



**CONVENZIONE TRA
LA PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI
DIPARTIMENTO PER LA PROTEZIONE CIVILE
E
L'ASSOCIAZIONE INTERREGIONALE DI COORDINAMENTO PER I PROBLEMI INERENTI ALLA
NEVE E ALLE VALANGHE (AINEVA)**

TERZO ANNO DI ATTIVITA'.

**“DOCUMENTO F”:
DOCUMENTO METODOLOGICO SUL
MONITORAGGIO METEO-NIVOLOGICO
-
CRITERI PER L'UTILIZZO DEGLI STRUMENTI DI MISURA
E
METODI DI OSSERVAZIONE DEI
PARAMETRI NIVOMETEOROLOGICI**

**A cura di:
dott. Anselmo Cagnati – ARPA Veneto - CVA
e
dott. geol. Igor Chiambretti
Responsabile tecnico Aineva**

Trento, settembre 2009



Convenzione DPC – AINEVA



*Documento metodologico sul monitoraggio meteo-nivologico
Criteri per l'utilizzo degli strumenti di misura e metodi di osservazione dei parametri nivometeorologici*



SOMMARIO

PREMESSA 9

F.1	I PARAMETRI NIVOMETEOROLOGICI. ASPETTI APPLICATIVI.....	11
F.1.1	Premessa al capitolo.....	12
F.1.2	Condizioni del Tempo.....	14
F.1.2.1	Definizioni.....	14
F.1.2.2	Unità di misura.....	14
F.1.2.3	Utilità del dato.....	14
F.1.2.4	Metodi di osservazione e misura.....	15
F.1.2.5	Osservazione del tempo presente.....	15
F.1.2.6	Misure strumentali del tempo presente.....	16
F.1.2.7	L'osservazione del tempo presente mediante Web Cam.....	17
F.1.2.8	Codificazione dei dati.....	17
F.1.3	Nuvolosità.....	19
F.1.3.1	Definizioni.....	19
F.1.3.2	Unità di misura.....	19
F.1.3.3	Utilità del dato.....	19
F.1.3.4	Metodi di osservazione e misura.....	19
F.1.3.5	Stima della nuvolosità.....	19
F.1.3.6	Misure strumentali della nuvolosità.....	20
F.1.3.7	Codificazione dei dati.....	20
F.1.4	Visibilità.....	22
F.1.4.1	Definizioni.....	22
F.1.4.2	Unità di misura.....	22
F.1.4.3	Utilità del dato.....	22
F.1.4.4	Metodi di osservazione e misura.....	23
F.1.4.5	Stima della visibilità.....	23
F.1.4.6	Misure strumentali della visibilità.....	24
F.1.4.7	Codificazione dei dati.....	24
F.1.5	Vento in Superficie.....	26
F.1.5.1	Definizioni.....	26
F.1.5.2	Unità di misura.....	26
F.1.5.3	Utilità del dato.....	27
F.1.5.4	Metodi di osservazione e misura.....	27
F.1.5.4.1	Stima della velocità e della direzione del vento.....	27
F.1.5.4.2	Stima del vento in quota.....	28
F.1.5.4.3	Metodi strumentali semplici.....	29
F.1.5.4.4	Sensori a coppe rotanti o a elica.....	29
F.1.5.4.5	Sensori a banderuola rotante.....	30
F.1.5.4.6	Modalità di installazione dei sensori.....	31
F.1.5.4.7	Altre tipologie di sensori.....	32
F.1.5.5	Codificazione dei dati.....	32
F.1.6	Temperatura dell'aria.....	34
F.1.6.1	Definizioni.....	34
F.1.6.2	Unità di misura.....	34
F.1.6.3	Utilità del dato.....	34
F.1.6.4	Metodi di osservazione e misura.....	34
F.1.6.4.1	Termometri a liquido.....	35
F.1.6.4.2	Termometri bimetallici.....	36
F.1.6.4.3	Termometri elettrici portatili.....	36
F.1.6.4.4	Termometri elettrici fissi.....	37
F.1.6.5	Codificazione dei dati.....	37
F.1.7	Altezza Totale del Manto Nevoso.....	38
F.1.7.1	Definizioni.....	38
F.1.7.2	Unità di misura.....	38
F.1.7.3	Utilità del dato.....	38



F.1.7.4	Metodi di osservazione e misura	39
F.1.7.4.1	Sonda graduata portatile.....	39
F.1.7.4.2	Asta graduata fissa.....	39
F.1.7.4.3	Nivometro ad ultrasuoni	40
F.1.7.5	Scelta del sito di misura.....	41
F.1.7.6	Codificazione dei dati.....	41
F.1.8	Altezza della Neve Fresca	42
F.1.8.1	Definizioni	42
F.1.8.2	Unità di misura.....	42
F.1.8.3	Utilità del dato.....	43
F.1.8.4	Metodi di osservazione e misura	43
F.1.8.4.1	Tavoletta da neve.....	43
F.1.8.5	Scelta del sito di misura.....	44
F.1.8.6	Codificazione dei dati.....	44
F.1.9	Densità della Neve.....	45
F.1.9.1	Definizioni	45
F.1.9.2	Unità di misura.....	45
F.1.9.3	Utilità del dato.....	45
F.1.9.4	Metodi di osservazione e misura	45
F.1.9.4.1	Misura per carotaggio orizzontale	45
F.1.9.4.2	Misura per carotaggio verticale	47
F.1.9.4.3	Snow Fork.....	48
F.1.9.5	Codificazione dei dati.....	49
F.1.10	Temperatura della Neve.....	50
F.1.10.1	Definizioni	50
F.1.10.2	Unità di misura.....	50
F.1.10.3	Utilità del dato.....	50
F.1.10.4	Metodi di osservazione e misura	51
F.1.10.4.1	Termometri a liquido	51
F.1.10.4.2	Termometri bimetallici.....	51
F.1.10.4.3	Termometri elettrici portatili.....	51
F.1.10.4.4	Termosonda.....	52
F.1.10.6	Codificazione dei dati.....	53
F.1.11	Penetrabilità della Neve.....	54
F.1.11.1	Definizioni	54
F.1.11.2	Unità di misura.....	54
F.1.11.3	Utilità del dato.....	54
F.1.11.4	Metodi di osservazione e misura	54
F.1.11.4.1	Penetrazione dello sci.....	55
F.1.11.4.2	Penetrazione del piede	55
F.1.11.4.3	Penetrazione della sonda	56
F.1.11.5	Codificazione dei dati.....	56
F.1.12	Rugosità Superficiale.....	57
F.1.12.1	Definizioni	57
F.1.12.2	Unità di misura.....	57
F.1.12.3	Utilità del dato.....	58
F.1.12.4	Metodi di osservazione e misura	58
F.1.12.5	Codificazione dei dati.....	58
F.1.13	Caratteristiche dello Strato Superficiale	60
F.1.13.1	Definizioni	60
F.1.13.2	Unità di misura.....	60
F.1.13.3	Utilità del dato.....	60
F.1.13.4	Metodi di osservazione e misura	60
F.1.13.6	Codificazione dei dati.....	61
F.1.14	Durezza della Neve.....	62
F.1.14.1	Definizioni	62
F.1.14.2	Unità di misura.....	62
F.1.14.3	Utilità del dato.....	62
F.1.14.4	Metodi di osservazione e misura	63
F.1.14.4.1	Sonda a percussione.....	63
F.1.14.4.2	Pandalp.....	65



F.1.14.4.3	Test della mano	66
F.1.14.5	Codificazione dei dati	67
F.1.15	Contenuto in Acqua Liquida	69
F.1.15.1	Definizioni	69
F.1.15.2	Unità di misura	70
F.1.15.3	Utilità del dato	70
F.1.15.4	Metodi di osservazione e misura	70
F.1.15.4.1	Snow Fork	71
F.1.15.4.2	Valutazione con il metodo empirico	71
F.1.15.5	Codificazione dei dati	72
F.1.16	Forma dei Grani	74
F.1.16.1	Definizioni	74
F.1.16.2	Unità di misura	74
F.1.16.3	Utilità del dato	74
F.1.16.4	Metodi di osservazione e misura	75
F.1.16.4.1	Riconoscimento della forma dei grani con la lente d'ingrandimento	75
F.1.16.6	Codificazione dei dati	76
F.1.17	Dimensione dei Grani	82
F.1.17.1	Definizioni	82
F.1.17.2	Unità di misura	82
F.1.17.3	Utilità del dato	82
F.1.17.4	Metodi di osservazione e misura	83
F.1.17.4.1	Valutazione delle dimensioni dei grani con la lente d'ingrandimento e la tavoletta cristallometrica	83
F.1.17.5	Codificazione dei dati	84
F.1.18	Resistenza della Neve	85
F.1.18.1	Definizioni	85
F.1.18.2	Unità di misura	86
F.1.18.3	Utilità del dato	86
F.1.18.4	Metodi di osservazione e misura	86
F.1.18.4.1	Telaio di taglio	86
F.1.18.5	Codificazione dei dati	87
F.1.19	Spessore degli Strati	88
F.1.19.1	Definizioni	88
F.1.19.2	Unità di misura	88
F.1.19.3	Utilità del dato	88
F.1.19.4	Metodi di osservazione e misura	88
F.1.19.6	Codificazione dei dati	89
F.1.20	Impurità	90
F.1.20.1	Definizioni	90
F.1.20.2	Unità di misura	91
F.1.20.3	Utilità del dato	91
F.1.20.4	Metodi di osservazione e misura	91
F.1.20.6	Codificazione dei dati	91
F.2	SISTEMI DI OSSERVAZIONE.	93
F.2.1	Premessa al capitolo	94
F.2.2	Stazione nivometeorologica tradizionale	95
F.2.2.1	Definizioni	95
F.2.2.2	Requisiti richiesti (scelta del sito)	95
F.2.2.3	Configurazione di una stazione	96
F.2.2.3.1	Capannina meteorologica	97
F.2.2.3.2	Stazioni meteorologiche temporanee a basso costo	98
F.2.2.4	Manutenzione	99
F.2.2.4.1	Interventi in campo	99
F.2.2.4.2	Interventi presso il Centro di Gestione	99
F.2.2.5	Tarature strumentali	100
F.2.2.6	Addestramento del personale	101
F.2.2.7	Rete di stazioni	102
F.2.2.8	Osservazione e misure effettuate	102
F.2.2.	Campo Neve Occasionale	103



F.2.2.1	Definizioni	103
F.2.2.2	Requisiti richiesti (scelta del sito)	103
F.2.2.3	Configurazione di una stazione	104
F.2.2.4	Manutenzione	104
F.2.2.5	Tarature strumentali	104
F.2.2.6	Addestramento del personale	104
F.2.2.7	Rete di stazioni	105
F.2.2.8	Osservazione e misure effettuate	105
F.2.3	Stazione nivometeorologica automatica	106
F.2.3.1	Definizioni	106
F.2.3.2	Requisiti richiesti (scelta del sito)	106
F.2.3.3	Configurazione di una stazione	106
F.2.3.3.1	Struttura di sostegno	107
F.2.3.3.2	Sensoristica	109
F.2.3.3.3	Sistema di alimentazione	110
F.2.3.3.4	Unità di gestione	111
F.2.3.3.5	Sistema di trasmissione	112
F.2.3.4	Manutenzione	112
F.2.3.4.1	Interventi sul sito	113
F.2.3.4.2	Manutenzione correttiva	113
F.2.3.4.3	Manutenzione preventiva	113
F.2.3.5	Tarature strumentali	114
F.2.3.6	Addestramento del personale	116
F.2.3.7	Rete di stazioni	116
F.2.3.8	Osservazione e misure effettuate	116
F.2.3.9	Vantaggi e limiti delle stazioni automatiche	117
F.3	RILIEVO DEI PARAMETRI NIVOMETEOROLOGICI	118
F.3.1	Premessa al capitolo	119
F.3.2	Il Rilievo Nivometeorologico Giornaliero (MOD 1)	120
F.3.2.1	Generalità	120
F.3.2.2	Periodicità del rilievo	120
F.3.2.3	Unità di misura	120
F.3.2.4	Standard di riferimento internazionali	120
F.3.2.5	Procedure operative	120
F.3.2.6	Registrazione e trasmissione dei dati	122
F.3.3	Il Profilo della Neve (MOD 2 e MOD 3)	123
F.3.3.1	Generalità	123
F.3.3.2	Periodicità ed orario delle misure	123
F.3.3.3	Unità di misura	123
F.3.3.4	Standard di riferimento internazionali	123
F.3.3.5	Procedure operative	123
F.3.3.5.1	Accertamenti preliminari	125
F.3.3.5.2	Prova penetrometrica	125
F.3.3.5.3	Calcolo delle durezza	129
F.3.3.5.4	Calcolo dell'indice totale di durezza (TR)	129
F.3.3.6	Analisi stratigrafica	129
F.3.3.6.1	Calcolo della densità degli strati	131
F.3.3.6.2	Calcolo degli equivalenti in acqua	132
F.3.3.7	Registrazione e trasmissione dei dati	132
F.3.3.8	Costruzione di un profilo del manto nevoso	132
F.3.3.9	Software per la gestione dei profili (Snowpro e Yeti)	133
F.3.3.9.1	Snowpro 2000 per Windows	134
F.3.3.9.2	Yeti	134
F.3.4	Test di Stabilità	137
F.3.4.1	Generalità	137
F.3.4.2	Scelta del luogo	137
F.3.4.3	Periodicità ed orario delle misure	137
F.3.4.4	Unità di misura	138
F.3.4.5	Standard di riferimento internazionali	138
F.3.4.6	Procedure operative	138



F.3.4.7	Test del telaio di taglio	139
F.3.4.7.1	Calcolo dell'indice di stabilità	139
F.3.4.8	Test della pala	140
F.3.4.9	Test di compressione	141
F.3.4.10	Test del blocco di slittamento	142
F.3.4.10.1	Esecuzione e interpretazione del test	142
F.3.4.10.2	Vantaggi e svantaggi dei test di stabilità	144
F.3.4.11	Registrazione e trasmissione dei dati	146
ALLEGATI	147	
ALLEGATO F.1	148	
ALLEGATO F.2	149	
ALLEGATO F.3	150	
ALLEGATO F.4	151	
ALLEGATO F.5	152	
ALLEGATO F.6	153	
ALLEGATO F.7	154	
ALLEGATO F.8	155	
LISTA DEGLI ACRONIMI		155
LISTA DEI SIMBOLI		155
BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE		158



Convenzione DPC – AINEVA



*Documento metodologico sul monitoraggio meteo-nivologico
Criteri per l'utilizzo degli strumenti di misura e metodi di osservazione dei parametri nivometeorologici*



Premessa

Questo documento costituisce il primo dei due documenti tecnici a completamento dell'attività di ricerca svolta, nel corso del 2008-2009, da Aineva per conto della Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento Nazionale della Protezione Civile, nell'ambito delle iniziative previste per il terzo anno di operatività della Convenzione triennale siglata tra le due istituzioni in data 18 agosto 2005 ed avente come fine l'approfondimento gli aspetti tecnici, metodologici e procedurali utili a definire uno standard di riferimento per la trattazione della problematica valanghiva nei piani di protezione civile.

Le iniziative previste in Convenzione si articolano, in diversi settori di approfondimento schematizzabili in due principali nuclei di attività:

- l'analisi della situazione attualmente rilevabile a livello nazionale relativamente alle attività di protezione civile in tema di neve e valanghe e l'elaborazione di proposte metodologiche e organizzative utili per fronteggiare tale problematica con maggiore efficacia, nell'ambito della rete dei Centri Funzionali;
- l'organizzazione di iniziative formative finalizzate a creare, nei Centri Funzionali, una base di conoscenze tecniche comuni.

La Convenzione DPC - Aineva sviluppa i contenuti del Documento Tecnico redatto nel 2006 dal "Gruppo di Lavoro Settore Neve e Valanghe" istituito con Decreto del Capo del Dipartimento della Protezione Civile n° 2412 dell'8 giugno 2005.

Il Gruppo di Lavoro – in cui sono rappresentate le principali strutture attive nel Paese nel campo nivologico operativo – ha indicato le linee fondamentali lungo le quali operare il potenziamento e il coordinamento delle iniziative finalizzate a prevenire i pericoli legati all'innevamento, siano essi connessi alla neve in senso lato o, in termini più specifici, a fenomeni di natura valanghiva.

Sviluppando gli orientamenti espressi dal Gruppo di Lavoro, questo documento – denominato "Documento F – Documento Metodologico sul Monitoraggio Meteo-Nivologico – Criteri per l'Utilizzo degli Strumenti di Misura e Metodi di Osservazione dei Parametri Nivometeorologici" – finalizzato a fornire indicazioni operative utili all'acquisizione e alla misura dei parametri meteo-nivometrici secondo gli standard internazionali in uso per assicurarne il loro corretto utilizzo nei settori applicativi.

I contenuti di questo "Documento metodologico sul monitoraggio meteo-nivologico" sono in continuità e ad integrazione di quanto sviluppato nei Documenti "A" approvato dal Comitato Tecnico Direttivo di AINEVA ed inviato in data ottobre 2006 al Dipartimento della Protezione Civile, in conformità a quanto previsto nell'atto di affidamento dell'incarico. I documenti sino ad ora prodotti sono:

- "Documento A: monitoraggio dei parametri nivologici – Documento di analisi del quadro di settore con riferimento alla rete dei Centri Funzionali", in cui sono analizzati gli aspetti tecnici, scientifici e organizzativi connessi alla gestione del monitoraggio nivologico e sono approfonditi i temi connessi alla consistenza e natura delle banche dati nivometeorologiche.



- “Documento B: analisi del quadro tecnico-organizzativo a scala nazionale del sistema di gestione della problematica valanghiva”, nel quale sono descritte la natura e la rilevanza della problematica valanghiva che investe il territorio nazionale e sono evidenziati i tratti organizzativi delle strutture di protezione civile attive nel settore.
- “Documento C di indirizzo generale” nel quale sono sviluppate alcune proposte volte ad incrementare l'efficacia dell'azione di prevenzione svolta, in campo nivologico, dai Centri Funzionali.
- “Documento D: indirizzi metodologici per le strutture di protezione civile deputate alla previsione, al monitoraggio e alla sorveglianza in campo valanghivo nell'ambito del sistema nazionale dei centri funzionali” nel quale vengono illustrati i diversi livelli di competenza a livello regionale e locale.
- “Documento E: criteri per l'utilizzo delle fonti di documentazione cartografica sulle valanghe e indirizzi metodologici per la realizzazione di perimetrazioni a carattere speditivo finalizzate ad effettuare una prima individuazione dei siti esposti a fenomeni valanghivi. ” In questo documento sono elaborate, descritte e applicate a un caso di studio di area appenninica, le procedure tecniche necessarie ad effettuare un primo livello di analisi del territorio, finalizzato a individuare le situazioni di potenziale esposizione a valanghe in quegli ambiti territoriali in cui non siano disponibili adeguate fonti di documentazione storica.

Parallelamente al presente documento, nel corso del 2009, ne è stato sviluppato un secondo denominato: “Documento G – Documento metodologico sui piani di emergenza valanghe – indirizzi metodologici, procedure operative di redazione e gestione operativa” finalizzato ad elaborare un primo indirizzo per la formazione di Piani Comunali di Emergenza Valanghe.

L'insieme degli elementi esposti nei citati documenti viene proposto ai Centri Funzionali a supporto della loro attività di gestione delle problematiche valanghive di protezione civile.

Questo “Documento F” rielabora e ripropone i contenuti di alcuni documenti prodotti o adottati dall'AINEVA negli ultimi decenni, come meglio specificato nel successivo paragrafo F.1.1.



F.1 I parametri nivometeorologici. Aspetti applicativi.



F.1.1 Premessa al capitolo.

Con riferimento ai temi trattati in questo documento, le applicazioni dei dati nivometeorologici ricavati da stazioni a terra (manuali o automatiche) o campi neve occasionali possono essere ricondotte a due categorie principali suddivise, in sottoclassi, in funzione del fine di utilizzo:

A) operativo o di "tempo reale":

- A.1) valutazione del rischio valanghe;**
- A.2) valutazione del rischio neve;**
- A.3) valutazione della risorsa neve;**
- A.4) valutazione del rischio inondazioni;**

B) di analisi statistica:

- B.1) analisi degli eventi estremi;**
- B.2) definizione di valori di progetto;**
- B.3) previsione riserve idriche;**
- B.4) studi climatologici.**

Scopo di questo capitolo è analizzare dettagliatamente i 19 principali parametri che definiscono le condizioni meteorologiche e lo stato del manto nevoso e definire indicazioni operative utili alla loro misura e per assicurarne il loro corretto utilizzo nei settori applicativi sopraelencati. Questi parametri sono stati selezionati sulla base di quanto richiesto dai sistemi di osservazione standard adottati dall'AINEVA con esclusione dell'attività valanghiva in quanto questa tipologia di osservazione si discosta dai parametri nivometeorologici propriamente detti richiedendo conoscenze di tipo topografico e morfologico. La standardizzazione dei metodi di rilevamento e di rappresentazione dei dati è stato uno degli obiettivi prioritari di AINEVA (Associazione interregionale di coordinamento e documentazione per i problemi inerenti alla neve e alle valanghe), sin dalla sua costituzione (1983), al fine di favorire lo scambio di informazioni fra i diversi servizi e agevolare l'interpretazione delle informazioni da parte degli utenti finali.

A questo scopo verranno ripresi e sviluppati, in particolare, i contenuti di alcuni documenti prodotti o adottati dall'AINEVA negli ultimi decenni:

- World Meteorological Organization, 1992, **International Meteorological Vocabulary**: WMO No. 182, Geneva, Switzerland.
- Colbeck, S., Akitaya, E., Armstrong, R., Gubler, H., Lafeuille, J., Lied, K., McClung, and D., Morris, E., 1990, **The International Classification for Seasonal Snow on the Ground**; The International Commission on Snow and Ice, The International Association of Scientific Hydrology, International Glaciological Society. Pubblicato in lingua italiana a cura dell'AINEVA –



Gruppo di lavoro dei previsori AINEVA nel 1993 (**Classificazione internazionale della neve stagionale presente al suolo**);

- Anselmo, V., 1994, **Manuale di riferimento per la misura delle grandezze idrometeorologiche**: Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della Protezione Civile, CNR-GNDCI;
- AINEVA, 1995, Moduli di rilevamento standard relativi all'osservazione nivometeorologica giornaliera (MOD 1) e ai profili del manto nevoso (MOD 2, MOD 3 e MOD 4): AINEVA e Gruppo di lavoro dei previsori AINEVA, Trento;
- Canadian Avalanche Association, 1995, **Observation Guidelines and Recording Standards for Weather, Snowpack and Avalanches**: CAA, Revelstoke, BC, Canada;
- AINEVA, 1997, **Codice meteonivometrico per il rilievo giornaliero (Mod. I AINEVA)**: AINEVA e Gruppo di lavoro dei previsori AINEVA, Trento;
- Russo, M., De Blasio, A., Fornaciari, C., Di Loreto, E., and Liberi, L., 1997, **Norme tecniche per la raccolta e l'elaborazione dei dati idrometeorologici – Parte I – Dati meteorologici a fini ideologici**: Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali, Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale;
- World Meteorological Organization, 1996, **Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation – Sixth Edition**: WMO No. 8, Geneva, Switzerland.
- Cagnati, A., 2003, **Strumenti di Misura e Metodi di Osservazione Nivometeorologici – Manuale per i Rilevatori dei Servizi di Previsione Valanghe**: AINEVA, Trento.

Oltre alla bibliografia essenziale riportata nel manuale, sono stati consultati numerosi altri documenti, redatti ad uso interno e quindi non pubblicati, forniti da diversi servizi valanghe italiani e stranieri.



F.1.2 Condizioni del Tempo

F.1.2.1 Definizioni

Con il termine di **condizioni del tempo (WW)** si intendono l'insieme delle osservazioni sullo stato dell'atmosfera e sui fenomeni associati che non vengono misurati in modo quantitativo. Le osservazioni riguardano una descrizione qualitativa dei fenomeni osservati nell'atmosfera o sulla superficie del suolo che possono essere raggruppati nelle seguenti categorie:

- **idrometeore:** insieme delle particelle di acqua solide o liquide in sospensione, che precipitano attraverso l'atmosfera (precipitazioni), sollevate dal vento dalla superficie del suolo o depositate su oggetti al suolo o sospese nella libera atmosfera;
- **litometeore:** insieme delle particelle solide in sospensione o sollevate dal suolo dall'azione del vento;
- **fotometeore:** fenomeni luminosi provocati dalla riflessione, dalla rifrazione e dalla diffrazione o dall'interferenza della luce con il sole o con la luna;
- **elettrometeore:** manifestazioni ottiche o acustiche dell'elettricità atmosferica.

In nivologia assume particolare importanza l'osservazione delle precipitazioni, vale a dire di quella parte di idrometeore che precipitano attraverso l'atmosfera o in forma liquida (pioggia, pioviggine) o in forma solida (neve, grandine) o che restano in sospensione (nebbia, foschia).

F.1.2.2 Unità di misura

Le osservazioni sulle condizioni del tempo sono descrizioni di tipo qualitativo e vengono in genere associate a misure quantitative. Dette osservazioni sono state comunque standardizzate in modo tale da permettere all'osservatore di scegliere la descrizione più appropriata che risponde maggiormente alla percezione umana.

F.1.2.3 Utilità del dato

Le condizioni del tempo hanno un impatto notevole sulle attività umane specialmente in montagna durante il periodo invernale quando precipitazioni nevose, bufere di neve ecc. possono condizionare pesantemente le attività turistiche (gestione dei comprensori sciistici), le attività del tempo libero, il sistema viario e le attività umane in genere. I fenomeni meteorologici in atto possono inoltre determinare una rapida modificazione delle condizioni di stabilità del manto nevoso e costituiscono quindi un importante elemento da considerare nella previsione del pericolo di valanghe a breve termine. La conoscenza del tempo presente o del recente passato consente infine di migliorare le performance dei modelli di previsione meteorologica di area locale.



F.1.2.4 Metodi di osservazione e misura

L'unico sistema operativo attualmente in uso per definire le condizioni del tempo è quello che prevede un rilievo vista-udito da parte di osservatori opportunamente addestrati. Allo stato attuale non esiste alcun singolo sensore in grado di rilevare il parametro in modo automatico. Tuttavia, alcune ricerche di base hanno dimostrato la possibilità di definire le condizioni del tempo in modo automatico attraverso l'analisi logica di gruppi di variabili (es. visibilità, temperatura, punto di rugiada, velocità del vento ecc.) rilevate in modo strumentale. Le performance dei sistemi automatici dipendono dalle tipologie degli strumenti e dalla sofisticazione degli algoritmi utilizzati. In ogni caso, comunque, i sistemi di osservazione automatica non sono in grado di discriminare tutte le tipologie di fenomeni meteorologici. L'osservazione può essere riferita al tempo presente al momento dell'osservazione e/o al tempo passato (dopo l'ultima osservazione). Il sistema di osservazione standard adottato dai servizi valanghe italiani prevede unicamente l'osservazione del tempo sulla stazione al momento dell'osservazione.

F.1.2.5 Osservazione del tempo presente

L'osservazione delle condizioni del tempo in nivometeorologia consiste principalmente nell'individuazione della presenza o meno, presso la stazione o nell'arco visuale della stessa, di alcuni fenomeni meteorologici particolarmente significativi che, se presenti sulla stazione, vengono descritti in termini tipologici e quantitativi. I fenomeni meteorologici considerati sono quelli che hanno un'importanza particolare nel determinare le condizioni strutturali e la stabilità del manto nevoso. Essi possono essere divisi nelle seguenti categorie: nebbia, pioggia, neve, temporali. A queste tipologie principali va ad aggiungersi il fenomeno dello scaccianeve (neve sollevata dal suolo e trasportata dal vento) che può essere considerato una forma particolare di idrometeora. Il carattere delle precipitazioni (pioggia e neve) viene definito nelle tre seguenti forme:

- rovescio (precipitazione di forte intensità e breve durata);
- intermittente (precipitazione che ha subito una o più interruzioni dopo l'inizio);
- continua (precipitazione senza interruzioni dopo l'inizio).

Le precipitazioni continue sono a loro volta suddivise in base all'intensità in:

- deboli;
- moderate;
- forti;
- molto forti.

Siccome l'osservazione si riferisce al tempo presente (Fig. F.1.2.5.1), l'assegnazione dell'intensità della precipitazione mediante un controllo dei valori strumentali misurati su un periodo prolungato (es. precipitazione nelle ultime 24 ore) non è del tutto corretto. È pertanto ammissibile che ciascun servizio usi propri riferimenti in base alle condizioni locali e all'esperienza prendendo in considerazione altri fattori correlati (es. visibilità). Un controllo con valori numerici registrati nell'ultima ora è comunque utile e, come semplice riferimento, può essere considerata la classificazione riportata in Tab. F.1.2.5.1



Intensità	Pioggia	Neve
Debole	$< 1 \text{ mm h}^{-1}$	$< 1 \text{ cm h}^{-1}$
Moderata	$1-3 \text{ mm h}^{-1}$	$1-3 \text{ cm h}^{-1}$
Forte	$4-10 \text{ mm h}^{-1}$	$4-10 \text{ cm h}^{-1}$
Molto forte	$> 10 \text{ mm h}^{-1}$	$> 10 \text{ cm h}^{-1}$

Tab. F.1.2.5.1 Classificazione dell'intensità della precipitazione piovosa e nevosa.



Fig. F.1.2.5.1- L'osservazione dell'intensità della precipitazione nevosa in atto, quale componente del tempo presente, è di fondamentale importanza nel definire le condizioni nivologiche presso una stazione.

Il verificarsi di precipitazioni piovose a basse temperature determina un fenomeno particolare definito pioggia che gela. In questo caso la pioggia che cade su oggetti di temperatura inferiore a $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ subisce un congelamento immediato formando una pellicola di ghiaccio.

F. 1.2.6 Misure strumentali del tempo presente

Alcuni strumenti di misura, ancorché non consentano una definizione completa del tempo presente, possono essere di grande utilità per la misura automatica di alcuni caratteri distintivi del tempo quali ad esempio l'intensità e il tipo di precipitazioni in atto. Le registrazioni dei dati digitali dei pluviometri (qualora disponibili nella rete di stazioni) possono ad esempio essere utili per la corretta definizione dell'intensità delle precipitazioni in atto se l'intervallo di campionamento del dato è sufficientemente ristretto. Anche l'identificazione del tipo di precipitazione può essere fatta in modo strumentale attraverso l'impiego di disdrometri. Prescindendo dai radar Doppler convenzionali usati in meteorologia che sono molto costosi, possono essere impiegati operativamente radar da campo o sensori ottici (es. strumenti a raggi infrarossi). Recenti test sul campo hanno dimostrato che con questi strumenti è possibile identificare la maggior parte delle precipitazioni (in oltre il 90% degli eventi) ad



eccezione delle piogge e delle neviccate molto deboli in particolare se accompagnate da vento. Sofisticati algoritmi consentono inoltre di differenziare i diversi tipi di precipitazione anche se in alcuni casi questa operazione è molto difficile (es. una nevicata di neve bagnata è difficile da distinguere dalla pioggia).

F.1.2.7 L'osservazione del tempo presente mediante Web Cam

Limitatamente all'aspetto qualitativo, l'osservazione del tempo presente può essere effettuata in modo automatico mediante l'impiego di videocamere o fotocamere fisse o a brandeggio. Il sistema, costituito essenzialmente da un'unità di controllo, da una fotocamera digitale e da un software di gestione, può essere installato autonomamente o ad integrazione di stazioni nivometeorologiche già esistenti, sfruttando le strutture di sostegno della stazione stessa. In tal caso, alcuni parametri misurati dai sensori della stazione (es. altezza del manto nevoso, quantità di precipitazione) possono essere integrati con le immagini riprese dalle fotocamere per una valutazione, anche quantitativa, del tempo presente (Fig. F.1.2.7.1).

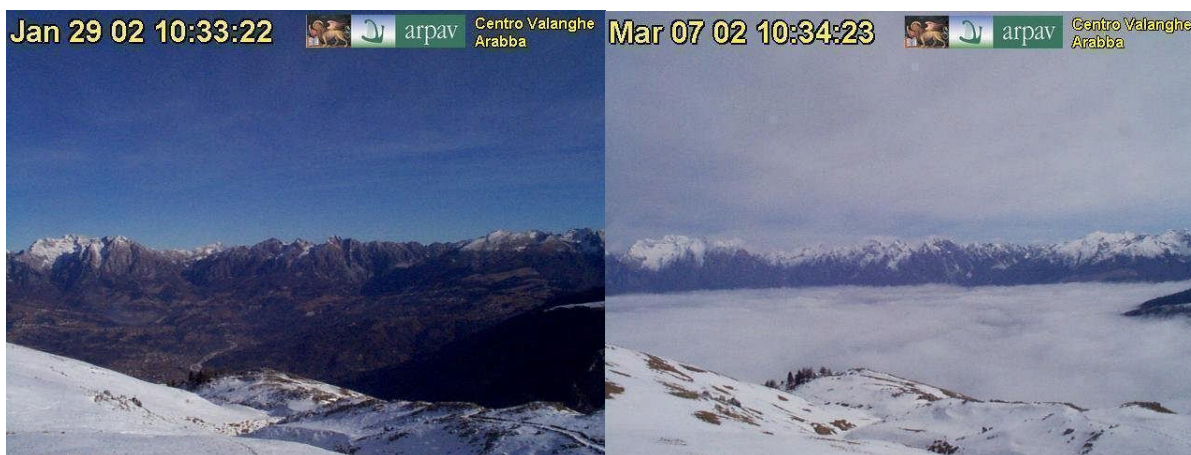


Fig. F.1.2.7.1- Osservazione del tempo presente mediante fotocamera fissa (stazione di Faverghera, Prealpi bellunesi): a) situazione di bel tempo con cielo sereno e ottima visibilità; b) situazione di inversione termica con nebbia a fondo valle.

F.1.2.8 Codificazione dei dati

Il sistema di codificazione dei dati fa riferimento a quanto previsto nel Manual on Codes, Volumes I.1 and I.2, WMO-No.306, in relazione al tempo presente e passato (codice WW). Naturalmente, per gli usi operativi nel settore nivologico, è presa in considerazione una casistica ridotta relativa ai fenomeni di interesse secondo la Tab. F.1.2.8.1



FENOMENI	CONDIZIONI DEL TEMPO SULLA STAZIONE AL MOMENTO DELL'OSSERVAZIONE	CODICE
	precipitazioni all'orizzonte (pioggia, neve, grandine, temporali) ma non sulla stazione	14
	scaccianeve (tormenta) sulla stazione	36
	nessuno dei fenomeni seguenti sulla stazione al momento dell'osservazione	00
nebbia	nebbia con cielo visibile	44
	nebbia con cielo invisibile	45
pioggia	pioggia debole intermittente	60
	pioggia debole continua (senza interruzione dopo l'inizio)	61
	pioggia moderata	63
	pioggia forte	65
	pioggia che gela	67
	pioggia mista a neve	69
	rovescio di pioggia	81
neve	nevicata debole intermittente	70
	nevicata debole continua (senza interruzione dopo l'inizio)	71
	nevicata moderata	73
	nevicata forte	75
	rovescio di neve mista a pioggia	84
	rovescio di grandine o neve arrotondata	88
temporale	temporale con pioggia o neve	95
	temporale con grandine o neve granulosa	96

Tab. F.1.2.8.1 Codificazione delle condizioni del tempo (versione ridotta per gli usi operativi in nivologia).



F.1.3 Nuvolosità

F.1.3.1 Definizioni

Per **nuvolosità (N)** si intende una stima dell'ammontare di cielo coperto da nubi. Nella meteorologia sinottica l'osservazione delle nubi comprende anche la stima o la misura della base delle stesse e la definizione del tipo (secondo vari criteri di classificazione). La nuvolosità può essere riferita a determinate tipologie di nubi (nuvolosità parziale) o a tutti i tipi di nubi (nuvolosità totale). Nella pratica nivometeorologica normalmente l'osservazione è limitata alla nuvolosità in quanto è il parametro che ha maggiore influenza sul manto nevoso.

F.1.3.2 Unità di misura

L'unità di misura della nuvolosità è l'okta, che corrisponde ad un ottavo della superficie della volta celeste così come vista dall'osservatore (area del cielo apparente) dal campo di rilevamento.

F.1.3.3 Utilità del dato

La copertura nuvolosa, riflettendo verso lo spazio parte della radiazione solare incidente (principalmente ad onda lunga) e verso la superficie della terra parte della radiazione riflessa (controradiazione atmosferica ad onda corta), ha un'importanza fondamentale nel bilancio energetico del manto nevoso e influenza pertanto i metamorfismi dello stesso. Il dato di nuvolosità, specie in assenza di fenomeni meteorologici particolari, è inoltre utile per la verifica delle previsioni meteorologiche fornite dai modelli di area locale.

F.1.3.4 Metodi di osservazione e misura

Nella pratica operativa il rilievo della nuvolosità viene effettuato mediante una stima visiva da parte di un osservatore opportunamente addestrato. I metodi strumentali per la misura della nuvolosità sono stati sviluppati solo per particolari applicazioni (misura della nuvolosità bassa) e non hanno un impiego operativo.

F.1.3.5 Stima della nuvolosità

L'osservazione è normalmente riferita alla nuvolosità totale e consiste nel valutare, dal punto di osservazione, la frazione di volta celeste coperta da tutte le tipologie di nubi visibili indipendentemente dal piano in cui esse sono collocate. La frazione di volta celeste coperta da nubi va quindi rapportata in ottavi tenuto conto che zero ottavi corrisponde a cielo completamente sereno e otto ottavi corrisponde a cielo completamente coperto. (N.B. Siccome la nuvolosità parziale è relativa alle varie tipologie di nubi che possono trovarsi in piani diversi, la somma delle nuvolosità parziali può eccedere gli otto ottavi). Un buon sito per la stima della nuvolosità

dovrebbe assicurare la più ampia veduta possibile della volta celeste ed essere lontano da fonti di luce artificiali che potrebbero interferire con l'osservazione. Una stima corretta presuppone inoltre di assegnare lo stesso peso alle aree della volta celeste collocate a diversi angoli di elevazione. In caso di nuvolosità irregolarmente distribuita è consigliabile suddividere la volta celeste in otto diversi quadranti: la somma della nuvolosità stimata per ciascun quadrante darà la nuvolosità totale (Fig. F.1.3.5.1).

