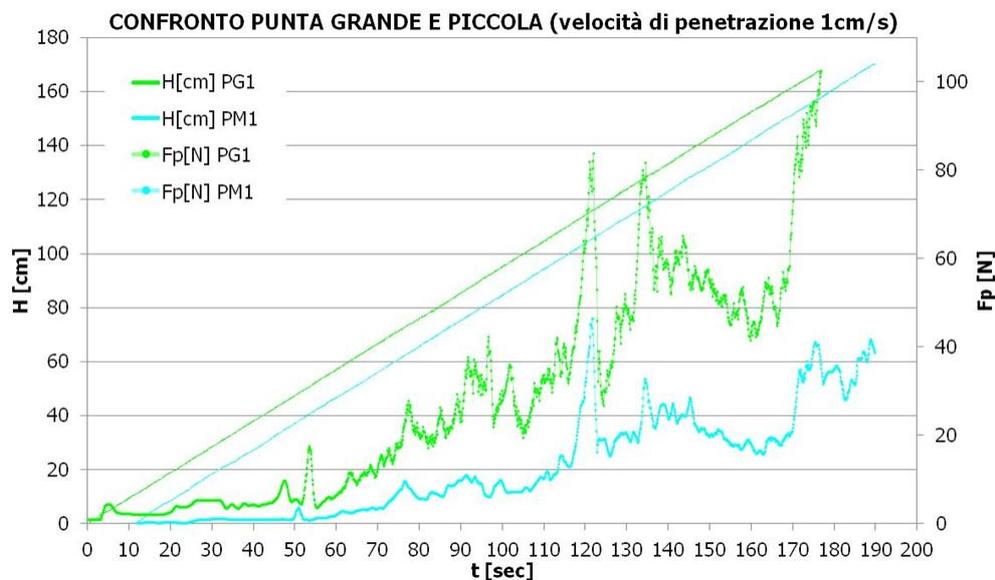


Figura 8.21 Confronto punte grandi e medie con velocità di penetrazione di 2cm/s.

Anche in questo caso la qualità della misura ottenuta con la punta grande appare, dalla osservazione della *Figura 8.21*, maggiormente adatta a descrivere l'alternarsi di strati a diversa resistenza presenti all'interno del manto nevoso.

Confrontando i rilievi con punta grande e media, come mostrato nella configurazione di massima concordanza in *Figura 8.22*, si può affermare che la punta grande fornisce mediamente valori due volte e mezzo quelli a punta media.



**Figura 8.22** Confronto punta grande e media con velocità di penetrazione di 1cm/s.

Mediante un lavoro analogo a quello effettuato per traslare le prove dello strumento penetrometrico, si procede con la determinazione della migliore concordanza tra il rilievo a punta grande con velocità di penetrazione di 1cm al secondo e quello effettuato con il penetrometro a massa battente. In questo modo si attribuisce una profondità reale, seppur lievemente approssimata, alle prove ricavate con il nuovo strumento penetrometrico, in quanto il rilievo con penetrometro a massa battente raccoglie i dati partendo dalla superficie del manto nevoso. Si ottiene il risultato riportato in *Figura 8.23*, con traslazioni pari a 1.2cm, per il primo rilievo a punta grande; 3.9cm, per il secondo a punta

grande; 12.9cm, per la prima prova a punta media; 12.4, per la seconda a punta media e 7.6cm per la punta piccola.

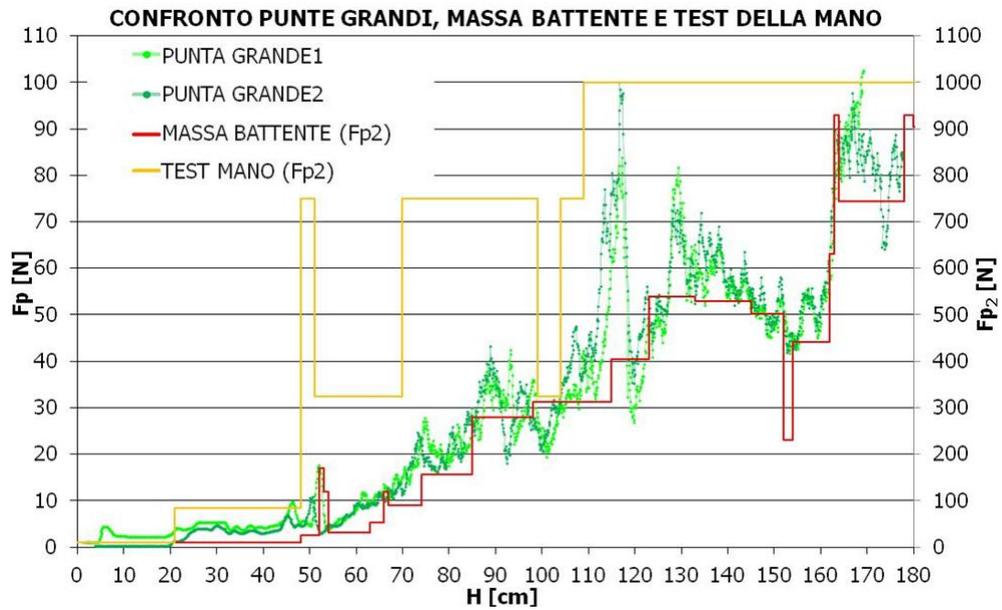


Figura 8.23 Confronto tra punte grandi, prova con penetrometro a massa battente e test della mano.

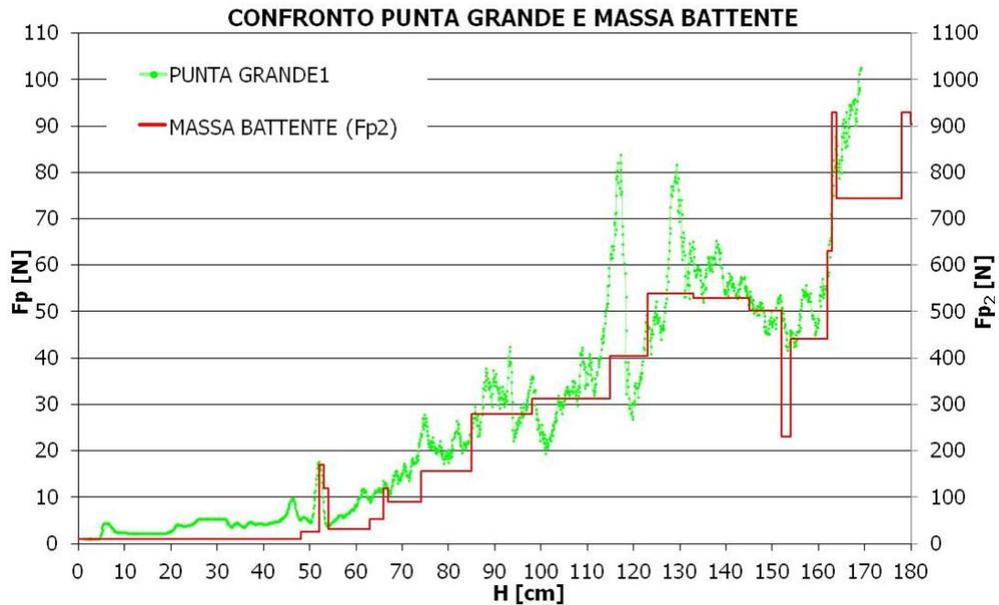
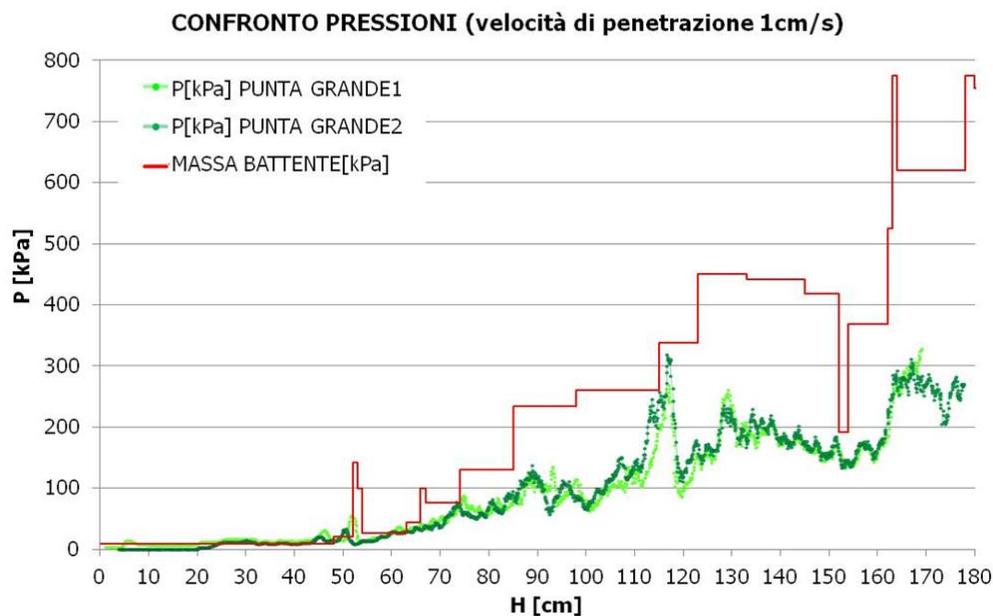


Figura 8.24 Confronto punta grande e prova penetrometrica a massa battente.

Anche in questo caso si quantifica il rapporto esistente tra i dati del rilievo a punta grande con le analisi standard (*Figura 8.24*). La concordanza indica che il penetrometro a massa battente prende mediamente 8.69 volte i valori della punta grande ( $R^2=0.91$ ).

In *Figura 8.25* si osservano le pressioni per  $cm^2$  esercitate dal manto nevoso. In dettaglio, si confrontano le pressioni ottenute nella prima prova eseguita con il penetrometro dotato della punta grande con le pressioni ottenute con il penetrometro a massa battente. Il secondo fornisce mediamente valori 2.26 volte maggiori del primo ( $R^2=0.91$ ).

La notevole differenza tra i due strumenti nei valori della forza viene ridotta in modo significativo quando i dati vengono espressi in termini di pressione a causa della maggiore sezione della punta del penetrometro a massa battente.



**Figura 8.25** Confronto delle pressioni imposte al manto nevoso.

Osservando i grafici a punta grande sovrapposti al “Modello 4 A.I.Ne.Va.” riportati in *Figura 8.26*, sono maggiormente identificabili le caratteristiche, lo spessore e i diversi strati. Si nota comunque che le differenze di resistenza per quanto riguarda la massa battente tendono ad attenuarsi a una certa profondità,

mentre lo strumento di studio mantiene una migliore investigazione, con valori del dato rilevato più amplificati, distinti e sensibili alle variazioni. Molti picchi sia positivi sia negativi, risultano infatti visibili solamente attraverso lo strumento penetrometrico continuo, come ben evidenziato a una profondità di circa *90cm* e a circa *120cm*.

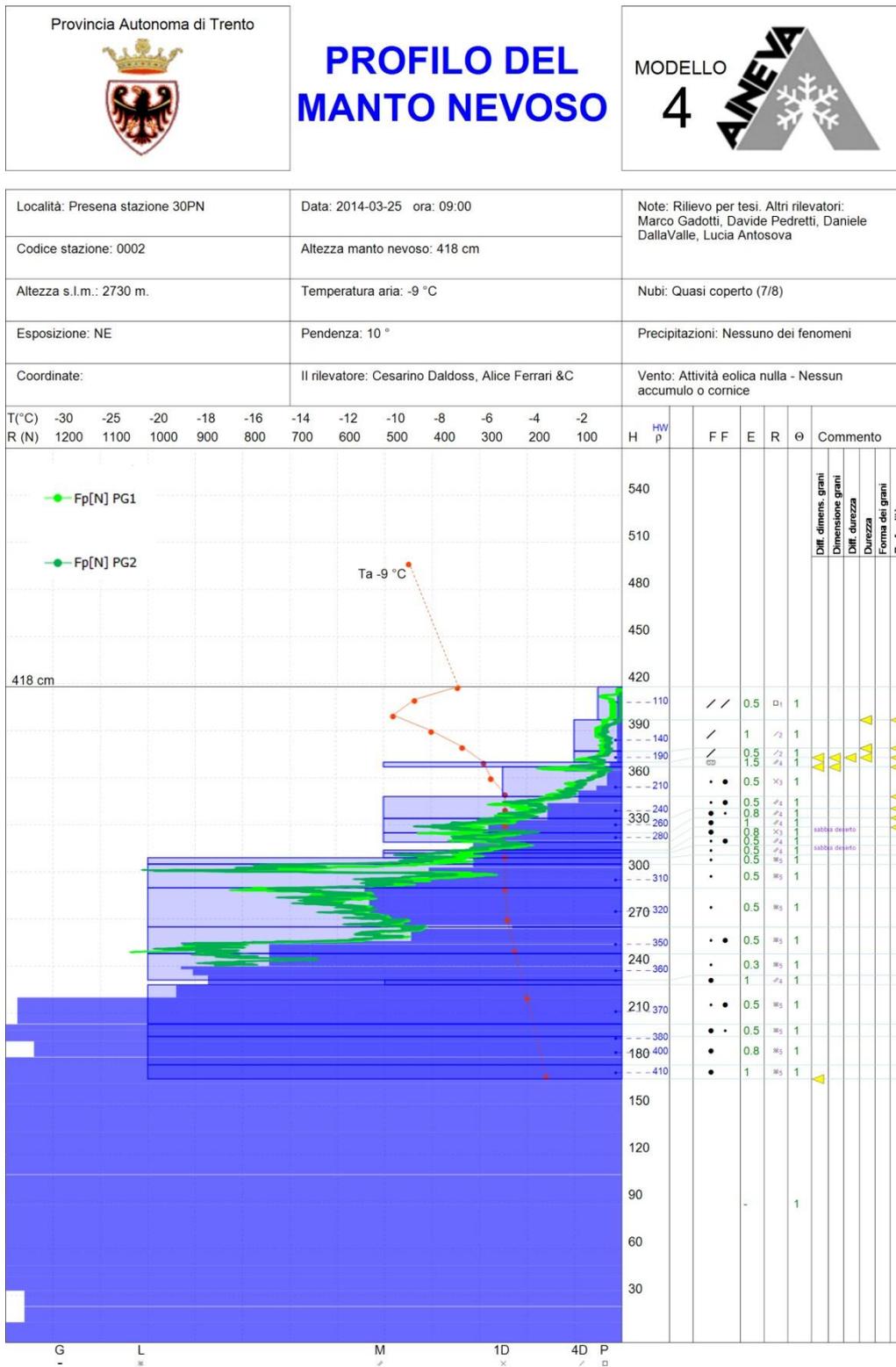


Figura 8.26 Profili penetrometrici effettuati con punta grande sovrapposti al Modello 4 A.I.Ne.Va..

## 9. IPOTESI PER IL MIGLIORAMENTO DELLO STRUMENTO

Le diverse ipotesi per il miglioramento dello strumento, attualmente in configurazione di prototipo, devono tener conto di aspetti legati alla maneggevolezza (peso, rapidità di messa in opera e di esecuzione delle prove), alla affidabilità meccanica e della strumentazione e alla possibilità di integrare i sensori attualmente adottati con altri che permettano una migliore descrizione del manto nevoso.

Avere la possibilità di descrivere la qualità dei grani di neve sarebbe di grande importanza ai fini della valutazione della stabilità del manto nevoso. A questo scopo può essere valutata l'ipotesi di inserire una microtelecamera nella zona del puntale per l'osservazione diretta della forma dei grani. Si ritiene che, malgrado la inevitabile deformazione subita dallo strato di neve attraversato dalla punta, a causa della punta stessa, potrebbero essere comunque ottenute informazioni molto importanti. I problemi da risolvere, di tipo meccanico e di acquisizione del segnale, non appaiono semplici.

In linea di principio appare più facilmente realizzabile l'introduzione in punta di un sensore (*Figura 9.1*) che permetta il rilievo della temperatura (legata alla



**Figura 9.1** Trasduttore di temperatura [28].

forma e qualità dei grani perché determina i processi di metamorfismo) all'interno dello strato di neve analizzato. Accanto ai problemi di progettazione meccanica e di trasmissione del segnale, appare delicata la scelta del sensore che deve avere un breve tempo di risposta. Ugualmente delicato è il problema della rappresentatività del dato ottenuto che può essere influenzato in modo significativo, sul breve periodo, dalla temperatura

della struttura che contiene il sensore.

Certamente migliorabili sono le caratteristiche meccaniche dello strumento attuale. L'utilizzo di materiali più leggeri permetterebbero una maggiore

maneggevolezza e trasporto dello strumento. In questo caso si deve presupporre che il peso di contrasto all'avanzamento della punta nel manto nevoso venga fornito dall'operatore stesso o da un suo collaboratore.

La base d'appoggio può essere modificata riducendo il numero di sostegni (*Figura 9.2*), con l'utilizzo di un treppiede ad altezza regolabile e con piedini ruotabili a  $180^\circ$  verso l'alto con estremità idonee al galleggiamento sul manto nevoso. In questo modo, una volta richiuso lo strumento, il sistema di movimentazione risulta maggiormente protetto da eventuali urti.

La struttura portante può essere ridimensionata diminuendo l'ingombro degli ingranaggi di movimentazione della cremagliera. A tale scopo è stato pensato al sistema di movimentazione riassunto in *Figura 9.3*, costituito da due rulli gommati e sagomati perfettamente all'asta che, azionati da una manovella ripiegabile (per ridurre gli ingombri), permettono l'avanzamento o arretramento per attrito dell'asta penetrometrica cilindrica liscia. I rulli sono collegati, a loro volta, a degli ingranaggi: uno connesso al potenziometro per misurare l'affondamento dell'asta reggi punta e l'altro legato alla manovella d'avanzamento.

Seppur l'aderenza dei rulli sia ulteriormente ottimizzata da un *OR* (O-ring) collocato su due pulegge con cuscinetti liberi di ruotare e allacciate ai rulli stessi, rimane da verificare l'eventuale slittamento dell'asta penetrometrica a elevate resistenze del manto nevoso. Altro problema potrebbe essere la riduzione d'attrito della gomma sull'asta innevata o gelata. Per questo si prevede il posizionamento di setole e/o altro sistema di pulizia al di sotto del piano del treppiede in modo da evitare il trasporto di neve durante l'estrazione della sonda dal manto nevoso.

L'asta di spinta, composta da un cilindro liscio, è costituita da spezzoni di  $30\text{cm}$  -  $50\text{cm}$  avvitati tra loro grazie alle estremità filettate e termina in un tronco di cono per limitare gli attriti imposti dal manto nevoso. Questo tipo di assemblaggio, unico possibile con il sistema di movimentazione sopra descritto, prevede il posizionamento della cella di carico in prossimità del puntale.

La raccolta dati può avvenire mediante l'utilizzo dei cavi solamente se si procede ad un inserimento attento dell'asta penetrometrica, mantenendo leggermente in tensione il cavo per non torcerlo e avvitando verticalmente lo spezzone cilindrico. In questo caso il cavo dovrà essere predisposto all'interno degli spezzoni prima dell'inizio del rilievo e possedere dei connettori di misura tale da permetterne il loro passaggio nella sezione interna dell'asta penetrometrica.

Altra soluzione potrebbe consistere nella sostituzione dei cavi con un sistema wireless alimentato a batteria, il tutto collocato all'interno dell'asta cava. Con questo apparato, la cella di carico in prossimità del puntale dovrà presentare un sistema di arresto automatico prima del fondo scala del sensore di forza per evitare danneggiamenti irreparabili.

Altri dispositivi utili, sarebbero la connessione con un GPS e un apparecchiatura che permetta di osservare all'istante il profilo penetrometrico appena effettuato.

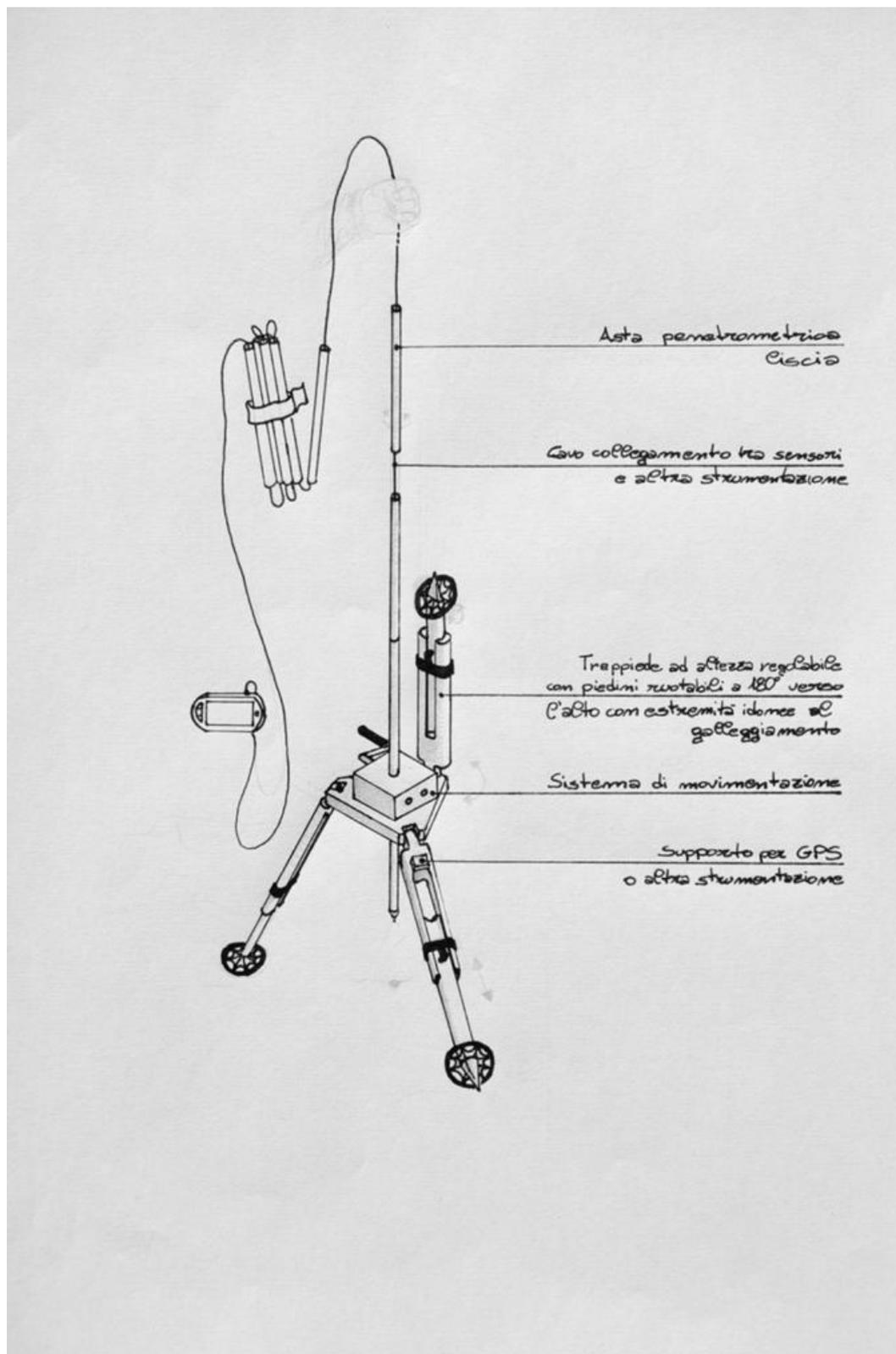


Figura 9.2 Rappresentazione modifiche strutturali strumento.

