

DENSITÀ

Valori medi al suolo per la montagna veneta DEL

Mauro Valt
Renato Zasso
ARPAV –DRST
Centro Valanghe di Arabba
mvalt@arpa.veneto.it

I valori di densità del manto nevoso vengono utilizzati in molti campi dell'ingegneria e dell'idrologia come il dimensionamento delle coperture delle costruzioni, le opere paravalanghe e la stima della disponibilità della risorsa idrica nivale dei bacini montani.

I Servizi valanghe locali dispongono di reti di monitoraggio del manto nevoso ben distribuite sul territorio e con tempi di campionamento molto fitti.

Nel presente lavoro, con le informazioni della banca dati di ARPAV Centro Valanghe di Arabba, relative a 15 anni di misure stratigrafiche, sono stati individuati alcuni valori caratteristici di densità del manto nevoso per il territorio delle Prealpi e Dolomiti Venete (Alpi Orientali).

Sono stati analizzati più di 3500 profili e sono stati ricavati dei valori caratteristici per area geografica, quota, esposizione, altezza del manto nevoso e stagione.

E' stato effettuato anche un confronto fra i valori ricavati e quelli fissati dalle normative vigenti.

Infine si è cercato di verificare le correlazioni possibili fra le variazioni stagionali della densità media e le variazioni dell'innnevamento recente della montagna veneta.

MANTO NEVOSO





Fig. 1



PREMESSA

I valori di densità del manto nevoso vengono utilizzati in diversi campi dell'ingegneria e dell'idrologia.

Per la progettazione delle opere di stabilizzazione del manto nevoso vengono generalmente utilizzate in Italia le direttive stilate dall'Istituto Federale Svizzero per lo studio della neve e delle valanghe (UFAFP-FNP, 1990), nelle quali, all'art. 25, lettera a), viene indicata la densità media della neve, da utilizzare per il dimensionamento delle opere, in 270 kgm^{-3} .

Questo valore corrisponde, nelle Alpi svizzere, ad una altitudine di 1500 m slm e ad una esposizione WNW-N-NE.

La variazione di questo valore è in funzione dell'altitudine (Art. 25, 5) e del fattore di scivolamento N (Art. 25 5). Inoltre, la densità viene aumentata a 400 kgm^{-3} quando l'opera di stabilizzazione del manto nevoso è parzialmente innevata in seguito all'assestamento della neve (seconda ipotesi di carico, Art. 49).

Nella determinazione del carico della

neve sulle costruzioni, regolato in Italia dal D.M. del 14 Settembre 2005 "Norme tecniche per le costruzioni", vengono assunti diversi valori di densità.

L'articolo 3.5.2, cita testualmente che la densità della neve aumenta in generale con l'età del manto nevoso e dipende dalla posizione del sito, dal clima e dall'altitudine: questi fattori sono da considerare nella calibratura del carico sulle costruzioni. I valori indicativi, contenuti nella tabella 3.5.1 di detta normativa sono rispettivamente di 100 kgm^{-3} per la neve fresca, appena caduta, 200 kgm^{-3} per la neve dopo parecchie ore o giorni dalla caduta, $250\text{-}350 \text{ kgm}^{-3}$ per la neve dopo parecchie settimane o mesi dalla caduta e 400 Kg^{-3} per la neve umida (D.M. 14/09/2005).

Sempre per quanto riguarda la determinazione del carico della neve sulle costruzioni, l'Eurocodice 1- Azione sulle Strutture – Carichi della neve convertito da norma sperimentale ENV a norma EN, per l'Italia, sulla base delle misure sperimentali effettuate sul territorio, sono stati assunti valori di densità del manto nevoso pari a 215 , 350 e 515 Kg^{-3} in funzione dei diversi periodi di permanenza della neve al suolo (Del Corso e Formichi, 2006).

Per la valutazione della disponibilità della risorsa idrica nivale gli approcci di stima della densità del manto nevoso sono diversi e complessi. I valori di densità utilizzati variano nel corso della stagione invernale e tengono conto della latitudine, della quota, dell'esposizione del sito, della pendenza locale e della temperatura della neve.

In questa tipologia di indagini si utilizzano di norma una serie di misure scadenze nel tempo ed effettuate in siti ritenuti rappresentativi. I valori di densità misurati vengono poi, con l'altezza del manto nevoso, spazializzati nei bacini al fine di ottenere una stima della risorsa idrica nivale.

