



Unione Europea
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



ClimOpt

Ottimizzazione della gestione dei rischi climatici

Programma: Interreg IV A Italia-Svizzera

- **Applicazione all'Alto Adige del software SnowMap (SLF)
per il calcolo di mappe neve e di equivalente in acqua in tempo reale e differito**

AUTONOME
PROVINZ
BOZEN
SÜDTIROL



PROVINCIA
AUTONOMA
DI BOLZANO
ALTO ADIGE



KANTON
GRAUBÜNDEN
AMT FÜR WALD
UND NATURGEFAHREN



Editore: Provincia autonoma di Bolzano – Alto Adige e Cantone dei Grigioni

Provincia autonoma di Bolzano – Alto Adige

Ripartizione Protezione antincendi e civile, viale Druso 116, 39100 Bolzano
protezione.antincendiecivile@provincia.bz.it, www.provincia.bz.it/protezione-civile
Direttore di ripartizione Hanspeter Staffler

Cantone dei Grigioni

Ufficio foreste e pericoli naturali, via Loë 14, CH-7000 Coira
info@awn.gr.ch, www.awn.gr.ch
Capo settore Christian Wilhelm

© 2014

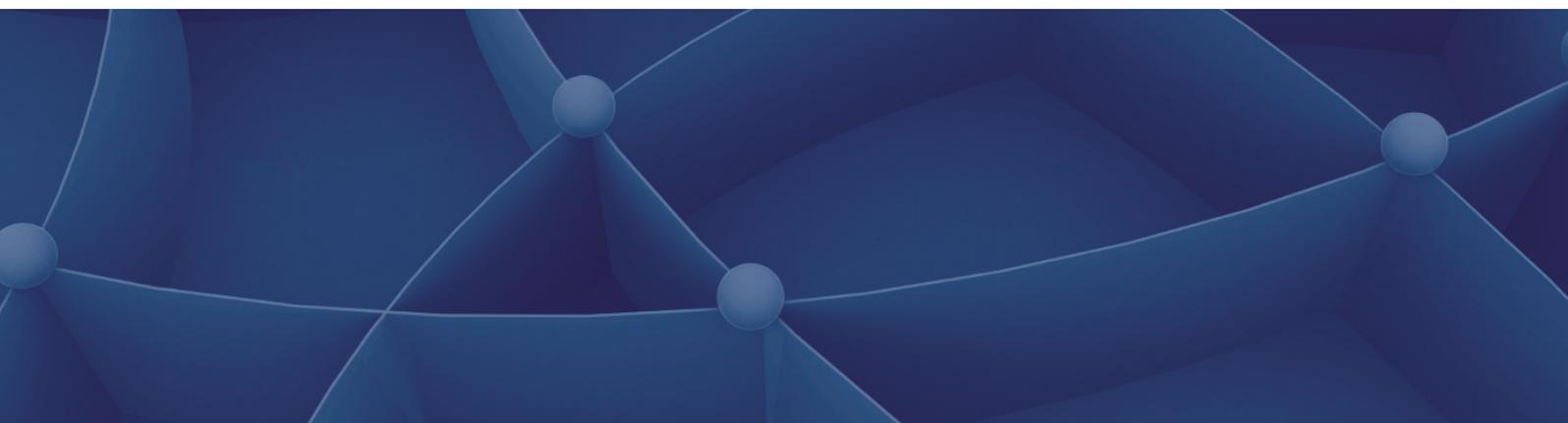
Coordinamento progetto

Andreas Zischg (abenis alpinexpert srl/abenis AG)
a.zischg@abenis.it, www.abenis.it, www.abenis.ch
Roberto Dinale (Ufficio idrografico della Provincia autonoma di Bolzano)
roberto.dinale@provincia.bz.it, www.provincia.bz.it/hydro

Grafica

sonya-tschager.com

Ristampa permessa soltanto con autorizzazione dell'editore



ClimOpt – Ottimizzazione della gestione dei rischi climatici

Interreg Italia-Svizzera 2007-2013

Autori:

Gianluca Antonacci, Ilaria Todeschini

02 settembre 2014



supported by



Unione Europea
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Le opportunità non hanno confini.



Indice generale

1.	Introduzione.....	5
2.	Descrizione del software SnowMap.....	5
2.1.	Generalità.....	5
2.2.	Limitazioni e requisiti.....	6
2.3.	Documentazione.....	7
2.4.	Formati dei file di I/O.....	7
2.5.	Procedure.....	7
3.	Dati di input.....	10
3.1.	Dati nivometrici.....	10
3.2.	Carte satellitari.....	15
4.	Calcolo.....	18
4.1.	Validazione dati.....	18
4.2.	“Snow Water Equivalent”.....	19
4.3.	Interpolazione dei dati sulla verticale.....	20
4.4.	Interpolazione dei dati su griglia.....	23
5.	Creazione delle mappe.....	25
5.1.	Esportazione ASCII Grid.....	25
5.2.	Conversione in formato GeoTiff e PNG.....	25
5.3.	Calcolo delle mappe di neve con / senza dati osservatori.....	27
5.4.	Calcolo delle mappe di neve fresca.....	31
6.	Esempi.....	33
6.1.	Evento del 25/12/2013 – 27/12/2013.....	33
6.2.	Evento del 31/01/2014 – 02/02/2014.....	36
7.	Conclusioni.....	40
8.	Allegati.....	41



1. Introduzione

Lo scopo del presente lavoro è la produzione di mappe di neve spazialmente distribuite con frequenza giornaliera per il periodo giugno 2011 – giugno 2014. Lo strumento previsto è il software SnowMap, messo a disposizione dall'Ufficio Idrografico della Provincia di Bolzano, in grado di assimilare dati puntuali dei nivometri e dati satellitari di copertura nevosa, fornendo come risultato la distribuzione spaziale interpolata sul territorio provinciale.

Il lavoro si è articolato nelle seguenti fasi:

- **Analisi del software.** Valutazione di pro e contro, con interazione con lo sviluppatore principale del programma, dott. Tobias Jonas-
- **Validazione dei dati.** Controllo dei dati di ingresso (nivometri, osservatori, carte satellitari), al fine di eliminare e/o correggere eventuali dati non realistici o errati
- **Calcolo della copertura nevosa.** Calcolo delle mappe di neve e del loro equivalente in acqua tramite il software SnowMap
- **Esportazione in forma grafica.** Generazione di mappe in formato immagine con legenda al fine di una rapida visualizzazione degli output.
- **Stesura del presente report riassuntivo,** contenente la descrizione della metodologia usata, la descrizione dei risultati ottenuti, una valutazione sull'usabilità del software e dei suoi vantaggi / svantaggi.

2. Descrizione del software SnowMap

2.1. Generalità

Il software SnowMap è stato sviluppato presso il centro di ricerca svizzero SLF/WSL dal dott. Tobias Jonas ed adattato per l'Ufficio Idrografico della Provincia di Bolzano all'interno del progetto INTERREG IRKIS, con lo scopo di fornire uno strumento operativo per la stima giornaliera della distribuzione spaziale dello spessore del manto nevoso e del suo equivalente in acqua (Snow Water Equivalent).

Le versioni del software messe a disposizione dall'Ufficio Idrografico, e testate nel corso del presente lavoro, sono le seguenti:

- ver. 1,0,4 per Windows XP, 32 bit
- ver. 1,0,5 per Windows XP, 32 bit
- ver. 1,0,5 per Windows 7, 64 bit

Per i calcoli nel seguito descritto è stata usata la seconda, in quanto per le altre due sono emersi alcuni problemi di carattere informatico.



2.2. Limitazioni e requisiti

A valle di verifiche con lo sviluppatore del software è emerso che l’unica delle tre versioni rispondenti alle esigenze di calcolo è la versione 1.0.5 per Windows XP, 32 bit. Tutte hanno comunque alcune limitazioni che rendono problematici alcuni passaggi. In particolare:

- la ver. 1,0,4 non legge file di sessione creati con la versione successiva e non gestisce correttamente le mappe satellitari
- la ver. 1,0,5 per Windows 7 non consente il calcolo dell’equivalente in acqua, ma eventualmente legge file in cui il dato sia stato già calcolato
- la ver. 1,0,5 per Windows XP ha alcune funzionalità ridotte nell’editing manuale dei dati nella fase di quality check, per cui non consente per esempio la selezione delle stazioni più prossime ad una località in modalità automatica

Il software SnowMap è stato sviluppato in linguaggio Matlab ed è un eseguibile compilato attraverso questo strumento. Per il suo funzionamento è necessaria pertanto l’installazione delle cosiddette “Matlab Runtime Libraries”. Le 3 versioni di SnowMap sopra valutate utilizzano versioni differenti delle suddette librerie. In caso di re-installazione o di cambio di versione è necessario accertarsi che SnowMap abbia a disposizione la libreria Matlab con cui è stato compilato.

In tutti i casi i file iniziali di sessione (*.smp) non sono modificabili per quanto riguarda alcuni aspetti, che devono essere definiti dagli sviluppatori in fase di definizione del setup iniziale (file “vuoto”):

- il n° delle stazioni di misura non può essere variato:
- il modello digitale del terreno non può essere variato o sostituito né può essere cambiata la risoluzione
- non può essere modificato l’inizio dell’asse temporale per cui non è possibile inserire dati più vecchi di quelli già presenti ma solo accodati dati più recenti

Soprattutto quando la generazione di sequenze temporali di griglie di dati (si veda paragrafo successivo), l’elaborazione e la memorizzazione interna dei dati richiede una notevole quantità di memoria. Poiché i layer sono memorizzati in una struttura dati corrispondente ad una matrice tridimensionale (x, y, tempo), è importante disporre di memoria sufficiente, pena forti rallentamenti o crash del programma durante l’esecuzione. Il problema è più evidente in Windows XP rispetto a quanto avviene in Windows 7, Secondo il manuale si dovrebbe pertanto contenere i file di sessione entro i 100 MByte ed eventualmente salvare sessioni separate per differenti intervalli temporali.



2.3. Documentazione

La guida del software è costituita da un PDF integrato nel programma SnowMap e accessibile tramite il comando “SnowMap > Documentation”, che apre in un finestra di Acrobat Reader esterna il manuale esportandolo in automatico. Questa funzione è esistente solo nella versione 1.0.4 del software, mentre restituisce un errore di esecuzione nella versione 1.0.5. Tuttavia, poiché le caratteristiche dell'interfaccia grafica non sono differenti, si può fare affidamento sulla versione più vecchia per quanto riguarda la documentazione.

Per comodità il suddetto file del manuale è stato estratto e salvato come file PDF a sé stante. Il file è compreso tra gli allegati elettronici della presente relazione.

2.4. Formati dei file di I/O

I formati file gestiti dal software SnowMap sono i seguenti:

- *,smp: file binario di sessione contenente dati,elaborazione, parametri modellistici ecc. Può essere letto solo dalla versione del software che lo ha generato o da una successiva. In esso sono immagazzinati sia i file di input che le elaborazioni che vengono man mano eseguite e ivi salvate.
- *,txt: file in formato Arcinfo ASCII Grid usato per input delle mappe satellitari, in cui il nome del file (anno-mese-giorno) è vincolante per la collocazione dei dati nell'istante corretto dell'asse temporale
- *,asc: file in formato Arcinfo ASCII Grid usato per l'output delle mappe su griglia dell'altezza di neve e dell'equivalente in acqua. Il nome del file (anno-mese-giorno) indica a quale intervallo il singolo file salvato si riferisce
- *,zrx: file di testo esportato da database Oracle e contenente i dati di altezza nevosa delle stazioni di misura con scansione giornaliera

2.5. Procedure

La procedura da seguire per un ciclo completo di assimilazione dati / elaborazione / esportazione ha una durata che dipende – oltre al numero dei dati – dalla loro qualità. La parte più delicata è infatti la validazione dei dati, che si rivela un punto significativo dal momento che la procedura di interpolazione del manto nevoso propaga eventuali errori contenuti nell'input anche sulle aree circostanti. Schematicamente la procedura è la seguente:

- **Importazione di un file di sessione esistente.** Non è possibile crearne uno nuovo, ma è necessario usarne uno contenente già dei dati o – in alternativa – un file di sessione inizia-



lizzato dagli sviluppatori ma non ancora popolato di dati. Poiché i file di sessione crescono rapidamente di dimensione aggiungendo dati si consiglia di spezzare lunghe serie temporali su più file. Nello specifico del presente lavoro si è scelto di definire file di sessione con passo temporale semestrale, quindi gennaio – giugno e luglio – dicembre di ogni anno analizzato, per evitare che file troppo grandi (indicativamente > 50Mb) possano dare problemi o rallentamenti significativi durante l'esecuzione del software.

- **Importazione di file aggiornati di altezza di neve HS nel formato *,zrx.** La procedura viene eseguita tramite il comando "Update ZRX" e non "Insert ZRX". Quest'ultimo cancella tutti i dati precedenti e inoltre ripulisce il modello digitale del terreno preesistente, rendendo di fatto inutile l'opzione all'atto pratico. I dati nuovi di HS vengono accodati a quelli esistenti in accordo con il campo data contenuto nel file di input.
- **Importazione di file aggiornati contenenti le mappe satellitari di copertura nevosa.** Questi, forniti da EURAC all'Ufficio Idrografico, possono avere passo temporale di 1, 8 o 16 giorni. Per quale mappa selezionare per l'importazione si rimanda al criterio riportato nel §3.1. Va ricordato che una volta importato il file di copertura nevosa relativa ad un giorno non è possibile tornare indietro all'interno della stessa sessione e l'unico modo per correggere questa operazione è sovrascrivere l'informazione con un altro file. Pertanto è necessario porre attenzione a questa fase, tenendo traccia esternamente al programma, di quali file sono stati importati. Nel programma infatti non esiste modo per tenere memoria dell'operazione eseguita o anche solo visualizzare quale file sia stato inserito. Per ogni istante della simulazione seguente la carta satellitare utilizzata sarà quella più prossima lungo l'asse temporale.
- **Validazione dei dati HS.** Tramite i pulsanti di editing presenti sulla destra della barra dei menu è possibile eseguire una validazione manuale e piuttosto granulare dei dati di HS, aiutandosi con selezioni grafiche molto intuitive. Gli strumenti più utili sono: la possibilità di impostare a "dato non valido" valori evidentemente fuori range; la possibilità di impostare a zero valori piccoli ma non nulli in punti in cui essi rappresentano sicuramente delle fluttuazioni del ato (es. in estate a bassa quota); la possibilità di interpolare dati mancanti sulla base delle stazioni più prossime. Quest'ultima modalità andrebbe usata con prudenza e in condizioni limitate (stazioni effettivamente vicine e marcata scarsità di dati), lasciando piuttosto l'onere dell'interpolazione alla fase successiva dell'algoritmo.
- **Calcolo dei valori di SWE.** Il calcolo viene effettuato contemporaneamente su tutte le serie temporali delle singole stazioni selezionando l'icona "HS → SWE"
- **Interpolazione del gradiente verticale.** Questo calcolo va eseguito per ogni singolo giorno impostando la modalità "GeoInterpolate" dal menu DataDisplay e selezionando il giorno di interesse sulla barra superiore che rappresenta l'asse temporale, Il solo tempo di calcolo per ogni giorno simulato è di pochi secondi.
- **Spazializzazione dei dati su griglia.** In modalità analoga al passo precedente, questo calcolo va eseguito per ogni singolo giorno impostando la modalità "GridViewer" dal menu DataDisplay e selezionando il giorno di interesse sulla barra superiore che rappresenta l'asse temporale, Il solo tempo di calcolo per ogni giorno simulato è di pochi secondi.



- **Esportazione delle mappe di HS e SWE.** In modalità GridViewer tramite il comando “Export” è possibile salvare la/le mappa/e di HS e SWE su file in formato ArcInfo ASCII Grid. Il nome del file conterrà automaticamente il riferimento temporale (anno -mese-giorno). Va notato che, nonostante sia possibile utilizzare per l’elaborazione stazioni di misura fuori dai confini della Provincia (nello specifico quelle del Lawinendienst Tirol subito a Nord della cresta di confine), i dati esportati su griglia sono solo quelli all’interno del territorio della Provincia. Questo perché è impostata una maschera, non modificabile lato utente, che forza a “dato non valido” tutte le celle della griglia esterne al confine stesso.



3. Dati di input

3.1. Dati nivometrici

L'input principale per il software SnowMap è costituito dai dati nivometrici acquisiti in automatico e tramite rilievi manuali di osservatori. La scansione temporale è di 24h. Si tratta di dati puntuali distribuiti in punti rappresentativi del territorio provinciale. I dati sono contenuti in file *.zrx che possono essere assimilati dal software.

I punti di misura utilizzati sono 89, di cui 34 rilievi automatici e 55 manuali. In realtà in fase di acquisizione compaiono 92 stazioni, 3 in più di quelli effettivi, in quanto 3 stazioni (Ladurns, Melag, Piz la Ila) nel corso del tempo sono state spostate in una posizione prossima a quella originale – tale quindi da essere considerate assimilabili per la presente elaborazioni – venendo quindi identificate con un codice differente all'interno del database. Poiché non è possibile eseguire modifiche sul set di punti di misura all'interno del software si è scelto di assimilare le stazioni in maniera duplicata, consci del fatto che in realtà non c'è sovrapposizione ma solo uno spostamento non significativo per questo scopo.

