



METEOLAB

III^a edizione

Alluvioni e Siccità

Il futuro delle precipitazioni sulle Alpi

Forte di Bard - Valle d'Aosta
sabato 3 novembre 2012

Stato ed evoluzione della neve ai fini della quantificazione della risorsa idrica

- **U. Morra di Cella**, F. Diotri, E. Cremonese, P. Pogliotti -

Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Valle d'Aosta
A.O. Cambiamenti Climatici

L'importanza della neve come risorsa idrica...

La conoscenza della disponibilità idrica immagazzinata nel manto nevoso rappresenta una delle informazioni principali per la corretta gestione della risorsa idrica, sia nella fase di accumulo, sia nella fase di fusione.

Negli ambienti alpini la neve assume rilevanza particolare in funzione della quota media del territorio



12 maggio 2010 - Valpelline



L'importanza della neve come risorsa idrica...

La conoscenza della disponibilità idrica immagazzinata nel manto nevoso rappresenta una delle informazioni principali per la corretta gestione della risorsa idrica, sia nella fase di accumulo, sia nella fase di fusione.

Negli ambienti alpini la neve assume rilevanza particolare in funzione della quota media del territorio, dell'entità delle precipitazioni solide



12 maggio 2010 - Valpelline



4 febbraio 2009 - Colle Sup. Cime Bianche (Valtournanche, 3.100 m)
Stazione meteo ARPA VDA sepolta da 5.40 m di neve al suolo



L'importanza della neve come risorsa idrica...

La conoscenza della disponibilità idrica immagazzinata nel manto nevoso rappresenta una delle informazioni principali per la corretta gestione della risorsa idrica, sia nella fase di accumulo, sia nella fase di fusione.

Negli ambienti alpini la neve assume rilevanza particolare in funzione della quota media del territorio, dell'entità delle precipitazioni solide e al ruolo nella dinamica di formazione dei deflussi.



12 maggio 2010 - Valpelline



4 febbraio 2009 - Colle Sup. Cime Bianche (Valtournanche, 3.100 m)
Stazione meteo ARPA VDA sepolta da 5.40 m di neve al suolo



26 giugno 2010 - Monte Emilius e Rif. Arbolle
(Charvensod)



Il monitoraggio della neve in ARPA VdA...

Il monitoraggio del contenuto idrico della neve rientra nelle attività di monitoraggio istituzionale (L.R. 41/95) che ARPA Valle d'Aosta svolge nell'ambito di:

- 1) monitoraggio degli effetti del cambiamento climatico sul territorio**
- 2) supporto tecnico alle strutture dell'Amministrazione regionale**
- 3) attività verso altri enti (in relazione alle competenze proprie dell'Agenzia)**
- 4) attività di ricerca applicata per il miglioramento delle conoscenze e l'applicazione di tecniche innovative**



Obiettivo del monitoraggio

- **Misurare lo stato della risorsa [mc]**
- **Osservare la dinamica spazio-temporale $f(s, t)$**
- **Analizzare il fenomeno e comprendere i processi che lo regolano**
- **Ipotizzare scenari evolutivi**
- **Evidenziare possibili impatti**
- **Individuare opportune strategie di adattamento**



Obiettivo del monitoraggio

- **Misurare lo stato della risorsa [mc]**
 - **Osservare la dinamica spazio-temporale $f(s, t)$**
 - **Analizzare il fenomeno e comprendere i processi che lo regolano**
-
- **Ipotizzare scenari evolutivi**
 - **Evidenziare possibili impatti**
 - **Individuare opportune strategie di adattamento**

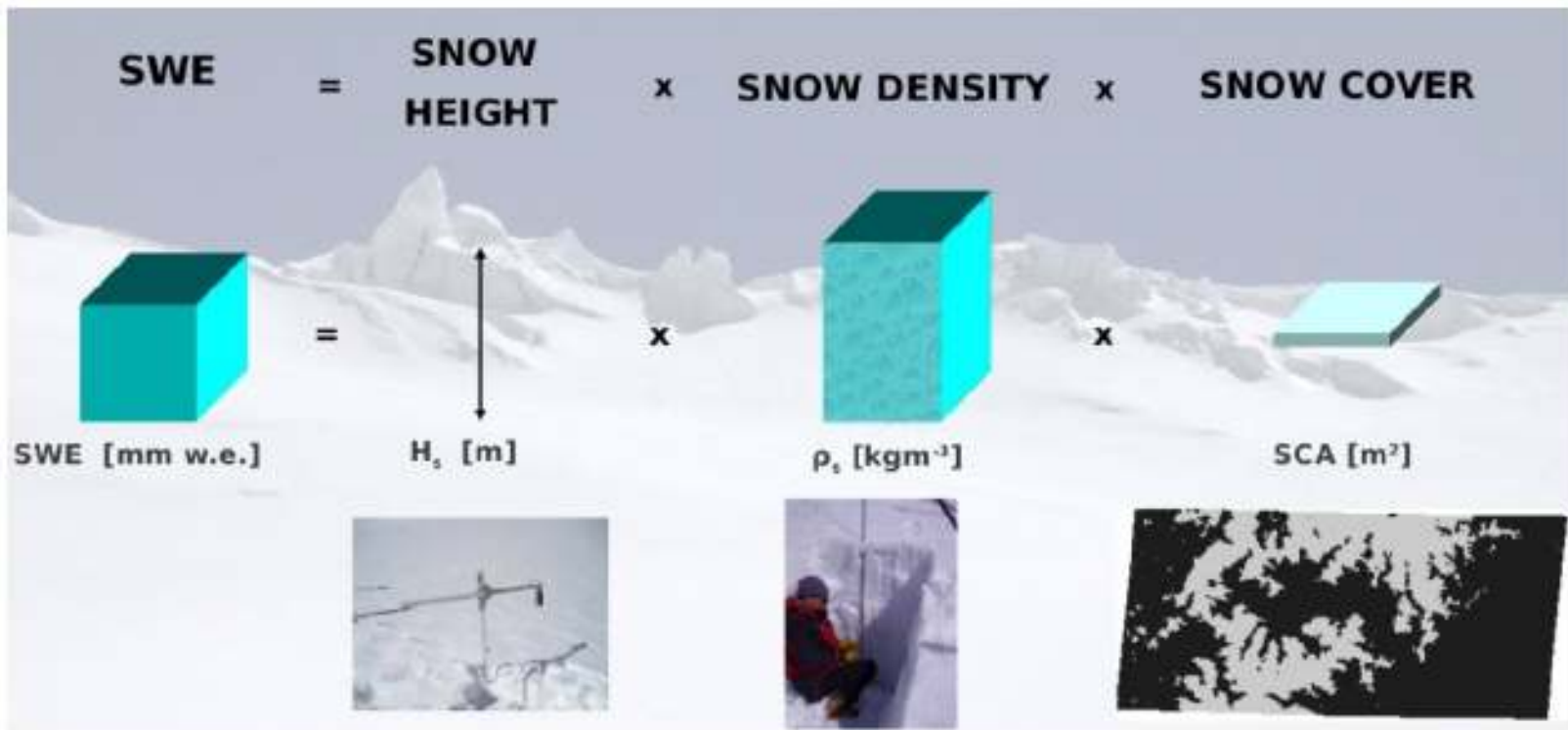


Obiettivo del monitoraggio

- **Misurare lo stato della risorsa [mc]**
 - **Osservare la dinamica spazio-temporale $f(s, t)$**
 - **Analizzare il fenomeno e comprendere i processi che lo regolano**
-
- **Ipotizzare scenari evolutivi**
 - **Evidenziare possibili impatti**
-
- **Individuare opportune strategie di adattamento**



Gli elementi di base...



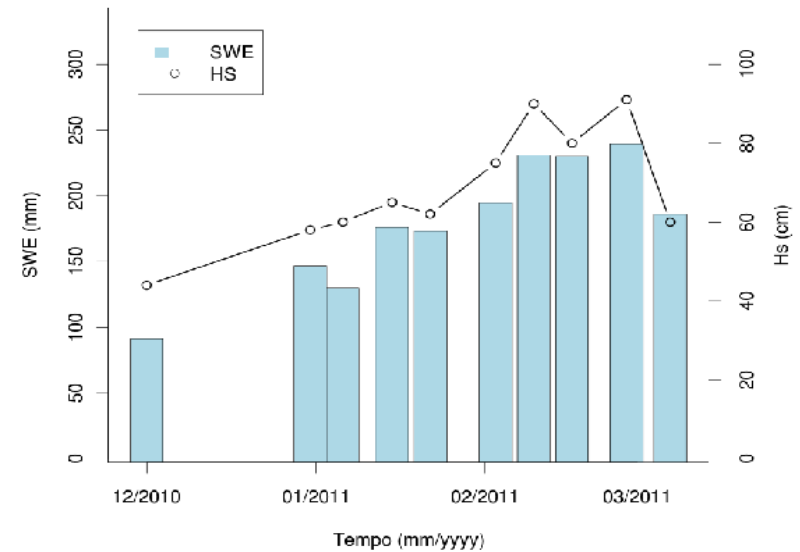
...e la dimensione spazio-temporale...

- **SCALA PUNTUALE**
- **SCALA VERSANTE**
- **SCALA BACINO IDROLOGICO**
- **SCALA REGIONALE**



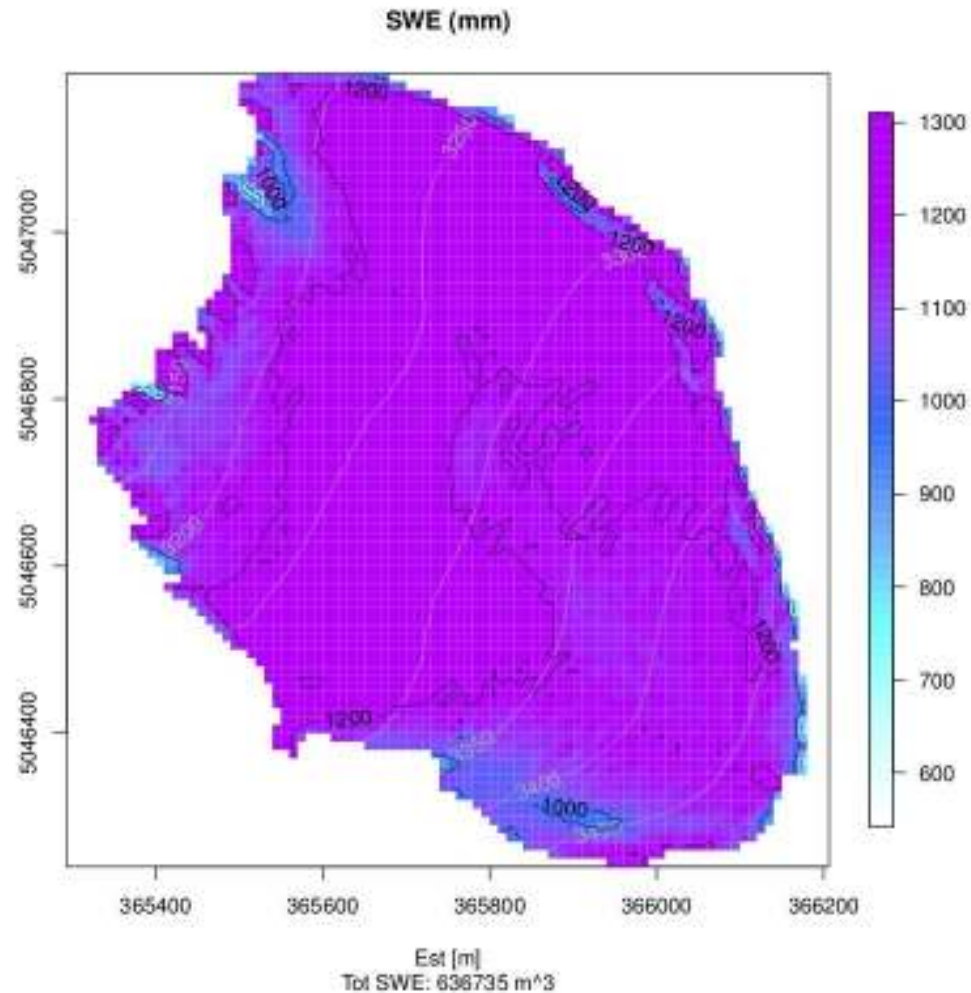
...e la dimensione spazio-temporale...