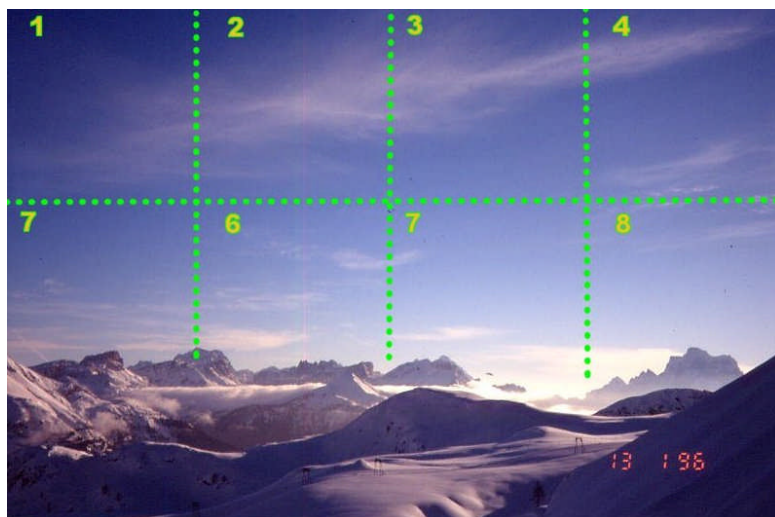


Fig. F.1.3.5.1- La stima della nuvolosità viene effettuata suddividendo la volta celeste visibile in otto diversi quadranti (nell'esempio, riportato a titolo esemplificativo, occorre immaginare che la volta celeste visibile coincida con l'immagine fotografica).

F.1.3.6 **Misure strumentali della nuvolosità**

Prescindendo dall'utilizzo di radiometri satellitari che lavorano nelle bande dell'infrarosso e del visibile (utilizzabili a vasta scala e in aree remote), la nuvolosità bassa può essere stimata con le misure fornite dal nefopsometro (a raggi infrarossi o laser), strumento utilizzato principalmente per la misura dell'altezza della base delle nubi. Misurando la proporzione fra il tempo complessivo e il tempo in cui sono stati rilevati strati nuvolosi ben identificati dallo strumento nel range di operatività dello stesso e assumendo che il tempo medio risultante sia rappresentativo delle condizioni del sito di osservazione è possibile arrivare ad una stima approssimata della nuvolosità (che però non è un valore istantaneo ma un valore riferito ad un certo periodo di tempo). Stime di questo tipo possono essere considerate soddisfacenti per la meteorologia sinottica (e quindi anche per la nivometeorologia) ma piuttosto approssimative per applicazioni più specialistiche.

F.1.3.7 **Codificazione dei dati**

Il sistema di codificazione della nuvolosità fa riferimento al Codice tabella 2700 del Manual on Codes, Volumes I.1 and I.2, WMO-No.306. Non viene utilizzato il codice 9 che corrisponde a "Cielo oscurato da nebbia e/o altri fenomeni meteorologici". Questa fattispecie viene inglobata normalmente nel codice / (vedi Tab. F.1.3.7.1).



Stato del cielo	Stato del cielo	Codice
Sereno	0	0
Quasi sereno	1/8	1
Quasi sereno	2/8	2
Poco nuvoloso	3/8	3
Nuvoloso	4/8	4
Nuvoloso	5/8	5
Molto nuvoloso	6/8	6
Quasi coperto	7/8	7
Completamente coperto	8/8	8
Nuvolosità non rilevabile	/	/

Tab. F.1.3.7.1 Codificazione della nuvolosità.



F.1.4 Visibilità

F.1.4.1 Definizioni

La **visibilità (diurna)-(V)** è definita come la maggior distanza orizzontale alla quale un oggetto nero di appropriate dimensioni posto vicino alla superficie del suolo può essere visto e riconosciuto da un osservatore umano. Essendo in questa accezione una quantità stimata, la valutazione della visibilità è affetta da una serie di fattori soggettivi. La grandezza meteorologica che in massima parte determina la visibilità è la trasparenza dell'atmosfera che può essere misurata oggettivamente attraverso il cosiddetto MOR (Meteorological Optical Range). Il MOR è definito come la lunghezza del percorso nell'atmosfera necessario per ridurre il flusso luminoso di un raggio collimato emesso da una lampada incandescente a 2700 K al 5% del suo valore originario. La proporzione di flusso luminoso emesso da una lampada incandescente a 2700 K perso lungo il tragitto su una unità di distanza nell'atmosfera è detto coefficiente di estinzione: esso rappresenta una misura dell'attenuazione della luce dovuta allo scattering e all'assorbimento.

F.1.4.2 Unità di misura

L'unità di misura della visibilità (o del MOR) è il metro (m) o il chilometro (km). Il range di misura varia a seconda delle applicazioni: nella meteorologia sinottica va da 50 m a oltre 50 km, mentre è normalmente più ridotto per altre applicazioni (es. aviazione civile, trasporti terrestri ecc.). In nivologia si usa lo stesso range impiegato nella meteorologia sinottica anche se la particolare conformazione orografica del territorio alpino italiano (con valli piuttosto strette) ha indotto i servizi valanghe italiani ad adottare un limite superiore di oltre 10 km. L'errore di stima della visibilità aumenta con la stessa per cui la scala adottata non è lineare.

F.1.4.3 Utilità del dato

Il concetto di visibilità in nivologia viene impiegato in due distinti modi. Da un lato è uno degli elementi importanti che consentono di identificare le caratteristiche della massa d'aria per le applicazioni della meteorologia sinottica (previsioni) e della climatologia mentre dall'altro lato ha un utilizzo più operativo rispondente a particolari applicazioni ed esigenze territoriali. Nell'ambiente montano invernale la distanza alla quale possono essere visti determinati segnali o fonti luminose ha importanza sia per alcuni aspetti gestionali del territorio (sgombero neve sulle vie di comunicazione, preparazione di piste da sci, distacco artificiale di valanghe ecc.) sia per gli utenti dei servizi (automobilisti, sciatori ecc.) al fine della sicurezza in genere. La visibilità condiziona inoltre molte attività del tempo libero in ambiti non controllati come lo sci fuori pista e lo sci alpinismo. La presenza del manto nevoso al suolo, in condizioni di scarsa visibilità, determina un fenomeno ottico particolare chiamato white-out, particolarmente frequente nelle zone polari, in presenza del quale all'osservatore pare di essere avvolto da un biancore uniforme dovuto alla mancanza di contrasto fra il



cielo e la superficie; in queste situazioni risulta impossibile distinguere le ombre, l'orizzonte e le nubi e si perde il senso della profondità e l'orientamento.

F.1.4.4 Metodi di osservazione e misura

La visibilità è un fenomeno psico-fisico complesso governato principalmente dal coefficiente di estinzione atmosferico che è a sua volta determinato dalla presenza di particelle solide e liquide in sospensione nell'atmosfera. Il coefficiente di estinzione è una misura dell'attenuazione del flusso luminoso dovuta sia all'assorbimento che allo scattering. Se la visibilità viene stimata da un osservatore, oltre che dallo stato fisico dell'atmosfera la stima dipende anche da alcuni fattori soggettivi quali la capacità di percezione individuale (soglia di contrasto) e l'abilità interpretativa. Inoltre, dipende anche dalle caratteristiche fotometriche e dimensionali dell'oggetto osservato come riferimento. I metodi strumentali misurano il coefficiente di estinzione atmosferico dal quale il MOR può essere calcolato, partendo comunque dall'assunto che il coefficiente di estinzione sia indipendente dalla distanza.

F.1.4.5 Stima della visibilità

La stima della visibilità diurna coincide, in buona approssimazione, con il valore del MOR. Essa viene effettuata utilizzando come riferimento elementi del paesaggio naturali o artificiali posti a diverse distanze (gruppi di alberi, rocce isolate, torri, campanili ecc.). È quindi necessario preparare preventivamente un piano di osservazione calcolando, su una carta topografica, le diverse distanze degli elementi di riferimento (Fig. F.1.4.5.1). L'osservazione deve essere effettuata in modo orizzontale a giro d'orizzonte senza l'ausilio di strumenti ottici (binocolo, teodolite ecc.) e dal livello del suolo in modo tale che l'occhio dell'osservatore, con vista normale, sia all'incirca a 1,5 m dalla superficie. Nel caso in cui la visibilità sia diversa in diverse direzioni, normalmente si indica (per ragioni precauzionali) la distanza più corta. Particolare attenzione deve essere posta nella scelta degli elementi da osservare che dovrebbero essere preferibilmente scuri (meglio se neri) e comunque con un albedo non superiore al 25%. Essi inoltre dovrebbero essere di dimensioni tali da sottendere, dall'occhio dell'osservatore, un angolo compreso tra 0,5 e 5° (notare che un foro di 7,5 mm di diametro praticato in una carta tenuta a braccio disteso sottende un angolo di circa 0,5°).

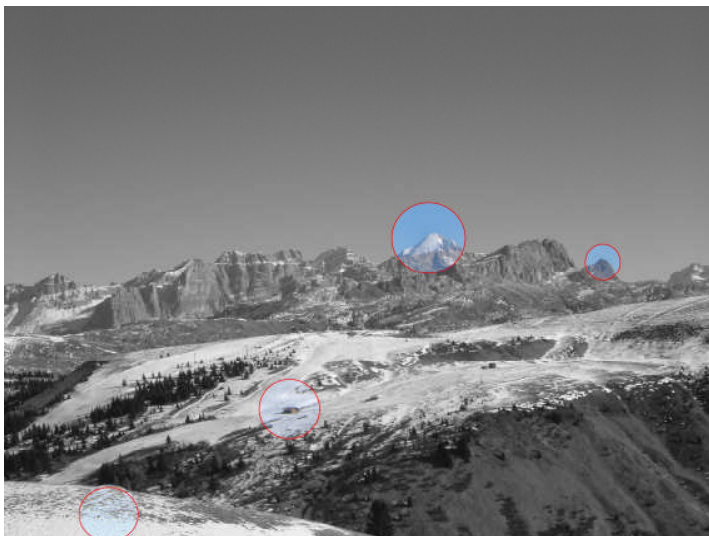


Fig. F.1.4.5.1- Una stima corretta della visibilità comporta la preparazione di un piano preventivo di osservazione verificato sulla carta topografica. Nell'esempio riportato in figura i punti di riferimento a diverse distanze sono costituiti da un masso isolato (visibilità cattiva), una baita (visibilità mediocre) e due cime rocciose ben identificabili (visibilità buona e ottima).

F.1.4.6 Misure strumentali della visibilità

Le osservazioni strumentali della visibilità vengono generalmente effettuate in caso di osservazioni notturne, in assenza di elementi da osservare o qualora si renda necessaria l'implementazione di sistemi automatici per particolari osservazioni. Gli strumenti per la misura del MOR afferiscono a due distinte categorie:

- strumenti che misurano il coefficiente di estinzione di un cilindro orizzontale di aria (telefotometro, transmissometro ecc.); l'attenuazione della luce emessa da una sorgente luminosa nel cilindro è dovuta sia allo scattering sia all'assorbimento;
- strumenti che misurano il coefficiente di scatter della luce in un piccolo volume di aria definito da un trasmettitore e un ricevitore; essi partono dal presupposto che in alcune situazioni (es. nebbia) l'assorbimento è trascurabile e il coefficiente di scatter diventa assimilabile al coefficiente di estinzione.

Per le applicazioni della nivologia questi strumenti hanno comunque scarso interesse.

F.1.4.7 Codificazione dei dati

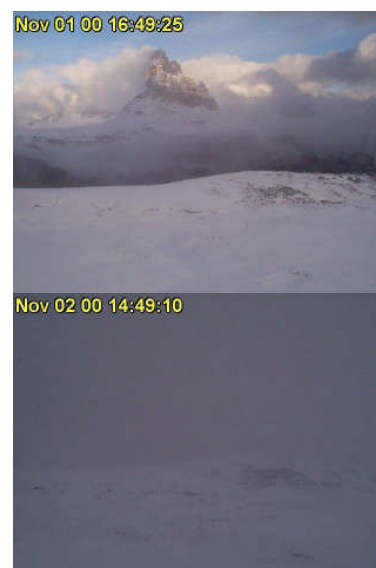
Il sistema di codificazione della visibilità non fa riferimento al codice WMO ma, per gli scopi particolari della nivologia, è stato semplificato a quattro classi di valori da 1 a 4 oltre al caso "dato non rilevabile" (vedi Tab. F.1.4.7.1 ed esempi in Fig. F.1.4.7.1).

Visibilità		Codice
Cattiva	Meno di 1.000 m	1
Mediocre	Da 1.000 a 4.000 m	2
Buona	Da 4.000 a 10.000 m	3
Ottima	Oltre i 10.000 m	4
Non rilevabile		/

Tab. F.1.4.7.1 Codificazione della visibilità.



Fig. F.1.4.7.1- *Diverse classi di visibilità in una tipica situazione alpina (immagini, non in sequenza temporale, della fotocamera fissa di Monte Piana, Dolomiti settentrionali). Da destra a sinistra e dall'alto in basso: visibilità ottima, visibilità buona, visibilità mediocre, visibilità cattiva.*





Convenzione DPC – AINEVA



*Documento metodologico sul monitoraggio meteo-nivologico
Criteri per l'utilizzo degli strumenti di misura e metodi di osservazione dei parametri nivometeorologici*



F.1.5 Vento in Superficie

F.1.5.1 Definizioni

Il **vento** è definito come il movimento dell'aria nelle tre direzioni spaziali. Esso è quindi rappresentato da un vettore tridimensionale che subisce fluttuazioni casuali nello spazio e nel tempo determinate dal flusso della massa d'aria a grande scala. Comunque, per gli scopi pratici della climatologia e anche della nivologia, normalmente il vento di superficie viene rappresentato da un vettore bidimensionale definito da due numeri che rappresentano rispettivamente la velocità orizzontale e la direzione di provenienza. Diverse applicazioni richiedono spesso informazioni supplementari sulla variabilità del vento per cui vengono spesso usate le seguenti quantità:

- **valore medio** - media dei valori misurati (es. velocità orizzontale) in un periodo di tempo predefinito (generalmente 10 minuti);
- **deviazione standard** - definisce la magnitudo della fluttuazione di un singolo valore misurato rispetto alla media;
- **raffica** - è la massima velocità misurata in un determinato intervallo di tempo;
- **calma** - situazione in cui la velocità media del vento è inferiore a 1 kn.

I servizi valanghe italiani, nel rilievo nivometeorologico giornaliero utilizzano la nozione di **vento in quota (VQ)** che non è una misura diretta del vento quanto piuttosto un'osservazione degli effetti che produce sul manto nevoso nelle zone elevate più esposte (accumuli da vento). Questa osservazione si basa sul fatto che la possibilità di formazione di accumuli non dipende solamente dalla velocità del vento ma anche dalle caratteristiche dello strato superficiale del manto nevoso.

F.1.5.2 Unità di misura

La velocità del vento viene misurata in metri al secondo ($m s^{-1}$) o in nodi (kn) considerando che:

$$1 \text{ kn} = 0,51 \text{ m s}^{-1}$$

Disponendo di strumenti a registrazione continua o a intervalli predefiniti, la velocità del vento viene normalmente rappresentata come media nei 10 minuti precedenti.

La direzione di provenienza del vento viene misurata in gradi rispetto al nord ($^{\circ}N$) in senso orario. Utilizzando i gradi sessagesimali in cui un angolo giro è costituito da 360° , un vento a 0° corrisponde a vento da nord, a 90° a un vento da est, a 180° a un vento da sud, a 270° a un vento da ovest e a 360° ancora ad un vento da nord. Analogamente alla velocità, anche la direzione viene rappresentata come media nei 10 minuti precedenti



F.1.5.3 Utilità del dato

Il vento è un parametro di fondamentale importanza in tutte le applicazioni sia della meteorologia che della climatologia, basti pensare all'importanza del dato nella previsione meteorologica, nello studio dei modelli di evapotraspirazione e di trasporto di inquinanti. In montagna il vento ha un'importanza notevole come fonte di possibili danni (chiusura di impianti, danni alle infrastrutture ecc.) e, in taluni casi, come fonte di energia alternativa. Con la sua azione di captazione della neve durante la precipitazione e di erosione del manto nevoso al suolo, con successivo trasporto e deposizione, determina la formazione di accumuli ed è quindi uno dei parametri fondamentali da considerare nella valutazione del pericolo di valanghe. Il vento, in combinazione con la temperatura dell'aria, determina sul corpo umano una sensazione di disagio relativo dovuta all'aumento dell'evaporazione (con conseguente perdita di calore) chiamata fattore *windchill* definito come perdita di calore dal corpo umano espressa in watt per metro quadro ($W m^{-2}$) di superficie riferita alla pelle. Il vento, inoltre, accelera i processi di riscaldamento e raffreddamento del manto nevoso, specie negli strati in prossimità della superficie e limita la formazione di brina di superficie.

F.1.5.4 Metodi di osservazione e misura

In assenza di strumenti di misura, la velocità e la direzione del vento possono essere stimate in modo soggettivo utilizzando delle scale di riferimento basate sugli effetti riconoscibili del vento (come ad esempio la scala Beaufort o, per quanto riguarda il vento in montagna, la scala proposta da Munter). Naturalmente, in questo caso, gli errori di stima possono essere considerevoli. Le misure strumentali vengono generalmente effettuate con un sensore a coppe rotanti o a elica (per quanto riguarda la velocità) e con un sensore a banderuola rotante (per quanto riguarda la direzione) normalmente accoppiati. Strumenti basati su principi di misura diversi sono brevemente descritti nel paragrafo F.1.5.4.7.

F.1.5.4.1 Stima della velocità e della direzione del vento

La stima della velocità e della direzione del vento deve essere fatta su terreno aperto e privo di ostacoli nelle vicinanze. Occorre ricordare che anche ostacoli di piccole dimensioni possono determinare la formazione di rotori e notevoli modificazioni della velocità e della direzione del vento, specialmente sul lato sottovento. La stima della velocità è basata sugli effetti provocati dal vento su oggetti mobili (fumo di ciminiera, foglie e rami, alberi, neve trasportata ecc.). La scala di riferimento proposta da Munter (riportata anche nel testo *Il tempo in montagna* di Kappenberger e Kerkmann, 1994) è particolarmente orientata agli escursionisti e si basa pertanto sugli effetti riconoscibili in montagna (fazzoletto, effetti acustici sugli ostacoli, trasporto di neve ecc.). La direzione del vento può essere stimata osservando la deriva del fumo che esce da camini posti in posizione elevata, oppure la direzione del movimento di elementi trasportati (foglie, erba ecc.). In certe situazioni può essere di aiuto una manica a vento o anche un indicatore più semplice (nastro) posizionati su un'asta ad una altezza adeguata (Fig. F.1.5.4.1). In questo caso l'errore di prospettiva può essere ridotto se l'osservatore si pone sulla verticale dell'indicatore. Le nuvole non sono generalmente un buon indicatore della direzione del vento in quanto la direzione del vento nella libera atmosfera può essere diversa dalla direzione del vento in



superficie. Le stime soggettive della velocità e della direzione del vento non consentono ovviamente di cogliere i valori di raffica o la deviazione standard.



Fig. F.1.5.4.1- *Velocità e direzione del vento possono essere stimate mediante l'ausilio di una manica a vento.*

F.1.5.4.2 Stima del vento in quota

L'osservazione, compiuta da una stazione ubicata generalmente a fondovalle, comporta una stima degli effetti del vento sul manto nevoso in quota riferita alle ultime 24 ore. Essa si basa sulla valutazione di due elementi:

- tipo e attività del vento;
- localizzazione di accumuli e cornici.

La presenza e le dimensioni di accumuli e cornici possono essere osservate direttamente con l'ausilio di un binocolo o in modo indiretto mediante l'individuazione dell'azione di trasporto per sospensione turbolenta (es. creste che fumano) - (Fig. F.1.5.4.2). In caso di manto nevoso compatto e difficilmente erodibile l'osservazione delle nubi può essere un buon indicatore del vento in quota. Anche la localizzazione dei fenomeni può essere osservata direttamente, specie in presenza di cornici. In caso di accumuli sui versanti l'osservazione diretta è più difficile per cui la localizzazione viene determinata per via induttiva ricordando che la formazione prevalente di accumuli avviene sottovento rispetto alla direzione del vento.

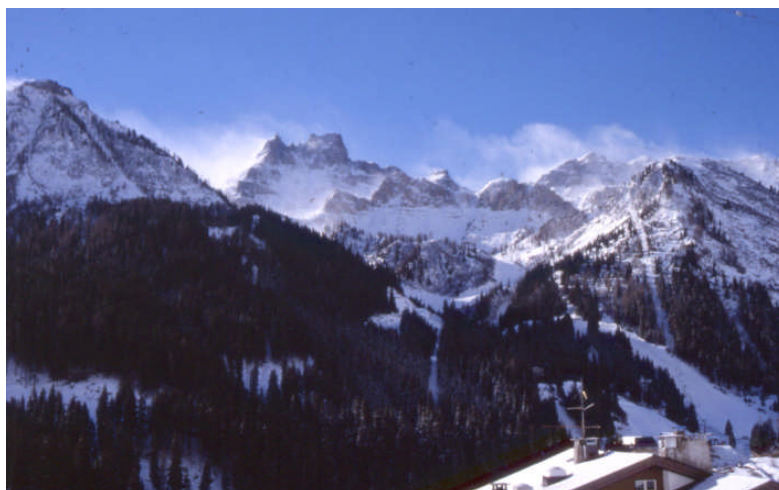


Fig. F.1.5.4.2.1 – Quando la modalità di trasporto della neve ad opera del vento avviene per sospensione turbolenta, l'osservazione del vento in quota e dei suoi effetti è facilitata.

F.1.5.4.3 Metodi strumentali semplici

Quando non è possibile, per varie ragioni, installare strumentazione fissa, velocità e direzione del vento istantanee possono essere misurate, in prossimità del suolo, con strumenti a basso costo chiamati anemometri a mano. Lo strumento va tenuto a braccio ben disteso verso l'alto e la lettura dei valori di velocità e direzione viene fatta dall'osservatore su apposite scale graduate cercando di mediare i valori se vi sono delle oscillazioni significative (Fig. F.1.5.4.3). Le misure devono essere effettuate nei pressi della stazione in un punto ben esposto al vento e al di fuori dell'influenza di ostacoli quali edifici, alberi o gruppi di alberi, irregolarità del terreno pronunciate ecc. È buona norma mantenere una distanza da eventuali ostacoli pari a 10 volte l'altezza degli stessi.



Fig. F.1.5.4.3.1- Anemometro a mano.

F.1.5.4.4 Sensori a coppe rotanti o a elica

Per la misura della velocità del vento sono comunemente utilizzati sensori a coppe rotanti con asse verticale o sensori ad elica con asse orizzontale (Fig. F.1.5.4.4.1). Questi sensori consistono di due parti principali: un rotore e un generatore di segnale

di vario tipo (generatore di corrente, generatore di impulsi magnetici o ottici, contagiri ecc.). Il principio di misura è basato sul fatto che la velocità angolare del rotore è direttamente proporzionale alla velocità del vento o più precisamente, nel caso del rotore ad elica, alla componente del vento parallela all'asse di rotazione. La linearità della risposta è indipendente dalla densità dell'aria tuttavia, in corrispondenza della velocità minima rilevabile, si possono avere forti scostamenti dalla linearità. La natura della risposta ai cambiamenti di velocità del vento è direttamente proporzionale al momento d'inerzia e dipende inoltre da una serie di fattori geometrici. Comunque, per la maggior parte dei sensori la risposta è più rapida per l'accelerazione che per la decelerazione con il risultato che la media della velocità viene spesso sovrastimata (fino al 10%). I sensori di concezione più recente consentono frequenze di campionamento molto elevate (fino a 5 s) anche se i valori istantanei non vengono registrati ma vengono utilizzati per calcolare la velocità media sui 10'.



Fig. F.1.5.4.4.1- Sensore della velocità del vento a coppe rotanti.

F.1.5.4.5 Sensori a banderuola rotante

Il sensore è costituito da una banderuola che ruota su un asse verticale (Fig. F.1.5.4.5.1). Il generatore di segnale può essere di diverso tipo a seconda del processore utilizzato e del sistema di lettura dei dati. La risposta ad una variazione della direzione del vento è caratterizzata da una rotazione della banderuola che si porta nella nuova posizione di equilibrio compiendo una serie di oscillazioni di ampiezza decrescente attorno alla nuova posizione. Per ottenere misure soddisfacenti il sistema deve essere ben bilanciato in modo da non avere posizioni preferenziali e da presentare un'unica posizione di equilibrio per ciascuna direzione del vento. Anche per i sensori a banderuola rotante i dati vengono registrati ogni 10' come media di valori istantanei misurati con diversi intervalli di campionamento (fino a 5").



Fig. F.1.5.4.6.1- Sensore di direzione del vento a banderuola rotante.

F.1.5.4.6 Modalità di installazione dei sensori

I sensori a coppe rotanti per la misura della velocità del vento e i sensori a banderuola rotante per la misura della direzione vengono normalmente montati accoppiati, a meno che esigenze particolari non richiedano la misura di uno solo dei due parametri (Fig. F1.5.4.6.1). Per applicazioni di tipo climatologico lo standard WMO prevede l'installazione di questi sensori a 10 m dal suolo; questa altezza è da ritenersi accettabile anche per gli impieghi nel campo nivologico. Studi particolari sul trasporto eolico possono richiedere un posizionamento ad altezze diverse. La velocità a 10 m dal suolo (VV_{10}) e la velocità ad una qualsiasi altezza h (VV_h) è definita dalla seguente relazione:

$$VV_h = VV_{10} [0,233 + 0,656 \log_{10} (h + 4,75)]$$

Occorre tenere presente che in montagna, causa la variabilità dell'altezza del manto nevoso al suolo, varia anche l'altezza del sensore dalla superficie per cui, specie per basse altezze di installazione, è necessario talvolta prevedere dei sistemi di innalzamento e abbassamento del sensore. I sensori devono inoltre essere installati in luogo aperto e pianeggiante, in situazioni dove velocità e direzione del vento non sono influenzate da ostacoli naturali o artificiali. In presenza di ostacoli è buona norma che i sensori si trovino ad una distanza pari ad almeno 10 volte l'altezza degli ostacoli stessi. In condizioni climatiche particolari che comportano spesso la formazione di ghiaccio e/o galaverna sui sensori sono necessari sistemi di riscaldamento che assicurino la funzionalità meccanica.



Fig. F.1.5.4.7.1- *Sulle stazioni automatiche i sensori di velocità e direzione del vento vengono generalmente montati accoppiati alla stessa altezza su un apposito braccio di supporto.*

F.1.5.4.7 Altre tipologie di sensori

Per la misura di velocità e direzione del vento sono state ideate, per applicazioni particolari, altre tipologie di sensori che si basano su principi fisici diversi. Alcuni di questi sono:

- l'anemometro a tubo di pressione;
- l'anemometro a filo caldo;
- il SODAR.

Alcuni di questi strumenti (es. SODAR) sono piuttosto costosi e non hanno applicazioni pratiche nella nivologia se non per studi particolari. Un certo interesse presenta l'anemometro a tubo di pressione in quanto, non avendo parti meccaniche in movimento, limita gli inconvenienti dovuti alla presenza di brina e/o galaverna.

F.1.5.5 Codificazione dei dati

Nel caso di misure strumentali i dati non vengono codificati ma si utilizzano i valori numerici rilevati di velocità in m s⁻¹ (o kn) e di direzione in °N. Nel caso di valori stimati la codificazione della velocità è proposta nella scala di riferimento (ad es. scala Beaufort prevede 13 diverse classi di velocità con codici da 0 a 12) mentre la codificazione della direzione si fa approssimando il valore rilevato al settore di 10° entro cui esso ricade utilizzando i codici 01, 02.....36 (es. il codice 02 indica che la direzione del vento è compresa tra 15 e 25°). Quando viene utilizzato il codice 0 nella codificazione della velocità (velocità del vento <1 kn in riferimento alla scala Beaufort) significa che si è in condizioni di calma di vento; in questo caso la codificazione della direzione diventa automaticamente 00. Il rilievo giornaliero dei servizi di previsione valanghe dell'arco alpino italiano prevede un sistema di codificazione del vento in quota composto da:

- tipo e attività del vento (codici 0, 1...4, oltre al caso di dato non rilevabile indicato con /);
- localizzazione dei fenomeni (codici 0,1...5, oltre al caso di dato non rilevabile indicato con /) (vedi Tab. F1.5.5.1).



Tipo e attività del vento	Codice
Non rilevabile	/
Attività eolica nulla	1
Föhn	2
Attività eolica con formazione di accumuli e cornici	3
Forte attività eolica (grandi accumuli e cornici)	4
Attività eolica senza trasporto	5

Localizzazione dei fenomeni (accumuli e cornici)	Codice
Non rilevabile	/
Nessun accumulo o cornice	0
Prevalentemente sui versanti settentrionali (NW-N-NE)	1
Prevalentemente sui versanti orientali (NE-E-SE)	2
Prevalentemente sui versanti meridionali (SE-S-SW)	3
Prevalentemente sui versanti occidentali (SW-W-NW)	4
Su tutti i versanti	5

Tab. F.1.5.5.1 Codificazione del vento in quota.



F.1.6 Temperatura dell'aria

F.1.6.1 Definizioni

In termodinamica la **temperatura** è la condizione che determina la direzione del flusso netto di calore fra due corpi. In tale sistema, il corpo che perde calore a vantaggio dell'altro si trova ad una temperatura più elevata. Nella accezione più comune, la temperatura è lo stato termico di un corpo misurato su una scala di temperatura predefinita per mezzo di vari tipi di termometri. La **temperatura dell'aria** (T_a) è quindi lo stato termico dell'aria misurato ad una certa altezza dal suolo.

F.1.6.2 Unità di misura

In termodinamica, l'unità di misura della temperatura è il Kelvin (K) che è pari a $1/273,16$ della temperatura termodinamica del punto triplo dell'acqua. Per la maggior parte delle applicazioni pratiche, e quindi anche in nivologia, la temperatura si esprime correntemente in gradi Celsius ($^{\circ}\text{C}$) secondo la relazione:

$$T(^{\circ}\text{C}) = t - 273,16$$

Dove t è la temperatura termodinamica.

La differenza di temperatura di un grado Celsius è quindi uguale alla differenza di un grado Kelvin. La scala delle temperature utilizzata a partire dal 1990 è l'*International Temperature Scale* (ITS) che è basata su valori assegnati di temperatura di un certo numero di stati di equilibrio riproducibili (ad esempio, alla condizione di equilibrio tra le fasi solida, liquida e di vapore dell'acqua, chiamata punto triplo, è stato assegnato il valore di temperatura di 273,16 K che corrisponde a $0,01^{\circ}\text{C}$).

F.1.6.3 Utilità del dato

La temperatura dell'aria è uno dei principali parametri ambientali da cui dipendono le condizioni di vita delle specie vegetali ed animali nonché tutte le attività umane. Dal punto di vista nivometeorologico la temperatura dell'aria determina, unitamente all'umidità e alla tensione di vapore, le condizioni di crescita dei cristalli di neve nell'atmosfera e condiziona fortemente il limite altimetrico delle nevicate. Sul manto nevoso al suolo, seppur con un certo ritardo dovuto alla bassa conducibilità termica della neve, condiziona la temperatura degli strati più superficiali e quindi, indirettamente, i processi termodinamici che avvengono nel manto nevoso (metamorfismi).

F.1.6.4 Metodi di osservazione e misura

La temperatura dell'aria può essere misurata con diverse tipologie di termometri e secondo diverse modalità. Nelle stazioni automatiche generalmente ci si avvale di termometri elettrici montati su supporti a braccio. Nell'osservazione nivometeorologica giornaliera o nell'esecuzione dei profili della neve le misure vengono invece eseguite manualmente mediante strumenti portatili. Fra questi, i termometri a liquido (di solito a mercurio per misure di temperatura maggiore di -38°C) sono oggi usati raramente mentre normalmente vengono impiegati termometri bimetallici o termometri elettrici con lettura digitale.

F.1.6.4.1 Termometri a liquido

Il principio di funzionamento di questi termometri si basa sull'espansione termica di un liquido puro (in genere mercurio o alcool) posto in un contenitore vitreo chiamato stelo alla cui estremità è collegato il bulbo principale. La variazione di volume del liquido è proporzionale alla temperatura ed è visualizzata dalla sua variazione di altezza nello stelo cui è associata una scala graduata con l'unità di misura. Nei termometri di questo tipo usati in nivologia, il contenitore vitreo è dotato di una doppia protezione metallica, una esterna che funge da contenitore e dalla quale viene estratto al momento dell'uso, ed una interna limitata alla parte di contenitore non contrassegnata dalla scala graduata. Un particolare dispositivo consente di innescare, a mano, un movimento rotatorio del termometro al fine di accelerare la stabilizzazione del valore di temperatura letto sulla scala graduata (da cui il nome di termometro "a fionda") (Fig. F.1.6.4.1). In nivometeorologia i termometri a liquido vengono ancora utilizzati, talvolta, per la misura delle temperature massime e minime giornaliere. In questo caso il termometro a minima e massima è costituito da un contenitore vitreo a forma di U con doppia scala graduata invertita (una per la lettura delle temperature minime e l'altra per la lettura delle temperature massime); due indicatori metallici sospinti dal mercurio si fermano in corrispondenza della massima e della minima temperatura raggiunta nel periodo dell'osservazione e fungono da riferimenti per le relative letture (Fig. F.1.6.4.2). In caso di osservazioni con cadenza giornaliera, l'operatore deve provvedere, tramite una calamita, a riportare gli indici a contatto con il mercurio una volta eseguite le letture.



Fig. F.1.6.4.1.1 – Modalità di utilizzo del termometro a fionda.

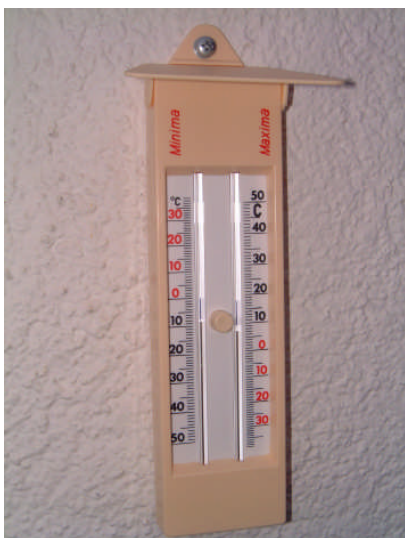


Fig. F.1.6.4.1.2 – Termometro a minima e massima.

F.1.6.4.2 *Termometri bimetallici*

L'elemento sensibile è una lamina bimetallica costituita da due metalli saldati tra loro e dotati di due diversi coefficienti di dilatazione lineare. I due metalli, al variare della temperatura, tendono ad allungarsi o a restringersi in modo diverso provocando una notevole deformazione della lamina metallica; la deformazione viene amplificata e riportata in forma leggibile su un indice. Questi termometri sono versatili e robusti, ma non sono adatti alla registrazione elettronica dei dati perché basati su meccanismi di registrazione a cilindro (termografi).

F.1.6.4.3 *Termometri elettrici portatili*

I termometri elettrici, a termoresistenza o a termocoppia, sono oggi largamente usati sia per le misure in campo, sia per le misure da remoto con stazioni automatiche. Nel caso delle termoresistenze, la misurazione di resistenza elettrica dei materiali, per i quali si conosce la legge di variazione con la temperatura, può essere utilizzata per la rappresentazione della temperatura stessa. Le termocoppie sono invece giunzioni di due diversi conduttori ai cui capi si può misurare una tensione che dipende dalla giunzione stessa. Gli strumenti portatili usati normalmente in nivologia sono costituiti da una piccola unità di controllo in materiale plastico che consente alcune semplici operazioni (accensione/spengimento, blocco del valore rappresentato, autospegnimento ecc.) e che contiene un visore a cristalli liquidi su cui vengono eseguite le letture e il vano per l'alimentazione a batteria (normalmente da 9 V). All'unità di controllo è collegata una sonda termometrica in acciaio funzionante a contatto il cui elemento sensibile è una termoresistenza al platino del tipo Pt 100 (100 Ω a 0 °C). Per particolari necessità, quando ad esempio per le operazioni di taratura servono strumenti con tempi di reazione brevissimi, possono essere utilizzate sonde termometriche a termocoppia. Nella procedura di misura istantanea di temperatura dell'aria, la sonda termometrica viene tenuta in mano dall'operatore dalla parte dell'impugnatura a braccio disteso (per limitare l'influenza della temperatura corporea) e ad una altezza di circa 1,5 m dal suolo. La lettura del valore di temperatura viene fatta dopo qualche secondo, quando lo stesso appare stabilizzato sul visore dell'unità di controllo.

F.1.6.4.4 Termometri elettrici fissi

Il principio di funzionamento è quello visto per i termometri elettrici portatili . Il sensore viene generalmente installato su un supporto a braccio a sua volta collegato al palo principale della stazione. Siccome il sensore rimane esposto permanentemente agli agenti atmosferici è dotato di una protezione autoventilante in materiale plastico (Fig. F.1.6.4.4.1). Normalmente i termometri elettrici sono collegati ad una unità di gestione che consente, tra l'altro, la memorizzazione dei valori minimi e massimi giornalieri.



Fig. F.1.6.4.4.1- Termometro elettrico con protezione autoventilante collegato ad una stazione automatica.

F.1.6.5 Codificazione dei dati

Generalmente la lettura della temperatura dell'aria viene effettuata al decimo di grado e la codifica, a seconda della tipologia del rilievo, viene fatta in decimi di grado o in gradi interi. Nel primo caso al valore letto approssimato al grado si aggiunge il numero 50 (togliendo il segno negativo), mentre nel secondo caso al valore letto senza la virgola si aggiunge 500 (togliendo il segno negativo). Ecco alcuni esempi di codifica in gradi interi:

- da -4,5 a -5,4 si codifica 55
- da -0,1 a -0,4 si codifica 50

e alcuni esempi di codifica in decimi di grado:

- -4,5 si codifica 545
- -0,1 si codifica 501
- -10,3 si codifica 603

Quando per qualche ragione la misura della temperatura dell'aria non è possibile la relativa codifica è // (se la codifica viene fatta in gradi interi) oppure /// (se la codifica viene fatta al decimo di grado).