Per quanto riguarda la gestione del pericolo valanghe sul territorio montano, i valori di densità vengono misurati strato per strato al fine di dare una maggior caratterizzazione fisico meccanica al manto

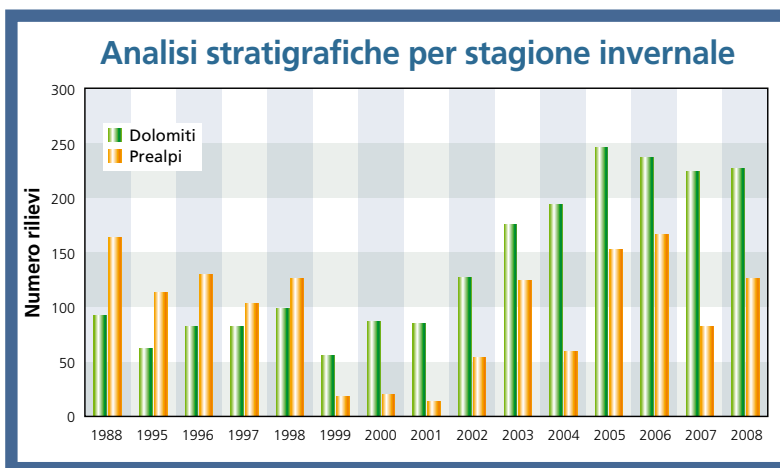


Fig. 2

Fig. 3

nevoso. I rilievi riguardano sia le singole precipitazioni che l'intero manto nevoso e vengono effettuati con cadenza settimanale generalmente nel periodo che va da ottobre ad aprile.

I servizi valanghe regionali dispongono di reti di monitoraggio del manto nevoso ben distribuite sul territorio montano, sia dal punto di vista spaziale che altimetrico e con tempi di campionamento del manto nevoso al quanto fitti (1-2 volte ogni 15 giorni).

Utilizzando proprio la banca dati del Centro Valanghe di Arabba (ARPA Veneto), limitatamente all'inverno 1987-88 e quelli del periodo 1995-2008 (15 stagioni invernali in totale), si è cercato di trovare i valori medi del manto nevoso relativi alla montagna veneta al fine di verificare i valori utilizzati nei vari ambiti e per dare alcune indicazioni relativi al territorio.

I DATI

I dati elaborati provengono dalla banca di ARPAV Centro Valanghe di Arabba e sono relativi alle prove penetrometriche e stratigrafiche del manto nevoso eseguite per il servizio valanghe regionale.

L'analisi stratigrafica del manto nevoso, eseguita in campi neve orizzontali (Cagnati, 2003, Cap. II.1) comporta anche la misura della densità mediante un carotaggio orizzontale strato per strato, secondo gli standard dei servizi valanghe (Cagnati, 2003, Cap.I.8) (Fig.1); nel campo della idrologia, il campionamento è invece verticale (Berni e Giacanelli, 1966).

Con la densità dei singoli strati e gli spessori di essi, viene determinato il valore

di acqua equivalente del manto nevoso (SWE) e di conseguenza il valore medio della densità dell'intero manto nevoso.

I dati mancanti di densità relativi a singoli strati, troppo sottili per essere campionati, sono integrati con un procedimento statistico di correlazione fra la tipologia del grano, la durezza dello strato e la densità (Valt e Cagnati, 2005).

Nel presente lavoro sono stati analizzati più di 3500 profili stratigrafici (Fig.2) relativi a 29 stazioni nivometriche ubicate fra la quota di 1200 m e di 2600 m (Fig.3) e ad altre stazioni occasionali a quote diverse (170 rilievi).

