

Antonio Galluccio, Matteo Zambenedetti

ANNO IDROLOGICO 2012-2013: ANALISI DELL'ANDAMENTO STAGIONALE DELLA NEVE AL SUOLO PRESSO LA STAZIONE METEOROLOGICA DI PASSO MARINELLI ORIENTALE (A.R.P.A. LOMBARDIA)

2-18 agosto e 26 settembre 2013, 8-24 luglio, 20 settembre 2014

1- INTRODUZIONE

La stazione meteorologica automatica dell'A.R.P.A Lombardia di Passo Marinelli Orientale (3040 m) è stata messa in opera nel mese di settembre 2012 (foto 4). Essa costituisce un punto di misura di gestione pubblica posto su un Quattromila delle Alpi a una quota non "antropica" (nonostante l'utile vicinanza del Rif. Marinelli-Bombardieri). Permette di indagare il tempo atmosferico dei 3000 m, in questi decenni il limite inferiore effettivo dell'ambito nivoglaciale ¹: la stazione è inoltre sita all'interno dell'areale del ghiacciaio omonimo, in fase di dissoluzione ma pur sempre un *sito glaciogeno*. ²

Negli stessi giorni in cui veniva installata la stazione di ARPA, il Servizio Glaciologico Lombardo provvedeva alla posa di un nuovo sito nivo-glaciologico sulla superficie della propaggine occidentale del Ghiacciaio di Fellaria Ovest, circa 200 m a Est del Passo Marinelli Orientale, a quota 3071 m GPS (8 settembre 2012) ³. Le due stazioni (ARPA e SGL), separate dalla modesta displuviale costituita dal citato Passo Marinelli Orientale e distanti tra loro 350 m circa in linea d'aria (foto 1), consentiranno in futuro lo studio della relazione tra la temperatura dell'aria e la fusione del ghiaccio o della neve nella stagione calda e dei metamorfismi nevosi e di formazione del ghiaccio (anche di sovrimposizione) su terreno glaciale e periglaciale alla stessa quota.

Nelle speranze di chi scrive, un triennio di misure abbinato dovrebbe essere sufficiente per ottenere importanti conferme a quanto osservato, analizzato, e anche scoperto, in merito alle dinamiche dell'accumulo-ablazione in ambito glaciale, nei quindici anni di studi presso il sito storico di Monte Sobretta (3140 m, Ortles-Cevedale), purtroppo non lontano dalla dismissione.

2 - ANALISI TECNICA DEI DATI

I dati di spessore del manto nevoso al suolo forniti dalla stazione sono pervenuti in formato *Excel* e coprono l'intero anno idrologico 2012-2013. Essi si riferiscono a rilevazioni orarie del nivometro (ogni 10 minuti a partire dai dati estivi 2013). Nella parte iniziale dello studio si è scelto di approssimare al dato superiore per valori compresi tra 0,6 e 0,9 e a quello inferiore per valori compresi tra 0,1 e 0,4. Gli 0,5 sono stati adattati a seconda dei casi.

La prima fase dell'analisi dei circa 11000 righe ha permesso di scartarne la gran parte, riducendoli a circa 500: si è proceduto mantenendo per ogni giorno il valore delle ore 0.00 e il valore delle ore 23.00 (circa 390 righe). Sono però rimaste in elenco anche le rilevazioni relative agli episodi importanti, soprattutto precipitativi, con più valori per ogni giornata significativa.

La seconda fase è stata quella dell'analisi qualitativa, i cui risultati sono riepilogati nelle tabb. 1 e 2. In colore indaco sono evidenziate le nevicate, in colore giallo i numerosi episodi di erosione del manto nevoso a opera del vento, in colore verde le fasi di fusione effettiva.

Per quanto attiene la **fase d'accumulo** sono evidenziate le date relative a eventi significativi: per ognuna di esse si è iscritto lo spessore iniziale e finale del manto nevoso nel corso della giornata e la variazione intercorsa, sia di accumulo sia di deflazione. Costituisce eccezione un breve periodo di aprile, dove crediamo di poter dedurre una fusione del manto nevoso. Le centinaia di variazioni dello spessore, giornaliere e pluri-giornaliere, segnate dal nivometro e imputabili all'assestamento dopo le nevicate o nei periodi secchi, sono state per lo più trascurate, altresì sottolineate in pochi casi per la rilevanza del dato. Per tale motivo, il confronto tra le sommatorie precipitative mensili e i dati cumulati di variazione di spessore contiene un errore stimabile tra il 5 e l'8 %, come ben visibile nei riepiloghi mensili finali, ripresi poi in tab. 2.