• SCALA PUNTUALE



...e la dimensione spazio-temporale...

- **SCALA VERSANTE** (accumulo fine stagione per BDM. Es. Ghiacciaio di Timorion)



...e la dimensione spazio-temporale...

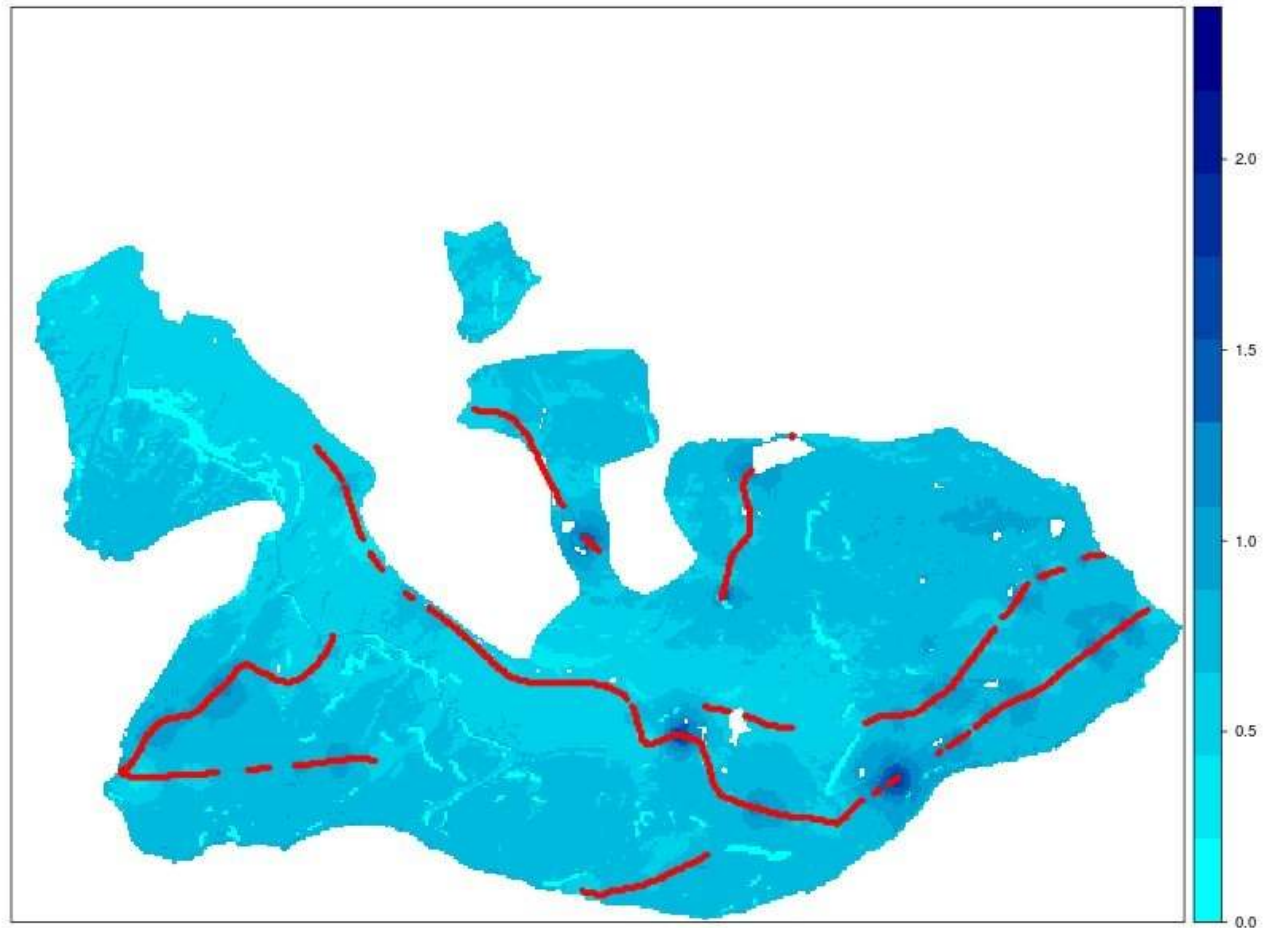
- **SCALA VERSANTE** (evoluzione oraria del manto nevoso - Es. Torgnon, Tellinod)



...e la dimensione spazio-temporale...

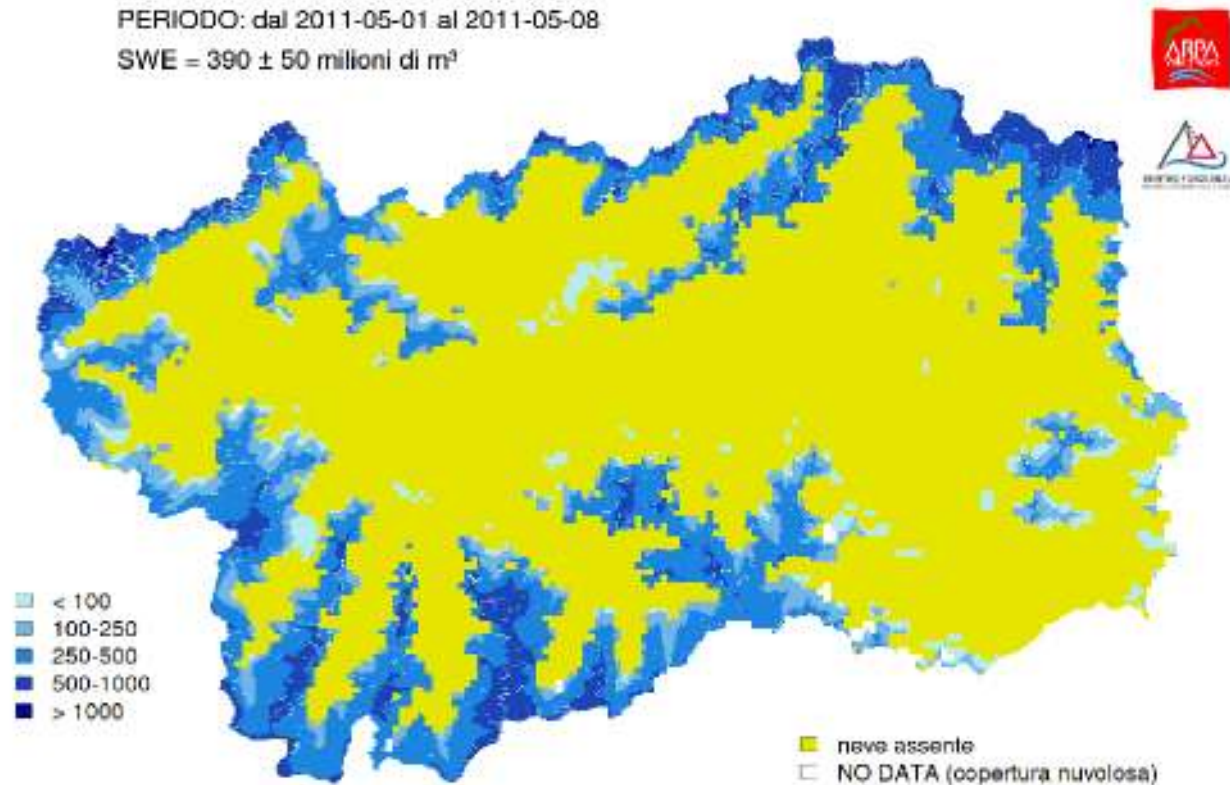
- **SCALA BACINO** (stima periodica dello SWE su singoli bacini - Es. Mascognaz)

SWE: 5.03 Mm³ (min-max: 4.43-5.58)