In generale, dal momento che non è possibile cambiare il numero di stazioni all'interno di un file di sessione, ha senso assimilare il maggior numero di stazioni possibile anche se con record incompleti, in quanto non è possibile poi aggiungerne altre; mentre è indirettamente possibile eliminarne semplicemente forzando dati non validi per la sua serie storica. Quest'ultima modalità non risulta di esecuzione comoda in quanto l'operazione va eseguita manualmente sul singolo set di dati (come per la procedura di validazione), ma consente perlomeno di guadagnare un minimo di elasticità sulla gestione dei dati nel caso in cui uno dei punti di misura venisse eliminato o dovesse contenere valori inattendibili per lunghi periodi.

In Tab. 1 sono riportati i nomi, le posizioni, le quote ed il gestore delle stazioni automatiche e punti di misura manuali utilizzati. Nella Fig. 1 è possibile visualizzare la loro distribuzione sul territorio provinciale, che è molto omogenea in senso spaziale orizzontale (in rosso stazioni automatiche, in blu punti di campionamento manuali). I valori sono dati in cm. Anche l'output calcolato dal programma sotto forma di mappa distribuita è coerentemente fornito nella stessa unità di misura. Va ricordato che il software fornisce invece l'equivalente in acqua in mm. La Fig. 2 mostra invece la distribuzione sulla quota dei punti di misura. Va osservato come una buona parte delle stazioni sia collocata nella fascia intorno ai 2000 m s.l.m., ovviamente in quanto essa è quella più significativa per la valutazione del manto nevoso. Nello specifico dell'algoritmo di SnowMap questo fatto si riflette però sull'interpolazione sulla coordinata verticale, perché implicitamente dà più peso ai punti campionati nella fascia di maggior densità di misure. In altre parole le maggiori incertezze si avranno a quote alte e molto basse. Nel secondo caso il problema è abbondantemente compensato dall'adozione della seconda tipologia di input, ovvero le mappe satellitari.



Tab. 1: Posizione e gestore delle stazioni di misura. I punti misurati manualmente da osservatori sono evidenziati dall'indicazione "Beobachter"

Punto di misura	Est [m]	Nord [m]	Quota [m s.l.m.]	Gestore
Allitz Strimnhof (Beobachter)	629783	5167691	1754	Hyd. Amt Bozen
Altrei	682420	5127588	1209	Hyd. Amt Bozen
Antholz - Mittertal (Beobachter)	736352	5194356	1236	Hyd. Amt Bozen
Auer	677362	5135172	250	Hyd. Amt Bozen
Ausserrojen	613297	5185127	1833	Hyd. Amt Bozen
Ausserrojen (Beobachter)	613230	5185074	1833	Hyd. Amt Bozen
Bozen	677473	5151945	254	Hyd. Amt Bozen
Brennerbad	689271	5206060	1330	Hyd. Amt Bozen
Campill (Beobachter)	718954	5169063	1396	Hyd. Amt Bozen
Ciampinoi	711117	5157561	2150	Hyd. Amt Bozen
Clozner Loch	655593	5153087	2165	Hyd. Amt Bozen
Deutschnofen-Oberhof (Beobachter)	685390	5143446	1415	Hyd. Amt Bozen
Eselrücken	759728	5213455	2450	LWD Tirol
Fadner Alm	717838	5200867	2155	Hyd. Amt Bozen
Flitz-Villnöss (Beobachter)	703855	5166779	1350	-
Franzensfeste (Beobachter)	700940	5183893	725	Hyd. Amt Bozen
Gallreideschrofen	677388	5213725	1910	LWD Tirol
Gitschberg	704813	5191314	2010	Hyd. Amt Bozen
Graun-Kurtatsch (Beobachter)	669882	5132053	890	Hyd. Amt Bozen
Gruenboden	660393	5184194	2015	Hyd. Amt Bozen
Innerratschings (Beobachter)	676603	5192883	1260	Hyd. Amt Bozen
Jaufenhaus	677414	5190356	1990	Hyd. Amt Bozen
Jenesien	678615	5156585	1140	Hyd. Amt Bozen
Kasern	737547	5215258	1590	Hyd. Amt Bozen
Klausberg	726329	5206753	2000	Hyd. Amt Bozen
Ladurns *)	680117	5200634	1960	Hyd. Amt Bozen
Latzfons (Beobachter)	694748	5171909	1190	Hyd. Amt Bozen
Lüsen (Beobachter)	711119	5180541	981	-
Madritsch	623901	5150187	2825	Hyd. Amt Bozen
Matsch (Beobachter)	623672	5172466	1570	-
Melag *)	626278	5188418	1915	Hyd. Amt Bozen



Punto di misura	Est [m]	Nord [m]	Quota [m s.l.m.]	Gestore
Meran - Gratsch	663374	5172717	330	Hyd. Amt Bozen
Merbalm	737193	5213916	2006	Hyd. Amt Bozen
Mölten (Beobachter)	672502	5161597	1133	Hyd. Amt Bozen
Obereggen	694558	5138609	1872	Hyd. Amt Bozen
Obereggen Absam	695895	5137598	2125	Hyd. Amt Bozen
Obergurgl Berg - Rosskar	655844	5191672	2680	LWD Tirol
Obermais (Beobachter)	667036	5169455	334	Hyd. Amt Bozen
Pawigl	661472	5165961	1400	Hyd. Amt Bozen
Pens	685253	5183742	1487	Hyd. Amt Bozen
Pfelders	659368	5184629	1620	Hyd. Amt Bozen
Pfinnalp	744722	5192575	2152	Hyd. Amt Bozen
Pfunders	705920	5196174	1159	Hyd. Amt Bozen
Piz la Ila *)	722543	5160892	2050	Hyd. Amt Bozen
Platt	666135	5187742	1147	Hyd. Amt Bozen
Plattkopf	732584	5224002	2220	AHP
Prad (Beobachter)	622271	5164708	900	Hyd. Amt Bozen
Prags - Schmieden (Beobachter)	739104	5178720	1221	Hyd. Amt Bozen
Prettau	735169	5213744	1449	Hyd. Amt Bozen
Radein	684427	5135344	1562	Hyd. Amt Bozen
Rein in Taufers	734582	5203415	1600	Hyd. Amt Bozen
Reinswald (Beobachter)	684582	5174775	1365	Hyd. Amt Bozen
Ridnaun (Beobachter)	675108	5197812	1350	Hyd. Amt Bozen
Riffian (Beobachter)	666919	5174702	500	Hyd. Amt Bozen
Rossalm	737994	5173329	2340	Hyd. Amt Bozen
Rossbaenke	638995	5147999	2255	Hyd. Amt Bozen
Rotwandwiesen	757830	5173296	1910	Hyd. Amt Bozen
Schenna (Beobachter)	667519	5173002	680	Hyd. Amt Bozen
Schlanders Kloster (Beobachter)	635863	5165317	718	Hyd. Amt Bozen
Schlegeis	704916	5212300	1795	AHP
Schlinig (Beobachter)	612672	5173341	1690	-
Schöckbichl	666743	5211338	2520	LWD Tirol
Schoeneben	614326	5184760	2040	Hyd. Amt Bozen
Sexten	756082	5177618	1310	Hyd. Amt Bozen
St.Kassian (Beobachter)	725031	5161428	1545	-



Punto di misura	Est [m]	Nord [m]	Quota [m s.l.m.]	Gestore
St.Leonhard in Passeier	671444	5186398	644	Hyd. Amt Bozen
St.Magdalena in Gsies (Beobachter)	747058	5191923	1403	-
St.Martin in Passeier (Beobachter)	670061	5183425	588	Hyd. Amt Bozen
St.Ulrich (Beobachter)	704819	5161302	1180	Hyd. Amt Bozen
Stausee Neves	712137	5202415	1860	Hyd. Amt Bozen
Stausee Olang (Beobachter)	733188	5182994	1057	Hyd. Amt Bozen
Stausee St.Pankraz (Beobachter)	657547	5158867	810	Hyd. Amt Bozen
Stausee Zoggl-St.Walburg	652588	5156180	1142	Hyd. Amt Bozen
Stausee Zufritt (Beobachter)	632345	5152056	1851	Hyd. Amt Bozen
Stern im Gadertal (Beobachter)	722718	5163002	1390	Hyd. Amt Bozen
Stillup	719161	5221477	1130	AHP
Stutzenalm	704653	5200382	2050	Hyd. Amt Bozen
Teufelsegg	634696	5182751	3035	Hyd. Amt Bozen
Traminalm	689061	5185368	2100	Hyd. Amt Bozen
Tuxerjoch Schneestation	700995	5219002	1841	-
Unterfennberg (Beobachter)	667916	5126535	1060	Hyd. Amt Bozen
Vent - Vorderegg	646413	5193003	2200	LWD Tirol
Vernagt Finail	639220	5178015	1950	Hyd. Amt Bozen
Völs am Schlern (Beobachter)	692236	5154144	840	-
Vorderkaser (Beobachter)	647199	5177530	1705	Hyd. Amt Bozen
Waidmannalm	673838	5172677	2040	Hyd. Amt Bozen
Wehr in Pfitsch (Beobachter)	692204	5199923	1365	Hyd. Amt Bozen
Weissbrunn	640450	5149805	1890	Hyd. Amt Bozen
Weisssee2	630682	5192560	2480	AlpS

**) Stazione spostata nel corso del tempo, ma ad una distanza ridotta tale da poter essere assimilata alla stessa posizione ai fini pratici delle presente elaborazione*

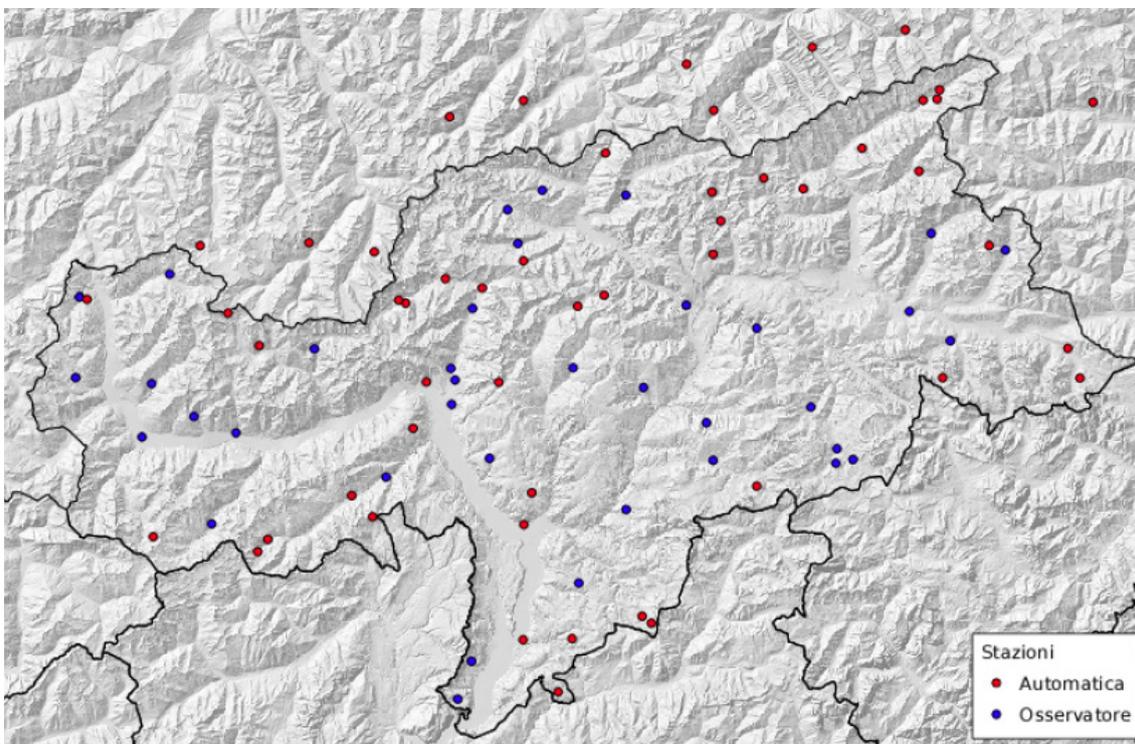


Fig. 1: Distribuzione spaziale punti di misura di HS

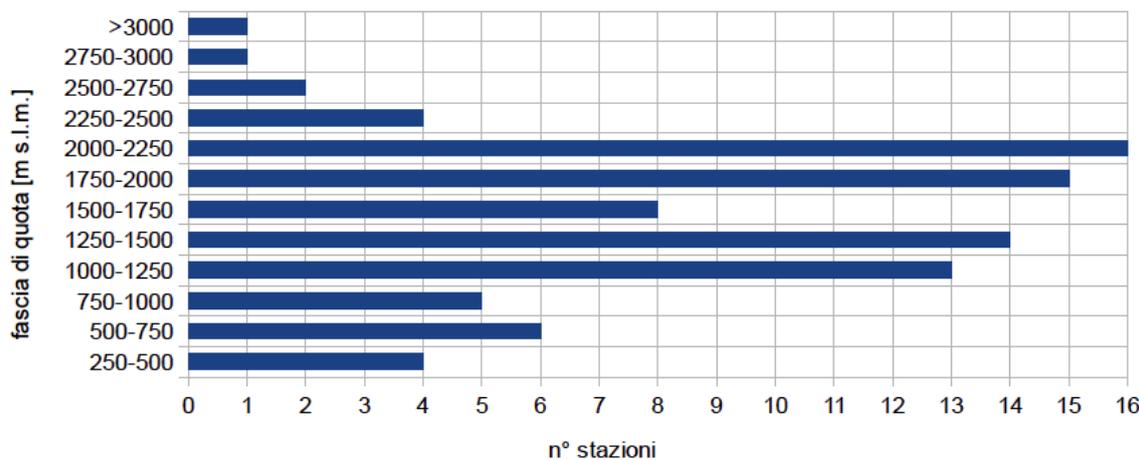


Fig. 2: Distribuzione verticale dei punti di misura sulla quota



3.2. Carte satellitari

La seconda tipologia di dati di input che può opzionalmente essere fornita al software SnowMap è costituita da carte satellitari che forniscono la copertura nevosa. I dati sono forniti con cadenza giornaliera dall'Istituto di Telerilevamento dell'EURAC all'Ufficio Idrografico in formato matriciale, con una codifica che consente di distinguere 4 classi:

- area non coperta da neve
- area coperta da neve
- area coperta da nuvole (quindi informazione non derivabile)
- dato non valido

Una volta importate nel software le mappe vengono visualizzate come esemplificato in Fig.3 . Le carte sono fornite giornalmente in 3 elaborazioni distinte:

- mappa giornaliera
- mappa composita su 8 giorni
- mappa composita su 16 giorni

La prima è quella che tipicamente contiene una percentuale più elevata di dati non validi o copertura nuvolosa; le mappe composite hanno invece una percentuale maggiore di dati validi in quanto nella generazione si sfruttano le informazioni dei giorni precedenti per colmare le lacune locali della mappa del giorno corrente. Pertanto non si tratta di medie su 8 / 16 giorni ma di mappe del giorno corrente corrette dove necessario con un filtro pesato sui giorni antecedenti. Si reputa quindi che sia generalmente una scelta sensata quella di importare le mappe composite; la scelta fra 8 e 16 giorni è quasi indifferente perché – come si è potuto verificare – il contenuto informativo è pressoché uguale. Il criterio analitico adottato per la selezione della mappa da utilizzare per ogni singolo giorno è “quella con maggiore copertura di dati e a parità di questo parametro quella calcolata su lasso temporale minore”. Per automatizzare la procedura è stato scritta una piccola utility denominata sca_calc.exe (fornita insieme agli allegati elettronici) che può essere eseguita da un prompt di comandi DOS iterativamente su tutte le mappe da analizzare, restituendo la percentuale di celle della griglia con valori validi, non validi (o nuvole, che allo scopo dell'analisi equivalgono a dati non validi). Il programma va eseguito fornendo il comando:

```
sca_cal.exe mappa_satellitare_YYYY-MM-DD.txt
```

In allegato è presente anche un foglio di calcolo contenente il riassunto delle percentuali di dati validi contenute nei set di 3 mappe giornaliere su tutto il periodo analizzato. In Fig. 4 è riportato un esempio di post-elaborazione grafica eseguita a valle del calcolo delle percentuali di copertura.

Per alcune giornate e periodi alcune delle mappe o compositi erano mancanti per cui lo stesso criterio è stato naturalmente ridotto ai soli file presenti.



In generale si può dire che la mappa giornaliera sarebbe quella che meglio rappresenta senza artefatti generati dall'algoritmo di composizione lo stato ultimo della copertura nevosa e questo sarebbe particolarmente importante per i periodi con forte variazione del manto, come il caso di un fronte di nevicata. Tuttavia va considerato che in quest'ultimo caso la mappa giornaliera è tipicamente marcata come copertura nuvolosa su tutta la zona di nevicata (e oltre) e quindi non consente di distinguere la situazione a terra. Pertanto anche in questo caso funziona comunque meglio, seppure con qualche approssimazione, la mappa composita.