Per la **fase di ablazione** (giugno-settembre 2013) sono state indicate le nevicate di giugno (3), agosto (1) e settembre (2); per il resto si evidenzia il dato di fusione del manto, decadica in luglio ed episodica in agosto e settembre, come suggerito dall'andamento nivo-meteorologico.

Per tutti i mesi, infine, nell'intestazione del relativo settore di tabella, sono indicati i valori estremi, di inizio e fine, dello spessore del manto nevoso.

¹ Anche la stazione di Vallaccia, per rimanere alle competenze tecniche di ARPA, ha svolto un ruolo prezioso negli ultimi 15 anni, ma è stazione di tundra, periglaciale, più utile per lo studio meteorologico puro e per la previsione delle valanghe.

² Pochi metri (8 m) separano la stazione dalla fronte del ghiacciaio verso monte, mentre poco più a valle è sita una placca di ghiaccio morto, abbandonata dall'apparato in ritiro.

³ La posizione del punto di misura è centrale rispetto alla linea ideale che congiunge a quota più bassa della propaggine rocciosa N della Cima Marinelli Orientale con la base del nunatak, posto a Nord, quotato 3154 CTR. Il sito consta di due paline di rispettivi 8 e 10 m di lunghezza, suddivise in spezzoni di 2 m raccordati con rivetti e colorati a bande di 20 cm con cromatismi diversi alternati al bianco, alloggiato con sonda a vapore, tra loro distanti 5 m e allineate N-S: la palina Nord è infissa nel ghiaccio per 7 m ed espone lo spezzone rosso, quella Sud è infissa per 9 m ed espone il regolare spezzone giallo.