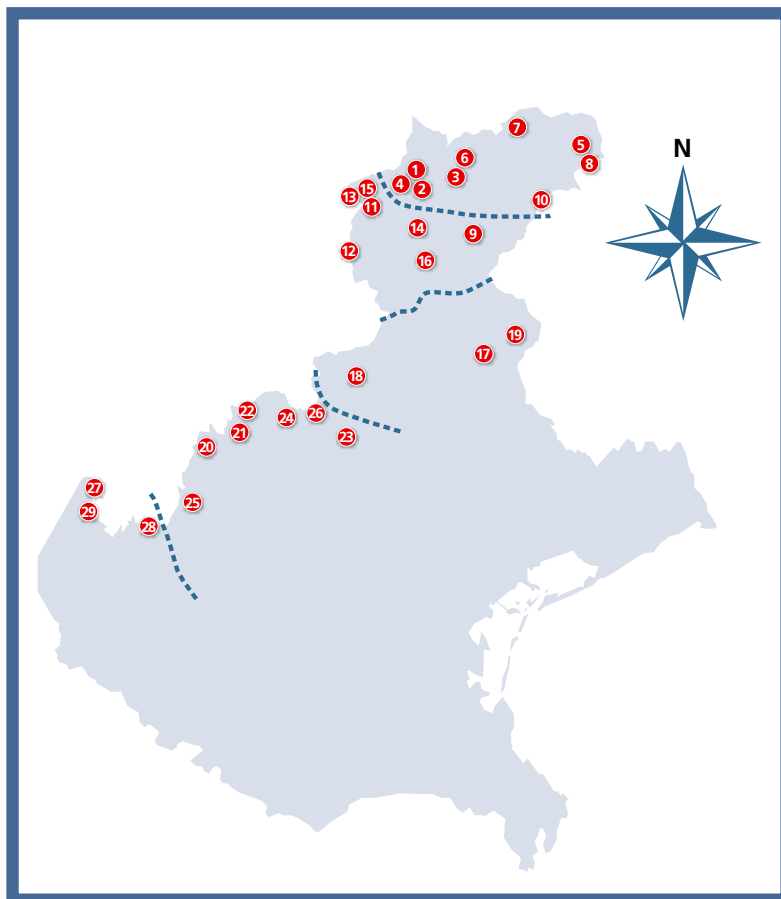
PECULIARITÀ CLIMATICHE DELL'AREA STUDIATA

La montagna veneta, dal punto di vista climatico, si trova in una posizione climatologica di transizione fra l'effetto mitigatrice delle acque del Mediterraneo, l'effetto orografico della catena alpina e la continentalità dell'area centrale – europea.

La distribuzione delle precipitazioni è in gran parte regolata dalla particolare configurazione orografica delle Prealpi e delle Dolomiti che influenzano il regime delle precipitazioni e anche la loro intensità. Lo sbarramento creato dalle Prealpi vicentine e bellunesi determina, nel caso di flussi meridionali, abbondanti precipitazioni che decrescono da Sud verso Nord cioè verso la cresta di confine con l'Austria mentre la quota dello zero termico e le "sacche" di aria fredda presenti nelle valli, influenzano in modo signifi-

Area	N.	Nome stazione	Quota
Dolomiti settentrionali	1	Ra Vales	2560
	2	Passo Giau	2140
	3	Faloria	2120
	4	Passo Falzarego	2100
	5	Val d'Olbe	1950
	6	Misurina	1750
	7	Passo Monte Croce Comelico	1650
	8	Monte Sierra	1650
	9	Forcella Cibiana	1530
	10	Passo Mauria	1290
Dolomiti meridionali	11	Monti Altì di Ornella	2250
	12	Cima Pradazzo	2220
	13	Passo Pordoi	2150
	14	Col dei Baldi	1930
	15	Arabba	1630
	16	Passo Duran	1590
Prealpi bellunesi	17	Faverghera	1580
	18	Malga Campet	1361
	19	Col Indes	1183
Prealpi vicentine	20	Campomolon	1730
	21	Verenetta	1600
	22	Malga Larici	1590
	23	Monte Grappa	1544
	24	Busa Fonda	1510
	25	Passo Campogrosso	1464
	26	Monte Lisser	1425
Prealpi veronesi	27	Tratto Spino	1770
	28	Monte Tomba	1580
	29	Novezza	1420

Fig. 4



Dal punto di vista nivologico il territorio può essere distinto in 5 grandi aree: Dolomiti settentrionali, Dolomiti meridionali, Prealpi bellunesi, Prealpi vicentine e Prealpi veronesi (Fig. 4).

ANDAMENTO RECENTE DEL MANTO NEVOSO NELLE ALPI ORIENTALI

Il periodo preso in considerazione, che inizia dalla stagione invernale 1994-95 e termina con la stagione 2007-2008, è stato caratterizzato da un innevamento inferiore alla media (Fig. 5).

