



# I monitoraggio del permafrost in Valle d'Aosta: siti di studio e primi risultati

U. Morra di Cella, **E. Cremonese**, P. Pogliotti

## CONTENUTI

- Introduzione: perchè il monitoraggio del permafrost in Valle d'Aosta
- Monitoraggio a lungo termine: il sito di Cime Bianche
- Monitoraggio in parete: dalle prime installazioni alla modellizzazione
- Siti: panoramica della situazione attuale
- Attività in corso: PERMANet e RISKnat



# Perchè le attività di monitoraggio del permafrost in Valle d'Aosta?

Estate 2003...



...numerosi crolli interessano l'intero arco alpino, soprattutto in alta quota.

## Perchè le attività di monitoraggio del permafrost in Valle d'Aosta?

6. 18. 9. 2004, 13:43:09



**Thurwieser 2004**



**Les Drus 2005**

...grandi crolli si verificano anche nelle estati successive...

In numerosi casi è  
visibile del  
ghiaccio nelle  
nicchie di distacco

Capanna Carrel →

Cheminée →

Foto: L. Trucco



La degradazione del permafrost potrebbe essere una delle principali cause di innesco di questi fenomeni di instabilità...

**GLOBAL  
WARMING**

...dato che il permafrost è molto abbondante nella regione alpina soprattutto in alta quota...

...nei prossimi decenni il problema potrebbe diventare spazialmente molto esteso a causa del global warming

In seguito a questi eventi  
l'Amministrazione Regionale chiede ad ARPA VdA  
di approfondire la conoscenza di queste dinamiche  
ed acquisire competenze in materia di permafrost.

A partire dal 2004, si è scelto di inserire anche il  
**PERMAFROST TRA GLI INDICATORI DI CAMBIAMENTO CLIMATICO**  
monitorati sul territorio regionale

Numerose collaborazioni  
sono nate nel corso di questi anni  
tra ARPA ed i principali esperti internazionali di  
permafrost alpino.

**L.R. 4-9-1995 n. 41**

Art. 4

Sono compiti e attività dell'A.R.P.A.:

...

l-ter) il monitoraggio sul territorio regionale dei parametri  
correlabili

con le dinamiche globali di cambiamento meteo-climatico;

...