Data selezionata	Spessore o valori estremi giornalieri	Variazione dello spessore della neve	Nevicata	Deflazione eolica o fusione	Data selezionata	Spessore o valori estremi giornalieri	Variazione dello spessore della neve	Nevicata	Deflazione eolica o fusione	Data selezionata	Spessore o valori estremi giornalieri	Variazione dello spessore della neve	Nevicata	Deflazione eolica o fusione
OCTOBRE 2012 (27 – 7 cm)					NOVEMBRE 2012 (7 - 210 cm)					DICEMBRE 2012 (210 – 192 cm)				
14	27				1	7				1	210			
15	37	+ 10	+ 10		7	11-111	+ 100	+ 100		2	188	- 22		- 22
16	37-65-9	+ 28	+ 28	- 56	10	129 - 85	- 46		- 46	3	193	+ 5	+ 5	
17	8 - 71	+ 63	+ 63		11	88-168	+ 80	+ 80		8	183-156	- 27		- 27
19	60 - 27	- 33			15	150	- 18	asest.		14	158-185	+ 27	+ 27	
20	27-37-7	+10	+10	- 30	26	142-160	+ 18	+ 18		15	203	+ 15	+ 15	
24	0,2		minimo		27	163-176	+ 13	+ 13		27	196-208	+ 12	+ 12	
25	5	+ 5	+ 5		28	176-186	+ 10	+ 10		28	206-193	- 13		- 13
27	21	+ 15	+ 15		29	186-208	+ 22	+ 22		31	192			
28	10			- 11	30	210								
31	7													
			+ 131	- 97 def.					+ 243				+ 59	- 62 def.
GENNAIO 2013 (192-184 cm)					FEBBRAIO 2013 (185-175 cm)					MARZO 2013 (175-229 cm)				
1	192				1	185				1	175			
2	200	+ 8	+ 8		2	185-173	- 12		- 12	5	179	+ 4	+ 4	
3	199-183	- 16		- 16	5	171-182	+ 11	+ 11		7	187	+ 8	+ 8	
4	183-177	- 6		- 6	7	181-174	- 7		- 7	13	191-201	+ 10	+ 10	
16	182	+ 7	+ 7		15	169-177	+ 8	+ 8		15	197-185	- 12		- 12
17	181-171	- 10			16	177-183	+ 6	+ 6		17	197	+ 12	+ 12	
20	178-200	+ 22	+ 22		17	183-186	+ 3	+ 3		18	199-221	+ 22	+ 22	
21	208	+ 8	+ 8		19	183-170	- 13		- 13	21	218-210	- 8		- 8
22	213	+ 5	+ 5		21	172-182	+ 10	+ 10		24	207-218	+ 11	+ 11	
27	195	- 18	asest.		24	180-185	+ 5	+ 5		26	222	+ 4	+ 4	
28	195-188	- 7		- 7	27	182-175	- 7		- 7	28	235	+ 13	+ 13	
31	184				28	175				31	234-229	- 5		- 5
			+ 50	- 29 def.					+ 43				+ 84	- 25 def.
APRILE 2013 (229-308 cm)					MAGGIO 2013 (308-356 cm)					GIUGNO 2013 (356-262 cm)				
1	229				1	308				1-7	356-318	- 38	fusione	- 38
5	226-232	+ 6	+ 6		7	290				9-10	320-336	+ 16	+ 16	
8	227-235	+ 8	+ 8		10	280	- 10	fusione	- 10	10-20	336-267	- 69	fusione	- 69
12	241	+ 6	+ 6		10	280-287	+ 7	+ 7		23	260-267	+ 5	+ 5	
14	231	- 6		- 6	15	277-292	+ 5	+ 5		24	266-281	+ 15	+ 15	
16	225-222	- 3	fusione	- 3	16	285-320	+ 35	+ 35		30	262	- 19	fusione	- 19
17	216	- 6	fusione	- 6	17	314-361	+ 31	+ 31						
18	211	- 5	fusione	- 5	19	339-361	+ 22	+ 22						
19	215	+ 4	+ 4		20-21	361-375	+ 14	+ 14						
23	240	+ 25	+ 25		27	352-345	- 7	fusione	- 7					
27	240-277	+ 37	+ 37		29	345-372	+ 27	+ 27	massimo					
28	277-283	+ 6	+ 6		30	371-363	- 8	fusione	- 8					
29	283-308	+ 25	+ 25		31	362-356	- 6	fusione	- 6					
30	308													
			+ 117	- 6 def. - 14 f.					+ 141				+ 36	- 126 f.
LUGLIO 2013 (263-82 cm)					AGOSTO 2013 (65-5 cm)					SETTEMBRE 2013 (10-11 cm)				
1-10	263-203	- 63	fusione	- 63	1-13	65-4	- 61	fusione	- 61	10	10	+ 10	+ 10	
11-20	202-136	- 66	fusione	- 66	13-25	4-0	- 4	fusione	- 4	12-14	10-0	- 10	fusione	- 10
21-31	139-80	- 57	fusione	- 59	25-27	18	+ 18	+ 18		30	11	+ 11	+ 11	
					28-30	18-5	- 13	fusione	- 13					
			0	- 188 f.					+ 18				+ 21	- 10 f.

Tab. 1: analisi degli eventi precipitativi nevosi, della deflazione eolica dell'accumulo e della fusione nel corso dell'anno idrologico 2012-2013 presso la stazione meteorologica di Passo Marinelli (A.R.P.A. Lombardia, 3060 m s.l.m.). Specifiche nel testo.

La tab. 2 evidenzia i dati riepilogativi mese per mese. Il confronto tra il bilancio algebrico di accumulo-deflazione/fusione e il dato di terreno al termine del mese dovrebbe suggerire i valori dell'ultima colonna a destra, relativa all'asestamento del manto nevoso. In realtà, come si evince dai numeri, in due casi addirittura positivi, non è possibile fornire una valutazione attendibile di questo fenomeno metamorfico, sicuramente a causa di errori di analisi o di raccolta dal dato da parte del nivometro. Aspetti qualitativi emergono comunque: a esempio, il massimo asestamento desumibile per il mese di maggio (ottenibile però solo con una compagine nevosa profonda, come nel 2013) è in accordo con quanto ipotizzabile sulla base delle conoscenze attuali. In effetti, va detto che la difficoltà maggiore dell'analisi descritta è stata proprio quella di interpretare i piccoli decrementi dello spessore: erosione eolica o asestamento? Aspetto sul quale lavorare con maggior precisione nel prosieguo: in futuro andranno analizzati gli altri parametri forniti dalla stazione e la ricostruzione degli eventi meteorologici su scala sinottica.