F.1.7 Altezza Totale del Manto Nevoso

F.1.7.1 Definizioni

Per **altezza totale del manto nevoso (HS)** si intende la distanza, misurata verticalmente, fra la superficie del suolo e la superficie del manto nevoso. La distanza fra la superficie del suolo e la superficie del manto nevoso misurata secondo la direzione della normale al suolo viene chiamata **spessore totale del manto nevoso (DS)**. Altezza del manto nevoso (HS) e spessore del manto nevoso (DS), chiamato ψ l'angolo di inclinazione del pendio, sono legati dalla seguente relazione (Fig. F.1.7.1.1):

$$DS = HS \cos \psi$$

In alcuni casi la misura verticale o secondo la normale al pendio può essere riferita, anziché alla superficie del manto nevoso, ad un punto interno: in questo caso si parla di coordinate verticali o normali al pendio (misurate a partire dal suolo).

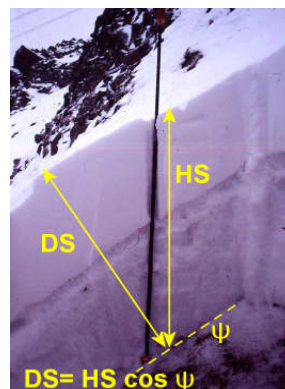
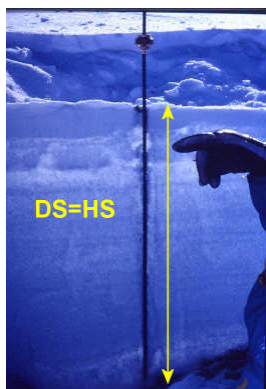


Fig. F.1.7.1.1- Altezza e spessore totale del manto nevoso: a) nel caso di terreno pianeggiante altezza e spessore coincidono; b) nel caso del terreno in pendenza i due parametri sono legati dall'angolo d'inclinazione del pendio.

F.1.7.2 Unità di misura

Altezza e spessore del manto nevoso vengono misurati in centimetri (cm) o in metri (m).

F.1.7.3 Utilità del dato

In nivologia è uno dei parametri più importanti. Pur essendo una misura puntuale e pur avendo il dato una grande variabilità spaziale, definisce la quantità di neve accumulata al suolo in un determinato momento. Dal punto di vista pratico determina le condizioni di sciabilità di una determinata area. È un dato di input fondamentale per la progettazione di opere di difesa dalle valanghe (in modo particolare per le barriere



fermaneve) e determina, insieme ad altri fattori, le condizioni di stabilità del manto nevoso. In idrologia è un dato di fondamentale importanza per la valutazione delle risorse idriche.

F.1.7.4 Metodi di osservazione e misura

L'altezza totale del manto nevoso viene di solito determinata oggettivamente utilizzando strumenti in grado di rilevare distanze. Alcuni metodi (es. sonda graduata infilata nel manto nevoso) sono distruttivi in quanto determinano un'alterazione delle caratteristiche strutturali del manto nevoso nel punto di misura mentre altri metodi (es. ecometro ad ultrasuoni) consentono di effettuare la misura nello stesso punto dalla comparsa fino alla totale scomparsa del manto nevoso. La stima dell'altezza del manto nevoso utilizzando riferimenti di altezza nota (paline) viene talvolta effettuata in modo speditivo su aree abbastanza vaste (100-1000 km²) al fine di determinare le condizioni medie di innevamento o i fenomeni di accumulo/ablazione.

F.1.7.4.1 Sonda graduata portatile

Una sonda graduata portatile con punta conica (al fine di limitare gli attriti con il manto nevoso) viene inserita verticalmente a mano nel manto nevoso fino a raggiungere la superficie del suolo. Sulla scala graduata, in corrispondenza della superficie della neve, viene letta l'altezza totale del manto nevoso. La misura può essere ripetuta alcune volte sull'area circostante prendendo il valore medio delle misure effettuate. Possono servire allo scopo gli elementi della sonda a percussione utilizzata per la misura della durezza della neve. Il metodo, essendo distruttivo, è sconsigliato quando è necessario eseguire le misure con una certa continuità (es. giornalmente). È inoltre inapplicabile in caso di manti nevosi di altezza superiore a 100 cm o anche di altezza inferiore ma con presenza di strati ad elevata coesione che esercitano una forte resistenza alla penetrazione della sonda.

F.1.7.4.2 Asta graduata fissa

Un'asta graduata con scala centimetrata, di metallo o di legno e preferibilmente colorata con colori alternati, viene infissa verticalmente nel terreno in assenza di neve avendo l'accortezza di far coincidere il valore 0 della graduazione con la superficie del suolo. La misura, in presenza di neve al suolo, viene effettuata mediante osservazione diretta leggendo il valore della scala centimetrata più prossimo alla superficie del manto nevoso (Fig. F.1.7.4.2). In caso di misure estensive in zone di difficile accesso le letture possono essere effettuate con binocolo a distanza o da mezzi aerei con una stima approssimativa facendo riferimento alle bande colorate dell'asta.

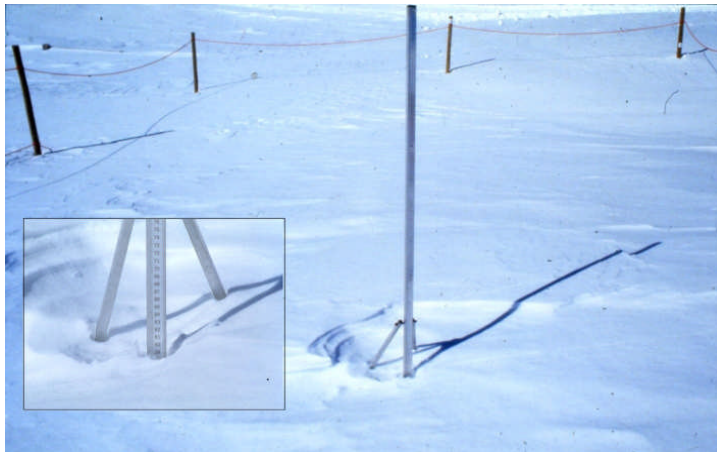


Fig. F.1.7.4.2.1- Asta graduata fissa per la misura dell'altezza del manto nevoso; da notare l'azione erosiva del vento in corrispondenza dell'inserzione nel manto nevoso, in questo caso accentuata dagli elementi di sostegno dell'asta.

F.1.7.4.3 Nivometro ad ultrasuoni

Il nivometro ad ultrasuoni è una applicazione del SODAR (Sound Detecting And Ranging). Un trasmettitore orientato verticalmente verso la superficie del terreno invia un impulso ultrasonico che viene riflesso dalla superficie della neve e captato da un ricevitore accoppiato (Fig. F.1.7.4.3). Viene quindi misurato il tempo che impiega l'impulso ultrasonico a percorrere, nei due sensi, la distanza tra il sensore e la superficie del manto nevoso. La distanza D del sensore dalla superficie del manto nevoso è data dalla seguente equazione:

$$D = \frac{c t_0 T_a^{1/2}}{2}$$

Dove: c è una costante
 T_0 è il periodo di tempo che intercorre tra l'invio dell'impulso e la ricezione dell'eco
 T_a è la temperatura dell'aria

Essendo il tempo di percorrenza dell'impulso ultrasonico dipendente dalla densità dell'aria, che varia al variare della temperatura (un impulso ultrasonico si propaga in aria alla velocità di 331,4 m s⁻¹ a 18 °C), per il calcolo della distanza D è necessario accoppiare il sensore ad ultrasuoni ad un sensore di temperatura. Nel caso di un sensore posto su terreno orizzontale, nota l'altezza H del sensore rispetto alla superficie del terreno, l'altezza totale del manto nevoso è data dalla seguente equazione:

$$HS = H - D$$

L'accuratezza della misura è direttamente proporzionale alla distanza tra il sensore e la superficie del manto nevoso e aumenta quindi con l'aumentare dell'altezza del manto nevoso. Dati di misure sperimentali effettuate a metà degli anni '80 hanno consentito di appurare un'accuratezza dello 0,7% rispetto all'altezza totale del manto nevoso che, per altezze fino a 400 cm con il sensore posto a 550 cm dalla superficie



del terreno, corrisponde ad un'accuratezza media di $\pm 2,5$ cm. Il nivometro ad ultrasuoni, consentendo frequenze di campionamento e di registrazione molto ravvicinate (normalmente 30') consente di seguire l'evoluzione del manto nevoso con molto dettaglio durante le nevicate.



Fig. F.1.7.4.3.1- Nivometro ad ultrasuoni.

F.1.7.5 Scelta del sito di misura

Indipendentemente dal metodo utilizzato, il sito scelto per la misura dell'altezza totale del manto nevoso deve presentare alcune caratteristiche:

giacitura pianeggiante: anche se è ammessa la misura su terreno in leggera pendenza, la giacitura pianeggiante limita alcuni movimenti lenti del manto nevoso (slittamento, reptazione) che determinano modificazioni dell'altezza;

rappresentatività: il sito dovrebbe essere rappresentativo delle condizioni medie di innevamento della località per cui dovrebbero essere escluse zone troppo soleggiate (dove il manto nevoso scompare rapidamente) o zone eccessivamente in ombra o soggette a inversione termica (dove il manto nevoso si conserva a lungo);

terreno liscio: la scabrosità dovuta alla presenza di sassi, rami, accumulo di materiale organico ecc. oltre a determinare una difficoltà evidente nello stabilire il valore 0 della misura, produce una irregolare deposizione del manto nevoso nonché uno scioglimento differenziato su piccole superfici con conseguente formazione di un manto nevoso molto irregolare;

limitata azione di erosione, trasporto e deposizione ad opera del vento: anche se, specie in alta montagna, non esistono localizzazioni totalmente immuni dall'azione del vento, essa deve essere ridotta specie se i dati vengono utilizzati per fini statistici (es. determinazione delle altezze massime di neve al suolo per finalità di progettazione).

F.1.7.6 Codificazione dei dati

La misura non viene in genere codificata, ma si riporta il valore rilevato in cm.

F.1.8 Altezza della Neve Fresca

F.1.8.1 Definizioni

Per **altezza della neve fresca (HN)** si intende la misura verticale della precipitazione nevosa caduta in determinato periodo di tempo che può comprendere uno o più eventi. Si tratta pertanto di un parametro che esprime il tasso al quale la neve è precipitata depositandosi al suolo. Il periodo di tempo che normalmente viene preso come riferimento sono le 24 ore precedenti alla misurazione. La quantità effettiva di precipitazione, espressa in **equivalente in acqua**, può essere calcolata con la seguente espressione dopo aver misurato, oltre all'altezza della neve fresca, anche la sua densità:

$$HW = \rho HN$$

Dove HW è l'equivalente in acqua espresso in mm, ρ è la densità espressa in kg m⁻³ e HN è l'altezza della neve fresca espressa in m.

Lo **spessore della neve fresca (DN)** è la misura della precipitazione nevosa effettuata perpendicolarmente al pendio. Altezza della neve fresca (HN) e spessore della neve fresca (DN) sono legati dalla stessa relazione che lega altezza totale del manto nevoso con spessore totale del manto nevoso (vedi paragrafo F.1.7.1. e Fig. F.1.8.1.1).

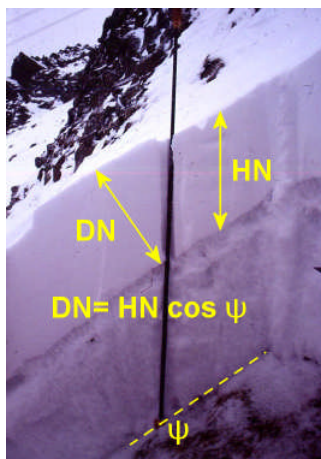


Fig. F.1.8.1.1- Anche altezza e spessore della neve fresca sono legati dall'angolo d'inclinazione del pendio.

F.1.8.2 Unità di misura

Altezza della neve fresca e spessore della neve fresca sono espressi in centimetri (cm) o in metri (m).

F.1.8.3 Utilità del dato

Anche questo parametro è di fondamentale importanza in nivologia per tutta una serie di applicazioni. La stabilità del manto nevoso e la sua evoluzione temporale sono strettamente legate all'intensità della precipitazione nevosa. Inoltre, unitamente alla massa volumica, definisce il sovraccarico addizionale prodotto sul manto nevoso da una nuova precipitazione. Nel settore della statistica climatologica il parametro è di fondamentale importanza per definire le caratteristiche nivologiche dell'inverno (cumulo totale e distribuzione temporale e spaziale della precipitazione nevosa).

F.1.8.4 Metodi di osservazione e misura

Allo stato attuale non esistono strumenti automatici per una misura affidabile dell'altezza della neve fresca per il periodo standard di riferimento (24 ore). Una misura dello spessore della neve fresca per periodi più brevi (da 1 fino a 3 ore) può essere effettuata con il nivometro ad ultrasuoni calcolando la differenza fra due misure successive. Questo sistema applicato per periodi di tempo più lunghi, specie in caso di forti precipitazioni nevose, introduce degli importanti errori di calcolo per difetto a causa dell'assestamento del manto nevoso sottostante prodotto dalla neve fresca. Il sistema di misura comunemente impiegato prevede l'utilizzo della tavoletta da neve.

F.1.8.4.1 Tavoletta da neve

Una tavoletta di legno o metallica delle dimensioni indicative di 40 x 40 cm, viene appoggiata sulla superficie del manto nevoso dopo ogni misurazione per fornire il livello di riferimento per la misura. A scadenze prefissate viene effettuata da un osservatore la lettura dell'altezza della neve fresca depositata dopo aver infisso un'asta graduata (sonda a punta conica o metro da falegname) nella neve fresca al centro della tavoletta in modo tale che il valore 0 corrisponda al livello di riferimento rappresentato dalla tavoletta (Figg. F.1.8.4.1.1 e F.1.8.4.1.2). La tavoletta deve essere preferibilmente di colore bianco in modo tale da limitare gli effetti dovuti all'irraggiamento.



Fig. F.1.8.4.1.1- Modalità di misura dell'altezza della neve fresca; in questo caso la tavoletta era appoggiata sul terreno trattandosi di una nevicata su terreno privo di copertura nevosa.



Fig. F.1.8.4.1.2- Sequenza delle operazioni per la misura dell'altezza di neve fresca: a) una palina di segnalazione indica nell'area della stazione, la posizione della tavoletta da neve; b) viene liberato un profilo della neve fresca fino alla tavoletta e viene eseguita la misura; c) a misura eseguita la tavoletta da neve viene riposizionata sulla superficie del manto nevoso.

F.1.8.5 Scelta del sito di misura

Valgono le stesse indicazioni date per la misura dell'altezza totale del manto nevoso. Trattandosi di un metodo di misura distruttivo il campo neve deve avere dimensioni adeguate da consentire il periodico riposizionamento della tavoletta pulita sul manto nevoso vergine.

F.1.8.6 Codificazione dei dati

Per valori maggiori di 0,5 cm, viene generalmente riportato il valore misurato in cm con approssimazione all'unità più vicina. Per valori inferiori a 0,5 cm (tracce di neve) si utilizza il codice 999. Se nelle ore precedenti la misurazione è piovuto sulla neve fresca, si utilizza il valore 8 come prima cifra (es. 40 cm di neve fresca con pioggia si codifica 840). Casi speciali: meno di 0,5 cm con pioggia si codifica 899; più di 98 cm con pioggia si codifica 8// e il valore letto realmente si indicherà come testo in chiaro; assenza di neve fresca con pioggia su manto nevoso si codifica 800); pioggia su terreno non si codifica; assenza di precipitazione nevosa si codifica 000; misurazione non possibile si codifica ///.



F.1.9 Densità della Neve

F.1.9.1 Definizioni

La **densità della neve** (ρ) è definita come il rapporto fra il volume dell'acqua di fusione che deriva da un campione di neve e il volume originale del campione. Questo rapporto è ovviamente un numero puro e, per la neve alpina, può variare da 0,03 (neve fresca estremamente leggera) fino a 0,55 (neve bagnata da fusione) arrivando ad un valore massimo di circa 0,91 per il ghiaccio. Per rappresentare la densità, spesso in nivologia viene utilizzato il concetto di **massa volumica** definita come la massa dell'unità di volume ed espressa in kg m⁻³.

F.1.9.2 Unità di misura

L'unità di misura convenzionalmente utilizzata per la densità della neve (massa volumica della neve) è il kg m⁻³.

F.1.9.3 Utilità del dato

La densità della neve, da cui dipende la porosità, determina l'entità degli scambi di calore all'interno del manto nevoso e quindi regola i metamorfismi. Unitamente all'altezza (o allo spessore) della neve il parametro consente di determinare l'equivalente in acqua e quindi la disponibilità idrica. La densità, influenzando sulle proprietà meccaniche della neve, determina la modalità di distacco delle valanghe (a debole coesione o a lastroni). Nella valutazione della stabilità la densità è uno dei parametri che consente di calcolare il carico prodotto dal manto nevoso soprastante su uno strato debole o il sovraccarico prodotto da una nevicata. È inoltre un dato di input fondamentale per il calcolo delle sollecitazioni prodotte dalla neve o dalle valanghe nella progettazione di opere di difesa.

F.1.9.4 Metodi di osservazione e misura

I sistemi automatici per la misura della densità della neve hanno un utilizzo prevalentemente sperimentale (Francia, mettere riferimenti). I metodi manuali si basano essenzialmente sulla raccolta di campioni di dimensioni note (carotaggio) che vengono pesati. Essendo un parametro che ha una notevole variabilità, non solo areale ma anche lungo il profilo della neve in uno stesso punto, richiede l'applicazione di tecniche di campionamento. In idrologia, essendo il parametro impiegato prevalentemente per il calcolo dell'equivalente in acqua, prevale il carotaggio verticale; in nivologia invece, dove è necessario cogliere le differenze fra i vari strati che compongono il manto nevoso, viene normalmente impiegato il carotaggio orizzontale.

F.1.9.4.1 Misura per carotaggio orizzontale

Il carotaggio orizzontale permette di calcolare la densità della neve ad un certo livello lungo un profilo verticale consentendo, con una serie di misure, di definire un andamento delle densità lungo il profilo stesso. Generalmente le misure vengono eseguite per strato, supponendo che esso sia omogeneo; le misure possono però essere eseguite anche ad intervalli costanti (es. ogni 10 cm) ottenendo in tal modo un andamento più preciso delle densità. Dopo aver liberato un profilo verticale di neve di dimensioni adeguate, un carotatore di forma cilindrica e di volume noto (generalmente 0,5 dm³) viene inserito orizzontalmente nella neve con leggero movimento rotatorio senza comprimerla. (Per evitare l'errore dovuto alla compressione della neve nell'esecuzione di questa operazione, può essere inserita verticalmente nella neve la tavoletta cristallografica ad una distanza dal punto di inserimento pari alla lunghezza del carotatore stesso). Con una tavoletta cristallometrica si libera il carotatore dal manto nevoso circostante assicurandosi che sia completamente riempito di neve. Si estrae quindi il carotatore e, sempre avvalendosi della piastrina cristallometrica, si eliminano eventuali sporgenze del campione in modo tale che il campione di neve corrisponda esattamente a quello del carotatore. Si versa quindi il campione prelevato in un sacchetto di nylon per alimenti e si pesa con un dinamometro a molla da 500 g (accuratezza ±5 g) o con un bilancino (Fig. F.1.9.4.1.1). La densità della neve, espressa in kg m⁻³, è data dal seguente rapporto:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

dove ρ è la densità della neve in kg m⁻³, m è la massa del campione in kg, e v è il volume del carotatore in m³.



Fig. F.1.9.4.1.1- Modalità di effettuazione del carotaggio orizzontale: a) il carotatore viene inserito orizzontalmente nello strato; b) dopo aver estratto il carotatore ed eliminato i residui di neve sporgente, il campione di neve viene versato nel sacchetto di nylon per alimenti; c) si effettua la pesata del campione con un dinamometro.

Il carotatore può essere in metallo o in materiale plastico. Il carotatore in metallo, con bordi opportunamente affilati, viene preferenzialmente utilizzato in situazioni climatiche con strati molto duri. In taluni casi (strati sottili e duri) possono essere utilizzati carotatori più piccoli, di 0,05 o 0,1 dm³, che permettono di misurare la densità in strati più sottili ma con una minor accuratezza (precisione) nella misura. Esistono oggi dei kit completi dotati di carotatore e bilancino con una scala graduata

che fornisce direttamente il valore di densità in kg m^{-3} tenendo conto della tara del carotatore e senza la necessità di fare calcoli (Fig. I.8.2).



Fig. F.1.9.4.1.2- Kit per la misura della densità della neve completo di carotatore e bilancino.

Generalmente il carotaggio orizzontale viene fatto per strato inserendo il tubo carotatore più o meno al centro dello strato. In caso di strati di spessore elevato, dove risulta evidente anche al tatto una variazione della densità con lo spessore, è conveniente prelevare due o più campioni a diversi livelli e fare una media dei valori calcolati oppure eseguire un'unica misura in corrispondenza del terzo inferiore (Fig. F.1.9.4.1.3).

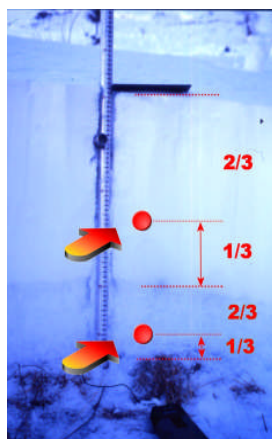


Fig. F.1.9.4.1.3- Punti di prelevamento dei campioni di neve nel carotaggio orizzontale per strato nel caso di strati di spessore elevato che presentano forti variazioni di densità.

F.1.9.4.2 Misura per carotaggio verticale

La misura della densità per carotaggio verticale viene eseguita principalmente nella misura della densità della neve fresca in alcuni casi particolari quali:

- misura della densità della neve fresca quando lo spessore dello strato è inferiore al diametro del carotatore;
- misura della densità della neve fresca in strati di spessore inferiore o al massimo uguale alla lunghezza del carotatore quando, a causa di forti variazioni della densità nello strato, è conveniente calcolare un valore medio (possono essere utilizzati carotatori di lunghezza da 20 a 60 cm).

Anche in questo caso è necessario liberare preliminarmente un profilo verticale in modo tale da poter controllare l'affondamento del carotatore e poter estrarre lateralmente lo strato senza perdere il contenuto. Una piastrina cristallometrica viene inserita orizzontalmente sulla superficie di separazione fra lo strato di neve fresca e il manto nevoso sottostante. Il carotatore viene quindi inserito verticalmente nel manto nevoso per tutto lo spessore dello strato di neve fresca fino ad incontrare la piastrina che viene estratta insieme al carotatore per non perderne il contenuto (Fig. F.1.9.4.2.1). Se lo spessore dello strato di neve fresca è inferiore alla lunghezza L del carotatore, è necessario, per il calcolo della densità, rilevare anche l'altezza h di riempimento. Come nel caso del carotaggio orizzontale, si procede quindi alla pesatura del campione di neve estratto. In questo caso la densità viene calcolata con la seguente espressione:

$$\rho = \left(\frac{m}{v}\right)\left(\frac{l}{h}\right)$$

dove l è la lunghezza del carotatore e h è l'altezza di riempimento del carotatore.



Fig. F.1.9.4.2.1- Modalità di prelevamento del campione per la misura della densità di uno strato di neve secondo la tecnica del carotaggio verticale; in questo caso si tratta di uno strato di neve fresca per cui il limite inferiore dello strato è dato dalla superficie della tavoletta da neve impiegata per la misura dell'altezza della neve fresca (vedi paragrafo F.1.8.4.1).

Nel caso particolare in cui l'altezza della neve fresca è esattamente uguale alla lunghezza del carotatore, il calcolo della densità viene eseguito in modo identico a quello visto per il carotaggio orizzontale.

Il carotaggio verticale viene utilizzato anche in applicazioni di tipo idrologico quando si intende misurare la densità media del manto nevoso per il calcolo dell'equivalente in acqua. In questo caso vengono utilizzati carotatori di diametro e di lunghezza adeguati al tipo di impiego.

F.1.9.4.3 Snow Fork

Lo Snow Fork è uno strumento portatile di provenienza finlandese utilizzato per la misura della densità e dell'equivalente in acqua della neve. Lo strumento è composto da un'unità di controllo, che comprende un microprocessore, e da un sensore in acciaio a forma di forca usato come risonatore di microonde. Esso misura una serie di parametri elettrici quali la frequenza di risonanza, l'attenuazione e l'ampiezza della



banda con i quali è possibile calcolare la costante dielettrica della neve e quindi il contenuto in acqua liquida e la densità. I principi di misura e di calcolo sono basati su studi teorici condotti da ricercatori delle Università di Helsinki e del Kansas. Secondo la casa costruttrice la densità della neve viene misurata con un'accuratezza di 5 kg m⁻³ nel range da 0 a 600 kg m⁻³, mentre il contenuto in acqua liquida viene misurato con un'accuratezza dello 0,3% nel range da 0 a 10%. Da alcune verifiche effettuate questi dati appaiono piuttosto ottimistici e sono quindi da verificare. I dati misurati possono essere visualizzati in tempo reale su un display, memorizzati e quindi stampati o trasmessi ad un altro computer per le successive elaborazioni.

F.1.9.5 Codificazione dei dati

La misura non viene in genere codificata, ma si riporta il valore calcolato in kg m⁻³.

F.1.10 Temperatura della Neve

F.1.10.1 Definizioni

La **temperatura della neve (T)** è lo stato termico della neve misurato ad una altezza H a partire dal terreno (TH0,5 indica la temperatura della neve misurata a 0,5 m di altezza dal terreno). In determinati casi (es. rilievo giornaliero) la coordinata verticale non è presa rispetto al terreno ma rispetto alla superficie del manto nevoso (TH-0,3 indica la temperatura della neve presa a 0,3 m di profondità sotto la superficie della neve). Un insieme di temperature della neve misurate ad intervalli costanti (es. ogni 10 cm) lungo lo stesso asse verticale consente di costruire un profilo delle temperature della neve. Un profilo delle temperature completo comporta anche la misura della temperatura sui due punti estremi e quindi la misura della temperatura del terreno (Tg) e la misura della temperatura della superficie del manto nevoso (Ts). Il **gradiente di temperatura (GT)** fra due diversi livelli nel manto nevoso è dato dalla relazione:

$$GT = \frac{T_2 - T_1}{H_2 - H_1}$$

Dove T2 è la temperatura della neve misurata all'altezza H2 e T1 è la temperatura della neve misurata all'altezza H1 (Fig. F.1.10.1.1).

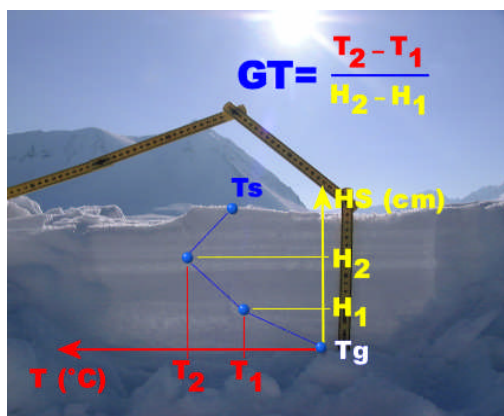


Fig. F.1.10.1.1- Gradiente di temperatura fra due diversi livelli nel manto nevoso.

F.1.10.2 Unità di misura

Vedi paragrafo F.1.6.2.

F.1.10.3 Utilità del dato

La temperatura della neve consente anzitutto di distinguere la neve nelle due grandi categorie di neve secca ($T \leq 0$ °C, assenza di acqua allo stato liquido nella porosità) e neve umida o bagnata ($T = 0$ °C, presenza di acqua allo stato liquido nella porosità,

fusione della neve). Più misure eseguite lungo un profilo verticale consentono inoltre di definire la natura delle trasformazioni termodinamiche in atto nel manto nevoso che portano a determinate modifiche morfologiche e delle proprietà meccaniche dei vari strati. Un gradiente di temperatura di $0,15 \text{ } ^\circ\text{C cm}^{-1}$ viene ad esempio considerato come indicativo del passaggio fra una direzione evolutiva che porta a forme di equilibrio (con gradienti minori) e una direzione evolutiva che porta a forme di crescita cinetica (con gradienti maggiori).

F.1.10.4 Metodi di osservazione e misura

Per quanto riguarda gli aspetti generali relativi alle diverse tipologie di termometri vale quanto detto per la temperatura dell'aria al paragrafo F.1.6.4. Occorre inoltre considerare che le misure manuali di temperatura della neve sono distruttive in quanto vengono eseguite scavando una buca nel manto nevoso e introducendo il sensore del termometro orizzontalmente sul lato in ombra del profilo. La profondità della buca dipende dalla tipologia del rilievo: nell'esecuzione dei profili della neve la buca va scavata fino al terreno e la misura della temperatura della neve viene generalmente rilevata nell'interfaccia neve/suolo, ad intervalli regolari lungo il profilo (10 o 20 cm) e in superficie, mentre nell'osservazione nivometeorologica giornaliera le misure vengono effettuate a -10 cm e a -30 cm di profondità (Fig. F.1.10.4.1).

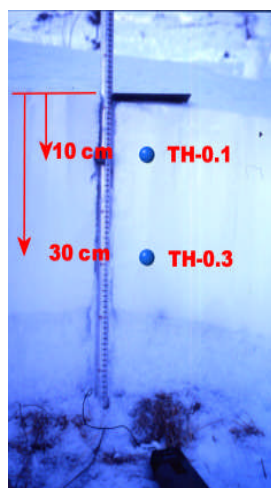


Fig. F.1.10.4.1 – *Punti di misura della temperatura della neve nell'osservazione nivometeorologica giornaliera.*

F.1.10.4.1 Termometri a liquido

Vedi paragrafo F.1.6.4.1.

F.1.10.4.2 Termometri bimetallici

Vedi paragrafo F.1.6.4.2.

F.1.10.4.3 Termometri elettrici portatili

I termometri elettrici portatili usati per la misura della temperatura della neve sono dello stesso tipo di quelli descritti al paragrafo F.1.6.4.3. La sonda termometrica

collegata all'unità di controllo è però del tipo ad immersione in modo tale da poter essere spinta, anche con forza, nel manto nevoso senza il rischio che possa subire danni. Essa viene introdotta (almeno per tutta la parte sensibile) orizzontalmente nel manto nevoso e la lettura del valore di temperatura viene fatta dopo qualche secondo, quando lo stesso appare stabilizzato sul visore dell'unità di controllo (Fig. F.1.10.4.3.1).



Fig. F.1.10.4.3.1 – Termometri utilizzati per la misura della temperatura della neve; sulla destra un termometro bimetallico, sulla sinistra la sonda di un termometro elettrico. Indipendentemente dal sistema di misura, l'elemento sensibile del termometro deve essere inserito in una sonda metallica sufficientemente robusta da consentire l'inserimento dello stesso anche nella neve ad elevata durezza.

F.1.10.4.4 Termosonda

L'elemento sensibile è un circuito integrato con un'uscita di corrente direttamente proporzionale alla temperatura assoluta ($1\mu\text{A}$ per $^{\circ}\text{K}$). Gli elementi sensibili sono contenuti all'interno di tubi protettivi in acciaio o in vetroresina collegati ad un palo verticale in vetroresina; le loro estremità sensibili sono a diretto contatto con gli estremi liberi dei tubi protettivi mentre sono isolate termicamente da essi. La distanza verticale fra i singoli sensori varia a seconda delle esigenze (da 10 a 40 cm). I tubi protettivi devono essere sufficientemente lunghi per ridurre al minimo le perturbazioni provocate dal palo verticale (generalmente da 20 a 30 cm) mentre le perturbazioni prodotte dai singoli tubi possono essere ridotte disponendoli sul palo secondo un'elica di 120° (Fig. F.1.10.4.4.1).



Fig. F.1.10.4.4.1 – Particolare di una termosonda utilizzata sulle stazioni nivometeorologiche automatiche per la misura delle temperature della neve; l'elemento sensibile inferiore viene fatto coincidere (per quanto possibile) con la superficie del terreno.



F.1.10.6 Codificazione dei dati

La codifica della temperatura della neve viene fatta in modo analogo alla codifica della temperatura dell'aria descritta al paragrafo F.1.6.5.



F.1.11 Penetrabilità della Neve

F.1.11.1 Definizioni

La **penetrabilità della neve (P)** è la capacità del manto nevoso di sopportare un certo carico quando questo viene applicato verticalmente sulla superficie. A seconda della tipologia del carico applicato è possibile distinguere:

- **penetrabilità dello sci** quando il carico applicato è quello di uno sciatore che poggia su un solo sci (PS);
- **penetrabilità del piede** quando il carico applicato è quello di una persona che poggia su un solo piede (PP);
- **penetrabilità della sonda** quando il carico applicato è quello del primo elemento della sonda a percussione svizzera munita di asta guida (10 N) - (PR).

F.1.11.2 Unità di misura

L'unità di misura della penetrabilità della neve è il cm; nella pratica operativa si misura con un doppio metro la profondità dell'impronta o, nel caso in cui si usi la sonda a percussione svizzera, si legge direttamente sulla sonda l'entità dell'affondamento.

F.1.11.3 Utilità del dato

La penetrabilità della neve è un indice della coesione degli strati più superficiali. Il dato può quindi fornire utili indicazioni sul grado di erodibilità del manto nevoso (e quindi sulla possibile entità del trasporto eolico) e sulla possibilità di formazione di valanghe di neve a debole coesione o a lastroni soffici. In situazioni primaverili alti valori di penetrabilità indicano una avanzata fase del metamorfismo da fusione con conseguente produzione di acqua allo stato liquido e diminuzione delle resistenze lungo il profilo. Alti valori di penetrabilità in caso di precipitazioni nevose indicano la potenziale possibilità di formazione di valanghe di grandi dimensioni. Valori nulli di penetrabilità sono invece indicatori della presenza di croste superficiali (da pioggia, da sole, da vento o da fusione e rigelo).

F.1.11.4 Metodi di osservazione e misura

La penetrabilità della neve si determina in modo empirico misurando la profondità di penetrazione di diversi oggetti (Figg. F.1.11.4.1 e F.1.11.4.2).



Fig. F.1.11.4.1 – *Diversi metodi empirici impiegati per la misura della penetrabilità della neve: a) penetrazione dello sci; b) penetrazione del piede; c) penetrazione della sonda.*



Fig. F.1.11.4.2 – *Indipendentemente dall'oggetto impiegato, la penetrabilità della neve è data dalla profondità di penetrazione (in questo caso dalla profondità dell'impronta).*

F.1.11.4.1 Penetrazione dello sci

Su manto nevoso vergine un operatore con gli sci ai piedi carica il proprio peso su un solo sci e annota la profondità di penetrazione dello stesso. Questa modalità di misura della penetrazione è conveniente in caso di strati superficiali di notevole spessore e a debole coesione in quanto la ripartizione del peso della persona su una superficie notevole (sci) determina affondamenti minori.

F.1.11.4.2 Penetrazione del piede

Su manto nevoso vergine un operatore senza gli sci carica il proprio peso su un solo piede e annota la profondità di penetrazione dello stesso. Su terreno inclinato conviene disporre il piede parallelamente alla massima pendenza e fare poi una media degli affondamenti misurati ai limiti superiori e inferiori dell'impronta. La penetrazione del piede dipende dal peso dell'operatore e dalla superficie della scarpa anche se in generale questi due parametri si compensano (tra operatori diversi si rilevano differenze massime di 5-10 cm).



F.1.11.4.3 Penetrazione della sonda

Su manto nevoso vergine un operatore appoggia il primo elemento della sonda a percussione svizzera munita di asta guida (10 N) sulla superficie della neve e la lascia affondare per peso proprio senza applicare alcun tipo di forza ma usando il pollice e l'indice della mano solo come guida. La profondità di penetrazione viene letta direttamente sulla scala graduata della sonda. Con questo sistema di misura si ottengono risultati più riproducibili rispetto agli altri sopra descritti (in quanto si utilizza un oggetto di peso e dimensioni standard) e per questo motivo è quello normalmente usato nell'osservazione nivometeorologica giornaliera.

F.1.11.5 Codificazione dei dati

Viene riportato il valore misurato in cm.

F.1.12 Rugosità Superficiale

F.1.12.1 Definizioni

Per **rugosità superficiale (S)** si intende la tipologia delle irregolarità prodotte sulla superficie del manto nevoso da vari fattori quali il vento, la pioggia, la sublimazione, la fusione ecc. Si tratta pertanto di una caratteristica morfologica della superficie che esprime la natura degli agenti esterni che hanno interessato lo strato superficiale. Alla rugosità viene talvolta associata la **profondità media delle irregolarità**. Una descrizione più dettagliata può comprendere anche la lunghezza d'onda, vale a dire la distanza media con cui si presentano le stesse fasi (**chiarire meglio**).

F.1.12.2 Unità di misura

L'osservazione della rugosità superficiale è una descrizione di tipo qualitativo. Per facilitare l'identificazione da parte dell'osservatore sono state individuate 5 diverse tipologie di rugosità e precisamente (Fig. F.1.12.2.1):

- superficie liscia;
- superficie ondulata;
- superficie a solchi concavi;
- superficie a solchi convessi;
- superficie a solchi irregolari.

L'unità di misura della profondità media delle irregolarità è il mm.



Figg. F.1.12.2.1 – Alcuni esempi di rugosità superficiale: a) superficie liscia; b) solchi convessi (riscaldamento); c) solchi concavi (sublimazione); d) superficie ondulata (pioggia); e) solchi irregolari (vento).

F.1.12.3 Utilità del dato

La rugosità superficiale, essendo il risultato di determinati fattori o processi che hanno agito sul manto nevoso, consente di conoscere la storia evolutiva dello stesso nel recente passato (da qualche giorno a qualche settimana). Così, ad esempio, una superficie liscia è indice di presenza di neve recente non erosa dal vento o di strato superficiale con elevati valori di coesione (croste da fusione rigelo), una superficie ondulata indica processi di fusione superficiale con produzione di acqua allo stato liquido (rialzo termico), una superficie a solchi concavi è il risultato della sublimazione (lunghi periodi di bel tempo con cielo sereno), una superficie a solchi convessi evidenzia la caduta di pioggia sul manto nevoso con conseguenti processi di percolazione, una superficie a solchi irregolari è di solito il risultato dell'azione di venti freddi. Dal punto di vista della stabilità, le superfici indicatrici di basse temperature (solchi irregolari), specie se caratterizzate da irregolarità profonde, garantiscono un miglior legame ad eventuali strati che si vanno a sovrapporre come ad esempio una nuova nevicata.