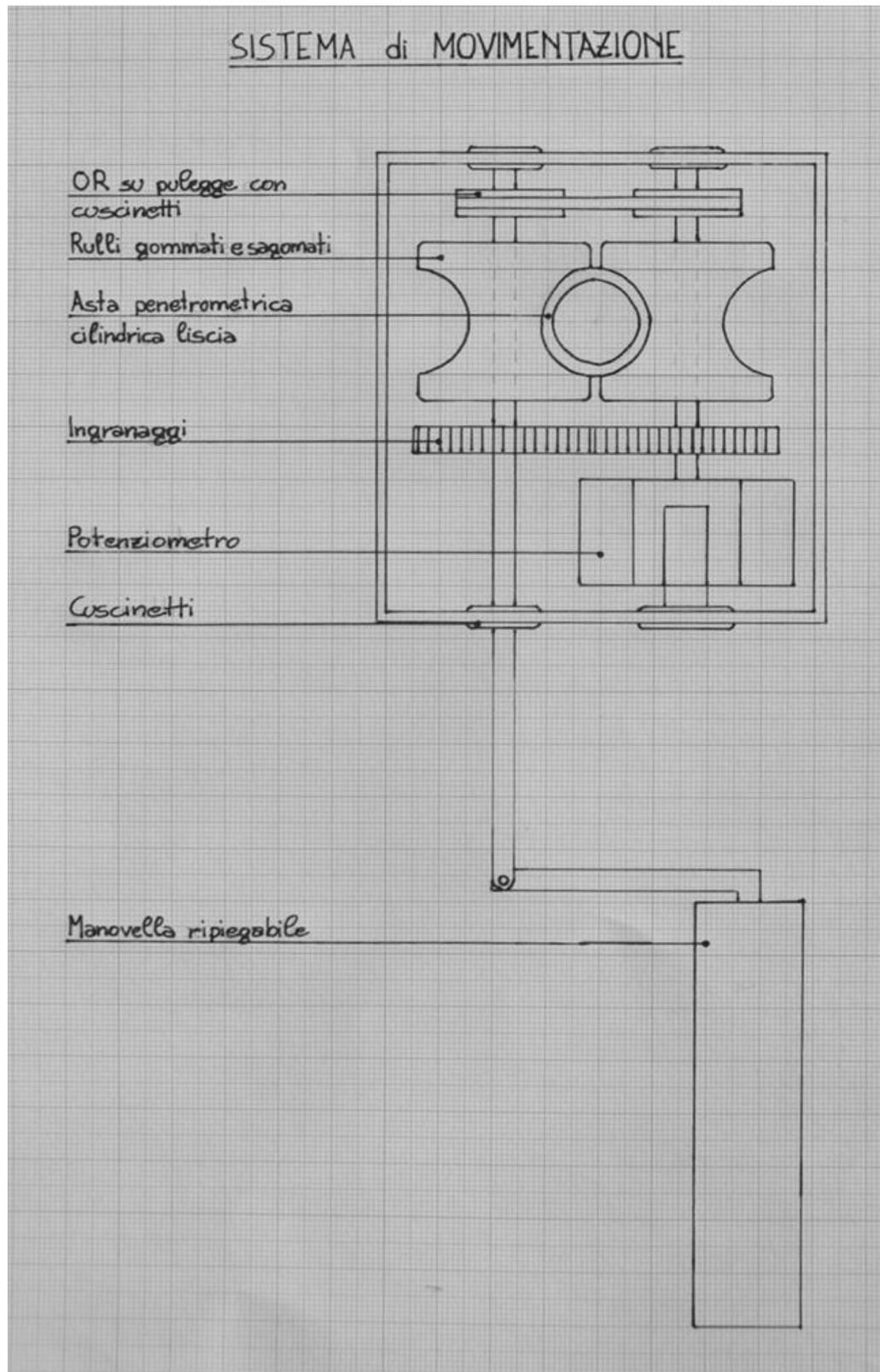


Figura 9.3 Particolare sistema di movimentazione.



## CONCLUSIONI

La previsione delle valanghe è un'operazione ancora estremamente difficile. Per questo motivo l'identificazione dei parametri fisici più importanti e il loro rilievo assumono importanza fondamentale.

È necessario agevolare e migliorare le operazioni che nivologi, osservatori nivologici, operatori e assistenti del distacco artificiale valanghe, direttori delle operazioni, responsabili della sicurezza, Commissioni Locale Valanghe e sciatori stessi effettuano per lo studio, la verifica e l'interpretazione della coltre nevosa.

In questo lavoro sono state analizzate le capacità d'investigazione del manto nevoso di uno strumento penetrometrico continuo, attualmente in configurazione di prototipo.

Appare importante far notare l'oggettività di questo strumento e i ridotti tempi di misurazione delle resistenze presenti nel manto nevoso, con conseguente aumento della sicurezza da parte degli operatori che a volte sono costretti a effettuare rilievi in luoghi rischiosi. La possibilità di eseguire un numero di rilievi superiore nello stesso tempo è un altro aspetto positivo della nuova strumentazione.

La prima parte della tesi (capitoli 1-6) è costituita dall'approfondimento delle proprietà fisiche del manto nevoso e delle problematiche legate alla nivologia, in particolare la formazione dei cristalli, i loro metamorfismi, le proprietà principali della neve. Si prosegue con la descrizione delle valanghe, la loro formazione, le caratteristiche e la classificazione, per giungere a una descrizione della nivometria in Provincia di Trento e delle prove di stabilità del manto nevoso effettuate dagli operatori.

Nel proseguo (capitoli 7-8) sono state descritte le parti principali dello strumento penetrometrico e analizzato il suo comportamento. Durante la fase di taratura dei sensori è stato possibile trasformare il dato, misurato in *mV*, registrato dalla cella di carico e dal potenziometro rispettivamente in forza peso e profondità, grandezze utili al confronto con i rilievi tradizionali.

Durante le uscite sul campo in diverse località e a diversa quota altimetrica, è stato possibile descrivere e osservare il comportamento del prototipo e apportare le modifiche che si sono rilevate necessarie. Sono stati paragonati i profili penetrometrici ottenuti dai rilievi standard con quelli effettuati con il nuovo strumento.

I profili ottenuti con il penetrometro sono stati confrontati con i dati ottenuti dalla prova stratigrafica (trasformando in Newton i dati del test della mano) e dalla prova penetrometrica realizzate con la sonda a massa battente.

Le prove eseguite in Val di Breguzzo hanno permesso di modificare lo strumento prima delle successive uscite e di testare i metodi di rilievo e di confronto dei dati provenienti dai vari metodi di misura della resistenza alla penetrazione della neve.

Nel dettaglio, durante la seconda uscita, il problema relativo al coagularsi della neve tra cremagliera e punta, con conseguente fuoriuscita dall'alloggiamento della molla inferiore all'interno del cilindro contenente la cella di carico e la possibilità di deformazione, è stato risolto inserendo un fine corsa.

Si sono confrontate le varie prove mediante la concordanza, disponendo i due rilievi, uno in ordinata e uno in ascissa, e valutando il coefficienti angolare e di determinazione ( $R^2$ ) della retta di regressione.

Come risulta nella *Tabella 8.2*, le prove appaiate in funzione del tempo di penetrazione mostrano un'ottima corrispondenza. In particolare la punta grande nella prima prova fornisce mediamente il 99% del valore della seconda, ottenendo una migliore risposta per le prove a velocità di affondamento di 1cm al secondo. Anche i valori ottenuti in funzione della profondità, mostrano elevata concordanza con velocità di penetrazione di 1cm/s e punta grande, con coefficiente angolare di 1.01 e coefficiente di determinazione di 0.94.

Si è osservato che il nuovo strumento penetrometrico è in grado di effettuare rilievi molto sensibili alle variazioni di resistenza del manto nevoso, essendo in grado di registrare anche gli strati più sottili che la strumentazione standard non riesce a recepire o tende ad attenuare.

La durezza degli strati percepita con il test della mano è maggiormente in linea con le prove effettuate con il prototipo rispetto al penetrometro a massa battente. Durante il terzo rilievo il penetrometro è stato dotato di un allargatore conico all'estremità inferiore dell'asta a cremagliera per ridurre gli attriti in fase di avanzamento. Si conferma una migliore risposta da parte dei profili a punta grande a una velocità di penetrazione di  $1\text{cm/s}$ .

Si è notato che le differenze di resistenza per quanto riguarda la massa battente tendono ad attenuarsi a una certa profondità, mentre lo strumento di studio mantiene una migliore investigazione con valori del dato rilevato più amplificati, distinti e sensibili alle variazioni.

A conclusione del confronto si può affermare che i rilievi effettuati con il nuovo strumento, utilizzando il puntale grande, risultano da preferire.

Per quanto riguarda la valutazione della velocità di penetrazione sono state osservate tutte le prove con le varie punte, tranne la velocità di  $3\text{cm/s}$ , non effettuata con la punta media e la grande.

A velocità di  $1\text{cm/s}$  e  $2\text{cm/s}$ , le tre punte non presentano comportamento molto diverso. Osservando più nel dettaglio le prove a punta grande con le prime due velocità, quella a  $1\text{cm/s}$  risulta più sensibile in virtù di picchi positivi e negativi più pronunciati e profili concordanti. L'unico rilievo alla velocità di  $3\text{cm/s}$ , effettuato con la punta piccola, ha dato risultati molto diversi.

Volendo approfondire questo argomento, si dovranno analizzare le velocità tra  $2\text{cm/s}$  e  $3\text{cm/s}$  con ulteriori uscite in campo, anche se l'unica prova presente a velocità di penetrazione di  $3\text{cm/s}$  è caratterizzata da una concordanza ridotta.

Dal punto di vista fisico la velocità di deformazione rappresenta un parametro fondamentale nella formazione delle valanghe a lastroni (si ritiene che la velocità di deformazione critica del manto nevoso per fenomeni di valanghe a lastroni di neve asciutta sia dell'ordine di  $1\text{mm/min}$  [2]). È ragionevole ritenere che la velocità di penetrazione modifichi la modalità di rottura dei cristalli di neve, il modo in cui gli strati vengono deformati e, infine, la resistenza alla penetrazione.

L'ultima parte del lavoro (capitolo 9), essendo lo strumento penetrometrico oggetto di studio un prototipo, prende in considerazione alcune ipotesi di miglioramento, con l'obiettivo di perfezionare la maneggevolezza, la possibilità di integrare altri sensori e dispositivi utili a osservare istantaneamente il profilo del manto nevoso. Questo al fine di ottimizzare la descrizione del manto nevoso investigato e agevolare l'utilizzo e il trasporto in sito dello strumento durante i rilievi itineranti e in qualsiasi condizione meteorologica.

Aspetto importante che non ha trovato la possibilità di analisi, è lo studio di strati deboli di brina di profondità o brina sepolta all'interno del manto nevoso, non rilevati nel profilo stratigrafico eseguito in parallelo alle prove penetrometriche.

# APPENDICE A



| Classe  | Simbolo | Codice |
|---|---------|--------|
| Particelle di Precipitazione                          | +       | PP     |
| Neve artificiale                                      | ☉       | MM     |
| Particelle di precipitazione decomposte e frammentate | /       | DF     |
| Grani Arrotondati                                     | ●       | RG     |
| Cristalli Sfaccettati                                 | □       | FC     |
| Brina di Profondità                                   | ∧       | DH     |
| Brina di Superficie                                   | ∨       | SH     |
| Forme Fuse  | ○       | MF     |
| Formazioni di Ghiaccio                                | ■       | IF     |

**Figura A. 1** Principali classi morfologiche delle forme dei grani.

Classe: **Particelle di precipitazione**

| Sottoclasse   | Forma   | Luogo di formazione  | Processo fisico   | Dipendenza da parametri rilevanti  | Effetti sulla robustezza |
|---|---|--|---|--|--------------------------|
| <p><b>ppco</b><br/> <br/>                     Colonne</p>            | Cristalli prismatici corti, pieni o cavi  | Nuvola; strato da inversione di temperatura (cielo sereno) | Crescita da vapore acqueo da -3 a -8 C e sotto -30 C  |  |                          |
| <p><b>ppnd</b><br/> <br/>                     Aghi</p>                 | Aghiformi, quasi cilindrici   | Nuvola   | Crescita da vapore acqueo con alta supersaturazione da -3 a -5 C e sotto -60 C  |  |                          |
| <p><b>pppl</b><br/> <br/>                     Piastre</p>              | A forma di piastre per lo più esagonali   | Nuvola; strato da inversione di temperatura (cielo sereno) | Crescita da vapore acqueo da 0 a -3 C e da -8 a -70 C   |  |                          |
| <p><b>ppsd</b><br/> <br/>                     Dendriti stellari</p>    | Esagonali, a forma di stella, piani o spaziali                                    | Nuvola; strato da inversione di temperatura (cielo sereno) | Crescita da vapore acqueo con alta supersaturazione da 0 a -3 C e da -12 a -16 C  |  |                          |
| <p><b>ppir</b><br/> <br/>                     Cristalli irregolari</p> | Grappoli di cristalli irregolari molto piccoli                                    | Nuvola   | Formazione policristalli in condizioni ambientali variabili   |  |                          |
| <p><b>ppgp</b><br/> <br/>                     Neve pallottolare</p>    | Particelle molto brinate, sferiche, coniche, esagonali o di forma irregolare      | Nuvola   | Forte brinata delle particelle per adesione di gocce d'acqua sovrapprese; dimensione <= 5 mm  |  |                          |
| <p><b>pphl</b><br/> <br/>                     Grandine</p>             | Struttura interna laminare, superficie traslucida, color latte o vetrosa          | Nuvola   | Crescita per adesione di acqua sovrapprese; dimensione: >75 mm  |  |                          |
| <p><b>ppip</b><br/> <br/>                     Sferette di ghiaccio</p> | Sferoidi trasparenti per lo più di piccole dimensioni                             | Nuvola   | Gelata di gocce di pioggia o rigelo di cristalli di neve fusi o fiocchi di neve (pioggia ghiacciata, 0,0,1); Neve pallottolare o sferette di neve racchiuse in uno strato di ghiaccio sottile (grandine di piccola dimensione, 0,0,1); misurata: entrambe <= 5 mm |  |                          |
| <p><b>pprm</b><br/> <br/>                     Brina</p>                | Depositi irregolari o coni ed aghi più lunghi con la punta rivolta verso il vento | Sulla superficie così come su oggetti esposti all'aria     | Adesione di goccioline di nebbia sovrapprese che ghiacciano in loco. Una crosta sottile e fragile si forma sulla superficie nevosa se il processo dura a lungo.   | Cresce al crescere della densità della nebbia e con l'esposizione al vento |                          |

Figura A. 2 Descrizione particelle di precipitazione.

| Classe: Neve artificiale   |  |   |   |  |  |  |
|--|--|---|---|--|--|--|
| Sottoclasse  | Forma  | Luogo di formazione   | Processo fisico   | Dipendenza da parametri rilevanti  | Effetti sulla robustezza   |  |
| <b>MMRp</b><br>⊙<br>Particelle policristalline rotonde                   | Piccole particelle sferiche, spesso caratterizzate da tipiche prominenze; risultato del processo di rigelo; possono essere parzialmente cave | Atmosfera, vicino alla superficie   | Neve artificiale, rigelo di goccioline d'acqua molto piccole, dall'interno della superficie   | Il contenuto d'acqua liquida dipende principalmente dalla temperatura dell'aria e dall'umidità, ma anche dalla densità della neve e dalla dimensione dei grani | In condizioni di tempo secco, la rapida sinterizzazione comporta un rapido aumento della resistenza              |  |
| <b>MMCi</b><br>∆<br>Particelle di ghiaccio schiacciate                   | Piastre di ghiaccio simili a frammenti   | Generatori di ghiaccio  | Ghiaccio artificiale, formazione di scaglie di ghiaccio, successivo schiacciamento e distribuzione pneumatica                                   | Non dipende dal tempo  |  |  |
| Classe: Particelle di precipitazione decomposte e frammentate            |  |   |   |  |  |  |
| Sottoclasse  | Forma  | Luogo di formazione   | Processo fisico   | Dipendenza da parametri rilevanti  | Effetti sulla robustezza   |  |
| <b>DFdc</b><br>/<br>Particelle di precipitazione parzialmente decomposte | Forma caratteristica delle particelle di precipitazione ancora riconoscibile; spesso parzialmente smussate                                   | Nel manto nevoso; neve recentemente depositata vicino alla superficie, solitamente asciutta | Riduzione di superficie per ridurre l'energia libera di superficie; anche frammentazione causata da venti leggeri che porta a rottura iniziale. | La velocità di decomposizione diminuisce al calare delle temperature della neve e del gradiente termico  | Recupera coesione per sinterizzazione dopo l'iniziale calo della resistenza dovuto al processo di decomposizione |  |
| <b>DFbk</b><br>/<br>Particelle di precipitazione spezzettate             | Cocci o frammenti di particelle di precipitazioni  | Superficie, di solito neve recentemente depositata  | Le particelle di saltazione sono frammentate e compattate, spesso fortemente, dal vento; frammentazione spesso seguita da arrotondamento        | Frammentazione e compattazione aumentano con la velocità del vento   | Una rapida sinterizzazione comporta un rapido aumento della resistenza   |  |

Figura A. 3 Descrizione neve artificiale e particelle di precipitazione decomposte e frammentate.

| Classe: Grani Arrotondati  |  |                                |   |   |  |  |
|--|--|--------------------------------|---|---|--|--|
| Sottoclasse  | Forma  | Luogo di formazione            | Processo fisico   | Dipendenza da parametri rilevanti   | Effetti sulla robustezza   |  |
| <b>RGsr</b><br>•<br>Piccole particelle arrotondate   | Particelle arrotondate, spesso oblunghe di dimensione <0,25 mm, molto ben sinterizzate | Nel manto nevoso/neve asciutta | Riduzione dell'area specifica per la lenta diminuzione del numero di grani e l'aumento del diametro medio dei grani, piccola forma di equilibrio  | La velocità di crescita aumenta al crescere della temperatura; crescita più lenta in neve ad alta densità con pori più piccoli      | Resistenza per la sinterizzazione dei grani di neve. La resistenza aumenta con il tempo, l'assottamento e col diminuire della dimensione dei grani |  |
| <b>RGLr</b><br>●<br>Grosse particelle arrotondate  | Particelle arrotondate, spesso oblunghe, di dimensione >0,25 mm, ben sinterizzate      | Nel manto nevoso/neve asciutta | Diffusione di vapore intergranulare dovuta a gradienti termici bassi o medi; la densità media del vapore in eccesso rimane al di sotto del valore critico per la crescita cinetica. Grande forma di equilibrio                                  | La velocità di crescita aumenta al crescere della temperatura; crescita più lenta in neve ad alta densità con pori più piccoli      | Resistenza per la sinterizzazione dei grani di neve. La resistenza aumenta con il tempo, l'assottamento e col diminuire della dimensione dei grani |  |
| <b>RGwp</b><br><br>Compattate dal vento           | Piccole particelle ben compattate, spezzate o abrase; ben sinterizzate                 | In superficie; neve asciutta   | Compattazione e frammentazione di particelle di neve trasportate dal vento che si arrotondano per reciproca interazione nello strato di salvezza. Evoluzione in una crosta da vento dura ma di solito fragile o una lastra da vento più spessa. | La durezza aumenta con la velocità del vento, col diminuire delle dimensioni delle particelle e in presenza di temperature moderate | L'alto numero di punti di contatto e le piccole dimensioni causano un rapido aumento della resistenza attraverso la sinterizzazione                |  |
| <b>RGxf</b><br><br>Particelle rotonde sfaccettate | Particelle arrotondate, solitamente oblunghe con sfaccettature in fase di sviluppo     | Nel manto nevoso/neve asciutta | Il regime di crescita cambia se la densità media del vapore in eccesso supera il valore critico per la crescita cinetica. Di conseguenza questa forma di transizione sviluppa sfaccettature al crescere del gradiente termico                   | I grani si modificano a seguito di un incremento del gradiente termico  | La riduzione del numero di legami può portare a un calo della resistenza   |  |

Figura A. 4 Descrizione grani arrotondati.

| Classe: Cristalli Sfaccettati  |   |   |  |  |  |  |
|--|---|---|--|--|--|--|
| Sottoclasse  | Forma   | Luogo di formazione   | Processo fisico  | Dipendenza da parametri rilevanti  | Effetti sulla robustezza   |  |
| <b>FCso</b><br><input type="checkbox"/><br>Particelle piene sfaccettate                                | Cristalli pieni sfaccettati; di solito prismi di forma esagonale            | Nel manto nevoso; neve asciutta                               | Forma di crescita cinetica piena, cioè un cristallo solido con spigoli e angoli, oltre a sfaccettature vetrose e lisce   | La velocità di crescita aumenta con la temperatura, il gradiente termico e con il diminuire della densità; la crescita può non verificarsi nella neve ad alta densità a causa dei pori piccoli | La resistenza diminuisce all'aumentare della velocità di crescita e della dimensione dei grani |  |
| <b>FCsf</b><br><input checked="" type="checkbox"/><br>Particelle sfaccettate vicino alla superficie    | Cristalli sfaccettati nello strato superficiale                             | Nel manto nevoso ma appena sotto la superficie; neve asciutta | Possono svilupparsi direttamente da particelle di precipitazione (PP) o da particelle frammentate o decomposte (DFdc) per elevati gradienti termici vicino alla superficie. Forma di crescita cinetica piena (vedere FCso) in una prima fase di sviluppo | Il gradiente termico può cambiare periodicamente segno, rimanendo però su valori assoluti elevati  | Neve a bassa resistenza  |  |
| <b>FCxr</b><br><input checked="" type="checkbox"/><br>Particelle sfaccettate in fase di arrotondamento | Cristalli sfaccettati con sfaccettature e spigoli in fase di arrotondamento | Nel manto nevoso; neve asciutta                               | Tendenza ad una forma di transizione che riduce la sua superficie specifica; arrotondamento di angoli e spigoli dei cristalli  | Arrotondamento dei grani in risposta alla diminuzione del gradiente termico  |  |  |

Figura A. 5 Descrizione cristalli sfaccettati.

| Classe: Brina di profondità   |  |                                 |  |  |  |  |
|---|--|---------------------------------|--|--|--|--|
| Sottoclasse   | Forma  | Luogo di formazione             | Processo fisico  | Dipendenza da parametri rilevanti  | Effetti sulla robustezza                                   |  |
| <b>DHcp</b><br><br>Calici cavi   | Cristalli cavi; solitamente a forma di calice                                      | Nel manto nevoso; neve asciutta | Formazione di cristalli di crescita cinetica a calice cavi o parzialmente pieni  | La velocità di crescita aumenta con la temperatura, il gradiente termico e con il diminuire della densità; la crescita può non verificarsi nella neve ad alta densità a causa dei pori piccoli | Normalmente fragile ma la resistenza cresce con la densità |  |
| <b>DHpr</b><br><br>Prismi cavi   | Cristalli scheletrici prismatici cavi con sfaccettature vetrose ma poche striature | Nel manto nevoso; neve asciutta | La neve si è completamente ricristallizzata; elevato gradiente termico in neve a bassa densità, in genere prolungato   | L'elevata velocità di ricristallizzazione per lunghi periodi e la bassa densità della neve facilitano la formazione  | Può presentare un basso grado di coesione                  |  |
| <b>DHch</b><br><br>Catene di brina di profondità                           | Cristalli scheletrici cavi disposti in catene                                      | Nel manto nevoso; neve asciutta | La neve si è interamente ricristallizzata; disposizione intergranulare in catene; gran parte dei legami laterali tra colonne sono scomparsi durante la crescita del cristallo  | L'elevata velocità di ricristallizzazione per lunghi periodi e la bassa densità della neve facilitano la formazione  | Neve molto fragile   |  |
| <b>DHla</b><br><br>Grandi cristalli striati                                | Grandi cristalli marcatamente striati, del tipo pieno o scheletrici                | Nel manto nevoso; neve asciutta | Evoluzione dagli stadi sopra descritti; si formano dei legami mentre si sviluppano nuovi cristalli   | più tempo necessario che per ogni altro cristallo di neve; sono necessari lunghi periodi di elevato gradiente termico in neve a bassa densità  | Recupero resistenza  |  |
| <b>DHxr</b><br><br>Brina di profondità; abbrave; in fase di arrotondamento | Cristalli scheletrici cavi con arrotondamento di spigoli, angoli e striature       | Nel manto nevoso; neve asciutta | Tendenza a una forma che riduce la propria superficie specifica; arrotondamento di angoli e spigoli dei cristalli; le sfaccettature possono perdere il rilievo, cioè striature e gradini scompaiono lentamente. Questo processo influisce su tutte le sottoclassi di brina di profondità | Arrotondamento dei grani in risposta a una diminuzione del gradiente termico   | Possibile recupero di resistenza                           |  |

Figura A. 6 Descrizione brina di profondità.

| Classe: Forme Fuse   |   |   |   |  |   |
|--|---|---|---|--|---|
| Sottoclasse  | Forma   | Luogo di formazione   | Processo fisico   | Dipendenza da parametri rilevanti  | Effetti sulla robustezza  |
| <b>MFcl</b><br><br>Grani arrotondati a grappolo | Cristalli arrotondati a grappolo tenuti assieme da legami fra ghiaccio e ghiaccio; acqua interstiziale fra tre cristalli o nella zona di contatto tra due grani | In superficie o nel manto nevoso; neve umida  | Neve umida con basso tenore d'acqua (regime pendolare,0,0,1); si formano dei grappoli per ridurre al minimo l'energia libera di superficie  | Percolazione di acqua di fusione; una quantità eccessiva d'acqua porta alla formazione di MFcl; il rigelo forma MFpc   | Legami ghiaccio-ghiaccio apportano resistenza   |
| <b>MFpc</b><br><br>Policristalli arrotondati    | I singoli cristalli ghiacciano in un grano pieno policristallino; si trovano bagnati o rigelati   | In superficie o nel manto nevoso  | I cicli di fusione-rigelo formano policristalli quando l'acqua interstiziale gela; bagnati con basso tenore d'acqua (regime pendolare) o rigelati   | La dimensione dei grani cresce con il numero di cicli di fusione-rigelo; la penetrazione dei raggi solari può portare alla formazione di grani MFcl; un eccesso d'acqua forma grani MFsl   | Elevata resistenza allo stato ghiacciato; minore resistenza allo stato umido; la resistenza cresce con il numero di cicli di fusione e rigelo |
| <b>MFsl</b><br><br>Neve fradicia                | Cristalli arrotondati separati interamente immersi nell'acqua   | Neve satura d'acqua, fradicia; si trova nel manto nevoso, su terreno o superfici ghiacciate, ma anche come massa fluida viscosa in acqua dopo una forte nevicata. | Neve bagnata con elevato tenore d'acqua (regime funicolare,0,0,1); singoli cristalli ben arrotondati a scarsa coesione - e policristalli - si formano in quanto ghiaccio e acqua sono in equilibrio termodinamico | La percolazione di acqua viene bloccata dalla barriera capillare, uno strato impermeabile o dal terreno; elevato apporto di energia sul manto nevoso per irraggiamento solare, elevata temperatura dell'aria o apporto d'acqua (pioggia) | Scarsa resistenza a causa dei legami in dissolvimento   |
| <b>MFcr</b><br><br>Crosta da fusione e rigelo | Crosta formata da policristalli da fusione e rigelo riconoscibili   | In superficie   | Crosta di policristalli da fusione e rigelo da uno strato superficiale di neve bagnata che si è rigelata dopo essere stata bagnata per fusione o pioggia; si trova bagnata o rigelata                             | La dimensione e densità delle particelle aumenta con il numero di cicli di fusione-rigelo  | La resistenza cresce con il numero di cicli di fusione-rigelo   |