Va anche ricordato che la mappa satellitare fornisce un'informazione qualitativa di tipo 0/1 (o in altre parole neve / no neve), mentre per il quantitativo si deve fare naturalmente fare riferimento ai dati dei nivometri. Pertanto il vero ausilio che essa fornisce è nel riconoscere il limite inferiore della neve, al di sotto del quale la fase di interpolazione di HS e SWE i valori rispettivi vengono semplicemente posti a zero. Questa informazione è in sé molto preziosa, perché da una parte evita artefatti non verosimili dell'interpolatore su valori molto contenuti dello spessore del manto nevoso e dall'altro dà già un'immagine spazializzata dell'area di copertura nevosa. Sulle quote alte il fatto di sapere che esiste copertura nevosa è invece di ausilio minore. Esiste anche una modalità interattiva per la gestione delle mappe satellitari, che consiste nell'attivare o disattivare alcuni punti di controllo al suolo che si comportano come "stazioni virtuali" e vengono considerati nell'interpolazione verticale del profilo di $HS=f(h)$. I suddetti punti di controllo sono purtroppo non posizionabili lato utente ma sono preimpostati e localizzati lungo il fondo delle valli. Il sistema può essere di aiuto, ma soffre comunque di due limitazioni:

- Il programma non tiene traccia di quali punti sono stati (de)selezionati e per quali giorni di simulazione, per cui è necessario prestare molta attenzione e/o tenere traccia esternamente delle scelte eseguite
- Il fatto che i punti di controllo siano a quote relativamente basse serve naturalmente a migliorare il posizionamento del limite inferiore delle neviccate, ma si rivela effettivamente utile solo nel caso in cui ci sia discordanza tra il dato della stazione e quello della mappa satellitare nella cella in cui ricade la stazione. Nei casi di concordanza con assenza di neve in entrambi gli input la differenza che si ottiene con l'utilizzo dei punti di controllo è trascurabile.

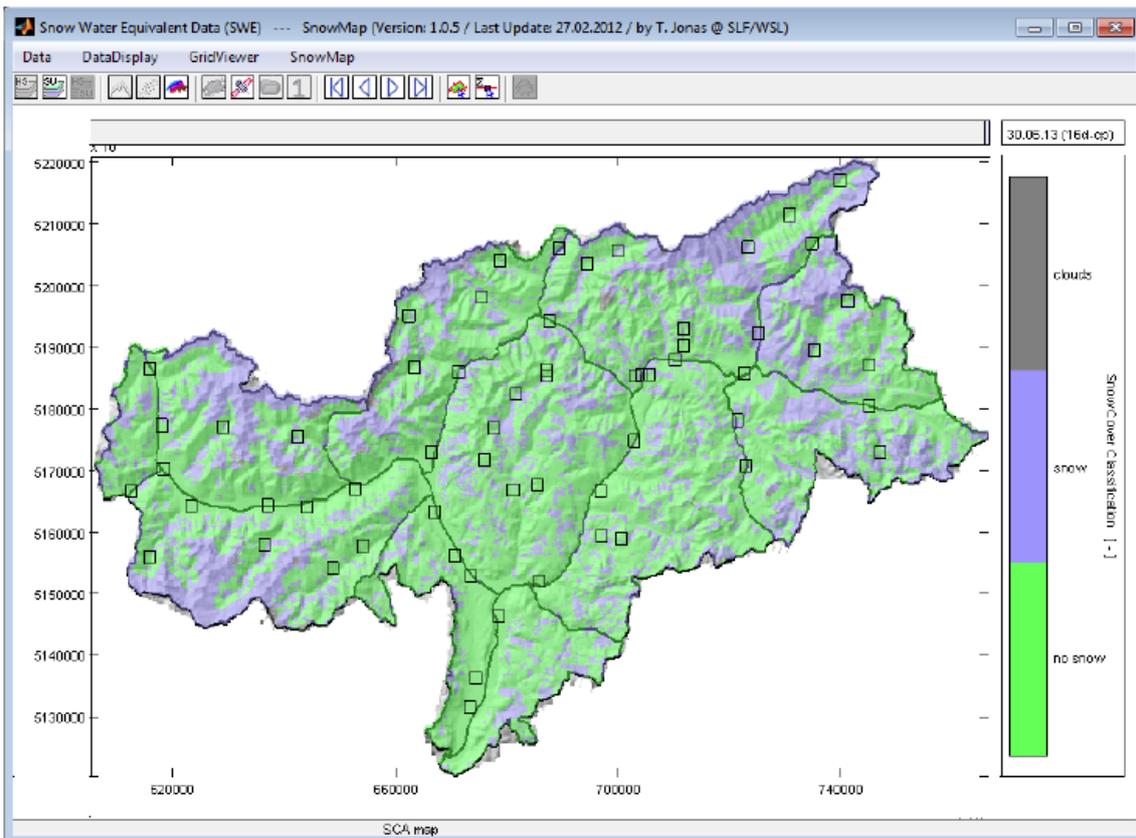


Fig. 3: Visualizzazione di mappa satellitare all'interno di SnowMap

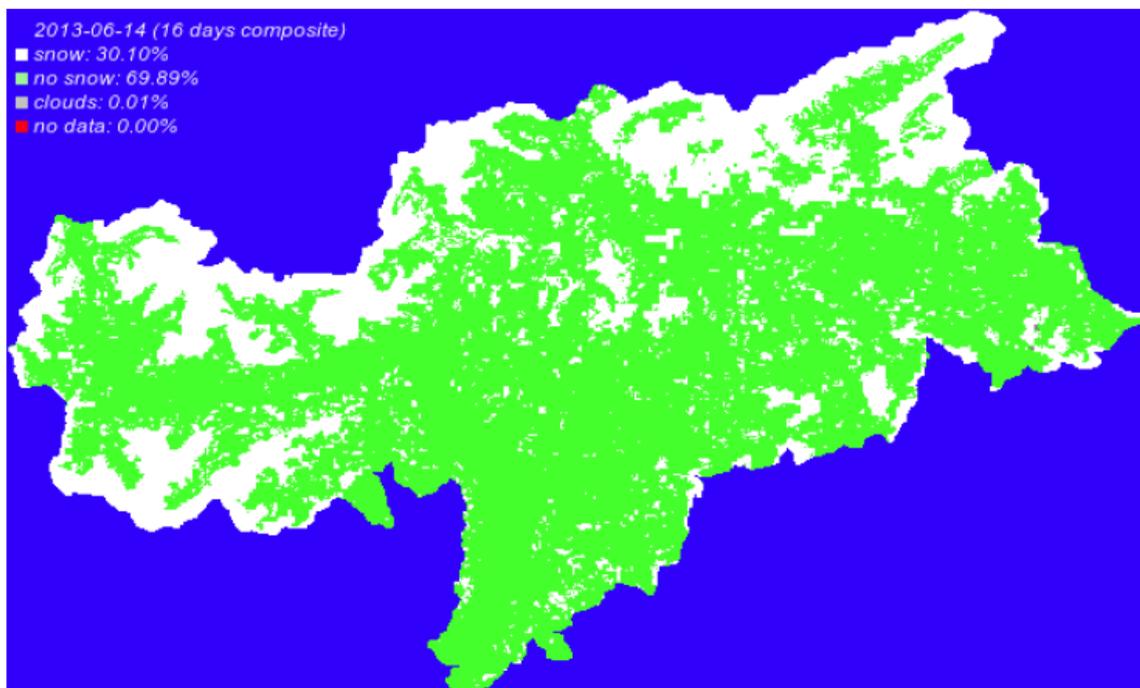


Fig. 4: Esempio di mappa satellitare elaborata, in cui è rappresentata in bianco l'area coperta da neve e in verde quella scoperta



4. Calcolo

4.1. Validazione dati

Una volta importati tutti i dati (altezza di neve nei punti di misura e copertura nevosa da mappa satellitare) si passa alla fase più delicata che è quella della validazione dei dati. Per quanto riguarda i dati satellitari la marcatura dei dati non validi è già presente nel file fornito da EURAC, pertanto l'unica operazione aggiuntiva che può essere fatta è la scelta di selezionare o deselezionare l'utilizzo del dato di copertura, limitatamente ai singoli punti di controllo.

Con riferimento ai dati di HS va invece effettuata una procedura di marcatura di dati non validi o correzione dove possibile. Il file *.zrx che viene importato prevede in realtà già un marcatore di dato non valido e i record corrispondenti vengono automaticamente scartati dal software. Esistono tuttavia delle casistiche in cui un dato non realistico supera la fase di validazione automatica ed è necessario eliminarlo o correggerlo. Gli errori facilmente individuabili sono valori negativi di HS o valori prossimi a zero di nivometri automatici posizionati su campo erboso che vengono ingannati durante i mesi estivi dalla crescita dell'erba o altri effetti ottici. Nonostante si tratti per la maggior parte dei casi di errori molto piccoli in valore assoluto, sono abbastanza ben individuabili da un operatore e si ritiene che essi vadano manualmente rimossi per evitare che nella fase successiva dell'interpolazione questi errori vengano propagati nell'area circostante. In altre parole andrebbe evitato che singoli errori puntuali, ancorché poco significativi dal punto di vista quantitativo, possano degradare il risultato anche nell'intorno della cella di misura.

Esiste poi un'altra tipologia di errore, non sempre facile da individuare, che consiste in picchi anomali di HS presenti in singoli punti di misura e per tempo limitatissimo (1-2 giorni). Nei (rari) casi in cui il valore di HS era realistico ma tutte le stazioni intorno non mostravano un trend di crescita improvvisa (nevicata) si è scelto di rimuovere il dato sostituendolo con l'interpolazione dei valori dalle stazioni più prossime, usando l'apposita funzione presente in SnowMap. Al fine di non toccare eccessivamente i dati ed evitare di eliminare dati effettivamente reali, questa operazione è stata effettuata solo in presenza di pattern marcatamente anomali (es. apparente nevicata di 30 cm in un'unica stazione e scioglimento immediato della medesima quantità il giorno successivo).

Un esempio del risultato di questa procedura, che in SnowMap può essere effettuata tramite una comoda interfaccia grafica, è raffigurata in Fig. 5: le varie linee rappresentano gli andamenti temporali di HS per ogni singola stazione. Le operazioni possono essere effettuate per gruppi di stazioni o per singolo punto, selezionando quelli di interesse dalla lista sulla destra. La procedura di validazione dei dati va eseguita solo sul parametro HS, poiché quello derivato SWE, essendo funzione del primo, tiene implicitamente traccia delle operazioni effettuate. Pertanto, una volta eseguito il controllo dei dati e selezionata la vista relativa all'equivalente in acqua, compaiono a schermo le curve corrispondenti (si veda esempio in Fig. 6)

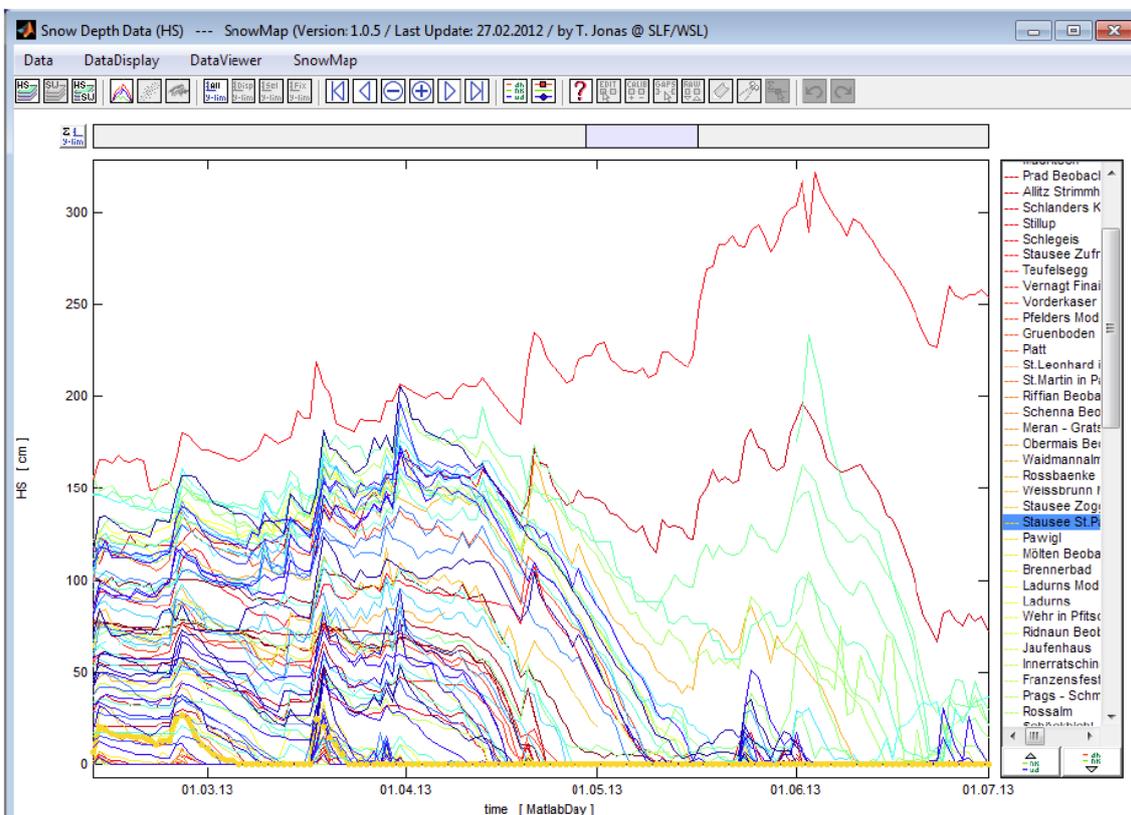


Fig. 5: Esempio di serie temporali di HS

4.2. “Snow Water Equivalent”

Il calcolo dell’equivalente in acqua avviene selezionando, nel programma,, l’icona “HS-SWE” (terza da sinistra nel menu). Nella configurazione usata è stato adottato il modello di calcolo denominato “vs2011”, selezionabile tramite il comando SnowMap > Preferences. Il calcolo dell’equivalente in acqua esegue una conversione del dato giornaliero di altezza di neve HS [cm] in quello di equivalente in acqua SWE [mm] separatamente per ogni stazione. Il calcolo tiene parzialmente memoria dello storico dei giorni precedenti, di fatto inserendo un effetto di “smoothing” nella conversione HS → SWE. Si può infatti osservare come gli andamenti di HS e SWE nel tempo siano analoghi, ma con meno oscillazioni per il secondo parametro. Pertanto il fattore di conversione non è costante ma dipendente dalla HS medesima. Per valori alti di HS (indicativamente maggiori di 20 cm) il fattore moltiplicativo per passare da altezza di neve [cm] ad equivalente in acqua [mm] risulta di circa 4; non è tuttavia esplicitata nel manuale la formulazione dell’algoritmo adottato.



Rimane comunque evidente che il calcolo di SWE può dipendere solamente da HS in funzione del tempo, dal momento che altri input che influenzerebbero lo scioglimento nivale (temperatura, esposizione del versante) non sono tenuti in conto dal software SnowMap. Nonostante questa approssimazione il risultato in termini di SWE appare del tutto ragionevole, con esclusione delle condizioni in cui il manto nevoso è molto ridotto (pochi cm).

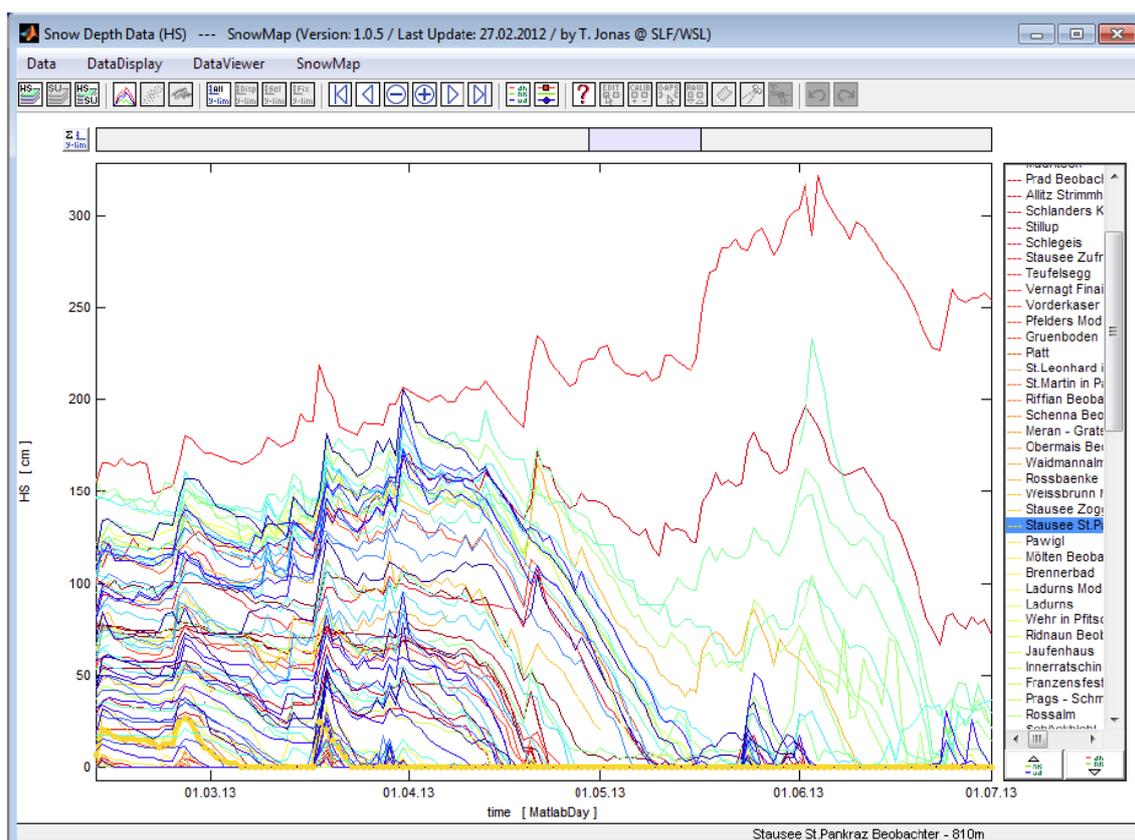


Fig. 6: Esempio di serie temporali di SWE

4.3. Interpolazione dei dati sulla verticale

Sia per il parametro HS che per SWE il secondo passo nel calcolo della distribuzione del manto nevoso e del suo equivalente in acqua consiste nella generazione di una curva interpolante in funzione della quota. Questa operazione viene attivata selezionando all'interno della finestra del software il comando "DataDisplay > Select display mode > GeoInterpolate mode". Si ottiene un grafico che è composto dalla composizione di due funzioni con forma "sigma", quindi un valore nullo per le quote più basse, una crescita monotona fino ad una quota intermedia, un gradino seguito da una ulteriore crescita ed infine un plateau sopra una quota superiore che si attesta intorno ai 2500-3000m. Si tratta di una interpolazione multiparametrica in cui la forma della funzione $HS=f(h)$ e $SWE=f(h)$ è prefissata e non può essere variata dall'utente, mentre viene adattata quantitativamente per ogni set di dati giornalieri.