F.1.12.4 Metodi di osservazione e misura

L'osservazione della rugosità va fatta su una superficie ragionevolmente vasta entro i limiti della stazione o nell'immediato intorno. Va infatti colta la situazione più rappresentativa tenuto conto che a livello locale irregolarità sulla superficie del manto nevoso possono essere prodotte da fattori esterni quali la caduta di oggetti (pigne, rametti trasportati dal vento ecc.). In pratica si tratta di assegnare la rugosità ad una delle tipologie elencate nel paragrafo F.1.12.2. La misura della profondità media delle irregolarità va fatta misurando verticalmente con un calibro o con un doppio metro, la profondità dei solchi. Quando quest'ultimo dato ha una certa rilevanza è buona norma effettuare una serie di misure a qualche metro di distanza una dall'altra e calcolare poi un valore medio.

F.1.12.5 Codificazione dei dati

La rugosità superficiale viene codificata secondo il sistema proposto dall'IASH che prevede la possibilità di codificazione sia in forma simbolica che in forma grafica secondo la Tab. F.1.12.5.1.

Rugosità superficiale		
Termine	Simbolo	Simbolo grafico
Liscia	Sa	
Ondulata	Sb	
Solchi concavi	Sc	
Solchi convessi	Sd	
Solchi irregolari	Se	

Tab. F.1.12.5.1 Codificazione della rugosità della superficie.

Quando si effettua anche la misura della profondità media delle irregolarità, il valore misurato va associato al relativo simbolo. Così, ad esempio, una superficie a solchi



concavi con profondità media delle irregolarità di 15 mm si codifica Sc15 (Fig. F.1.12.5.1).

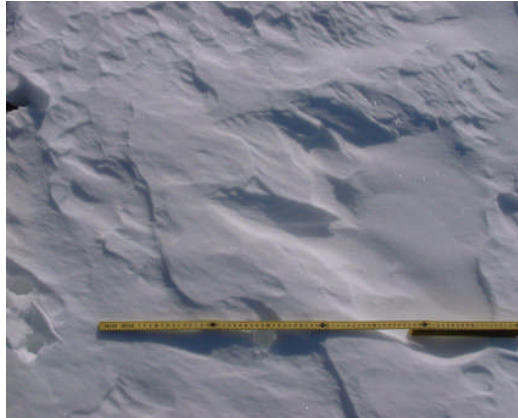


Fig. F.1.12.5.1 – La misura della profondità delle irregolarità può essere effettuata con un doppio metro.



F.1.13 Caratteristiche dello Strato Superficiale

F.1.13.1 Definizioni

Per **caratteristiche dello strato superficiale (CS)** si intendono l'insieme di alcune proprietà che contraddistinguono lo strato più superficiale del manto nevoso. Uno strato di neve può essere definito prendendo in considerazione diversi parametri (es. tipologia dei grani che lo compongono, densità, umidità ecc.). Molti di questi parametri richiedono misure ed osservazioni complesse ma, per una osservazione speditiva quale quella dell'osservazione nivometeorologica giornaliera, uno strato può essere definito in modo sufficiente prendendo in considerazione solo i seguenti elementi:

- la presenza di acqua allo stato liquido;
- la presenza di eventuali croste e, qualora presenti, il grado di coesione delle stesse.

F.1.13.2 Unità di misura

L'osservazione delle caratteristiche dello strato superficiale è una descrizione di tipo qualitativo.

F.1.13.3 Utilità del dato

La tipologia dello strato superficiale del manto nevoso, unitamente ad altri parametri quali la penetrabilità e la rugosità superficiale, consente di avere indicazioni circa le condizioni di stabilità superficiale del manto nevoso. La presenza di croste da fusione e rigelo indica ad esempio che lo strato ha subito almeno un ciclo da fusione e rigelo con conseguente aumento della resistenza superficiale (almeno per parte della giornata) mentre la presenza di croste da vento è un chiaro indice dell'attività di trasporto eolico che, se nelle zone di erosione può portare ad un aumento della resistenza superficiale per sinterizzazione, nelle zone di deposito può determinare la formazione di lastroni non ben saldati con il manto nevoso sottostante. Per quanto riguarda l'effetto della presenza di acqua allo stato liquido nel manto nevoso si rimanda al Cap. I.14.

F.1.13.4 Metodi di osservazione e misura

Come per la rugosità, l'osservazione delle caratteristiche dello strato superficiale va fatta su una superficie ragionevolmente vasta entro i limiti della stazione o nell'immediato intorno cercando di cogliere la situazione maggiormente rappresentativa. La presenza di acqua allo stato liquido, che consente di classificare la neve in asciutta o bagnata, va fatta secondo la procedura descritta nel Cap. F.1.15. La presenza di eventuali croste viene evidenziata da alti valori di coesione dello strato superficiale. La valutazione del tipo di crosta (generalmente vengono individuate solo le croste da fusione e rigelo e le croste da vento) viene effettuata mediante un'analisi speditiva della tipologia dei grani che costituiscono la crosta stessa (policristalli nel caso di croste da fusione e rigelo, piccole particelle compattate e sinterizzate nel caso

di croste da vento). L'assenza di coesione nello strato superficiale indica l'assenza di croste di varia natura. Il maggiore o minore grado di coesione della crosta individuata viene determinato mediante una valutazione della capacità della crosta di sopportare il carico dell'operatore quando questo si posiziona a piedi sulla superficie del manto nevoso senza esercitare alcun tipo di movimento (crosta portante: sopporta il peso dell'operatore; crosta non portante: si rompe sotto il peso dell'operatore) - (Fig. F.1.13.4.1).



Fig. F.1.13.4.1 – Alcune tipologie di strato superficiale: a) strato a debole coesione di neve asciutta; b) crosta da vento non portante di neve asciutta; c) crosta da vento portante di neve asciutta (la foto è stata scattata sulla calotta antartica); d) crosta da fusione e rigelo portante di neve asciutta.

F.1.13.6 Codificazione dei dati

Le caratteristiche dello strato superficiale vengono codificate secondo la Tab. F.1.13.6.1.

Codice Neve asciutta		Codice neve bagnata
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

Tab. F.1.13.6.1 Codificazione delle caratteristiche dello strato superficiale.

È bene evidenziare che il sistema di codifica dei dati sopra riportato non consente la classificazione di altre tipologie di croste quali le croste da sole (*firnspiegel*) e le croste da pioggia.



F.1.14 Durezza della Neve

F.1.14.1 Definizioni

La **durezza della neve** è la capacità della neve di resistere alle deformazioni locali prodotte da una forza di compressione. Per tale ragione la durezza è una misura rappresentativa della resistenza a compressione. Siccome la durezza della neve può essere misurata con vari strumenti, i valori ricavati sono del tutto indicativi e difficilmente confrontabili. Per questa ragione si parla più correttamente di **indice di durezza (R)**. Per le applicazioni pratiche, anziché di valori puntuali, è meglio disporre di un andamento delle durezza lungo un profilo verticale del manto nevoso il cui dettaglio dipende dal tipo di strumento utilizzato per le misure; in tal caso si parla di **profilo delle durezza**.

F.1.14.2 Unità di misura

L'unità di misura dell'indice di durezza della neve dipende dallo strumento di misura utilizzato che deve essere quindi specificato. Qualora l'indice di durezza venga determinato con la sonda a percussione l'unità di misura è il N. Nel caso del test della mano, ciascuna classe di durezza corrisponde alla possibilità di ottenere una rottura a compressione premendo vari oggetti (dito, matita ecc.) contro la neve con una forza teorica fissa di 50 N. Comunque, siccome dal punto di vista fisico la durezza è una misura che rappresenta la resistenza a compressione i valori misurati possono essere tradotti in Pa secondo la Tab. F.1.14.2.1.

Termine (descrizione qualitativa)	Sonda a percussione (N)	Test della mano	Ordine di grandezza della resistenza a compressione (Pa)
Molto bassa	0-20	Pugno	0-103
Bassa	20-150	4 dita	103-104
Media	150-500	1 dito	104-105
Alta	500-1000	Matita	105-106
Molto alta	>1000	Lama di coltello	>106
Ghiaccio	-	-	-

Tab. F.1.14.2.1 Corrispondenza fra le diverse classi di durezza della neve determinate con vari metodi.

F.1.14.3 Utilità del dato

Poiché la durezza della neve è strettamente legata alla resistenza, essa rappresenta uno dei parametri più importanti per la valutazione della stabilità del manto nevoso. Tuttavia, per la valutazione della stabilità, è necessario disporre di un profilo delle durezza sul quale possono essere evidenziate le eventuali superfici di slittamento (superfici di separazione fra due strati contigui) e gli strati deboli (nei quali può



avvenire la rottura primaria di taglio nel caso di distacco di valanghe a lastroni). In un manto nevoso stabile la durezza aumenta con la profondità mentre la presenza di discontinuità nel profilo delle durezze è un indice di instabilità (o scarso consolidamento). In particolare, i picchi di gradiente di pressione prodotti da un sovraccarico accidentale sul manto nevoso sono più rimarcabili nelle zone di transizione fra strati a maggior durezza e strati meno duri.

F.1.14.4 Metodi di osservazione e misura

Nella pratica operativa la durezza della neve viene misurata con una buona precisione e un buon dettaglio mediante una sonda a percussione ma può essere valutata anche in modo più speditivo, a livello di strato, mediante il test della mano.

F.1.14.4.1 Sonda a percussione

La sonda a percussione è uno strumento da tempo impiegato in geologia per lo studio dei terreni e, a partire dagli anni '30, in Svizzera ne è stata estesa l'applicazione alle indagini sulla neve e sulle valanghe. Lo strumento è costituito da un insieme di elementi tubolari componibili contrassegnati con una scala graduata in cm (di cui il primo dotato di puntale conico) sormontati da un'asta guida lungo la quale scorre una massa battente (martello) che consente di produrre l'affondamento della sonda nel manto nevoso (Fig. F.1.14.4.1.1). La sonda a percussione standard presenta le seguenti caratteristiche:

- angolo del puntale conico: 60°;
- diametro del puntale alla base: 40 mm;
- peso del primo elemento tubolare di 1 m (compresa l'asta guida): 10 N;
- peso degli altri elementi tubolari: 10 N m⁻¹;
- peso della massa battente (martello): 10 N.

Supponendo di operare con una sonda costituita da un numero di elementi di peso complessivo pari a q e di provocare un affondamento nel manto nevoso pari a Δ lasciando cadere la massa battente di peso p n volte dall'altezza di caduta h sull'asta guida (Fig. F.1.14.4.1.2), il lavoro di opposizione della neve può essere eguagliato al lavoro esterno per cui:

$$R\Delta = (p h n) + p \Delta + q \Delta$$

da cui

$$R = \frac{(p h n)}{\Delta} + p + q$$

È evidente che il dettaglio con il quale può essere misurata la durezza della neve lungo il profilo dipende dall'affondamento parziale Δ che si produce con ciascuna serie di battute. Una regola per la costruzione di un buon profilo delle durezze è quella di interrompere una serie di battute quando si percepisce un cambiamento nella resistenza del manto nevoso. Siccome il cambiamento di resistenza non sempre è facile da percepire, per garantire un sufficiente livello di dettaglio, è bene comunque mantenere, per ciascuna serie di battute, un affondamento parziale compreso fra 3 e 8 cm. Una sonda a percussione di dimensioni standard è piuttosto ingombrante e pesante da portare e per tale ragione viene impiegata principalmente nell'attività di



raccolta dati dei servizi di previsione valanghe regionali e locali mentre per le osservazioni più speditive viene preferito il test della mano.



Fig. F.1.14.4.1.1 – *Elementi della sonda a percussione.*



Fig. F.1.14.4.1.2 – *Tecnica di impiego della sonda a percussione: la massa battente viene rilasciata da una certa altezza sull'asta guida provocando un affondamento della sonda nel manto nevoso.*

Sono stati sperimentati in questi ultimi anni alcuni modelli di sonde a percussione leggere nelle quali normalmente i pesi di tutti gli elementi venivano ridotti proporzionalmente rispetto al modello standard con un rapporto di circa 1 a 5. Una versione che ha dato degli ottimi risultati è stata realizzata nel 1991 dall'AINEVA e presenta le seguenti caratteristiche: lunghezza delle aste: 0,5 m, peso delle aste: 2 N/m, peso del puntale: 1,5 N, diametro del puntale conico: 30 mm, angolo del puntale conico: 70°, massa battente: 4,5 N. In questa versione, gli aggiustamenti successivi apportati in fase di sperimentazione per rendere la sonda utilizzabile in diverse situazioni, hanno portato a discostarsi dal rispetto della proporzionalità dei pesi dei vari elementi rispetto alla sonda a percussione tradizionale, che è stata mantenuta solo per quanto riguarda la pressione statica verticale. Anche se i risultati sono stati incoraggianti, l'impiego dei modelli leggeri è inevitabilmente limitato a manti nevosi

poco compatti che consentono la penetrazione della sonda anche con una massa battente ridotta.

Una buona soluzione per limitare il problema dell'ingombro consiste nell'utilizzare elementi tubolari di 0,5 m anziché di 1 m: in questo caso, specie se si tratta di modelli artigianali, occorre avere l'accortezza di verificare che i pesi dei vari elementi siano rispettati (peso del primo elemento tubolare di 0,5 m con puntale + peso del successivo elemento tubolare di 0,5 m + peso dell'asta guida = 10 N). La sonda a percussione è lo strumento più utilizzato per la misura delle durezza nei servizi valanghe professionali; essa tuttavia presenta alcune limitazioni quali:

- il peso e l'ingombro che ne limitano l'utilizzo in situazioni particolarmente difficili (rilievi in alta montagna dove l'accesso può avvenire esclusivamente a piedi o con gli sci);
- il peso della massa battente e degli altri elementi che, se garantiscono la possibilità di misurare un profilo delle durezza anche in manti nevosi compatti, comportano una bassa risoluzione su neve a debole coesione;

l'inerzia che determina l'impossibilità di evidenziare strati deboli molto sottili (come ad esempio strati di brina di superficie ricoperta).

F.1.14.4.2 Pandalp

Il penetrometro Pandalp (*pénétromètre autonome numérique dynamique assisté par ordinateur*) è uno strumento ideato e sviluppato in Francia a partire dal 1992 (Fig. F.1.14.4.2.1).



Fig. F.1.14.4.2.1 – *Elementi del penetrometro Pandalp.*

Lo strumento, il cui principio di funzionamento deriva dalla sonda a percussione tradizionale, consente di automatizzare le fasi di acquisizione dei dati e di calcolo delle durezza lungo il profilo. La sonda viene fatta penetrare nel manto nevoso mediante l'aiuto di un apposito martello con manico in legno e parti per la battitura in plastica; una testa di battitura viene innestata sul tubo sonda sommitale e collegata a un decoder: le cellule ad "effetto Hall" presenti all'interno della testa di battitura trasferiscono l'energia cinetica trasmessa con il martello al decoder che è a sua volta collegato ad un computer che esegue in modo automatico i calcoli di affondamento e di durezza (Fig. F.1.14.4.2.2).



Fig. F.1.14.4.2.2 – Modalità di utilizzo del penetrometro Pandalp: la sonda viene battuta nel manto nevoso con un apposito martello.

Dal punto di vista tecnico il penetrometro Pandalp presenta un indubbio interesse dovuto principalmente alla precisione con la quale possono essere misurate le durezze lungo il profilo per affondamenti fino a 0,1 cm (1 cm è l'affondamento minimo registrabile con il penetrometro tradizionale). Ciò consente, teoricamente (in quanto la fase di sperimentazione dello strumento non è ancora terminata), di individuare lungo il profilo strati deboli molto sottili come strati di brina di superficie ricoperta. Lo strumento presenta un peso complessivo intorno a 9 kg che, se da un lato lo rende ancora compatibile per un utilizzo in campo presso stazioni raggiungibili con impianti sciistici o con mezzi motorizzati, dall'altro ne esclude l'impiego in alta montagna e in generale in zone remote non servite da impianti e raggiungibili solo a piedi. Tuttavia, allo stato attuale, il principale limite dello strumento è costituito dal prezzo troppo elevato che ne esclude un utilizzo generalizzato per intere reti di misura.

F.1.14.4.3 Test della mano

Il test della mano consiste nello spingere contro il manto nevoso, orizzontalmente lungo un profilo precedentemente ricavato, oggetti di superficie nota fino a produrre una rottura di compressione nella neve. Per misurazioni precise possono essere utilizzate delle piastre circolari di superficie nota dotate di dinamometro in grado di misurare la forza prodotta nel momento della rottura. Una variante di questo metodo, comunemente utilizzata nella pratica operativa, consiste nel prefissare un valore della forza applicata (generalmente 50 N) e di verificare con quale tipo di oggetto o corpo (fra una serie predefinita di diversa superficie) si provoca la rottura per compressione. Gli oggetti o corpi convenzionalmente individuati sono, in ordine di durezza crescente, i seguenti:

- pugno;
- 4 dita;
- 1 dito;
- matita;
- lama di coltello.

Quando, applicando la forza prefissata di 50 N non è possibile ottenere la rottura nemmeno con una lama di coltello, si è probabilmente in presenza di ghiaccio (Fig. F.1.14.4.3.1).



Fig. F.1.14.4.3.1 – Esempio di determinazione della durezza della neve mediante il test della mano: a) lo strato superficiale, costituito da una crosta da fusione e rigelo, si lascia penetrare esercitando una pressione con una matita (durezza alta); b) lo strato sottostante, di neve a debole coesione, si lascia penetrare esercitando una pressione con un pugno (durezza molto bassa).

Siccome generalmente il test della mano viene effettuato strato per strato, il profilo delle durezze che si ricava è sommario e non ha generalmente il dettaglio di quello ricavabile con la sonda a percussione. Tuttavia, grazie alla sua semplicità di esecuzione il test della mano è largamente utilizzato per rilievi speditivi; inoltre, indipendentemente dall'utilizzo della sonda a percussione, viene comunemente impiegato nell'esecuzione dell'analisi stratigrafica come indicatore della coesione della neve. Il principale limite del test della mano consiste nel fatto che la forza applicata, anche se predefinita dal punto di vista teorico, è soggettiva e dipende dalla sensibilità personale; occorre tenere presente che la forza di 50 N si produce spingendo gli oggetti delicatamente nel manto nevoso. Anche il test della mano, come la sonda a percussione, non consente un elevato dettaglio nel caso di strati a debole coesione.

F.1.14.5 Codificazione dei dati

La durezza della neve viene codificata secondo il sistema proposto dall'IASH che prevede la possibilità di codificazione sia in forma alfanumerica che in forma grafica secondo la Tab. F.1.14.5.1.

Termine (descrizione qualitativa)	Simbolo	Simbolo grafico
Molto bassa	R1	
Bassa	R2	/
Media	R3	X
Alta	R4	//
Molto alta	R5	⊗
Ghiaccio	R6	■

Tab. F.1.14.5.1 Codificazione della durezza della neve.



Convenzione DPC – AINEVA



*Documento metodologico sul monitoraggio meteo-nivologico
Criteri per l'utilizzo degli strumenti di misura e metodi di osservazione dei parametri nivometeorologici*



F.1.15 Contenuto in Acqua Liquida

F.1.15.1 Definizioni

Il **contenuto in acqua liquida** (θ) o **umidità** è la proporzione della fase liquida presente nella neve. La presenza di una fase liquida contenuta nei pori contraddistingue la neve umida o bagnata dalla neve secca in cui la fase liquida è assente. La proporzione della fase liquida di un campione di neve viene comunemente espressa come percentuale rispetto al volume o alla massa. Il contenuto in acqua liquida rispetto al volume (θ_v) è dato dalla seguente espressione:

$$\theta_v = \frac{v_w}{v_t}$$

dove v_w è il volume dell'acqua liquida e v_t è il volume totale del campione di neve

mentre il contenuto in acqua liquida rispetto alla massa è dato da:

$$\theta_m = \frac{m_w}{m_t}$$

dove m_w è la massa dell'acqua liquida e m_t è la massa totale del campione di neve.

I due modi di indicare il contenuto in acqua liquida della neve sono legati fra di loro dalla seguente espressione:

$$\theta_v = \theta_m \rho$$

dove ρ è la densità della neve.

Il contenuto in acqua liquida della neve rispetto al volume può variare dallo 0 al 25%. Il passaggio da un regime di bassa saturazione, definito come **regime pendolare**, a un regime di forte saturazione, definito come **regime funicolare**, si situa intorno all'8% (Fig. F.1.15.1.1). Fino a valori dell'ordine del 3% la tensione superficiale riesce a contrastare la forza di gravità e l'acqua viene quindi trattenuta negli interstizi fra i grani (**acqua capillare**).



Fig. F.1.15.1.1 – Strato superficiale di neve molto bagnata (probabile regime funicolare).

Per applicazioni particolari (es. modellistica) il contenuto in acqua liquida della neve può essere espresso anche come percentuale rispetto al volume dei pori (anziché al volume totale). In questo caso il contenuto in acqua liquida può arrivare fino al 100% quando tutti gli interstizi fra i grani sono riempiti di acqua (il che rende bene l'idea di una neve satura di acqua).

F.1.15.2 Unità di misura

Il contenuto in acqua liquida della neve viene misurato in % del volume, in % della massa o in % del volume dei pori (vedi paragrafo F.1.15.1). Nella pratica operativa viene preferita la percentuale rispetto al volume.

F.1.15.3 Utilità del dato

Il contenuto in acqua liquida della neve è un parametro di primaria importanza per la valutazione della stabilità. Dal punto di vista generale la resistenza della neve diminuisce man mano che aumenta il contenuto in acqua liquida. In un manto nevoso caratterizzato da forte saturazione si innesca un processo di percolazione dell'acqua all'interno del manto nevoso con creazione di canali verticali; l'acqua di percolazione, se viene deviata da strati impermeabili (es. ghiaccio) o dal terreno scorre parallelamente a questi agendo come un lubrificante. In condizioni di bassa saturazione, tuttavia, l'acqua capillare che si dispone come una pellicola attorno ai grani può rinsaldare il legame fra gli stessi determinando un aumento della coesione (coesione per capillarità). L'acqua liquida influenza inoltre alcune importanti proprietà fisiche della neve. Un aumento del contenuto in acqua liquida determina un aumento della conducibilità termica ed elettrica e un aumento della quantità di radiazione solare assorbita dalla neve.

F.1.15.4 Metodi di osservazione e misura

Dal punto di vista teorico il contenuto in acqua liquida della neve potrebbe essere misurato con metodi calorimetrici (calorimetria a caldo e calorimetria a freddo). Tuttavia, tutti i calorimetri esistenti sul mercato sono sviluppati per finalità molto diverse e lavorano su campioni di piccola taglia (1 mm^3). Nel caso della neve, misure rappresentative del contenuto in acqua liquida possono essere effettuate solo su

campioni di dimensioni superiori a 100 cm^3 e pertanto, siccome è necessario sviluppare apparecchi specifici molto costosi, nella pratica operativa il metodo viene scarsamente usato. Altri sistemi di misura si basano sulle proprietà elettriche della neve partendo dal presupposto che, nel campo delle frequenze fra 105 e 108 Hz, l'acqua e il ghiaccio hanno delle permittività relative molto diverse e che questa varia a seconda del contenuto in acqua liquida della neve. È stato anche dimostrato che, effettuando delle misure intorno alla frequenza di 20 MHz, la costante dielettrica della neve non è più influenzata dalla forma dei grani e dipende solamente dalla densità e dal contenuto in acqua liquida (Amache e Denoth, 1972). Su questa base teorica sono stati realizzati strumenti che misurano la permittività specifica della neve; anche in questo caso si tratta comunque di strumenti piuttosto costosi, anche se utilizzabili in campo, scarsamente utilizzati nella pratica operativa. Per queste ragioni il metodo empirico, che prevede una stima del contenuto in acqua di un campione di neve prelevato da un operatore è ancora quello che ha la maggiore diffusione.

F.1.15.4.1 Snow Fork

Vedi Paragrafo F.1.9.4.3.

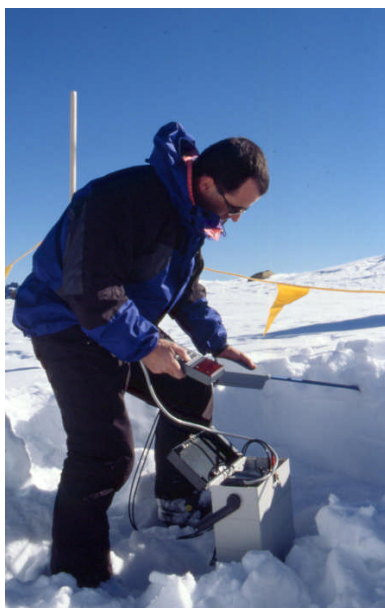


Fig. F.1.15.4.1.1 – Misura dell'umidità della neve mediante l'impiego dello Snow Fork.

F.1.15.4.2 Valutazione con il metodo empirico

Viene effettuato preliminarmente un controllo della temperatura della neve verificando se la temperatura è inferiore a 0°C o pari a 0°C . Con una lente d'ingrandimento (la stessa che viene utilizzata per l'osservazione della forma e delle dimensioni dei grani) viene quindi osservata l'eventuale presenza di acqua riconoscibile nel menisco fra i grani. Infine, con guanto indossato, viene prelevato un campione di neve e, strizzandolo moderatamente, viene verificato se l'eventuale acqua liquida presente può essere estratta o meno (Fig. 1.15.4.2.1).



Fig. F.1.15.4.2.1 – Valutazione dell'umidità della neve con il metodo empirico: un campione di neve raccolto con mano guantata viene moderatamente strizzato per verificare la presenza di acqua allo stato liquido.

Le informazioni raccolte consentono di assegnare la neve ad una delle classi riportate nella Tab. F.1.15.4.2.1.

Termine	Descrizione	θ approssimativo
Asciutta	$T < 0^{\circ}\text{C}$ (si può avere neve asciutta fino a 0°C); i grani di neve separati hanno scarsa tendenza ad unirsi quando vengono pressati come per fare una palla di neve	0%
Umida	$T = 0^{\circ}\text{C}$; l'acqua non è visibile nemmeno con ingrandimento 10x; quando viene leggermente schiacciata, la neve ha una netta tendenza a restare unita	< 3%
Bagnata	$T = 0^{\circ}\text{C}$; l'acqua è riconoscibile con ingrandimento 10x tramite il suo menisco tra i grani di neve contigui; non è comunque possibile estrarre l'acqua schiacciando moderatamente la neve tra le mani (regime pendolare)	3 – 8%
Molto bagnata	$T = 0^{\circ}\text{C}$; l'acqua si può estrarre premendo moderatamente la neve; vi è però ancora una certa quantità di aria all'interno dei pori (regime funicolare)	8 – 15%
Fradicia	$T = 0^{\circ}\text{C}$; la neve è impregnata d'acqua e contiene una quantità di aria relativamente limitata	> 15%

Tab. F.1.15.4.2.1 Diverse classi di umidità della neve definite in base al contenuto percentuale in acqua liquida (espresso rispetto al volume).

F.1.15.5 Codificazione dei dati

Il contenuto in acqua liquida della neve viene codificato secondo il sistema proposto dall'IASH che prevede, per ciascuna delle classi descritte nel paragrafo F.1.15.4.2, un simbolo grafico secondo la Tab. F.1.15.5.1.



Classe	Simbolo grafico
Asciutta	
Umida	
Bagnata	
Molto bagnata	
Fradicia	

Tab. F.1.15.5.1 Codificazione del contenuto in acqua liquida della neve.



F.1.16 Forma dei Grani

F.1.16.1 Definizioni

La **forma dei grani (F)** di un campione di neve è l'aspetto morfologico dei suoi grani più caratteristici individuato sulla base di una serie di tipologie predefinite. Siccome frequentemente in uno stesso campione possono essere presenti due o più tipologie diverse, vengono spesso indicate la tipologia più rappresentata, indicata come **forma prevalente**, e le altre presenti in ordine di rappresentatività, indicate come **forme accessorie**. Nel sistema proposto dall' IASH, la classificazione morfologica è associata al processo di formazione corrispondente e ad alcune informazioni supplementari sui principali fenomeni fisici coinvolti e sugli effetti sulla resistenza: ciò è di grande aiuto per una più affidabile interpretazione delle osservazioni. Le descrizioni associate alle diverse tipologie fanno spesso riferimento ad alcuni elementi particolarmente significativi che sono:

- l'aspetto generale: si tratta dell'evidenza morfologica che caratterizza il grano nel suo insieme che può essere pieno, cavo, spezzettato, arrotondato, spigoloso ecc.;
- la superficie: si tratta dell'aspetto della superficie del grano che può essere arrotondata, piana, striata, ricoperta di brina ecc.;
- i legami: si tratta del tipo di legami tra i vari grani che possono essere sciolti, a grappoli, in strutture policristalline, del numero di legami per grano (numero di coordinazione) e delle dimensioni degli stessi.

F.1.16.2 Unità di misura

La forma dei grani viene definita mediante una descrizione di tipo qualitativo.

F.1.16.3 Utilità del dato

L'osservazione della forma dei grani nei vari strati lungo un profilo della neve è un rilievo di primaria importanza nella valutazione della stabilità. Ogni tipologia di grano presenta infatti proprietà meccaniche proprie dalle quali dipende la resistenza alle sollecitazioni. I grani di brina di fondo, ad esempio, a causa delle loro dimensioni piuttosto grandi e della loro forma (tronchi di piramide cavi) presentano una scarsa resistenza alle sollecitazioni e costituiscono quindi potenziali strati di rottura all'interno del manto nevoso (strati deboli). Naturalmente, per una stima completa della stabilità del manto nevoso, le osservazioni relative alla forma dei grani devono essere valutate in modo associato con altri parametri (densità, contenuto in acqua liquida ecc.) e nella loro sequenza stratigrafica. Le forme dei grani presenti nei vari strati lungo un profilo della neve forniscono inoltre precise informazioni sulla storia del manto nevoso, dal momento delle prime precipitazioni autunnali fino al momento dell'osservazione. Le diverse tipologie di grani presenti sono infatti il risultato di determinati processi fisici indotti dalla storia climatica che possono essere quindi riconosciuti. Così, ad esempio, la presenza di brina di fondo è un chiaro indizio di rapida crescita cinetica dei grani dovuta ad un elevato gradiente termico (bilancio energetico negativo), la presenza di

ghiaccio basale è un indice di presenza di acqua liquida stagnante sulla superficie del terreno e ghiacciata per conduzione termica su un substrato freddo ecc.

F.1.16.4 Metodi di osservazione e misura

Il riconoscimento delle forme di grani può essere fatto in laboratorio attraverso metodi rigorosi di riconoscimento automatico. I campioni prelevati sono conservati in una sostanza non miscibile all'acqua e che resta liquida anche a temperature inferiori a 0°C (es. iso-octano) e analizzati in camera fredda. I campioni vengono quindi comparati mediante criteri oggettivi che non dipendono dall'osservatore umano (dimensioni, convessità dei grani ecc.). Tuttavia il metodo che viene utilizzato comunemente è quello che prevede un riconoscimento soggettivo in campo mediante l'uso di una lente d'ingrandimento e una tavoletta cristallometrica (Fig. F.1.16.4.1 e F.1.16.4.2).



Fig. F.1.16.4.1 – *Diversi tipi di lenti d'ingrandimento utilizzate per il riconoscimento delle forme e dimensioni dei grani.*

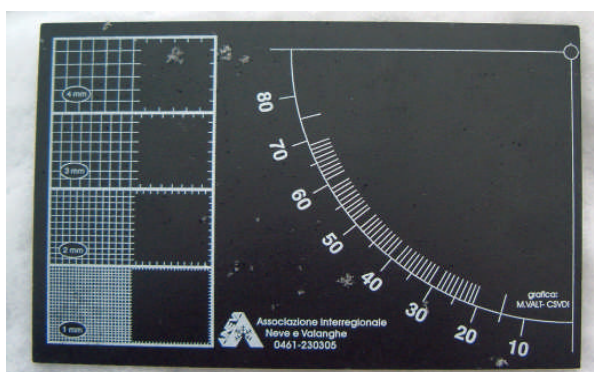


Fig. F.1.16.4.2 – *Tavoletta cristallometrica utilizzata per il riconoscimento delle forme e dimensioni dei grani.*

F.1.16.4.1 Riconoscimento della forma dei grani con la lente d'ingrandimento

Un piccolo campione di neve raccolto nello strato che si intende esaminare lungo un profilo verticale, viene depositato su una tavoletta nera in metallo o in materiale plastico (tavoletta cristallometrica) e osservato con una lente d'ingrandimento da 7x a 10x (Fig. F.1.16.4.1.1).



Fig. F.1.16.4.1.1 – Modalità di raccolta del campione di neve con la tavoletta cristallometrica per l'osservazione.

Il colore scuro della tavoletta che funge da supporto aumenta il contrasto con la neve e facilita quindi l'osservazione. La tavoletta su cui è depositato il campione viene scossa con dei colpetti secchi delle dita in modo tale da provocare la disaggregazione degli eventuali grumi e facilitare l'osservazione dei singoli grani. Il procedimento normalmente seguito nella identificazione morfologica comporta inizialmente l'individuazione della classe principale mediante un procedimento per esclusione che riduce la scelta a 2 o 3 tipologie e successivamente viene identificata la sottoclasse mediante un approfondimento sia della morfologia, sia dei processi fisici che hanno portato alla formazione dei grani.

F.1.16.6 Codificazione dei dati

Il sistema di classificazione proposto dalla IASH prevede 9 tipologie principali di grani identificati con i numeri da 1 a 9 secondo la Tab. F1.16.6.1 (vedi anche Fig. F.1.16.6.1):

Descrizione	Codice numerico	Simbolo grafico
Particelle di precipitazione	1	+
Particelle di precipitazione decomposte e frammentate	2	/
Grani arrotondati (monocristalli)	3	●
Cristalli sfaccettati	4	□
Brina di fondo	5	△
Grani bagnati	6	○
Cristalli a piuma	7	▽
Masse di ghiaccio	8	■
Depositi in superficie e croste	9	▽

Tab. F.1.16.6.1 Codificazione delle forme dei grani (classi principali).

Le lettere a, b, c, ecc. vengono invece utilizzate per indicare le sottoclassi corrispondenti (Tab. F.1.16.6.2). Così, ad esempio, la classe 4 che corrisponde ai

cristalli sfaccettati è ulteriormente suddivisa in tre sottoclassi: 4a particelle piene sfaccettate, 4b piccole particelle sfaccettate, 4c forme miste. Anche le sottoclassi possono essere identificate mediante un corrispondente simbolo grafico oppure, per coloro che preferiscono adottare una simbologia che rimandi al corrispondente termine inglese, da una coppia di lettere. Così, ad esempio la sottoclasse 8c che rappresenta il ghiaccio di fondo può essere indicata anche con le lettere bi (*bottom ice*). Nel caso di mescolanza di diverse forme nello stesso campione esaminato, la codifica delle varie tipologie viene preceduta da un numero che esprime la rappresentanza percentuale in decimi. Così, ad esempio, il codice 8F2a, 2F1c sta ad indicare un miscuglio di grani rappresentato per l'80% da particelle di precipitazione decomposte e frammentate e per il 20% da particelle di precipitazione del tipo a piastre (la lettera F sta a significare che il dato è riferito alla forma dei grani).

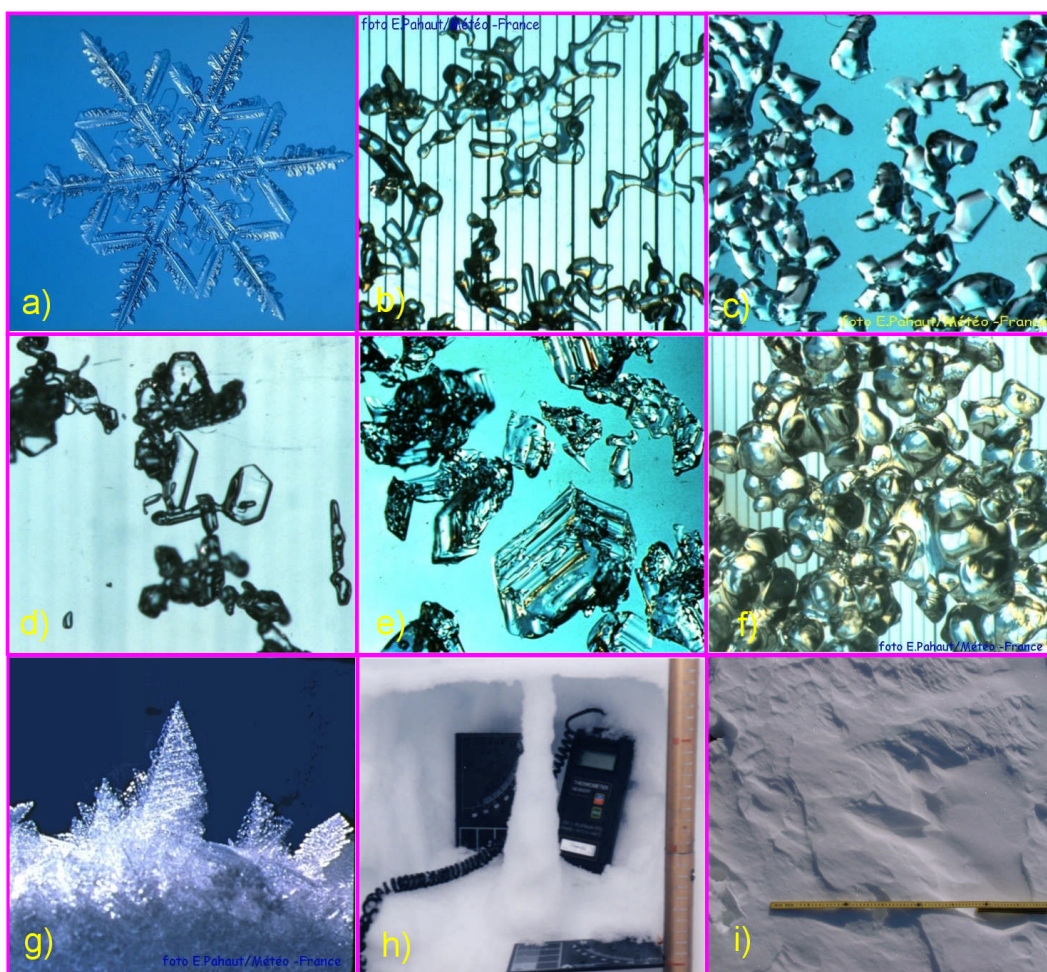


Fig. F.1.16.6.1 – Una rappresentanza delle 9 principali tipologie di grani secondo la classificazione dell'IASH: a) particelle di precipitazione (sottoclasse dendriti stellari, 1d); b) particelle di precipitazione decomposte e frammentate (sottoclasse particelle parzialmente frammentate, 2 a); c) grani arrotondati (sottoclasse grosse particelle arrotondate, 3b); d) cristalli sfaccettati (sottoclasse particelle piene sfaccetta, 4 a); e) brina di fondo (sottoclasse cristalli a calice, 5 a); f) grani bagnati (sottoclasse grani arrotondati a grappoli, 6 a); g) cristalli a piuma (sottoclasse cristalli di brina di superficie, 7 a); h) masse di ghiaccio (sottoclasse colonna di ghiaccio, 8b); i) depositi in superficie e croste (sottoclasse crosta da vento, 9d).