Figura A. 7 Descrizione forme fuse.

| Classe: Formazioni di Ghiaccio                    |   |                          |  |   |  |  |
|---|---|--------------------------|--|---|--|--|
| Sottoclasse                                       | Forma   | Luogo di formazione      | Processo fisico  | Dipendenza da parametri rilevanti   | Effetti sulla robustezza   |  |
| <b>IFil</b><br>■<br>Strato di ghiaccio            | Strato di ghiaccio orizzontale  | Nel manto nevoso         | Pioggia o acqua di fusione dalla superficie percola attraverso la neve fredda dove rigela, lungo barriere capillari parallele allo strato, per conduzione termica della neve da rigelo intorno, cioè neve a $T < 0\text{ C}$ ; gli strati di ghiaccio di solito mantengono un certo grado di permeabilità    | Dipende dal tempo di percolazione e dai cicli di fusione e rigelo; avviene più facilmente in presenza di una stratificazione di strati di grani fini sopra grani grossi | Gli strati di ghiaccio sono resistenti ma la resistenza cala una volta che la neve è completamente bagnata |  |
| <b>IFic</b><br>■<br>Colonna di ghiaccio           | Corpo di ghiaccio verticale   | All'interno degli strati | L'acqua che percola nelle colonne verticali ghiaccia a causa della conduzione termica della neve fredda circostante, cioè neve a $T < 0\text{ C}$  | Si ha una più probabile formazione di colonne verticali se la neve è molto stratificata; il rigelo è maggiore se la neve è molto fredda                                 |  |  |
| <b>IFbi</b><br>□<br>Ghiaccio di fondo             | Strato di ghiaccio di fondo   | Base del manto nevoso    | L'acqua ristagna sopra il substrato e ghiaccia per conduzione termica in un substrato freddo   | La formazione è accentuata se il substrato è impermeabile e molto freddo (es. permafrost)   | Si può avere sopra la formazione di un debole strato di neve fradicia                                      |  |
| <b>IFrc</b><br>=<br>Crosta da pioggia             | Superficie vetrosa sottile e trasparente o pellicola superficiale di ghiaccio trasparente | In superficie            | Deriva dal rigelo della pioggia sulla neve; forma una sottile superficie vetrosa   | Le goccioline devono surraffreddarsi ma si saldano prima di ghiacciare  | Crosta sottile e fragile   |  |
| <b>IFsc</b><br>—<br>Crosta da sole, crosta gelata | Superficie vetrosa sottile e trasparente o pellicola superficiale di ghiaccio trasparente | In superficie            | L'acqua di fusione da uno strato di neve superficiale rigela in superficie per irraggiamento solare; il minore assorbimento di onde corte nella superficie vetrosa in formazione accentua l'effetto serra nella neve sottostante; si può avere la condensazione di vapore acqueo sotto la superficie vetrosa | Si forma con il bel tempo, temperature al di sotto del punto di congelamento e forte irraggiamento solare; da non confondere con le croste da fusione e rigelo MFcr     | Crosta sottile e fragile   |  |

Figura A. 8 Descrizione formazioni di ghiaccio.

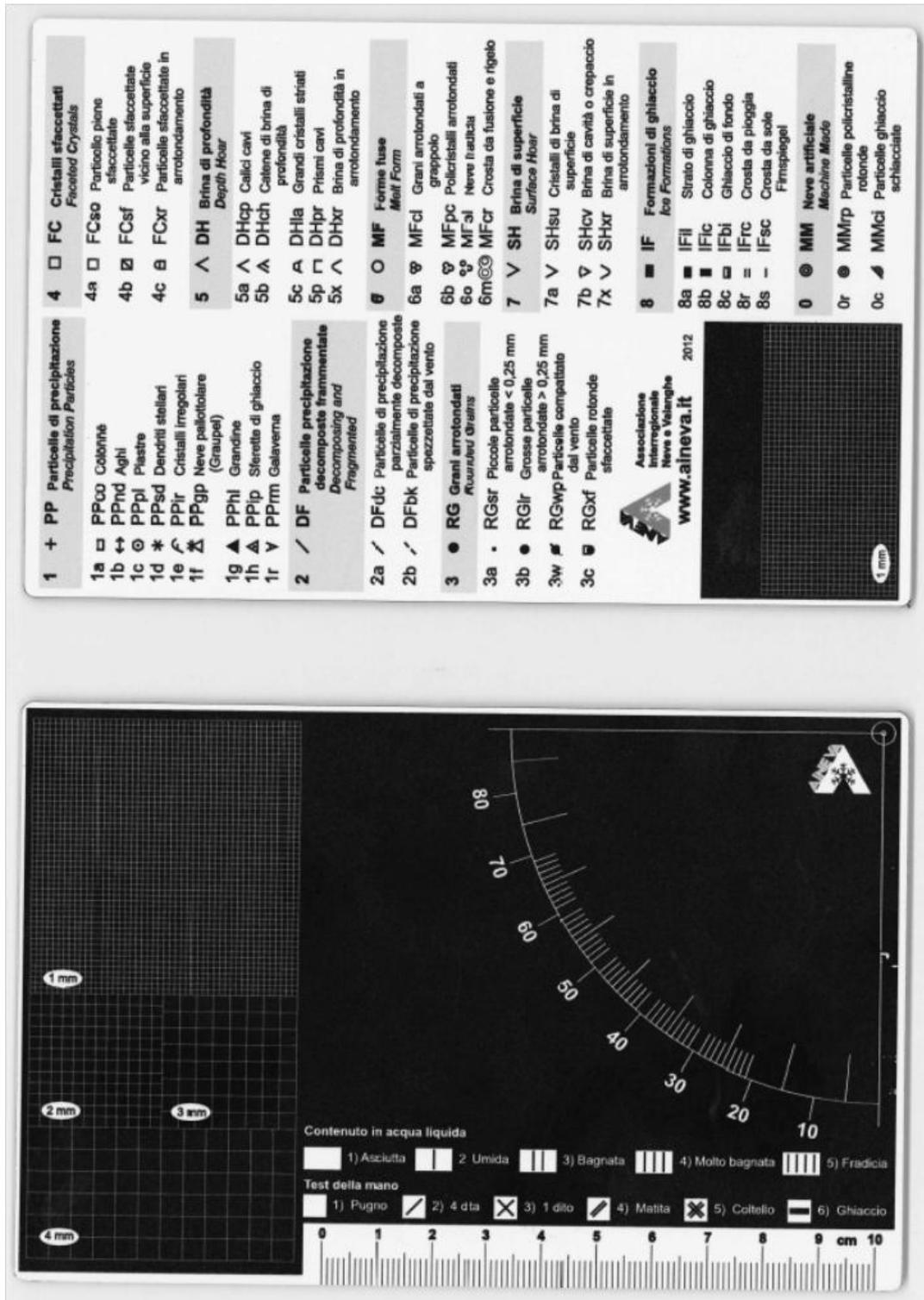


Figura A. 9 Tavoletta cristallografica IACS 2009.



## **APPENDICE B**









**Associazione  
Interregionale  
Neve e Valanghe**  
tel. 0461230305

## PROFILO DEL MANTO NEVOSO

n. \_\_\_\_\_

MODELLO

# 4

vs. 2013 © AINEVA

|                            |                           |            |               |
|----------------------------|---------------------------|------------|---------------|
| Codice Stazione            | Data                      | Ora        | Località      |
| Altitudine s.l.m.          | Esposizione               | Pendenza   | Coordinate    |
| Precipitazioni (WW)        | Nubi (N)                  | Vento (VQ) | Il rilevatore |
| Temperatura aria (Ta)      | Altezza manto nevoso (HS) |            | Note          |
| Rugosità superficiale (SF) |                           |            |               |

vs. 2013 © AINEVA

| T <sub>a</sub> (°C) | -30  | -25  | -20  | -18 | -16 | -14 | -12 | -10 | -8  | -6  | -4  | -2  | H   | θ <sub>w</sub> | FF | E | R | HW<br>ρ | Commento |
|---------------------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------|----|---|---|---------|----------|
| R (N)               | 2000 | 1500 | 1000 | 900 | 800 | 700 | 600 | 500 | 400 | 300 | 200 | 100 |     |                |    |   |   |         |          |
|                     |      |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                |    |   |   |         |          |
|                     |      |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 190 |                |    |   |   |         |          |
|                     |      |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 180 |                |    |   |   |         |          |
|                     |      |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 170 |                |    |   |   |         |          |
|                     |      |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 160 |                |    |   |   |         |          |
|                     |      |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 150 |                |    |   |   |         |          |
|                     |      |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 140 |                |    |   |   |         |          |
|                     |      |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 130 |                |    |   |   |         |          |
|                     |      |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 120 |                |    |   |   |         |          |
|                     |      |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 110 |                |    |   |   |         |          |
|                     |      |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 100 |                |    |   |   |         |          |
|                     |      |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 90  |                |    |   |   |         |          |
|                     |      |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 80  |                |    |   |   |         |          |
|                     |      |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 70  |                |    |   |   |         |          |
|                     |      |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 60  |                |    |   |   |         |          |
|                     |      |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 50  |                |    |   |   |         |          |
|                     |      |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 40  |                |    |   |   |         |          |
|                     |      |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 30  |                |    |   |   |         |          |
|                     |      |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 20  |                |    |   |   |         |          |
|                     |      |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 10  |                |    |   |   |         |          |

Ghiaccio  
1200 N  
R6 V

Lame-collare  
715-1200 N  
R5 X

Matta  
390-715 N  
R4 /

1° filo  
175-390 N  
R3 X

4° filo  
504-75 N 040 N  
R2 / R1

Figura B. 3 Modello 4 A.I.Ne.Va [8].





PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO  
UFFICIO NEVE E VALANGHE

Modello **7** A.I.NE.VA.

## INCHIESTA PERMANENTE SULLE VALANGHE

SCHEDA DI RILEVAMENTO E SEGNALAZIONE

|   |   |
|---|---|
| VALANGA N° <input style="width: 40px;" type="text"/>  | Segnalazione di un evento in zona mai classificata a rischio <input type="checkbox"/>                   |
| Denominazione: _____  | Segnalazione di un evento in zona valanghiva nota <input type="checkbox"/>                              |
| Località: _____   | Zona controllata da Commissione Locale Valanghe <input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No |
| Comune: <input style="width: 40px;" type="text"/> Prov. <input style="width: 20px;" type="text"/> |   |

|   |   |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
|---|---|---------------------------|--|---|---|----------------------------|---|----------------------------------|---------|--|----------------------------|---|----------------------------|--|----------------|----------------------------|---|--|--|------------------------------|--|----------|----------------------------|---------------|----------------------------|--|---------------------------|--|---------|----------------------------|-----------|----------------------------|---|---------------------------|--|----------|----------------------------|-----------------|----------------------------|---|----------------------------------|--|--------|----------------------------|----------------------|----------------------------|--|--|-------------------------|--|--|--|-------------------|----------------------------|--------|----------------------------|--------|----------------------------|----------|----------------------------|---------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------|----------------------------|-------|----------------------------|--------------|----------------------------|------------------|-----------------------------|--|--|--|--|-------------------------------|--|--|--|---|--|--|-------------------------------|--|-------------------------------------|---|--|---|---|---|--|---|--|--|-------------|---|--------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------|----------------------------|----------------------|----------------------------|---|--|--|---|---------------------------|--------------------------------------|-------------------|--|--|--|-------------|---|--------------------|---|-------------|---|-----------|---|--|--|---------------------------|---|-------------------------------|--|--|----------------------------|--|--|
| <b>A</b>  | <b>DESCRIZIONE DELL' EVENTO</b>   |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2"><b>A1 Data dell' evento</b></td> </tr> <tr> <td>Giorno: <input style="width: 20px;" type="text"/></td> <td>Mese: <input style="width: 20px;" type="text"/> Anno: <input style="width: 40px;" type="text"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Non accertata: <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Periodo del giorno dell' evento: ora: <input style="width: 20px;" type="text"/></td> </tr> <tr> <td>mattino</td> <td>tra le ore 6 e le 12: 1 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>pomeriggio</td> <td>tra le ore 12 e le 18: 2 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>notte</td> <td>tra le ore 18 e le 6: 3 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>non accertato:</td> <td>4 <input type="checkbox"/></td> </tr> </table> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <tr> <td colspan="2"><b>A2 Classificazione della valanga</b></td> </tr> <tr> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2"><b>A2.1-Tipo di valanga:</b></td> </tr> <tr> <td>di fondo</td> <td>1 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>di superficie</td> <td>2 <input type="checkbox"/></td> </tr> </table> </td> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2"><b>A2.2-Tipo di moto:</b></td> </tr> <tr> <td>radente</td> <td>1 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>nubiforme</td> <td>2 <input type="checkbox"/></td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2"><b>A2.3-Tipo di neve:</b></td> </tr> <tr> <td>asciutta</td> <td>1 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>umida / bagnata</td> <td>2 <input type="checkbox"/></td> </tr> </table> </td> <td style="padding: 5px;"> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2"><b>A2.4-Coesione della neve:</b></td> </tr> <tr> <td>debole</td> <td>1 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>elevata (a lastroni)</td> <td>2 <input type="checkbox"/></td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 5px;"> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td><b>A2.5-Dimensioni:</b></td> <td>Lunghezza di sciorimento m <input style="width: 40px;" type="text"/></td> </tr> </table> </td> </tr> </table> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <tr> <td colspan="2"><b>A3 danni alle cose o alle persone</b></td> </tr> <tr> <td>Fabbricati civili</td> <td>1 <input type="checkbox"/></td> <td>Strade</td> <td>6 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Rifugi</td> <td>2 <input type="checkbox"/></td> <td>Ferrovie</td> <td>7 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Malghe o bate</td> <td>3 <input type="checkbox"/></td> <td>Linee elettriche o telef.</td> <td>8 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Impianti di risalita</td> <td>4 <input type="checkbox"/></td> <td>Bosco</td> <td>9 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Piste da sci</td> <td>5 <input type="checkbox"/></td> <td>Persone travolte</td> <td>10 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="4">note(quantificazione dei danni,altro): _____</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">(sono possibili più risposte)</td> </tr> </table> | <b>A1 Data dell' evento</b>   |                           | Giorno: <input style="width: 20px;" type="text"/>                    | Mese: <input style="width: 20px;" type="text"/> Anno: <input style="width: 40px;" type="text"/> | Non accertata: <input type="checkbox"/> |                            | Periodo del giorno dell' evento: ora: <input style="width: 20px;" type="text"/>   |                                  | mattino | tra le ore 6 e le 12: 1 <input type="checkbox"/> | pomeriggio                 | tra le ore 12 e le 18: 2 <input type="checkbox"/> | notte                      | tra le ore 18 e le 6: 3 <input type="checkbox"/> | non accertato: | 4 <input type="checkbox"/> | <b>A2 Classificazione della valanga</b> |  | <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2"><b>A2.1-Tipo di valanga:</b></td> </tr> <tr> <td>di fondo</td> <td>1 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>di superficie</td> <td>2 <input type="checkbox"/></td> </tr> </table> | <b>A2.1-Tipo di valanga:</b> |  | di fondo | 1 <input type="checkbox"/> | di superficie | 2 <input type="checkbox"/> | <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2"><b>A2.2-Tipo di moto:</b></td> </tr> <tr> <td>radente</td> <td>1 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>nubiforme</td> <td>2 <input type="checkbox"/></td> </tr> </table> | <b>A2.2-Tipo di moto:</b> |  | radente | 1 <input type="checkbox"/> | nubiforme | 2 <input type="checkbox"/> | <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2"><b>A2.3-Tipo di neve:</b></td> </tr> <tr> <td>asciutta</td> <td>1 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>umida / bagnata</td> <td>2 <input type="checkbox"/></td> </tr> </table> | <b>A2.3-Tipo di neve:</b> |  | asciutta | 1 <input type="checkbox"/> | umida / bagnata | 2 <input type="checkbox"/> | <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2"><b>A2.4-Coesione della neve:</b></td> </tr> <tr> <td>debole</td> <td>1 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>elevata (a lastroni)</td> <td>2 <input type="checkbox"/></td> </tr> </table> | <b>A2.4-Coesione della neve:</b> |  | debole | 1 <input type="checkbox"/> | elevata (a lastroni) | 2 <input type="checkbox"/> | <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td><b>A2.5-Dimensioni:</b></td> <td>Lunghezza di sciorimento m <input style="width: 40px;" type="text"/></td> </tr> </table> |  | <b>A2.5-Dimensioni:</b> | Lunghezza di sciorimento m <input style="width: 40px;" type="text"/> | <b>A3 danni alle cose o alle persone</b> |  | Fabbricati civili | 1 <input type="checkbox"/> | Strade | 6 <input type="checkbox"/> | Rifugi | 2 <input type="checkbox"/> | Ferrovie | 7 <input type="checkbox"/> | Malghe o bate | 3 <input type="checkbox"/> | Linee elettriche o telef. | 8 <input type="checkbox"/> | Impianti di risalita | 4 <input type="checkbox"/> | Bosco | 9 <input type="checkbox"/> | Piste da sci | 5 <input type="checkbox"/> | Persone travolte | 10 <input type="checkbox"/> | note(quantificazione dei danni,altro): _____ |  |  |  | (sono possibili più risposte) |  |  |  | <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2"><b>A4 Caratteristiche nella zona di distacco</b></td> </tr> <tr> <td><b>A4.1-Tipo di distacco:</b></td> <td>puntiforme 1 <input type="checkbox"/> lineare 2 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><b>A4.2-Larghezza del distacco:</b></td> <td>m <input style="width: 40px;" type="text"/></td> </tr> <tr> <td><b>A4.3-Quota massima al distacco:</b></td> <td>m <input style="width: 40px;" type="text"/></td> </tr> <tr> <td><b>A4.4-Spessore totale della neve:</b></td> <td>m <input style="width: 40px;" type="text"/></td> </tr> <tr> <td><b>A4.5-Spess ore dello strato staccatosi:</b></td> <td>m <input style="width: 40px;" type="text"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>A4.6-Cause del distacco:</b> (massimo due risposte)</td> </tr> <tr> <td>sconosciute</td> <td>1 <input type="checkbox"/> altre cause: _____</td> </tr> <tr> <td>carico della neve fresca</td> <td>2 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>appesantimento da pioggia</td> <td>3 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>notevole rialzo termico</td> <td>4 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>carico di neve ventata</td> <td>5 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>caduta di comici o sassi</td> <td>6 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>transito di persone</td> <td>7 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>distacco artificiale</td> <td>8 <input type="checkbox"/></td> </tr> </table> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <tr> <td colspan="2"><b>A5 Caratteristiche nella zona di arresto</b></td> </tr> <tr> <td><b>A5.1-Quota minima all'accumulo:</b></td> <td>m <input style="width: 40px;" type="text"/></td> </tr> <tr> <td><b>A5.2-Tipo di neve:</b></td> <td>a blocchi 1 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>a debole coesione</td> <td>2 <input type="checkbox"/> pallottolare 3 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>A5.3-Dimensioni dell' accumulo:</b></td> </tr> <tr> <td>lunghezza m</td> <td><input style="width: 40px;" type="text"/></td> </tr> <tr> <td>spessore massimo m</td> <td><input style="width: 40px;" type="text"/></td> </tr> <tr> <td>larghezza m</td> <td><input style="width: 40px;" type="text"/></td> </tr> <tr> <td>volume mc</td> <td><input style="width: 80px;" type="text"/></td> </tr> </table> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <tr> <td colspan="2"><b>A6 Frequenza stimata dell' evento</b></td> </tr> <tr> <td>una o più volte all' anno</td> <td>1 <input type="checkbox"/> almeno una volta ogni 5 anni</td> </tr> <tr> <td>almeno una volta ogni 30 anni</td> <td>3 <input type="checkbox"/> oltre i 30 anni</td> </tr> <tr> <td></td> <td>4 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">data dell' ultimo evento noto: <input style="width: 40px;" type="text"/></td> </tr> </table> | <b>A4 Caratteristiche nella zona di distacco</b> |  | <b>A4.1-Tipo di distacco:</b> | puntiforme 1 <input type="checkbox"/> lineare 2 <input type="checkbox"/> | <b>A4.2-Larghezza del distacco:</b> | m <input style="width: 40px;" type="text"/> | <b>A4.3-Quota massima al distacco:</b> | m <input style="width: 40px;" type="text"/> | <b>A4.4-Spessore totale della neve:</b> | m <input style="width: 40px;" type="text"/> | <b>A4.5-Spess ore dello strato staccatosi:</b> | m <input style="width: 40px;" type="text"/> | <b>A4.6-Cause del distacco:</b> (massimo due risposte) |  | sconosciute | 1 <input type="checkbox"/> altre cause: _____ | carico della neve fresca | 2 <input type="checkbox"/> | appesantimento da pioggia | 3 <input type="checkbox"/> | notevole rialzo termico | 4 <input type="checkbox"/> | carico di neve ventata | 5 <input type="checkbox"/> | caduta di comici o sassi | 6 <input type="checkbox"/> | transito di persone | 7 <input type="checkbox"/> | distacco artificiale | 8 <input type="checkbox"/> | <b>A5 Caratteristiche nella zona di arresto</b> |  | <b>A5.1-Quota minima all'accumulo:</b> | m <input style="width: 40px;" type="text"/> | <b>A5.2-Tipo di neve:</b> | a blocchi 1 <input type="checkbox"/> | a debole coesione | 2 <input type="checkbox"/> pallottolare 3 <input type="checkbox"/> | <b>A5.3-Dimensioni dell' accumulo:</b> |  | lunghezza m | <input style="width: 40px;" type="text"/> | spessore massimo m | <input style="width: 40px;" type="text"/> | larghezza m | <input style="width: 40px;" type="text"/> | volume mc | <input style="width: 80px;" type="text"/> | <b>A6 Frequenza stimata dell' evento</b> |  | una o più volte all' anno | 1 <input type="checkbox"/> almeno una volta ogni 5 anni | almeno una volta ogni 30 anni | 3 <input type="checkbox"/> oltre i 30 anni |  | 4 <input type="checkbox"/> | data dell' ultimo evento noto: <input style="width: 40px;" type="text"/> |  |
| <b>A1 Data dell' evento</b>   |   |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| Giorno: <input style="width: 20px;" type="text"/>   | Mese: <input style="width: 20px;" type="text"/> Anno: <input style="width: 40px;" type="text"/> |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| Non accertata: <input type="checkbox"/>   |   |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| Periodo del giorno dell' evento: ora: <input style="width: 20px;" type="text"/>   |   |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| mattino   | tra le ore 6 e le 12: 1 <input type="checkbox"/>  |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| pomeriggio  | tra le ore 12 e le 18: 2 <input type="checkbox"/>   |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| notte   | tra le ore 18 e le 6: 3 <input type="checkbox"/>  |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| non accertato:  | 4 <input type="checkbox"/>  |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| <b>A2 Classificazione della valanga</b>   |   |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2"><b>A2.1-Tipo di valanga:</b></td> </tr> <tr> <td>di fondo</td> <td>1 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>di superficie</td> <td>2 <input type="checkbox"/></td> </tr> </table>  | <b>A2.1-Tipo di valanga:</b>  |                           | di fondo   | 1 <input type="checkbox"/>  | di superficie                           | 2 <input type="checkbox"/> | <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2"><b>A2.2-Tipo di moto:</b></td> </tr> <tr> <td>radente</td> <td>1 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>nubiforme</td> <td>2 <input type="checkbox"/></td> </tr> </table>                  | <b>A2.2-Tipo di moto:</b>        |         | radente  | 1 <input type="checkbox"/> | nubiforme   | 2 <input type="checkbox"/> |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| <b>A2.1-Tipo di valanga:</b>  |   |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| di fondo  | 1 <input type="checkbox"/>  |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| di superficie   | 2 <input type="checkbox"/>  |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| <b>A2.2-Tipo di moto:</b>   |   |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| radente   | 1 <input type="checkbox"/>  |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| nubiforme   | 2 <input type="checkbox"/>  |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2"><b>A2.3-Tipo di neve:</b></td> </tr> <tr> <td>asciutta</td> <td>1 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>umida / bagnata</td> <td>2 <input type="checkbox"/></td> </tr> </table>   | <b>A2.3-Tipo di neve:</b>   |                           | asciutta   | 1 <input type="checkbox"/>  | umida / bagnata                         | 2 <input type="checkbox"/> | <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2"><b>A2.4-Coesione della neve:</b></td> </tr> <tr> <td>debole</td> <td>1 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>elevata (a lastroni)</td> <td>2 <input type="checkbox"/></td> </tr> </table> | <b>A2.4-Coesione della neve:</b> |         | debole   | 1 <input type="checkbox"/> | elevata (a lastroni)                              | 2 <input type="checkbox"/> |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| <b>A2.3-Tipo di neve:</b>   |   |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| asciutta  | 1 <input type="checkbox"/>  |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| umida / bagnata   | 2 <input type="checkbox"/>  |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| <b>A2.4-Coesione della neve:</b>  |   |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| debole  | 1 <input type="checkbox"/>  |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| elevata (a lastroni)  | 2 <input type="checkbox"/>  |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td><b>A2.5-Dimensioni:</b></td> <td>Lunghezza di sciorimento m <input style="width: 40px;" type="text"/></td> </tr> </table>  |   | <b>A2.5-Dimensioni:</b>   | Lunghezza di sciorimento m <input style="width: 40px;" type="text"/> |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| <b>A2.5-Dimensioni:</b>   | Lunghezza di sciorimento m <input style="width: 40px;" type="text"/>                            |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| <b>A3 danni alle cose o alle persone</b>  |   |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| Fabbricati civili   | 1 <input type="checkbox"/>  | Strade                    | 6 <input type="checkbox"/>   |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| Rifugi  | 2 <input type="checkbox"/>  | Ferrovie                  | 7 <input type="checkbox"/>   |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| Malghe o bate   | 3 <input type="checkbox"/>  | Linee elettriche o telef. | 8 <input type="checkbox"/>   |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| Impianti di risalita  | 4 <input type="checkbox"/>  | Bosco                     | 9 <input type="checkbox"/>   |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| Piste da sci  | 5 <input type="checkbox"/>  | Persone travolte          | 10 <input type="checkbox"/>  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| note(quantificazione dei danni,altro): _____  |   |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| (sono possibili più risposte)   |   |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| <b>A4 Caratteristiche nella zona di distacco</b>  |   |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| <b>A4.1-Tipo di distacco:</b>   | puntiforme 1 <input type="checkbox"/> lineare 2 <input type="checkbox"/>                        |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| <b>A4.2-Larghezza del distacco:</b>   | m <input style="width: 40px;" type="text"/>   |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| <b>A4.3-Quota massima al distacco:</b>  | m <input style="width: 40px;" type="text"/>   |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| <b>A4.4-Spessore totale della neve:</b>   | m <input style="width: 40px;" type="text"/>   |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| <b>A4.5-Spess ore dello strato staccatosi:</b>  | m <input style="width: 40px;" type="text"/>   |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| <b>A4.6-Cause del distacco:</b> (massimo due risposte)  |   |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| sconosciute   | 1 <input type="checkbox"/> altre cause: _____   |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| carico della neve fresca  | 2 <input type="checkbox"/>  |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| appesantimento da pioggia   | 3 <input type="checkbox"/>  |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| notevole rialzo termico   | 4 <input type="checkbox"/>  |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| carico di neve ventata  | 5 <input type="checkbox"/>  |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| caduta di comici o sassi  | 6 <input type="checkbox"/>  |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| transito di persone   | 7 <input type="checkbox"/>  |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| distacco artificiale  | 8 <input type="checkbox"/>  |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| <b>A5 Caratteristiche nella zona di arresto</b>   |   |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| <b>A5.1-Quota minima all'accumulo:</b>  | m <input style="width: 40px;" type="text"/>   |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| <b>A5.2-Tipo di neve:</b>   | a blocchi 1 <input type="checkbox"/>  |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| a debole coesione   | 2 <input type="checkbox"/> pallottolare 3 <input type="checkbox"/>                              |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| <b>A5.3-Dimensioni dell' accumulo:</b>  |   |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| lunghezza m   | <input style="width: 40px;" type="text"/>   |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| spessore massimo m  | <input style="width: 40px;" type="text"/>   |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| larghezza m   | <input style="width: 40px;" type="text"/>   |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| volume mc   | <input style="width: 80px;" type="text"/>   |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| <b>A6 Frequenza stimata dell' evento</b>  |   |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| una o più volte all' anno   | 1 <input type="checkbox"/> almeno una volta ogni 5 anni   |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| almeno una volta ogni 30 anni   | 3 <input type="checkbox"/> oltre i 30 anni  |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
|   | 4 <input type="checkbox"/>  |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |
| data dell' ultimo evento noto: <input style="width: 40px;" type="text"/>  |   |                           |  |   |   |                            |   |                                  |         |  |                            |   |                            |  |                |                            |   |  |  |                              |  |          |                            |               |                            |  |                           |  |         |                            |           |                            |   |                           |  |          |                            |                 |                            |   |                                  |  |        |                            |                      |                            |  |  |                         |  |  |  |                   |                            |        |                            |        |                            |          |                            |               |                            |                           |                            |                      |                            |       |                            |              |                            |                  |                             |  |  |  |  |                               |  |  |  |   |  |  |                               |  |                                     |   |  |   |   |   |  |   |  |  |             |   |                          |                            |                           |                            |                         |                            |                        |                            |                          |                            |                     |                            |                      |                            |   |  |  |   |                           |                                      |                   |  |  |  |             |   |                    |   |             |   |           |   |  |  |                           |   |                               |  |  |                            |  |  |