Nell'attuazione di questo calcolo i valori non validi di HS e SWE non vengono utilizzati per l'interpolazione mentre i dati delle carte satellitari nei punti di controllo sono utilizzati per forzare a zero il valore di HS sotto il limite della neve e invece imporre l'interpolazione di valori nivometrici nelle aree indicate come coperte.

In Fig. 7e 8 sono riportati due esempi della finestra di calcolo della funzione interpolante lungo la verticale, rispettivamente per HS e SWE.

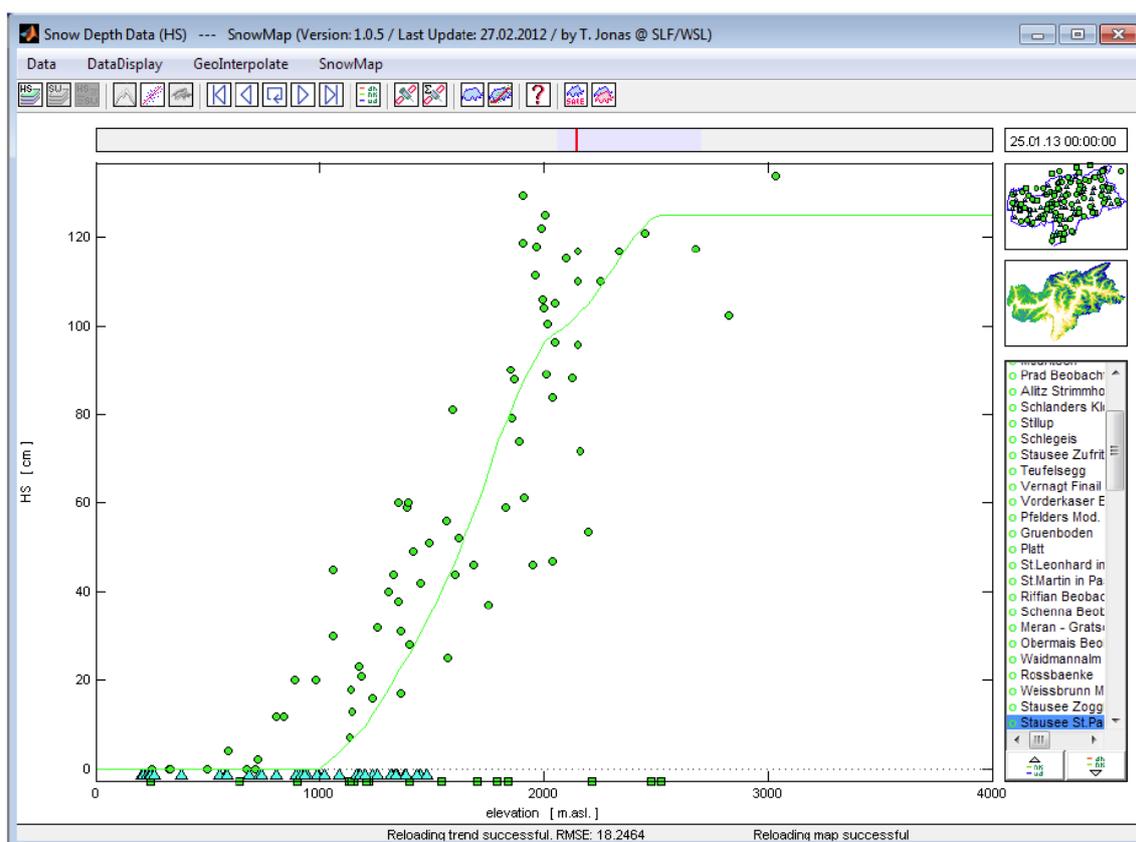


Fig. 7: Esempio di interpolazione verticale della funzione $HS=f(h)$

Il calcolo va eseguito per ogni singolo set giornaliero di dati, avanzando in maniera sequenziale con i pulsanti “avanti” e “indietro” lungo l’asse temporale in corrispondenza di tutte le date in cui sia disponibile l’informazione sulla misura di HS e relativo alle carte satellitare. Bisogna notare che il programma, anche in condizioni di scarsità di dati, tenta comunque di calcolare un risultato; questo avviene anche se la mappa satellitare di copertura nevosa è assente per quel giorno (viene usata la più vicina lungo l’asse temporale) e/o i dati di HS sono pochi. Per alcune giornate caratterizzate da scarse informazioni il risultato, per quanto comunque fornito, risulta di dubbia validità. Questo accade specialmente nei mesi luglio-dicembre 2011 (in cui la copertura delle mappe satellitari è assente o molto bassa) e nei mesi maggio-giugno 2014 in cui risultano come dati non validi un numero non trascurabile di valori di HS.

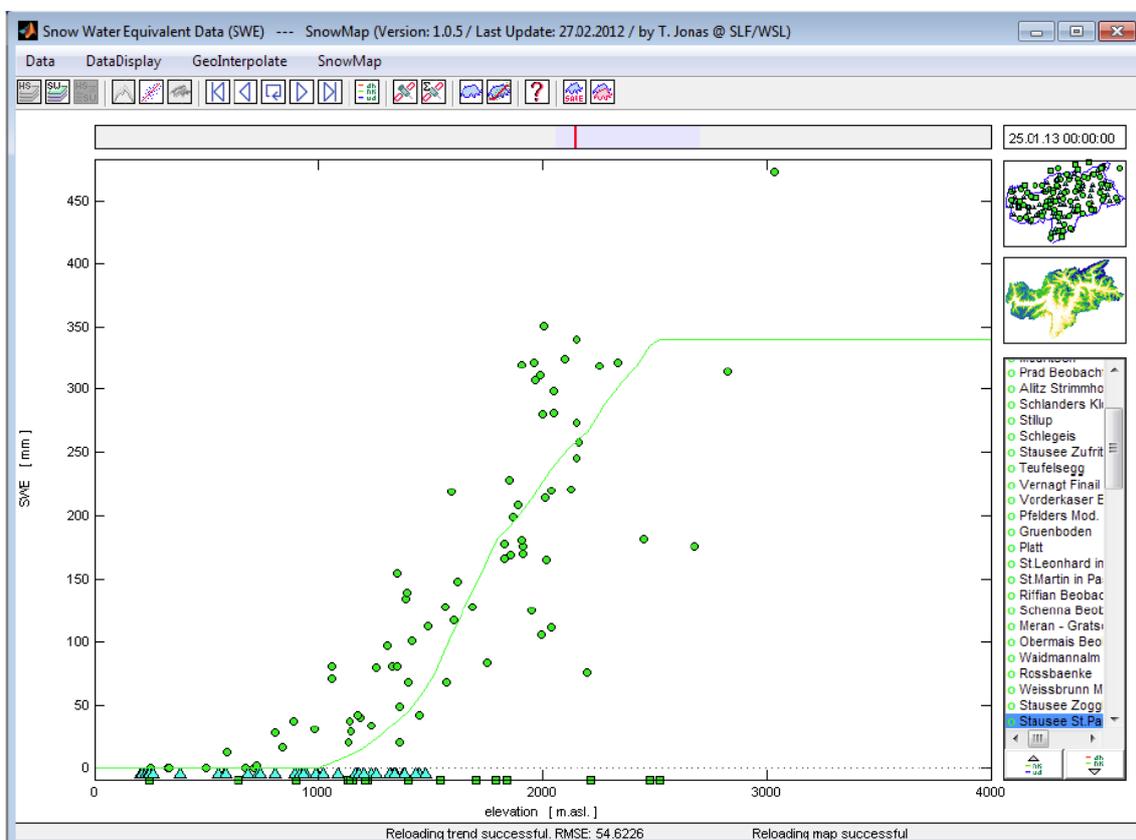


Fig. 8: Esempio di interpolazione verticale della funzione $SWE=f(h)$

Questa scelta permette una elevata robustezza dell’algoritmo, in quanto esso fornisce in tutte le condizioni un risultato di distribuzione sulla verticale, anche in caso di pochi dati di input. D’altra parte questo sistema introduce una forte approssimazione per quanto riguarda due aspetti:

- Il valore costante sopra una certa quota risulta poco verosimile. È pur vero che l’errore avviene a quote elevate dove non ci sono molti dati misurati ed alle quali lo scioglimento nivale è molto più ristretto temporalmente nel corso dell’anno e quindi meno importante sui bilanci complessivi. In ogni caso l’effetto netto è verosimilmente una sottostima dei volumi di scioglimento nivale a quote molto elevate.
- L’utilizzo di un’unica funzione interpolante in direzione verticale su tutto il territorio provinciale tende “spalmare” la variabilità orizzontale. Nonostante l’interpolazione su griglia sull’orizzontale (paragrafo successivo) serva proprio a tenere conto di questa variabilità l’effetto netto è una parziale omogenizzazione delle quote di neve su tutto il territorio. Pertanto il pattern di nevicate su aree parziali della Provincia visibile dai dati di nivometri viene in parte alterato mostrando un limite netto sulla direzione verticale ma non sull’orizzontale, Il comportamento dell’algoritmo è peraltro mediamente ragionevole ma non sempre rispondente all’accaduto in casi particolari.



4.4. Interpolazione dei dati su griglia

L’ultimo passo nella generazione delle mappe di HS e SWE è ottenibile tramite il comando “DataDisplay > Select display mode > GeoGrid mode”. Esso attiva l’algoritmo di interpolazione su griglia regolare tramite un filtro gaussiano quasi-3D, ovvero 2D nelle direzioni x/y e che tiene conto della variabilità sulla quota come calcolata al passo precedente. In altre parole, dal punto di vista logico, la procedura equivale a riportare i valori misurati di HS ad un’altezza di riferimento tramite la funzione $HS=f(h)$, interpolare su griglia sul piano e poi riportare l’altezza di neve di ogni cella all’effettiva quota del punto di griglia. La stessa procedura si applica distintamente per il parametro SWE.

Il passo di griglia delle mappe utilizzato è di 250m, valore ritenuto sensato e adeguato per questo tipo di elaborazione. Il calcolo potrebbe essere effettuato anche a risoluzione di 500m o 1000m (con l’unico vantaggio di ridurre i tempi di elaborazione e l’uso di memoria da parte del software), ma questa impostazione non è gestibile lato utente, bensì può essere variata solo dagli sviluppatori del programma impostandola nel file di sessione *.smp.

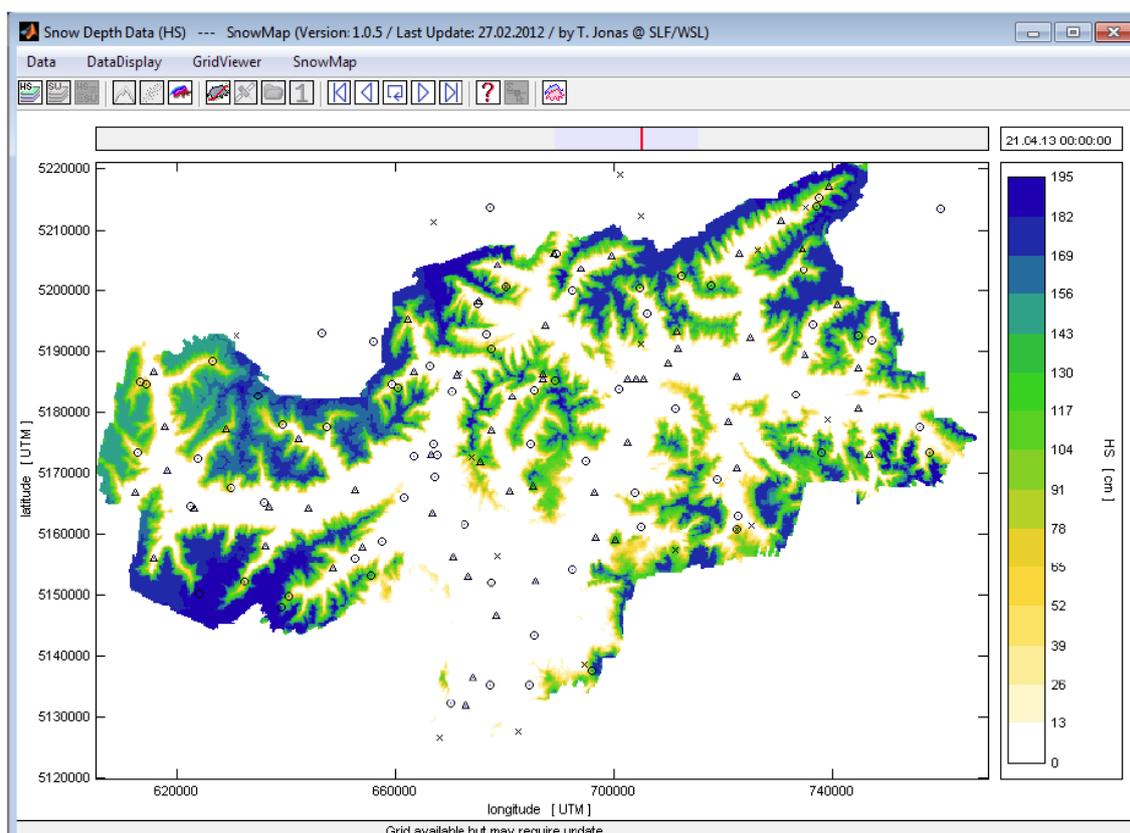


Fig. 9: Esempio di mappa interpolata di HS

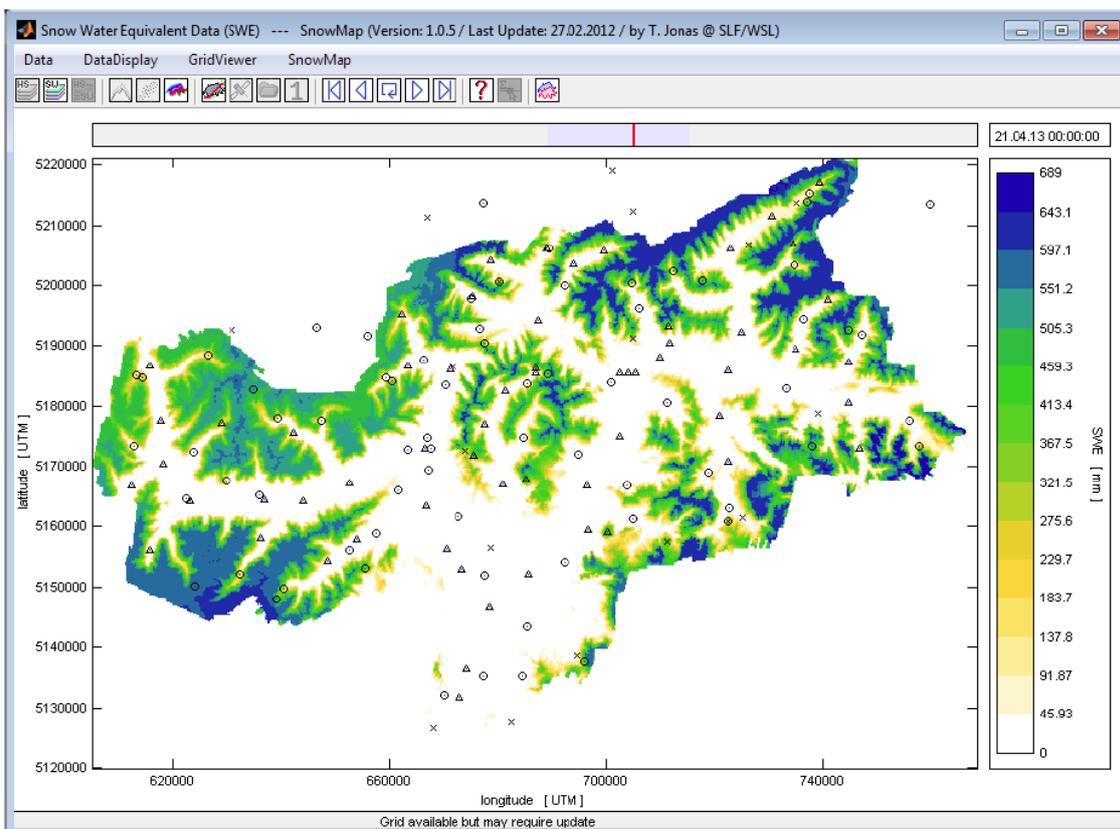


Fig. 10: Esempio di mappa interpolata di SWE

In Fig. 9 e 10 sono riportati due esempi della finestra di calcolo della interpolazione su griglia sull’intero territorio della provincia, rispettivamente per HS e SWE. I simboli indicano i punti di misura ed i punti di controllo delle immagini satellitari. Va evidenziato che le stazioni fuori dai confini provinciali sono usati per il calcolo ma i loro valori non sono poi esportati dal programma SnowMap. L’algoritmo di spazializzazione su griglia si comporta come un interpolatore esatto (a meno di arrotondamenti dell’ordine del centimetro); ovvero restituisce, all’interno della cella in cui esiste un punto misurato, il valore medesimo.