Tab. F.1.16.6.2 Codificazione delle forme dei grani (con sottoclassi).

Classificazione dei grani di neve in base alla forma						
Classificazione di base	Simbolo	Sottoclasse	Simbolo grafico	Forma	Luogo di formazione	Classificazione
Particelle di precipitazione	1a	Colonna		Cristalli prismatici, corti, pieni o cavi	Nuvola	
	1b	Aghi		Aghiformi, quasi cilindrici		
	1c	Piastre		A forma di piastre, per lo più esagonali		
	1d	Dendriti stellari		Esagonali, a forma di stella, piani o spaziali		
	1e	Cristalli irregolari		Grappoli di cristalli molto piccoli		
	1f	Neve pallottolare		Particelle molto brinate		
	1g	Grandine		Struttura interna laminare, superficie traslucida, color latte o vetrata		
	1h	Sferette di ghiaccio		Sferoidi trasparenti per lo più di piccole dimensioni		
Particelle di precipitazione decomposte e frammentate	2a	Particelle parzialmente frammentate		Particelle parzialmente smussate, forma delle particelle ancora riconoscibile	Neve recentemente depositata	Arrotondamento e separazione iniziali
	2b	Particelle estremamente spezzettate		Cocci o frammenti arrotondati di particelle di precipitazione	Strato di saltazione	Particelle spezzettate dal vento; frammentazione iniziale e quindi rapido arrotondamento dovuto alle piccole dimensioni
Grani arrotondati (monocristalli)	3a	Piccole particelle arrotondate		Particelle ben arrotondate di dimensioni <0,5 mm, spesso ben legate	Neve asciutta	Piccola forme di equilibrio
	3b	Grosse particelle arrotondate		Particelle ben arrotondate di dimensioni >0,5 mm		Grande forme di equilibrio
	3c	Forme miste		Particelle arrotondate con poche sfaccettature in fase di sviluppo		Forme di transizione al crescere del gradiente termico



Cristalli sfaccettati	4a	Particelle piene sfaccettate		Cristalli pieni sfaccettati; di solito prismi di forma esagonale	Neve asciutta	Forma solida di crescita cinetica
	4b	Piccole particelle sfaccettate		Piccoli cristalli sfaccettati nello strato superficiale; dimensioni <0,5 mm	Vicino alla superficie	Forma di crescita cinetica nella fase di sviluppo iniziale
	4c	Forme miste		Particelle sfaccettate con arrotondamento recente delle facce-		Forma di transizione al diminuire del gradiente termico
Cristalli a forma di calice; brina di fondo	5a	Cristalli a calice		Cristalli a calice e striati; normalmente cavi	Neve asciutta	Cristalli di crescita cinetica a calice, vuoti o parzialmente pieni
	5b	Colonne di brina di profondità		Grandi cristalli striati cavi a calice di disposti in colonne (dimensioni < 10 mm)		Grandi forme di crescita cinetica a calice disposte in colonne
	5c	Cristalli a colonna		Cristalli a colonna molto grandi con asse c orizzontale (10-20)		Stadio di crescita finale della brina di profondità con elevato gradiente termico in neve a bassa densità
Grani bagnati	6a	Grani arrotondati a grappoli		Cristalli arrotondati a grappoli tenuti assieme da forti legami ghiaccio-ghiaccio; acqua interstiziale fra tre cristalli o nella zona di contatto fra due grani	Neve umida	Grappoli di grani senza cicli di fusione e rigelo
	6b	Policristalli arrotondati		I singoli cristalli sono ghiacciati in un grano pieno policristallino; si trovano bagnati o rigelati		Policristalli di fusione e rigelo
	6c	Neve fusa		Cristalli arrotondati separati interamente immersi in acqua		Cristalli singoli arrotondati debolmente legati
Cristalli a piuma	7a	Cristalli di brina di superficie		Cristalli striati a piuma; allineati, di solito piani, a volte aghiformi	Superficie di neve fredda	Forma di crescita cinetica nell'aria



	7b	Brina di cavità		Cristalli striati, piani o a piuma, formatesi in cavità; orientamento casuale	Cavità nella neve; la stessa forma potrebbe svilupparsi all'interno di neve a bassa densità con gradiente termico estremo	Forma cinetica di crescita in cavità
Masse di ghiaccio	8a	Strato di ghiaccio		Strato di ghiaccio orizzontale	Strati sepolti nella neve sottoposti a fusione e rigelo	Strato di ghiaccio che si forma per rigelo dell'acqua di fusione percolante; di solito lo strato mantiene una certa permeabilità
	8b	Colonna di ghiaccio		Corpo di ghiaccio verticale	All'interno degli strati	Colonna di ghiaccio che si forma in seguito al rigelo dell'acqua di fusione che percola
	8c	Ghiaccio di fondo		Strato di ghiaccio di fondo	Base del manto nevoso	Formazione di ghiaccio in seguito al rigelo dell'acqua di fusione stagnante
Depositi in superficie e croste	9a	Brina		Brina soffice: depositi irregolari; galaverna: goccioline d'acqua sopraffusa ghiacciate sul posto	Superficie	Brina di superficie
	9b	Crosta da pioggia		Superficie vetrosa sottile e trasparente o strato superficie trasparente		Acqua piovana gelata sulla superficie del manto nevoso
	9c	Crosta da sole, firnspiegel		Superficie vetrosa o pellicola superficiale trasparente		Acqua di fusione rigelata sul manto nevoso
	9d	Crosta da vento		Piccole particelle spezzettate o abrase; compattate e ben sinterizzate		Crosta da vento
	9e	Crosta da fusione e rigelo		Crosta formata da policristalli da fusione e rigelo riconoscibili	Vicino alla superficie	Crosta di particelle da fusione e rigelo



Convenzione DPC – AINEVA



*Documento metodologico sul monitoraggio meteo-nivologico
Criteri per l'utilizzo degli strumenti di misura e metodi di osservazione dei parametri nivometeorologici*

F.1.17 Dimensione dei Grani

F.1.17.1 Definizioni

La **dimensione dei grani (E)** di un campione di neve più o meno omogeneo è la dimensione media dei suoi grani caratteristici. La dimensione di un grano è la misura in millimetri della sua maggior estensione. Nel caso di un grano arrotondato (di forma più o meno sferica), ad esempio, la dimensione è data dal diametro della particella. Nel caso invece di una particella di precipitazione a colonna, la dimensione è data dall'estensione della particella lungo l'asse verticale (Fig. F1.17.1.1). Qualora il campione esaminato presenti una mescolanza di tipi di grani diversi (diverse forme) è talvolta necessario definire singolarmente le dimensioni delle varie categorie. Altre definizioni della grandezza sono possibili, ma queste devono essere definite con chiarezza a seconda della finalità dell'indagine.

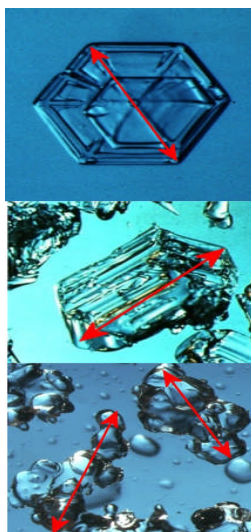


Fig. F.1.17.1.1 – Nella valutazione della dimensione dei grani occorre considerare la maggior estensione degli stessi: nel caso in cui il grano sia costituito da una struttura piena policristallina (immagine in basso), la dimensione da considerare è quella dell'intera particella e non dei singoli elementi componenti.

F.1.17.2 Unità di misura

L'unità di misura delle dimensioni dei grani è il mm.

F.1.17.3 Utilità del dato

Forma e dimensione dei grani vengono generalmente valutati in modo associato per lo stesso campione per cui vale quanto riportato nel paragrafo F.1.16.3. La dimensione dei grani influisce sulle proprietà meccaniche della neve: a parità di forma, la resistenza al taglio di un campione di neve diminuisce con l'aumentare delle

dimensioni in quanto la concentrazione delle sollecitazioni è maggiore quanto minori sono i punti di contatto fra i grani. Il parametro, inoltre, influenza alcune proprietà fisiche della neve secca come la densità, che aumenta con il diminuire delle dimensioni dei grani in quanto diminuisce la porosità, l'assorbimento della radiazione negli strati più superficiali, che aumenta con l'aumentare delle dimensioni dei grani, la conducibilità termica che aumenta con la porosità. Nel caso dei processi di ricostruzione cinetica che portano alla formazione di cristalli sfaccettati e/o brina di fondo, la velocità di formazione dei cristalli dipende, oltre che dal gradiente termico e dalla temperatura, anche dalla porosità che è a sua volta determinata dalla dimensione dei grani.

F.1.17.4 Metodi di osservazione e misura

Le dimensioni dei grani possono essere misurate con precisione in laboratorio mediante la vagliatura o applicando tecniche stereologiche ma, analogamente a quanto già specificato per la forma dei grani, il metodo che viene normalmente impiegato in campo è quello che prevede l'impiego di una lente d'ingrandimento e di una tavoletta cristallometrica.

F.1.17.4.1 Valutazione delle dimensioni dei grani con la lente d'ingrandimento e la tavoletta cristallometrica

La preparazione del campione di neve per l'osservazione avviene in modo analogo a quanto specificato nel paragrafo F.1.16.4.1. per la valutazione della forma dei grani in quanto le due operazioni sono contemporanee. Se la tavoletta cristallometrica dispone di una serie di griglie prestampate con spaziature diverse (normalmente 1, 2, 3 e 4 mm), la determinazione delle dimensioni dei grani avviene confrontando l'estensione delle particelle con la griglia che più si avvicina (Fig. F.1.17.4.1.1).

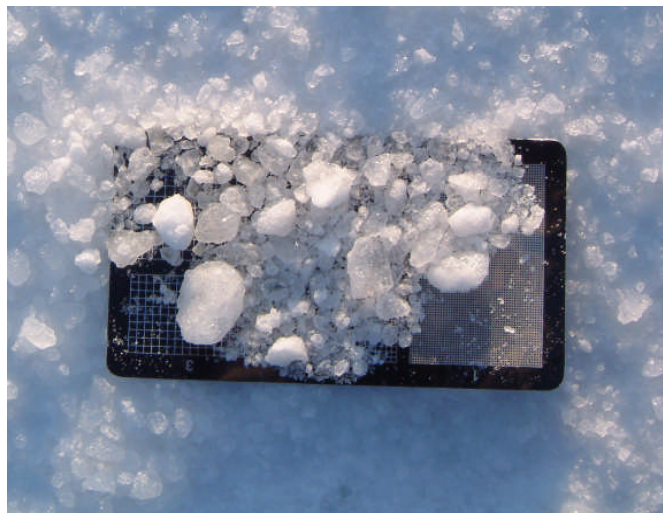


Fig. F.1.17.4.1.1 – La distribuzione delle particelle di neve sulle griglie millimetriche della tavoletta consente di valutare le dimensioni dei grani.

Alcune lenti d'ingrandimento dispongono, sul supporto basale, di una scala graduata al decimo di mm che consente di fare una lettura diretta delle dimensioni dei grani.



F.1.17.5 Codificazione dei dati

Il sistema di codifica della IASH prevede la possibilità di esprimere la dimensione dei grani, oltre che con l'esatta dimensione in mm, anche per mezzo di termini secondo la Tab. F.1.17.5.1.

Termine	Dimensione (mm)
Molto piccola	< 0,2
Piccola	0,2 - 0,5
Media	0,5 - 1,0
Grande	1,0 - 2,0
Molto grande	2,0 - 5,0
Estrema	> 5,0

Tab. F.1.17.5.1 Codificazione delle dimensioni dei grani.

Una dimensione di 1 mm viene codificata come E1,0. Qualora sia necessario, è possibile definire singolarmente le diverse tipologie di grani individuate nel campione. Riprendendo l'esempio descritto nel paragrafo F.1.15. e supponendo che le particelle di precipitazione parzialmente decomposte e frammentate abbiano una dimensione di 0,5 mm mentre le particelle di precipitazione a piastre abbiano una dimensione di 1,0 mm, la codifica del campione esaminato è la seguente: 8F2aE0,5 2F1cE1,0.



F.1.18 Resistenza della Neve

F.1.18.1 Definizioni

La **resistenza della neve** (Σ) è la capacità della neve di resistere alle sollecitazioni. La resistenza della neve dipende dal tipo di sollecitazione (che può essere di compressione, di trazione o di taglio), dalla velocità di sollecitazione, dal tipo di deformazione (viscosa, elastica) e dal volume del campione poiché la neve è un materiale anisotropo. Dal punto di vista pratico ha particolare importanza in nivologia la resistenza al taglio. È stato dimostrato che la **resistenza al taglio** in un manto nevoso aumenta con l'aumentare della pressione normale (peso del manto nevoso soprastante) e che questo aumento è dovuto all'attrito interno secondo la seguente relazione:

$$\Sigma_{\phi} = \Sigma + \sigma_{zz} \phi$$

dove Σ è la resistenza al taglio misurata (ad esempio con il telaio di taglio, vedi paragrafo F.3.4.6.1), σ_{zz} è la pressione normale dovuta al peso del manto nevoso soprastante, ϕ è l'attrito interno e g è l'accelerazione di gravità.

Considerando che la pressione normale sia prodotta da uno strato nevoso soprastante di spessore L e densità media ρ , essa può essere calcolata con la seguente equazione:

$$\sigma_{zz} = \rho g L \cos^2 \psi$$

dove ψ è l'angolo di inclinazione del pendio.

Per quanto riguarda l'attrito interno, esso dipende, oltre che dalla resistenza al taglio, anche dalla microstruttura della neve (diverse tipologie di grani) e può essere calcolato con le formule empiriche proposte da Roch:

per neve fresca: $\phi = 0,1 + 0,008\Sigma + 0,004 \sigma_{zz}$

per grani arrotondati (monocristalli): $\phi = 0,4 + 0,08\Sigma$

per cristalli sfaccettati e brina di fondo: $\phi = 0,8 + 0,08\Sigma - 0,01\sigma_{zz}$

N.B. Le formule proposte da Roch sono valide per resistenze al taglio misurate con un telaio a lamelle di $0,01 \text{ m}^2$.

Assumendo che la maggior parte dei distacchi di valanghe a lastroni avvengono per una rottura di taglio nello strato debole del manto nevoso è possibile calcolare un



indice di stabilità del manto nevoso mediante la seguente equazione proposta da Roch:

$$S_{Roch} = \Sigma + \frac{\sigma}{\sigma_{xz}}$$

dove σ_{xz} è la forza di taglio ovvero la componente della pressione normale determinata dallo strato nevoso soprastante in direzione parallela al pendio data da:

$$\sigma_{xz} = \rho g L \operatorname{sen} \psi \cos \psi$$

F.1.18.2 Unità di misura

L'unità di misura della resistenza della neve è il Pa. L'indice di stabilità è adimensionale.

F.1.18.3 Utilità del dato

Ancorché la resistenza della neve sia un parametro di difficile misurazione, la sua conoscenza, e in modo particolare la conoscenza della resistenza al taglio, è un elemento essenziale per la valutazione delle condizioni di equilibrio del manto nevoso (stabilità). È stato infatti dimostrato che nel meccanismo di distacco delle valanghe a lastroni nella maggior parte dei casi la rottura primaria è una rottura di taglio in uno strato debole lungo il piano parallelo al pendio.

F.1.18.4 Metodi di osservazione e misura

La resistenza al taglio può essere misurata con telaio di taglio e un dinamometro. Con le equazioni riportate nel paragrafo F.3.4.6.1.1 è possibile calcolare l'indice di stabilità del manto nevoso. Alcuni metodi speditivi, chiamati test di stabilità, consentono di definire in modo diretto sul campo, senza l'impiego di strumenti di misura sofisticati, l'indice di stabilità (vedi Cap. F.3.4.6).

F.1.18.4.1 Telaio di taglio

Il telaio di taglio è ancora oggi lo strumento più comunemente usato per la misura della resistenza al taglio di strati deboli del manto nevoso. Esso è costituito da una intelaiatura rettangolare, trapezoidale o quadrata in acciaio inossidabile di spessore generalmente di 1,5 mm separata in scomparti da alcuni elementi trasversali per una miglior distribuzione delle forze. Il telaio è inoltre dotato di un gancio per l'applicazione del dinamometro. Siccome a un incremento della superficie del telaio corrisponde un decremento della resistenza media, a seconda delle condizioni di sperimentazione possono essere usati telai con superfici diverse che vanno tuttavia da 0,01 a 0,25 m². È stato inoltre dimostrato che la concentrazione delle sollecitazioni è influenzata dal rapporto fra l'altezza del telaio (d) e la larghezza degli scomparti delimitati dagli elementi trasversali (w) e quindi nella definizione della forma geometrica del telaio di taglio assume particolare importanza il rapporto d/w^{-1} (Fig. F.1.18.4.1.1). Superficie del telaio e rapporto d/w vanno quindi sempre specificati.

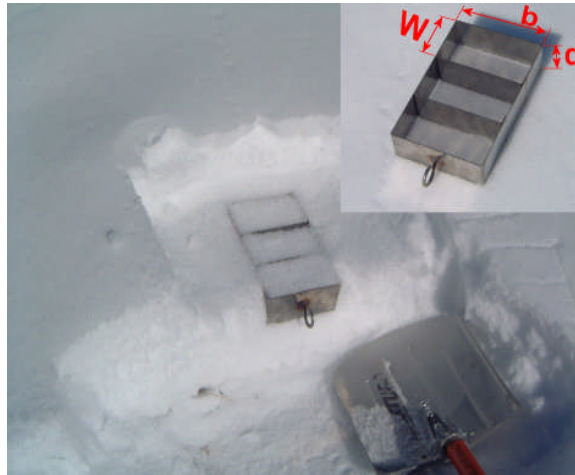


Fig. F.1.18.4.1.1 – Modalità d'impiego del telaio di taglio.

Il telaio di taglio va battuto delicatamente nel manto nevoso nello strato superiore a quello che si vuole testare in modo tale che il piano inferiore del telaio sia a 0-10 cm dallo stesso. Dopo aver inserito il dinamometro nell'apposito gancio, si esercita quindi una forza di trazione in direzione parallela al pendio fino a provocare la rottura di taglio nello strato debole. Il valore della sollecitazione letto sul dinamometro diviso per la superficie del telaio è il valore della resistenza al taglio (Σ) da utilizzare nel calcolo dell'indice di stabilità.

F.1.18.5 Codificazione dei dati

Nelle applicazioni pratiche viene normalmente utilizzato l'indice di stabilità che viene riportato come valore numerico adimensionale. I valori numerici dell'indice di stabilità che derivano da metodi diversi non sono confrontabili.



F.1.19 Spessore degli Strati

F.1.19.1 Definizioni

Un manto nevoso è formato da uno o più strati di neve che derivano dalle precipitazioni nevose o dalla deposizione della neve trasportata dal vento. Per **spessore di uno strato (L)** si intende la misura di uno strato di neve effettuata perpendicolarmente al pendio. Per strati di forma lenticolare è utile talvolta conoscere anche la misura in direzione parallela al pendio.

F.1.19.2 Unità di misura

L'unità di misura dello spessore degli strati è il cm che viene usato per comodità in deroga al SI che prevede il m come unità di misura di grandezze come l'altezza e lo spessore.

F.1.19.3 Utilità del dato

Si tratta di un'informazione di primaria importanza in quanto definisce la successione stratigrafica del manto nevoso. Lo spessore di uno strato va sempre considerato in relazione anche agli altri parametri misurati od osservati (densità, forma e dimensione dei grani, contenuto in acqua liquida ecc.) in una valutazione d'insieme chiamata analisi stratigrafica. Anche la sola misura dello spessore fornisce tuttavia importanti informazioni quali l'entità delle precipitazioni (strati superficiali di neve fresca o recente), l'entità del trasporto eolico (lastroni da vento), la successione degli eventi di precipitazione nevosa nel corso dell'inverno ecc. Il dato è inoltre di fondamentale importanza per il calcolo, insieme alla densità, del sovraccarico prodotto dal manto nevoso soprastante su eventuali strati deboli.

F.1.19.4 Metodi di osservazione e misura

La misura dello spessore degli strati viene effettuata con un doppio metro o con un'asta graduata (Fig. F.1.19.4.1). Per comodità, la lettura dello spessore degli strati può essere effettuata sui tubi della sonda a percussione utilizzata precedentemente per la misura delle durezza, dopo aver liberato un profilo della neve in corrispondenza della sonda stessa. La misurazione dello spessore degli strati non può tuttavia prescindere dall'identificazione preliminare degli stessi, operazione delicata che richiede notevole esperienza. Normalmente, i vari strati vengono identificati mediante una valutazione speditiva delle durezza facendo passare lungo il profilo un dito o il bordo della tavoletta cristallometrica dopo aver accuratamente spazzolato la superficie con un pennello. Una volta identificati gli strati, i loro limiti inferiore e superiore vengono contrassegnati incidendo con un dito le superfici di separazione. Anche la tessitura più o meno grossolana, come la diversa brillantezza, possono essere di aiuto per l'identificazione degli strati.

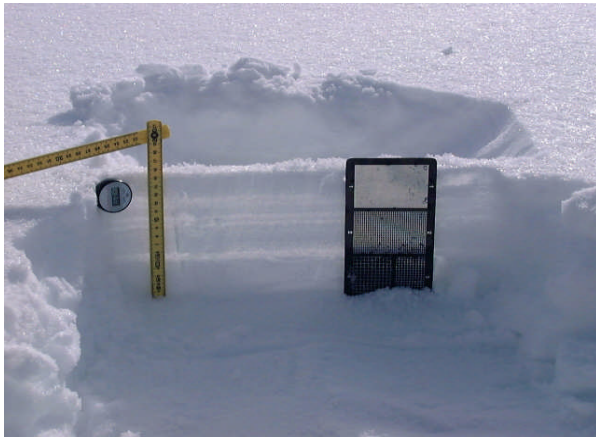


Fig. F.1.19.4.1 – Modalità di misura dello spessore degli strati: a) impiego di un doppio metro; b) impiego di un'asta graduata (nella fattispecie il primo elemento tubolare della sonda a percussione).

F.1.19.6 Codificazione dei dati

Il dato non viene codificato ma viene riportato il valore misurato in cm.

F.1.20 Impurità

F.1.20.1 Definizioni

Per **impurità (J)** del manto nevoso si intendono l'insieme delle particelle di varia natura che possono depositarsi sul manto nevoso al suolo (deposizione secca) o che sono catturate in atmosfera durante le precipitazioni (deposizione umida). Tra le impurità più comuni vi sono polveri in sospensione nell'atmosfera, granelli di sabbia, materiali organici di varia natura (polline, spore, batteri ecc.) nitrati e solfati nonché vari tipi di metalli (uranio, manganese, ferro, titanio ecc.). Parte di queste impurità sono di origine naturale, mentre altre sono di origine antropica (Fig. F.1.20.1.1. e F.1.20.1.2).



Fig. F.1.20.1.1 – Strato superficiale con presenza d'impurità (la foto è stata scattata sul pack nei pressi della base italiana di Baia Terra Nova in Antartide; le impurità sono dovute al trasporto di granelli di materiale roccioso durante gli episodi di vento catabatico).



Fig. F.1.20.1.2 – Nevicata con impurità dovute alla presenza di sabbia sahariana che conferiscono alla neve la tipica colorazione rossastra; da notare, oltre ad una certa quota, il successivo apporto di neve senza impurità (Passo Pordoi, autunno 2002).



F.1.20.2 Unità di misura

La presenza di impurità nel manto nevoso si esprime in parti per milione (ppm) rispetto al peso, dopo averne descritto il tipo.

F.1.20.3 Utilità del dato

L'analisi delle impurità presenti nel manto nevoso, sia di origine naturale che di origine antropica, è di grande importanza ecologica in quanto esprime il grado di contaminazione ambientale di una determinata zona. Analisi di questo tipo attengono tuttavia più alla ricerca nei settori della chimica e delle scienze ambientali. Dal punto di vista pratico, nel settore nivometeorologico, ha una notevole importanza l'osservazione di macroimpurità, quali la sabbia di origine sahariana deposta con le precipitazioni o le particelle organiche di origine vegetale depositate in zone boscate a seguito di episodi ventosi in quanto, riducendo l'albedo, favoriscono i processi di riscaldamento e la conseguente fusione del manto nevoso. Dal punto di vista della stabilità, occorre anche considerare il fatto che un aumento della temperatura della neve ha come conseguenza immediata una diminuzione delle resistenze.

F.1.20.4 Metodi di osservazione e misura

Nei casi in cui non sia sufficiente la semplice osservazione in campo delle macroimpurità (che può essere effettuata utilizzando la lente d'ingrandimento) l'analisi delle diverse tipologie di impurità viene generalmente effettuata in laboratorio utilizzando tecniche diverse a seconda delle specie di particelle che si intendono identificare e/o misurare. In questi casi è sempre necessaria una operazione preliminare di prelevamento, stoccaggio e trasporto dei campioni di neve da esaminare. I campioni vengono generalmente raccolti in bottiglie di polietilene a collo largo da 0,5 l contenenti acqua ultrapura e riposti in una scatola di polistirolo (il cui volume eccedente viene riempito di neve con funzione isolante) per consentirne un primo trasporto dal sito di prelevamento fino a fondovalle; successivamente avviene un secondo stoccaggio dei campioni in un normale frigorifero a temperatura di almeno -10 °C per il trasporto fino al laboratorio. Nel caso di analisi di laboratorio delicate, come ad esempio l'identificazione e la misura degli elementi in tracce, particolare attenzione deve essere posta nelle procedure al fine di non contaminare i campioni prelevati. Queste procedure riguardano sia la vestizione dell'operatore, sia l'accurata scelta del luogo di campionamento, sia la manipolazione dei campioni.

F.1.20.6 Codificazione dei dati

Nei rilievi nivometeorologici convenzionali non è prevista la misura delle impurità per cui, allo stato attuale, non esiste un sistema di codifica dei dati. La presenza di macroimpurità, quali sabbia o particelle organiche di origine vegetale, viene generalmente segnalata in corrispondenza di ciascun strato come testo in chiaro nei moduli di rilevamento.



Convenzione DPC – AINEVA



*Documento metodologico sul monitoraggio meteo-nivologico
Criteri per l'utilizzo degli strumenti di misura e metodi di osservazione dei parametri nivometeorologici*



F.2 Sistemi di osservazione.



F.2.1 Premessa al capitolo.

Come illustrato nella precedente sezione di questo documento, allo stato attuale l'individuazione e la perimetrazione di aree potenzialmente esposte al pericolo di



F.2.2 Stazione nivometeorologica tradizionale

F.2.2.1 Definizioni

In questo manuale per **stazione nivometeorologica tradizionale (SNT)** si intende una stazione dotata di alcuni semplici strumenti di misura generalmente privi di sistemi di registrazione dei dati o a registrazione analogica su supporto cartaceo. In una SNT parte dei dati vengono raccolti manualmente da osservatori mediante strumenti portatili. La strumentazione fissa viene collocata entro un'area di rispetto di dimensioni adeguate, generalmente recintata, dove il manto nevoso rimane inalterato e consente l'effettuazione di prove distruttive per un periodo di tempo sufficientemente lungo.

F.2.2.2 Requisiti richiesti (scelta del sito)

Una SNT deve soddisfare una serie di requisiti, i principali dei quali sono i seguenti:

- **Rappresentatività del sito:** la stazione deve essere rappresentativa delle condizioni nivometeorologiche della zona da monitorare. Siccome la rappresentatività non può essere assicurata per tutti i parametri misurati generalmente si privilegiano gli aspetti nivometrici quali una deposizione e un'evoluzione regolare del manto nevoso al suolo evitando modificazioni troppo repentine dovute all'azione del vento .
- **Accessibilità:** siccome parte delle misure e osservazioni devono essere eseguite da osservatori che si recano sul posto con cadenza giornaliera o plurigiornaliera deve essere assicurata l'accessibilità con qualsiasi condizione.
- **Ubicazione generale:** siccome alcuni rilievi riguardano osservazioni ad una certa distanza (visibilità, attività valanghiva ecc.) un buon sito deve trovarsi in posizione aperta e permettere una buona condizione di osservazione del territorio circostante.
- **Pendenza:** il terreno ideale è un terreno pianeggiante o in leggera pendenza ($\psi < 10^\circ$) in cui sono limitati i movimenti lenti del manto nevoso.
- **Esposizione:** vanno evitate le esposizioni troppo soleggiate che, oltre a determinare una rapida fusione del manto nevoso, sono caratterizzati da una evoluzione veloce dello stesso (a meno che l'obiettivo della stazione non sia quello di rappresentare tipiche situazioni dei versanti soleggiate).
- **Morfologia:** non vi devono essere ostacoli naturali quali scarpate o bruschi cambiamenti di pendenza, massi, costruzioni ecc. in prossimità della stazione in quanto, modificando il flusso del vento, possono determinare nella zona di rispetto fenomeni di erosione e/o deposizione di neve. Per la stessa ragione non



vi devono essere piante arboree in prossimità della zona di rispetto (la distanza deve essere almeno doppia dell'altezza delle piante)

- **Natura del suolo:** vanno privilegiati i terreni ghiaiosi con elevate capacità di drenaggio che limitano il ristagno di acqua allo stato liquido nell'intercapedine fra la superficie del terreno e la base del manto nevoso con conseguente possibile formazione di ghiaccio basale.
- **Vegetazione:** un prato falciato o un prato-pascolo costituiscono un substrato ideale; vanno evitati i prati incolti e i terreni caratterizzati da vegetazione arbustiva (rododendri, erica ecc.) che favoriscono il metamorfismo da gradiente di temperatura.
- **Rugosità:** vanno evitati i terreni ricoperti da detriti e più in generale ad elevata rugosità che, oltre a facilitare il metamorfismo da gradiente, possono creare fenomeni particolari, come le *elephant traps*, dovuti ai fenomeni di assorbimento differenziato della radiazione solare.

F.2.2.3 Configurazione di una stazione

La configurazione tipo di una SNT è la seguente:

- **asta graduata fissa** (per la misura dell'altezza totale del manto nevoso) - (Fig. F.2.2.3.1);
- **tavoletta da neve** (per la misura della neve fresca caduta nelle 24 ore precedenti);
- **capannina meteorologica** contenente un termometro a minima e massima o un termografo (dati registrati su supporto cartaceo);
- **strumenti per misure particolari** (es. driftometro per la misura del trasporto di neve) (Fig. F.2.2.3.2);
- eventuali **altri sensori** (vedi paragrafo F.2.2.3.2).

Gli strumenti vengono generalmente collocati all'inizio della stagione invernale, su terreno ancora privo di manto nevoso e rimossi alla scomparsa definitiva del manto nevoso.



Fig. F.2.2.3.1 – Asta graduata fissa per la misura dell'altezza del manto nevoso.

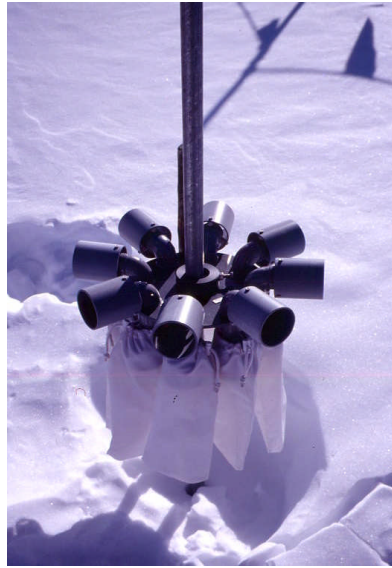


Fig. F.2.2.3.2 – Qualora sia necessario eseguire misure particolari, la stazione viene dotata degli strumenti necessari: nella fotografia, un driftometro per la misura del trasporto di neve.

L'area di rispetto, di dimensioni di 50-100 m², viene delimitata con una recinzione leggera i cui elementi verticali sono costituiti da paline di legno o di plastica del diametro di 5-7 cm e gli elementi orizzontali da funi di nylon con bandierine di plastica o in alternativa nastro colorato posti a 2 o 3 diversi livelli. Occorre in ogni caso evitare recinzioni pesanti che possano creare un ostacolo al flusso del vento con conseguente possibile formazione di accumuli all'interno della zona di rispetto.

F.2.2.3.1 Capannina meteorologica

Lo scopo di una capannina meteorologica è quello di limitare gli effetti dell'irraggiamento sulla misura della temperatura dell'aria mediante una ventilazione forzata dello strumento di misura. Una capannina meteorologica ha inoltre altre utilità secondarie quali la protezione dello strumento dalle precipitazioni e dagli urti e funge anche da supporto per lo strumento stesso. Le dimensioni di una capannina meteorologica devono essere tali da limitare al massimo la capacità termica e da garantire all'interno uno spazio sufficiente per gli strumenti i cui elementi sensibili non devono essere a contatto con le pareti. Una capannina meteorologica è costruita generalmente in legno anche se vi sono in commercio modelli in plastica che sembrano garantire una migliore protezione contro l'irraggiamento. Le pareti sono costituite da una doppia persiana singola o doppia che garantisce la circolazione dell'aria e il pavimento con listelli non contigui. È preferibile che il tetto sia costituito da due strati separati in modo da consentire una buona circolazione dell'aria fra i due strati. A causa dell'elevato coefficiente di riflessione della neve, per gli utilizzi nivologici è preferibile che anche il pavimento sia doppio. La capannina va inoltre dipinta, sia all'interno che all'esterno, con vernice bianca non igroscopica (Fig. F.2.2.3.1.1).



Fig. F.2.2.3.1.1 – Capannina meteorologica con termografo.

Essa va collocata, all'interno dell'area di rispetto della stazione, su un supporto ad un'altezza compresa tra 1,25 e 2,00 m dal suolo. Per gli utilizzi nivologici sono preferibili i supporti regolabili in altezza in modo tale da poter mantenere fissa la distanza tra gli strumenti e la superficie del manto nevoso limitando gli effetti dell'irraggiamento dovuti allo stesso.

F.2.2.3.2 Stazioni meteorologiche temporanee a basso costo

Al fine di limitare l'attività manuale di raccolta dati da parte degli osservatori e rendere quindi più oggettive alcune misure, una SNT può essere dotata di alcuni sensori meteorologici installati su una struttura temporanea a palo in grado di trasmettere i dati ad una unità centrale posta ad una certa distanza in luogo protetto e riscaldato (Fig. F.2.2.3.2.1).



Fig. F.2.2.3.2.1 – Unità centrale di acquisizione dati di una stazione meteorologica a basso costo.

Nelle tipologie in uso prevalente, i sensori sono autoalimentati a celle solari e batterie tampone mentre la trasmissione dei dati avviene senza fili in radiofrequenza fino ad una distanza massima di 80-100 m. Per l'attività di raccolta dati dei servizi valanghe i sensori normalmente utilizzati sono il termoigrometro (temperatura e umidità dell'aria), il barometro (pressione atmosferica) l'anemometro (velocità del vento) e l'anemoscopio (direzione del vento). L'unità centrale, oltre a consentire una lettura istantanea dei dati relativi ai vari parametri, può essere dotata di alcune semplici funzioni quali la gestione controllata dell'ora e della data, la gestione di eventuali



allarmi, la memorizzazione dei valori minimi e massimi per ciascun parametro, ecc. Un connettore RS232 può inoltre consentire il collegamento dell'unità centrale con un PC.

F.2.2.4 Manutenzione

Le SNT richiedono interventi di manutenzione piuttosto semplici e a costi contenuti. Anche per questa ragione esse hanno costituito, fino ad oggi, la base principale di raccolta dati dei servizi valanghe regionali. Una buona gestione delle stazioni richiede tuttavia una serie di interventi volti a mantenere il sito nelle condizioni richieste e la corretta funzionalità della strumentazione.

F.2.2.4.1 Interventi in campo

Sfalcio dell'erba (o decespugliamento): questa operazione va compiuta generalmente una o due volte all'anno nei mesi estivi ed è rivolta a mantenere una superficie del suolo omogenea evitando l'eccessivo accrescimento dell'erba e/o delle piante arbustive che potrebbero favorire determinate linee evolutive del manto nevoso (es. metamorfismo costruttivo) e alterare la precisione di alcune misure (es. altezza totale del manto nevoso al suolo).

Recinzione: l'installazione della recinzione all'inizio della stagione invernale è un'operazione necessaria per garantire una adeguata protezione all'area di rispetto entro la quale vengono eseguite le misure specialmente se la stazione è ubicata in prossimità di luoghi facilmente accessibili al pubblico (strade, piste da sci ecc.); la rimozione della recinzione al termine della stagione invernale è consigliabile per evitare il rapido deterioramento della stessa e l'intralcio ad eventuali altre operazioni eseguite nella stagione estiva (es. sfalcio).

Interventi sui sistemi di registrazione dei dati: i sistemi di registrazione analogica di cui possono essere dotati alcuni sensori (termometro, igrometro ecc.) richiedono interventi periodici per la sostituzione del supporto cartaceo quando esso è esaurito; se la stazione è dotata di driftometro manuale, periodicamente devono essere sostituiti i sacchetti di captazione danneggiati.

Interventi sugli strumenti fissi: nel caso in cui la stazione disponga di capannina meteorologica con supporto regolabile in altezza, esso va regolato in base all'altezza totale del manto nevoso al fine di garantire la costanza della distanza fra gli strumenti contenuti nella capannina e la superficie del manto nevoso; in caso di cedimenti del terreno va assicurata la verticalità del limnometro; in caso di malfunzionamenti strumentali, causa le sfavorevoli condizioni di lavoro, si provvede normalmente alla sostituzione (temporanea o definitiva) dello strumento malfunzionante.

F.2.2.4.2 Interventi presso il Centro di Gestione

Interventi sugli strumenti: qualora i centri gestionali posseggano le necessarie professionalità, vengono eseguite le riparazioni degli strumenti malfunzionanti o danneggiati; in alternativa essi vengono inviati alla ditta costruttrice.