Figura B. 5 Modello 7 A.I.Ne.Va pagina 1 [8].

|   |   |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
|---|---|--|--------------------------|--|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------|--|-----------------|----------------------------|----------|----------------------------|-------------------------|--|----------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------------|--|--------|----------------------------|----------|----------------------------|------------|----------------------------|-----------------|----------------------------|--------------------------------|----------------------------|---------------------|----------------------------|-------------------|----------------------------|-------------------------------|--|-----------------|----------------------------|----------|----------------------------|---|--|--|------------------------|--|----------------|--|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|----------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------|----------------------------|-----------|----------------------------|-------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|------------------------|--|---------------------------------------|--|---------|----------------------------|---------------------------------|----------------------------|--|----------------------------|---|----------------------------|---------------------|----------------------------|-------------|--|-------|--|
| <b>B DESCRIZIONE DEL LUOGO DELL' EVENTO</b>   |   |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2"><b>B1 Caratteristiche della zona di distacco</b></td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>B1.1-Esposizione:</b></td> </tr> <tr> <td>1 <input type="checkbox"/> N</td> <td>2 <input type="checkbox"/> NE</td> </tr> <tr> <td>3 <input type="checkbox"/> E</td> <td>4 <input type="checkbox"/> SE</td> </tr> <tr> <td>5 <input type="checkbox"/> S</td> <td>6 <input type="checkbox"/> SO</td> </tr> <tr> <td>7 <input type="checkbox"/> O</td> <td>8 <input type="checkbox"/> NO</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>B1.2-Morfologia:</b></td> </tr> <tr> <td>versante aperto</td> <td>1 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>canalone</td> <td>2 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>B1.3-Ubicazione:</b></td> </tr> <tr> <td>in prossimità delle creste</td> <td>1 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>sopra il limite del bosco</td> <td>2 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>sotto il limite del bosco</td> <td>3 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>B1.4-Suolo e soprassuolo:</b></td> </tr> <tr> <td>roccia</td> <td>1 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>ghiaione</td> <td>2 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>ghiacciaio</td> <td>3 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>prato o pascolo</td> <td>4 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>arbusteto - ontaneto - mugheto</td> <td>5 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>bosco di latifoglie</td> <td>6 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>bosco di conifere</td> <td>7 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>B2 Zona di scorrimento</b></td> </tr> <tr> <td>versante aperto</td> <td>1 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>canalone</td> <td>2 <input type="checkbox"/></td> </tr> </table> | <b>B1 Caratteristiche della zona di distacco</b>      |  | <b>B1.1-Esposizione:</b> |  | 1 <input type="checkbox"/> N | 2 <input type="checkbox"/> NE | 3 <input type="checkbox"/> E | 4 <input type="checkbox"/> SE | 5 <input type="checkbox"/> S | 6 <input type="checkbox"/> SO | 7 <input type="checkbox"/> O | 8 <input type="checkbox"/> NO | <b>B1.2-Morfologia:</b> |  | versante aperto | 1 <input type="checkbox"/> | canalone | 2 <input type="checkbox"/> | <b>B1.3-Ubicazione:</b> |  | in prossimità delle creste | 1 <input type="checkbox"/> | sopra il limite del bosco | 2 <input type="checkbox"/> | sotto il limite del bosco | 3 <input type="checkbox"/> | <b>B1.4-Suolo e soprassuolo:</b> |  | roccia | 1 <input type="checkbox"/> | ghiaione | 2 <input type="checkbox"/> | ghiacciaio | 3 <input type="checkbox"/> | prato o pascolo | 4 <input type="checkbox"/> | arbusteto - ontaneto - mugheto | 5 <input type="checkbox"/> | bosco di latifoglie | 6 <input type="checkbox"/> | bosco di conifere | 7 <input type="checkbox"/> | <b>B2 Zona di scorrimento</b> |  | versante aperto | 1 <input type="checkbox"/> | canalone | 2 <input type="checkbox"/> | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2"><b>B3 Caratteristiche della zona di deposito</b></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">(massimo due risposte)</td> </tr> <tr> <td>località _____</td> <td></td> </tr> <tr> <td>lungo il versante/canalone</td> <td>1 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>alla base del versante/canalone</td> <td>2 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>in area pianeggiante</td> <td>3 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>sul versante opposto</td> <td>4 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>nel bosco</td> <td>5 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>in zone edificate</td> <td>6 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>in zone presidiate da opere di difesa</td> <td>7 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>a metri _____ da _____</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>B4 Sistemi di difesa esistenti</b></td> </tr> <tr> <td>nessuno</td> <td>1 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>sistemi artificiali di distacco</td> <td>2 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>opere attive (stabilizzazione del manto)</td> <td>3 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>opere passive (deviazione/contenimento della valanga)</td> <td>4 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>semafori da valanga</td> <td>5 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>tipo: _____</td> <td></td> </tr> <tr> <td>_____</td> <td></td> </tr> </table> | <b>B3 Caratteristiche della zona di deposito</b> |  | (massimo due risposte) |  | località _____ |  | lungo il versante/canalone | 1 <input type="checkbox"/> | alla base del versante/canalone | 2 <input type="checkbox"/> | in area pianeggiante | 3 <input type="checkbox"/> | sul versante opposto | 4 <input type="checkbox"/> | nel bosco | 5 <input type="checkbox"/> | in zone edificate | 6 <input type="checkbox"/> | in zone presidiate da opere di difesa | 7 <input type="checkbox"/> | a metri _____ da _____ |  | <b>B4 Sistemi di difesa esistenti</b> |  | nessuno | 1 <input type="checkbox"/> | sistemi artificiali di distacco | 2 <input type="checkbox"/> | opere attive (stabilizzazione del manto) | 3 <input type="checkbox"/> | opere passive (deviazione/contenimento della valanga) | 4 <input type="checkbox"/> | semafori da valanga | 5 <input type="checkbox"/> | tipo: _____ |  | _____ |  |
| <b>B1 Caratteristiche della zona di distacco</b>  |   |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| <b>B1.1-Esposizione:</b>  |   |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| 1 <input type="checkbox"/> N  | 2 <input type="checkbox"/> NE                         |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| 3 <input type="checkbox"/> E  | 4 <input type="checkbox"/> SE                         |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| 5 <input type="checkbox"/> S  | 6 <input type="checkbox"/> SO                         |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| 7 <input type="checkbox"/> O  | 8 <input type="checkbox"/> NO                         |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| <b>B1.2-Morfologia:</b>   |   |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| versante aperto   | 1 <input type="checkbox"/>                            |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| canalone  | 2 <input type="checkbox"/>                            |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| <b>B1.3-Ubicazione:</b>   |   |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| in prossimità delle creste  | 1 <input type="checkbox"/>                            |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| sopra il limite del bosco   | 2 <input type="checkbox"/>                            |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| sotto il limite del bosco   | 3 <input type="checkbox"/>                            |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| <b>B1.4-Suolo e soprassuolo:</b>  |   |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| roccia  | 1 <input type="checkbox"/>                            |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| ghiaione  | 2 <input type="checkbox"/>                            |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| ghiacciaio  | 3 <input type="checkbox"/>                            |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| prato o pascolo   | 4 <input type="checkbox"/>                            |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| arbusteto - ontaneto - mugheto  | 5 <input type="checkbox"/>                            |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| bosco di latifoglie   | 6 <input type="checkbox"/>                            |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| bosco di conifere   | 7 <input type="checkbox"/>                            |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| <b>B2 Zona di scorrimento</b>   |   |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| versante aperto   | 1 <input type="checkbox"/>                            |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| canalone  | 2 <input type="checkbox"/>                            |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| <b>B3 Caratteristiche della zona di deposito</b>  |   |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| (massimo due risposte)  |   |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| località _____  |   |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| lungo il versante/canalone  | 1 <input type="checkbox"/>                            |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| alla base del versante/canalone   | 2 <input type="checkbox"/>                            |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| in area pianeggiante  | 3 <input type="checkbox"/>                            |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| sul versante opposto  | 4 <input type="checkbox"/>                            |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| nel bosco   | 5 <input type="checkbox"/>                            |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| in zone edificate   | 6 <input type="checkbox"/>                            |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| in zone presidiate da opere di difesa   | 7 <input type="checkbox"/>                            |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| a metri _____ da _____  |   |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| <b>B4 Sistemi di difesa esistenti</b>   |   |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| nessuno   | 1 <input type="checkbox"/>                            |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| sistemi artificiali di distacco   | 2 <input type="checkbox"/>                            |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| opere attive (stabilizzazione del manto)  | 3 <input type="checkbox"/>                            |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| opere passive (deviazione/contenimento della valanga)   | 4 <input type="checkbox"/>                            |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| semafori da valanga   | 5 <input type="checkbox"/>                            |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| tipo: _____   |   |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| _____   |   |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| <b>C UBICAZIONE CARTOGRAFICA</b>  |   |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| Carta tecnica provinciale o regionale numero: _____   | Coordinate UTM del punto massimo al distacco<br>_____ |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| Tavoletta IGM numero: _____   | Coordinate UTM del punto minimo all' arresto<br>_____ |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| <b>D NOTE:</b> (descrizione degli allegati, foto, riferimenti al mod. 8, istruzioni alle vie di comunicazione, ecc...)  |   |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| <hr/> <hr/> <hr/>   |   |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| <b>E DATI DEL RILEVATORE</b>  |   |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| Nome _____  | Data del rilevamento: _____                           |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| Cognome _____   |   |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| Qualifica _____   |   |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |
| Ente di appartenenza _____  | firma _____   |  |                          |  |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                              |                               |                         |  |                 |                            |          |                            |                         |  |                            |                            |                           |                            |                           |                            |                                  |  |        |                            |          |                            |            |                            |                 |                            |                                |                            |                     |                            |                   |                            |                               |  |                 |                            |          |                            |   |  |  |                        |  |                |  |                            |                            |                                 |                            |                      |                            |                      |                            |           |                            |                   |                            |                                       |                            |                        |  |                                       |  |         |                            |                                 |                            |  |                            |   |                            |                     |                            |             |  |       |  |

Ed. 1995

Figura B. 6 Modello 7 A.I.Ne.Va pagina 2 [8].

| GRUPPO 9 DATI METEOROLOGICI   |  | GRUPPO 8 DATI NIVOMETRICI   |  |   |  |   |   |        |                    |                       |             |             |                               |                          |                                     |             |             |                   |                           |  |             |             |                                    |                   |   |             |             |                       |                  |   |             |             |                              |                            |                  |              |             |                       |
|---|--|---|--|---|--|---|---|--------|--------------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|-------------|-------------|-------------------|---------------------------|--|-------------|-------------|------------------------------------|-------------------|---|-------------|-------------|-----------------------|------------------|---|-------------|-------------|------------------------------|----------------------------|------------------|--------------|-------------|-----------------------|
| <p><b>CONDIZIONI DEL TEMPO</b><br/><i>WW</i></p> <p>00 nessuno dei fenomeni seguenti sulla stazione al momento dell'osservazione</p> <p>14 precipitazioni all'orizzonte (pioggia, neve, grandine, temporali) ma non sulla stazione</p> <p>36 scacciate (tormenta) sulla stazione</p> <p><i>nebbia</i></p> <p>44 nebbia con cielo visibile</p> <p>45 nebbia con cielo non visibile</p> <p><i>pioggia</i></p> <p>60 pioggia debole intermittente</p> <p>61 pioggia debole continua (senza interruzione dopo l'inizio)</p> <p>63 pioggia moderata</p> <p>65 pioggia forte</p> <p>67 pioggia che gela</p> <p>69 pioggia mista a neve</p> <p>81 rovescio di pioggia</p> <p><i>neve</i></p> <p>70 nevicata debole intermittente</p> <p>71 nevicata debole continua (senza interruzione dopo l'inizio)</p> <p>73 nevicata moderata</p> <p>75 nevicata forte</p> <p>84 rovescio di neve mista a pioggia</p> <p><i>temporale</i></p> <p>95 temporale con pioggia o neve</p> <p>96 temporale con grandine o neve paltoniera</p> | <p><b>NUVOLOSITA'</b><br/><i>N</i></p> <p>0 sereno 0/8</p> <p>1 quasi sereno 1/8</p> <p>2 quasi sereno 2/8</p> <p>3 poco nuvoloso 3/8</p> <p>4 nuvoloso 4/8</p> <p>5 nuvoloso 5/8</p> <p>6 molto nuvoloso 6/8</p> <p>7 quasi coperto 7/8</p> <p>8 completamente coperto 8/8</p> <p>/ nuvolosità non rilevabile</p> | <p><b>VISIBILITA'</b><br/><i>V</i></p> <p>1 cattiva meno di 1000 m</p> <p>2 mediocre da 1000 a 4000 m</p> <p>3 buona da 4000 a 10.000 m</p> <p>4 ottima oltre 10.000 m</p> <p>/ non rilevante</p>   | <p><b>TEMPERATURA ARIA</b><br/><i>Ta</i></p> <p>Si misura all'ombra a circa 1,5 m dalla superficie. Per temperature negative si aggiunge il valore 50. Alcuni esempi:</p> <p>-5,00° = 55 +0,00° = 00</p> <p>-5,30° = 55 +1,20° = 01</p> <p>-12,70° = 53 +1,80° = 02</p> <p>Rilievo non possibile = //</p> <p>Casi particolari da 0,0° fino a +0,4° si cifra 00, da -0,1° fino a -0,4° si cifra 50.</p> <p>PRECAUZIONI: evitare di influenzare con il nostro calore il sensore (bollo o sonda); mani quantate, tenere lontano dal corpo, non allineare sul sensore inoltre effettuare la lettura con il sensore all'ombra. Se si usa il termometro a fondo, questo va fatto ruotare per almeno 4 minuti.</p> <p><b>Tmin - Tmax</b></p> <p>Temperature estreme dell'aria registrate nelle 24 ore precedenti e lette sul termometro di minima e massima.</p> <p>Si codificano come la temperatura dell'aria Ta. Il rilievo non possibile si codifica con //</p> | <p><b>TEMPERATURA DELLA NEVE</b><br/><i>TH-0.1, TH-0.3</i></p> <p>Temperature della neve rilevate a 10 e a 30 cm sotto la superficie del manto nevoso. Poiché le temperature sono negative si aggiunge il valore 50 come per la temperatura dell'aria Ta. Scavata una buca, si provvederà ad effettuare le misure sulla parete in ombra, provvedendo, in caso di neve dura, a predisporre con una matita, la sede per i termometri a mercurio. Nel caso di spessori inferiori al minimo previsto (10 o 30 cm) o con rilievo impossibile si codifica // uno o entrambi</p> | <p><b>ALTEZZA DEL MANTO NEVOSO</b><br/><i>HS</i></p> <p>Viene letta sull'asta nivometrica e codificata in centimetri.</p> <p>Esempi:</p> <p>5 cm = 005</p> <p>8,3 cm = 008</p> <p>120 cm = 120</p> | <p><b>ALTEZZA DELLA NEVE FRESCA</b><br/><i>HN</i></p> <p>Neve fresca caduta fra due osservazioni successive e misurata sulla tavoletta. La tavoletta va ripulita dopo ogni misura. Esempi:</p> <p>20 cm = 020</p> <p>120 cm = 120</p> <p>meno di 0,5 cm (tracce) = 999</p> <p>Rilievo non possibile = //</p> <p>Se nelle ore precedenti è piovuto sulla neve, la prima cifra del gruppo sarà 8. Esempi:</p> <p>pioggia su 40 cm di neve fresca = 840</p> <p>con meno di 0,5 cm (tracce) = 899</p> <p>con più di 98 cm di neve fresca = 811</p> <p>Il valore si indicherà nel testo in chiaro assenza di neve fresca ma piove sulla neve = 800</p> | <p><b>DENSITA' DELLA NEVE</b><br/><i>p</i></p> <p>Misura della densità della neve fresca caduta fra due osservazioni successive e misurata sulla tavoletta. Misura orizzontale con HN &gt; 6 cm; misura verticale con HN &lt; 6 cm (caricatore con g = 6 cm e h = 20 cm). Con grandi spessori il campione si preleva al terzo inferiore dello spessore. Se si pesa anche il carotatore ricordarsi di sottrarre la tara.</p> <p>Misura orizzontale: il valore si moltiplica per 2 e si codifica con tre cifre.</p> <p>Esempi:</p> <p>peso 45 g x 2 = 090</p> <p>peso 70 g x 2 = 140</p> <p>Misura verticale: p = PV x L/h</p> <p>Assenza di nuova neve nelle ultime 24 ore codifica = 000</p> <p>Rilievo non possibile codifica = //</p> |        |                    |                       |             |             |                               |                          |                                     |             |             |                   |                           |  |             |             |                                    |                   |   |             |             |                       |                  |   |             |             |                              |                            |                  |              |             |                       |
| <p><b>VENTO IN QUOTA</b><br/><i>VQ</i></p> <p><b>Tipo e attività del vento</b></p> <p>0 attività eolica nulla</p> <p>1 form</p> <p>2 attività eolica con formazione di accumuli e cornici</p> <p>3 forte attività eolica (grandi accumuli e cornici)</p> <p>4 attività eolica senza trasporto</p> <p>/ non rilevabile</p> <p><b>Localizzazione dei fenomeni</b></p> <p>0 nessun accumulo o cornice</p> <p>1 prevalentemente sui versanti settentrionali</p> <p>2 prevalentemente sui versanti orientali</p> <p>3 prevalentemente sui versanti meridionali</p> <p>4 prevalentemente sui versanti occidentali</p> <p>5 su tutti i versanti</p> <p>/ non rilevabile</p>  |  | <p><b>SERVIZI VALANGHE AINEVA NELL'ARCO ALPINO</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Regione Aut. Friuli V.G.</th> <th>Ufficio Valanghe</th> <th>Telefono</th> <th>Fax</th> <th>e-mail</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Regione del Veneto</td> <td>ARPAV Centro Valanghe</td> <td>0432 550877</td> <td>0432 485782</td> <td>info.valanghe@arparv.it,lv.it</td> </tr> <tr> <td>Provincia Aut. di Trento</td> <td>Ufficio Previsioni e Organizzazione</td> <td>0461 994877</td> <td>0461 994877</td> <td>co@arpa.veneto.it</td> </tr> <tr> <td>Provincia Aut. di Belluno</td> <td>Ufficio Idrografico, Serv. Previsione Valanghe e Serv. Meteo</td> <td>0471 414740</td> <td>0471 414779</td> <td>ufficio.previsione@provincia.tn.it</td> </tr> <tr> <td>Regione Lombardia</td> <td>ARPA Lombardia Centro Nivometeorologica</td> <td>0342 914400</td> <td>0342 905133</td> <td>hydro@provincia.bz.it</td> </tr> <tr> <td>Regione Piemonte</td> <td>ARPA Piemonte - Area Previsione e Monitoraggio Ambientale</td> <td>011 2162200</td> <td>011 3161709</td> <td>giannetti@arpar Lombardia.it</td> </tr> <tr> <td>Regione Aut. Valle d'Aosta</td> <td>Ufficio Valanghe</td> <td>0105 776000*</td> <td>0105 776904</td> <td>sc05@arpa.piemonte.it</td> </tr> </tbody> </table> |  | Regione Aut. Friuli V.G.  | Ufficio Valanghe   | Telefono  | Fax   | e-mail | Regione del Veneto | ARPAV Centro Valanghe | 0432 550877 | 0432 485782 | info.valanghe@arparv.it,lv.it | Provincia Aut. di Trento | Ufficio Previsioni e Organizzazione | 0461 994877 | 0461 994877 | co@arpa.veneto.it | Provincia Aut. di Belluno | Ufficio Idrografico, Serv. Previsione Valanghe e Serv. Meteo | 0471 414740 | 0471 414779 | ufficio.previsione@provincia.tn.it | Regione Lombardia | ARPA Lombardia Centro Nivometeorologica | 0342 914400 | 0342 905133 | hydro@provincia.bz.it | Regione Piemonte | ARPA Piemonte - Area Previsione e Monitoraggio Ambientale | 011 2162200 | 011 3161709 | giannetti@arpar Lombardia.it | Regione Aut. Valle d'Aosta | Ufficio Valanghe | 0105 776000* | 0105 776904 | sc05@arpa.piemonte.it |
| Regione Aut. Friuli V.G.  | Ufficio Valanghe   | Telefono  | Fax  | e-mail  |  |   |   |        |                    |                       |             |             |                               |                          |                                     |             |             |                   |                           |  |             |             |                                    |                   |   |             |             |                       |                  |   |             |             |                              |                            |                  |              |             |                       |
| Regione del Veneto  | ARPAV Centro Valanghe  | 0432 550877   | 0432 485782  | info.valanghe@arparv.it,lv.it   |  |   |   |        |                    |                       |             |             |                               |                          |                                     |             |             |                   |                           |  |             |             |                                    |                   |   |             |             |                       |                  |   |             |             |                              |                            |                  |              |             |                       |
| Provincia Aut. di Trento  | Ufficio Previsioni e Organizzazione  | 0461 994877   | 0461 994877  | co@arpa.veneto.it   |  |   |   |        |                    |                       |             |             |                               |                          |                                     |             |             |                   |                           |  |             |             |                                    |                   |   |             |             |                       |                  |   |             |             |                              |                            |                  |              |             |                       |
| Provincia Aut. di Belluno   | Ufficio Idrografico, Serv. Previsione Valanghe e Serv. Meteo   | 0471 414740   | 0471 414779  | ufficio.previsione@provincia.tn.it  |  |   |   |        |                    |                       |             |             |                               |                          |                                     |             |             |                   |                           |  |             |             |                                    |                   |   |             |             |                       |                  |   |             |             |                              |                            |                  |              |             |                       |
| Regione Lombardia   | ARPA Lombardia Centro Nivometeorologica  | 0342 914400   | 0342 905133  | hydro@provincia.bz.it   |  |   |   |        |                    |                       |             |             |                               |                          |                                     |             |             |                   |                           |  |             |             |                                    |                   |   |             |             |                       |                  |   |             |             |                              |                            |                  |              |             |                       |
| Regione Piemonte  | ARPA Piemonte - Area Previsione e Monitoraggio Ambientale  | 011 2162200   | 011 3161709  | giannetti@arpar Lombardia.it  |  |   |   |        |                    |                       |             |             |                               |                          |                                     |             |             |                   |                           |  |             |             |                                    |                   |   |             |             |                       |                  |   |             |             |                              |                            |                  |              |             |                       |
| Regione Aut. Valle d'Aosta  | Ufficio Valanghe   | 0105 776000*  | 0105 776904  | sc05@arpa.piemonte.it   |  |   |   |        |                    |                       |             |             |                               |                          |                                     |             |             |                   |                           |  |             |             |                                    |                   |   |             |             |                       |                  |   |             |             |                              |                            |                  |              |             |                       |
| <p><b>ASSOCIAZIONE INTERREGIONALE di coordinamento e documentazione per i problemi inerenti alla neve e alle valanghe</b></p> <p>TRENTO, Vicolo dell'Adige 18<br/>Tel. 0461 230305 - Fax 0461 232225<br/>www.aineva.it - aineva@aineva.it</p>   |  | <p><b>GRUPPO 9 DATI METEOROLOGICI</b></p>   |  |   |  |   |   |        |                    |                       |             |             |                               |                          |                                     |             |             |                   |                           |  |             |             |                                    |                   |   |             |             |                       |                  |   |             |             |                              |                            |                  |              |             |                       |