In generale su tutto l'arco alpino meridionale è stata riscontrata sia una leggera diminuzione della precipitazioni invernale (dicembre-gennaio-febbraio) (Cacciamani et alii, 2001) che una diminuzione della precipitazione solida (Valt et alii, 2008).

In particolare, per quanto riguarda le Alpi Orientali e precisamente le Dolomiti, la diminuzione della precipitazione è stata accompagnata anche dalla riduzione della permanenza della neve al suolo, da minori spessori medi e da valori di altezza massima inferiori alla media (Valt et alii, 2008).

I dati della presente ricerca si collocano in questo contesto climatico anche se, occorre rilevare, dalla stagione invernale 2000-2001 sulle Dolomiti e Prealpi venete, si sono susseguiti una serie di inverni nevosi (2001, 2004, 2006 e 2008), alternati ad altri meno nevosi.

Cumulo stagionale di neve fresca Dolomiti

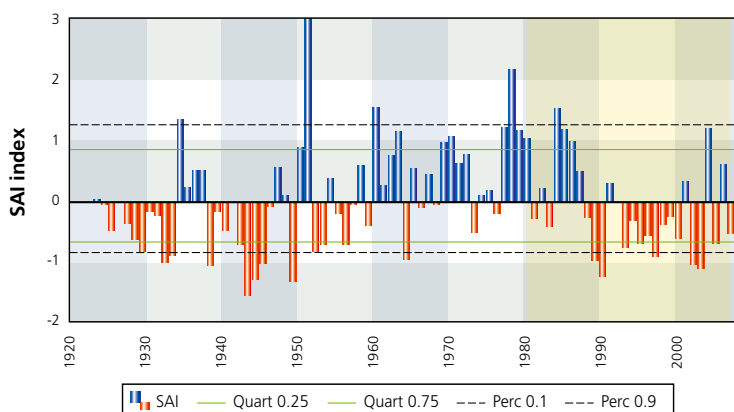


Fig. 5

Fig. 6

RISULTATI

Il valore di densità medio ricavato da più di 3500 profili della neve, eseguiti a quote, esposizioni e latitudini diverse sul territorio montano veneto è di 305 Kg^m-3.

Una analisi di dettaglio evidenzia valori diversi fra le Prealpi (densità più elevate) e le Dolomiti, con una tendenza generale ad una diminuzione procedendo da Sud verso la cresta di confine (Fig. 6).

Occorre dire che le differenze altimetriche giocano il loro ruolo, come i diversi microclimi. I rilievi delle Prealpi hanno quote inferiori rispetto alla Dolomiti e anche le

Area	N. Rilievi	Densità media
Dolomiti settentrionali	970	281
Dolomiti meridionali	1111	304
Prealpi bellunesi	304	319
Prealpi vicenze	892	321
Prealpi veronesi	266	338
Totale	3543	305

cattivo il limite della neve e i quantitativi di neve fresca.

I flussi settentrionali, determinano spesso poche precipitazioni nevose con quantitativi in diminuzione dalla cresta di confine verso le Prealpi quando riescono a superare lo sbarramento delle Alpi.

I flussi orientali invece determinano di solito minor precipitazioni ma più fredde e con quantitativi variabili fra le Prealpi bellunesi e quelle veronesi (Latini, 1986).

nevi risultano più pesanti.

E' interessante notare che la densità media maggiore è stata rilevata nelle Prealpi veronesi e quella minore nelle Prealpi bellunesi. Questa seriazione da ovest verso est è anche inversamente proporzionale agli apporti nevosi, almeno nel periodo recente.

La quasi totalità dei rilievi effettuati nelle Prealpi, circa 1450, sono racchiusi nella fascia altimetrica di 1200 e 1800 m, che corrisponde a circa il 55% della superficie delle Prealpi oltre i 900 m di quota. Nelle Dolomiti, i rilievi sono effettuati fra i 1500 e i 2400 m, con una piccola percentuale a quote superiori (stazione di Ra Vales, Gruppo delle Tofane).

In tutte e due le macro aree si nota un aumento della densità con la quota (Fig. 7).

Durante la stagione invernale, da novembre ad aprile, la densità media del manto nevoso aumenta fino ad arrivare ai valori massimi a fine stagione, con 345 Kgm⁻³ nelle Dolomiti e 391 Kgm⁻³ nelle Prealpi, valori superiori di circa il 20% rispetto a quelli medi calcolati sull'intero inverno (Fig. 8).