Verifiche delle attrezzature e degli strumenti: si tratta di verifiche effettuate periodicamente sulle attrezzature e sugli strumenti portatili utilizzati per accertare la



rispondenza degli stessi alle caratteristiche richieste. Ciò si rende necessario in quanto, a causa delle sfavorevoli condizioni climatiche cui sono sottoposte, tutte le attrezzature di cui è dotata la stazione (pali di recinzione, capannina meteorologica, tavoletta da neve ecc.) subiscono dei danni dovuti all'usura; prima della sostituzione possono essere talvolta recuperate alla loro completa funzionalità attraverso interventi di ordinaria manutenzione da eseguire prevalentemente durante il periodo estivo quali verniciature, pulizia, rimozione delle incrostazioni ecc. È importante che ciascun strumento e/o attrezzatura sia univocamente identificato (ad esempio mediante etichettatura) e che i risultati della verifica di funzionalità compaiano chiaramente in un apposito registro o su apposite schede. Se l'esito della verifica di funzionalità è negativo, lo strumento o attrezzo viene riparato (qualora possibile) o sostituito (All. F.1).

F.2.2.5 Tarature strumentali

I sensori, sia quelli afferenti alla strumentazione fissa sia quelli afferenti alla strumentazione portatile, mostrano nel tempo una certa deriva dall'accuratezza richiesta nelle misure e, conseguentemente, necessitano di periodici interventi di taratura affinché i parametri vengano rilevati in uno stato di conformità ai requisiti per l'utilizzazione prevista. Gli interventi di taratura sono necessari se si intende portare la rete di raccolta dati nel sistema qualità. In questo caso è necessario predisporre un programma di taratura nel quale sono elencati gli strumenti che necessitano di taratura, la periodicità delle tarature e le modalità con cui esse vengono eseguite. Tutte le operazioni devono essere inoltre documentate in un apposito registro. Le tarature dei sensori devono essere effettuate con strumenti campione in campo o in laboratorio.

Tarature in campo: consistono nella verifica periodica delle performance di uno strumento effettuata per comparazione con uno strumento di riferimento (strumento campione). Lo strumento di riferimento viene tarato in laboratorio. Le tarature in campo vengono generalmente eseguite una volta all'anno in autunno, prima dell'inizio della stagione invernale. Gli strumenti che richiedono la taratura in campo sono i termometri utilizzati per la misura della temperatura della neve, i termometri utilizzati per la misura della temperatura dell'aria, i dinamometri utilizzati per la pesatura dei campioni di neve (misura della densità). L'intervento di correzione su ciascun sensore (o la sua sostituzione se la revisione risulta economicamente non conveniente) avviene quando la differenza fra la misura effettuata con lo strumento campione e il valore fornito dal sensore risulta maggiore del valore stabilito per la tolleranza. La Tab. F.2.2.5.1 riporta, a titolo di esempio, le modalità di taratura eseguite su alcuni strumenti portatili.



SENSORE	TARATURA	PUNTI DI VERIFICA	INCERTEZZA	TOLLERANZA AMMESSA
Termometri aria	Taratura in campo mediante misurazione della temperatura dell'aria a tre diversi livelli altimetrici; se l'errore supera la tolleranza consentita il sensore viene inviato alla casa costruttrice per la riparazione o sostituito quindi viene effettuata nuovamente la taratura	Misure eseguite alle quote di 1000 m 1500 m 2000 m	$\pm 0,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\pm 1,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Termometri neve	Taratura in campo mediante la misurazione della temperatura della neve a tre diversi livelli nel manto nevoso; se l'errore supera la tolleranza massima consentita il sensore viene inviato alla casa costruttrice per la riparazione o sostituito quindi viene effettuata nuovamente la taratura	Misure eseguite nei seguenti punti: interfaccia neve/suolo -10 cm dalla superficie -30 cm dalla superficie	$\pm 0,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\pm 1,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Dinamometri e bilance a stadera	Taratura presso il centro di gestione mediante pesatura di pesi noti certificati; se l'errore supera la tolleranza massima consentita si procede alla lubrificazione dello strumento o alla sua sostituzione, quindi viene effettuata nuovamente la taratura	Misure eseguite con i seguenti pesi: 100 g 300 g 500 g	$\pm 2,5 \text{ g}$	$\pm 5 \text{ g}$

Tab. F.2.2.5.1 Modalità di taratura della strumentazione portatile.

Tarature in laboratorio: vengono generalmente tarati in laboratorio gli strumenti utilizzati come riferimento (strumenti campione) per le tarature in campo. Vista la tipologia delle tarature in campo, nel caso delle SNT è sufficiente tarare periodicamente in laboratorio un termometro neve e un termometro aria. La taratura dei termometri neve e aria in laboratorio viene eseguita con strumenti di precisione su 3 o 4 punti.

F.2.2.6 Addestramento del personale

Presso le SNT molti dati vengono rilevati mediante osservazioni soggettive o misure effettuate con strumenti portatili che richiedono, oltre alle necessarie conoscenze teoriche, anche una buona manualità. Alcuni rilievi (es. misura delle temperature della neve) sono inoltre distruttivi e necessitano di una certa oculatezza nella gestione del campo neve. Un buon addestramento del personale è quindi necessario non solo per la manutenzione delle stazioni e l'esecuzione del programma di tarature ma anche e soprattutto per le operazioni giornaliere di rilevamento dei dati. In Italia l'abilitazione ad effettuare attività di rilevamento dati presso le SNT si ottiene mediante la



frequenziazione dei corsi per Osservatore nivologico organizzati e gestiti dall'AINEVA nell'ambito del programma di corsi di livello 2. Il programma richiede 36 ore di lezioni (fra teoria e pratica) e viene sviluppato generalmente nell'arco di 4-5 giornate (All. F.2).

F.2.2.7 Rete di stazioni

Nella previsione regionale del pericolo di valanghe, le SNT costituiscono ancora oggi la base principale del sistema di raccolta dati. Normalmente esse fanno parte di reti più o meno vaste che coprono in modo omogeneo il territorio di competenza del servizio valanghe regionale o provinciale. La densità della singola rete deve essere valutata caso per caso in sede di progettazione della stessa tenendo conto delle condizioni orografiche, altimetriche e soprattutto della climatologia del territorio. Ciascuna stazione deve essere univocamente identificata mediante una scheda anagrafica che contiene alcune informazioni relative all'ubicazione, la configurazione della stazione e la data di installazione della stessa (All. F.3). Sulle Alpi italiane (con esclusione del territorio della Regione Liguria) la densità media delle SNT afferenti ai servizi valanghe regionali e provinciali è di circa 1 stazione ogni 304 km² (dato relativo al 1999). Nel caso della previsione valanghe locale effettuata da organizzazioni private (es. stazioni sciistiche) una o più SNT possono essere attivate nella zona da controllare quando il sistema di gestione della sicurezza preveda delle azioni preventive da adottare sulla base di dati raccolti in campo.

F.2.2.8 Osservazione e misure effettuate

Presso le SNT vengono generalmente eseguiti due tipologie di rilievi:

- rilievi giornalieri (MOD 1 AINEVA, vd. Allegato F.4);
- profili della neve (MOD 2 e MOD 3 AINEVA, vd. Allegato F.5 e F.6).

F.2.2. Campo Neve Occasionale

F.2.2.1 Definizioni

In questo manuale per **campo neve occasionale (CNO)** si intende un luogo particolarmente adatto per l'esecuzione di profili della neve o di test di stabilità, privo di strumenti di misura, talvolta ma non necessariamente dotato di recinzione temporanea atta a delimitare un'area di rispetto. In un CNO i dati vengono raccolti manualmente da osservatori, anche occasionalmente, mediante strumenti portatili. Non essendo generalmente adibito a rilievi periodici, un CNO può avere dimensioni più ridotte rispetto a una SNT (Fig. F.2.2.1.1).



Fig. F.2.2.1.1 – Sito per l'esecuzione dei test di stabilità (campo neve occasionale); la pendenza del sito consente, nella fattispecie, l'esecuzione del blocco di slittamento.

F.2.2.2 Requisiti richiesti (scelta del sito)

Un CNO deve soddisfare una serie di requisiti i principali dei quali sono i seguenti:

Rappresentatività del sito: siccome un CNO viene adibito principalmente alla raccolta di dati per la valutazione della stabilità del manto nevoso, il sito prescelto deve essere rappresentativa delle condizioni che caratterizzano la zona di distacco delle valanghe. Da ciò deriva che i CNO sono individuati normalmente a quote superiori al limite della vegetazione forestale. Gli aspetti legati alla regolare deposizione del manto nevoso e alle modificazioni indotte dall'azione del vento assumono una rilevanza secondaria.

Accessibilità: non essendo stazioni adibite alla raccolta di dati con cadenza fissa, l'accessibilità con qualsiasi condizione non è un requisito richiesto. I CNO ubicati in alta montagna possono talvolta presentare accessi soggetti al pericolo di valanghe; in questo caso prima di recarsi sul sito si aspetta la stabilizzazione del manto nevoso in



modo tale che l'accesso da parte degli operatori possa avvenire in condizioni di sicurezza.

Ubicazione generale: siccome i dati raccolti riguardano il manto nevoso, non sono richieste particolari condizioni per l'osservazione del territorio circostante.

Pendenza: le condizioni più rappresentative sono quelle che si riscontrano nella maggior parte dei distacchi di valanghe e cioè inclinazioni del pendio da 27 a 45°.

Esposizione: vanno evitate le esposizioni troppo soleggiate perché meno rappresentative delle potenziali situazioni critiche.

Morfologia, natura del suolo, vegetazione, rugosità: vale quanto già detto per le SNT tenuto conto che in alta montagna è generalmente più difficile trovare condizioni ideali e che talvolta CNO possono essere predisposti per verificare le condizioni di stabilità del manto nevoso in specifiche situazioni (es. substrato di arbusti di ontano verde, cotico erboso non falciato ecc.).

F.2.2.3 Configurazione di una stazione

Un CNO è generalmente privo di strumentazione, anche collocata temporaneamente. L'area di rispetto, di dimensioni di 25-50 m², può essere delimitata con una recinzione leggera i cui elementi verticali sono costituiti da paline di legno o di plastica del diametro di 5-7 cm e gli elementi orizzontali da funi di nylon con bandierine di plastica o in alternativa nastro colorato posti a 2 o 3 diversi livelli. Occorre in ogni caso evitare recinzioni pesanti che possano creare un ostacolo al flusso del vento con conseguente possibile formazione di accumuli all'interno della zona di rispetto.

F.2.2.4 Manutenzione

Un CNO non richiede interventi di manutenzione. Qualora si intenda delimitare l'area di rispetto con una recinzione temporanea, l'unico intervento richiesto riguarda l'installazione della recinzione all'inizio della stagione invernale e la rimozione della stessa alla fine. Devono essere comunque eseguite tutte le verifiche di funzionalità delle attrezzature e degli strumenti utilizzati come nel caso delle SNT (vedi paragrafo F.2.2.4.2).

F.2.2.5 Tarature strumentali

Le tarature strumentali devono essere eseguite su tutti gli strumenti portatili utilizzati per i rilievi. Vale quanto già detto per le SNT (vedi paragrafo F.2.2.5).

F.2.2.6 Addestramento del personale

I rilievi effettuati presso i CNO (profili della neve, test di stabilità) richiedono elevate conoscenze teoriche di base, manualità e organizzazione. Un buon addestramento del personale è quindi un requisito indispensabile. Come per le SNT l'abilitazione ad effettuare attività di rilevamento dati presso i CNO si ottiene mediante la frequentazione dei corsi per Osservatore nivologico (modulo *a*) organizzati e gestiti dall'AINEVA nell'ambito del programma di corsi di livello 2. Il programma richiede 36



ore di lezioni (fra teoria e pratica) e viene sviluppato generalmente nell'arco di 4-5 giornate (vedi allegato del Cap F.2.2.6). In taluni casi la gestione dei CNO, per ragioni di sicurezza degli operatori, è affidata a Guide Alpine opportunamente qualificate.

F.2.2.7 Rete di stazioni

Nella previsione regionale del pericolo di valanghe i CNO integrano la rete di SNT consentendo la raccolta di dati sulla stabilità del manto nevoso in vicinanza delle zone di distacco delle valanghe. La densità della rete può essere molto variabile e dipende dalle condizioni climatiche, dalle necessità, dalla disponibilità finanziarie del Centro di raccolta dati ecc. Ancorché i CNO vengano adibiti a rilievi integrativi a cadenza non fissa è opportuno che essi siano identificati mediante una scheda anagrafica come avviene per le SNT.

F.2.2.8 Osservazione e misure effettuate

Presso i CNO vengono generalmente eseguite le seguenti tipologie di rilievi:

- profili della neve (MOD 2 e MOD 3 AINEVA);
- test di stabilità.



F.2.3 Stazione nivometeorologica automatica

F.2.3.1 Definizioni

Le **stazioni nivometeorologiche automatiche (SNA)** sono una particolare applicazione delle stazioni a terra utilizzate per il monitoraggio dei parametri ambientali. In particolare, esse derivano dalle stazioni meteorologiche automatiche di montagna, ma si caratterizzano per la presenza di sensori nivologici quali il nivometro (misuratore di altezza del manto nevoso), la sonda termometrica (misuratore della temperatura della neve a diversi livelli di profondità). La peculiarità di queste stazioni risiede nel fatto che le misure vengono effettuate in modo automatico dalla stazione a scadenza prefissata, senza quindi richiedere un operatore sul posto.

F.2.3.2 Requisiti richiesti (scelta del sito)

In generale vale quanto già detto al paragrafo F.2.2.2 a proposito dei requisiti richiesti per una SNT. In più occorre tenere presenti i seguenti aspetti:

- anche se le misure vengono eseguite in modo automatico, l'accessibilità del sito deve essere garantita almeno con gli sci o con la motoslitte nel periodo invernale e con un mezzo fuoristrada nel periodo estivo per permettere gli interventi di manutenzione;
- generalmente presso una SNA non vengono eseguite osservazioni che richiedono una buona visuale per cui, anche se vanno rispettate le distanze da ostacoli (costruzioni, tralicci, alberi ecc.) le possibilità di osservazione del territorio circostante sono meno importanti;
- specialmente se la stazione è dotata di un nivometro ad ultrasuoni il sito prescelto deve essere pianeggiante;
- siccome, come nel caso delle SNT, la rappresentatività del sito non può essere assicurata per tutti i parametri, nel caso delle stazioni automatiche è possibile ubicare determinati sensori ad una certa distanza dalla struttura principale (es. anemometro e anemoscopio possono essere collocati su una cresta in prossimità della stazione per misurare più correttamente velocità e direzione del vento).

F.2.3.3 Configurazione di una stazione

La configurazione di una SNA è molto variabile e dipende da vari fattori quali la necessità di rilevare determinati parametri, il sistema di trasmissione prescelto, l'utilizzo finale dei dati ecc. Una SNA è comunque composta dai seguenti elementi:

- **struttura di sostegno;**
- **sensoristica;**
- **sistema di alimentazione;**

- **unità di gestione;**
- **sistema di trasmissione** (Fig. F.2.3.3.1).



Fig. F.2.3.3.1 – Stazione nivometeorologica automatica di Monte Piana (Dolomiti settentrionali, Provincia di Belluno); in questo caso la stazione è costituita da un palo principale (sulla destra) su cui sono installati l'unità di gestione, i sistemi di alimentazione-trasmissione e i sensori meteorologici (termoigrometro, albedometro, anemometro e anemoscopio) e un palo secondario (sulla sinistra) a cui sono collegati i sensori nivologici (nevometro e termosonda); la stazione è inoltre dotata di una fotocamera fissa per l'osservazione del tempo presente (palo principale).

F.2.3.3.1 Struttura di sostegno

Occorre dire anzitutto che non esiste uno schema standardizzato per l'installazione di una SNA in quanto le soluzioni progettuali adottate dipendono dalle caratteristiche del terreno, dal tipo di parametri che si intende misurare e dagli schemi costruttivi propri della ditta fornitrice. La struttura di sostegno di una SNA comprende i pali sui quali vanno collocati i vari sensori e le opere murarie necessarie per assicurare la stabilità statica e la funzionalità della stazione. Su un palo principale in acciaio (o in vetroresina) vengono generalmente collocati i sensori per la misura dei parametri meteorologici; se la stazione prevede la misura del vento a terra il palo deve essere alto almeno 10 m (per rispettare lo standard di misura previsto dall'OMM) e deve essere sufficientemente robusto per esistere a venti di 150-200 km h⁻¹. Occorre inoltre assicurare l'accessibilità dei sensori per gli interventi di manutenzione o attraverso un sistema che consente l'abbattimento del palo o mediante una scala a pioli adeguatamente protetta secondo la normativa vigente. Altri due pali secondari, posti ad una certa distanza dal palo principale per limitare gli effetti perturbatori sul manto nevoso, sono dedicati al sostegno dei sensori di misura dei parametri nivologici (termometri neve e nivometro). Per la misura dell'altezza del manto nevoso in alta montagna, se si adotta il sistema ecometrico per la misura dell'altezza del manto nevoso, il sensore deve essere collocato ad almeno 5 m dalla superficie del terreno. Le strutture a palo della stazione vanno agganciate mediante un sistema di tirafondi ad appositi basamenti costituiti da plinti di fondazione in calcestruzzo armato. I plinti dei vari pali vanno opportunamente progettati in base alla natura del terreno, al carico che devono sopportare e all'altezza del palo. Una stazione richiede inoltre una serie di opere murarie accessorie quali ad esempio il vano di alloggiamento delle batterie che, se interrato anche parzialmente, può essere costruito in calcestruzzo e un adeguato

sistema di drenaggio per evitare il ristagno dell'acqua in prossimità della stazione (Fig. F.2.3.3.1.1).



Fig. F.2.3.3.1.1 – Particolare del vano di alloggiamento degli accumulatori di una stazione nivometeorologica automatica (in questo caso il vano è interrato).

Generalmente una SNA non va recintata con strutture fisse per evitare l'effetto frangivento della recinzione e la formazioni di accumuli o erosioni indesiderate all'interno dell'area adibita alle misure. L'area di rispetto della stazione viene normalmente segnalata con una recinzione leggera del tipo di quella usata per le SNT. Talvolta può essere necessaria una recinzione con filo elettrico di tipo mobile per proteggere la stazione durante il periodo estivo dagli animali al pascolo (Fig. F.2.3.3.1.2). Occorre tenere presente che, siccome l'installazione di una SNA comporta l'effettuazione di movimenti di terra e la realizzazione di opere murarie, occorre preventivamente acquisire le concessioni e le autorizzazioni necessarie (verificare localmente cosa richiede la normativa in materia!).



Fig. F.2.3.3.1.2 – Recinzione mobile leggera realizzata con filo elettrico per proteggere una stazione nivometeorologica automatica dagli animali al pascolo durante il periodo estivo (Cima Predazzo, Dolomiti meridionali, Provincia di Belluno).



F.2.3.3.2 Sensoristica

In una SNA i sensori sono costituiti da elementi sensibili le cui caratteristiche elettriche variano in funzione delle grandezze che devono essere misurate. La scelta del tipo di elemento sensibile è in taluni casi obbligata esistendo sul mercato un solo sistema in grado di effettuare la misura con la precisione richiesta (vedi ad esempio il trasduttore ad ultrasuoni per la misura dell'altezza del manto nevoso), mentre in altri casi può essere scelta la tipologia più adatta alle esigenze (l'elemento sensibile per la misura della temperatura dell'aria può essere ad esempio una termoresistenza o un termistore). La dotazione sensoristica può essere quanto mai varia e ciò dipende dal tipo di parametri che si intendono misurare, dal consumo della stazione, dal budget disponibile ecc. Una SNA, per essere considerata tale, deve essere dotata di almeno un sensore per la misura di un parametro nivologico. Visto l'elevato costo delle SNA e la necessità di contenere i costi di manutenzione, la tendenza attuale è quella di realizzare stazioni multiuso dotate di una ricca sensoristica che possono però servire a scopi diversi (previsione valanghe regionale, previsione meteo, servizio idrologico ecc.). In Tab. F.2.3.3.2.1 è riportata, a titolo di esempio, la dotazione sensoristica di una SNA con le caratteristiche dei vari sensori tenendo presente che essa è puramente indicativa:

TIPO DI SENSORE	PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO	CAMPO DI MISURA	INCERTEZZA	RISOLUZIONE
Nivometro	Coppia di trasduttori ultrasonici in aria; viene misurato il tempo di percorrenza dell'impulso e compensato in base alla temperatura dell'aria	0/6 m	± 1,5 cm	0,1 cm
Termometri neve (a vari livelli)	Circuiti integrati che forniscono una corrente nominale di 1 microampere per °K	-30/+50 °C	± 0,4 °C	0,02 °C
Termometro aria	Circuito integrato che fornisce una corrente nominale di 1 microampere per °K	-30/+50 °C	± 0,4 °C	0,02 °C
Igrometro	Condensatore a film sottile con capacità funzione dell'umidità relativa	0/100%	± 2% da 0 a 100% a 25°C	0,01%
Anemometro	Mulinello a coppe rotanti con trasduttore di velocità ad alta frequenza	0/160 km h ⁻¹	± 0,25 km h ⁻¹	0,1 km h ⁻¹ con soglia a 1,5 km h ⁻¹
Anemoscopio	A banderuola con potenziometro a singola spazzola e contatto cortocircuitante	0/360 °	± 2,8 °	1 ° con soglia a 1 km h ⁻¹
Albedometro (coppia di 2 piranometri)	Termopila con 14 elementi	0/1500 W m ⁻²	± 20 W m ⁻²	trascurabile
Barometro	Elemento piezoresistivo a diaframma; la compensazione di temperatura utilizza un sensore incorporato	600/1100 hPa	± 1,8 hPa	1 hPa

Tab. F.2.3.3.2.1 Dotazione sensoristica tipo di una Stazione Nivometeorologica Automatica.

Nella scelta dei tipi di sensore occorre tenere presente che una SNA si trova ad operare in ambienti severi con condizioni meteorologiche avverse (forte vento, elevati sbalzi di temperatura) e elementi aggressivi di varia natura (radiazione solare, pioggia, grandine ecc.). È quindi necessario accertare preliminarmente la completa adattabilità a tali condizioni dei sensori prescelti tenendo presente che in alcuni casi la miglior qualità comporta un costo iniziale più elevato ma consente successivamente dei risparmi nella fase gestionale.

F.2.3.3.3 Sistema di alimentazione

Il sistema di alimentazione è l'insieme delle apparecchiature che fornisce l'energia elettrica necessaria per il funzionamento di una SNA. Anche per quanto riguarda il sistema di alimentazione le soluzioni tecniche possono variare caso per caso anche se è possibile ricondurle a due fondamentali:

- alimentazione con pile a secco non ricaricabili;
- alimentazione con accumulatori ricaricabili.

La prima soluzione, meno frequente, viene adottata qualora la stazione sia destinata a funzionare, per un periodo di tempo limitato, in un sito dove l'energia elettrica non è comunque disponibile. È evidente che in questo caso la stazione necessita di frequenti interventi di manutenzione per la sostituzione delle pile.

La seconda soluzione, che è la più frequente, viene adottata quando è possibile la ricarica degli accumulatori, attraverso il collegamento con la rete elettrica o mediante pannelli fotovoltaici (Fig. F.2.3.3.3.1).



Fig. F.2.3.3.3.1 – Particolare dei sistemi di alimentazione (a pannelli fotovoltaici) e di trasmissione (via radio) di una stazione nivometeorologica automatica.

Nel caso del collegamento in rete la funzione degli accumulatori è quella di sopperire ai periodi in cui, per varie cause, vi può essere un guasto alla linea di alimentazione mentre nel caso dei pannelli fotovoltaici gli accumulatori servono da volano sopperendo alla carenza di energia fotovoltaica specie durante i periodi di tempo perturbato. In ogni caso la capacità degli accumulatori deve essere accuratamente valutata in base ai consumi della stazione (che dipendono dalla tipologia di sensori e

dalla frequenza dei campionamenti) e al periodo più lungo in cui è ipotizzabile una mancanza di alimentazione diretta.

F.2.3.3.4 Unità di gestione

L'unità di gestione di una SNA è un sistema che consente di effettuare tutte le operazioni di acquisizione, registrazione e trasmissione dei dati. Il sistema provvede ad effettuare, ad intervalli prefissati, le misure dei segnali analogici provenienti dai vari sensori e a trasformarli in valori digitali mediante un convertitore e a trattare numericamente i dati mediante un microprocessore.

Per quanto riguarda la periodicità delle misure occorre considerare le seguenti definizioni riferite ai singoli sensori:

- tempo di campionamento: è l'intervallo di tempo che intercorre tra una misura e l'altra;
- tempo di registrazione: è l'intervallo di tempo che intercorre fra la registrazione di una misura e la successiva sulla memoria locale;
- tempo di trasmissione: è l'intervallo di tempo che intercorre tra la trasmissione di una misura alla centrale di acquisizione e quella successiva.

Normalmente tutti questi parametri sono definiti dall'operatore al momento della configurazione della stazione e possono essere variati nel tempo. Occorre tuttavia tenere presente che:

- i parametri che variano rapidamente nel tempo, come ad esempio la direzione del vento, richiedono tempi di campionamento molto brevi, dell'ordine di qualche secondo mentre i parametri che variano lentamente, come ad esempio la temperatura della neve, possono avere un tempo di campionamento più lungo, dell'ordine di qualche ora;
- per alcuni parametri i tempi di campionamento consigliati sono definiti dall'OMM (vedi direzione del vento ogni 10 minuti);
- i tempi di trasmissione dipendono essenzialmente dalle necessità legate all'utilizzo dei dati e dai costi sostenibili (nel caso della previsione valanghe è essenziale l'acquisizione dei dati in tempo reale per cui il tempo di trasmissione può andare da 30 a 60 minuti).

I dati possono essere visualizzati localmente, registrati su appositi moduli di memoria asportabili (moduli EPROM, Flash Cards ecc.) e trasmessi attraverso vari sistemi al centro di gestione (Fig. F.2.3.3.4.1).



Fig. F.2.3.3.4.1 – Particolare dell'unità di gestione di una stazione nivometeorologica automatica (il pannello nero racchiude il modulo di registrazione dei dati del tipo EPROM).



Il sistema di gestione è generalmente collocato in un doppio contenitore a conchiglia ad elevato grado di protezione che può essere installato sul palo principale della stazione ad altezza di operatore o, per garantire una miglior protezione dalla neve e da eventuali fattori esterni, su una piattaforma ad una certa altezza sul palo principale raggiungibile mediante una scala protetta.

F.2.3.3.5 Sistema di trasmissione

Le SNA utilizzate per la previsione delle valanghe, dispongono anche di un sistema di trasmissione in quanto i dati acquisiti vengono utilizzati in tempo quasi reale. Quindi, oltre ad essere registrati sulla memoria locale, i dati vengono trasmessi alla centrale di acquisizione secondo un tempo di trasmissione prefissato. La trasmissione dei dati può avvenire:

- via radio;
- via satellite;
- via rete telefonica (fissa o mobile).

La trasmissione via radio è ancora oggi il sistema usato in via preferenziale quando la rete di stazioni, come avviene spesso per le reti nivometeorologiche, ha finalità di protezione civile. Il sistema di trasmissione via radio assicura la disponibilità dei dati in tempo reale e dà maggiori garanzie di funzionamento in casi di calamità naturali. Il sistema è basato su una rete di ripetitori del tipo duplex che deve essere ottimizzata in funzione dell'orografia del territorio; in taluni casi anche le SNA possono svolgere la funzione di stazioni ripetitrici. Occorre tenere presente che l'utilizzazione di frequenze radio è soggetta ad apposita concessione rilasciata dal Ministero delle Comunicazioni e che la potenza massima di uscita consentita è di 5 Watt.

La trasmissione dati via satellite viene effettuata noleggiando determinati canali sui satelliti adibiti a telecomunicazioni. Il sistema consente di risolvere i problemi di trasmissione di stazioni ubicate in siti particolarmente sfavorevoli dal punto di vista della visibilità radio ma, specialmente se i dati vengono acquisiti a intervalli piuttosto ravvicinati, è ancora eccessivamente costoso.

I dati possono essere inoltre trasmessi via telefono anche se le SNA sono spesso ubicate in siti distanti dalla rete telefonica fissa; l'avvento della telefonia mobile ha consentito interessanti applicazioni ferma restando la necessità di verificare preventivamente la copertura di rete in base all'operatore telefonico prescelto. Tariffe telefoniche particolarmente vantaggiose e i risparmi derivanti dall'installazione e dalla manutenzione di una rete di ripetitori, rendono oggi il sistema altamente concorrenziale anche se occorre tenere presente che i grossi ripetitori telefonici che assicurano la trasmissione dei dati sono particolarmente vulnerabili in caso di calamità naturali.

F.2.3.4 Manutenzione

A differenza delle SNT, le SNA richiedono interventi di manutenzione piuttosto complessi e costosi. Per tale ragione, gli interventi vengono generalmente affidati, almeno in parte, a ditte esterne specializzate. In taluni casi, quando il gestore della rete dispone di personale tecnico competente e di un opportuno magazzino ricambi, gli interventi in caso di guasti o rotture possono essere fatte direttamente. In ogni caso, i costi annui di manutenzione di una rete di SNA vanno dal 10 al 15% dei costi di investimento.



F.2.3.4.1 Interventi sul sito

Vale quanto già detto per le SNT. Anche per le SNA è necessario mantenere il sito della stazione in condizioni ottimali in modo tale che fattori esterni non vadano ad inficiare le misure. Devono pertanto essere eseguite le operazioni di sfalcio dell'erba, decespugliamento e di installazione/rimozione della recinzione secondo le modalità descritte al paragrafo F.2.2.4.1. Queste operazioni vengono in genere eseguite direttamente dal gestore della rete.

F.2.3.4.2 Manutenzione correttiva

Sono gli interventi che vengono eseguiti in caso di guasti o rotture per riportare le apparecchiature in condizioni di completa funzionalità (Fig. F.2.3.4.2.1).



Fig. F.2.3.4.2.1 – *Le stazioni nivometeorologiche automatiche richiedono frequenti interventi di manutenzione correttiva per guasti o rotture; nella fotografia sono evidenti i danni prodotti da un forte vento su albedometro e termoigrometro.*

Siccome la riparazione di eventuali guasti in campo è molto difficile da eseguire anche a causa delle condizioni ambientali spesso estreme durante il periodo invernale, questi interventi consistono principalmente nella sostituzione dei componenti danneggiati (sensori, schede elettroniche ecc.) con altri nuovi aventi le medesime caratteristiche. Le apparecchiature guaste vengono quindi portate in laboratorio per le riparazioni (quando queste sono possibili ed economicamente convenienti). Qualora questo tipo di interventi venga effettuato da una ditta esterna è necessario, per ciascuna apparecchiatura o insieme di apparecchiature (stazioni, ripetitori, centrale di acquisizione dati) stabilire i tempi massimi di intervento consentiti in base alle necessità e le relative penali da applicare in caso di mancato rispetto degli stessi.

F.2.3.4.3 Manutenzione preventiva

La manutenzione preventiva è l'insieme delle operazioni effettuate sui diversi componenti di una SNA (o più in generale di una rete di stazioni) aventi lo scopo di garantire nel tempo la perfetta funzionalità degli stessi e il rispetto degli standard tecnici previsti. La manutenzione preventiva comprende quindi le operazioni di pulizia (ingrassaggi, riverniciature ecc.), la revisione delle parti meccaniche, le verifiche elettriche, le sostituzioni, le tarature strumentali e l'eventuale ripristino dei materiali di consumo (sali, soluzioni ecc.). Questi interventi vengono eseguiti con una periodicità fissa che può essere annuale, semestrale o anche più ravvicinata a seconda delle



necessità. Essendo una SNA adibita principalmente alla misura dei parametri nivometeorologici, è buona norma prevedere un intervento di manutenzione preventiva all'inizio della stagione invernale quando le condizioni ambientali favoriscono ancora una certa facilità di accesso ai siti. Anche la manutenzione correttiva può essere eseguita direttamente dal gestore della rete o affidata a ditte esterne. Il ricorso ad una ditta esterna è spesso necessario se la manutenzione preventiva comporta, tra l'altro, un programma di taratura dei sensori che può essere eseguito correttamente solo se si dispone di un laboratorio attrezzato. Alcuni interventi, quali ad esempio la revisione delle parti meccaniche, i controlli elettrici, la verifica dei cablaggi, la riverniciatura degli elementi di protezione dei sensori vengono eseguite in campo mentre altri, come ad esempio le tarature strumentali di alcuni sensori devono essere eseguiti in laboratorio e richiedono quindi lo smontaggio delle apparecchiature e la loro reinstallazione dopo l'intervento. La manutenzione preventiva viene comunque fatta sulla base di un programma che prevede, per tutte le apparecchiature della rete, le tipologie di interventi da eseguire, le modalità con cui eseguire ciascun intervento e la periodicità degli stessi.

F.2.3.5 Tarature strumentali

Fra gli interventi di manutenzione preventiva eseguiti su una SNA rientrano anche, normalmente, le tarature strumentali. Le tarature strumentali sono di fondamentale importanza se la stazione è inserita in un sistema qualità e riguardano l'insieme delle operazioni richieste per assicurare che i sensori rilevino i parametri in uno stato di conformità ai requisiti per l'utilizzazione prevista. Le tarature dei sensori devono essere effettuate con strumenti campione in campo o in laboratorio. L'intervento di correzione su ciascun sensore avviene quando la differenza fra la misura effettuata con lo strumento campione e il valore fornito dal sensore risulta maggiore del valore stabilito per la tolleranza. Prima di procedere alla correzione del sensore (o alla sua sostituzione se la revisione risulta economicamente non conveniente) occorre tenere conto dell'incertezza della misura effettuata con lo strumento campione assunto come riferimento. Occorre inoltre tenere presente che la costruzione di una curva di taratura determina per alcuni sensori la necessità di effettuare le verifiche su più punti (da cui deriva la necessità, per alcuni sensori, di portarli in laboratorio). A titolo di esempio è riportato, nella Tab. F.2.2.5.1, uno schema tipo di interventi di taratura da eseguire su una SNA.

Tab. F.2.3.5.1 Interventi di taratura su una Stazione Nivometeorologica Automatica.

SENSORE	TARATURA	PUNTI DI VERIFICA	INCERTEZZA	TOLLERANZA AMMESSA
Nivometro ad ultrasuoni	Taratura in campo mediante confronto con misure eseguite con asta metrica certificata; se l'errore supera la tolleranza consentita lo scostamento viene corretto da consolle.	3 punti: 0, 100, 200 cm	$\pm 1,5$ cm	± 4 cm
Termometri neve	Taratura in laboratorio (camera climatica) mediante termoresistenze di precisione certificate; se l'errore supera la tolleranza massima consentita viene sostituito il	3 punti: 0, -10 e -30 °C	$\pm 0,4$ °C	$\pm 0,7$ °C



	<p>senso e viene effettuata nuovamente la taratura</p>			
Termometro aria	<p>Taratura in laboratorio (camera climatica) mediante termoresistenze di precisione certificate; se l'errore supera la tolleranza massima consentita viene sostituito il sensore e viene effettuata nuovamente la taratura</p>	<p>3 punti: + 15, 0, -15 °C</p>	<p>± 0,4 °C</p>	<p>± 0,7 °C</p>
Igrometro	<p>Taratura in laboratorio (camera di umidità) con fiale certificate al 35 e 95%; se l'errore supera la tolleranza massima consentita viene sostituita l'elettronica del trasduttore e viene effettuata nuovamente la taratura</p>	<p>2 punti: 35% e 95%</p>	<p>± 2 %</p>	<p>± 5%</p>
Anemoscopio	<p>Taratura in campo; la banderuola del sensore viene fissata a 90° con un calibro meccanico quindi si esegue una misura istantanea; se l'errore supera la tolleranza massima consentita si regola la posizione del potenziometro nel sensore</p>	<p>1 punto</p>	<p>± 2,8°</p>	<p>± 5°</p>
Anemometro	<p>Taratura in laboratorio (galleria del vento); se l'errore nelle misure supera la tolleranza massima consentita si sostituiscono i cuscinetti del sensore e si effettua nuovamente la taratura; se i problemi persistono viene sostituito il sensore e si effettua nuovamente la taratura</p>	<p>3 punti: 0, 10 e 30 m s-1</p>	<p>± 2,5 km h-1</p>	<p>± 5 km h-1</p>
Albedometro	<p>Taratura in campo mediante strumento portatile di riferimento; lo strumento di riferimento viene fissato sullo stesso braccio del sensore e si effettuano una serie di misure in contemporanea; se l'errore nelle misure supera la tolleranza massima consentita viene sostituito il sensore e si effettua nuovamente la taratura</p>	<p>Misure su un intervallo di 10 minuti con campionamento di 1 minuto</p>	<p>± 20 W m-2</p>	<p>± 21,5 W m-2 ± 3% del valore della misura</p>
Barometro	<p>Taratura in laboratorio (camera barica) mediante strumento di precisione certificato; se l'errore supera la tolleranza massima consentita viene sostituito il</p>	<p>3 punti: 700, 850 e 1000 hPa</p>	<p>± 1,8 hPa</p>	<p>± 3,5 hPa</p>



	sensore e viene effettuata nuovamente la taratura			
--	---	--	--	--

F.2.3.6 Addestramento del personale

La gestione delle SNA richiede competenze tecniche ed elevata professionalità. L'addestramento del personale riguarda principalmente la manutenzione, l'esecuzione del programma di tarature e l'acquisizione dei dati. Le SNA non richiedono particolari procedure operative per l'acquisizione dei dati. L'unità di gestione effettua normalmente delle chiamate di gruppo (tutti i sensori di tutte le stazioni) secondo il tempo di trasmissione prefissato. A seconda delle necessità l'operatore presso la centrale di gestione può effettuare delle chiamate selettive (singolo sensore di una stazione) in qualsiasi momento (durante una nevicata può essere ad esempio interessante seguire l'intensità della precipitazione con una cadenza diversa dal tempo di trasmissione). In Italia non esistono attualmente corsi specialistici per la formazione del personale anche se alcuni aspetti vengono trattati nei corsi per Osservatore nivologico organizzati e gestiti dall'AINEVA. Le ditte fornitrici delle stazioni prevedono talvolta dei momenti formativi per il personale incaricato della gestione.