Figura B. 7 Legenda simboli Modelli A.I.Ne.Va pagina 1 [8].

|   |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
|---|--|---|---|---|---|--|--|---|---|------------------------------|---|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------------|---|----------------------------------|-------------|---------------------|-------------------------|-------------|--------------------|
| <b>GRUPPO 8 DATI NIVOMETRICI</b><br><b>PENETRAZIONE DELLA SONDA</b><br><i>PR</i><br>Affondamento del primo metro della sonda (con asta di lancio) ripoggiata sulla superficie e lasciata affondare per proprio peso. Il valore è in cm e indicato con 3 cifre. Esempi:<br>affondamento 0 cm = 000<br>affondamento 45 cm = 045   |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| <b>STRATO SUPERFICIALE</b><br><i>CS</i><br>Caratteristiche dello strato superficiale del manto nevoso<br><table border="0"> <tr> <td><b>Neve asciutta</b></td> <td></td> <td><b>Neve bagnata</b></td> </tr> <tr> <td>11 strato a debole coesione</td> <td></td> <td>21</td> </tr> <tr> <td>12 crosta da fusione e rigelo portante*</td> <td></td> <td>22</td> </tr> <tr> <td>13 crosta da fusione e rigelo non portante*</td> <td></td> <td>23</td> </tr> <tr> <td>14 crosta da vento portante*</td> <td></td> <td>24</td> </tr> <tr> <td>15 crosta da vento non portante*</td> <td></td> <td>25</td> </tr> </table> * portante = sopporta il peso di una persona a piedi/  |  | <b>Neve asciutta</b>                            |   | <b>Neve bagnata</b>   | 11 strato a debole coesione   |  | 21   | 12 crosta da fusione e rigelo portante*   |   | 22                           | 13 crosta da fusione e rigelo non portante*                                 |                             | 23                           | 14 crosta da vento portante* |                                  | 24  | 15 crosta da vento non portante* |             | 25                  |                         |             |                    |
| <b>Neve asciutta</b>  |  | <b>Neve bagnata</b>                             |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 11 strato a debole coesione   |  | 21  |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 12 crosta da fusione e rigelo portante*   |  | 22  |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 13 crosta da fusione e rigelo non portante*   |  | 23  |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 14 crosta da vento portante*  |  | 24  |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 15 crosta da vento non portante*  |  | 25  |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| <b>RUGOSITA' SUPERFICIALE</b><br><i>S</i><br>Aspetto predominante dello strato superficiale<br><table border="0"> <tr> <td>1 liscia</td> <td></td> <td>2 ondulata</td> </tr> <tr> <td>3 solchi oniravi</td> <td></td> <td>4 solchi onnessi</td> </tr> <tr> <td>5 solchi irregolari</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>  |  | 1 liscia  |   | 2 ondulata  | 3 solchi oniravi  |  | 4 solchi onnessi   | 5 solchi irregolari                       |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 1 liscia  |  | 2 ondulata                                      |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 3 solchi oniravi  |  | 4 solchi onnessi                                |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 5 solchi irregolari   |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| <b>BRIMA DI SUPERFICIE</b><br><i>B</i><br><table border="0"> <tr> <td>0 assente</td> </tr> <tr> <td>1 brina di superficie di nuova formazione con spessore 2 cm</td> </tr> <tr> <td>2 brina già segnalata ed in fase di sviluppo maggiore di 2 cm</td> </tr> <tr> <td>3 strato di brina di superficie invariato</td> </tr> </table>   |  | 0 assente                                       | 1 brina di superficie di nuova formazione con spessore 2 cm                             | 2 brina già segnalata ed in fase di sviluppo maggiore di 2 cm | 3 strato di brina di superficie invariato   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 0 assente   |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 1 brina di superficie di nuova formazione con spessore 2 cm   |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 2 brina già segnalata ed in fase di sviluppo maggiore di 2 cm   |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 3 strato di brina di superficie invariato   |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| <b>INFORMAZIONI NIVOMETEOROLOGICHE</b><br><table border="0"> <tr> <td>Reg. Aut. Friuli V.G.</td> <td>800 860377 (in voce e nell'fax)</td> <td>www.regione.fvg.it/valanghe/valanghe.htm</td> </tr> <tr> <td>Reg. del Veneto</td> <td>0426 720007 nell'fax 0426 780008/78271 fax 0426 780009</td> <td>www.provincia.veneto.it/vald</td> </tr> <tr> <td>Prov. Aut. di Trento</td> <td>0461 238388 nell'fax 0461 237598</td> <td>www.provincia.tn.it</td> </tr> <tr> <td>Prov. Aut. di Bolzano</td> <td>0471 271177 fax 0471 270555</td> <td>www.provincia.bz.it/valanghe</td> </tr> <tr> <td>Reg. Lombardia</td> <td>0488 371777 (in voce e nell'fax)</td> <td>www.regione.lombardia.it/ministero/valanghe.htm</td> </tr> <tr> <td>Reg. Piemonte</td> <td>011 3185555</td> <td>www.rpa.piemonte.it</td> </tr> <tr> <td>Reg. Aut. Valle d'Aosta</td> <td>0165 778390</td> <td>www.regione.vda.it</td> </tr> </table>  |  | Reg. Aut. Friuli V.G.                           | 800 860377 (in voce e nell'fax)   | www.regione.fvg.it/valanghe/valanghe.htm                      | Reg. del Veneto   | 0426 720007 nell'fax 0426 780008/78271 fax 0426 780009 | www.provincia.veneto.it/vald   | Prov. Aut. di Trento                      | 0461 238388 nell'fax 0461 237598  | www.provincia.tn.it          | Prov. Aut. di Bolzano   | 0471 271177 fax 0471 270555 | www.provincia.bz.it/valanghe | Reg. Lombardia               | 0488 371777 (in voce e nell'fax) | www.regione.lombardia.it/ministero/valanghe.htm | Reg. Piemonte                    | 011 3185555 | www.rpa.piemonte.it | Reg. Aut. Valle d'Aosta | 0165 778390 | www.regione.vda.it |
| Reg. Aut. Friuli V.G.   | 800 860377 (in voce e nell'fax)                        | www.regione.fvg.it/valanghe/valanghe.htm        |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| Reg. del Veneto   | 0426 720007 nell'fax 0426 780008/78271 fax 0426 780009 | www.provincia.veneto.it/vald                    |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| Prov. Aut. di Trento  | 0461 238388 nell'fax 0461 237598                       | www.provincia.tn.it                             |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| Prov. Aut. di Bolzano   | 0471 271177 fax 0471 270555                            | www.provincia.bz.it/valanghe                    |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| Reg. Lombardia  | 0488 371777 (in voce e nell'fax)                       | www.regione.lombardia.it/ministero/valanghe.htm |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| Reg. Piemonte   | 011 3185555  | www.rpa.piemonte.it                             |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| Reg. Aut. Valle d'Aosta   | 0165 778390  | www.regione.vda.it                              |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| <b>GRUPPO 7</b> Valanghe visibili nel campo di riferimento, comprese quelle verificatesi in zona, non visibili, ma accertate.<br><b>VALANGHE OSSERVATE NELLE ULTIME 24 ORE</b><br><b>NUMERO E MOLE DELLE VALANGHE OSSERVATE</b><br><i>L1</i><br><table border="0"> <tr> <td>0 nessuna valanga</td> </tr> <tr> <td>1 piccole valanghe spontanee (scaricamenti)</td> </tr> <tr> <td>2 valanghe spontanee di media grandezza</td> </tr> <tr> <td>3 medie valanghe spontanee di media grandezza</td> </tr> <tr> <td>4 singole grandi valanghe spontanee</td> </tr> <tr> <td>5 numerose grandi valanghe</td> </tr> <tr> <td>7 attività valanghiva non accertabile</td> </tr> </table>  |  | 0 nessuna valanga                               | 1 piccole valanghe spontanee (scaricamenti)   | 2 valanghe spontanee di media grandezza                       | 3 medie valanghe spontanee di media grandezza   | 4 singole grandi valanghe spontanee                    | 5 numerose grandi valanghe   | 7 attività valanghiva non accertabile     |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 0 nessuna valanga   |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 1 piccole valanghe spontanee (scaricamenti)   |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 2 valanghe spontanee di media grandezza   |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 3 medie valanghe spontanee di media grandezza   |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 4 singole grandi valanghe spontanee   |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 5 numerose grandi valanghe  |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 7 attività valanghiva non accertabile   |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| <b>ESPOSIZIONE DEI PENDII</b><br><i>L3</i><br><table border="0"> <tr> <td>0 nessuna valanga</td> </tr> <tr> <td>1 pendii esposti ai quadranti settentrionali</td> </tr> <tr> <td>2 pendii esposti ai quadranti orientali</td> </tr> <tr> <td>3 pendii esposti ai quadranti meridionali</td> </tr> <tr> <td>4 pendii esposti ai quadranti occidentali</td> </tr> <tr> <td>5 pendii esposti decisamente all'ombra</td> </tr> <tr> <td>6 pendii esposti decisamente al sole</td> </tr> <tr> <td>7 pendii in tutte le esposizioni</td> </tr> <tr> <td>8 pendii al riparo dai venti</td> </tr> <tr> <td>9 non accertabile</td> </tr> </table>  |  | 0 nessuna valanga                               | 1 pendii esposti ai quadranti settentrionali  | 2 pendii esposti ai quadranti orientali                       | 3 pendii esposti ai quadranti meridionali   | 4 pendii esposti ai quadranti occidentali              | 5 pendii esposti decisamente all'ombra   | 6 pendii esposti decisamente al sole      | 7 pendii in tutte le esposizioni  | 8 pendii al riparo dai venti | 9 non accertabile   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 0 nessuna valanga   |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 1 pendii esposti ai quadranti settentrionali  |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 2 pendii esposti ai quadranti orientali   |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 3 pendii esposti ai quadranti meridionali   |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 4 pendii esposti ai quadranti occidentali   |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 5 pendii esposti decisamente all'ombra  |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 6 pendii esposti decisamente al sole  |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 7 pendii in tutte le esposizioni  |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 8 pendii al riparo dai venti  |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 9 non accertabile   |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| <b>PERIODI DEL DISTACCO</b><br><i>L5</i><br><table border="0"> <tr> <td>0 nessuna valanga</td> </tr> <tr> <td>1 tra le 07 e le 11</td> </tr> <tr> <td>2 tra le 11 e le 16</td> </tr> <tr> <td>3 tra le 16 e le 20</td> </tr> <tr> <td>4 durante l'intero arco diurno (ore 07-20)</td> </tr> <tr> <td>5 durante l'intero arco notturno (ore 20-07)</td> </tr> <tr> <td>6 durante l'intero arco delle 24 ore</td> </tr> <tr> <td>7 periodo non accertato</td> </tr> </table>  |  | 0 nessuna valanga                               | 1 tra le 07 e le 11   | 2 tra le 11 e le 16   | 3 tra le 16 e le 20   | 4 durante l'intero arco diurno (ore 07-20)             | 5 durante l'intero arco notturno (ore 20-07)   | 6 durante l'intero arco delle 24 ore      | 7 periodo non accertato   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 0 nessuna valanga   |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 1 tra le 07 e le 11   |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 2 tra le 11 e le 16   |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 3 tra le 16 e le 20   |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 4 durante l'intero arco diurno (ore 07-20)  |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 5 durante l'intero arco notturno (ore 20-07)  |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 6 durante l'intero arco delle 24 ore  |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 7 periodo non accertato   |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| <b>TIPO DI VALANGHE OSSERVATE</b><br><i>L2</i><br><table border="0"> <tr> <td>0 nessuna valanga</td> </tr> <tr> <td>1 valanghe a bastoni di superficie</td> </tr> <tr> <td>2 valanghe a bastoni di fondo</td> </tr> <tr> <td>3 valanghe di neve a debole coesione di superficie</td> </tr> <tr> <td>4 valanghe di neve a debole coesione di fondo</td> </tr> <tr> <td>5 i due tipi di valanghe di neve di superficie</td> </tr> <tr> <td>6 i due tipi di valanghe di neve di fondo</td> </tr> <tr> <td>7 caratteristiche non accertabili</td> </tr> </table>  |  | 0 nessuna valanga                               | 1 valanghe a bastoni di superficie  | 2 valanghe a bastoni di fondo                                 | 3 valanghe di neve a debole coesione di superficie  | 4 valanghe di neve a debole coesione di fondo          | 5 i due tipi di valanghe di neve di superficie   | 6 i due tipi di valanghe di neve di fondo | 7 caratteristiche non accertabili   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 0 nessuna valanga   |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 1 valanghe a bastoni di superficie  |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 2 valanghe a bastoni di fondo   |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 3 valanghe di neve a debole coesione di superficie  |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 4 valanghe di neve a debole coesione di fondo   |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 5 i due tipi di valanghe di neve di superficie  |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 6 i due tipi di valanghe di neve di fondo   |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 7 caratteristiche non accertabili   |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| <b>ALTITUDINE ZONE DI DISTACCO</b><br><i>L4</i><br><table border="0"> <tr> <td>0 nessuna valanga</td> </tr> <tr> <td>1 sotto i 1000 m</td> </tr> <tr> <td>2 tra i 1000 e i 1500 m</td> </tr> <tr> <td>3 sotto i 1500 m</td> </tr> <tr> <td>4 tra i 1500 e i 2000 m</td> </tr> <tr> <td>5 sotto i 2000 m</td> </tr> <tr> <td>6 tra i 1800 e i 2300 m</td> </tr> <tr> <td>7 tra i 2300 e i 2800 m</td> </tr> <tr> <td>8 sopra i 2800 m</td> </tr> <tr> <td>9 diverse altitudini</td> </tr> <tr> <td>0 non accertabile</td> </tr> </table>   |  | 0 nessuna valanga                               | 1 sotto i 1000 m  | 2 tra i 1000 e i 1500 m                                       | 3 sotto i 1500 m  | 4 tra i 1500 e i 2000 m                                | 5 sotto i 2000 m   | 6 tra i 1800 e i 2300 m                   | 7 tra i 2300 e i 2800 m   | 8 sopra i 2800 m             | 9 diverse altitudini  | 0 non accertabile           |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 0 nessuna valanga   |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 1 sotto i 1000 m  |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 2 tra i 1000 e i 1500 m   |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 3 sotto i 1500 m  |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 4 tra i 1500 e i 2000 m   |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 5 sotto i 2000 m  |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 6 tra i 1800 e i 2300 m   |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 7 tra i 2300 e i 2800 m   |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 8 sopra i 2800 m  |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 9 diverse altitudini  |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 0 non accertabile   |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| <b>VALANGHE PROVOCATE</b><br><i>L6</i><br><table border="0"> <tr> <td>0 nessuna valanga provocata</td> </tr> <tr> <td>1 valanghe provocate da un gruppo numeroso</td> </tr> <tr> <td>2 valanghe provocate da un singolo sciatore</td> </tr> <tr> <td>3 nessun distacco</td> </tr> <tr> <td>4 sì, con piccole e medie valanghe</td> </tr> <tr> <td>5 sì, con grandi valanghe</td> </tr> <tr> <td>6 distacco con mezza battipista</td> </tr> <tr> <td>7 distacchi non rilevabili</td> </tr> </table>  |  | 0 nessuna valanga provocata                     | 1 valanghe provocate da un gruppo numeroso  | 2 valanghe provocate da un singolo sciatore                   | 3 nessun distacco   | 4 sì, con piccole e medie valanghe                     | 5 sì, con grandi valanghe  | 6 distacco con mezza battipista           | 7 distacchi non rilevabili  |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 0 nessuna valanga provocata   |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 1 valanghe provocate da un gruppo numeroso  |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 2 valanghe provocate da un singolo sciatore   |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 3 nessun distacco   |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 4 sì, con piccole e medie valanghe  |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 5 sì, con grandi valanghe   |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 6 distacco con mezza battipista   |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 7 distacchi non rilevabili  |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| <b>TENDENZA DEL PERICOLO</b><br><i>L8</i><br>Valutazione della tendenza del pericolo nell'area circostante la stazione per le 24 ore successive.<br><table border="0"> <tr> <td>1 pericolo in diminuzione</td> </tr> <tr> <td>2 pericolo costante</td> </tr> <tr> <td>3 pericolo in aumento</td> </tr> </table>   |  | 1 pericolo in diminuzione                       | 2 pericolo costante   | 3 pericolo in aumento   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 1 pericolo in diminuzione   |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 2 pericolo costante   |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 3 pericolo in aumento   |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| <b>GRUPPO 6</b><br><b>PERICOLO DA VALANGHE</b><br><b>PERICOLO DI VALANGHE</b><br><i>L7</i><br>Valutazione del pericolo da valanghe nell'area circostante la stazione sulla base della scala europea<br><table border="0"> <tr> <td>1 <b>DEBOLLE</b></td> </tr> <tr> <td>Il manto nevoso è in generale ben consolidato oppure a debole coesione a senza transiti</td> </tr> <tr> <td>2 <b>MODERATO</b></td> </tr> <tr> <td>Il manto nevoso è moderatamente consolidato su alcuni pendii ripidi, per il resto è ben consolidato</td> </tr> <tr> <td>3 <b>MARCATO</b></td> </tr> <tr> <td>Il manto nevoso presenta un consolidamento da moderato a debole su molti pendii ripidi</td> </tr> <tr> <td>4 <b>FORTE</b></td> </tr> <tr> <td>Il manto nevoso è debole o debole consolidato sulla maggior parte dei pendii ripidi</td> </tr> <tr> <td>5 <b>MOLTO FORTE</b></td> </tr> <tr> <td>Il manto nevoso è in generale debolmente consolidato e per lo più instabile</td> </tr> </table> |  | 1 <b>DEBOLLE</b>                                | Il manto nevoso è in generale ben consolidato oppure a debole coesione a senza transiti | 2 <b>MODERATO</b>   | Il manto nevoso è moderatamente consolidato su alcuni pendii ripidi, per il resto è ben consolidato | 3 <b>MARCATO</b>                                       | Il manto nevoso presenta un consolidamento da moderato a debole su molti pendii ripidi | 4 <b>FORTE</b>                            | Il manto nevoso è debole o debole consolidato sulla maggior parte dei pendii ripidi | 5 <b>MOLTO FORTE</b>         | Il manto nevoso è in generale debolmente consolidato e per lo più instabile |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 1 <b>DEBOLLE</b>  |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| Il manto nevoso è in generale ben consolidato oppure a debole coesione a senza transiti   |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 2 <b>MODERATO</b>   |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| Il manto nevoso è moderatamente consolidato su alcuni pendii ripidi, per il resto è ben consolidato   |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 3 <b>MARCATO</b>  |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| Il manto nevoso presenta un consolidamento da moderato a debole su molti pendii ripidi  |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 4 <b>FORTE</b>  |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| Il manto nevoso è debole o debole consolidato sulla maggior parte dei pendii ripidi   |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| 5 <b>MOLTO FORTE</b>  |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |
| Il manto nevoso è in generale debolmente consolidato e per lo più instabile   |  |   |   |   |   |  |  |   |   |                              |   |                             |                              |                              |                                  |   |                                  |             |                     |                         |             |                    |

Figura B. 8 Legenda simboli Modelli A.I.Ne.Va pagina 2 [8].



**Associazione interregionale di coordinamento e documentazione per i problemi inerenti alla neve e alle valanghe**

TRENTO Vicolo dell'Adipe 18  
 Tel. 0461 230305 - Fax 0461 232225  
 www.aneva.it - aneva@aneva.it

| SCALA EUROPEA DEL PERICOLO DI VALANGHE |   |  |  |
|--|---|--|--|
| Scala del pericolo                     | Probabilità di distacco di valanghe   | Indicazioni per escursionisti, alpinisti e sciatori fuori pista  | Stabilità del manto nevoso   |
| <b>1</b><br><b>DEBOLE</b>              | Il distacco è generalmente possibile solo con un forte sovraccarico su pochissimi pendii e estremi. Sono possibili solo piccole valanghe spontanee.   | <b>Condizioni generalmente sicure per gite sciistiche.</b>   | Il manto nevoso è in generale ben consolidato e stabile.   |
| <b>2</b><br><b>MODERATO</b>            | Il distacco è possibile soprattutto con un forte sovraccarico sui pendii ripidi indicati. Non sono da aspettarsi grandi valanghe spontanee.   | <b>Condizioni favorevoli per gite sciistiche ma occorre considerare adeguatamente locali zone pericolose.</b>                | Il manto nevoso è moderatamente consolidato su alcuni pendii ripidi, per il resto è ben consolidato. |
| <b>3</b><br><b>MARCATO</b>             | Il distacco è possibile con un debole sovraccarico soprattutto sui pendii ripidi indicati, in alcune situazioni sono possibili valanghe spontanee di media grandezza e, in singoli casi, anche grandi valanghe. | <b>Le possibilità per gite sciistiche sono limitate ed è richiesta una buona capacità di valutazione locale.</b>             | Il manto nevoso presenta un consolidamento da moderato a debole su molti pendii ripidi.              |
| <b>4</b><br><b>FORTE</b>               | Il distacco è probabile già con un debole sovraccarico su molti pendii ripidi. In alcune situazioni sono da aspettarsi molte valanghe spontanee di media grandezza e, talvolta, anche grandi valanghe.          | <b>Le possibilità per gite sciistiche sono fortemente limitate ed è richiesta una grande capacità di valutazione locale.</b> | Il manto nevoso è debolmente consolidato sulla maggior parte dei pendii ripidi.                      |
| <b>5</b><br><b>MOLTO FORTE</b>         | Sono da aspettarsi numerose grandi valanghe spontanee, anche su terreno moderatamente ripido.   | <b>Le gite sciistiche non sono generalmente possibili.</b>   | Il manto nevoso è in generale debolmente consolidato e per lo più instabile.                         |

Figura B. 9 Scala europea del pericolo valanghe [13].