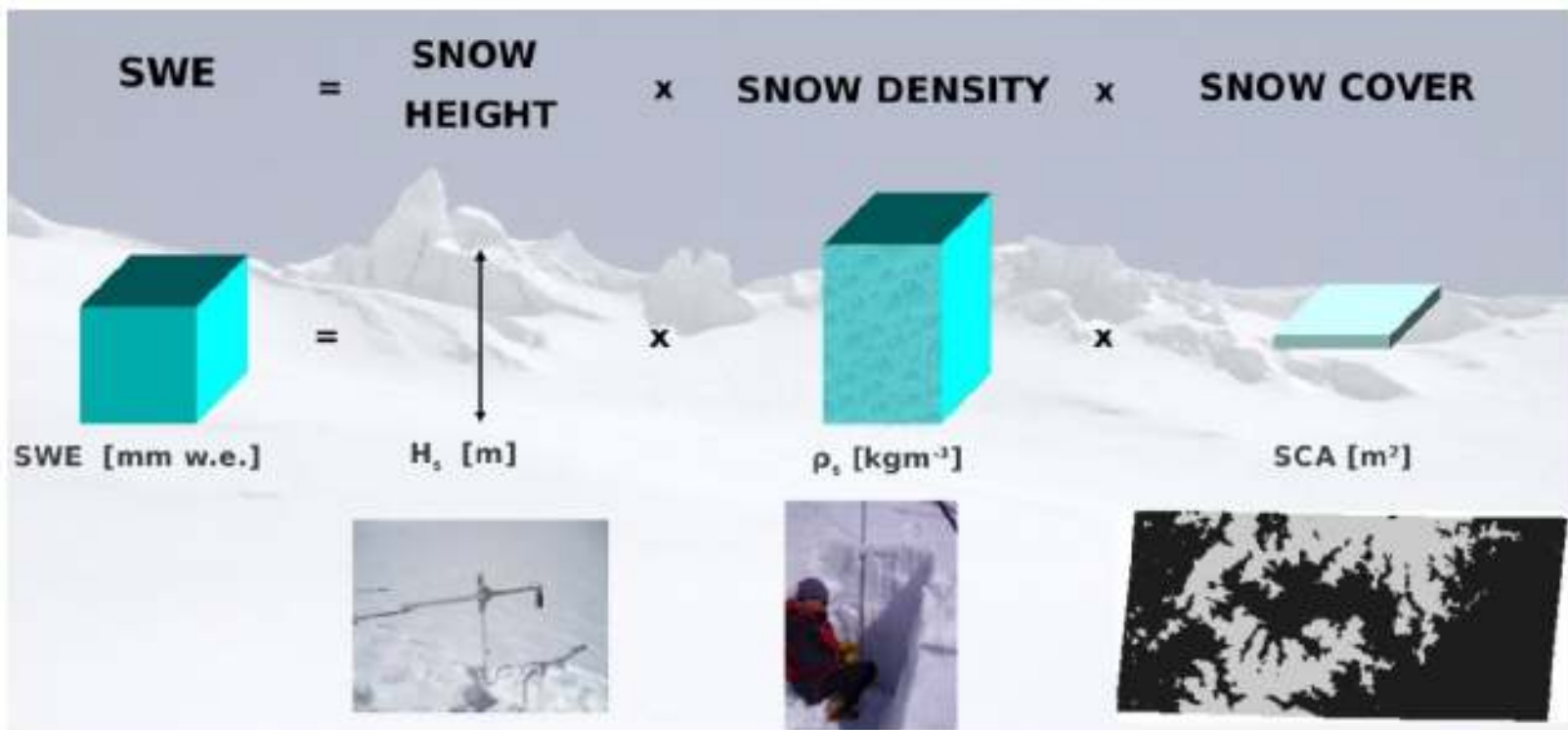


...e la dimensione spazio-temporale...

- **SCALA REGIONALE** (stima 15 gg dello SWE in Valle d'Aosta)



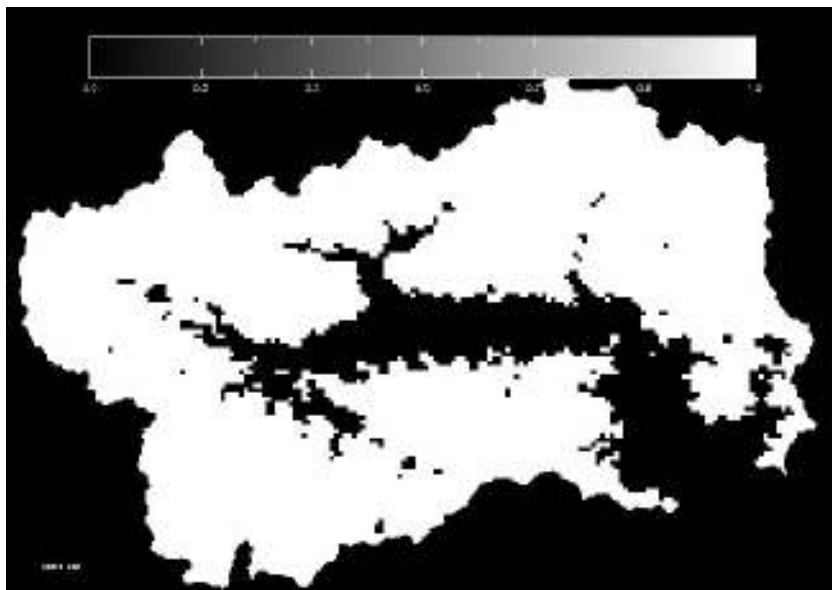
La stima SWE a scala regionale...



La stima SWE a scala regionale: SCA - *snow covered area*

The snow covered area (SCA) is obtained using remotely sensed data.

- MODIS TERRA 8-day composite Maximum Snow Extent data (MOD10A2 Product v005);
- 8 days composite (weekly download from EOS Data Gateway archive);
- 500 m spatial resolution;
- batch processing: download, re-projection, re-classification.



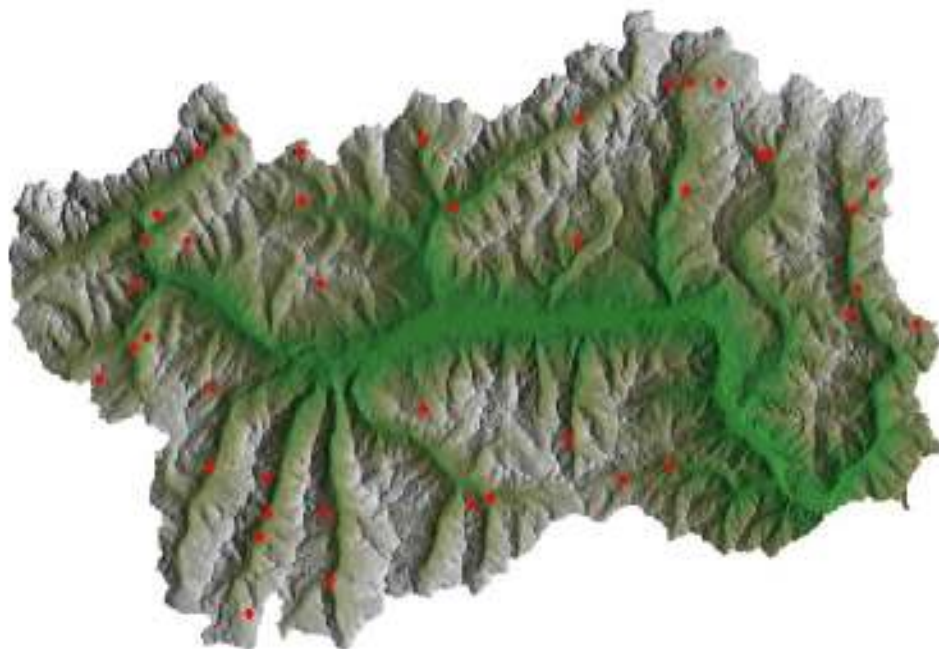
- + dato gratuito
- + serie omogenea (2000 - ...)
- + adatto scopo
- + processamento *easy*
- + comunità scientifica “attiva”
- sensibile alla copertura nuvolosa
- risoluzione geometrica “media”
- alcuni errori di classificazione



La stima SWE a scala regionale: Hs - *altezza manto nevoso*

The dataset of snow depth measures includes:

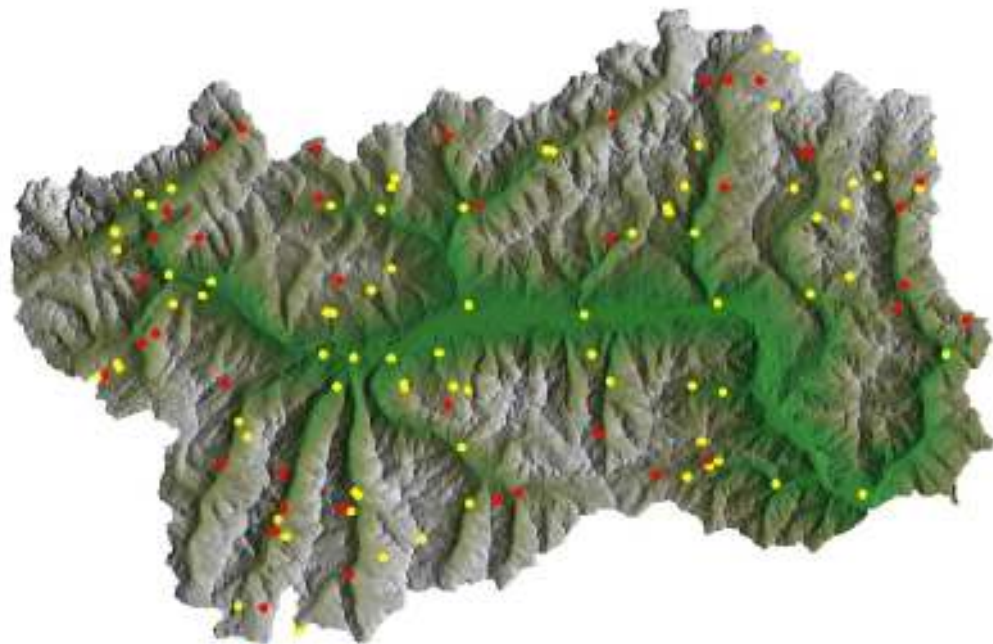
- ① 35 automatic measurements (ultrasonic distance sensors) done by the regional meteorological service;



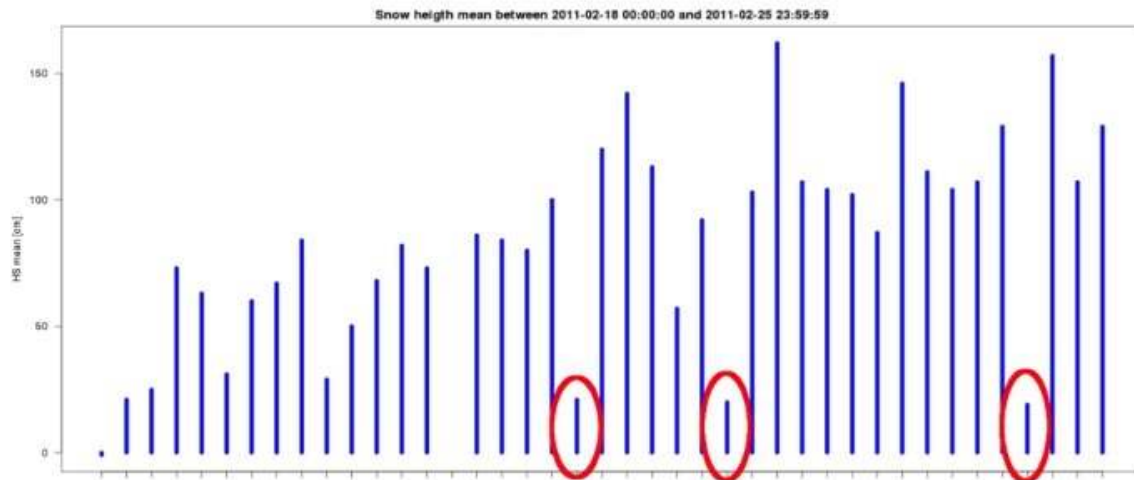
La stima SWE a scala regionale: Hs - *altezza manto nevoso*

The dataset of snow depth measures includes:

- ① 35 automatic measurements (ultrasonic distance sensors) done by the regional meteorological service;
- ② manual snow depth measures done explicitly for SWE estimations or for avalanche forecasting purpose. These data have daily or weekly frequencies.