F.2.3.7 Rete di stazioni

Nella previsione regionale del pericolo di valanghe, le SNA consentono di integrare i dati acquisiti mediante le SNT. Anche se i dati forniti non riguardano le caratteristiche fisiche e meccaniche del manto nevoso (a parte le temperature della neve e l'altezza del manto nevoso) esse rivestono una grande importanza in quanto consentono di seguire in tempo reale lo sviluppo di particolari eventi nivometeorologici e soprattutto di acquisire dati in alta montagna in prossimità delle zone di distacco delle valanghe. Le stazioni gestite dai servizi regionali o provinciali di previsione valanghe fanno parte di reti più o meno estese che tuttavia non coprono in modo omogeneo tutto il territorio alpino. La densità delle singole reti dipende principalmente dalle disponibilità finanziarie e dalla struttura organizzativa del servizio. Sulle Alpi italiane (con esclusione del territorio della Regione Liguria) la densità media delle SNA afferenti ai servizi valanghe regionali e provinciali è di circa 1 stazione ogni 498 km² (dato relativo al 1999). Recentemente singole stazioni sono state installate da soggetti privati per la previsione locale delle valanghe, specie all'interno di comprensori sciistici.

F.2.3.8 Osservazione e misure effettuate

Le misure effettuate presso una SNA dipendono dalla dotazione sensoristica. I parametri rilevati riguardano comunemente:

- altezza del manto nevoso;
- temperature della neve (ogni 10, 20 o 40 cm);
- temperatura dell'aria;
- umidità dell'aria;
- velocità del vento;
- direzione del vento;
- radiazione solare incidente;
- radiazione solare riflessa.

Alcune stazioni sono equipaggiate con driftometro per la misura del trasporto di neve o con pluviometro (riscaldato o non) per la misura della precipitazione (Fig. F.2.3.8.1).



Fig. F.2.3.8.1 – *Pluviometro totalizzatore non riscaldato GEONOR per la misura della precipitazione nevosa: lo scioglimento della precipitazione nevosa avviene mediante una soluzione antigelo mentre il sistema di misura della precipitazione (a filo vibrante) è senza parti meccaniche in movimento per evitare i problemi dovuti al gelo; da notare la barriera frangivento protettiva per limitare gli effetti del trasporto della precipitazione nevosa ad opera del vento in prossimità della bocca del pluviometro.*

Recentemente alcune stazioni sono state dotate di fotocamere digitali per l'osservazione delle condizioni del tempo.

Presso le SNA possono essere inoltre eseguiti profili della neve mentre, essendo ubicate generalmente su terreno pianeggiante, i siti non sono adatti per l'esecuzione dei test di stabilità.

F.2.3.9 Vantaggi e limiti delle stazioni automatiche

I principali limiti sono rappresentati dalla tipologia di dati acquisibili mediante le stazioni automatiche: si tratta principalmente di dati a basso contenuto informativo nei riguardi delle condizioni di stabilità del manto nevoso per cui, allo stato attuale, le stazioni automatiche non possono sostituire completamente le reti di stazioni tradizionali. Un altro importante limite è rappresentato dagli elevati costi di installazione e di mantenimento delle stazioni. L'offerta di mercato è molto diversificata e i costi variano a seconda della qualità dei sensori e dei materiali impiegati ma in ogni caso sono piuttosto elevati. Il costo di mantenimento annuo può essere stimato nel 10-15% del costo di fornitura e installazione. Per tale motivo l'impiego esclusivo di stazioni automatiche per la previsione delle valanghe comporta un impiego di risorse non pienamente giustificato, per cui l'orientamento attuale è quello di realizzare sistemi multiuso che possano cioè essere utilizzati anche per altre attività (meteorologia alpina, climatologia, controlli ambientali ecc.).



F.3 Rilievo dei parametri nivometeorologici



F.3.1 Premessa al capitolo



F.3.2 Il Rilievo Nivometeorologico Giornaliero (MOD 1)

F.3.2.1 Generalità

Si tratta di un insieme di misure e osservazioni di carattere meteorologico e nivologico effettuate da un operatore che si avvale di strumenti portatili o di strumenti installati presso la stazione. L'obiettivo del rilievo è quello di caratterizzare la giornata dal punto di vista nivometeorologico attraverso una serie di parametri significativi rilevabili con procedure semplici in un tempo ragionevole. Il confronto con la situazione precedente consente di valutare un trend evolutivo e un controllo temporale continuo. Il rilievo necessita della presenza di un operatore sul campo. Le misure e/o osservazioni riguardano il tempo atmosferico, il manto nevoso con particolare riguardo allo strato più superficiale e le valanghe osservabili dalla stazione.

F.3.2.2 Periodicità del rilievo

Il rilievo viene effettuato stagionalmente nel periodo di presenza di manto nevoso al suolo presso la stazione ogni giorno ad un orario prefissato che generalmente va dalle ore 7.00 alle ore 9.00. Il rispetto di un orario prefissato agevola il confronto dei dati fra giornate diverse. In casi particolari (in Francia è la norma) il rilievo può essere ripetuto nel primo pomeriggio (generalmente alle ore 13.00) con lo scopo di caratterizzare la situazione nel momento più caldo della giornata.

F.3.2.3 Unità di misura

Per le unità di misura dei vari parametri rilevati si rimanda alla tabella del paragrafo F.3.2.5.

F.3.2.4 Standard di riferimento internazionali

Allo stato attuale non esistono standard internazionali. Ciascun paese ha sviluppato un proprio sistema di osservazione che presenta diversi punti in comune e alcune diversità dovute principalmente al contesto amministrativo nel quale sono collocati i servizi di previsione valanghe (in Francia, ad esempio, siccome il servizio di previsione valanghe dipende da Meteo France l'osservazione delle condizioni del tempo è molto accurata mentre in Svizzera si dà più importanza ai parametri nivologici). Tuttavia, per quanto riguarda i parametri meteorologici, si fa normalmente riferimento agli standard previsti dall'OMM.

F.3.2.5 Procedure operative

L'operatore si reca presso la SNT con al seguito la strumentazione portatile necessaria, il modulo per la registrazione dei dati (MOD 1 AINEVA) e il codice

nivometeorologico. Se la stazione presenta la configurazione standard descritta al paragrafo F.2.2.3, gli strumenti da portare al seguito sono i seguenti:

- termometro (per la misura delle temperature della neve);
- tubo carotatore e dinamometro (per la misura della densità della neve fresca qualora presente);
- primo elemento con punta conica della sonda a percussione comprensivo dell'asta guida (per la misura della penetrazione della sonda);
- lente d'ingrandimento (per la verifica della presenza di brina di superficie);
- eventuale binocolo per l'osservazione dell'attività valanghiva (Fig. F.3.2.5.1).



Fig. F.3.2.5.1 – Due degli strumenti portatili necessari per l'esecuzione del rilievo nivometeorologico giornaliero: a) lente d'ingrandimento; b) tubo carotatore con bilancia a stadera.

La sequenza delle osservazioni e misure segue uno schema logico in cui i dati sono raggruppati in diverse tipologie omogenee e precisamente:

- gruppo 9: dati meteorologici
- gruppo 8: dati nivologici
- gruppo 7: dati relativi all'attività valanghiva osservata
- gruppo 6: dati relativi al pericolo di valanghe previsto

È prevista inoltre la possibilità di descrivere in un testo in chiaro particolari situazioni. Le osservazioni e misure dei vari parametri vengono effettuate con la sequenza riportata nel modulo utilizzato per la trascrizione dei dati (MOD 1 AINEVA) secondo le modalità descritte, parametro per parametro, nella parte prima del presente manuale e riassunte in Tab. F.3.2.5.1

Parametro	Simbolo	Unità di misura	Metodo (rif. paragrafo)
Condizioni del tempo	WW	osservazione	I.1.4.1
Nuvolosità	N	okta	I.2.4.1
Visibilità	V	km	I.3.4.1
Vento in quota	VQ	osservazione	I.4.4.2
Temperatura dell'aria	Ta	°C	I.5.4.3
Temperatura minima	Tmin	°C	I.5.4.2 e I.5.4.4



Temperatura massima	Tmax	°C	I.5.4.2 e I.5.4.4
Altezza tot. manto nevoso	HS	cm	I.6.4.2
Altezza neve fresca	HN	cm	I.7.4.1
Densità neve	ρ	Kg m ⁻³	I.8.4.1
Temperature della neve	TH	°C	I.9.4.3
Penetrazione sonda	PR	cm	I.10.4.3
Caratteristiche strato sup.	CS	osservazione	I.12.4
Rugosità superficie	S	osservazione	I.11.4
Brina di superficie	B	osservazione	I.15.4.1
Valanghe osservate	L1, L2, L3, L4	osservazione	non trattato
Pericolo di valanghe	L7, L8	osservazione	non trattato

Tab. F.3.2.5.1 Sequenza delle osservazioni e misure effettuate nel rilievo nivometeorologico giornaliero (MOD1).

Occorre tenere presente che alcune misure (temperature della neve a diverse profondità, densità della neve fresca, penetrazione della sonda) sono distruttive e quindi è necessario effettuarle sempre su manto nevoso vergine con un uso razionale dello spazio disponibile nel corso della stagione invernale.

F.3.2.6 Registrazione e trasmissione dei dati

La registrazione dei dati viene effettuata preferibilmente con una matita grassa su un apposito modulo denominato MOD 1 (All. F.4) che contiene una sequenza di sette giornate. Ciò dà modo all'operatore di confrontare i dati con quelli misurati o osservati nei giorni precedenti al fine di evitare incongruenze. È importante, per la segnalazione delle eventuali non conformità agli interessati, che il modulo di registrazione dei dati sia firmato dall'operatore. La trasmissione dei dati al centro di gestione può avvenire mediante telefono (comunicazione vocale, digitale con tastierino numerico, via fax) o via Internet.



F.3.3 Il Profilo della Neve (MOD 2 e MOD 3)

F.3.3.1 Generalità

Il profilo della neve è una sistematica osservazione delle caratteristiche fisiche e meccaniche dei diversi strati effettuata su un manto nevoso indisturbato. Lungo un profilo verticale, scavato fino al terreno, vengono evidenziati i diversi strati e per ciascun strato vengono eseguite una serie di osservazioni e/o misure (contenuto in acqua liquida, forma e dimensione dei grani, indice di durezza, densità). Inoltre, a distanze prefissate (generalmente ogni 10 o 20 cm, vedi parte prima paragrafo F.1.10.4) vengono misurate le temperature della neve al fine di poter costruire un profilo delle temperature. L'indice di durezza può essere determinato a livello di singolo strato mediante il cosiddetto test della mano o in modo continuo mediante l'uso di una sonda a percussione. Un profilo della neve viene utilizzato primariamente per l'individuazione di eventuali strati deboli e rappresenta quindi un metodo indiretto per la valutazione della stabilità del manto nevoso. La ripetizione periodica dei profili della neve all'interno della SNT consente di seguire l'evoluzione del manto nevoso nel corso della stagione invernale.

F.3.3.2 Periodicità ed orario delle misure

I profili della neve vengono eseguiti comunemente con periodicità settimanale o quindicinale nel periodo di permanenza del manto nevoso al suolo. Siccome l'obiettivo è quello di cogliere l'evoluzione del manto nevoso, possono essere eseguiti rilievi integrativi a seguito di eventi nivometeorologici particolarmente significativi (es. una forte nevicata). Anche se non vi sono degli orari prefissati in cui eseguire i rilievi, il rispetto di una fascia oraria facilita il confronto fra rilievi successivi. Per particolari esigenze (es. controllo degli effetti del riscaldamento sulla stabilità del manto nevoso) possono essere eseguiti anche due o più profili nella stessa giornata.

F.3.3.3 Unità di misura

Per le unità di misura dei vari parametri rilevati si rimanda alle tabelle dei paragrafi F.3.3.5 e F.3.3.5.3.

F.3.3.4 Standard di riferimento internazionali

Gli standard di riferimento internazionali adottati sono contenuti nella pubblicazione Classificazione internazionale della neve stagionale presente al suolo edito dalla Commissione Internazionale Neve e Ghiaccio della Associazione Internazionale di Idrologia Scientifica tradotto e pubblicato in italiano dall'AINEVA (vedi riferimenti bibliografici).

F.3.3.5 Procedure operative



L'esecuzione di un profilo della neve richiede normalmente la presenza di due operatori. In casi particolari le operazioni possono essere effettuate anche da un solo operatore ma ciò comporta un grande dispendio di tempo con conseguente modificazione delle condizioni originarie del profilo e va contro le più elementari norme di sicurezza per l'attività di persone su terreno innevato. Gli operatori si recano presso la stazione (può essere una SNT, una SNA o un CNO) con al seguito la strumentazione portatile necessaria, i moduli per la registrazione dei dati (MOD 2 e MOD 3 AINEVA) e il codice nivometeorologico. Il profilo della neve viene eseguito completamente con strumentazione portatile. Solo qualora il profilo venga eseguito presso una SNA dotata di termosonda può essere recuperato successivamente il profilo delle temperature della neve avendo l'accortezza di far ricadere l'ora delle misure effettuate automaticamente dalla stazione nella fascia oraria nella quale è stato eseguito il profilo. Gli strumenti e le attrezzature da portare al seguito sono i seguenti (Fig. F.3.3.5.1):

- pala da neve;
- sega da neve (o cordino con nodi);
- sonda a percussione (il numero degli elementi da portare è in funzione dell'altezza del manto nevoso presunta);
- termometro aria;
- termometro neve (in caso di utilizzo di termometri a liquido o termometri bimetallici per snellire le operazioni possono essere utilizzati più termometri);
- doppio metro;
- pennello;
- lente d'ingrandimento;
- piastrina cristallometrica;
- tubo carotatore;
- sacchetti di plastica per la pesatura dei campioni;
- dinamometro o bilancia a stadera;
- notes e matita per eventuali annotazioni.



Fig. F.3.3.5.1 – *Strumentazione portatile necessaria per l'esecuzione di un profilo della neve.*

Parte della strumentazione può essere contenuta in appositi kit reperibili sul mercato. È consigliabile inoltre utilizzare zaini dotati di scomparti di dimensioni adeguate che facilitano sia il trasporto della strumentazione, sia un utilizzo ordinato e comodo anche in condizioni climatiche critiche. Qualora ci si rechi per la prima volta presso la stazione (ad es. presso un CNO) può essere utile una carta topografica (o un GPS) una bussola e un altimetro per stabilire coordinate, esposizione e quota della stazione da inserire nei dati generali richiesti dai modelli di rilevamento.



I dati generali richiesti con i relativi simboli, unità di misura e metodo di rilevamento sono riportati in Tab. F.3.3.5.1.

Parametro	Simbolo	Unità di misura	Metodo (rif. paragrafo)
Altezza totale del manto nevoso	HS	cm	I.6.4.2
Temperatura dell'aria	Ta	°C	I.5.4.3
Nuvolosità	N	okta	I.2.4.1
Precipitazioni (Cond. tempo)	WW	osservazione	I.1.4.1
Altitudine	Q	m s.l.m.	non trattato
Inclinazione del pendio	ψ	gradi	non trattato
Esposizione del pendio	AS	gradi (o settore)	non trattato

Tab. F.3.3.5.1 Dati generali acquisiti nel rilievo di un profilo della neve (MOD1 e MOD3).

L'esecuzione completa di un profilo della neve viene tradizionalmente divisa in due fasi: l'esecuzione della prova penetrometrica (profilo delle durezza) e l'esecuzione dell'analisi stratigrafica. In caso di profili di tipo speditivo può essere omessa l'esecuzione della prova penetrometrica. Prima di procedere è tuttavia necessario effettuare alcuni accertamenti preliminari.

F.3.3.5.1 Accertamenti preliminari

Gli accertamenti preliminari riguardano principalmente la localizzazione del profilo.

- Un profilo della neve può essere eseguito sia su terreno pianeggiante sia su terreno inclinato ma, se si tratta di un rilievo che fa parte di un programma di osservazioni periodiche, occorre accertarsi che il luogo prescelto abbia una configurazione del terreno simile a quella dei rilievi precedenti.
- Il manto nevoso deve essere in condizioni naturali e non deve quindi essere stato alterato dal passaggio di sciatori, persone, animali o da altre cause accidentali (caduta di sassi, cornici di neve, valanghe ecc.).
- Occorre stabilire in via preliminare l'orientamento del profilo avendo cura di verificare che la sezione di manto nevoso che si andrà ad analizzare non risulti esposta al sole e possa avere dimensioni sufficienti per effettuare tutti i rilievi previsti (Fig. F.3.3.5.1.1).
- Il terreno deve essere relativamente liscio e privo di rocce, arbusti (anche completamente sepolti dalla neve) o altre intrusioni che potrebbero alterare localmente in modo significativo l'evoluzione del manto nevoso.
- Occorre evitare di effettuare il profilo in prossimità di ostacoli quali alberi, tralicci, costruzioni o altri manufatti.
- Quando il rilievo è effettuato presso un CNO, va prestata particolare attenzione alla scelta sito al fine di evitare zone di eccessivo accumulo o marcata erosione.

F.3.3.5.2 Prova penetrometrica

Viene effettuata utilizzando la sonda a percussione descritta nella parte prima al paragrafo F.1.14.4.1, un operatore esegue la serie di battute, guida l'affondamento verticale della sonda e annuncia, per ogni serie di battute, il numero delle stesse,



l'altezza di caduta sull'asta guida e l'affondamento progressivo della sonda mentre l'altro operatore controlla la corretta sequenza delle operazioni e annota i dati sull'apposito modulo di rilevamento (MOD 2 AINEVA). Prima di iniziare la prova vera e propria è necessario:

- assicurarsi che la temperatura degli elementi della sonda utilizzati sia prossima a quella della neve al fine di evitare la formazioni di incrostazioni che potrebbero ostacolare l'affondamento falsando i risultati; per ovviare a questo inconveniente gli elementi della sonda vanno immersi per qualche minuto nella neve affinché la temperatura si stabilizzi.
- misurare l'altezza totale del manto nevoso sul punto in cui si intende effettuare la prova; ciò può essere fatto affondando verticalmente la sonda nel manto nevoso fino a raggiungere il terreno e leggendo la misura sulla graduazione della sonda stessa; questa operazione consente nel contempo di valutare la profondità alla quale si trovano eventuali strati deboli che richiedono particolare attenzione al fine di evitare bruschi affondamenti.



Fig. F.3.3.5.2 – Se il profilo del manto nevoso risulta in ombra vengono limitati gli effetti dell'irraggiamento sul manto nevoso nel lasso di tempo necessario per l'esecuzione delle misure e delle osservazioni.

La sequenza delle operazioni successive è quindi la seguente:

- a)** Avvio della procedura con il primo elemento tubolare da 1 m (o 2 da 50 cm) con asta guida e senza massa battente (peso complessivo 10 N)

Reggendo tra il pollice e l'indice il primo elemento tubolare della sonda munito di asta guida si porta la punta conica sulla superficie della neve, si rilascia quindi l'elemento lasciandolo affondare per peso proprio nella neve, si legge sulla graduazione il valore in cm più vicino alla superficie della neve e si riporta tale valore nella colonna x del modulo di registrazione.

Supponendo che questo valore sia 5 cm:

q	p	n	h	x	Δ	R
10	0	0	0	5		



b) Inserimento della massa battente (da 10 N) sull'asta guida

Mantenendo l'elemento tubolare in posizione verticale, si infila sull'asta guida la massa battente, si rilascia nuovamente l'elemento tubolare e si rileva il nuovo affondamento che va registrato nella seconda riga della colonna x del modulo di registrazione indicando anche il valore in N della massa battente nella colonna p; se l'affondamento rimane invariato, si riporta in ogni caso il valore precedente.

Supponendo che dopo questa operazione l'affondamento totale sia 7 cm:

q	p	n	h	x	Δ	R
10	0	0	0	5		
10	10	0	0	7		

c) Affondamento del primo elemento tubolare per mezzo di colpi mirati

L'elemento tubolare della sonda viene fatto affondare mediante una serie di battute che determinano affondamenti parziali (per ciascuna serie) di 3-8 cm (ciò dipende dal dettaglio con il quale si vuole ricostruire il profilo delle durezze); per ciascuna serie di battute, una volta stabilita l'altezza di caduta (h), si fa scorrere la massa battente sull'asta guida graduata fino a far corrispondere la parte inferiore della massa battente con l'altezza di caduta prescelta e si rilascia ripetendo l'operazione per n volte fino all'affondamento parziale desiderato; alla fine di ciascuna serie di battute sul modulo di registrazione va indicato, oltre all'affondamento totale raggiunto, anche il numero di colpi della serie (n) e l'altezza di caduta della massa battente (h).

Supponendo ad esempio di aver effettuato una serie con 5 battute da 10 cm:

q	p	n	h	x	Δ	R
10	0	0	0	5		
10	10	0	0	7		
10	10	5	10	11		
...

d) Inserimento del secondo elemento tubolare

Qualora il manto nevoso abbia un'altezza superiore a 1 m, prima di far affondare completamente il primo elemento tubolare (intorno a 85-90 cm e comunque non in corrispondenza di strati particolarmente deboli) occorre provvedere al allungare la sonda inserendo il secondo elemento tubolare. Tolta la massa battente e l'asta guida si infila il secondo elemento tubolare (con asta guida) sulla sommità del primo avendo l'accortezza di accertarsi che il sistema ad incastro funzioni correttamente (l'operazione va eseguita con delicatezza per non provocare l'affondamento forzato della sonda che comprometterebbe l'intera prova). Occorre ricordarsi che, nel caso si disponga di sonda con elementi tubolari da 50 cm, vanno aggiunti sempre 2 elementi per raggiungere il peso standard. Nella colonna x del modulo di registrazione si annota quindi il nuovo eventuale affondamento (o lo



stesso precedente se è rimasto invariato) modificando anche il peso dei tubi utilizzati (q) che diventa 20. Se l'affondamento rimane invariato:

q	p	n	h	x	Δ	R
...
10	10	4	10	92		
20	0	0	0	92		

e) Inserimento della massa battente sull'asta guida

Si procede come al punto b) annotando l'eventuale nuovo affondamento (o lo stesso se è rimasto invariato) e il valore in N della massa battente inserita.

Se l'affondamento totale arriva a 94 cm:

q	p	n	h	x	Δ	R
...
10	10	4	10	92		
20	0	0	0	92		
20	10	0	0	94		

f) affondamento del secondo elemento tubolare.

Si procede come al punto c) con le serie di battute fino al quasi completo affondamento della sonda (190 cm circa), poi si procede all'inserimento del terzo elemento tubolare con la procedura di cui al punto d)

Se si inizia con una serie di 6 battute da 8 cm che determinano un affondamento della sonda fino a 102 cm:

q	p	n	h	x	Δ	R
...
10	10	4	10	92		
20	0	0	0	92		
20	10	0	0	94		
20	10	6	8	102		

Le operazioni descritte vanno ripetute fino al raggiungimento del terreno.

L'esecuzione corretta di una prova penetrometrica richiede perizia e sensibilità. L'operazione di "assaggio" del manto nevoso compiuta prima della prova dà già un'idea sommaria dell'andamento delle durezza lungo il profilo consentendo di prevedere in anticipo i livelli ai quali dovrà essere prestata particolare attenzione durante la prova, specie in corrispondenza di strati deboli che determinano affondamenti improvvisi. Può tuttavia capitare che l'ultima battuta di una serie determini un affondamento parziale della sonda assai diverso da quello delle battute precedenti. In questo caso è buona norma considerare l'ultima battuta come una serie a sé stante nel calcolo delle resistenze e diminuire o aumentare a seconda della necessità l'altezza di caduta della massa battente nella serie successiva.



F.3.3.5.3 Calcolo delle durezza

I dati raccolti consentono di ricavare, a tavolino, gli **indici di durezza (R)** corrispondenti a ciascun affondamento (Δ).

a) Calcolo degli affondamenti parziali (Δ)

Per ciascuna serie di battute, l'affondamento parziale della sonda è dato dall'equazione:

$$\Delta = x_i - x_{i-1}$$

dove x_i è l'affondamento totale corrispondente ad una serie di battute e x_{i-1} è l'affondamento totale corrispondente alla serie di battute precedenti

In pratica si fa la differenza fra il valore dell'affondamento totale (x) di ciascuna riga e il corrispondente valore di affondamento totale della riga precedente: il valore che si ricava va trascritto nel MOD 2 AINEVA nella colonna relativa agli affondamenti parziali (Δ). Ovviamente, per quanto riguarda la prima riga, l'affondamento parziale corrisponde all'affondamento totale. Per una verifica dei dati è bene accertarsi che la somma dei singoli valori di affondamento parziale corrisponda all'affondamento totale riportato nell'ultima riga e all'altezza totale del manto nevoso (HS) riportata nei dati generali del MOD 2 AINEVA.

b) Calcolo dei valori di durezza (R)

Per ciascun affondamento parziale va calcolato il valore di durezza con la formula:

$$R = \frac{(p h n)}{\Delta} + p + q$$

Dove: p è il peso della massa battente (in N)

h è l'altezza di caduta della massa battente (in cm)

n è il numero di colpi relativo alla serie di battute

q è il peso degli elementi tubolari della sonda inclusa l'asta graduata (in N)

Siccome nella sonda a percussione standard $p = 10$ N e $q = 10$ N, la somma del secondo e terzo termine dell'equazione sopra riportata (a massa battente inserita) diventano rispettivamente 20, 30 o 40 a seconda se la sonda è composta da 1, 2 o 3 elementi tubolari.

Nel caso in cui $\Delta = 0$ il calcolo della durezza non va fatto in quanto l'equazione assume una forma indeterminata. In questo caso la corrispondente casella va barrata.

F.3.3.5.4 Calcolo dell'indice totale di durezza (TR)

L'**indice totale di durezza (TR)** è la somma degli indici di durezza corrispondenti a ciascun affondamento secondo la seguente equazione:

$$TR = \sum R$$

F.3.3.6 Analisi stratigrafica

Per eseguire l'analisi degli strati deve essere scavato, in direzione perpendicolare alla massima pendenza, un profilo verticale del manto nevoso, dalla superficie fino al terreno in modo tale da evidenziare la successione dei diversi strati. Nelle operazioni di scavo devono essere tenute presenti alcuni accorgimenti:

- La scelta della direzione del profilo è obbligata in caso di terreno in pendenza mentre, in caso di terreno pianeggiante, è buona norma accertarsi che il profilo liberato risulti in ombra in modo tale da limitare i processi di trasformazione della neve dovuti all'irraggiamento.
- La larghezza del profilo deve essere sufficientemente ampia in modo da permettere a due operatori di lavorare contemporaneamente.
- È consigliabile eseguire lo scavo del profilo, dopo aver eseguito la prova penetrometrica, in corrispondenza della sonda a percussione lasciata in loco, sia per avere un riscontro immediato dello spessore dei vari strati sulla graduazione dei tubi della sonda, sia per evitare di trovare un'altezza del manto nevoso diversa da quella della prova penetrometrica.
- Nel caso in cui l'altezza totale del manto nevoso (HS) superi gli 1,5 m, è preferibile eseguire lo scavo in riprese successive: ciò garantisce una maggior comodità nelle operazioni di rilevamento (in quanto le buche troppo profonde sono scomode) e limita le alterazioni delle condizioni originarie del manto nevoso quando viene esposto alle condizioni ambientali esterne.

Nell'esecuzione dell'analisi degli strati generalmente un operatore esegue le diverse tipologie di rilievi mentre l'altro controlla la corretta sequenza delle operazioni e annota i dati sull'apposito modulo di rilevamento (MOD 3 AINEVA).

Una volta scavato il profilo verticale del manto nevoso, la prima operazione consiste nell'identificazione dei vari strati e nella misurazione e trascrizione sull'apposito modulo dello spessore degli stessi secondo la procedura descritta nella prima parte al paragrafo F.1.19.4 (Fig. F.3.3.6.1).



Fig. F.3.3.6.1 – L'identificazione dei vari strati (che può essere fatta con l'ausilio di un pennello) è la prima operazione da effettuare nell'analisi stratigrafica.

Per ciascun strato vengono quindi rilevati i parametri secondo le procedure descritte nella prima parte e riassunte in Tab. F.3.3.6.1.



Parametro	Simbolo	Unità di misura	Metodo (rif. paragrafo)
Spessore degli strati	L	cm	I.18.4
Contenuto in acqua liquida	θ	% del volume	I.14.4.2
Forma dei grani	F	osservazione	I.15.4.1
Dimensione dei grani	E	mm	I.16.4.1
Durezza della neve	R	osservazione	I.13.4.3
Densità	ρ	Kgm-3	I.8.4.1 + II.5.6.1 (2a parte)
Temperatura della neve	T	°C	I.9.4

Tab. F.3.3.6.1 Sequenza delle osservazioni e misure effettuate nel rilievo di un profilo della neve (MOD2 e MOD3).

Va quindi analizzato in modo completo uno strato prima di passare al successivo. L'analisi stratigrafica va effettuata dall'alto verso il basso, iniziando cioè con lo strato più superficiale, in quanto alcuni rilievi, prevedendo il prelievo di campioni (es. misura delle densità), sono distruttivi e quindi risulta più comodo operare senza il rischio di alterare la parte soprastante di manto nevoso.

Contemporaneamente all'analisi degli strati è opportuno che siano misurate le temperature della neve secondo la procedura descritta nella parte prima al paragrafo F.1.10.4. Essendo misurate ad intervalli regolari (generalmente ogni 10 cm), consentono di operare indipendentemente dalla successione stratigrafica. Al fine di ottimizzare le operazioni, può essere ad esempio spostato il termometro neve ad un diverso livello lungo il profilo al termine dell'analisi di ciascun strato.

F.3.3.6.1 *Calcolo della densità degli strati*

Le densità di ciascun strato vengono calcolate con la seguente equazione già descritta nella prima parte al paragrafo F.1.9.4.2:

$$\rho = \left(\frac{m}{v} \right) \left(\frac{l}{h} \right)$$

dove m è la massa del campione di neve prelevato (espressa in kg), v è il volume del carotatore (in m³), l è la lunghezza del carotatore (in m) e h è l'altezza di riempimento del carotatore (in m).

Supponendo ad esempio di avere a disposizione un carotatore di lunghezza pari a 20 cm (corrispondenti a 0,2 m) e di volume pari a 0,5 litri (corrispondente a 0,0005 m³), che questo sia stato riempito per soli 5 cm e che la massa del campione di neve prelevato sia di 35 g (corrispondenti a 0,035 kg) la densità dello strato sarà:

$$\rho = \left(\frac{0,035}{0,0005} \right) \left(\frac{0,2}{0,05} \right) = 280 \text{ kgm}^{-3}$$

N.B. Normalmente, nella pratica operativa vengono prelevati, mediante carotaggio orizzontale, campioni completi di 0,5 dm³; in questo caso la densità della neve si ottiene semplicemente moltiplicando per 2 il peso in grammi del campione.



F.3.3.6.2 Calcolo degli equivalenti in acqua

L'**equivalente in acqua (HW)** di uno strato di neve è la quantità di acqua allo stato liquido espressa in mm e riferita alla superficie di 1 m² che si libererebbe per la fusione completa della neve. Essa si ricava con la seguente equazione:

$$HW = \rho L$$

dove ρ è la densità dello strato (espressa in kg m⁻³) e L è lo spessore dello strato (espresso in m).

Supponendo di dover calcolare l'equivalente in acqua di uno strato di neve di spessore pari a 35 cm (corrispondenti a 0,35 m) e di densità pari a 280 kg m⁻³ l'equivalente in acqua dello strato sarà:

$$HW = 280 \cdot 0,35 = 98 \text{ mm}$$

L'equivalente in acqua del manto nevoso (HSW) è dato dalla sommatoria degli equivalenti in acqua di ciascun strato:

$$HSW = \sum HW$$

F.3.3.7 Registrazione e trasmissione dei dati

La registrazione dei dati rilevati con la prova penetrometrica e l'analisi stratigrafica viene effettuata preferibilmente con una matita grassa su appositi moduli denominati rispettivamente MOD 2 e MOD 3 AINEVA (All. F.5 e F.6) che sono strutturati per singolo rilievo e contengono, oltre alle sezioni dedicate alle varie tipologie di rilievi, una parte generale con i dati della stazione (località, coordinate, quota, esposizione, pendenza) e con un riassunto delle condizioni climatiche ambientali (temperatura dell'aria, vento, precipitazioni). Alcuni fra i parametri derivati (indice totale di durezza, equivalente in acqua degli strati, equivalente in acqua del manto nevoso) non vengono riportati nei modelli di registrazione dei dati ma direttamente sull'elaborato grafico di sintesi denominato profilo della neve (MOD 4 AINEVA, vedi paragrafo F.3.3.8). Anche in questo caso è importante, per la segnalazione agli interessati delle eventuali non conformità, che i moduli di registrazione dei dati siano firmati dagli operatori. La trasmissione dei dati al centro di gestione può avvenire mediante telefono (comunicazione vocale o via fax) o via Internet (FTP).

F.3.3.8 Costruzione di un profilo del manto nevoso

Un profilo del manto nevoso è una rappresentazione grafico-simbolica delle caratteristiche fisiche e meccaniche del manto nevoso realizzata con i dati della prova penetrometrica e dell'analisi stratigrafica su un grafico bidimensionale che rappresenta una sezione verticale del manto nevoso. Il riporto manuale dei dati avviene su un apposito modulo denominato MOD 4 AINEVA (All. F.7). Il modulo è composto da tre sezioni principali:



- a)** una sezione con i dati generali relativi al campo neve dove sono state eseguite le prove (località, codice della stazione, altitudine, esposizione, pendenza, coordinate) e alle condizioni nivometeorologiche al momento del rilievo (altezza del manto nevoso, temperatura dell'aria, nuvolosità, precipitazioni, vento). In questa sezione, posta nella parte alta del modulo, vengono semplicemente trascritti i dati corrispondenti riportati nei MOD 2 e 3 AINEVA cercando di rappresentare, per quanto riguarda i dati variabili, una situazione media del periodo intercorso fra l'inizio e la fine dei rilievi;
- b)** una sezione grafica posta nella parte sinistra del modulo sulla quale in ordinata si trova la scala delle altezze del manto nevoso dal basso (terreno) verso l'alto (superficie della neve) in cm mentre in ascissa nella parte alta e da destra verso sinistra si trovano le scale delle temperature della neve in °C e delle durezza della neve in N, mentre nella parte bassa, sempre da destra verso sinistra la scala delle durezza derivanti dal test della mano. Su questa sezione grafica, a seconda delle necessità e della disponibilità di dati, vengono disegnati i seguenti grafici:
- grafico delle temperature della neve: i dati necessari per la costruzione del grafico sono le temperature della neve e le relative altezze desunte dal MOD 3 AINEVA (sezione temperatura della neve); una volta collocati i punti sul grafico ed evidenziati con una crocetta o con un cerchietto, essi vanno collegati con una spezzata;
 - istogramma delle durezza (rilevate con la sonda a percussione): i dati necessari per la costruzione dell'istogramma sono gli affondamenti parziali della sonda (Δ) e i corrispondenti valori di durezza (R) desunti dal MOD 2; partendo dalla superficie del manto nevoso si costruisce l'istogramma dall'alto verso il basso avendo l'accortezza di accertarsi preliminarmente che la somma degli affondamenti parziali corrisponda all'affondamento totale della sonda e all'altezza del manto nevoso;
 - istogramma delle durezza (rilevate con il test della mano): i dati necessari per la costruzione dell'istogramma sono gli spessori dei vari strati ($H_i - H_{i+1}$) e gli indici di durezza (R) corrispondenti desunti dal MOD 3 AINEVA (sezione analisi degli strati); i codici riportati sulla scala delle ascisse corrispondono alle seguenti categorie: P = pugno, 4D = quattro dita, 1D = un dito, M = matita, L = lama;
- c)** una sezione grafico-numerica collocata nella parte destra del modulo nella quale vengono dapprima evidenziati con linee orizzontali i diversi strati e quindi, all'interno di ciascun strato, vengono riportati in forma simbolica o numerica i valori relativi ai seguenti parametri:
- contenuto in acqua liquida (codice grafico);
 - forma dei grani (codice grafico);
 - diametro dei grani (valore numerico);
 - indice di durezza (codice grafico);
 - densità (valore numerico calcolato);
 - equivalente in acqua (valore numerico calcolato)

Vi è infine una sezione dedicata ai commenti testuali che può anche essere utilizzata per riportare eventuali risultati dei test di stabilità.

F.3.3.9 Software per la gestione dei profili (Snowpro e Yeti)

Esistono oggi dei software che consentono di produrre in modo automatico i profili della neve e di gestire i relativi dati. Fra quelli commerciali, il più facilmente reperibile



sul mercato è Snowpro 2000 mentre i servizi valanghe regionali e provinciali dell'arco alpino italiano, per la gestione dei dati istituzionali, utilizzano un software riservato, attualmente non commercializzato, denominato Yeti.

F.3.3.9.1 Snowpro 2000 per Windows

Snowpro 2000 per Windows è stato concepito per la stampa di profili della neve di alta qualità in accordo con gli standard previsti dalla pubblicazione Classificazione Internazionale della neve stagionale presente al suolo edita dalla Commissione Internazionale Neve e Ghiaccio della Associazione Internazionale di Idrologia Scientifica. Snowpro è commercializzato dalla ditta Gasman Industries Ltd. di Victoria, B.C. Canada ed è stato sviluppato in collaborazione con la sezione neve e valanghe del Ministero dei Trasporti e delle Autostrade della British Columbia (MoTH); inoltre, l'Associazione Valanghe Canadese (CAA) ha contribuito alla messa a punto delle definizioni usate e dei testi nonché dell'help in linea. Il software è stato immesso sul mercato nel 1994 con una versione originale denominata Snowpro 2.0 cui è seguito un aggiornamento successivo (Snowpro 2.1). L'attuale versione, Snowpro Plus+, è stata scritta per Windows 95/98/NT/2000/Xp/Vista (Windows 3.1x supporta la versione 2.1 del programma). La caratteristica principale della nuova versione è l'utilizzo di una interfaccia utente molto facile da usare che si avvale delle nuove tecnologia di trascinamento e rilascio per l'inserimento dei dati e la gestione dei diversi oggetti sul grafico (Fig. F.3.3.9.1.1).