## **APPENDICE C**



[27]

**LEGGE PROVINCIALE SUGLI IMPIANTI A FUNE**

**Legge provinciale 21 aprile 1987, n.7**

*Disciplina delle linee funiviarie in servizio pubblico e delle piste da sci*

Art. 6

*Commissione di coordinamento*

1. È istituita una commissione di coordinamento nominata dalla Giunta provinciale e composta da:

- a) il dirigente generale del dipartimento competente in materia di turismo, con funzioni di presidente;
- b) il dirigente della struttura provinciale competente in materia di turismo, con funzioni di vicepresidente;
- c) il dirigente della struttura provinciale competente in materia di impianti a fune;
- d) il dirigente della struttura provinciale competente in materia di foreste e fauna;
- e) il dirigente della struttura provinciale competente in materia di urbanistica e tutela del paesaggio;
- f) il dirigente della struttura provinciale competente in materia geologica;
- g) il dirigente della struttura provinciale competente in materia di prevenzione dal rischio valanghivo;
- h) il dirigente della struttura provinciale competente in materia di utilizzazione delle acque pubbliche;
- i) il dirigente della struttura provinciale competente in materia di bacini montani;
- j) il dirigente della struttura provinciale competente in materia di conservazione della natura e valorizzazione ambientale;
- k) il dirigente della struttura provinciale competente in materia di valutazione ambientale.

2. Funge da segretario un funzionario della struttura provinciale competente in materia di turismo.

3. La commissione è convocata dal presidente, d'ufficio o su richiesta anche di uno solo dei componenti, ed è validamente costituita con la presenza della maggioranza dei suoi componenti. I provvedimenti di autorizzazione previsti dal comma 4 sono deliberati con voto unanime dei presenti.

4. La commissione autorizza:

a) l'esecuzione di lavori su piste esistenti o di nuova realizzazione, comprese le relative opere accessorie e le altre infrastrutture strettamente connesse agli sport invernali, entro i limiti stabiliti dalla Giunta provinciale;

b) l'esecuzione dei lavori conseguenti alla sostituzione o alla modifica delle linee funiviarie e delle relative opere accessorie ritenute non sostanziali secondo quanto disposto dall'articolo 15;

c) l'esecuzione di lavori per la realizzazione di opere di difesa dalle valanghe, entro i limiti stabiliti dalla Giunta provinciale;

d) l'esecuzione dei lavori per la realizzazione o la modifica delle strutture alpinistiche previste dalla legge provinciale 15 marzo 1993, n. 8 (legge provinciale sui rifugi e sui sentieri alpini), comprese le relative opere e infrastrutture accessorie.

5. Ferme restando le procedure in materia di valutazione di incidenza e di valutazione d'impatto ambientale, l'autorizzazione prevista dal comma 4 sostituisce ogni altro provvedimento di competenza provinciale.

6. La commissione esprime pareri relativi a ogni questione in materia di impianti a fune e piste da sci ad essa sottoposta dalla Giunta provinciale o dalle strutture provinciali <sup>(6)</sup>.

#### Art. 7

##### *Idoneità delle aree e misure di difesa dal pericolo valanghe*

1. Le aree e i terreni che interessano, anche indirettamente, la stabilità delle opere e la sicurezza dell'esercizio degli impianti funiviari e delle piste da sci devono essere idonei sotto il profilo idrogeologico e geotecnico ed essere esenti, secondo ragionevoli previsioni, dal pericolo di frane e valanghe, per loro caratteristiche naturali ovvero per effetto dell'adozione di idonee misure strutturali e/o gestionali di difesa. Ferma restando l'applicazione dell'articolo 30

e delle regole dell'arte per quanto riguarda la sicurezza degli impianti a fune rispetto al pericolo di frane, per la difesa di impianti e piste dal pericolo di fenomeni valanghivi si applicano le disposizioni del presente articolo.

2. Ai fini del rilascio e della modifica delle concessioni di linea funiviaria ai sensi degli articoli 13 e 15 nonché ai fini delle autorizzazioni all'apprestamento delle piste da sci ai sensi dell'articolo 34, i progetti relativi alla realizzazione di nuovi impianti a fune e nuove piste da sci ed i progetti relativi alla modifica di quelli esistenti sono corredati da uno specifico piano delle misure per la difesa dal pericolo di valanghe, redatto in conformità alla normativa vigente in materia di impianti funiviari e piste da sci e alle prescrizioni del regolamento di cui al comma 4. Il piano è acquisito agli atti della Provincia. Qualora il piano riguardi la difesa degli impianti a fune, il medesimo deve prevedere interventi di carattere strutturale, eventualmente accompagnati da idonee misure gestionali, e deve essere approvato dalla Giunta provinciale, sentito il parere del servizio prevenzione calamità pubbliche, all'atto del rilascio o della modifica della concessione ai sensi degli articoli 13 e 15. Per l'attivazione delle misure gestionali eventualmente previste dal piano per le piste da fondo e per i tracciati escursionistici soggetti a pericolo valanghe il piano può prevedere l'intervento della competente commissione locale valanghe, prevista dall'articolo 5 della legge provinciale 27 agosto 1982, n. 21 (Piani di ricostruzione e modifiche della legge provinciale 29 agosto 1977, n. 19).

3. La realizzazione delle misure di difesa dal pericolo di valanghe, nonché l'esercizio di impianti e piste si svolge nel rispetto della normativa vigente e delle prescrizioni del piano di cui al comma 2. Qualora, durante l'esercizio di impianti a fune e di piste da sci, si manifesti un imprevisto pericolo di valanghe, la prosecuzione dell'esercizio stesso è subordinata al ripristino delle condizioni di sicurezza e, ove necessario, all'aggiornamento del piano di cui al comma 2.

4. Con apposito regolamento adottato dalla Giunta provinciale, concernente le misure di difesa dal pericolo di valanghe sugli impianti a fune e sulle piste da sci, sono determinati, nel rispetto della presente legge e della normativa vigente:

- a) le prescrizioni relative ai contenuti del piano di cui al comma 2;

- b) i criteri per la valutazione preventiva delle situazioni di rischio;
- c) i criteri per l'individuazione, la progettazione e l'esecuzione delle misure strutturali e gestionali idonee per la messa in sicurezza di impianti e piste;
- d) e prescrizioni relative al collaudo e alla vigilanza sulle misure di difesa;
- e) le disposizioni relative al deposito e all'acquisizione agli atti della Provincia dei piani di cui al comma 2 e della documentazione relativa al collaudo di cui al comma 5;
- f) le professionalità e le esperienze richieste per la progettazione e il collaudo delle misure di difesa, nonché per la gestione delle misure non aventi carattere strutturale.

5. Ai fini dell'autorizzazione all'esercizio di cui agli articoli 26, comma 12, e 40, le misure di difesa dal pericolo di valanghe sugli impianti a fune e sulle piste da sci sono soggette a collaudo a cura e spese del concessionario di linea funiviaria ovvero del titolare dell'autorizzazione all'apprestamento della pista. La documentazione relativa al collaudo di cui al presente comma è acquisita agli atti della Provincia.

6. In deroga a quanto previsto dagli articoli 28 e 52, la vigilanza tecnica sugli impianti a fune e sulle piste da sci è effettuata, con riguardo alle misure di difesa dal pericolo di valanghe, da personale appartenente al servizio competente in materia di prevenzione delle calamità pubbliche, di norma a campione e comunque secondo le modalità stabilite dal regolamento di cui al comma 4; il personale interessato è appositamente incaricato con decreto del Presidente della Giunta provinciale. Qualora il suddetto personale accerti il mancato rispetto delle prescrizioni del piano di cui al comma 2 o del regolamento di cui al comma 4 nell'adozione delle misure di difesa dal pericolo di valanghe sull'impianto a fune o sulla pista da sci, redige un verbale di sopralluogo nel quale sono indicate le difformità rilevate ed applica le sanzioni di cui agli articoli 54, comma 1, lettera b bis) e 55 comma 1, lettera d bis); copia del suddetto verbale di sopralluogo è inviata tempestivamente dal servizio competente in materia di prevenzione delle calamità pubbliche alla commissione di coordinamento di cui all'articolo 6. Detta commissione, entro 30 giorni dal

ricevimento di copia del verbale di sopralluogo, al fine del ripristino delle condizioni di sicurezza, ordina, ove necessario, l'adeguamento o l'integrazione del piano di cui al comma 2 e l'adozione da parte del concessionario della linea funiviaria ovvero del gestore della pista da sci di ogni altra misura idonea a regolarizzare la situazione e può altresì disporre la sospensione o la limitazione dell'esercizio fino alla predetta regolarizzazione.

7. Qualora, nel corso della vigilanza tecnica di cui al comma 6, si riscontrino situazioni di pericolo per l'incolumità delle persone, il servizio competente in materia di prevenzione delle calamità pubbliche subordina la prosecuzione dell'esercizio dell'impianto a fune o della pista da sci all'attivazione della competente commissione locale valanghe di cui all'articolo 5 della legge provinciale 27 agosto 1982, n. 21, con atto motivato da comunicare, anche per via telegrafica, alla medesima commissione locale valanghe ed al concessionario di linea funiviaria ovvero al gestore della pista; il controllo della competente commissione locale valanghe perdura fino all'accertamento da parte del servizio competente in materia di prevenzione delle calamità pubbliche dell'esecuzione dei provvedimenti adottati ai sensi del comma 6 della commissione di coordinamento di cui all'articolo 6 al fine del ripristino delle condizioni di sicurezza. Nei casi di pericolo immediato per l'incolumità delle persone, il servizio competente in materia di prevenzione delle calamità pubbliche dispone in via immediata e provvisoria, con atto motivato da comunicare al concessionario di linea funiviaria ovvero al gestore della pista da sci anche per via telegrafica, la sospensione dell'esercizio dell'impianto a fune o della pista da sci fino all'avvenuta attivazione della commissione locale valanghe <sup>(7)</sup>.

<sup>(6)</sup> Articolo già sostituito dall'art. 60 della l.p. 23 agosto 1993, n. 20, e così sostituito dall'art. 2 della l.p. 2 dicembre 2010, n. 25. Per le funzioni della commissione vedi anche l'art. 5 della l.p. 15 marzo 1993, n. 8.

<sup>(7)</sup> Articolo già sostituito dall'art. 61 della l.p. 23 agosto 1993, n. 20, così sostituito dall'art. 29 della l.p. 7 luglio 1997, n. 10 e modificato dall'art. 3 della l.p. 2 dicembre 2010, n. 25. Vedi anche l'art. 29, commi 5 e 7 della l.p. n. 10 del 1997 e gli articoli 42 e 44 della l.p. 1 luglio 2011, n. 9.

**Legge provinciale 27 agosto 1982, n.21*****Piani di ricostruzione e modifiche della legge provinciale 29 agosto 1977, n. 19***

## Capo II

*Interventi di prevenzione per le valanghe*

## Art. 5

Per l'esercizio dell'attività di controllo dei fenomeni nivo-meteorologici ed al fine di segnalare il pericolo di valanghe su centri o nuclei abitati, opere pubbliche ed impianti o infrastrutture di interesse pubblico, possono essere costituite Commissioni locali composte da non meno di cinque e non più di dieci persone, con particolare conoscenza della zona, esperte in materia di fenomeni legati all'innevamento.

Le Commissioni sono costituite dalla Giunta provinciale su motivata richiesta del Sindaco del Comune interessato, che provvede anche alla designazione di componenti, quando le condizioni dei luoghi richiedano un particolare controllo dei fenomeni nivo-meteorologici.

Le Commissioni sono costituite ed operano nel territorio di ciascun Comune richiedente. Esse possono essere peraltro costituite e operare nel territorio di più Comuni richiedenti, qualora lo stesso sia interessato da medesimi fenomeni nivo-meteorologici. In tal caso le designazioni sono fatte d'intesa dai Sindaci dei rispettivi Comuni.

Le segnalazioni di pericolo sono comunicate tempestivamente al Sindaco del Comune territorialmente competente; il Sindaco è tenuto a dare comunicazione del pericolo medesimo, con i mezzi che riterrà di volta in volta più idonei, agli enti o soggetti direttamente interessati.

Le Commissioni esplicano, altresì, funzione consultiva nei confronti del Sindaco per i provvedimenti che riterrà opportuno adottare ai sensi dell'articolo 27 della legge regionale 21 ottobre 1963, n. 29, e successive modificazioni, in relazione al pericolo valanghe.

Le Commissioni devono svolgere l'attività di controllo sulla base della metodologia indicata dal competente servizio provinciale.

La Giunta provinciale è autorizzata a stipulare contratti di assicurazione per i rischi di infortunio a favore dei membri delle Commissioni locali per le valanghe per lo svolgimento delle funzioni derivanti dal presente articolo, nonché a dotare i membri delle Commissioni stesse della attrezzatura e dell'equipaggiamento necessari all'espletamento delle loro funzioni.

Ai membri delle suddette Commissioni sono corrisposti i compensi stabiliti dalla legge provinciale 20 gennaio 1958, n. 4, e successive modificazioni ed integrazioni, fatte salve le disposizioni di cui agli articoli 2 e 9 della legge provinciale 30 settembre 1974, n. 26, e successive modificazioni.

**Delibera n. 1672 del 07 luglio 2000**

*Modificazioni al regolamento per l'esecuzione della legge provinciale 21 aprile 1987, n. 7 concernente "Disciplina delle linee funiviarie in servizio pubblico e delle piste da sci", di cui al decreto del Presidente della Giunta provinciale 22 settembre 1987, n. 11-51/Leg., in attuazione dell'articolo 7, comma 4, della legge provinciale 21 aprile 1987, n. 7, come da ultimo sostituito dall'articolo 29 della legge provinciale 7 luglio 1997, n. 10.*

## Capo III bis

*Messa in sicurezza delle piste da sci e degli impianti a fune dal pericolo di valanghe*

Art. 31/8

*Progetto delle misure gestionali*

1. Il progetto delle misure gestionali consiste in un piano di intervento per la sospensione temporanea dell'esercizio in presenza di pericolo di valanghe, di seguito denominato P.I.S.T.E., ovvero in un piano di intervento per il distacco artificiale delle valanghe, di seguito denominato P.I.D.A.V.
2. Il P.I.S.T.E. individua le procedure da seguire per la chiusura e la successiva riapertura delle piste da sci e degli impianti a fune soggetti a temporaneo pericolo di caduta valanghe. Gli elaborati che compongono il P.I.S.T.E. sono indicati nell'allegato F al presente regolamento.
3. Il P.I.D.A.V. individua le operazioni e le procedure finalizzate alla chiusura temporanea delle piste da sci ed al distacco artificiale delle valanghe. Gli elaborati che compongono il P.I.D.A.V sono indicati nell'allegato G al presente regolamento.
4. Le apparecchiature, le strutture, i dispositivi ed i sistemi da utilizzare per l'attuazione delle misure gestionali devono essere conformi alle normative vigenti e sono soggetti al regime autorizzatorio e al collaudo previsti dalle leggi di settore che ne disciplinano l'utilizzo.
5. Le disposizioni contenute nel presente articolo sono applicabili con riferimento agli impianti a fune esclusivamente nei casi disciplinati dall'articolo 31/9, comma 2.

## ALLEGATO F

*Elaborati facenti parete del P.I.S.T.E.*

Il piano di intervento per la sospensione temporanea dell'esercizio, denominato P.I.S.T.E., è composto dai seguenti elaborati tecnici:

- a) relazione tecnico-illustrativa: descrive i tempi e le modalità di sospensione temporanea dell'esercizio, motiva le scelte progettuali, illustrandone i presupposti tecnico-scientifici e normativi, e individua il luogo di deposito degli elaborati e delle documentazioni previsti nel piano stesso presso la sede locale del concessionario o del titolare dell'autorizzazione all'esercizio della pista da sci;
- b) piano di monitoraggio: con riferimento ai siti valanghivi individuati, descrive le operazioni da compiere al fine di conoscere le condizioni di stabilità delle masse nevose. Formano parte integrante del piano almeno un elaborato cartografico in scala idonea recante l'individuazione dei punti di monitoraggio nonché una relazione recante le modalità per la raccolta, per l'analisi e per l'archiviazione dei dati e l'individuazione, ai sensi dell'art. 31/16, comma 2, del numero e delle figure professionali del personale addetto a tali operazioni;
- c) piano delle procedure: in relazione alla tipologia ed all'entità dei fenomeni valanghivi previsti, individua le aree potenzialmente interessate dalla sospensione temporanea dell'esercizio, disciplina i tempi e le modalità della stessa, anche in relazione alle caratteristiche morfologiche e meteorologiche dei siti, ed individua, ai sensi dell'Art. 31/16 comma 2, il numero e le figure professionali del personale addetto alle operazioni. Formano parte integrante del piano almeno un elaborato cartografico in scala idonea recante l'individuazione delle zone pericolose da interdire al pubblico e dei luoghi da presidiare, nonché una relazione che descrive le procedure da seguire, ivi comprese quelle preordinate all'informazione al pubblico.

## ALLEGATO G

*Elaborati facenti parte del P.I.D.A.V.*

Il piano di intervento per il distacco artificiale delle valanghe, denominato P.I.D.A.V., è composto dai seguenti elaborati tecnici:

- a) relazione tecnico-illustrativa: descrive i tempi e le modalità di sospensione temporanea dell'esercizio nonché le caratteristiche delle misure da adottare, motiva le scelte progettuali, illustrandone i presupposti tecnico-scientifici e normativi, e individua il luogo di deposito degli elaborati e delle documentazioni previsti nel piano stesso presso la sede locale del concessionario o del titolare dell'autorizzazione all'esercizio della pista da sci;
- b) piano di monitoraggio: con riferimento ai siti valanghivi individuati, descrive le operazioni da compiere al fine di conoscere le condizioni di delle masse nevose. Formano parte integrante del piano almeno un elaborato cartografico in scala idonea recante l'individuazione dei punti di monitoraggio nonché una relazione recante le modalità per la raccolta, per l'analisi e per l'archiviazione dei dati e l'individuazione, ai sensi dell'art. 31/16, comma 2, del numero e delle figure professionali del personale addetto a tali operazioni;
- c) piano delle procedure: in relazione alla tipologia ed all'entità dei fenomeni valanghivi previsti, individua le aree potenzialmente interessate dalla sospensione temporanea dell'esercizio nonché i luoghi dove si svolgono le attività di distacco artificiale delle masse nevose, definendone le caratteristiche che condizionano lo svolgimento delle medesime attività, descrive i tempi e le modalità di effettuazione della sospensione temporanea dell'esercizio e delle operazioni di distacco artificiale delle valanghe ed individua, ai sensi dell'art. 31/16, comma 2, il numero e le figure professionali del personale addetto. Formano parte integrante del piano almeno un elaborato cartografico in scala idonea recante l'individuazione dei punti d'intervento e delle zone da interdire ai non addetti ai lavori o da presidiare nel corso delle operazioni, degli itinerari d'accesso e dell'estensione massima prevista delle singole valanghe distaccate artificialmente, nonché una relazione che descrive le procedure da seguire,

ivi comprese quelle preordinate all'informazione al pubblico ed alla chiusura ed alla riapertura degli impianti a fune e delle piste da sci per l'intera durata delle operazioni e comunque fino a quando non siano ripristinate le condizioni di sicurezza ed indica altresì le misure di sicurezza da adottare al fine di non arrecare danni a cose e persone.

Art. 31/16

*Figure professionali addette all'attuazione delle misure gestionali*

1. Gli interventi di carattere gestionale sono attuati dalle seguenti figure professionali:
  - a) responsabile della sicurezza valanghe;
  - b) direttore delle operazioni;
  - c) operatore del distacco artificiale;
  - d) osservatore nivologico.
2. Il progetto delle misure gestionali di cui all'articolo 31/8 individua le figure professionali e il personale necessari per l'attuazione degli specifici piani d'intervento, tenuto conto della complessità dei piani stessi, del numero e della dislocazione dei siti valanghivi nonché dell'obbligo di consentire la sostituzione del personale in servizio in caso di assenza del medesimo, ed indica i criteri che regolano la presenza del direttore delle operazioni di cui all'articolo 31/18 presso gli impianti a fune e le piste da sci.
3. L'attuazione del progetto di cui all'articolo 31/8 relativamente alle operazioni che non richiedono una specifica preparazione in campo nivologico, quali la chiusura degli impianti a fune e delle piste da sci, il presidio degli accessi, l'esposizione della segnaletica e simili, può essere svolta da personale non specializzato, sotto il coordinamento del direttore delle operazioni.



## **APPENDICE D**



## **PRIMA USCITA – VAL DI BREGUZZO**

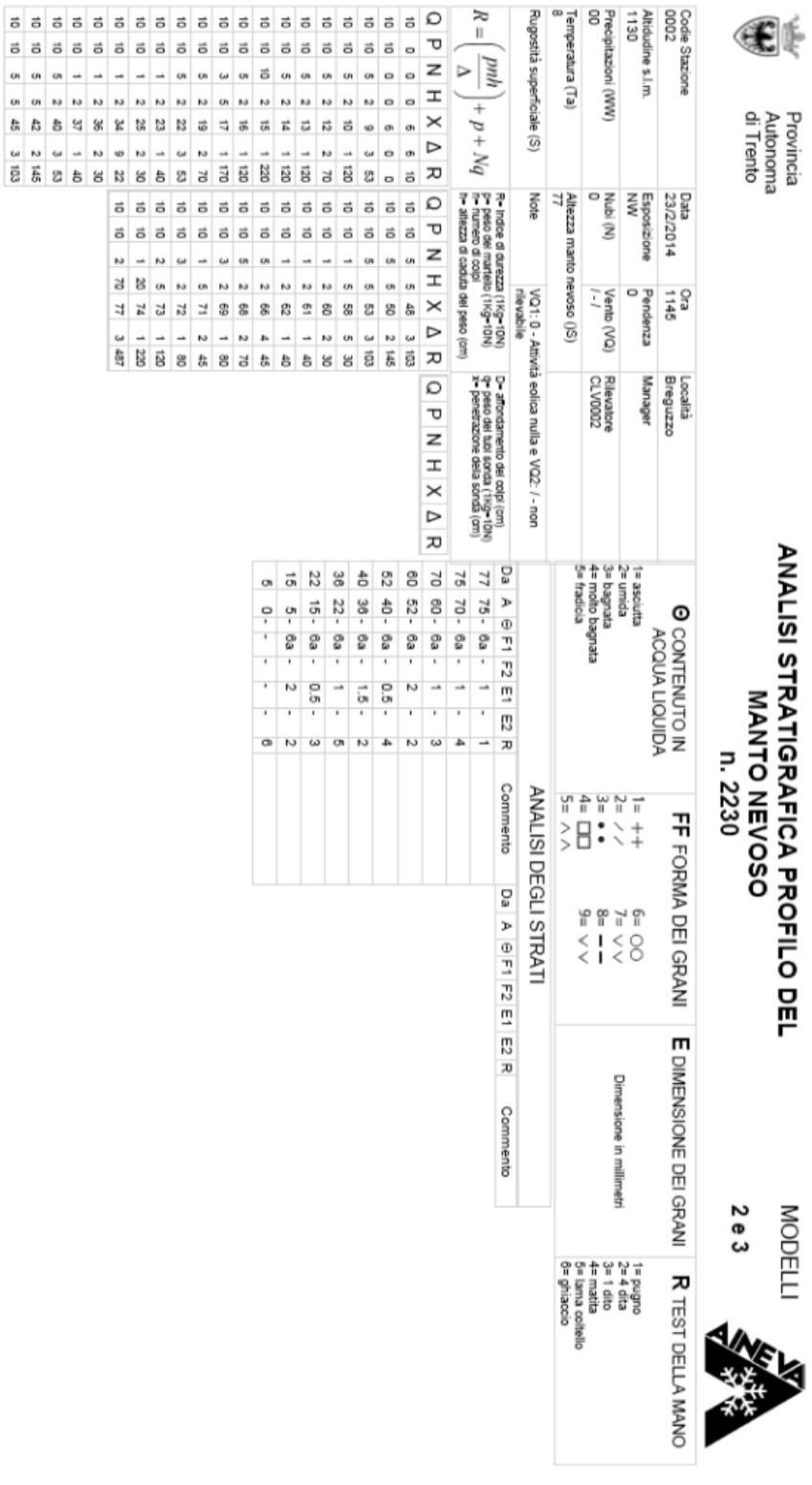


Figura D. 1 Modelli 2e3 A.I.Ne.Va. prima uscita - Val di Breguzzo.