5. Creazione delle mappe

5.1. Esportazione ASCII Grid

Le mappe risultanti sono esportate in formato Arcinfo ASCII Grid per le variabili HS e SWE per ognuno dei giorni di simulazione tra il 01/07/2011 e il 30/06/2014. Il nome del file tiene traccia della data di riferimento; i nomi sono rispettivamente (comprensivi della directory in cui sono contenuti):

hs/asc/hs.YYYY-MM-DD-00-00-00.asc

swe/asc/swe.YYYY-MM-DD-00-00-00.asc

Il formato ASCII Grid è un formato testo leggibile tramite editor di testo o software GIS, che riporta nell'intestazione i metadati relativi alla georeferenziazione della matrice calcolata. Nello specifico l'intestazione di questi file è la seguente:

```
ncols          654
nrows          405
xllcorner      604875
yllcorner      5119875
cellsize       250
NODATA_value  -999
```

Le prime due righe indicano righe e colonne della matrice, la terza e la quarta rispettivamente le coordinate piane (espresse in m) in direzione Est e Nord dell'angolo in basso a sinistra; segue la dimensione della cella (250m) e il marcatore di dato non valido.

5.2. Conversione in formato GeoTiff e PNG

I file ASCII Grid sono stati convertiti in formato GeoTiff utilizzando le librerie GDAL. Questo formato non altera il contenuto informativo precedente ma permette di mostrare la matrice con un normale visualizzatore di immagini oltre che con un software GIS. La peculiarità del GeoTiff rispetto ad un'immagine Tiff semplice è che esso contiene anche i parametri di georeferenziazione consentendo il suo corretto posizionamento nello spazio. Inoltre il GeoTiff è stato generato usando una palette con colori facilmente distinguibili in funzione della variabile rappresentata (HS e SWE). Nella seguente tabella sono riportati i codici colore usati ed il corrispondente valore di HS / SWE.



Tab. 2: Codici colore adottati per le legende delle mappe di HS e SWE

Red	Blue	Green	SWE	HS [cm]
255	255	255	4	1
255	255	185	20	5
255	226	78	40	10
168	255	148	120	30
63	218	44	200	50
38	255	255	320	80
38	140	255	480	120
38	38	166	640	160
146	38	146	800	200
241	47	255	1000	250
255	136	38	1200	300
168	125	82	1400	350
255	38	38	2800	700

Un’esportazione analoga è stata fatta nel formato grafico PNG, con la stessa mappa colori, inserendo la legenda nell’immagine nonché le label relative all’altezza del manto nevoso in corrispondenza di ognuno dei punti di misura a terra. Un esempio è riportato nella figura seguente.

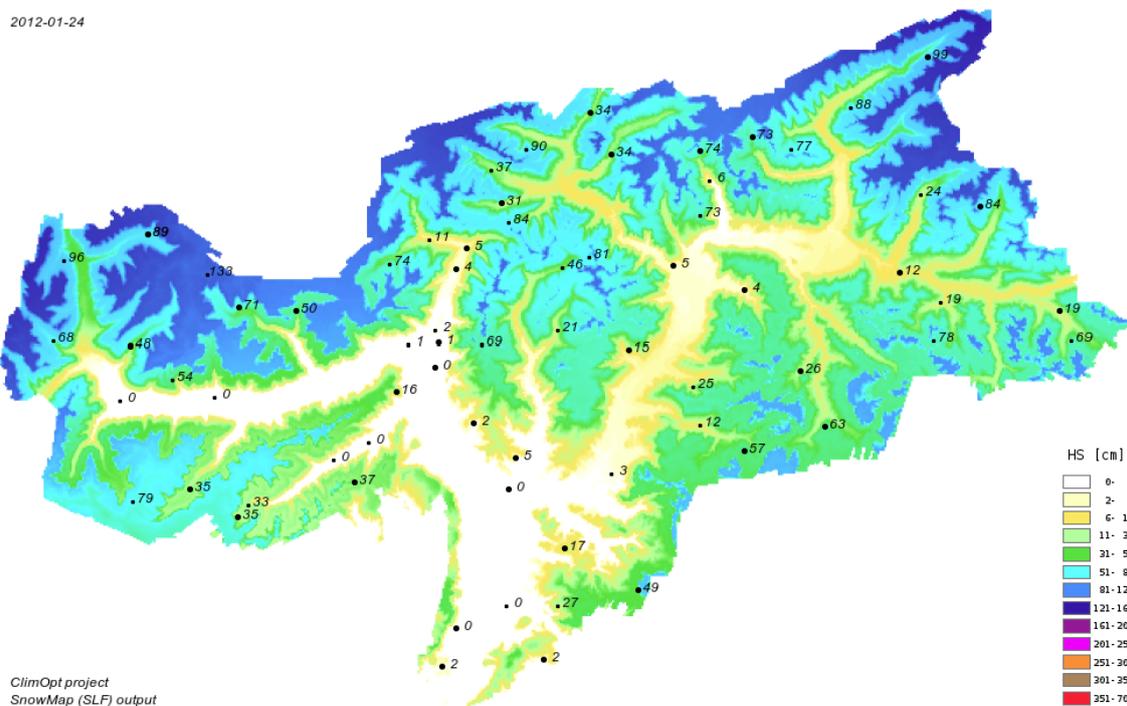


Fig. 11: Esempio di mappa di HS in formato PNG, con legenda



In analogia a quanto fatto per le mappe ASCII Grid le immagini sono state salvate con nomi file che indicano il giorno di riferimento, in cartelle corrispondenti al formato GeoTiff e PNG:

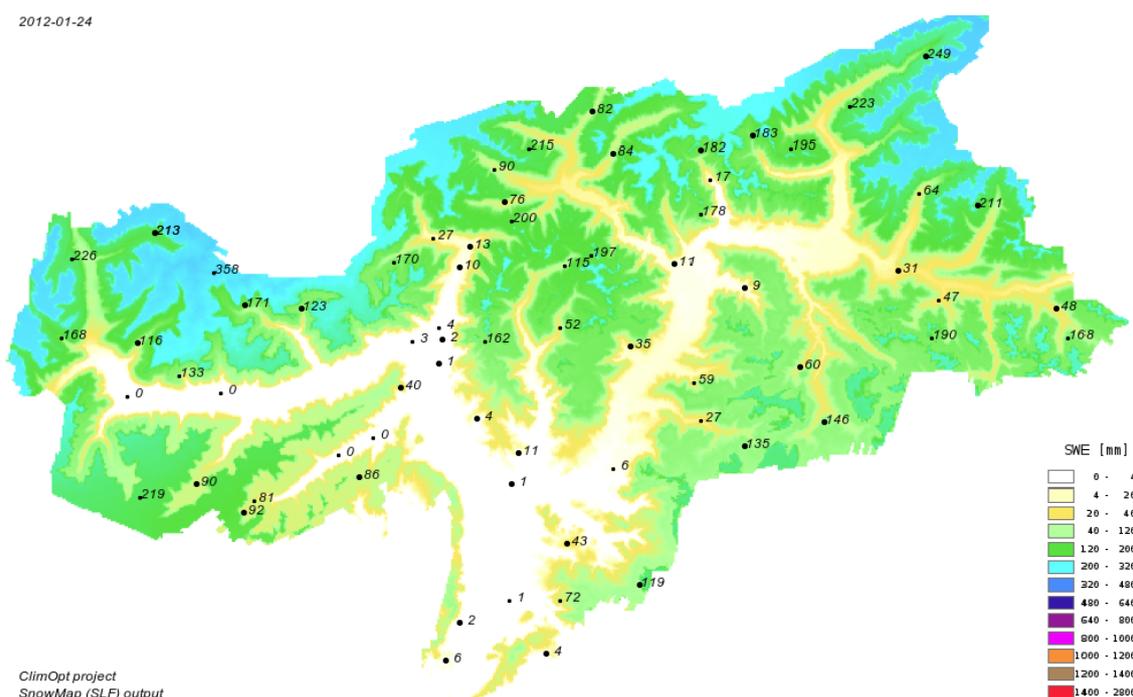
hs/tif/hs.YYYY-MM-DD-00-00-00.tif

swe/tif/swe.YYYY-MM-DD-00-00-00.tif

hs/png/hs.YYYY-MM-DD-00-00-00.png

swe/png/swe.YYYY-MM-DD-00-00-00.png

2012-01-24



ClimOpt project
SnowMap (SLF) output

Fig. 12: Esempio di mappa di SWE in formato PNG, con legenda

5.3. Calcolo delle mappe di neve con / senza dati osservatori

Come già sopra accennato parte dei punti di misura sono rappresentati non da nivometri automatici bensì da rilevazione manuali eseguite da operatori. Complessivamente sull'intera base dati disponibile si tratta di 34 luoghi di misura gestiti manualmente su 89 (in realtà il numero di dati da osservatori è variato nel corso del tempo, 34 è il numero massimo deducibile dai record storici). Questa informazione è preziosa perché va a integrare l'informazione fornita tramite strumentazione automatica, specialmente nelle fasce di quota inferiore dove questi ultimi sono più radi. Tuttavia la comunicazione dei dati degli operatori avviene non in tempo reale ma con alcuni giorni di ritardo rispetto agli strumenti automatici; nell'ipotesi di utilizzo del software SnowMap in maniera operativa (giorno per giorno) si pone quindi il problema di



eseguire il calcolo in assenza – perlomeno all'istante corrente - di circa 1/3 dell'informazione potenzialmente disponibile. Si è quindi verificata la risposta del software all'utilizzo con un set di dati inferiori non comprendente i valori forniti dagli osservatori.

Per simulare questo comportamento nella base dati su cui è stato eseguito il test tutti i dati da osservatori sono stati forzati a valore non valido, in maniera da escluderli dal calcolo. Un primo run è stato effettuato su due mesi (maggio – giugno 2014); poiché però in questo periodo i dati da osservatori presenti come dato valido erano comunque ridotti, si è preferito estendere il confronto al semestre gennaio – giugno 2014 per includere anche giornate con un numero significativo di dati da osservatore, in maniera da valutare il comportamento dell'algoritmo con una significativa differenza dell'input.

Sono state prodotte le mappe con la stessa procedura sopra esposta avendo avuto cura di eliminare le serie storiche rilevate manualmente.

I set di mappe sono analoghi e indicati con i nomi dei file comprendenti il suffisso "noobs"; i seguenti set di file sono quindi disponibili per il periodo 01/01/2014 – 30/06/2014:

```
hs/asc_noobs/hs.YYYY-MM-DD-00-00-00_noobs.asc  
swe/asc_noobs/swe.YYYY-MM-DD-00-00-00_noobs.asc  
hs/tif_noobs/hs.YYYY-MM-DD-00-00-00_noobs.tif  
swe/tif_noobs/swe.YYYY-MM-DD-00-00-00_noobs.tif  
hs/png_noobs/hs.YYYY-MM-DD-00-00-00_noobs.png  
swe/png_noobs/swe.YYYY-MM-DD-00-00-00_noobs.png
```

Per il periodo esaminato sono state quindi prodotte le mappe delle differenze fra i risultati ottenuti con tutti punti di misura (stazioni automatiche e osservatori) e quelli ottenuti dai soli nivometri. Le mappe delle differenze sono disponibili sia per HS (cm) che per SWE (mm), con lo schema analogo a quello degli altri file, ma utilizzando il suffisso "diff":

```
hs/asc_diff/hs.YYYY-MM-DD-00-00-00_diff.asc  
swe/asc_diff/swe.YYYY-MM-DD-00-00-00_diff.asc  
hs/tif_diff/hs.YYYY-MM-DD-00-00-00_diff.tif  
swe/tif_diff/swe.YYYY-MM-DD-00-00-00_diff.tif  
hs/png_diff/hs.YYYY-MM-DD-00-00-00_diff.png  
swe/png_diff/swe.YYYY-MM-DD-00-00-00_diff.png
```

In Fig. 13 e 14 sono riportati due esempi di calcolo di HS rispettivamente con e senza l'utilizzo dei dati rilevati dagli osservatori. La Fig. 15 rappresenta la differenza tra le due precedenti mappe. Ciò che si può osservare è che si hanno differenze non trascurabili in alcune aree, ma specialmente sulla fascia altimetrica relativamente più bassa dove sono più concentrati gli osservatori. Le differenze vanno da pochi centimetri nella maggior parte dei casi fino a 20-30 cm nelle posizioni con meno informazioni. Si nota sistematicamente nelle mappe delle differenze una netta variazione vicino al limite della neve. La questione si è rivelata in realtà complessa e non generalizzabile, perché il pattern in oggetto è dato dalla combinazione dell'utilizzo delle mappe satellitari e dell'attivazione/deattivazione di misure da osservatori nel caso queste siano in prossimità del limite della neve.



2014-02-03

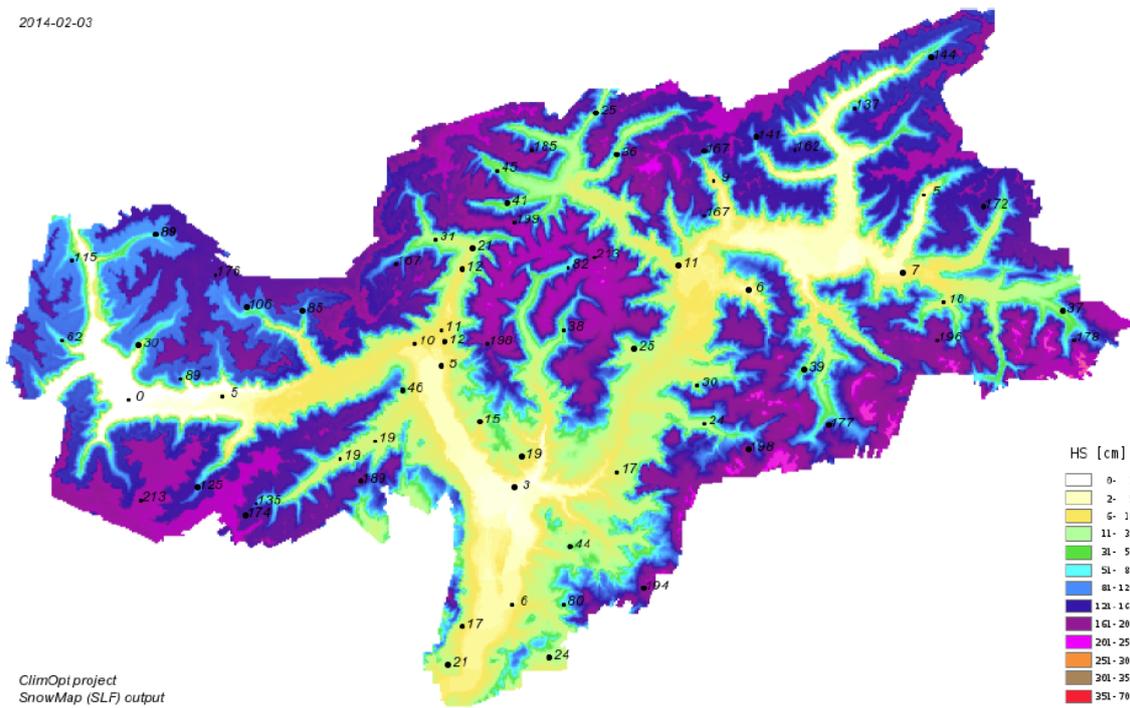


Fig. 13: Esempio di mappa di HS calcolata con tutti i dati disponibili

2014-02-03

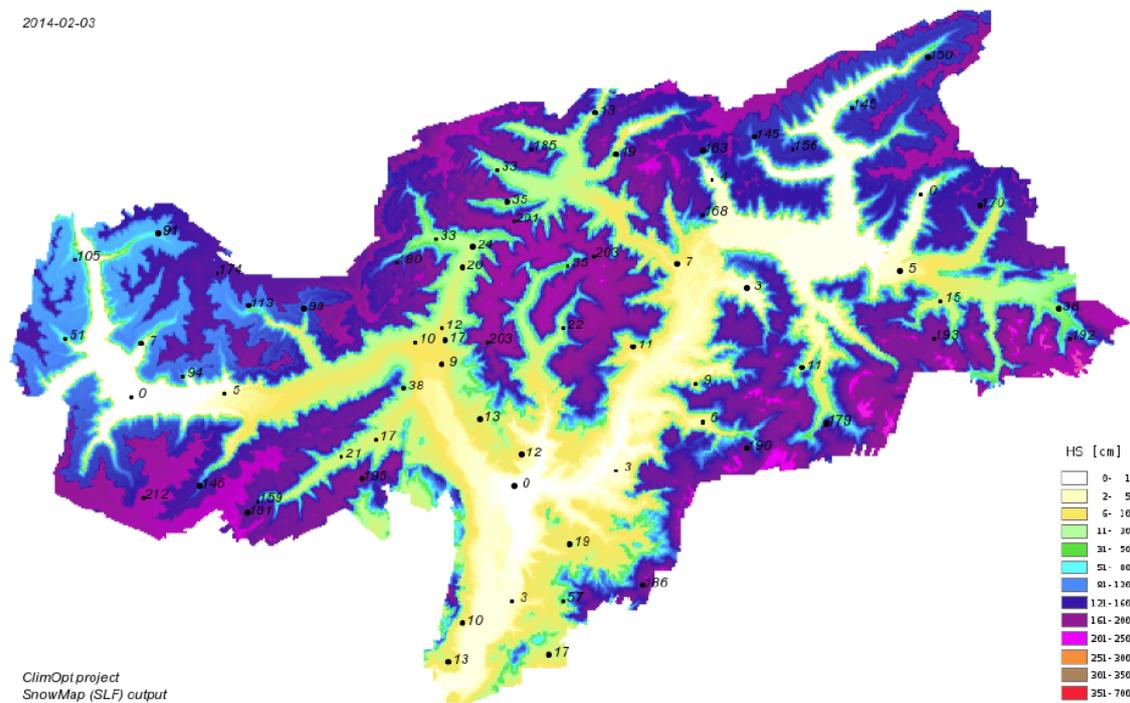


Fig. 14: Esempio di mappa di HS calcolata escludendo i rilievi manuali degli osservatori



Ci sono ovviamente giorni in cui la differenza tra l’usare o meno il dato di HS degli osservatori è molto contenuto su tutto il territorio, e questo avviene in primavera man mano che il limite di neve si alza e quindi l’utilità di questa informazione aggiuntiva viene meno in quanto ben sostituita dall’informazione satellitare. Tuttavia, come indicazione generale, si può affermare che l’utilizzo combinato di strumenti automatici ed osservatori migliora in maniera non trascurabile il risultato. Questa osservazione è tanto più valida dal momento che allo stato attuale i due set di dati sono concentrati in fasce di quota distinte (qualitativamente si potrebbe dire “più stazioni automatiche in alto, più osservatori in basso”). Questa scelta che è ovviamente dettata da motivazioni logistiche indica però che i due set di dati siano da considerare più come complementari che come alternativi.