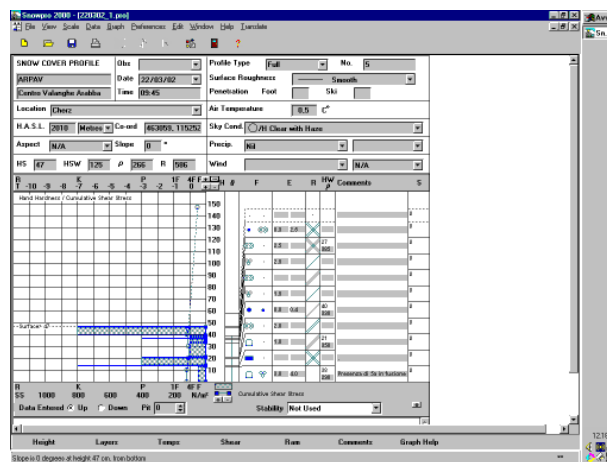


Fig. F.3.3.9.1.1 – Profilo del manto nevoso eseguito automaticamente con la procedura Snow Pro 2000 per Windows.

Maggiori informazioni sul software si possono ottenere consultando il manuale d'uso o il sito Internet della Gasman Industries Ltd. (<http://www.gasman.com>).

F.3.3.9.2 Yeti

Yeti per MS Windows è un pacchetto software che consente la gestione dei dati relativi ai rilievi nivometeorologici giornalieri e ai profili del manto nevoso. Il pacchetto, sviluppato dalla ditta Fontana Roberto di Cumiana (TO) secondo le specifiche tecniche fornite dall'AINEVA, non è attualmente commercializzato, ma è riservato ad uso interno dei servizi di previsione valanghe dell'arco alpino italiano.



La gestione dei dati relativi ai rilievi nivometeorologici giornalieri (MOD 1 AINEVA) consente:

- l'inserimento dei dati in due diversi formati (tabellare o a scheda);
- il controllo automatico dei dati inseriti con segnalazione di eventuali errori o incongruenze;
- l'integrazione degli archivi con dati inviati via modem secondo formati prestabiliti (utilizzabile quando gli operatori presso la stazione di rilevamento dispongono del software o vengono utilizzati telefoni a tastierino numerico per l'immissione dei dati secondo procedure *custom*);
- elaborazioni statistiche dei dati o mediante procedure standard o mediante filtri impostabili dall'operatore;
- elaborazioni grafiche con confronti fra diversi parametri anche di stazioni diverse con possibilità di esportare i file generati in formato .bmp.

La gestione dei dati relativi ai profili del manto nevoso (MOD 2 e MOD 3 AINEVA) consente:

- l'inserimento dei dati mediante maschere predefinite che riproducono i moduli di rilevamento (con possibile adattamento delle formule di calcolo delle durezza della neve in caso di utilizzo di sonda a percussione leggera);
- elaborazione grafica del profilo del manto nevoso secondo gli standard previsti dalla pubblicazione Classificazione internazionale della neve stagionale presente al suolo edita dalla Commissione internazionale neve e ghiaccio della Associazione internazionale di idrologia scientifica (Fig. F.3.3.9.2.1);
- confronto fra diversi profili del manto nevoso secondo le necessità dell'operatore;
- esportazione dei grafici in vari formati (*.jpg, *.bmp, *.tif).

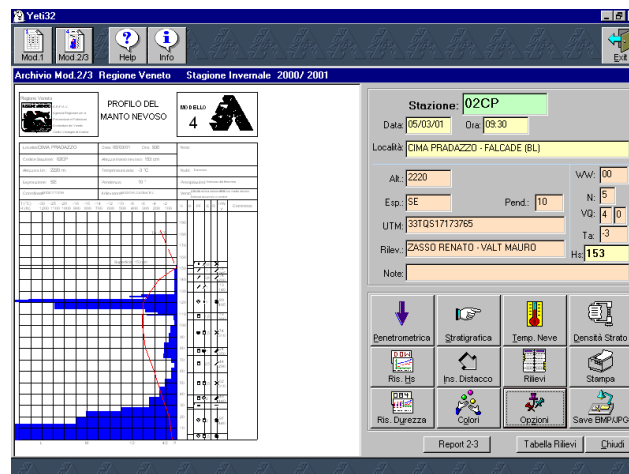


Fig. F.3.3.9.2.1 – Profilo del manto nevoso eseguito automaticamente con la procedura Yeti per MS Windows.

Il data base è stato sviluppato con un motore Jet-Engine Microsoft Access 2.0 mentre per la parte utente è stato adottato un compilatore Microsoft Visual Basic 4. Le caratteristiche hardware minimali richieste sono un PC con processore 80386 con 20 Mhz di clock e 4 Mb di RAM equipaggiato almeno con sistema operativo MS Windows 3.1. Sono comunque consigliati, per un miglior utilizzo delle potenzialità del software,



almeno 16 Mb di RAM. Il pacchetto dispone inoltre di un help in linea che ne facilita l'impiego da parte di utenti poco esperti.



F.3.4 Test di Stabilità

F.3.4.1 Generalità

Si tratta di un insieme di procedure operative che consentono di definire le condizioni di equilibrio del manto nevoso (stabilità), la presenza e l'eventuale collocazione di eventuali strati deboli lungo il profilo nonché lo spessore del lastrone che potrebbe originarsi in seguito ad una rottura. Il limite di tutti i test di stabilità è che essi sono applicabili quando le condizioni strutturali del manto nevoso sono tali da produrre valanghe a lastroni di neve asciutta (presenza di un lastrone superficiale, presenza di uno strato debole, scarsa presenza di acqua allo stato liquido nel manto nevoso). Tuttavia, pur con questa importante limitazione, i test di stabilità sono di fondamentale importanza in nivologia in quanto è dimostrato che la maggior parte degli incidenti (eventi con persone travolte) sono dovuti al distacco di valanghe a lastroni di neve asciutta.

F.3.4.2 Scelta del luogo

I test di stabilità vengono generalmente effettuati presso i CNO (per la scelta dei siti vedere i requisiti richiesti nel paragrafo F.2.2.2). Essi vanno preferibilmente eseguiti su pendii con inclinazione da 27 a 35° anche se alcuni di essi (test della pala, test di compressione) possono essere eseguiti su pendii con inclinazione inferiore. Il luogo scelto per l'esecuzione di un test di stabilità deve presentare un manto nevoso indisturbato, anche in profondità e non deve essere quindi stato interessato da battitura con mezzi meccanici, pratica di sci fuori pista, depositi da valanghe ecc, ed inoltre deve trovarsi ad una distanza di almeno 5 m da alberi o rocce affioranti.

Un singolo test eseguito alla sommità di un pendio, dove gli effetti del vento sono più evidenti, può essere meno indicativo della stabilità di un test eseguito nella parte bassa dello stesso. La causa di ciò risiede nel fatto che la parte superiore di un pendio è più esposta al vento rispetto alla parte bassa e quindi vicino alla sommità interi strati possono essere asportati e la velocità di crescita dei cristalli di brina di superficie rallenta per venti con velocità superiore a 2-4 m s⁻¹.

F.3.4.3 Periodicità ed orario delle misure

Non esiste un orario predefinito per l'effettuazione dei test. In generale essi vengono eseguiti occasionalmente, quando le condizioni strutturali del manto nevoso lo consentono e quando è necessario raccogliere dati supplementari ed integrativi dei rilievi periodici sulle condizioni di stabilità del manto nevoso. In certi casi i test di stabilità vengono eseguiti in concomitanza con i profili della neve e ciò costituisce un arricchimento del profilo per una miglior comprensione dello stesso. In altri casi i test di stabilità (specialmente quelli più speditivi) vengono effettuati quando si tratta di raccogliere in tempi brevi informazioni sulle condizioni di stabilità del manto nevoso (es. rilievo degli incidenti da valanga o valutazione della stabilità di un pendio durante un'escursione).



F.3.4.4 Unità di misura

L'indice numerico che esprime le condizioni di stabilità del manto nevoso è adimensionale. Per una comprensione dell'indice numerico occorre tuttavia specificare il tipo di test eseguito (telaio di taglio, blocco di slittamento ecc.). Per alcuni test (test della pala, test di compressione), l'indice di stabilità è una descrizione qualitativa.

F.3.4.5 Standard di riferimento internazionali

Non esistono degli standard di riferimento internazionali anche se le procedure di seguito descritte sono adottate, con varianti locali, sia in Europa che nel Nord America.

F.3.4.6 Procedure operative

In generale i test meccanici consentono una individuazione diretta degli strati deboli all'interno del manto nevoso e di conseguenza dello spessore degli ipotetici lastroni. Tuttavia, il metodo più preciso che si ha oggi a disposizione, il test del telaio di taglio, richiede l'individuazione preliminare dello strato debole che si intende testare e generalmente ciò viene fatto o per via indiretta mediante una analisi stratigrafica o per via diretta mediante uno degli altri test che sono il test della pala, il test di compressione o il test del blocco di slittamento. L'effettuazione di un test di stabilità richiede normalmente la presenza di due operatori uno dei quali addetto all'esecuzione delle operazioni di rilievo previste mentre l'altro si occupa della trascrizione dei dati. Nella predisposizione del campione da testare i due operatori possono alternarsi o, se lo spazio lo consente come nel caso del blocco di slittamento, operare contemporaneamente. I test di stabilità vengono eseguiti con attrezzi e strumenti portatili che dipendono dal tipo di test secondo quanto riportato in Tab. F.3.4.6.1.

	Telaio di taglio	Test di compressione	Test della pala	Blocco di slittamento
Attrezzatura sciistica	no	no	no	sì
Sega da neve	facoltativa	facoltativa	facoltativa	sì
Cordino da valanga con nodi	no	no	no	facoltativo
Telaio di taglio	sì	no	no	no
Dinamometro	sì	no	no	no
Lente e piastrina cristallografica	sì	facoltative	facoltative	facoltative
Tubo carotatore	sì	no	no	no
Doppio metro	sì	sì	sì	sì

Tab. F.3.4.6.1 Attrezzi e strumenti portatili utilizzati nei test di stabilità.



F.3.4.7 Test del telaio di taglio

Dopo aver individuato nel manto nevoso lo strato debole che si intende testare, la neve soprastante viene rimossa fino a 4-5 cm al di sopra dello stesso avendo l'accortezza che durante l'operazione esso rimanga inalterato. Il telaio di taglio viene quindi inserito nel manto nevoso parallelamente al pendio fino a quando la base del telaio si trova a 0-10 mm sopra lo strato debole. Questo valore dipende dalle caratteristiche del manto nevoso soprastante (chiamato superstrato) ed è tanto più elevato quanto maggiore è la durezza dello stesso. In ogni caso bisogna evitare di provocare delle rotture nello strato debole nell'operazione di inserimento del telaio di taglio. Un dinamometro viene quindi inserito nell'apposito gancio saldato al telaio e viene applicata una forza in modo progressivo ma rapido (< 1 s) fino a provocare una rottura di taglio su una superficie piana nello strato debole alla base del telaio. La resistenza al taglio viene determinata dividendo il valore massimo della forza letto sul dinamometro al momento della rottura (espressa in N) per la superficie del telaio di taglio (espressa in m²). Se la prova produce una superficie di rottura che per la metà o più non rientra nello strato debole essa non deve essere considerata valida e va ripetuta. Il valore della resistenza al taglio così determinato viene impiegato per il calcolo dell'indice di stabilità.

F.3.4.7.1 Calcolo dell'indice di stabilità

Assumendo che la maggior parte dei distacchi di valanghe a lastroni avviene per una rottura di taglio nello strato debole del manto nevoso è possibile calcolare un **indice di stabilità (SI)** del manto nevoso mediante la seguente equazione proposta da Roch che presuppone l'uso di un telaio di taglio di 0,01 m²:

$$SI = \frac{(\Sigma_{100} + \sigma_{zz} \phi)}{\sigma_{xz}}$$

dove σ_{xz} è la forza di taglio ovvero la componente della pressione normale determinata dallo strato nevoso soprastante in direzione parallela al pendio data da:

$$\sigma_{xz} = \rho g L \sin \psi \cos \psi$$

La resistenza al taglio misurata con il telaio può essere corretta dall'effetto delle dimensioni del telaio ottenendo la resistenza di Daniel per un campione illimitato, Σ_{∞} . Combinando l'equazione proposta da Roch con la resistenza al taglio corretta, Föhn ha proposto la seguente equazione per il calcolo dell'indice di stabilità per distacchi spontanei di valanghe:

$$SI = \frac{(\Sigma_{\infty} \Sigma_{zz} \phi)}{\sigma_{xz}}$$

Aggiungendo al denominatore la sollecitazione (effetto della pressione normale) indotta da un sovraccarico $\Delta \sigma_{xz}$, ha quindi proposto un indice di stabilità per distacchi provocati di valanghe:

$$SI' = \frac{(\Sigma_{\infty} + \Sigma_{zz} \phi)}{(\sigma_{xz} + \Delta\sigma_{xz})}$$

F.3.4.8 Test della pala

Esso consiste nell'isolare, anche su un pendio poco inclinato, un parallelepipedo di neve al quale, mediante una pala da neve infilata verticalmente sul lato a monte, viene applicata una forza di taglio parallela al pendio secondo livelli crescenti, "debole", "moderato" e "forte" fino a produrre un'eventuale rottura nello strato debole. Il livello "molto debole" si riferisce ad una rottura che si verifica durante le operazioni di isolamento del parallelepipedo di neve. Il test evidenzia la presenza nel manto nevoso di eventuali piani di slittamento e l'ipotetico spessore di un lastrone. Ovviamente, più alto è il livello di carico necessario per produrre una rottura, più il manto nevoso è stabile e più improbabile è il distacco di una valanga. Al fine di evitare gli effetti dovuti all'attrito, il parallelepipedo di neve viene completamente liberato mediante due trincee della larghezza approssimativa di una pala; il lato a monte viene invece isolato dal resto del manto nevoso mediante la coda di uno sci o mediante una sega da neve. Nell'interstizio così ricavato viene introdotta con precauzione una pala da neve e la sollecitazione di taglio si ottiene tirando verso di sé con le due mani il manico della pala cercando di produrre una trazione parallela al pendio. Il test della pala è stato descritto da Faarlund per la prima volta nel 1985 e oggi esiste in numerose varianti fra cui le più utilizzate sono quella proposta in Nord America che prevede l'esecuzione di un parallelepipedo di base quadrata con lato di 30-35 cm e quella proposta in Svizzera che prevede un parallelepipedo di base trapezoidale con base maggiore di 60 cm (a valle), base minore di 20 cm (a monte) e profondità di 60 cm (Fig. F.3.4.8.1).

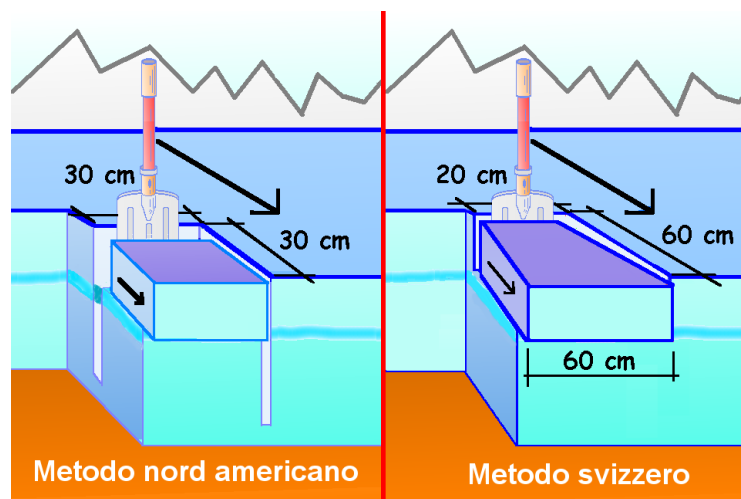


Fig. F.3.4.8.1 – Test della pala: dimensioni del blocco di neve da isolare.

Questo test ha subito ulteriori evoluzioni con l'introduzione sul mercato di pale con manico pieghevole e con dinamometro incorporato che consentono di esercitare la forza di taglio in maniera più corretta e di effettuare una lettura oggettiva della stessa (Fig. F.3.4.8.2).



Fig. F.3.4.8.2 – Esecuzione del test della pala mediante una pala a manico pieghevole con dinamometro.

Per quanto riguarda l'altezza della colonna in rapporto all'altezza totale del manto nevoso, in considerazione del fatto che la maggior parte delle valanghe a lastroni hanno spessori del lastrone inferiori al metro, può essere sufficiente scavare una trincea profonda 1-1,5 m. Nel caso del test della pala non è ricavabile un indice numerico che esprima le condizioni di stabilità del manto nevoso ma solo una descrizione qualitativa della stabilità che dipende dall'entità della forza che è stata necessaria per provocare la rottura. Esso permette tuttavia di identificare i potenziali strati deboli e di farsi un'idea, piuttosto sommaria, della resistenza al taglio del manto nevoso.

F.3.4.9 Test di compressione

Questo test è stato sviluppato dai guardaparco canadesi negli anni '70 ed è stato successivamente ripreso e approfondito da Jamieson e Johnston (1996) che, con una serie di misure sperimentali in campo hanno correlato i risultati del test con i gradi del blocco di slittamento e con l'attività valanghiva provocata da sciatori. Come nel caso del test della pala, viene isolato dal manto nevoso un parallelepipedo di neve secondo le dimensioni standard utilizzate in Nord America (base 30 x 30 cm) - (Fig. F.3.4.9.1).

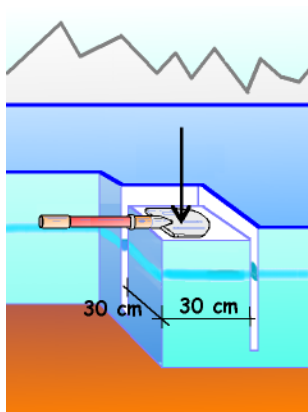


Fig. F.3.4.9.1 – Test di compressione: dimensioni del blocco di neve da isolare.



Anche in questo caso il livello di carico minimo, definito "molto debole", si riferisce ad una rottura che si verifica durante la costruzione del parallelepipedo. Viene quindi collocata una pala da neve sulla sommità della colonna e su di essa si battono una serie di colpi secondo livelli di carico crescenti che corrispondono a "debole" (si batte con le dita muovendo il polso della mano), "moderato" (si batte con le nocche muovendo il gomito) e "forte" (si batte con la mano aperta muovendo la spalla). Il passaggio da un livello di carico al successivo, in osservanza alle linee guida fornite dall'Associazione Valanghe Canadese, viene effettuato dopo una serie di 10 colpi (vedi Tab. F.3.4.9.1). La compressione esercitata sulla colonna di neve induce una forza di taglio parallela al pendio e una eventuale rottura in corrispondenza dello strato debole. Anche questo test consente di evidenziare la presenza nel manto nevoso di strati deboli e l'eventuale spessore del lastrone.

Livello di carico	Numero di colpi
molto debole	0
debole	1-10
moderato	11-20
forte	21-30

Tab. F.3.4.9.1 Criteri interpretativi del test di compressione.

F.3.4.10 Test del blocco di slittamento

Il test del blocco di slittamento (*Rutschblock*) può essere considerato una forma particolare di test eseguito con gli sci. Esso è stato impiegato per la prima volta dall'esercito svizzero negli anni '60 per mettere in evidenza la presenza di strati deboli all'interno del manto nevoso (Föhn, 1987b) e successivamente, grazie alla facilità di esecuzione e al fatto che l'applicazione del sovraccarico viene eseguita in scala 1:1 (con il peso reale di uno sciatore), è diventato uno strumento di valutazione molto popolare, apprezzato soprattutto dagli sci alpinisti. Esso si basa sul principio di separare, dal resto del manto nevoso, un blocco di neve di dimensioni prefissate e di sottoporlo ad una sequenza progressiva di carichi crescenti da parte di uno sciatore. Il grado del blocco (che esprime anche le condizioni di stabilità) è dato dal valore del livello di carico al quale nello strato debole si produce una rottura consentendo alla parte superiore del manto nevoso (lastrone) di slittare lungo il pendio sulla rimanente parte che rimane in loco.

F.3.4.10.1 Esecuzione e interpretazione del test

Su un manto nevoso indisturbato di un pendio rappresentativo inclinato più di 25°, viene separato dal resto del manto nevoso un blocco di neve a pianta rettangolare delle dimensioni di 2 m x 1,5 m = 3 m² scavando con una pala sul lato a valle e su entrambi i fianchi; anche il lato a monte viene separato dal resto del manto nevoso con un cordino o con la coda di uno sci. Il lavoro di scavo con il metodo tradizionale (pala da neve + cordino) dura mediamente dai 20 ai 30 min per profondità del manto nevoso di 1-1,5 m. Al fine di ridurre questo tempo Jamieson e Johnston hanno messo a punto delle tecniche di scavo più rapide che prevedono l'impiego di una sega da neve o di un cordino del diametro di 4-6 mm lungo 8 m con dei nodi ogni 3 m fatto



scorrere da due operatori attorno a due bastoncini da sci o due sonde da valanga poste ai vertici superiori del blocco. Il blocco deve essere scavato fin sul terreno o, almeno, fino alla profondità degli strati deboli o delle ipotetiche superfici di slittamento (se sono stati preventivamente individuati). Se il blocco viene tagliato utilizzando una sega da neve o un cordino, Jamieson e Johnston consigliano una distanza tra i fianchi di 1,9 m sul lato a monte e 2,1 m sul lato a valle al fine di ridurre al minimo gli effetti dell'attrito negli stretti tagli laterali (Fig. F.3.4.10.1.1).

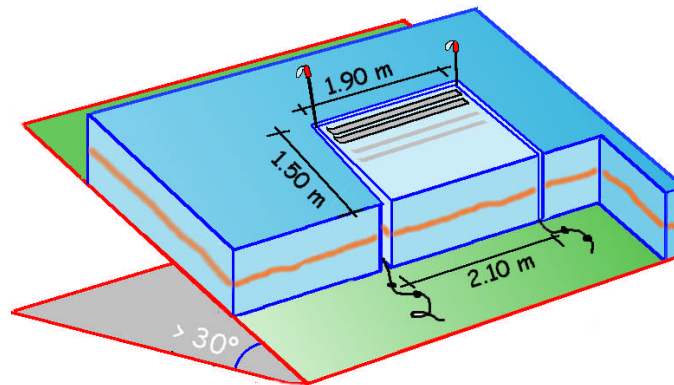


Fig. F.3.4.10.1.1 – Test del blocco di slittamento: dimensioni del blocco di neve da isolare.

Dopo aver isolato il blocco, questo viene sollecitato con livelli progressivi di carico fino a provocare una eventuale rottura di taglio nello strato debole e il conseguente slittamento della parte di manto nevoso posta al di sopra di esso (Fig. F.3.4.10.1.2). Il livello di carico necessario per provocare la rottura identifica il grado del blocco di slittamento. Föhn ha proposto 7 diversi livelli di carico:

- Grado 1** Si verifica una rottura con conseguente slittamento del lastrone già durante l'operazione di scavo del blocco
- Grado 2** Lo sciatore si avvicina al blocco con gli sci ai piedi dalla parte superiore e vi sale sopra con cautela a circa 35 cm dal bordo superiore
- Grado 3** Senza sollevarsi sui talloni, lo sciatore esegue una flessione esercitando una forza verso il basso.
- Grado 4** Lo sciatore esegue un salto con gli sci ai piedi ricadendo nello stesso punto
- Grado 5** Lo sciatore ripete il salto nello stesso punto
- Grado 6** Lo sciatore esegue un salto senza gli sci (aumentando così il sovraccarico)*
- Grado 7** Nessuna delle azioni precedenti ha determinato una rottura.

* In caso di strati superficiali poco compatti (lastroni soffici) l'operatore potrebbe penetrare nel manto nevoso raggiungendo o oltrepassando lo strato debole e l'attendibilità della prova verrebbe quindi falsata. Per ovviare a questo inconveniente, in caso di lastroni soffici Jamieson e Johnston consigliano di attuare il livello di carico corrispondente al grado 6 eseguendo un terzo salto con gli sci ai piedi 35 cm più a valle (quasi a metà blocco).



Fig. F.3.4.10.1.2 – Test del blocco di slittamento: a) blocco di neve su cui effettuare il test (inizio del test); b) corretta posizione di caricamento del blocco; c) rottura del blocco nello strato debole (fine del test).

Il grado del blocco di slittamento rilevato su un determinato pendio può essere aggiustato per pendii vicini con le stesse caratteristiche ma con diversa inclinazione. In pratica, una diminuzione di 10° nell'inclinazione del pendio porta ad aumentare il grado del blocco di una unità (Jamieson e Johnston, 1993)

A seguito di numerose prove di calibrazione su blocchi di slittamento effettuate in Svizzera, è stato proposto il criterio di interpretazione del test riportato in Tab. F.3.4.10.1.1.

GRADO DEL BLOCCO	VALUTAZIONE E PROVVEDIMENTI
1-2-3	Situazione pericolosa. Sui pendii corrispondenti vi possono essere numerose zone con manto nevoso instabile. Essi vanno quindi di norma evitati.
4-5	Situazione sospetta. Sui pendii corrispondenti vi possono essere delle zone con locale instabilità e sono possibili singoli distacchi provocati. È necessario considerare altri elementi di valutazione. È necessaria inoltre una corretta scelta dell'itinerario.
6-7	Situazione più o meno sicura. Sui pendii corrispondenti il manto nevoso è per lo più stabile e vi è una bassa probabilità di provocare distacchi di lastroni. Vanno comunque rispettate le norme di sicurezza più elementari.

Tab. F.3.4.10.1.1 Criteri interpretativi del test del blocco di slittamento.

F.3.4.10.2 Vantaggi e svantaggi dei test di stabilità

La scelta del tipo di test da eseguire è sempre un compromesso fra una serie di fattori quali semplicità operativa, rapidità di esecuzione, utilizzo dei dati ecc. In Tab. F.3.4.10.2.1 è riportata una sintesi comparativa fra i vari test.



TEST	VANTAGGI	SVANTAGGI
	<ul style="list-style-type: none"> • È un metodo concettualmente semplice • Fornisce risultati numerici oggettivi sulla resistenza al taglio • Possono essere testati anche strati molto sottili 	<ul style="list-style-type: none"> • Richiede operazioni delicate • I risultati dipendono dalla forma geometrica e dalla superficie del telaio • I risultati dipendono dalla modalità di applicazione della forza • Richiede l'individuazione preliminare dello strato debole • La definizione della stabilità richiede dei calcoli a tavolino piuttosto complessi • Richiede tempi di esecuzione lunghi
Test della pala	<ul style="list-style-type: none"> • Non richiede strumenti particolari • Richiede brevi tempi di esecuzione • Può essere eseguito su pendii con inclinazione anche inferiore a 25° 	<ul style="list-style-type: none"> • I risultati sono difficilmente correlabili con la stabilità del manto nevoso e l'attività valanghiva
Test di compressione	<ul style="list-style-type: none"> • Non richiede strumenti particolari • Richiede brevi tempi di esecuzione • Può essere eseguito su pendii con inclinazione anche inferiore a 25° 	<ul style="list-style-type: none"> • I risultati sono difficilmente correlabili con la stabilità del manto nevoso e l'attività valanghiva
Blocco di slittamento	<ul style="list-style-type: none"> • È particolarmente indicato per la valutazione della stabilità con sovraccarico prodotto da sciatori in quanto il test si svolge in scala 1:1 • Non richiede strumenti particolari • Può essere eseguito in un tempo ragionevole • Sono state eseguite numerose prove di calibrazione e i dati sono correlabili con le condizioni di stabilità del manto nevoso e l'attività valanghiva 	<ul style="list-style-type: none"> • Può essere applicato solo in presenza di strati superficiali compatti che non vengono penetrati o vengono penetrati solo parzialmente dagli sci • Nella realtà lo sciatore in movimento produce delle sollecitazioni che si distribuiscono su un'area molto più vasta



Tab. F.3.4.10.2.1 Sintesi comparativa fra i vari test.

F.3.4.11 Registrazione e trasmissione dei dati

Non esistono attualmente moduli standard per la registrazione dei dati relativi ai test di stabilità. Generalmente i risultati delle prove vengono trascritti sul MOD 3 AINEVA nella colonna dell'analisi degli strati riservata ai commenti. Nel caso del blocco di slittamento, ad esempio, si riporta il grado del blocco misurato (R1, R2,) al corrispondente livello del profilo dove si è verificata la rottura. I pacchetti di gestione automatica dei dati (Snowpro, Yeti) consentono la gestione dei dati relativi al blocco di slittamento. Per quanto riguarda la trasmissione dei dati vale quanto già detto al paragrafo F.3.3.7 in relazione ai MOD 2 e MOD 3 AINEVA.



ALLEGATI



ALLEGATO F.1

SCHEDA DI VERIFICA FUNZIONALITÀ STRUMENTALE

ARPAV Ufficio Previsione Valanghe CVA	MO 13a P CVA SCHEDA DI VERIFICA FUNZIONALITÀ DEI TERMOMETRI NEVE	Data di emissione: 24/04/2001 Edizione 1 Revisione 0			
Ufficio <u>Previsione Valanghe</u>	Località: <u>Falcade (BL)</u>				
Servizio <u>Neve e Valanghe</u>	Scheda N° <u>1</u>				
<input checked="" type="checkbox"/> Strumento operativo <input type="checkbox"/> Strumento di riferimento					
Denominazione e modello					
<u>Thermometer HD 910</u>					
N° di serie <u>12560/20560</u>	N° inventario <u>TNA 01</u>				
Verifica: <input checked="" type="checkbox"/> periodica <input type="checkbox"/> straordinaria					
Frequenza verifica <u>annuale</u>	Riferimento verifica	Strumento: Thermometer DO 9417 - n° di serie: 00009388 Sonda aria: TP870P - n° di serie: 00020549 Rapporto di taratura: del 03/01/2001 n° 01017			
Parametri da controllare	Limiti di accettabilità				
misurare le temperature del manto nevoso al suolo a tre diversi livelli (interfaccia neve/suolo, - 10 cm dalla superficie e -30 cm dalla superficie)	+/- 0.5°C anche per una sola misura				
Esito verifica					
H Coordinate verticali del manto nevoso in cm	Temperatura strumento operativo	Temperatura strumento di riferimento	Differenza valore	Osservazioni	
-10	0.0	0.0	-	OK	
-30	-0.1	-0.1	-	OK	
Interfaccia neve/suolo	-1.0	-1.0	-	OK	
Esito: <input checked="" type="checkbox"/> Positivo <input type="checkbox"/> Negativo : <input type="checkbox"/> riparare <input type="checkbox"/> sostituire					
Data	09.03.2002	Firma tecnico			



ALLEGATO F.2

PROGRAMMA CORSO PER OSSERVATORE NIVUOLOGICO (Modulo 2a)

GIORNO	MATERIA	N° ORE TEORIA	N° ORE PRATICA IN CAMPO
1	Nivologia 1 : formazione ed evoluzione del manto nevoso	2	
	Meteorologia alpina 1: parametri nivometeorologici	2	
	Tecniche di autosoccorso	2	2
2	Osservazione nivometeorologica giornaliera		4,5
	Nivologia 2: sistema di classificazione del manto nevoso	2	
	Compilazione MOD 1, MOD 2, MOD 3, MOD 4	2	
3	Il bollettino valanghe	1	
	Riconoscimento del terreno valanghivo	1,5	
	Tipologia e classificazione delle valanghe	1	
	Profili del manto nevoso		4
	Meteorologia alpina 2: situazioni tipiche e sinottica	2	
4	Profili del manto nevoso, osservazione valanghe		4,5
	Compilazione MOD 4, discussione dei profili	3,5	
5	Profili del manto nevoso, test di stabilità		5
Totale ore		19	20



ALLEGATO F.3

SCHEDA ANAGRAFICA DI UNA STAZIONE (TRATTA DALLA PROCEDURA YETI)

scheda anagrafica	
Codice Stazione:	02CP
Codice Comune:	2501901 FALCADE
Codice Comunità:	AGORDINA
Località:	CIMA PRADAZZO
Provincia:	BL
Altitudine:	2220
Esposizione:	SE
Pendenza:	10
Coordinate UTM:	33TQS17173765
Rilevatore:	CAGNATI A.
Telefono:	0436 79227
Commento:
Dal:	01/01/02
Al:	30/04/02



ALLEGATO F.8

LISTA DEGLI ACRONIMI

AINEVA	Associazione Interregionale di coordinamento e documentazione per i problemi inerenti alla Neve e alle Valanghe
ARVA	Apparecchio per la Ricerca delle Vittime da Valanga
CAA	Canadian Avalanche Association
CNO	Campo Neve Occasionale
EN	Ente normativo europeo
GPS	Global Positioning System
IASH	International Association of Scientific Hydrology
ITS	International Temperature Scale
MOD	Modulo di rilevamento dati
MOD 1..MOD 4	Moduli di rilevamento utilizzati per i rilievi nivometeorologici dai Servizi di previsione valanghe AINEVA
MOR	Meteorological Optical Range
NIOSH	National Institute of Occupational Safety and Health
SI	Sistema Internazionale
SNA	Stazione Nivometeorologica Automatica
SNT	Stazione Nivometeorologica Tradizionale
SODAR	Sound Detecting and Ranging
UNI	Ente Nazionale Italiano di Unificazione
WMO	World Meteorological Organization

LISTA DEI SIMBOLI

Simbolo	Descrizione	Unità di misura
c	costante	adimensionale
CS	Caratteristiche dello strato superficiale	descrizione
D	Distanza perpendicolare dal terreno	m, cm
DH	Spessore della neve fresca	m, cm
	di caduta della massa battente ecc.)	m, cm
DS	Spessore totale del manto nevoso	m, cm
E	Dimensioni dei grani	mm
F	Forma dei grani	descrizione
F1...F9	Classificazione delle tipologie principali di grani (classi)	descrizione
F1a...F9e	Classificazione delle tipologie secondarie di grani (sottoclassi)	descrizione
GT	Gradiente di temperatura	°C cm ⁻¹ , °C m ⁻¹
h	Altezza intesa in senso generico (di riempimento del campionatore, di caduta della massa battente ecc.)	m, cm
H	Distanza verticale dal terreno	m, cm
HN	Altezza delle neve fresca	m, cm



HS	Altezza totale del manto nevoso	m, cm
HSW	Equivalente in acqua del manto nevoso	mm
HW	Equivalente in acqua della neve	mm
J	Impurità del manto nevoso	ppm
I	Distanza orizzontale intesa in senso generico	m, cm
L	Spessore di uno strato di neve	m, cm
m	Massa	N
n	Numero di cadute della massa battente	adimensionale
N	Nuvolosità	okta
P	Penetrabilità della neve	cm, mm
p	Peso della massa battente della sonda a percussione	N
PP	Penetrabilità del piede	cm, mm
PR	Penetrabilità della sonda	cm, mm
PS	Penetrabilità dello sci	cm, mm
q	Peso degli elementi tubolari della sonda a percussione	N
R	Indice di durezza della neve	N
R1...R6	Classificazione della durezza della neve	descrizione
S	Rugosità superficiale	descrizione
Sa...Se	Classificazione della rugosità superficiale	descrizione
Saxx...Sexx	Classificazione della rugosità superficiale con profondità delle irregolarità	descrizione + mm
SI	Indice di stabilità del manto nevoso	adimensionale
SI'	Indice di stabilità del manto nevoso con sovraccarico	adimensionale
SI1...SI7	Grado di stabilità del blocco di slittamento	adimensionale
SI _{Roch}	Indice di stabilità proposto da Roch	Pa
t	Temperatura termodinamica	°K
T	Temperatura della neve	°C
Ta	Temperatura dell'aria	°C
Tmax	Temperatura dell'aria massima	°C
Tmin	Temperatura dell'aria minima	°C
TH-xx	Temperatura del manto nevoso a profondità H-xx dalla superficie della neve	°C
THxx	Temperatura del manto nevoso ad altezza Hxx dal terreno	°C
TR	Indice totale di durezza del manto nevoso	N
Ts	Temperatura della superficie del manto nevoso	°C
V	Visibilità diurna	km, m
v	Volume	m ³
VQ	Vento in quota	descrizione
VV	Velocità del vento	m s ⁻¹
WW	Condizioni del tempo	descrizione
X	affondamento totale nel manto nevoso della sonda a percussione	cm
Δ	affondamento parziale nel manto nevoso della sonda a percussione	cm
Ψ	Angolo di inclinazione del pendio	gradi
θ	Contenuto in acqua liquida della neve	% (di volume)
ρ	Densità della neve	kg m ⁻³



σ	Sollecitazione	Pa
ϕ	Attrito interno della neve	Pa
Σ	Resistenza della neve	Pa



BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

AA.VV., 2000, *Lawinen Handbuch*: Tyrolia Verlag, Innsbruck, Austria.

Anselmo V., 1994, *Manuale di riferimento per la misura delle grandezze idrometeorologiche*: Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della Protezione Civile, CNR – GNDCI.

Associazione Interregionale Neve e Valanghe, 1997, *Codice meteonivometrico per il rilievo giornaliero (MOD 1 AINEVA)*: AINEVA, Trento.

Cagnati A., 1999, *La valutazione della stabilità del manto nevoso - Guida pratica per sci alpinisti ed escursionisti*: Tamari Montagna Edizioni, Padova.

Canadian Avalanche Association, 1995, *Observation Guidelines and Recording Standards for Weather, Snowpack and Avalanches*: CAA, Revelstoke, BC, Canada.

Colbeck S., Akitaya E., Armstrong R., Gubler H., Lafeuille J., Lied K., McClung D., Morris E., 1993, *Classificazione internazionale della neve stagionale presente al suolo*: Aineva, Trento. (Edizione italiana di *The International Classification for Seasonal Snow on the Ground* a cura del Gruppo previsori Aineva).

Huschke R.E., 1986, *Glossary of Meteorology - Fourth printing*: American Meteorological Society, Boston, USA.

Kappenberger G., Kerkmann J., 1994, *Il tempo in montagna - Manuale di Meteorologia alpina*: Zanichelli Editore, Bologna.

McClung D., Schaerer P., 1996, *Manuale delle valanghe*: Zanichelli Editore, Bologna. (Edizione italiana di *The Avalanche Handbook* a cura di Giovanni Peretti)

Russo M., De Blasio A., Fornaciari C., Di Loreto E., Liperi L., 1997, *Norme tecniche per la raccolta e l'elaborazione dei dati idrometeorologici. Parte I - Dati meteorologici a fini ideologici*: Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali, Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale.

World Meteorological Organization, 1992, *International Meteorological Vocabulary*: WMO No. 182, Geneva, Switzerland.

World Meteorological Organization, 1996, *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation - Sixth edition*: WMO-No. 8, Geneva, Switzerland.