3 - ANALISI DELL'ANDAMENTO NIVOMETRICO e NIVOMETEOROLOGICO STAGIONALE 2012-2013

3.1 - Premesse

L'analisi presentata in queste note è preliminare. Le importanti deduzioni derivabili dallo studio comparato con le altre serie di dati dovranno essere l'oggetto di ulteriori lavori specifici. Da subito si sono però ottenute importanti conferme per almeno quattro fenomeni, tipici delle alte quote:

- il ruolo importante svolto dall'azione deflattiva del vento, soprattutto nella stagione di accumulo;
- la grande variabilità del fenomeno dell'asestamento del manto nevoso nelle diverse stagioni;
- il ruolo minore svolto dalla parte centrale dell'invernata nel determinare l'entità degli accumuli stagionali;
- lo scarso impatto delle fasi calde stagionali precoci (marzo-aprile) ad alta quota, altresì significativo attorno o inferiormente ai 2000 m.

MESE 2012-2013	Sommatoria mensile delle precipitazioni nevose al suolo in cm	Deflazione eolica mensile in cm	Fusione in cm	Variazione mensile dello spessore del manto nevoso in cm	Spessore del manto nevoso al termine del mese in cm	Ipotetici valori dell'asestamento metamorfico
Ottobre	+ 131	- 97	-	+ 44	7	- 37
Novembre	+ 243	- 46	-	+ 197	210	+ 13
Dicembre	+ 59	- 62	-	- 3	192	- 15
Gennaio	+ 50	- 29	-	+ 21	184	- 13
Febbraio	+ 43	- 39	-	+ 4	175	- 5
Marzo	+ 84	- 25	-	+ 59	229	+ 3
Aprile	+ 117	- 6	- 14	+ 97	308	- 19
Maggio	+ 141	-	- 31	+ 110	356	- 62
Giugno	+ 36	-	- 126	- 90	262	- 16
Luglio	0	-	- 188	- 188	81	Solo fusione
Agosto	+ 18	-	- 78	- 60	5	Solo fusione
Settembre	+ 21	-	- 10	+ 11	11	Solo fusione

Tab. 2: dati riepilogativi, mese per mese, dell'andamento dello spessore del manto nevoso nel corso dell'anno idrologico 2012-2013 presso la stazione meteorologica di Passo Marinelli (A.R.P.A. Lombardia, 3040 m s.l.m.).

3.2 - L'andamento nivo-meteorologico stagionale dell'anno idrologico 2012-2013

Con la citata approssimazione di cui alle premesse, risulta che presso la stazione sono caduti 982 cm di neve, mentre l'azione erosiva del vento ha asportato uno spessore di circa 3 m di manto. La fusione precoce nel corso della fase di accumulo (episodio di metà aprile e fine maggio) è stata di circa 50 cm. I valori massimi di spessore sono stati registrati il 29 maggio 2013 (372 cm) mentre il valore minimo rimane, prima parte dell'estate compresa, quello del 24 ottobre 2012, prossimo a 0 cm.

CRONACA (fig. 2)

La stagione di accumulo ha visto un ruolo del tutto insignificante del mese di ottobre: a fronte di 131 cm di neve depositata, alla fine del periodo è presente sul terreno una strato risibile (7 cm), addirittura azzerato in data 24. Nevicate e tempeste: il risultato è il nulla ⁴.

La parte nobile dell'accumulo stagionale è invece appannaggio dei mesi di novembre e maggio, con una buona partecipazione della terza decade di aprile e, parzialmente, del mese di marzo. Quanto detto si riscontra nel grafico di fig. 1, che mostra l'entità dell'innnevamento al termine dei diversi mesi.

Novembre fa registrare una sommatoria di 243 cm, seguito da maggio con 141 cm e da aprile con 117. Marzo conta 84 cm, dicembre, gennaio e febbraio si attestano sul mezzo metro. Piccolo ma significativo l'accumulo in giugno: 36 cm.