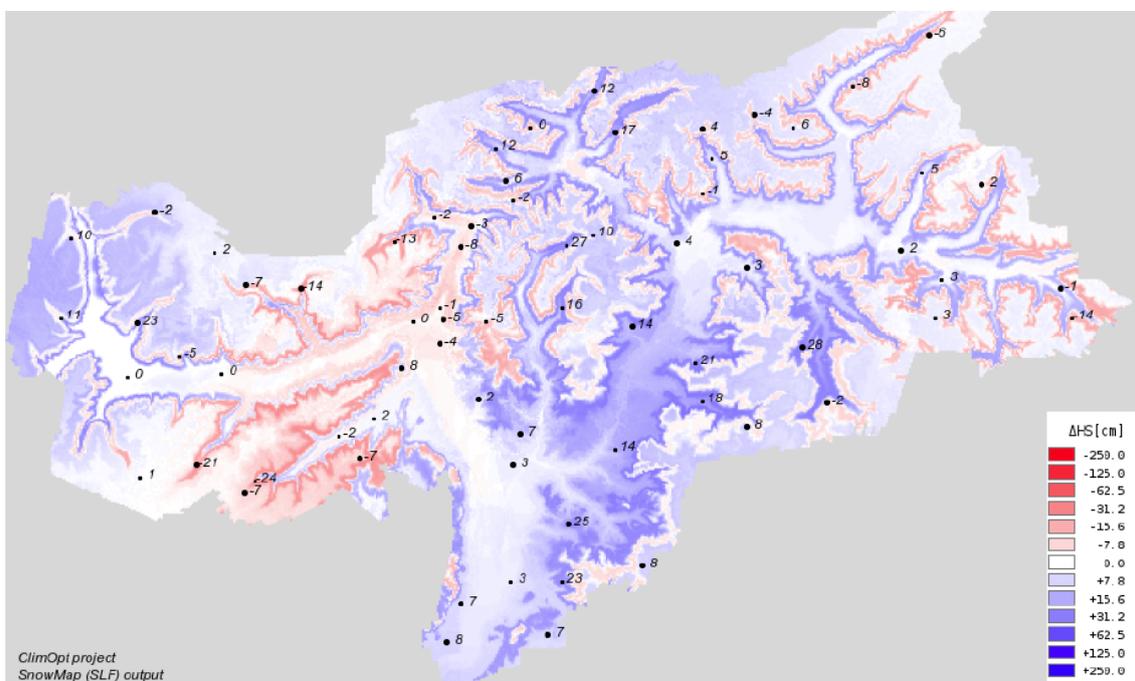


Fig. 15: Mappa delle differenze del calcolo di HS con e senza i rilievi manuali degli osservatori



5.4. Calcolo delle mappe di neve fresca

Per tutto il periodo esaminato sono state infine prodotte le mappe di HN (neve fresca) come differenza dei valori di HS del giorno corrente rispetto a quello precedente. I valori sono espressi sempre in cm. Anche in questo caso per il periodo gennaio 2014 – giugno 2014 sono stati valutate le differenze fra i risultati ottenuti con tutti punti di misura (stazioni automatiche e osservatori) e quelli ottenuti dai soli nivometri. Le mappe delle differenze sono disponibili con lo schema analogo a quello degli altri file, ma utilizzando il suffisso “diff”:

hn/asc/hn.YYYY-MM-DD-00-00-00.asc

hn/tif/hn.YYYY-MM-DD-00-00-00.tif

hn/png/hn.YYYY-MM-DD-00-00-00.png

hn/asc_noobs/hn.YYYY-MM-DD-00-00-00_noobs.asc

hn/tif_noobs/hn.YYYY-MM-DD-00-00-00_noobs.tif

hn/png_noobs/hn.YYYY-MM-DD-00-00-00_noobs.png

hn/asc_diff/hn.YYYY-MM-DD-00-00-00_diff.asc

hn/tif_diff/hn.YYYY-MM-DD-00-00-00_diff.tif

hn/png_diff/hn.YYYY-MM-DD-00-00-00_diff.png

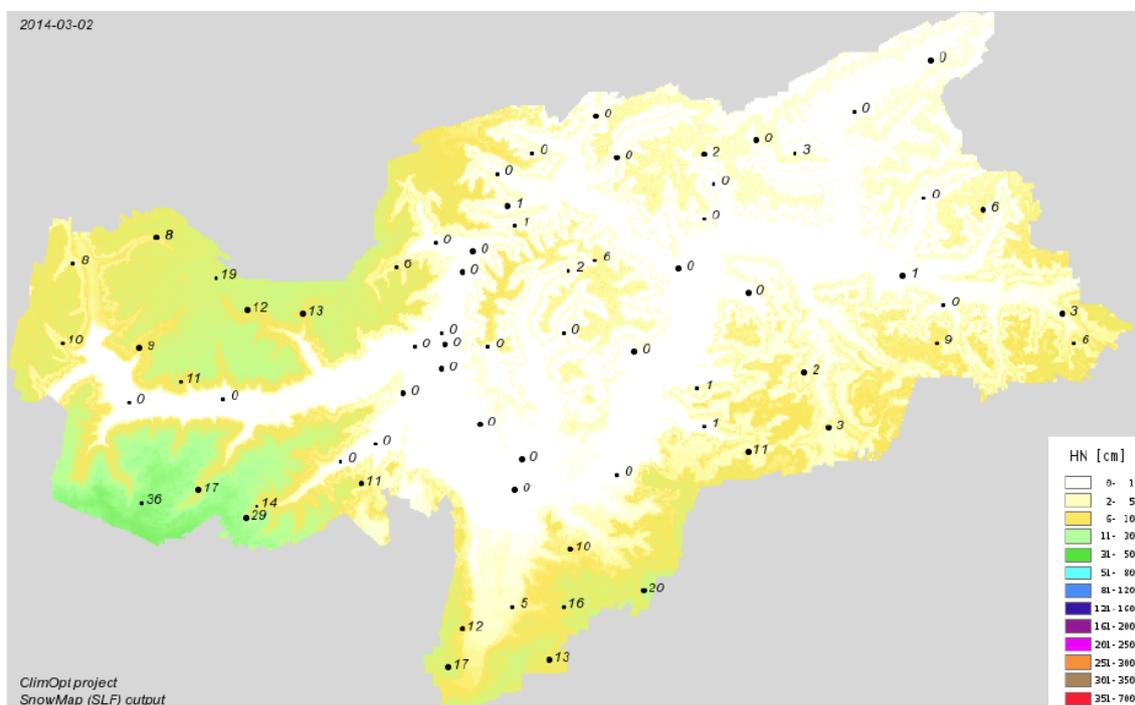


Fig. 16: Esempio di mappa di HN rappresentante una nevicata che ha investito in particolar modo la zona dell'Ortles

Le mappe di HN calcolate come differenza tra valori giornalieri HS danno risultati ragionevoli nei periodi di nevicata consistenti o quando comunque lo spessore di neve al suolo ha valori abbastanza diversi dallo 0. Il fatto che le serie storiche di HS (che è la variabile primaria) abbia



delle oscillazioni seppure di pochi centimetri genera talvolta delle mappe di neve fresca non nulla anche quando questo non è realistico (es. giorni estivi con assenza di precipitazioni). Le oscillazioni possono essere dovute o all’errore intrinseco dello strumento di misura oppure a variazioni del manto nevoso in fase di assestamento. L’errore puntuale sulla stazione di misura, che come detto è tipicamente piccolo, dell’ordine di pochi cm, nella fase di interpolazione viene esteso sull’area circostante. Questo è tanto più evidente quando ci sono poche stazioni con valori di HN non nulla. In termini assoluti l’errore è minimo, ma in fase interpretativa della mappa è necessario verificare che quella mappa corrisponda in effetti ad una (debole) nevicata piuttosto che un artefatto derivante dal problema sopra esposto. Benché la validazione dei dati di HS consente di eliminare la maggior parte dei casi in cui questo problema si presenterebbe, rimangono comunque alcune casistiche in cui il pattern di HN generato è dubbio. D’altra parte il calcolo di HN effettuato per differenza implicitamente soffre di questo problema e non esiste nel metodo del software SnowMap una proxy aggiuntiva che possa contenere il problema. In Fig. 17 è riportato un esempio di non corretta generazione di mappa di HN, con un pattern di nevicata anche a quota relativamente bassa in periodo estivo. Concettualmente il problema sarebbe risolvibile applicando un filtro come quello che converte HS \rightarrow SWE, tal per cui lo smoothing dei dati eviti oscillazioni positive di HS (per quanto contenute) che generano finti valori di HN; all’atto pratico questo non è possibile nell’attuale versione del software SnowMap, per cui la valutazione della mappa ottenuta rimane comunque di primaria importanza.

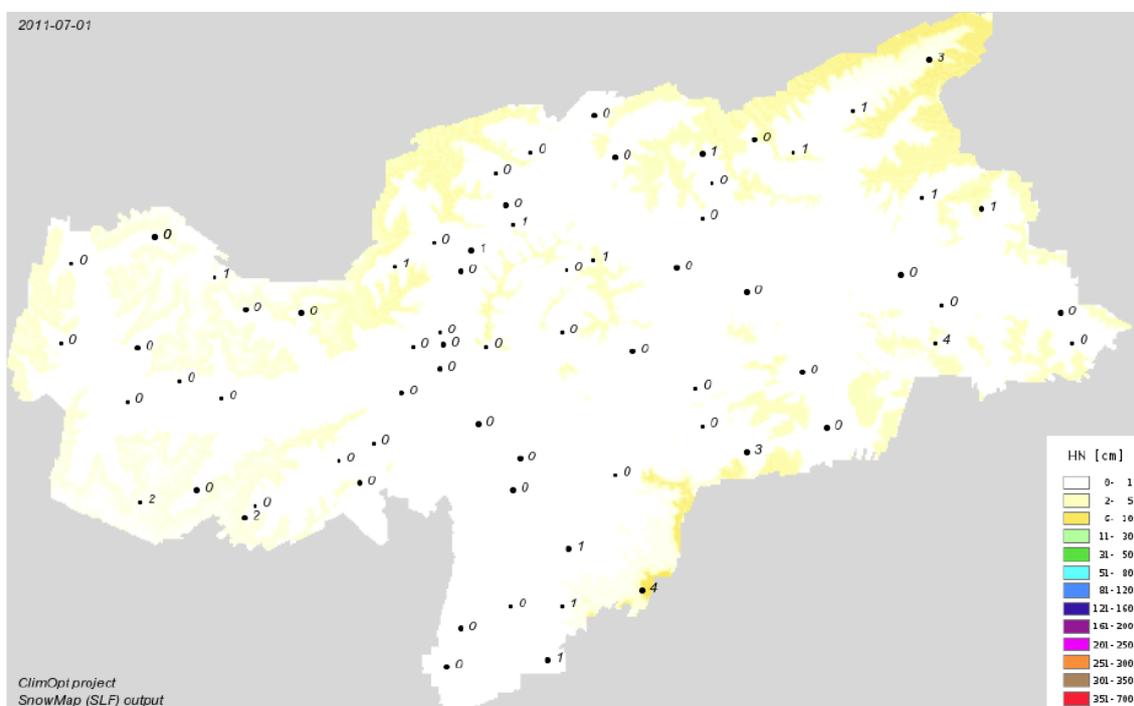


Fig. 17: Esempio di mappa di HN in periodo estivo con probabili artefatti e pattern di precipitazioni nevose in periodo estivo non verosimili



6. Esempi

Nel presente capitolo sono riportati due esempi di eventi nevosi significativi e la relativa rappresentazione in termini di HN ed HS.

6.1. Evento del 25/12/2013 – 27/12/2013

L’evento relativo alla fine del 2013 comincia il 25/12 e si esaurisce nel corso di due giorni. Dai dati delle stazioni nivometriche si deduce che in una prima fase il fronte di precipitazione proviene da Nord investendo l’area della cresta di confine con deposito di neve fresca maggiori nella zona della Val Senales.

Durante i due giorni successivi le mappe di HN mostrano nevicate abbondanti su tutta la Provincia con valori crescenti con la quota, con punte di massima precipitazione nella zona dell’Ortles. Le Fig. 18, 19 e 20 mostrano le mappe di HN per i tre giorni indicati, mentre le seguenti Fig. 21, 22 e 23 danno conto della neve al suolo accumulata.