**SECONDA USCITA – VIOTE, MONTE BONDONE**





**Figura D. 4** Modello 4 A.I.Ne.Va. seconda uscita – Viote, Monte Bondone  
Prima analisi penetrometrica.

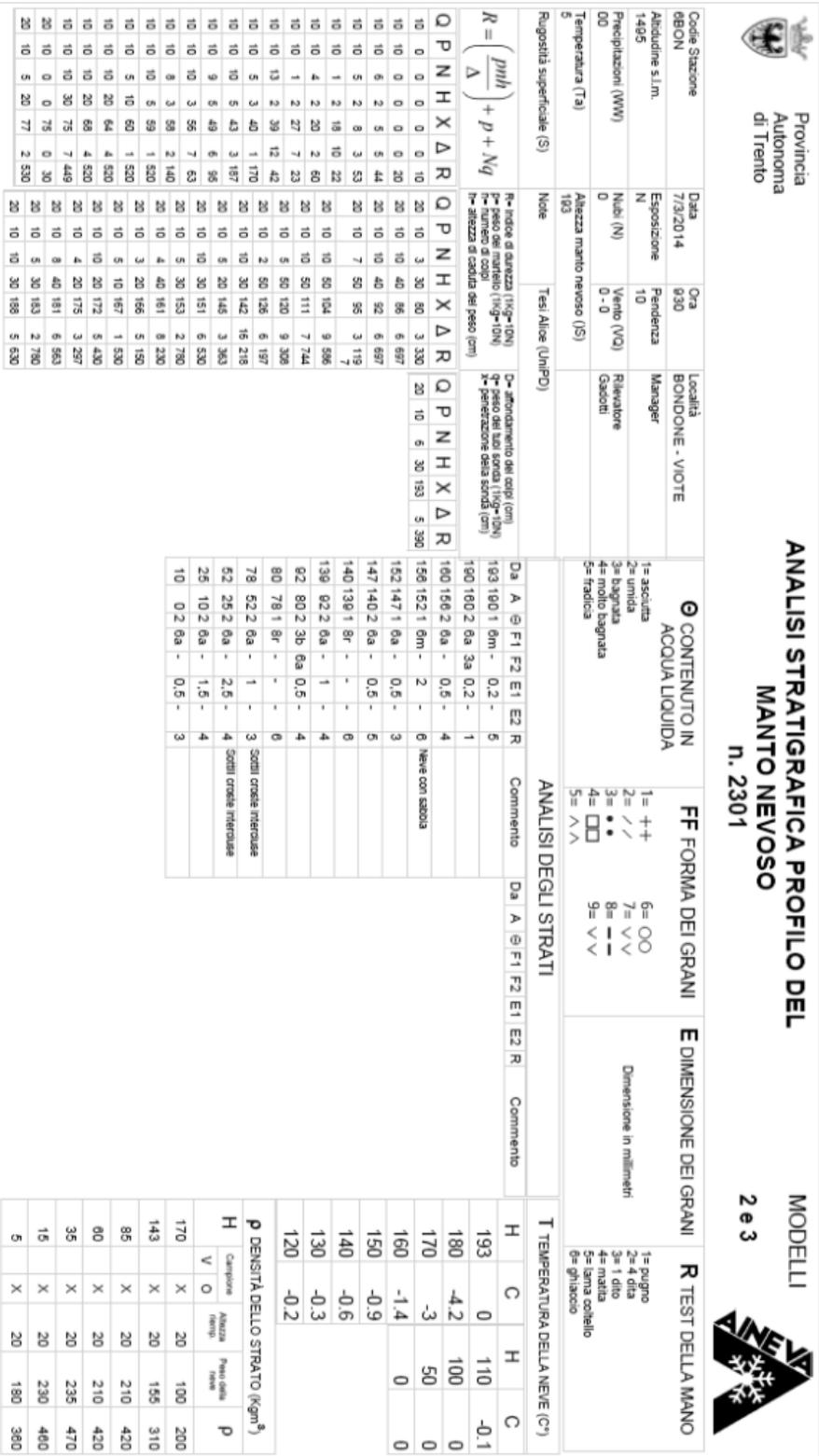


Figura D. 5 Modelli 2e3 A.I.Ne.Va., seconda uscita – Viote, Monte Bondone  
Seconda analisi penetrometrica.



**Figura D. 6** Modello 4 A.I.Ne.Va. seconda uscita – Viote, Monte Bondone  
Seconda analisi penetrometrica.



**TERZA USCITA – STAZIONE 30PN, PRESENA**



Provincia  
Autonoma  
di Trento

**ANALISI STRATIGRAFICA PROFILO DEL  
MANTO NEVOSO  
n. 2370**

MODELLI  
**2 e 3**



| Codice Stazione           | Data                     | Ora  | Località              |
|---------------------------|--------------------------|--|-----------------------|
| 0002                      | 25/3/2014                | 900  | Presena stazione 30PN |
| Altitudine s.l.m.         | Esposizione              | Pendenza   | Manager               |
| 2730                      | NE                       | 10   |                       |
| Precipitazioni (MM)       | Nubi (N)                 | Vento (VQ)   | Rilivatore            |
| 00                        | 0 - 0                    | 0 - 0  | CU0002                |
| Temperatura (Ta)          | Altezza manlo nevoso (S) |  |                       |
| g                         | 418                      |  |                       |
| Rugosità superficiale (S) | Note                     | Rilievo per test: Altri rilivatori: Marco Gasdotti, Davide Fecetti, Daniele DastisValle, Luca Antonova |                       |

| CONTENUTO IN ACQUA LIQUIDA |     | FF FORMA DEI GRANI |    | E DIMENSIONE DEI GRANI |     | R TEST DELLA MANO |   |
|----------------------------|-----|--------------------|----|------------------------|-----|-------------------|---|
| Da                         | A   | Da                 | A  | Da                     | A   | Da                | A |
| 418                        | 387 | 1                  | 2a | 177                    | 168 | 1                 | 5 |
| 907                        | 377 | 1                  | 2a | 0                      | 1   |                   |   |
| 377                        | 370 | 1                  | 2a |                        |     |                   |   |
| 370                        | 367 | 1                  | 0m |                        |     |                   |   |
| 367                        | 348 | 1                  | 3a |                        |     |                   |   |
| 348                        | 334 | 1                  | 3a |                        |     |                   |   |
| 334                        | 325 | 1                  | 3b |                        |     |                   |   |
| 325                        | 316 | 1                  | 3b |                        |     |                   |   |
| 316                        | 314 | 1                  | 3b |                        |     |                   |   |
| 314                        | 312 | 1                  | 3a |                        |     |                   |   |
| 312                        | 308 | 1                  | 3a |                        |     |                   |   |
| 308                        | 305 | 1                  | 3a |                        |     |                   |   |
| 305                        | 280 | 1                  | 3a |                        |     |                   |   |
| 280                        | 265 | 1                  | 3a |                        |     |                   |   |
| 265                        | 248 | 1                  | 3a |                        |     |                   |   |
| 248                        | 231 | 1                  | 3a |                        |     |                   |   |
| 231                        | 228 | 1                  | 3a |                        |     |                   |   |
| 228                        | 203 | 1                  | 3a |                        |     |                   |   |
| 203                        | 195 | 1                  | 3b |                        |     |                   |   |
| 195                        | 177 | 1                  | 3b |                        |     |                   |   |

| T TEMPERATURA DELLA NEVE (C°) |      | p DENSITÀ DELLO STRATO (kgm <sup>3</sup> ) |      |
|-------------------------------|------|--|------|
| H                             | C    | H  | C    |
| 418                           | -6.9 | 340  | -4.9 |
| 410                           | -8.7 | 330  | -4.9 |
| 400                           | -9.6 | 320  | -5   |
| 390                           | -8   | 310  | -4.9 |
| 380                           | -6.7 | 290  | -4.9 |
| 370                           | -5.8 | 270  | -4.8 |
| 360                           | -5.5 | 250  | -4.5 |
| 350                           | -4.9 | 220  | -4   |

| p DENSITÀ DELLO STRATO (kgm <sup>3</sup> ) |   |
|--|---|
| H  | V |
| 408  | X |
| 394  | X |
| 379  | X |
| 354  | X |
| 339  | X |
| 330  | X |
| 322  | X |
| 295  | X |
| 275  | X |
| 254  | X |
| 237  | X |
| 211  | X |
| 194  | X |
| 185  | X |
| 172  | X |

| R TEST DELLA MANO |             |
|-------------------|-------------|
| 1= pugno          | 2= 4 dita   |
| 3= 1 dito         | 4= matza    |
| 5= lama coltello  | 6= ghiaccio |
| 418               | 1           |
| 410               | 1           |
| 400               | 1           |
| 390               | 1           |
| 380               | 1           |
| 370               | 1           |
| 360               | 1           |
| 350               | 1           |

| R TEST DELLA MANO |          |
|-------------------|----------|
| 1= ++             | 2= /     |
| 3= ••             | 4= □     |
| 5= \ \            | 6= ○○    |
| 7= \ \ \          | 8= - -   |
| 9= \ \ \ \        | 0= - - - |
| 418               | 1        |
| 410               | 1        |
| 400               | 1        |
| 390               | 1        |
| 380               | 1        |
| 370               | 1        |
| 360               | 1        |
| 350               | 1        |

| R TEST DELLA MANO |                  |
|-------------------|------------------|
| 1= ascutta        | 2= umida         |
| 3= bagnata        | 4= molto bagnata |
| 5= fradica        | 6= asciutto      |
| 418               | 1                |
| 410               | 1                |
| 400               | 1                |
| 390               | 1                |
| 380               | 1                |
| 370               | 1                |
| 360               | 1                |
| 350               | 1                |

| R TEST DELLA MANO                  |                                   |    |    |    |     |    |     |
|------------------------------------|-----------------------------------|----|----|----|-----|----|-----|
| 1= affondamento dei colpi (cm)     | 2= peso del lato solido (kg-10N)  |    |    |    |     |    |     |
| 3= peso del lato solido (kg-10N)   | 4= penetrazione della solida (cm) |    |    |    |     |    |     |
| 5= altezza di caduta del peso (cm) | 6= affondamento del colpo (cm)    |    |    |    |     |    |     |
| 7= peso del lato solido (kg-10N)   | 8= penetrazione della solida (cm) |    |    |    |     |    |     |
| 418                                | 40                                | 10 | 19 | 60 | 385 | 9  | 131 |
| 410                                | 50                                | 10 | 0  | 0  | 385 | 0  | 60  |
| 400                                | 50                                | 10 | 20 | 60 | 385 | 10 | 125 |
| 390                                | 50                                | 10 | 24 | 50 | 405 | 10 | 125 |
| 380                                | 50                                | 10 | 24 | 50 | 405 | 10 | 125 |
| 370                                | 50                                | 10 | 24 | 50 | 405 | 10 | 125 |
| 360                                | 50                                | 10 | 24 | 50 | 405 | 10 | 125 |
| 350                                | 50                                | 10 | 33 | 60 | 418 | 13 | 158 |

| R TEST DELLA MANO                  |                                   |    |    |    |     |    |     |
|------------------------------------|-----------------------------------|----|----|----|-----|----|-----|
| 1= affondamento dei colpi (cm)     | 2= peso del lato solido (kg-10N)  |    |    |    |     |    |     |
| 3= peso del lato solido (kg-10N)   | 4= penetrazione della solida (cm) |    |    |    |     |    |     |
| 5= altezza di caduta del peso (cm) | 6= affondamento del colpo (cm)    |    |    |    |     |    |     |
| 7= peso del lato solido (kg-10N)   | 8= penetrazione della solida (cm) |    |    |    |     |    |     |
| 418                                | 40                                | 10 | 11 | 60 | 219 | 4  | 169 |
| 410                                | 30                                | 10 | 11 | 60 | 219 | 4  | 169 |
| 400                                | 30                                | 10 | 19 | 60 | 225 | 7  | 166 |
| 390                                | 30                                | 10 | 19 | 60 | 225 | 7  | 166 |
| 380                                | 30                                | 10 | 20 | 60 | 226 | 10 | 134 |
| 370                                | 30                                | 10 | 40 | 60 | 233 | 17 | 145 |
| 360                                | 30                                | 10 | 40 | 60 | 233 | 17 | 145 |
| 350                                | 30                                | 10 | 30 | 60 | 266 | 13 | 142 |
| 418                                | 40                                | 10 | 0  | 0  | 284 | 0  | 50  |
| 410                                | 40                                | 10 | 0  | 0  | 284 | 0  | 50  |
| 400                                | 40                                | 10 | 99 | 60 | 311 | 27 | 225 |
| 390                                | 40                                | 10 | 91 | 60 | 330 | 19 | 292 |
| 380                                | 40                                | 10 | 93 | 60 | 369 | 39 | 148 |
| 370                                | 40                                | 10 | 15 | 60 | 376 | 7  | 133 |
| 360                                | 40                                | 10 | 15 | 60 | 376 | 7  | 133 |
| 350                                | 40                                | 10 | 15 | 60 | 376 | 7  | 133 |

Figura D. 7 Modelli 2e3 A.I.Ne.Va. terza uscita – stazione 30PN, Presena.





## GLOSSARIO DEFINIZIONI PIÙ UTILIZZATE IN NIVOLOGIA

Per semplificare la lettura di questo lavoro viene di seguito riportato un breve glossario con i vocaboli e le definizioni più usate nei bollettini nivometeorologici [13].

**Accumuli di neve, deposito:** Risultato del trasporto di neve a opera del vento. Strato di neve più o meno denso, accumulato in zone preferibilmente sottovento, che spesso presenta legami fragili con gli strati sottostanti. Le zone preferenziali di accumulo si localizzano sui pendii vicini alle creste, nei canaloni, nelle conche e in corrispondenza dei cambi di pendenza.

*Spiegazione più dettagliata:* nella neve trasportata dal vento, i cristalli vengono frantumati dal rotolamento, dalla saltazione e dai movimenti dal basso in alto e viceversa; di conseguenza la loro dimensione si riduce fino al 10-20% di quella originaria. Depositandosi i grani sono pressati gli uni contro gli altri e questo fa sì che, soprattutto nei pendii sottovento, si trovino strati di neve ventata a elevata densità. La neve ha dei legami interni, ma può anche essere ancora soffice. Il compattamento dà luogo a lastroni di neve che, quando poggiano su strati deboli, possono presentare scarso consolidamento.

**Altezza del manto nevoso:** Altezza del manto nevoso misurata verticalmente rispetto al pendio.

**Altezza totale della neve fresca:** Sommatoria della quantità di neve fresca calcolata per un determinato periodo (per esempio: somma complessiva dell'altezza di neve fresca caduta in tre giorni).

**Area di distacco, zona di distacco:** Zona nella quale inizia il movimento della valanga.

Vedi anche: bacino (zona) di alimentazione delle valanghe.

**Assestamento:** Diminuzione dello spessore del manto nevoso per effetto del metamorfismo distruttivo, con conseguente aumento della densità e della resistenza della neve.

**Aumento dell'altezza del manto nevoso:** Aumento dell'altezza del manto nevoso in un intervallo di tempo definito.

**Aumento della resistenza in uno strato di neve:** I legami tra i cristalli (quantità e/o qualità dei punti di legame) aumentano e questo permette la trasmissione tra gli stessi di forze maggiori.

**Bacino (zona) di alimentazione delle valanghe:** Zona da cui una o più valanghe possono distaccarsi. Si parla di bacino di alimentazione generalmente in relazione alle valanghe che raggiungono i fondovalle.

Vedi anche: area di distacco; zona di distacco.

**Base del manto nevoso, strato basale:** Strati inferiori o parte inferiore, prossima del suolo, del manto nevoso.

**Base di parete rocciosa:** Parte inferiore di una parete rocciosa che spesso si prolunga in un pendio di detriti. Come regola generale, questo implica la presenza di un cambio di pendenza, più o meno marcato che riduce l'inclinazione del pendio sottostante. Il piede di una parete rocciosa identifica frequentemente l'inizio di un pendio estremamente ripido o ripido.

Vedi anche: terreno estremamente ripido; terreno ripido.

**Brina di superficie:** Cristalli di ghiaccio trasparenti, a forma piana o aghiforme, che si formano per sublimazione sulla superficie fredda della neve per trasferimento di vapore acqueo verso la superficie che si raffredda al di sotto della temperatura ambiente per irraggiamento.

Vedi anche: irraggiamento; superficie di scorrimento.

**Cambio di pendenza:** Luogo dove l'inclinazione del pendio aumenta in modo sensibile. Costituisce un luogo privilegiato per l'accumulo di neve ventata.

Vedi anche: inclinazione del pendio.

**Canalone:** Impluvio ripido e stretto, generalmente situato in prossimità di creste e delimitato da rocce nude. Contiene spesso detriti rocciosi. Luogo privilegiato per l'accumulo di neve ventata.

**Colatoio:** vedi canalone.

**Conca:** Lieve depressione, dalla forma arrotondata o allungata, ubicata su di un pendio. Luogo privilegiato per l'accumulo di neve trasportata dal vento.

**Consolidamento del manto nevoso:** E' funzione della quantità e qualità dei legami tra i cristalli/grani e tra gli strati che compongono il manto nevoso e, in particolare, negli eventuali strati deboli; la scala del pericolo prevede che il manto nevoso possa essere ben consolidato, moderatamente consolidato e debolmente consolidato.

Vedi anche: aumento della resistenza.

**Cornice di neve:** Accumulo di neve ventata, depositata mediante trasporto eolico della neve formante una struttura aggettante, conica rivolta verso il versante sottovento.

**Costone:** Zona elevata, lineare e orientata verso il fondovalle nettamente distinta dall'ambiente circostante.

**Cresta:** Stretta linea che divide due versanti di una montagna con esposizioni diverse.

Vedi anche: crinale.

**Crinale:** Cresta di una montagna, lunga e marcata.

*Spiegazione più dettagliata:* un crinale si sviluppa sempre in rilievo rispetto al terreno circostante e lega sovente più cime fra di loro.

Vedi anche: cresta.

**Cristalli a calice o brina di fondo:** Tipi di cristalli a calice che si formano all'interno del manto nevoso per metamorfismo costruttivo dovuto a forte gradiente termico.

*Spiegazione più dettagliata:* sono cristalli a forma di piramide a base esagonale e striati, in genere cavi, che generalmente presentano legami molto fragili tra di loro.

Vedi anche: cristalli sfaccettati; gradiente termico; metamorfismo costruttivo.

**Cristalli sfaccettati:** Cristalli con facce piane formati per metamorfismo costruttivo, con medio gradiente, che spesso presentano legami fragili.

Vedi anche: gradiente termico; metamorfismo costruttivo.

**Crosta:** Strato del manto nevoso molto compatto, formatosi in seguito ai processi di fusione e rigelo o per azione del vento.

**Crosta di rigelo:** Si forma per rigelo dell'acqua liquida contenuta in uno strato di neve bagnata, con conseguente aumento della resistenza.

Vedi anche: metamorfismo da fusione.

**Crosta non portante:** Crosta in superficie con scarsa capacità portante, che si rompe al passaggio di una persona (con o senza sci/snowboard).

**Crosta superficiale:** Crosta che si forma sulla superficie del manto nevoso.

**Destabilizzato:** vedi riduzione della resistenza.

**Dimensione degli accumuli di neve:**

| DIMENSIONE DEGLI ACCUMULI DI NEVE |          |
|-----------------------------------|----------|
| Accumuli di neve                  | Spessore |
| Accumulo piccolo                  | 5-20 cm  |
| Accumulo medio                    | 20-50cm  |
| Accumulo grande                   | >50 cm   |

**Dimensione delle valanghe:** dimensioni delle valanghe, classificate in base alla lunghezza, al volume e ai danni potenziali:

DIMENSIONE DELLE VALANGHE

| Nome                        | Deposito  | Danni potenziali   | Spessore   |
|-----------------------------|---|--|--|
| Scivolamento o scaricamento | Piccolo scaricamento di neve che normalmente non può seppellire una persona ma può spingerla oltre un dirupo                            | Relativamente poco pericolosa  | Lunghezza <50 m<br>Volume < 100 m <sup>3</sup>     |
| Valanga piccola             | Si ferma su pendio ripido (con inclinazione maggiore di 30°)  | Può seppellire, ferire o uccidere una persona  | Lunghezza <100 m<br>Volume < 1000 m <sup>3</sup>   |
| Valanga media               | Su un pendio ripido (più di 30°) raggiunge il fondo del pendio  | Può seppellire e distruggere un'automobile, danneggiare un camion, distruggere una piccola casa o piegare alcuni alberi  | Lunghezza <1000 m<br>Volume < 10000 m <sup>3</sup> |
| Valanga grande              | Percorre i terreni a ridotta inclinazione (nettamente inferiori a 30°) per una distanza superiore a 50m e può raggiungere il fondovalle | Può seppellire e distruggere il vagone di un treno, un automezzo di grandi dimensioni, vari edifici e una parte di bosco | Lunghezza >1000 m<br>Volume > 10000 m <sup>3</sup> |

**Distacco a distanza:** Distacco a distanza di una valanga di neve a lastroni. La persona che ne provoca il distacco non si trova nel perimetro del lastrone che si mette in movimento (tuttavia può essere travolto e sepolto dalla neve che si è staccata al di sopra della zona in cui si trova).

**Distacco provocato di valanghe:** Distacco di valanghe causato da carichi supplementari sul manto nevoso (per esempio: le onde d'urto in caso di esplosione, passaggio di macchine, di persone, etc.).

**Distacco spontaneo di valanga, valanga spontanea:** Distacco spontaneo di una valanga che avviene senza influenza esterna sul manto nevoso.

**Dorsale:** Catena o gruppo montuoso principale o secondario con specifiche indicazioni nel bollettino; espressione usata anche nell'accezione di zona tondeggiante e allungata, più elevata rispetto al terreno circostante.

**Esposizione, esposizione del pendio:** Punto cardinale verso il quale è rivolto un pendio; per esempio un pendio esposto a nord è rivolto verso nord.

Vedi anche: esposto.

**Esposto:** Esposizione in rapporto al vento, ai punti cardinali, al sole, alle valanghe o al pericolo in generale.

Vedi anche: via di comunicazione esposta; esposizione del pendio; pendio sopravvento; pendio esposto al vento; pendio soleggiato; esposto al sole; pendio sopravvento; via di comunicazione esposta (in prossimità di in pendio).

**Estensione degli accumuli:**

#### ESTENSIONE DEGLI ACCUMULI

|                          |  |
|--------------------------|--|
| Accumuli singoli/isolati | Pochi accumuli, generalmente di ridotta estensione   |
| Accumuli importanti      | Numerosi accumuli, su pendii con esposizioni diverse |

**Fasce altitudinali:** Fasce ubicate a quota paragonabile, definite in funzione della loro distanza verticale dal livello del mare (con una precisione di  $\pm 100m$  di quota)

- alta quota: da 2000 a 3000m s.l.m.

- media quota: da 1000 a 2000m s.l.m.

- bassa quota: al di sotto di 1000m s.l.m.

Vedi anche: zone a quota molto alta.

**Fianco della valle:** Porzione laterale di una vallata, dal fondovalle fino alle zone di cresta.

**Formazione di fessure/crepe:** In un manto nevoso fragile si possono formare delle fenditure visibili che indicano la possibile presenza di tensioni all'interno del manto nevoso.

**Galaverna:** Classificata tra le particelle di precipitazione all'interno della tavoletta cristallografica (*PPrm, Ir*), questa idrometeora solida permette la formazione di strutture nevose su superfici sopravvento in presenza di nebbia o

nubi basse, con temperature inferiori ai  $0^{\circ}\text{C}$ . La galaverna è un fenomeno ancora in fase di studio ed esistono due ipotesi sulla sua formazione. La prima prevede la solidificazione di gocce di acqua in forma di granuli di ghiaccio sulle superfici esposte al vento. La seconda ipotesi è l'aggregazione delle particelle di neve trasportate dal vento nel momento in cui collidono contro una superficie d'ostacolo.

**Gradiente termico del manto nevoso:** Rapporto tra la differenza di temperatura misurata in due punti del manto nevoso, posti sulla stessa verticale, e la distanza tra i punti di misurazione. Il valore del gradiente termico regola i metamorfismi del manto nevoso e le conseguenti trasformazioni dei cristalli e dei grani.

| Definizioni     | Valori  |
|-----------------|---|
| Basso gradiente | Gradiente $< 5^{\circ}\text{C}/\text{m}$                                      |
| Medio gradiente | $5^{\circ}\text{C}/\text{m} < \text{gradiente} < 20^{\circ}\text{C}/\text{m}$ |
| Alto gradiente  | Gradiente $> 20^{\circ}\text{C}/\text{m}$                                     |

**Inclinazione del pendio:** Inclinazione di un pendio, misurata su una carta  $1:25.000$  nel punto più ripido sulla linea di massima pendenza, oppure misurata sul terreno:

- poco ripido: meno di  $30^{\circ}$
- ripido: da  $30^{\circ}$  a  $35^{\circ}$
- molto ripido: da  $35^{\circ}$  a  $40^{\circ}$
- estremamente ripido: più di  $40^{\circ}$

Vedi anche: terreno ripido; terreno estremamente ripido.

**In particolare con forte sovraccarico:** Generalmente con forte sovraccarico, ma in certe situazioni anche con debole sovraccarico.

**Irraggiamento:** Emissione di radiazioni termiche a onda lunga (infrarosso) dalla superficie del manto nevoso verso l'atmosfera. In assenza di copertura nuvolosa, la superficie del manto nevoso si raffredda notevolmente fino ad una temperatura inferiore a quella dell'aria (da qualche grado fino a  $20^{\circ}\text{C}$ ).

Vedi anche: brina di superficie; radiazione; radiazione-irraggiamento.

**Lamella di ghiaccio:** Strato sottile di ghiaccio formatosi all'interno del manto nevoso per effetto della pioggia o in seguito al processo di fusione e rigelo della neve; in esso le forme dei singoli grani non sono più riconoscibili.

**Larghezza della frattura (nel caso di valanga di neve a lastroni):** Distanza massima tra i limiti laterali della superficie di frattura.