Costituito nel mese di novembre, lo spessore del manto rimane dunque attorno ai 2 m per 4 mesi, chiarendo ancora una volta che, a meno di eventi eccezionali, in alta quota la parte fredda dell'anno è soprattutto conservativa: le nevicate sono poco consistenti ma servono a contrastare la riduzione di spessore del manto nevoso dovuta a compattamento (poco) e a erosione eolica (molto).

La compagine nevosa tende a crescere timidamente in marzo e più significativamente dopo il 19 di aprile: alla fine di questo mese si raggiungono così i 3 m, per poi sfiorare i 4 alla fine di un mese di maggio 2013 straordinariamente efficiente nel produrre sia un incremento della massa nevosa sia un suo miglioramento strutturale. Questo periodo stagionale ha infatti visto molte precipitazioni e temperature basse per il periodo (ma non in assoluto): negli ultimi 20 anni, maggio si è presentato assai raramente quale mese di accumulo a tutti gli effetti per l'ambito glaciale.

La breve fase calda di metà aprile viene ben registrata dal sito, che però evidenzia un effetto lieve sulla consistenza dell'accumulo quando altrove, a quote più basse, ha provocato invece un decremento di oltre 1 m di spessore ⁵. Anche giugno sorprende: complice il periodo freddo della terza decade, nel corso di questo mese il manto nevoso si ridimensiona assai poco (circa 1 m).

Nella prima decade del mese di luglio, dato questo impressionante, si è addirittura avuta una minima fusione del manto nevoso, ormai estivo (- 63 cm nel periodo tra il giorno 1 e il giorno 10, con ancora 2 m al suolo il giorno

⁴ Va però detto che, stante la fase climatica attuale, caratterizzata tra l'altro da recenti e ripetuti episodi di prolungamento della fase ablativa nel primo autunno, una precoce anche se transeunte copertura nevosa nel mese di ottobre svolge un ruolo protettivo di grande importanza per l'ambito glaciale.

⁵ vedi nota dell'8 luglio 2013 di Riccardo Scotti in merito ai dati del monitoraggio nivologico stagionale del Servizio Glaciologico Lombardo.

10). Alla fine del mese, il sito della stazione è ancora coperto da 80 cm di neve vecchia, nonostante una prima irruzione del noto e infausto anticiclone di origine subtropicale. La densità media è alta (oltre 500 gr/l), imputabile sia ad apporti recenti in rapido metamorfismo (fusione e rigelo) sia a una efficacissima trasformazione tardo-primaverile degli strati medi: a estate già piena, nel Gruppo del Bernina l'innevamento stagionale è secondo solo a quello dell'irripetibile anno idrologico 2000-2001 per estensione, spessore e qualità.

Tali ottime premesse sono state poi in parte vanificate dall'andamento meteorologico di fine agosto-settembre, che ha prodotto una riduzione tardiva dei residui nevosi: l'anno idrologico 2012-13 lascia comunque una compagine nevosa che ha significativamente rallentato il processo dissolutivo dei corpi nivo-glaciali in atto da 3 decenni e, in alcuni siti, condotto a una iniziale riglacializzazione (a esempio: versante settentrionale della Punta Marinelli Orientale, foto 4).



Foto 1: 21 luglio 2013: le ottime condizioni di innevamento del Passo Marinelli Orientale, osservate dalla q. 3037,3 CTR. In primo piano il lago proglaciale e la soprastante stazione meteorologica automatica di ARPA Lombardia, messa in opera il 10 settembre 2012. (freccia nera). La freccia bianca indica la posizione, poche decine di metri a valle della displuviale del valico, della nuova stazione nivo-ablatometrica glaciale del Servizio Glaciologico Lombardo, posizionata l'8 settembre 2012. (A. Galluccio).



Foto 2: 14 settembre 2013: la stessa veduta a 54 giorni di distanza. Imponente la intercorsa fusione della neve vecchia, che però residua in placche estese, le più ampie dopo il 2009. Il sito 17 bis è posto circa 350 m a monte della stazione, poco oltre la displuviale del Passo. (A. Galluccio).