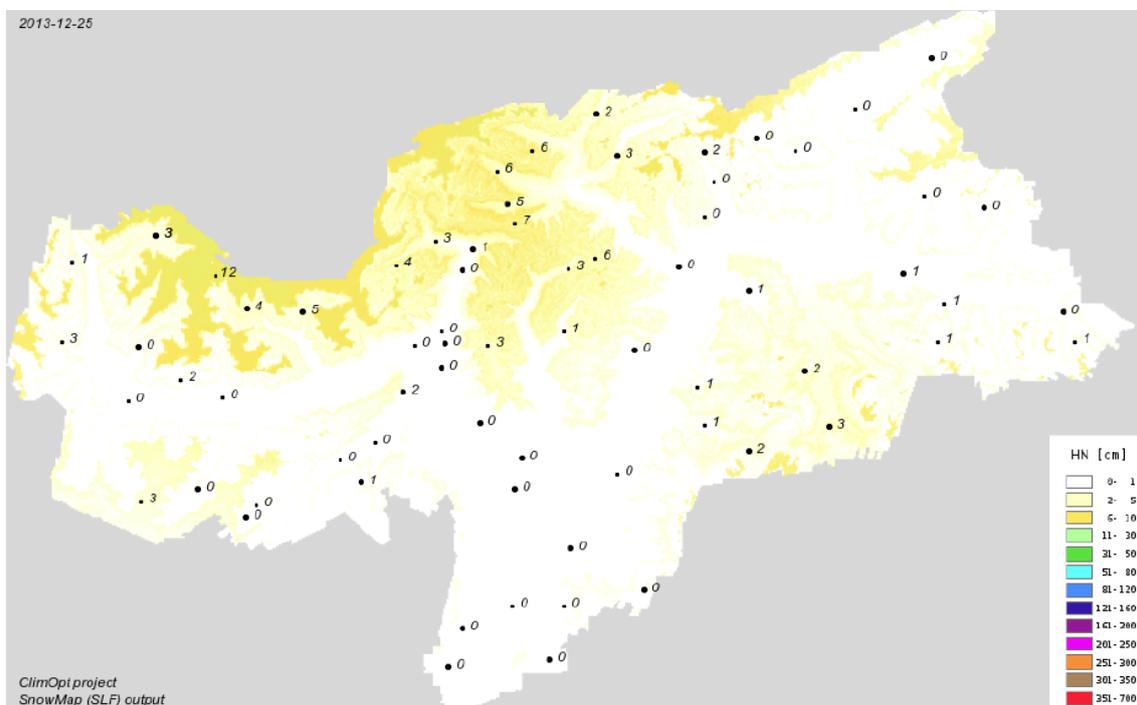


Fig. 18: Mappa di HN del 25/12/2013

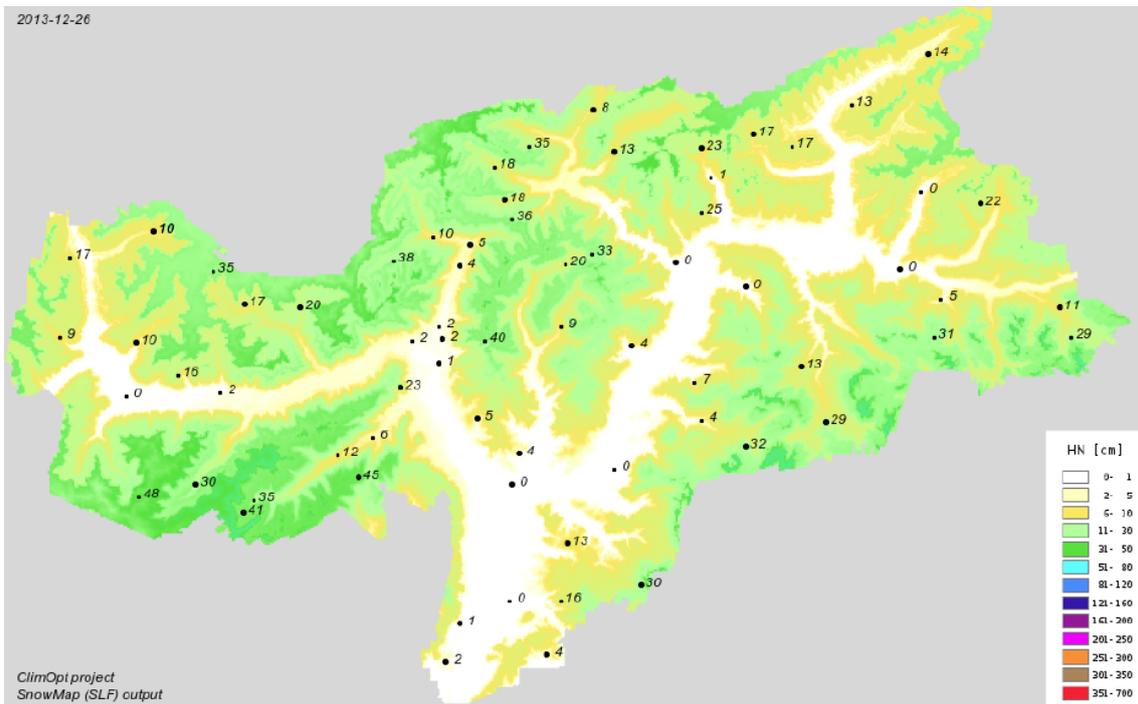


Fig. 19: Mappa di HN del 26/12/2013

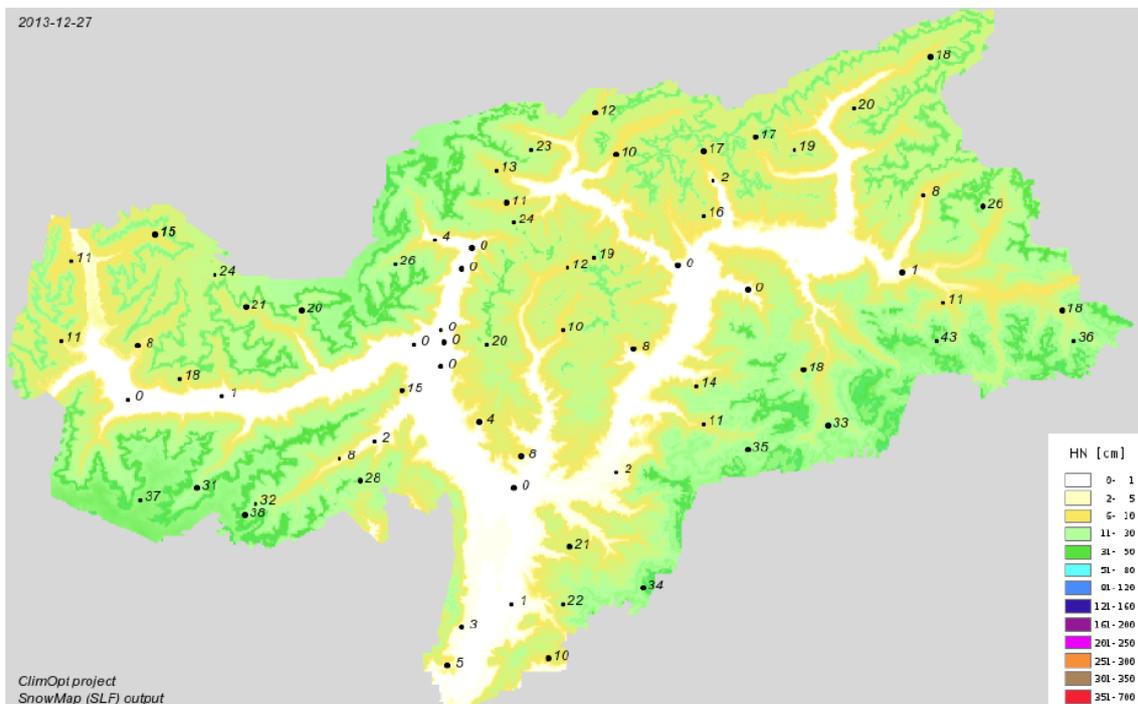
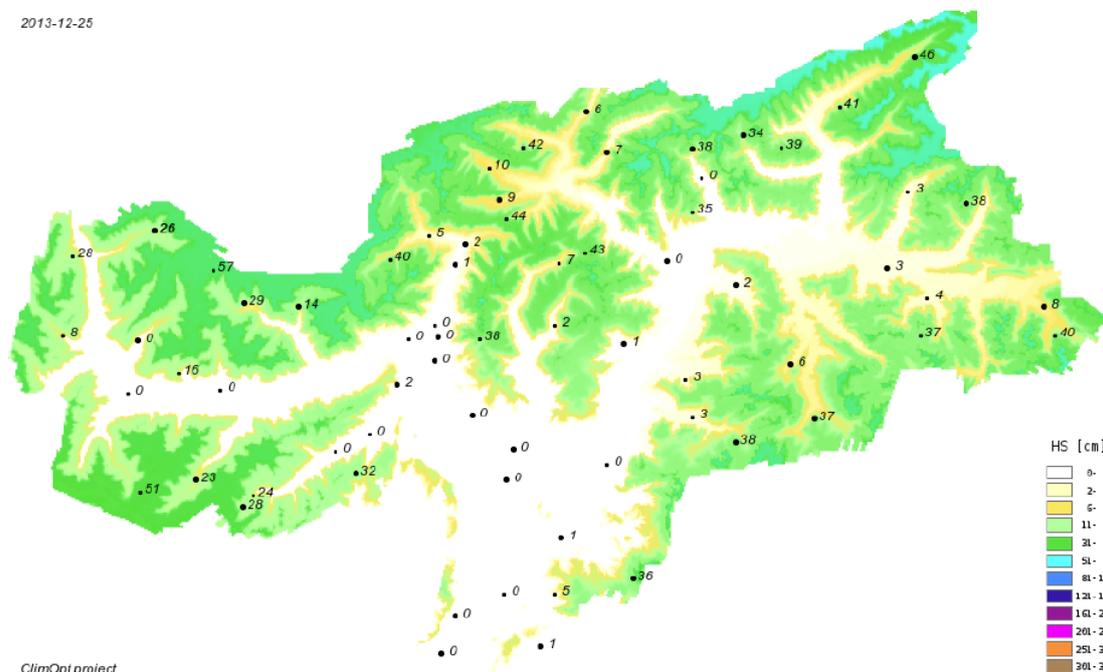


Fig. 20: Mappa di HN del 27/12/2013



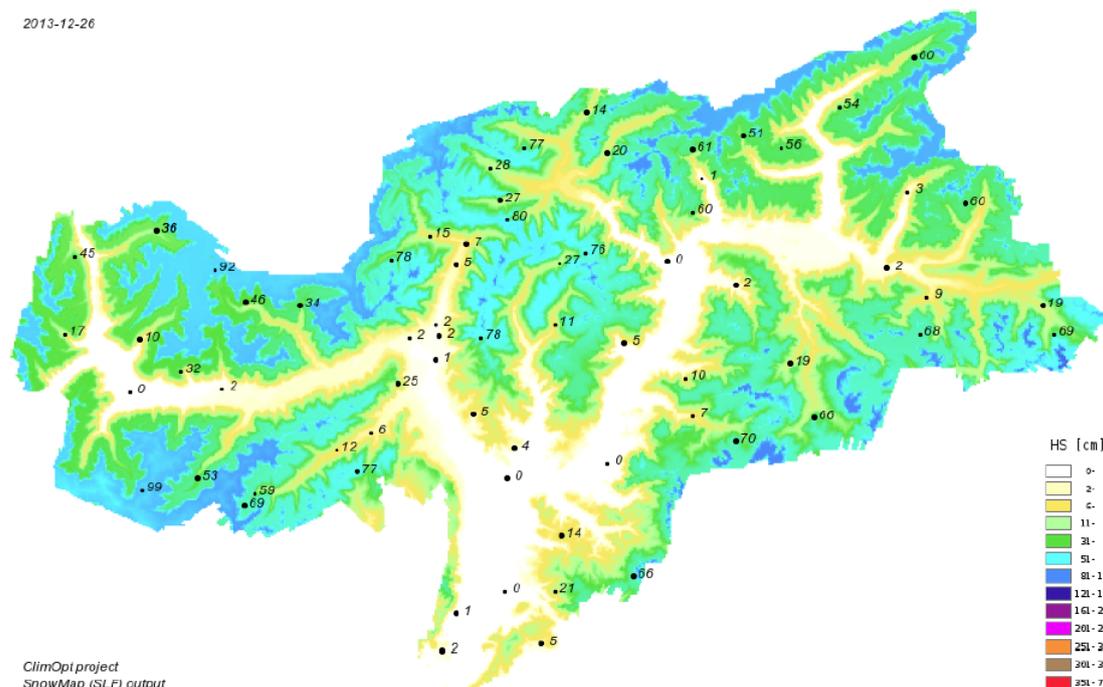
2013-12-25



ClimOpt project

Fig. 21: Mappa di HS del 25/12/2013

2013-12-26



ClimOpt project
SnowMap (SLF) output

Fig. 22: Mappa di HS del 26/12/2013



2013-12-27

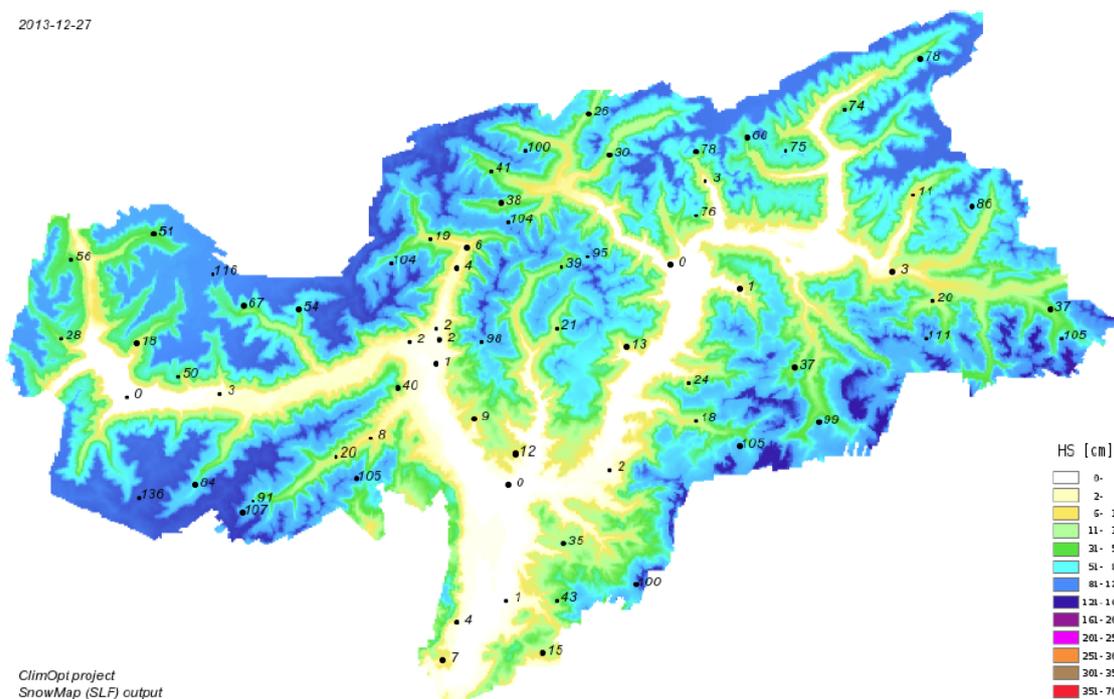


Fig. 23: Mappa di HS del 27/12/2013

6.2. Evento del 31/01/2014 – 02/02/2014

Il secondo evento nevoso riportato a titolo di esempio comincia il 31/01/2014 con una consistente nevicata di provenienza dal quadrante meridionale. Dai dati si riscontrano apporti più consistenti sulla parte meridionale della provincia durante il primo giorno. Durante il secondo e terzo giorno le neviccate si limitano alle zone nord-orientali (in particolare Valle Aurina e Alta Pusteria) con intensità molto più modesta.

Le Fig. 24, 25 e 26 mostrano le mappe di HN per i tre giorni indicati, mentre le seguenti Fig. 27, 28 e 29 danno conto della neve al suolo accumulata.