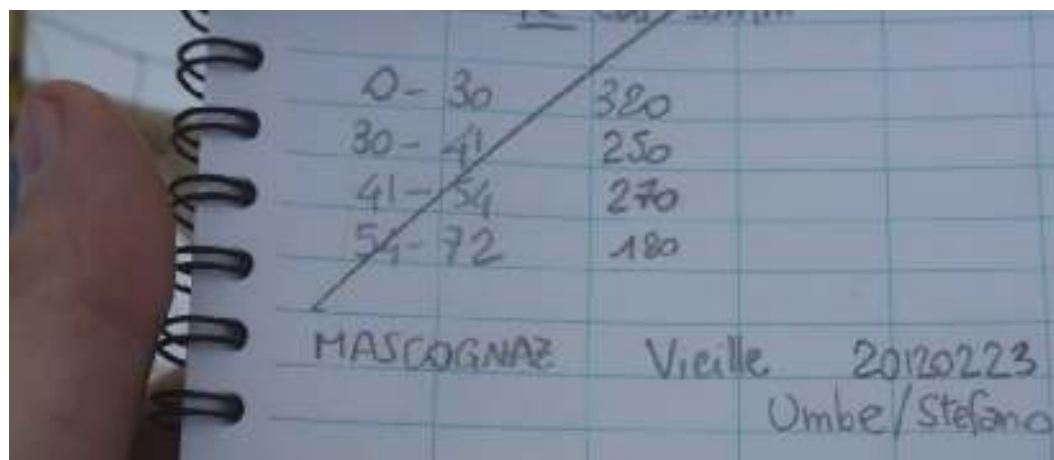


La stima SWE a scala regionale: Hs - *altezza manto nevoso*



La stima SWE a scala regionale: ρ - densità manto nevoso

- Snow density data are obtained from manual measures in snow pits done for SWE estimations and for avalanche bulletins; on average 20-30 snow density data are available each week in the period from November to May;
- the application of regression model to obtain a spatial distribution of snow density is very difficult (bad distribution and bigger reliability problems);
- each month a single value of snow density is used for the entire region (average of available measures).



0-30	320
30-41	250
41-54	270
54-72	180

MASCOGNAZ Vieille 20120223
Umbe/Stefano

METEOLAB III edizione - Forte di Bard - 3 Novembre 2012

U. Morra di Cella - Stato ed evoluzione della neve ai fini della quantificazione della risorsa idrica



La stima SWE a scala regionale: ρ - densità manto nevoso

E' possibile “distribuire” il dato di densità del manto o simularne correttamente l'evoluzione sulla base di parametri distribuiti?

...ANALISI DATASET (31 ottobre 2005 - 30 maggio 2011)

	07-08	08-09	09-10	10-11
Nov	215	205	238	249
Dec	229	281	250	253
Jan	242	310	240	272
Feb	298	320	257	277
Mar	324	351	271	NA
Apr	360	394	339	NA
May	390	398	435	NA

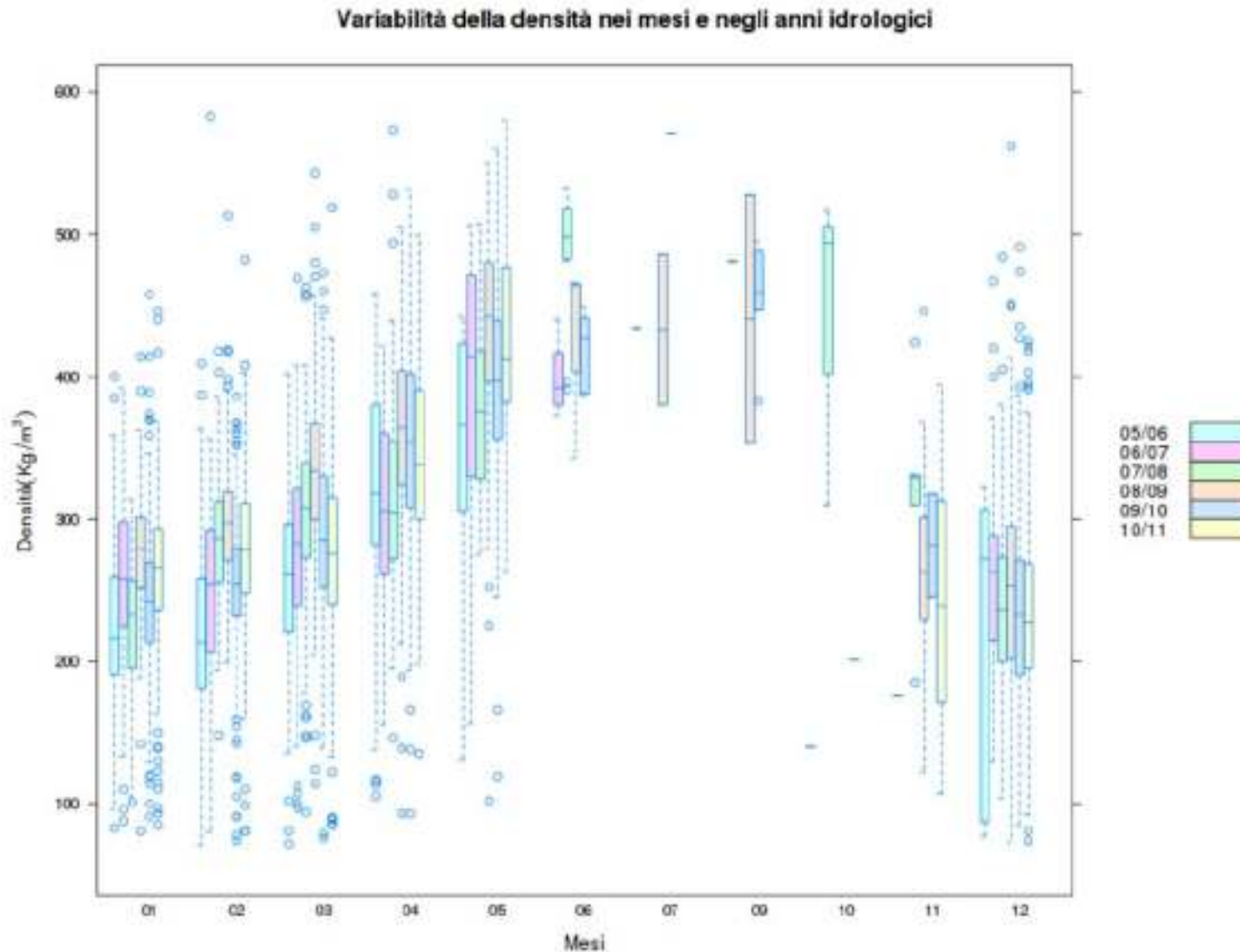
Il range temporale dei dati va dal **2005-10-31** al **2011-05-30**.

	hs [cm]	d [$kg \cdot m^{-3}$]	swe [mm]
1	Min. : 7.0	Min. : 71	Min. : 9.9
3	Median : 92.0	Median : 280	Median : 245.3
4	Mean : 104.8	Mean : 287	Mean : 311.0
6	Max. : 530.0	Max. : 583	Max. : 2798.0
7	NA's : 1.0		

Tabella: Statistiche di base relative all'altezza del manto nevoso (hs), densità (d) e SWE (swe)