## **Monitoraggio del Permafrost 2 linee di ricerca principali**

### **Morfologia del sito**

#### **FLAT**

**Monitoraggio a lungo termine**

**Fori profondi**

**Variazioni Spessore Active Layer**

**Variazioni T°C del permafrost**

**Effetto e proprietà del manto nevoso**

**(1 Sito: Cime Bianche)**

#### **STEEP**

**Monitoraggio estremamente locale**

**Fori superficiali**

**MAGST (permafrost S/N/Forse)**

**Validazione/Calibrazione Modelli**

**Effetto della morfologia**

**(n Siti: Cervino, MB)**

## **Monitoraggio del Permafrost 2 linee di ricerca principali**

### **Morfologia del sito**

#### **FLAT**

**Monitoraggio a lungo termine**

**Fori profondi**

**Variazioni Spessore Active Layer**

**Variazioni T°C tavola del permafrost**

**Effetto e proprietà del manto nevoso**

**(1 Sito: Cime Bianche)**

#### **STEEP**

**Monitoraggio estremamente locale**

**Fori superficiali**

**MAGST (permafrost S/N/Forse)**

**Validazione/Calibrazione Modelli**

**Effetto della morfologia**

**(n Siti: Cervino, MB)**

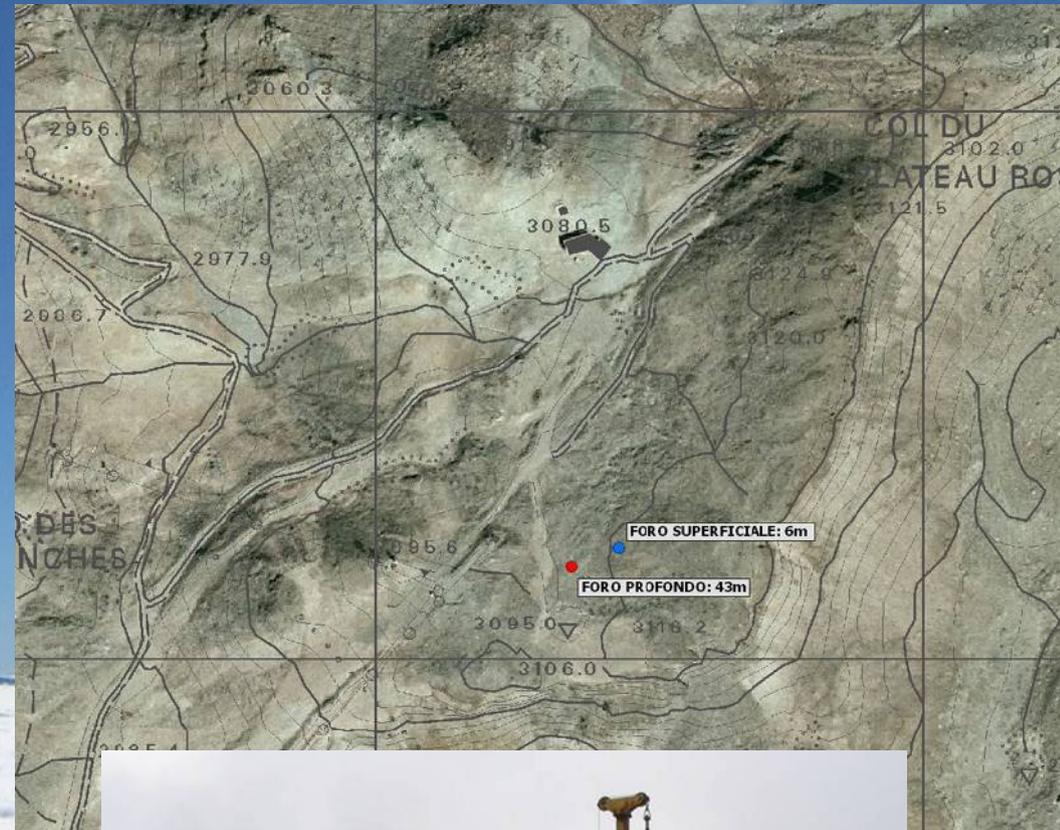
## Monitoraggio a lungo termine: il sito di Cime Bianche (alta Valtournenche)



## Monitoraggio a lungo termine: il sito di Cime Bianche (alta Valtournenche)

- Lavori realizzati nell'autunno 2004
- Ditta realizzatrice: SOGETEC
- carotaggio a distruzione
- foro profondo: 43m
- foro superficiale: 6 m
- diametro 60mm + rivestimento in PVC

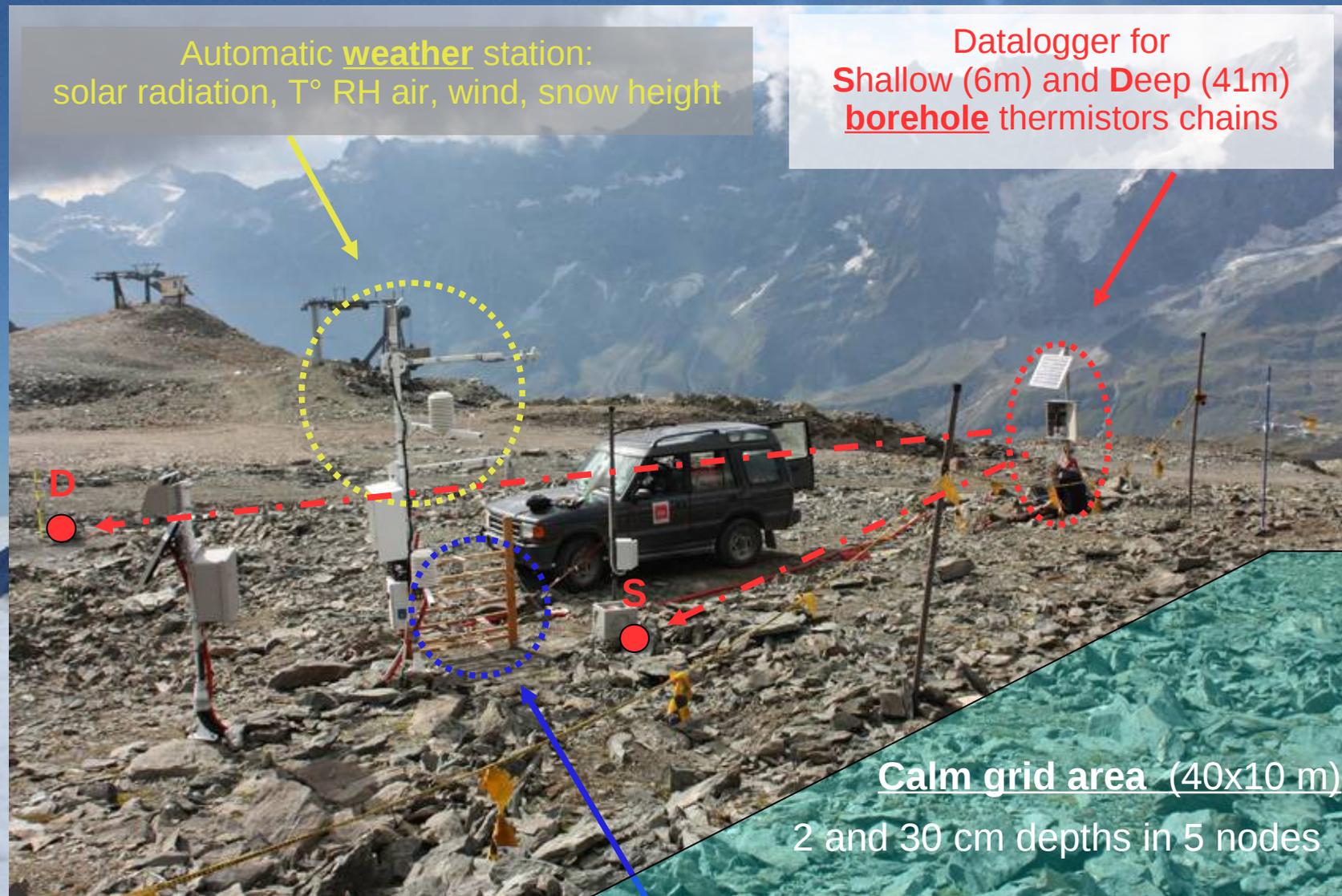
Consulenza Uni-Insubria (Prof. Guglielmin)