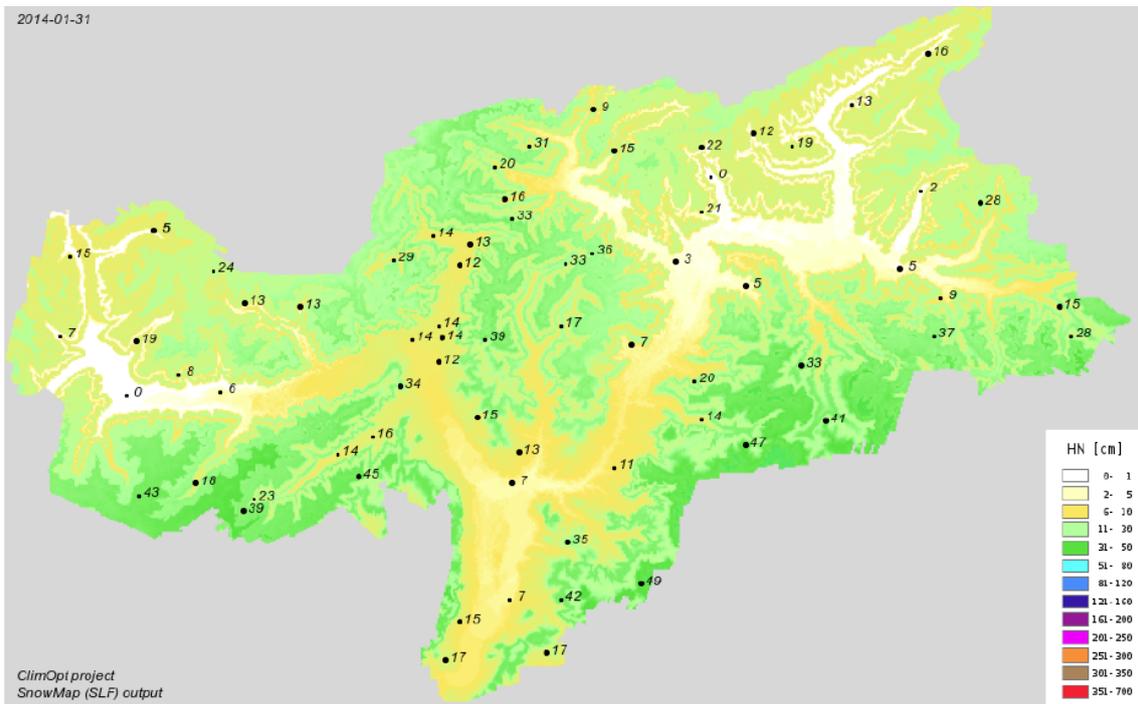


Fig. 24: Mappa di HN del 31/01/2014

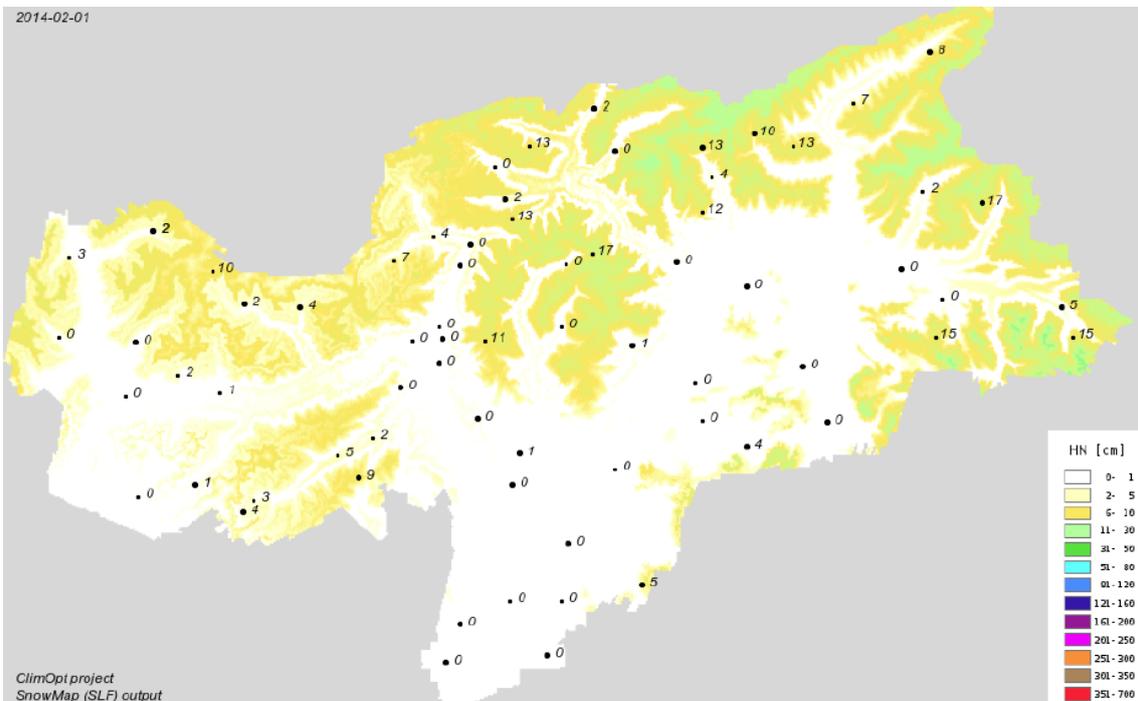


Fig. 25: Mappa di HN del 01/02/2014

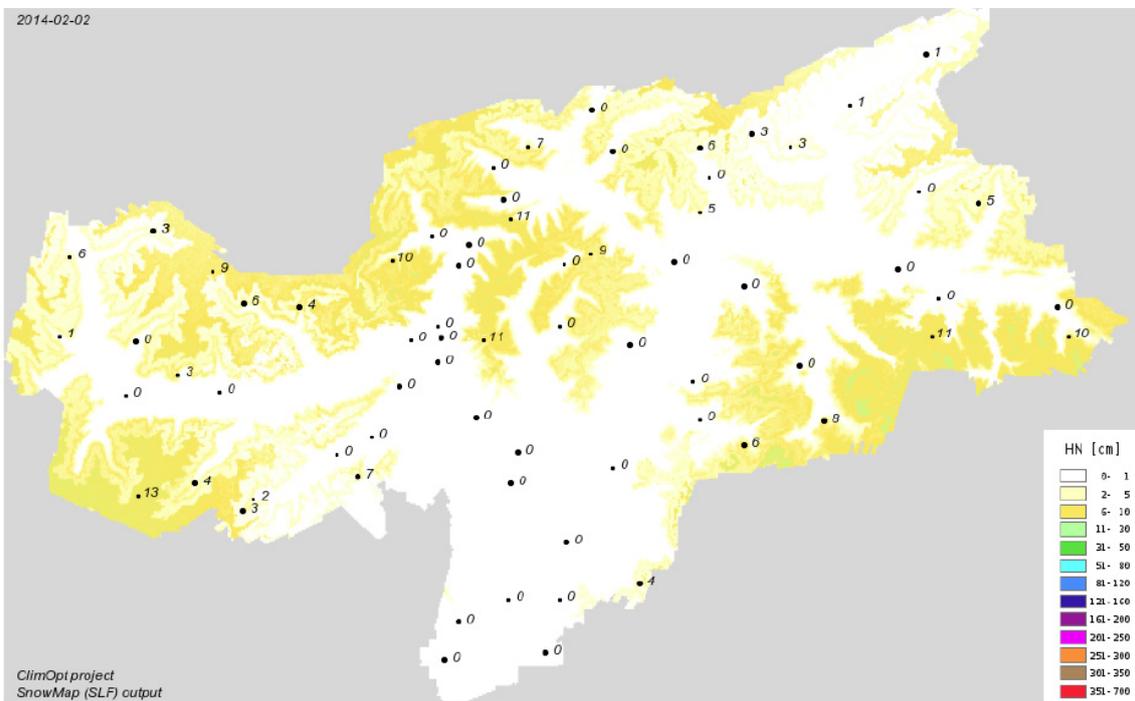


Fig. 26: Mappa di HN del 02/02/2014

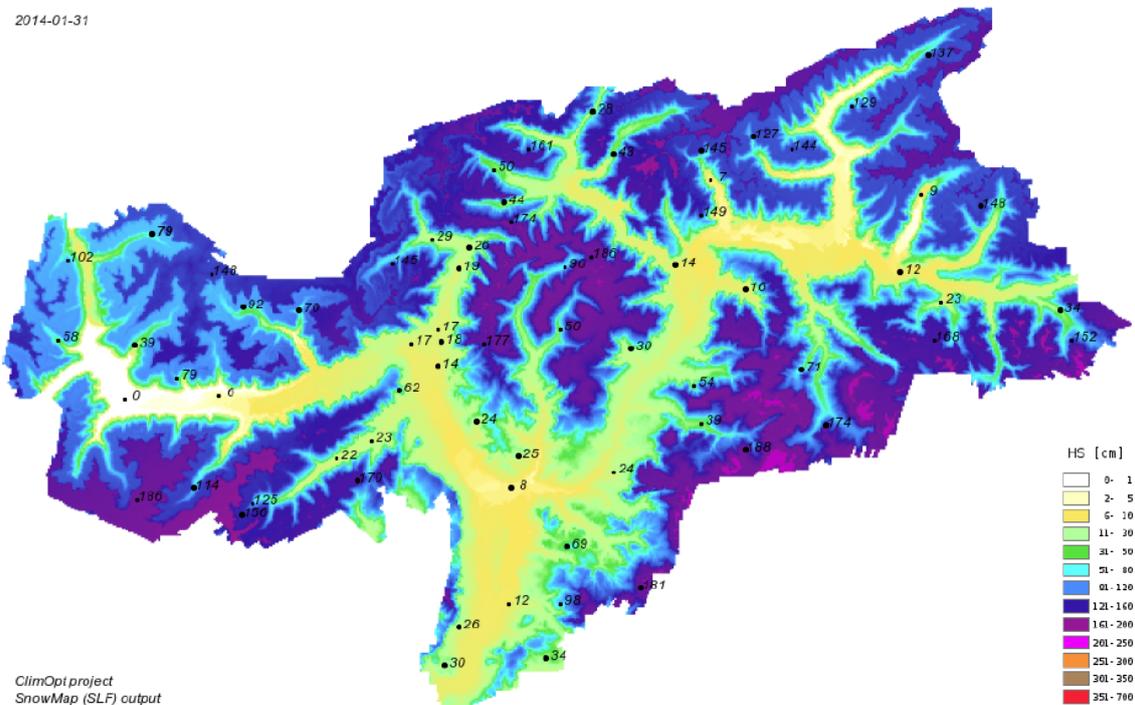


Fig. 27: Mappa di HS del 31/01/2014



2014-02-01

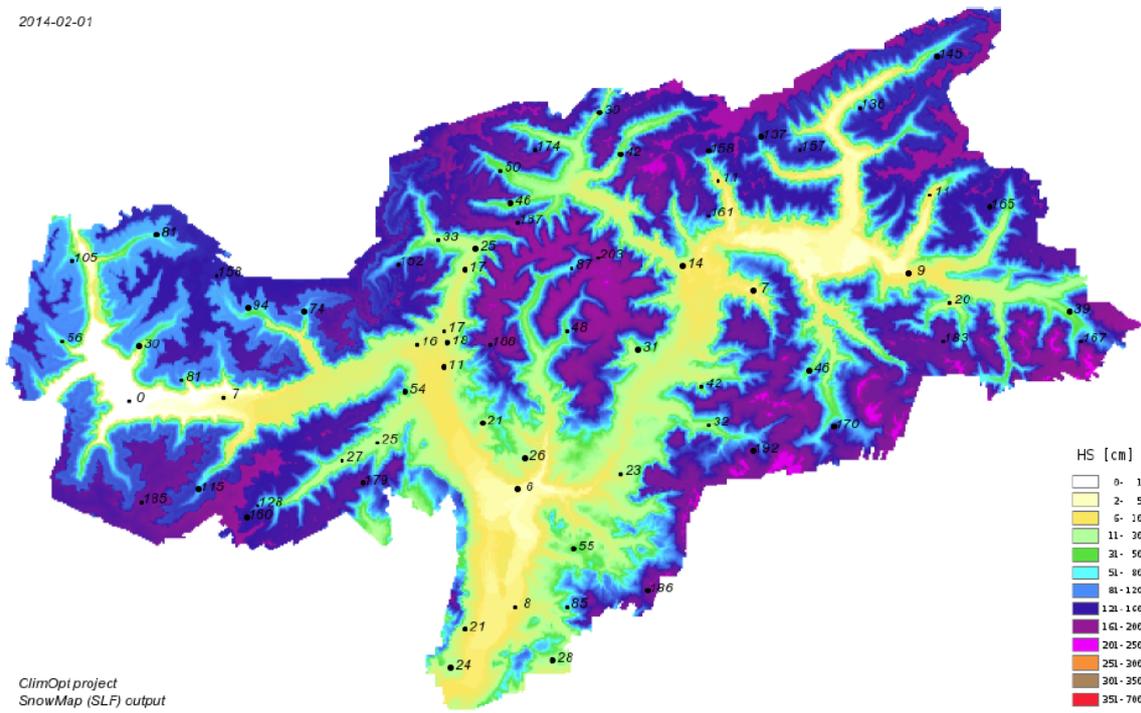


Fig. 28: Mappa di HS del 01/02/2014

2014-02-02

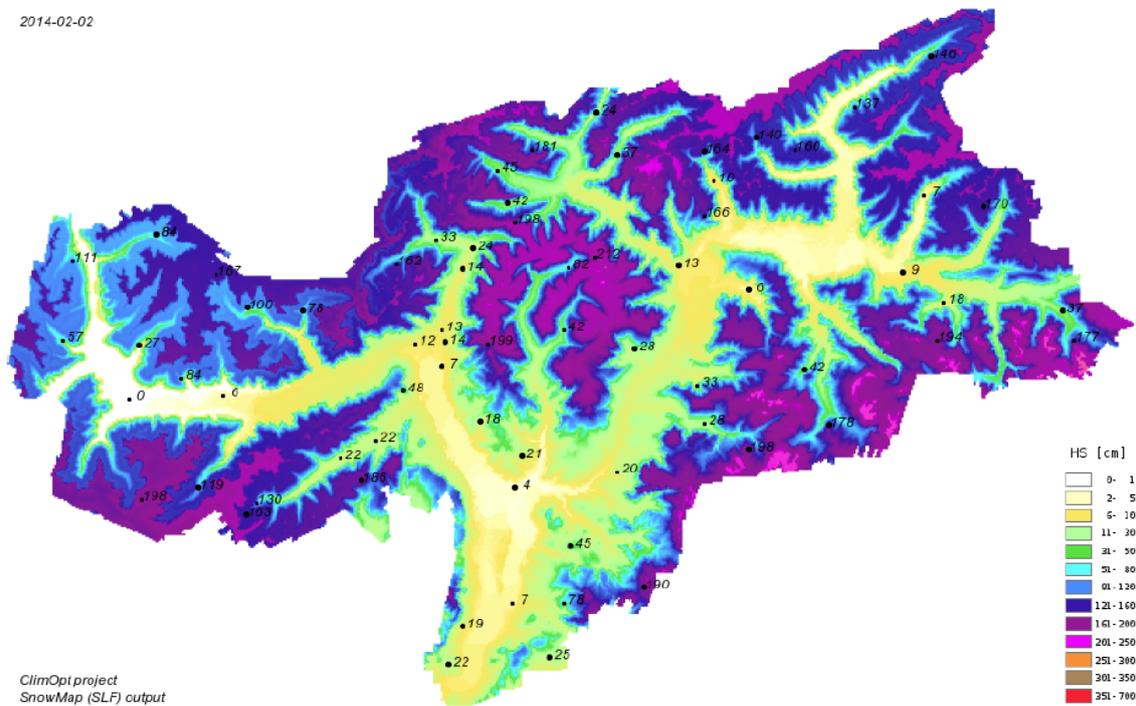


Fig. 29: Mappa di HS del 02/02/2014



7. Conclusioni

Di seguito vengono espresse alcune valutazioni relativamente al software utilizzato e ai risultati derivabili.

- **Algoritmo:** L'algoritmo di interpolazione di HS e SWE funziona con due procedure separate per la direzione verticale ed il piano orizzontale, fornendo comunque una funzione di distribuzione complessivamente tridimensionale, la cui unica proxy è la quota. Questo consente una modalità di calcolo estremamente robusta dal punto di vista matematico, senza alcun problema numerico tipico di algoritmi analoghi. Si paga ovviamente questo aspetto positivo con la semplificazione dello schema fisico alla base che non può in alcun modo tenere conto di effetti secondari ma spesso non trascurabili come per esempio l'esposizione dei versanti o la direzione del vento. Effetti di accumulo eolico o scioglimento differenziato tra versanti opposti di una valle, che potrebbero essere colti alla scala utilizzata (griglia di 250 m) non possono essere ovviamente conteggiati perché queste informazioni non sono presenti nel dato di input, né nell'algoritmo utilizzato. Dal punto di vista pratico l'errore che si introduce è quello di considerare lo spessore del manto nevoso solo dipendente dalla quota nell'intorno di ogni singolo punto di misura. In prima approssimazione questa ipotesi è corretta e assolutamente accettabile per un modello se utilizzato in maniera operativa per la stima di HS. Tuttavia, nel momento in cui questo venga utilizzato per il calcolo di SWE cumulato su lunghi periodi temporali, si potrebbero generare errori in termini di sbilanciamento nella localizzazione di acqua di scioglimento.
- **Usabilità:** Il software è dotato di un'interfaccia grafica piuttosto intuitiva e di facile utilizzo. La vera limitazione sta nel fatto che una serie di parametri importanti dal punto di vista modellistico non sia modificabile lato utente, né visualizzabile. Per superare questa limitazione è necessario interagire con il team di sviluppo. In particolare è limitanti la non possibilità di agire sul modello digitale del terreno, sui punti di controllo delle immagini satellitari, sul numero e la posizione delle stazioni nivometriche, sui parametri della curva di interpolazione verticale, sul raggio di influenza dell'interpolatore orizzontale (lunghezza scala). In termini di requisiti il software è pensato quindi come dedicato all'interazione dell'operatore in un ciclo di assimilazione dati / validazione / pubblicazione. In questa modalità il programma è quindi utile, mentre mostra evidenti limiti nel caso si volesse passare ad una automatizzazione maggiore della procedura o se questa dovesse essere variata in conseguenza di scelte operative o modifica dei set di dati disponibili.
- **Dati e risultati:** Il set di dati utilizzati risulta coerente con la modalità di calcolo di HS e SWE previste da SnowMap. La combinazione di dati satellitari, stazioni nivometriche automatiche e osservatori è da considerarsi ottimale e complementare. Solo nell'ipotesi di spostarsi verso elaborazioni più evolute o dettagliate sarebbe necessario assimilare ulteriori parametri, fra i quali per esempio temperatura ed esposizione dei versanti. Le mappe risultanti di HS e SWE, pur con le limitazioni sopra espresse, forniscono dati verosimili a patto di eseguire con attenzione la procedura di validazione dei dati.



8. Allegati

Tab. 3: Allegati elettronici su DVD

Descrizione	Cartella	Nr. file
File HS *.zrx	input/zrx/	2
File satellitari utilizzati	input/sca/txt/	949
Elaborazioni mappe satellitari *.png	elab/sca/png/	949
Programma calcolo mappe satellitari	elab/sca/	1
Foglio di calcolo sintesi mappe satellitari	elab/sca/	1
File di sessione SnowMap *.smp	elab/smp/	8
ASCII Grid HS 2011-2014*.asc	output/hs/asc/	1126
GeoTiff HS 2011-2014*.tif	output/hs/tif/	1126
PNG HS 2011-2014*.tif	output/hs/png/	1126
ASCII Grid SWE 2011-2014*.asc	output/swe/asc/	1126
GeoTiff SWE 2011-2014*.tif	output/swe/tif/	1126
PNG SWE 2011-2014*.tif	output/swe/png/	1126
ASCII Grid HN 2011-2014*.asc	output/hn/asc/	1126
GeoTiff HN 2011-2014*.tif	output/hn/tif/	1126
PNG HN 2011-2014*.tif	output/hn/png/	1126
ASCII Grid HS 2014 no osservatori *.asc	output/hs/asc_noobs/	181
GeoTiff HS 2014 no osservatori *.tif	output/hs/tif_noobs/	181
PNG HS 2014 no osservatori *.png	output/hs/png_noobs/	181
ASCII Grid SWE 2014 no osservatori *.asc	output/swe/asc_noobs/	181
GeoTiff SWE 2014 no osservatori *.tif	output/swe/tif_noobs/	181
PNG SWE 2014 no osservatori *.png	output/swe/png_noobs/	181
ASCII Grid HN 2014 no osservatori *.asc	output/hn/asc_noobs/	181
GeoTiff HN 2014 no osservatori *.tif	output/hn/tif_noobs/	181
PNG HN 2014 no osservatori *.png	output/hn/png_noobs/	181
ASCII Grid HS 2014 differenza osservatori *.asc	output/hs/asc_diff/	181
GeoTiff HS 2014 differenza osservatori *.tif	output/hs/tif_diff/	181
PNG HS 2014 differenza osservatori *.png	output/hs/png_diff/	181
ASCII Grid SWE 2014 differenza osservatori *.asc	output/swe/asc_diff/	181
GeoTiff SWE 2014 differenza osservatori *.tif	output/swe/tif_diff/	181
PNG SWE 2014 differenza osservatori *.png	output/swe/png_diff/	181
ASCII Grid HN 2014 differenza osservatori *.asc	output/hn/asc_diff/	181
GeoTiff HN 2014 differenza osservatori *.tif	output/hn/tif_diff/	181
PNG HN 2014 differenza osservatori *.png	output/hn/png_diff/	181
Report *.doc, *.pdf, *.odt	report/	3
Manuale SnowMap *.pdf	varie/	1