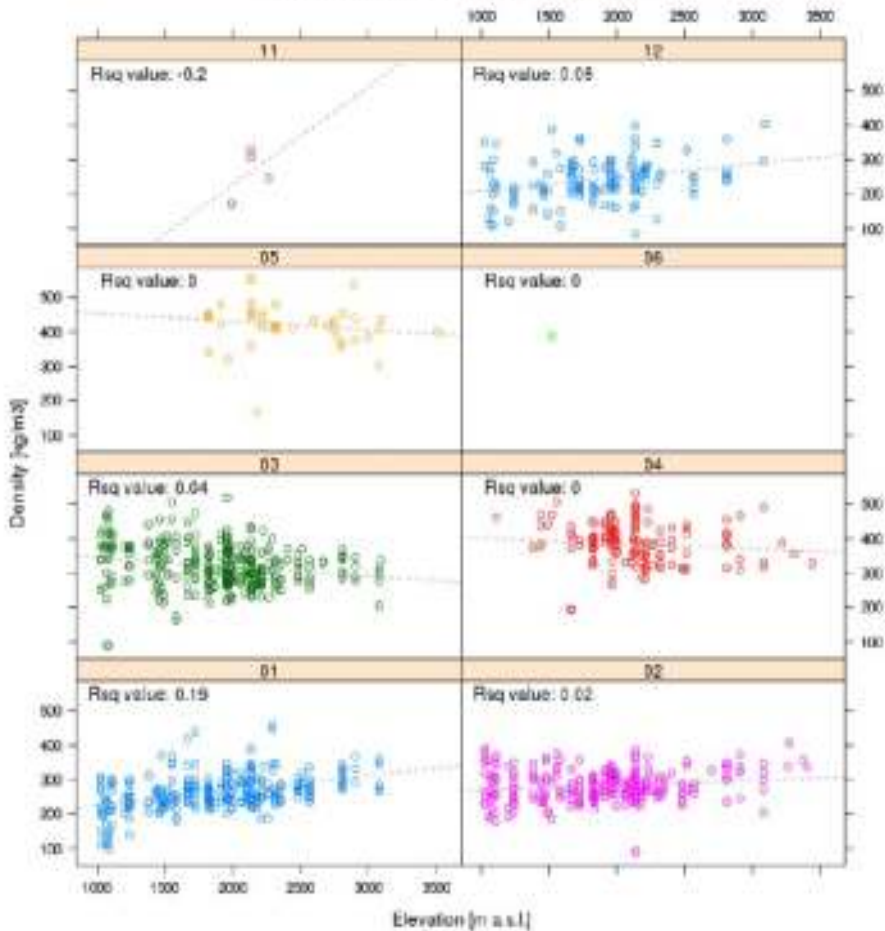


La stima SWE a scala regionale: ρ - densità manto nevoso

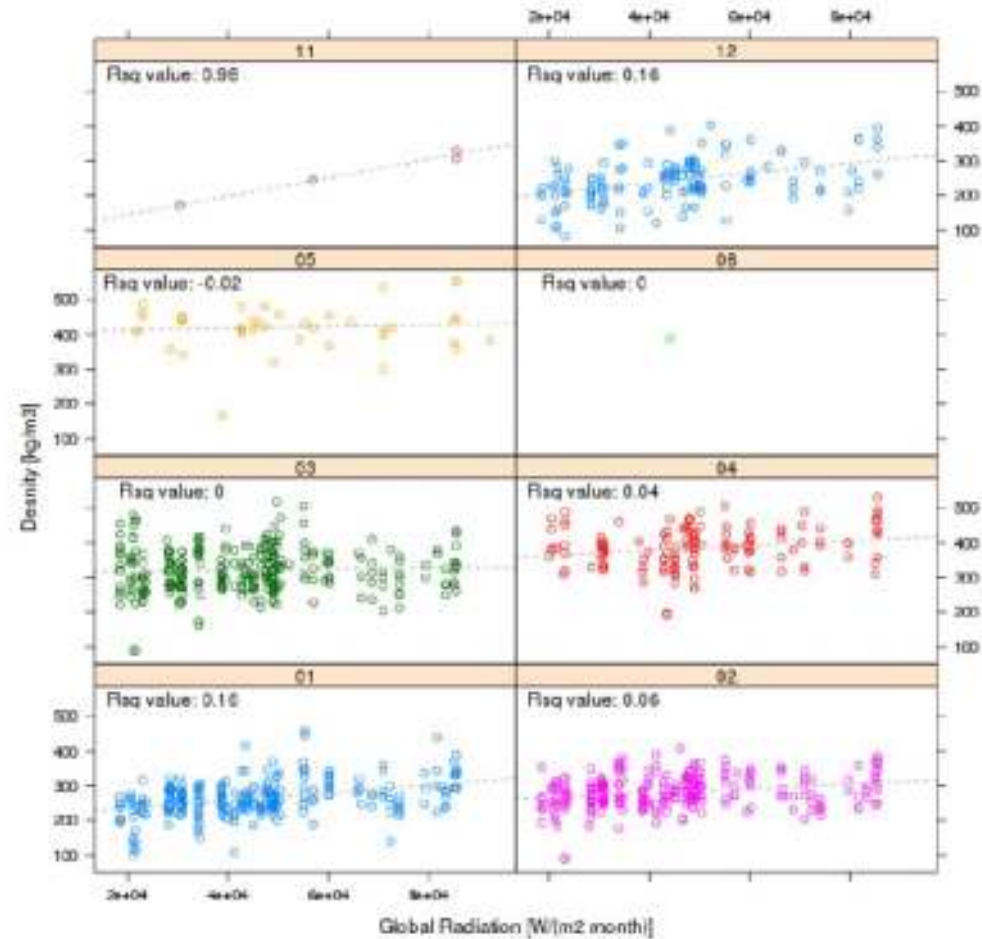


La stima SWE a scala regionale: ρ - densità manto nevoso

Density vs Elevation (dataset swelab)

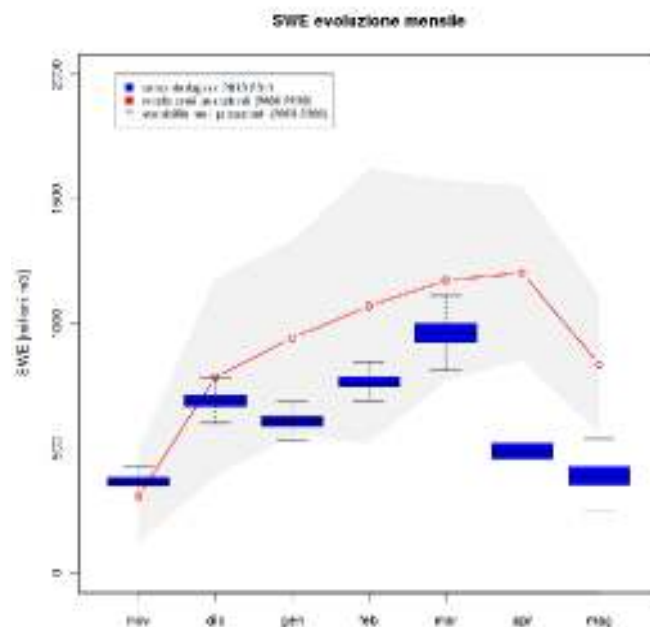
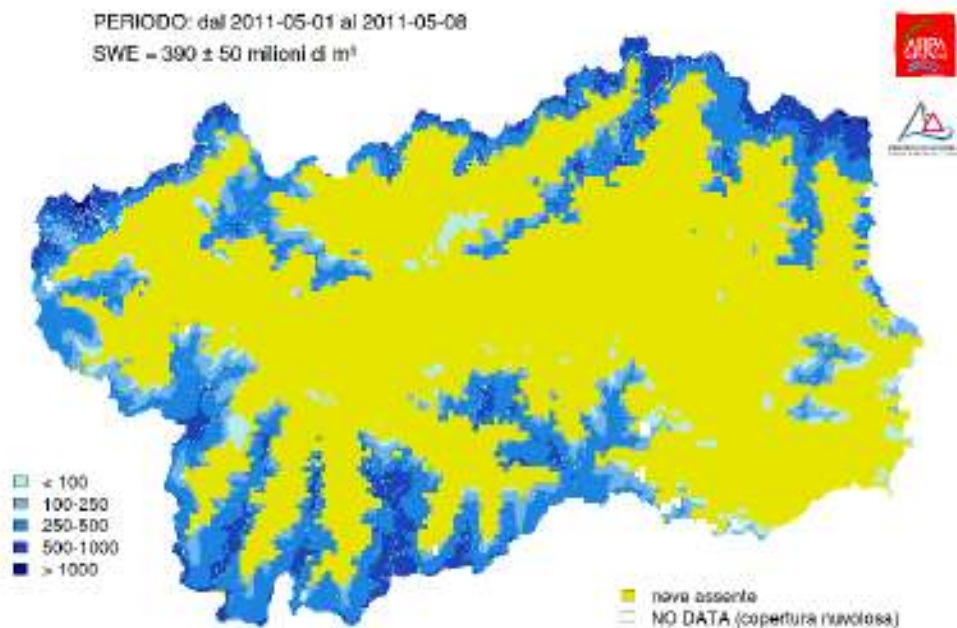


Density vs Global Radiation (dataset swelab)



La stima SWE a scala regionale: MODELLO REGRESSIVO

Elevation	Slope
Aspect	Northness Index (Molotch 2005)
Concavity/Convexity	Skyview factor
Monthly Total Direct radiation	Monthly Total Global radiation
Monthly Total Diffuse radiation	Monthly total duration of direct radiation



La stima SWE a scala di bacino: il monitoraggio per la produzione idroelettrica (es. Place Moulin)



10 maggio 2012 - Alta Valpelline



La stima SWE a scala di bacino: il monitoraggio per la produzione idroelettrica

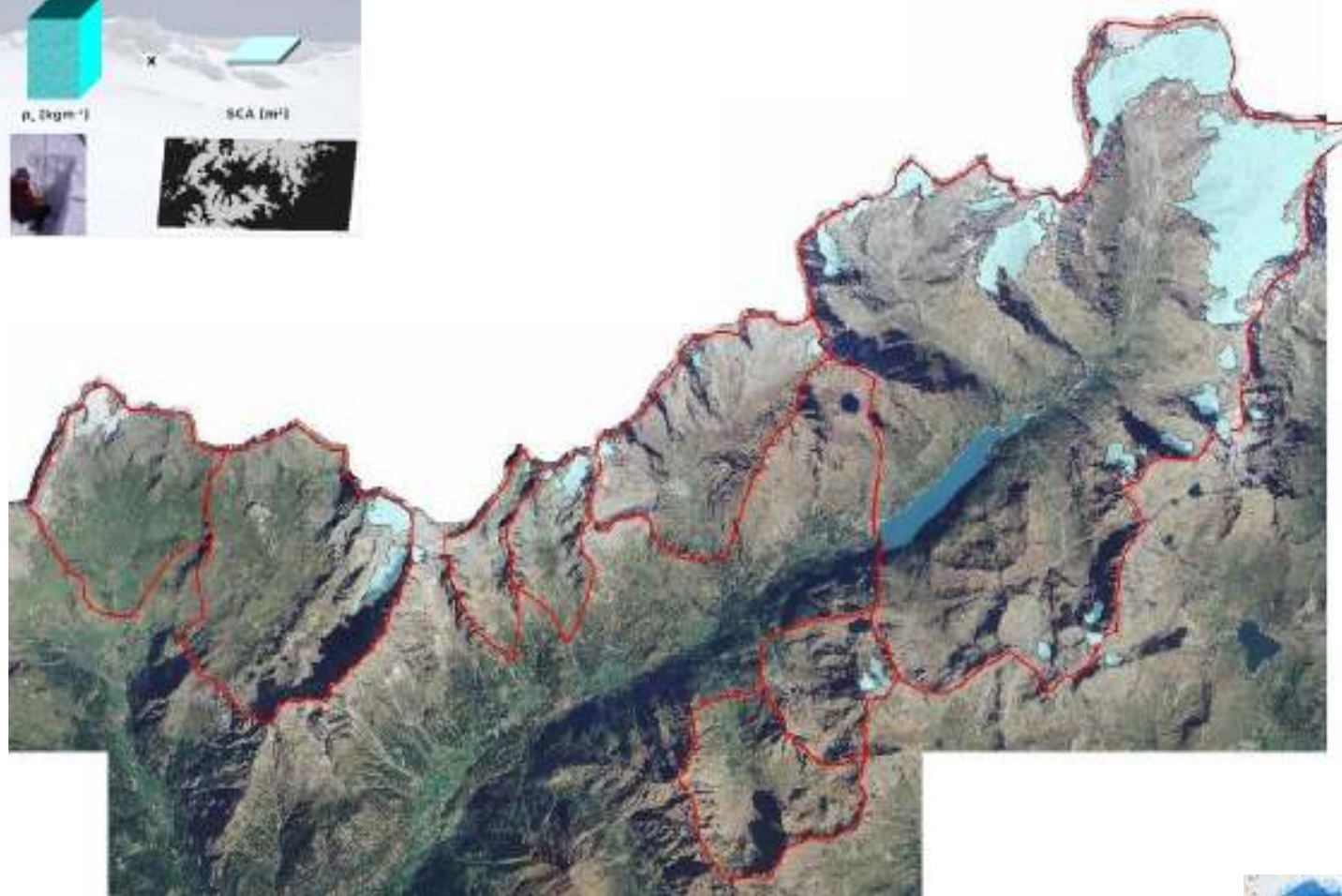
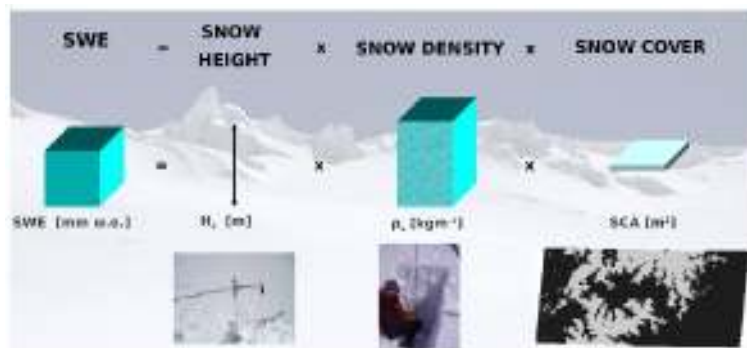
La diga di Place Moulin è l'invaso di maggiore importanza della Regione e per il quale è rilevante la stima dell'accumulo di acqua