E' da osservare come nelle Prealpi i picchi siano due, il primo per il mese di febbraio e il secondo, quello massimo, ad aprile. La minor densità del mese di marzo è probabilmente dovuta alla graduale scomparsa della neve invernale (neve a maggior densità) per i processi di ablazione che iniziano prima rispetto alle Dolomiti e ai nuovi apporti di neve fresca (neve a densità minore): questa probabile caratterizzazione locale sarà oggetto di studio in un prossimo lavoro.

Nelle 29 stazioni invernali analizzate, sono stati effettuati profili della neve da poche decine di cm di spessore, fino a oltre 200 cm, sia nelle Dolomiti che nelle Prealpi.

Nelle Dolomiti si assiste ad un generale aumento della densità media con l'aumentare dello spessore della neve, come si può vedere in Figura 9 dove sono stati calcolati i valori medi di densità per classi di spessore della neve al suolo di 25 cm. Questa particolarità può essere dovuta

	Dolomiti		Prealpi	
	N. Rilievi	Densità	N. Rilievi	Densità
> 2400 m	145	295		
2100 - 2400 m	833	301		
1800 - 2100 m	381	294		
1500 - 1800 m	696	285	958	324
1200 - 1500 m	26	270	488	322
< 1200 m			16	295
Totale	2081		1462	

Fig. 7

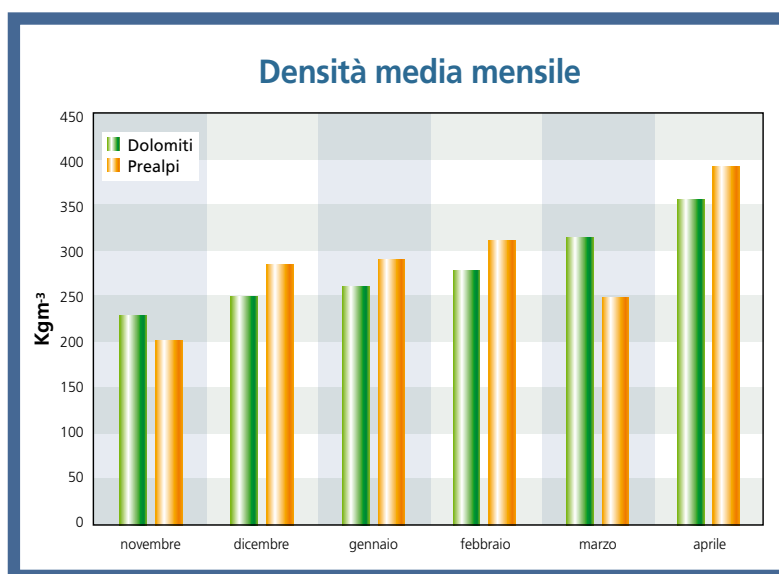


Fig. 8

Altezza neve (cm)	Dolomiti		Prealpi		Totale Rilievi
	N. Rilievi	Densità media	N. Rilievi	Densità media	
>250	1	408			
215 - 249	2	362			
200 - 214	15	311	2	319	312
175 - 199	32	347	4	323	344
150 - 174	71	321	19	316	320
125 - 149	149	301	33	328	306
100 - 124	148	303	112	318	308
75 - 99	488	290	224	326	301
50 - 74	562	278	359	323	295
25 - 49	415	277	480	326	303
0 - 24	98	289	299	319	310

Fig. 9

alla persistenza di strati di neve vecchia che, a parità della neve di precipitazione o recente, hanno valori di densità maggiore (Fig. 10) (Valt et alii, 2005).

Solo per i profili con i maggiori spessori, le densità risultano minori, probabilmente per la presenza di neve fresca o recente, più leggera.

La densità media calcolata alla quota di 1500 m (+/- 100 m), nelle esposizioni da

Nord Ovest a Nord Est è di 297 Kgm⁻³ per le Dolomiti e di 322 Kgm⁻³ per le Prealpi, superiori ai valori indicati nella normativa elvetica (UFAFP-FNP, 1990).

I valori ricavati dai campi neve esposti da Nord a Sud Est presentano poca variabilità, mentre risultano con densità medie inferiori i campi neve esposti a Sud Ovest e a Ovest (Fig. 11).