Valori di spessore del manto nevoso al termine del mese nell'anno idrologico 2012-2013
(stazione meteo di Passo Marinelli, ARPA Lombardia)

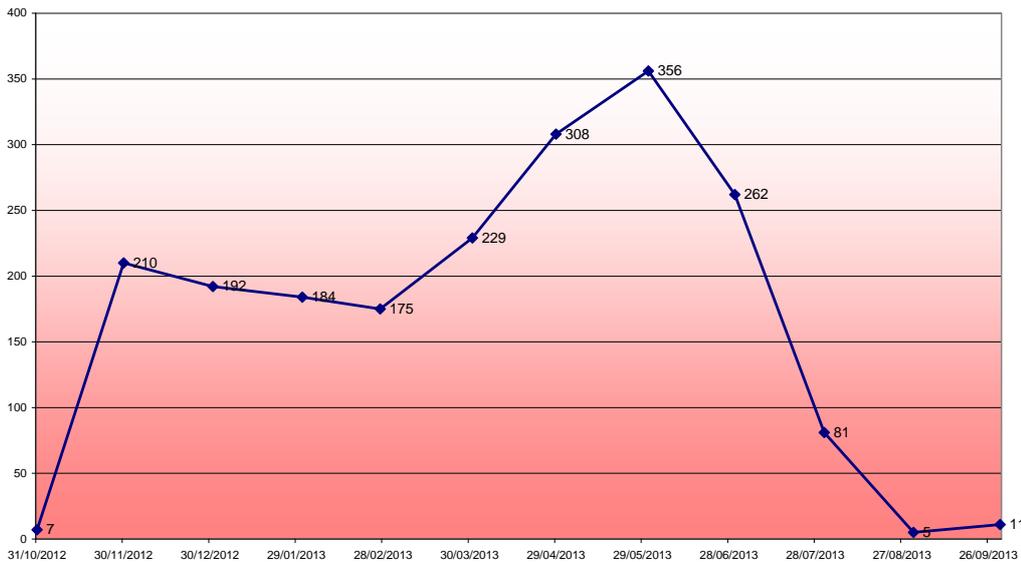


Fig. 1: valori di spessore del manto nevoso al termine del singolo mese nel corso dell'anno idrologico 2012-2013 presso la stazione meteorologica di Passo Marinelli (A.R.P.A. Lombardia).

4 - CONCLUSIONI: CONFRONTO CON I DATI DELLA STAZIONE ABLATOMETRICA 17 BIS DEL S.G.L

Al controllo eseguito in data 21 luglio 2013 (M. Zambenedetti, A. Galluccio), i sondaggi del manto nevoso eseguiti presso la stazione nivo-glaciologica del ramo occidentale del Ghiacciaio di Fellaria mostravano valori compresi tra i 165 e 200 cm. La sonda attraversava almeno due lenti di ghiaccio spesso, che obbligavano alla ripetizione dell'infissione con forzata. Alla stessa data, la stazione del Passo Marinelli registrava uno spessore del manto nevoso di 137 cm.

Al termine della stagione di ablazione, in data 14 settembre 2013 (foto 3), le paline del sito mostravano che, nonostante l'andamento nivologico descritto, si era comunque verificata una fusione dell'intero manto nevoso residuo e di ulteriori 43 cm di ghiaccio: la parte finale dell'estate, anche se non tra le peggiori degli ultimi 10 anni, è stata quindi in grado di dissolvere circa 2 m di deposito nivo-glaciale stagionale.

In ultimo, va detto che alla luce di questi primi rilievi, la stazione 17bis pare sito parzialmente penalizzato ai fini di accumuli profondi, soprattutto a causa dei venti sia trasversali (Ovest-Est) sia meridionali (vento da Nord).

Foto 3: le paline che costituiscono il sito nivo-glaciologico 17 bis del Servizio Glaciologico Lombardo. (14.09.2013, A. Galluccio).

Foto 4: la stazione meteorologica di ARPA, posta a pochi metri dal margine del Ghiacciaio Marinelli. (14.09.2013, A. Galluccio)

Fig. 2 (pagina seguente): andamento del manto nevoso al suolo presso la stazione meteorologica automatica di Passo Marinelli Orientale (Bernina Italiano, 3040 m s.l.m., A.R.P.A. Lombardia)



Andamento dello spessore della neve al suolo presso la stazione meteorologica automatica di Passo Marinelli (Bermina Italiano, 3040 m, A.R.P.A Lombardia) nel corso dell'anno idrologico 2012-2013