Capacità utile di invaso: 105 M mc, superficie del bacino sotteso 137 kmq (alta Valpelline);

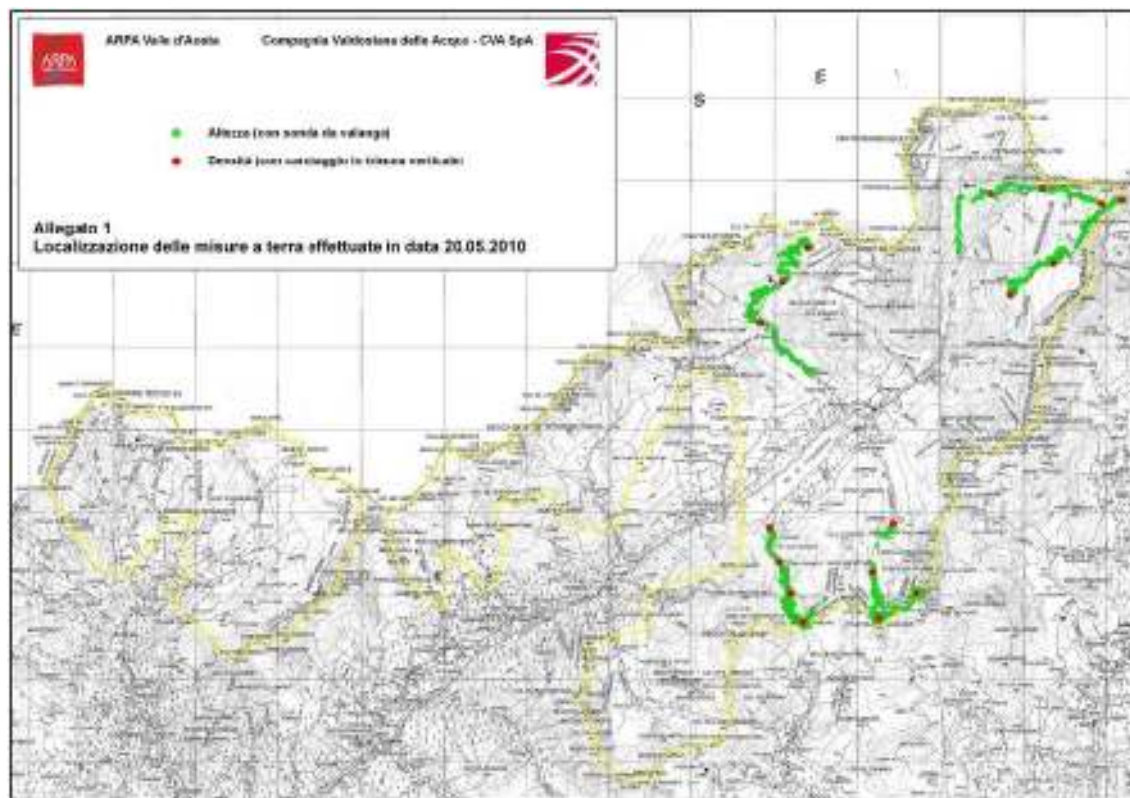
L'ottimizzatore tiene conto nella programmazione delle potenzialità di produzione legate alla riserva idrica presente nel bacino in un dato momento. Le grandi dighe modulano la produzione per massimizzare le vendite.



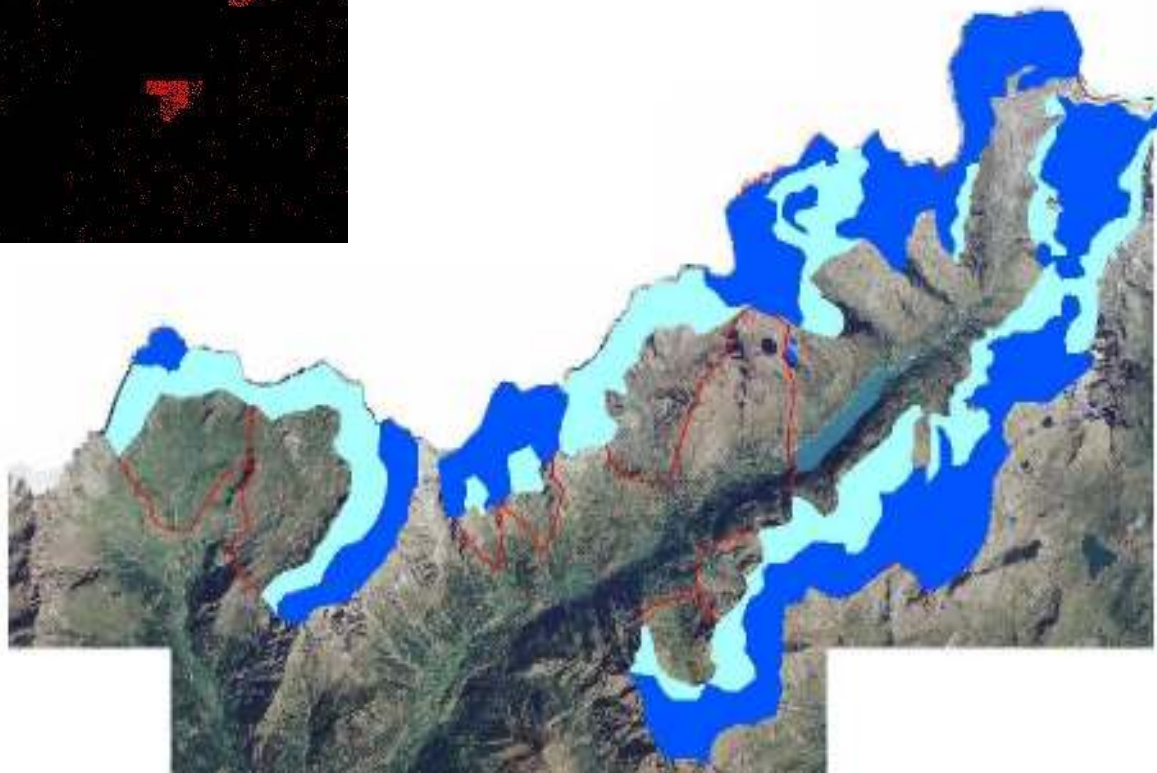
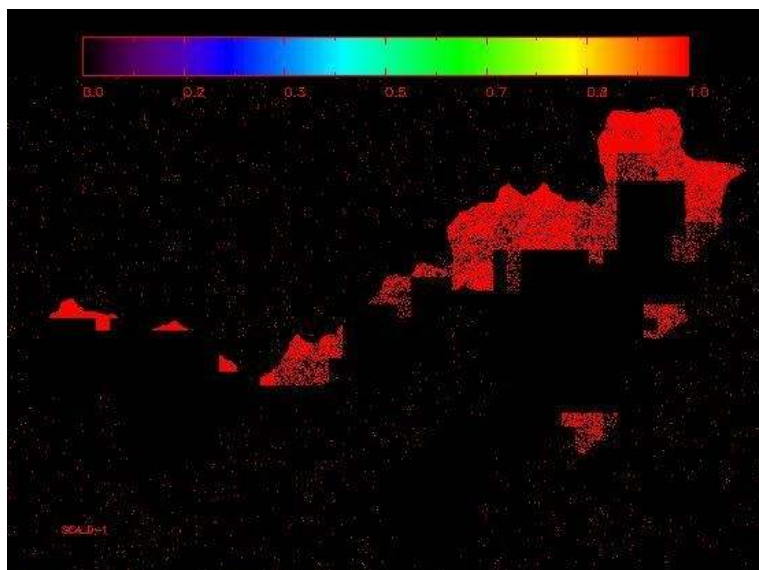
La stima SWE a scala di bacino: il monitoraggio per la produzione idroelettrica



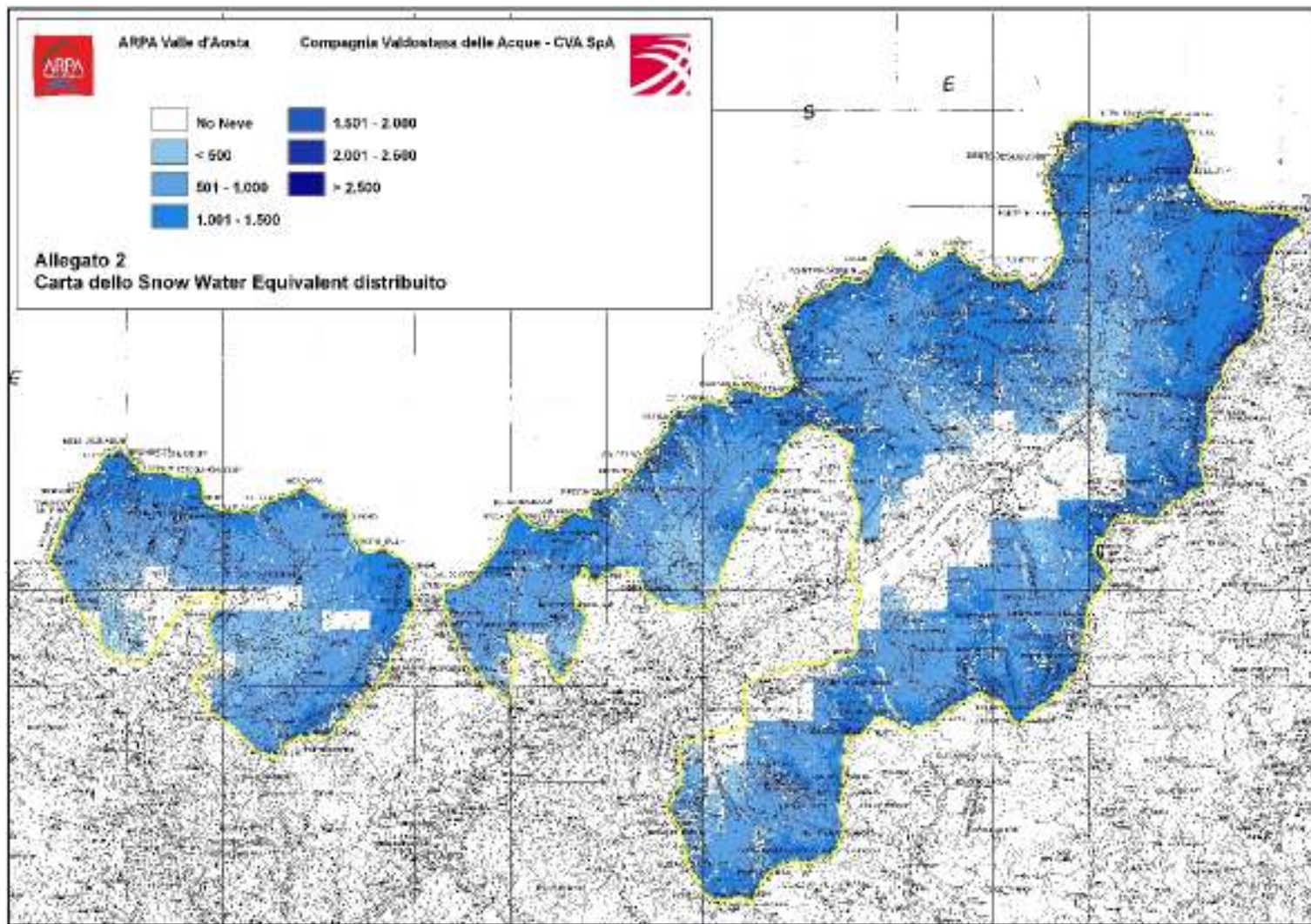
La stima SWE a scala di bacino: il monitoraggio per la produzione idroelettrica