E' da far rilevare che in questa ultime

Fig. 10

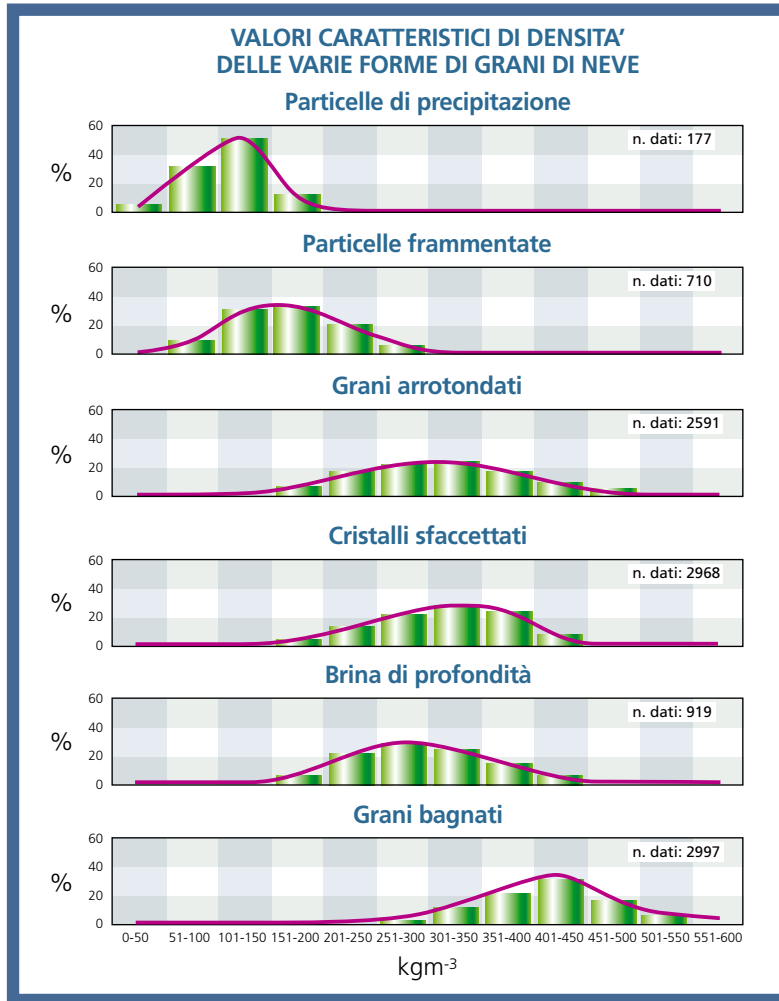
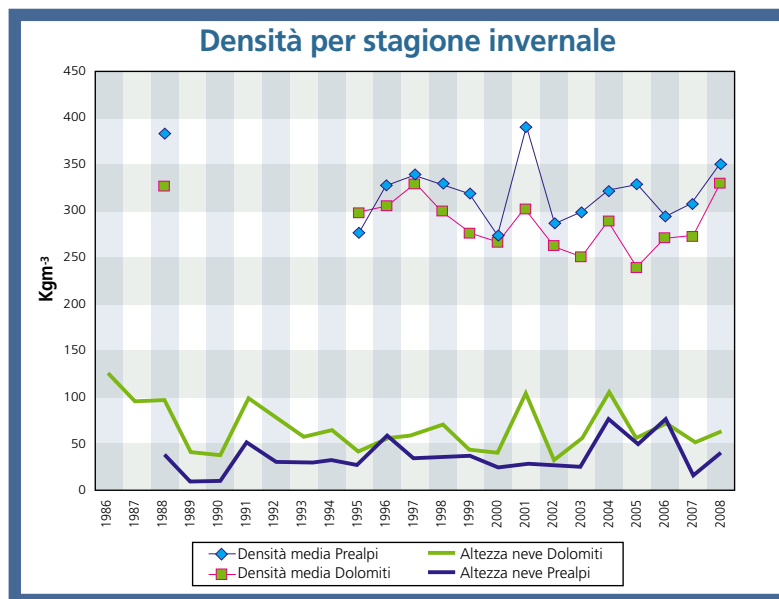


Fig. 11

	Dolomiti		Prealpi	
	N. Rilievi	Densità media	N. Rilievi	Densità media
Nord	364	303	285	331
Nord Est	453	291	246	328
Sud Est	451	301	269	323
Sud Ovest	476	289	174	288
Nord Ovest	181	295	==	==

Fig. 12



esposizioni i campi neve sono ubicati tutti nelle Prealpi vicentine.