**Limite del bosco:** Zona limite definita in base al clima e in base alla presenza del bosco, in corrispondenza della quale il bosco stesso può avere ancora una funzione di protezione efficace contro le valanghe. In Italia:

- Alpi Occidentali: 2000-2200m

- Alpi Orientali: 1800-1900m

- Appennini: 1700-1800m.

**Limite della nevicata:** Altitudine sul livello del mare in corrispondenza della quale le precipitazioni cadono prevalentemente sotto forma di neve che si deposita al suolo. Tale limite si colloca in genere 300m al di sotto della quota dello zero termico. Può anche raggiungere i 600m al di sotto della quota dello zero termico, in caso di precipitazioni abbondanti e/o entro valli chiuse.

**Limite dell'innnevamento:** Limite (espresso in metri al di sopra del livello del mare) tra le zone coperte di neve e le zone non innnevate. Il limite dell'innnevamento può variare in funzione dell'esposizione.

**Lontano dal crinale, pendio aperto:** Zona che non è direttamente collegata con il crinale.

*Spiegazione più dettagliata:* questa zona corrisponde spesso al passaggio da un terreno estremamente ripido a uno ripido. Generalmente, in pieno inverno, questa zona è caratterizzata da una copertura nevosa continua. I tratti ripidi e i piccoli rilievi che non sono in relazione diretta con il crinale fanno ugualmente parte di questa zona. Le aree prossime al crinale e quelle lontane dal crinale non sono separate nettamente le une dalle altre. Il limite tra le due deve essere considerato come una zona di transizione.

**Lunghezza della frattura (nel caso di valanga di neve a lastroni):** Lunghezza di un lastrone, misurata dall'estremità superiore della zona di rottura fino all'estremità inferiore della zona di distacco (al piede del lastrone).

**Lunghezza della valanga:** Lunghezza totale di una valanga, misurata dal punto più alto della frattura fino al punto estremo del deposito.

**Luogo pericoloso (in caso di valanga):** Luogo dove persone o beni possono essere travolti da una valanga.

*Attenzione:* questo termine è generalmente utilizzato nel bollettino Valanghe nell'accezione seguente: luogo in cui il sovraccarico prodotto da sciatori o alpinisti può provocare il distacco di una valanga.

N.B.: in pratica, il contesto del bollettino permette di comprendere chiaramente il senso attribuito al termine.

**Manto nevoso:** Neve accumulata al suolo in diversi strati.

**Manto nevoso instabile:** Un manto nevoso è instabile quando un sovraccarico può provocare una frattura all'interno dello stesso.

Vedi anche: strati deboli/fragili.

**Manto nevoso portante:** Manto nevoso consolidato in superficie e che sopporta il peso di una persona (con o senza sci/snowboard).

Vedi anche: crosta non portante.

**Metamorfismo costruttivo della neve:** I cristalli di neve evolvono in cristalli sfaccettati e in forme cave a calice. I cristalli di grandi dimensioni si accrescono progressivamente mentre quelli piccoli si dissolvono. Questo comporta una perdita di resistenza dello strato di neve trasformato.

*Spiegazioni più dettagliate:* avviene durante la prima parte dell'inverno, soprattutto nelle zone in ombra, dove l'altezza della neve è ridotta e la vegetazione è arbustiva.

Vedi anche: stabilità, stabilità del manto nevoso; trasformazione della neve (metamorfismo); strati deboli/fragili

**Metamorfismo da fusione:** Trasformazione della neve dovuta ad un apporto termico a 0°C. Questa trasformazione determina la produzione di acqua liquida che si mescola ai cristalli di neve, con conseguente riduzione della resistenza.

Vedi anche: crosta da rigelo.

**Metamorfismo distruttivo della neve:** I cristalli di neve fresca semplificano la loro struttura per ottenere la forma arrotondata. Questo comporta un assestamento e un consolidamento della neve fresca.

Vedi anche: trasformazione della neve (metamorfismo).

**Nevato o firn:** Neve degli anni precedenti, che spesso si trova sui ghiacciai, fortemente trasformata e compattata per i numerosi cicli di fusione e rigelo, oltre che per la pressione esercitate dalle masse di neve accumulatesi.

**Neve molto bagnata:** Neve con alto tenore d'acqua, a temperatura di  $0^{\circ}\text{C}$ . L'acqua è visibile e la si può estrarre comprimendo la neve.

**Neve pallottolare:** Forma particolare di neve fresca costituita da cristalli brinati, ovvero da cristalli sulle cui facce si sono congelate, durante il processo di crescita, le gocce d'acqua sopraffusa presenti nella nube.

**Neve primaverile:** Neve umida, formata da policristalli grandi, che si forma soprattutto in primavera per alternanza di fusione e rigelo negli strati superficiali del manto nevoso.

**Neve recente:** Neve poco trasformata e poco compattata, risalente a un periodo di precipitazione attuale o piuttosto recente. Il periodo corrispondente è indicato nel bollettino valanghe.

Vedi anche: altezza totale della neve fresca; quantità di neve fresca; strato di rottura

**Neve umida:** Neve con basso tenore d'acqua, a temperatura di  $0^{\circ}\text{C}$  da cui l'acqua non esce comprimendola.

**Neve vecchia:** Parte del manto nevoso che, diversamente dalla neve fresca, si è accumulato durante le nevicate precedenti. La neve vecchia è costituita da cristalli trasformati.

**Neve ventata:** Neve trasportata ed accumulata ad opera del vento.

Vedi anche: accumulo di neve, deposito.

**Neve ventata, crosta da vento:** Strato di neve sulla superficie del manto nevoso fortemente compattato dall'azione del vento:

| intensità del vento | Valore in km/h |
|---------------------|----------------|
| Debole              | 0-20           |
| Moderato            | 20-40          |
| Forte               | 40-60          |
| Molto forte         | 60-100         |
| Uragano             | >100           |

Vedi anche: crosta; crosta non portante; manto nevoso portante.

**Numero di luoghi pericolosi:**

| NUMERO DI LUOGHI PERICOLOSI           |                              |
|---------------------------------------|------------------------------|
| N° luoghi pericolosi                  | Quantità percentuale         |
| Pochissimi/isolati                    | Meno del 10% dei pendii      |
| Alcuni                                | 10-30% dei pendii            |
| Molti                                 | Più del 30% dei pendii       |
| Moltissimi (maggior parte dei pendii) | Più del 66% (2/3) dei pendii |

**Passo/valico:** Zona di passaggio tra due vallate. Il restringimento nella zona del valico determina un aumento della velocità del vento, fenomeno che provoca la formazione di importanti accumuli di neve ventata.

**Pendio con accumulo di neve ventata:** Pendio su quale il vento deposita della neve.

Vedi anche: trasporto eolico.

**Pendio in ombra, versante all'ombra:** Zona che risente solo marginalmente, o non risente affatto, della radiazione solare.

*Spiegazione più dettagliata:* in pieno inverno, quando il sole è basso sull'orizzonte, le zone in ombra sono più numerose che in primavera, quando il sole si alza sempre più al di sopra dell'orizzonte. A seconda dell'ombra prodotta dall'orizzonte locale, le zone d'ombra possono trovarsi a tutte le esposizioni e non solo sui pendii settentrionali.

**Pendio soleggiato, esposto al sole:** Zona molto influenzata dalla radiazione solare. I pendii tipicamente soleggiati presentano esposizioni che vanno da est a ovest passando per il sud, in relazione al momento della giornata (posizione del sole).

*Spiegazione più dettagliata:* queste zone sono meno estese in pieno inverno, quando il sole è basso, rispetto alla primavera, quando il sole è più alto sull'orizzonte.

Vedi anche: esposto.

**Pendio sopravvento:** Pendio direttamente esposto all'azione del vento, rivolto verso la direzione da cui il vento spira, e dove la forza dello stesso è tale, nella maggior parte dei casi, da erodere/trasportare la neve.

Vedi anche: esposto; pendio sopravvento, pendio esposto al vento.

**Pendio sopravvento/esposto al vento:** Pendio che è esposto al vento.

Vedi anche: pendio sopravento.

**Pendio sottovento:** Pendio riparato rispetto all'azione diretta del vento, e su cui la neve ventata si deposita formando i lastroni.

Vedi anche: pendio sottovento, pendio al riparo dal vento.

**Pendio sottovento/al riparo dal vento:** Pendio che non è esposto al vento. Qui si accumulano grandi quantità di neve che spesso superano di molto l'altezza media del manto nevoso.

Vedi anche: pendio sottovento.

**Pericolo:** Condizione, circostanza o processo che può provocare un danno.

Vedi anche: rischio.

**Possibile (evento possibile):** Evento con probabilità di verificarsi inferiore al 66% (limite dei 2/3)

Vedi anche: probabile.

**Probabile (evento probabile):** Evento con probabilità di verificarsi superiore al 66% (più di 2/3). Es. Roulette russa: avendo 4 pallottole in un revolver a 6 colpi, è "probabile" che il gioco sia a sfavore del giocatore.

Vedi anche: possibile.

**Quantità di neve fresca:** Quantità neve fresca accumulatasi nelle ultime 24 ore.

**Quota dello zero termico:** Altitudine al di sopra della quale la temperatura dell'aria nella libera atmosfera è inferiore a 0°C.

**Radiazione:** Trasporto di energia sotto forma di onde elettromagnetiche. Si distingue tra radiazione a onde corte (luce visibile) e radiazione a onde lunghe (radiazione termica).

Vedi anche: irraggiamento; radiazione – irraggiamento.

**Radiazione–irraggiamento:** Irraggiamento che interessa il manto nevoso. La radiazione a onde corte (luce visibile) è riflessa per circa il 90% a seconda del tipo di neve; la rimanente parte riscalda i primi cm del manto nevoso. Le radiazioni a onda lunga (radiazione termica) sono trattenute dal manto nevoso praticamente al 100%.

Vedi anche: radiazione; irraggiamento.

**Resistenza interna della neve:** Capacità di trasmettere le forze all'interno della struttura dei cristalli di uno strato di neve; è legata alla quantità e alla qualità dei legami tra i cristalli stessi.

**Riduzione della resistenza in uno strato di neve:** I legami tra i cristalli si indeboliscono o si annullano e questo comporta una diminuzione della capacità di trasmettere le forze tra gli stessi.

**Rischio:** Concetto che riunisce la probabilità dell'evento (può succedere?) la presenza dell'uomo (qualcuno si trova entro la zona di pericolo?) e il danno (quale può essere l'entità del danno?). Il bollettino valanghe descrive il pericolo di valanghe, ma non il rischio.

Vedi anche: pericolo.

**Saltazione:** Spostamento della neve ad opera del vento sulla superficie del manto nevoso (la visibilità orizzontale non è del tutto impedita).

Vedi anche: trasporto eolico.

**Sastrugi:** Ondulazioni e asperità presenti sulla superficie del manto nevoso causati dall'azione del vento. La parte erosa più ripida punta nella direzione di provenienza del vento.

**Scivolamento per reptazione:** Quando la velocità di slittamento (o reptazione) aumenta nettamente si parla di scivolamento per reptazione (vedere "slittamento"). Questo tipo di distacchi sono possibili a qualsiasi ora del giorno e della notte.

**Scivolamento/scaricamento di neve:** Caduta di una piccola massa di neve, inferiore a  $100m^3$  e a  $50m$  di lunghezza, che non rappresenta in genere un pericolo significativo. Essa comporta comunque il pericolo di essere travolti e trascinati.

Vedi anche: dimensioni delle valanghe.

**Scomparsa del manto nevoso:** Fusione del manto nevoso con conseguente ricomparsa totale o parziale del terreno.

**Slittamento:** Movimento lento verso valle del manto nevoso (da pochi millimetri fino a qualche metro al giorno), favorito da terreni a ridotta scabrezza (erbe lunghe, placche rocciose) oppure da terreni umidi. Questo movimento può

creare delle fessure o delle aperture nel manto nevoso a forma di “bocca di pesce”.

**Situazione di cresta, vicino alle creste, in prossimità di crinali, in prossimità di cime:** Zona direttamente confinante con il crinale, con la cresta o con la cima e fortemente influenzata dall’azione del vento.

**Sospensione turbolenta:** Abbondante quantità di neve trasportata dal vento sul manto nevoso (la visibilità orizzontale viene impedita).

Vedi anche: Saltazione; trasporto eolico.

**Sovraccarico:** Forza che si esercita sul manto nevoso attraverso la sua superficie.

a) debole sovraccarico: snowboarder che effettua curve dolci, sciatore o snowboarder che non cade, gruppo che rispetta le distanze di sicurezza (minimo *10m*), escursionista con racchette da neve

b) forte sovraccarico: due o più sciatori o snowboarder che non rispettano le distanze di sicurezza, mezzo battipista, esplosione, escursionista a piedi.

**Spessore della frattura (nel caso di valanga di neve a lastroni):** Spessore del manto nevoso (misurato perpendicolarmente al pendio) sulla linea di frattura della valanga.

**Spessore del manto nevoso:** Spessore del manto nevoso misurato perpendicolarmente al pendio.

**Stabilità, stabilità del manto nevoso:** Capacità del manto nevoso di resistere alle sollecitazioni esterne (resistenza interna). La stabilità è determinata dalle resistenze e dalle tensioni proprie di ciascuno strato di neve.

**Stabilizzato, consolidato:** vedi aumento della resistenza.

**Strati deboli/fragili:** Strati del manto nevoso la cui resistenza è bassa a tal punto che si possono produrre o poi propagarsi delle fratture tra i legami dei cristalli. Gli strati tipicamente deboli sono: brina di superficie inglobata nel manto nevoso, strati interessati da metamorfismo costruttivo, neve fresca a debole coesione ricoperta, strati di neve particolarmente bagnati.

Vedi anche: metamorfismo costruttivo della neve; brina di superficie; strato di neve a debole coesione; strato di rottura.

**Strato di neve a debole coesione:** Strato in cui i legami fra i grani (o cristalli) sono deboli.

Vedi anche: strati deboli/fragili.

**Strato di rottura:** Strato del manto nevoso nel quale si è prodotta una rottura nella struttura dei cristalli di neve.

Vedi anche: strati deboli/fragili.

**Struttura del manto nevoso:** Successione degli strati del manto nevoso, dove ogni strato si caratterizza per la forma e le dimensioni dei cristalli, durezza, temperatura, contenuto in acqua liquida e densità.

**Superficie di scorrimento:** Terreno o strato del manto nevoso su cui scorre la valanga dopo il distacco. Le valanghe di neve a lastroni si producono frequentemente sulle seguenti superfici di scorrimento:

- Superficie di contatto fra neve fresca e neve vecchia
- Alternanza di neve compatta e neve incoerente
- Strato intermedio debole (per esempio brina di superficie ricoperta)
- Superficie di contatto tra lo strato di cristalli a calice e quello sovrastante
- Crosta da rigelo ricoperta da neve.

Vedi anche: strati deboli/fragili.

**Tensioni all'interno del manto nevoso:** Forza sui legami tra i grani all'interno di uno strato di neve, esercitata dal peso della neve o dal movimento degli strati superiori verso valle.

**Terreno estremamente ripido:** Un terreno estremamente ripido è caratterizzato da una inclinazione superiore a  $40^\circ$ , dalla vicinanza di creste e dalla conformazione sfavorevole del terreno e della struttura del suolo. Per queste ragioni è particolarmente esposto al pericolo di valanghe.

Vedi anche: inclinazione del pendio.

**Terreno ripido:** Terreno la cui inclinazione è superiore ai  $30^\circ$ , indipendentemente dalla sua conformazione e dalle sue caratteristiche.

Vedi anche: inclinazione del pendio.

**Trasformazione della neve (metamorfismo):** Modificazione della forma dei cristalli e della struttura interna del manto nevoso.

Vedi anche: metamorfismo distruttivo della neve; metamorfismo costruttivo della neve; metamorfismo da fusione.

**Trasporto eolico:** Trasporto della neve a opera del vento. Tale fenomeno inizia ad una velocità di vento di circa  $4m/s$  (circa  $15km/h$ ) sulla neve a scarsa coesione e circa a  $10m/s$  ( $35km/h$ ) sulla neve più compatta.

*Spiegazione più dettagliata:* l'accumulo di neve ventata cresce al cubo della velocità del vento. Se la velocità del vento raddoppia, la quantità di neve ventata aumenta di 8 volte. Il processo di accumulo è massimo quando il vento raggiunge  $50-80km/h$ , perché al di là di tale limite la capacità di erosione da parte del vento diminuisce.

Vedi anche: pendio con accumulo di neve ventata; saltazione; sospensione turbolenta.

**Valanga:** Movimento rapido di una massa nevosa, con volume superiore a  $100m^3$  e una lunghezza maggiore a  $50m$ .

**Valanga di fondo:** valanga che, nella zona di distacco, scorre a contatto con il terreno.

**Valanga di fondovalle:** grande valanga che raggiunge il fondovalle.

Vedi anche: dimensioni delle valanghe.

**Valanga di fondo con detriti:** (vedi classificazione delle valanghe) valanga primaverile, pesante e bagnata, che al suo passaggio scalza localmente la parte superficiale del terreno e per questo contiene terra e pietre.

Vedere al riguardo: valanga di fondo.

**Valanga di neve a debole coesione:** Valanga (di neve asciutta o bagnata) con distacco in un punto e che si sviluppa con la tipica forma a pera.

**Valanga di neve a lastroni:** Valanga provocata dalla rottura di un lastrone. La valanga di neve a lastroni è caratterizzata da una frattura lineare perpendicolare al pendio.

**Valanga di neve bagnata:** (vedi classificazione delle valanghe) valanga composta da neve bagnata. Si muove in genere più lentamente di una valanga di neve asciutta e si sviluppa di conseguenza su una distanza più ridotta. In ogni

caso, a causa della sua alta densità (massa volumica), esercita forti pressioni sugli ostacoli che incontra. Talora è identificata come valanga primaverile.

**Valanga di superficie:** Valanghe che nella zona di distacco scorre sopra uno strato di neve.

**Valanga nubiforme:** (vedi classificazione delle valanghe) valanga (per lo più a lastroni) di neve a grani fini, asciutta o leggermente umida, che forma una mescolanza di aria e di neve e che si solleva totalmente o parzialmente al di sopra del suolo, producendo grandi nuvole di polvere di neve. Raggiunge velocità nell'ordine di *100-300km/h* e può provocare delle onde di pressione dell'aria che provocano danni anche al di fuori della zona di accumulo.

**Valanga radente:** Diversamente da quanto avviene per le valanghe nubiformi, la maggior parte della massa nevosa si muove a contatto con la superficie di scorrimento.

**Valanga spontanea:** vedi distacco spontaneo di valanghe.

**Via di comunicazione esposta:** Parte di una strada, di una linea ferroviaria o di un'altra via di comunicazione particolarmente esposta alle valanghe.

Vedi anche: esposto; via di comunicazione ( in prossimità di un pendio).

**Via di comunicazione esposta (in prossimità di un pendio):** Via di comunicazione che attraversa un pendio o situata alla base di esso, ed esposta al pericolo di valanghe.

Vedi anche: via di comunicazione esposta.

**Zone a quota molto alta:** Zone situate al di sopra dei *3000m s.l.m.*; vi si trovano in particolare gli ambienti glaciali.

**Zone messe in sicurezza:** Luoghi nei quali sono stati eliminati il pericolo di valanghe o gli altri pericoli tipici dell'ambiente alpino applicando misure di protezione di tipo ingegneristico o attuando il distacco programmato di valanghe.

## Bibliografia

- [1] Kappenberger G., Kerkmann J., *Il tempo in montagna: manuale di meteorologia alpina*, Bologna: Zanichelli, 2001.
- [2] McClung D., Schaerer P., *Manuale delle valanghe: formazione, dinamica ed effetti, prevenzione e sicurezza, soccorso*, Bologna: Zanichelli, 2000.
- [3] Scotton P., *Appunti di La Neve e le Valanghe*, Università degli Studi di Padova: Corso Sistemazione dei Bacini Idrografici, a.a. 2013-2014.
- [4] Micheletti S., Marigo G., Pelosini R., *Meteorologia alpina*, Trento: AINEVA, 2010.
- [5] Praolini A., Tognoni G., Turrone E., Valt M., Barbera E., Del Barba S., Luciani R. T., *La neve*, AINEVA, 2014.
- [6] Praolino A., Tognoni G., Turrone E., Valt M., *Le valanghe*, AINEVA, 2001.
- [7] Barbera E., Turcotti P., Prola C., Praolini A., Gheser F., Tognoni G., Valt M., Cagnati A., Zasso R., Moro D., Amadori G., Lizzerò L., *I bollettini valanghe AINEVA. Guida all'interpretazione*, AINEVA, 2014.
- [8] Provincia Autonoma di Trento, Servizio Prevenzione Rischi, Ufficio Previsioni e Pianificazione: Via Vannetti, 41 (2° piano) - 38122 Trento, Tel. 0461.494881 - Fax. 0461.238305.
- [9] SC-2009/WS/15, IHP-VI Technical Document in Hydrology N°83 IACS Contribution N°1 UNESCO Working Series, *Classificazione internazionale della neve stagionale al suolo*; titolo originale: *The International Classification for Seasonal Snow on the Ground*, 7 Plave de Fontenoy, 75352 Paris 07 SP, Francia: Organizzazione delle Nazioni Unite per l'Educazione, la Scienza e la Cultura (UNESCO), 2009.
- [10] Barbolini M., Natale L., Tecilla G., Cordola M., *Linee guida metodologiche per la perimetrazione delle aree esposte al pericolo di valanghe*, Trento, 2005.
- [11] Tecilla G., Barbolini M., Ferro F., Cordola M., *Individuazione dei siti valanghivi: criteri per l'utilizzo delle fonti di documentazione e procedure speditive di perimetrazione*, Trento, 2007.

- [12] Mair R., Nairz P., *Valanga. Manuale pratico di Rudi Mair e Patrick Nairz, Riconoscere le 10 più importanti situazioni tipo di pericolo valanghe*, Bolzano: Athesia, 2012.
- [13] A.I.Ne.Va., «[www.aineva.it](http://www.aineva.it)» [Online].
- [14] *Corsi AINEVA*.
- [15] Cagnati A., *Strumenti di misura e metodi di osservazione nivometeorologici - Manuale per i rilevatori dei Servizi di previsione valanghe*, Rovereto: AINEVA, 2003.
- [16] Chiaia B., De Biagi V., Frigo B., Pitet L., Segor V., *Volume 1: Manuale per lo studio dell'interazione del flusso valanghivo con un ostacolo*, Regione Autonoma Valle d'Aosta: Progetto DynAval, 2012.
- [17] Maggioni M., Freppaz M., Zanini E., Pitet L., Segor V., *Volume 2: Manuale per la valutazione ed analisi della zona di distacco valanghe*, Regione Autonoma Valle d'Aosta: Progetto DynAval, 2012.
- [18] De Biagi V., Frigo B., Chiaia B., *Volume 3: Linee guida per la progettazione di edifici soggetti ad impatto valanghivo*, Regione Autonoma Valle d'Aosta: Progetto RiskNat, 2012.
- [19] Frigo B., Prola M. C., Faletto M., *Volume 4: Valutazione della stabilità del manto nevoso: linee guida per la raccolta e l'interpretazione dei dati*, Regione Autonoma Valle d'Aosta: Progetto RiskNat, 2012.
- [20] Bruno E., Maggioni M., Freppaz M., Zanini E., *Volume 5: Distacco artificiale di valanghe: linee guida per la procedura operativa, metodi e normativa*, Regione Autonoma Valle d'Aosta: Progetto RiskNat, 2012.
- [21] Cresta R., *L'esplosivo e la neve*, Club Alpino Italiano - Servizio Valanghe Italiano, Gianico: la Cittadina, 2002.
- [22] Cagnati A., *La valutazione della stabilità del manto nevoso. Guida pratica per sci alpinisti ed escursionisti*, Arabba: Quaderni di introduzione alla montagna, 1999.
- [23] Fiabane P., *Analisi multivariata di dati derivanti da stazioni nivometeorologiche ai fini della determinazione del pericolo da valanghe*, Università degli Studi di Trento: Facoltà di Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio, a.a. 1999-2000.
- [24] Cangiano P., *Data Mining applicato a dati nivometeorologici per la*

*previsione delle valanghe di neve*, Università degli Studi di Trento: Facoltà di Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio, a.a. 2001-2002.

[25] Cavada M., *L'influenza del vento sul fenomeno valanghe*, Facoltà di Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio: Università degli Studi di Trento, 1995-96.

[26] Casagrande E., *Analisi penetrometrica del manto nevoso: un nuovo strumento*, Università degli Studi di Trento: Corso di Laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio, a.a. 2009-2010.

[27] Provincia Autonoma di Trento, «[www.delibere.provincia.tn.it](http://www.delibere.provincia.tn.it)» [Online].

[28] «[www.digikey.it](http://www.digikey.it)» 2015. [Online].

[29] *Comunicazione personale da Dott. Ing. Paolo Scotton*, 2015.



*Ringrazio sinceramente:*

*Gabriele Stoppa e Paolo Scotton per la disponibilità e la competenza;*

*il personale del Servizio Prevenzioni Rischi, Ufficio Previsioni e Pianificazione  
della Provincia Autonoma di Trento per la disponibilità e la collaborazione.*

*Il ringraziamento più importante va ai miei genitori Fulgido e Letizia  
e al mio ragazzo Manuel.*