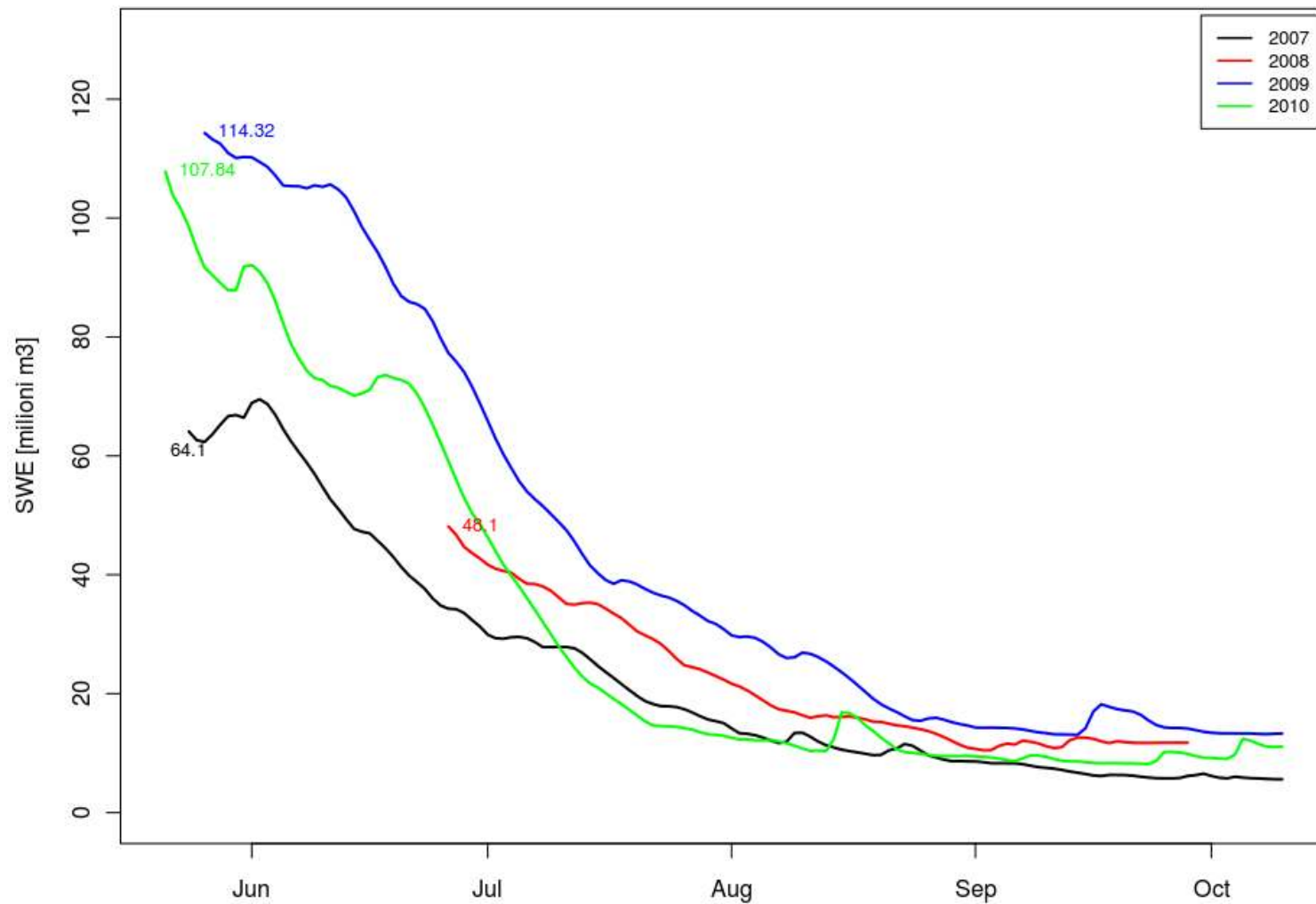
La stima SWE a scala di bacino: il monitoraggio per la produzione idroelettrica



La stima SWE a scala di bacino: il monitoraggio per la produzione idroelettrica



La stima SWE a scala di bacino: il monitoraggio per la produzione idroelettrica



La stima SWE a scala di bacino: nuove tecniche di misura a supporto del monitoraggio



GPR - *ground penetrating radar* per lo SWE

La stima dello Snow Water Equivalent a scala di bacino può essere realizzata ricorrendo a rilievi geofisici di tipo elettromagnetico. ARPA Valle d'Aosta ha sviluppato un sistema operativo di misura GPR eliportato a supporto della stima dello SWE in specifici bacini alpini.

Vantaggi del metodo:

- significativa riduzione dell'impiego di **personale a terra**;
- misure **non condizionate** dallo stato del territorio;
- **rapidità** nella realizzazione delle misure;
- acquisizione di dataset numericamente **consistenti**;
- acquisizione di dataset spazialmente più **distribuiti**.



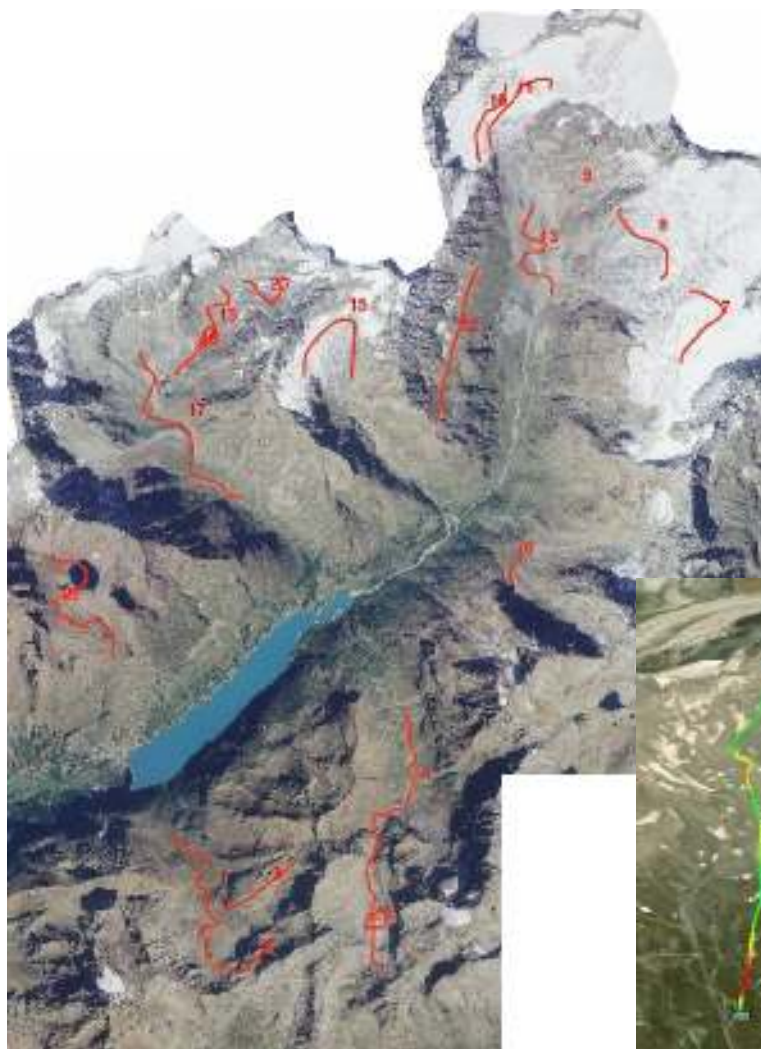
La stima SWE a scala di bacino: nuove tecniche di misura a supporto del monitoraggio

- Unità radar: GSSI SIR-3000
- Antenna: 400 MHz
- Piattaforma: elicottero SA 315 B LAMA
- Antenna GPS: montata in cabina + master station su punto noto

- Velocità misura: $30\text{km/h} \simeq 10\text{m/s}$
- Marcatura: 1punto/s
- Spaziatura punti: $1\text{punto}/10\text{m}$
- Quota relativa di volo: 5 – 10m



La stima SWE a scala di bacino: nuove tecniche di misura a supporto del monitoraggio