Per quanto riguarda l'andamento generale delle precipitazioni e della durata del manto nevoso al suolo, sembra non esistere nessuna altra correlazione che ad un maggior spessore medio della neve corrisponda anche una maggiore densità.

Come si può osservare in Figura 12, nelle Prealpi la densità media è sempre maggiore rispetto alle Dolomiti anche se gli spessori medi sono inferiori. Si può anche osservare che i valori più elevati di densità corrispondono, in alcuni casi (inverno 2001 e 2004) ai valori più elevati di spessore della neve al suolo.

CONCLUSIONI

Nel presente lavoro sono stati individuati alcuni valori caratteristici di densità del manto nevoso della montagna veneta. I valori medi ricavati per le Dolomiti sono di 295 Kg^m-³ e per le Prealpi di 323 Kg^m-³ che sono anche i valori riferiti alla quota di 1500 m; queste densità sono superiori ai valori indicati nella normativa svizzera per il dimensionamento delle opere paravalanghe mentre sono in linea i valori ricavati per la neve assestata o di fine inverno (345 Kg^m-³ nelle Dolomiti e 391 Kg^m-³ nelle Prealpi) utilizzati per i calcoli della seconda ipotesi di carico per le opere fermaneve.

Per quanto riguarda i valori utilizzati nella valutazione del carico della neve sulle costruzioni, i valori ricavati rispecchiano quelli indicati dalla normativa vigente; il valore estremo indicato per la neve bagnata è quello ricavato nelle Prealpi nel mese di aprile che, per caratteristiche climatiche e stagionali, dovrebbe corrispondere ad una neve che ha subito diversi cicli di rigelo e fusione (neve bagnata). Occorre però ricordare che data l'ubicazione in quota dei campi neve dei servizi valanghe, non si dispongono di dati nei fondovalle prealpini (400-700 m di quota) dove, in alcune situazioni come nel gennaio 2006, spessori prossimi al metro di neve rimasero al suolo per 20 e più giorni e con valori di densità

di 370 Kg m^{-3} .

Per quanto riguarda la valutazione della disponibilità della risorsa idrica nivale nel mese di aprile, quando vengono raggiunti anche i massimi spessori della neve nelle Dolomiti, si raggiungono pure i valori massimi di densità di ben il 20 % superiori alla media stagionale.

Infine, non sembra esserci nessuna correlazione fra l'andamento generale delle stagioni invernali e i valori medi di densità delle neve al suolo eccetto che negli inverni più nevosi è più probabile che anche i valori di densità siano maggiori.

RINGRAZIAMENTI

Un particolare ringraziamento a tutti gli osservatori nivologici che nel corso degli anni hanno realizzato profili penetrometrici e stratigrafici per l'Ufficio Previsione Valanghe del Centro Valanghe di Arabba e a Giuseppe Crepez per la gestione della banca dati tradizionale.

Bibliografia

- Berni A., E.Giacanelli. 1966. La campagna di rilievi nivometrici effettuata dall'ENEL nel periodo febbraio – giugno 1966. L'Energia Elettrica, 9,
- Cacciamani C., M.Lazzeri, A.Selvini, R.Tomozeiu e A.Zucchelli. 2001. Evidenza dei cambiamenti climatici sul Nord Italia. Parte 1: Analisi delle temperature e delle precipitazioni. Quaderno ARPA-SMR n. 04/2001. 43 pp.
- Cagnati A.. 2003. Sistemi di Misura e metodi di osservazione nivometeorologici. AINEVA, Trento, 186 pp.
- Del Corso R. e P.Formichi. 2006. Il carico della neve sulle costruzioni. Neve e Valanghe, 58, pag. 44-57
- UFAFP-FNP.1990: Direttive per le opere di premunizione contro le valanghe nella zona di distacco. 98 pp.
- Latini A.. 1986. Distribuzione delle nevicate sulle Alpi Italiane e tipi di tempo. Neve e Valanghe, 3, pag. 8-27
- Valt M. e A.Cagnati. 2005. Stima della densità della neve conoscendo la forma dei grani e la durezza. Neve e Valanghe, 55, pag. 40-45
- Valt M., A.Cagnati e A.Crepaz. 2008. Variazioni recenti del manto nevoso sul versante sud delle Alpi. Neve e Valanghe, 63, pag. 46-57