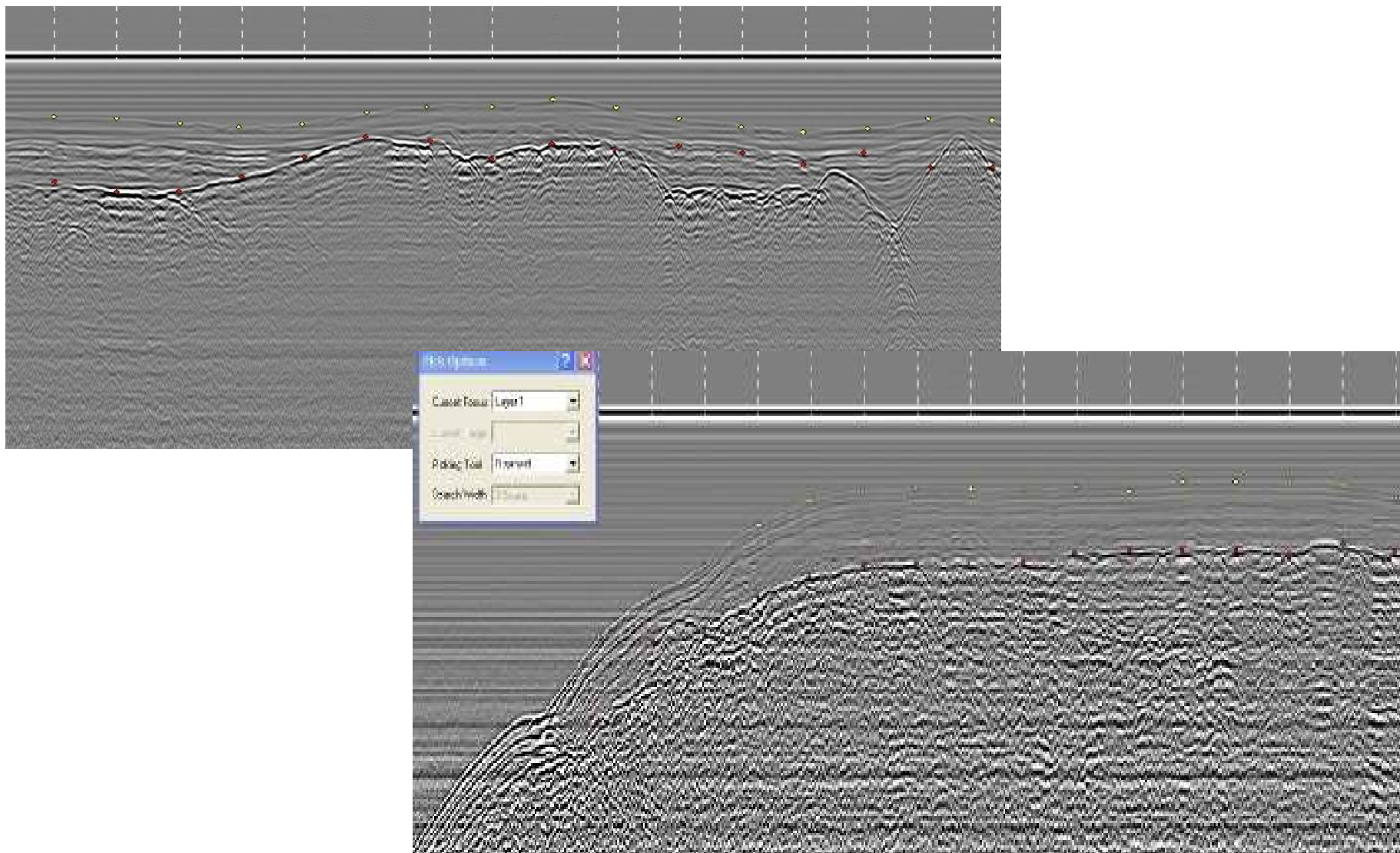


METEOLAB III edizione - Forte di Bard - 3 Novembre 2012

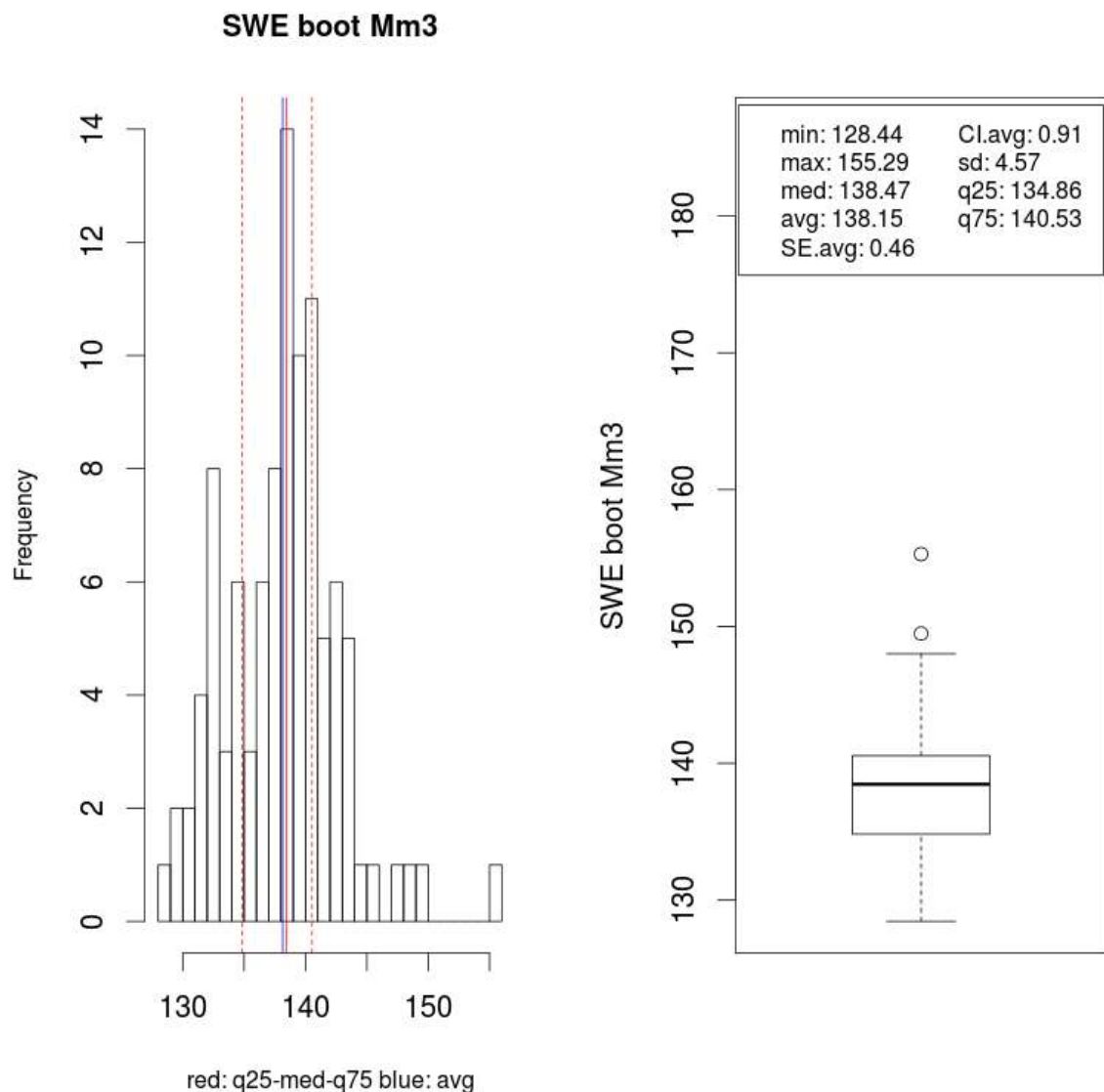
U. Morra di Cella - *Stato ed evoluzione della neve ai fini della quantificazione della risorsa idrica*



La stima SWE a scala di bacino: nuove tecniche di misura a supporto del monitoraggio



La stima SWE a scala di bacino: nuove tecniche di misura a supporto del monitoraggio



La misura (e stima!) dello SWE in montagna: una sfida aperta....



07 gennaio 2012 - Stazione meteo ARPA VDA di Cime Bianche abbattuta dal vento



La misura (e stima!) dello SWE in montagna: una sfida aperta....



07 gennaio 2012 - Stazione CF - Ufficio Meteo di Cime Bianche (3.100 m) "riempita" di neve...



La misura (e stima!) dello SWE in montagna: una sfida aperta....



11 maggio 2012 - Stato dell'innnevamento nei pressi della diga di Place Moulin



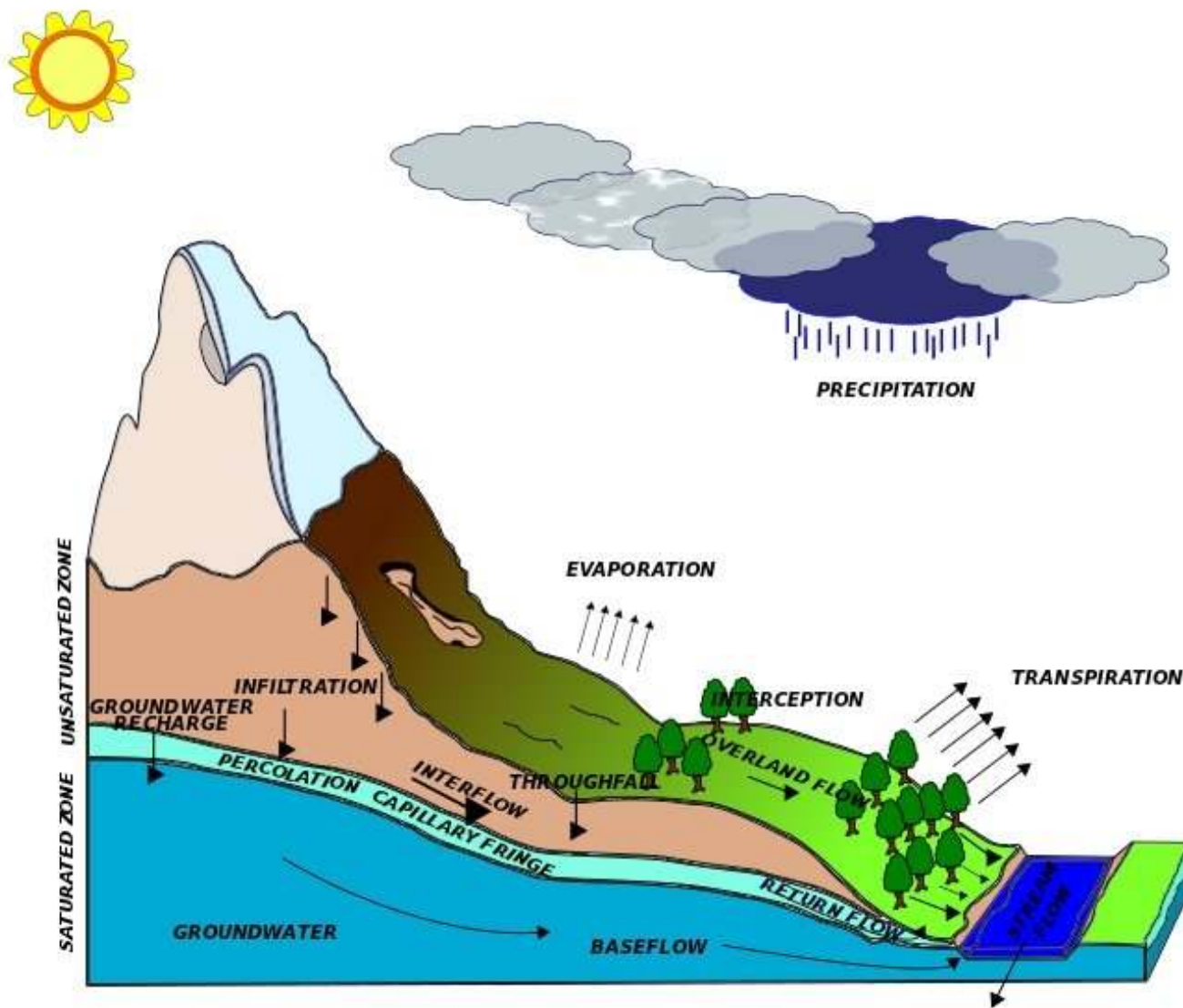
La misura (e stima!) dello SWE in montagna: una sfida aperta....



10 febbraio 2012 - Stazione monitoraggio SWE, sorgenti di Mascognaz, Val d'Ayas (stazione RAVA - POLITO)



La misura (e stima!) dello SWE in montagna: una sfida aperta....





Vallone di Mascognaz – Val d'Ayas (10 febbraio 2012)