## Monitoraggio a lungo termine: il sito di Cime Bianche (alta Valtournenche)

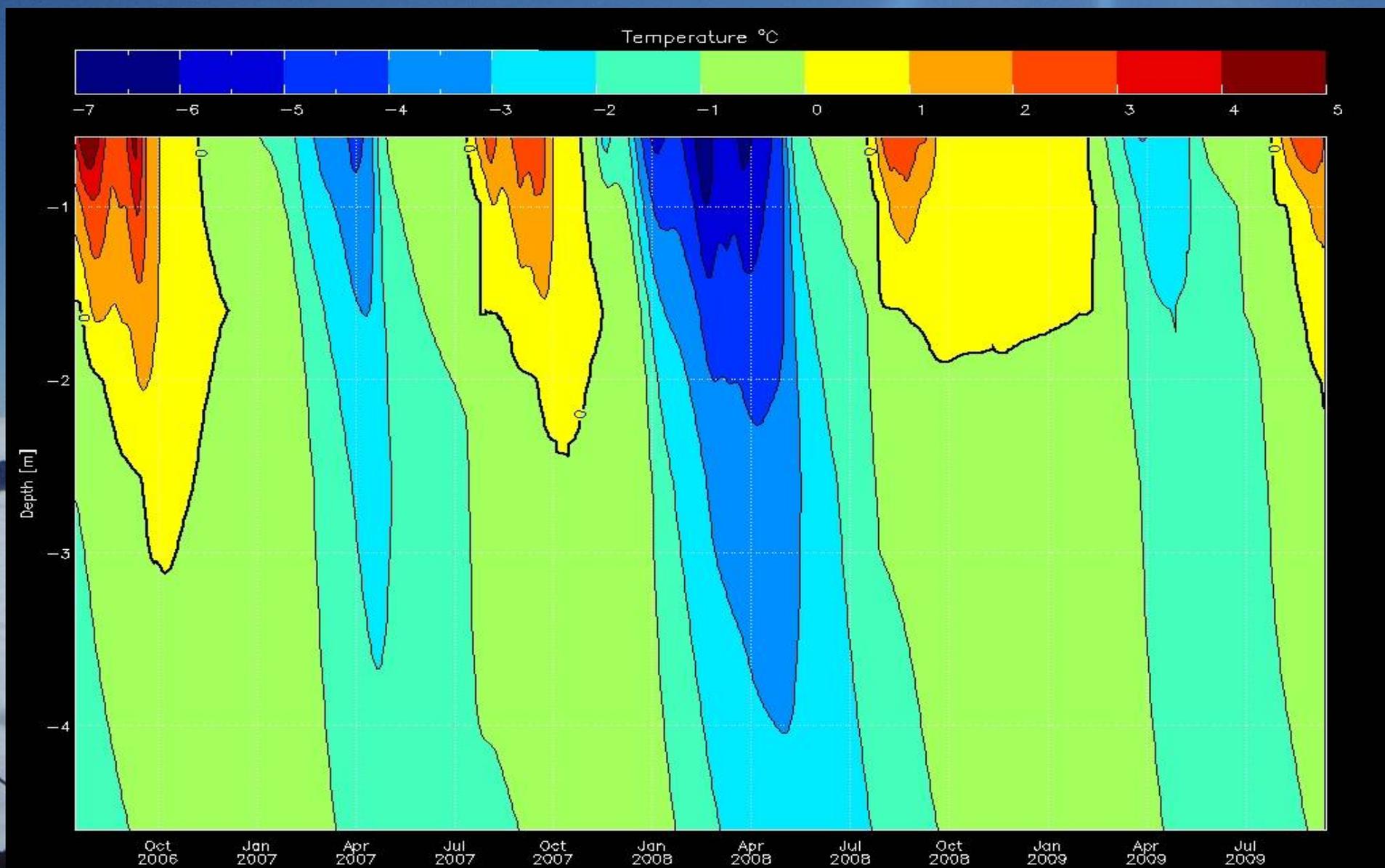
2004-2009

situazione  
attuale  
del sito



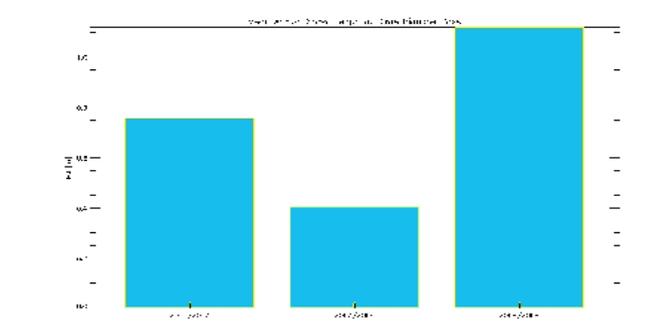
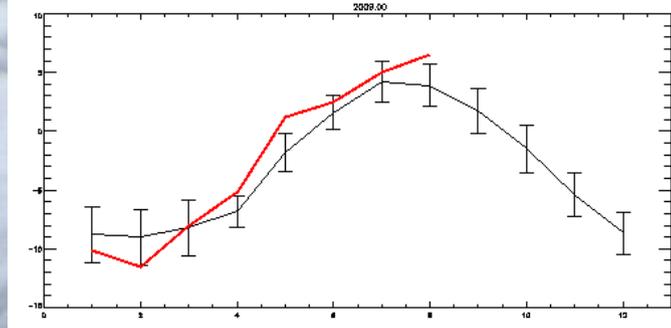
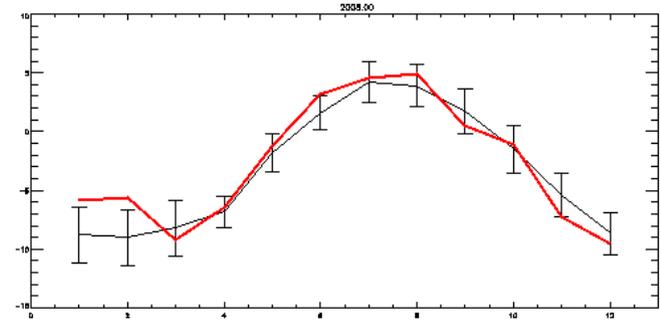
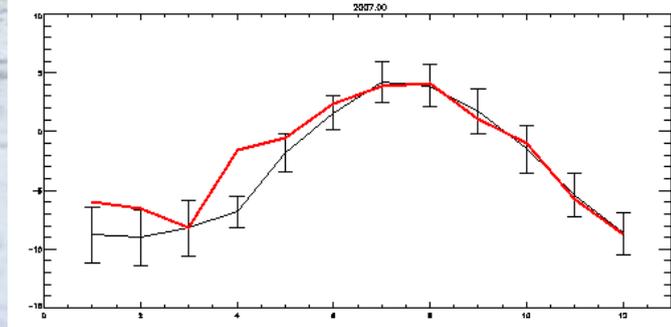
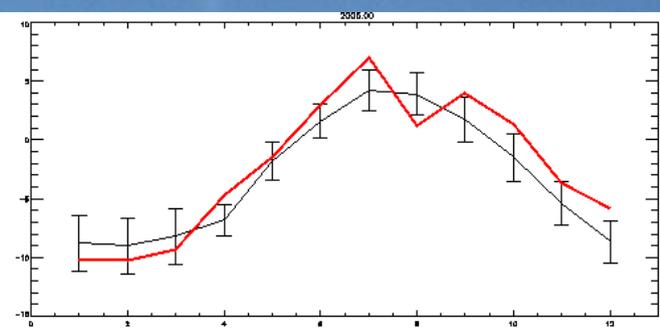
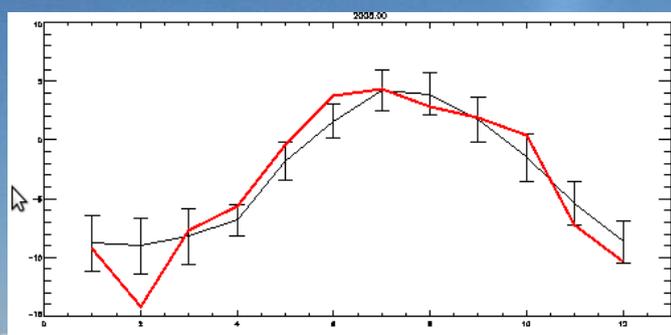
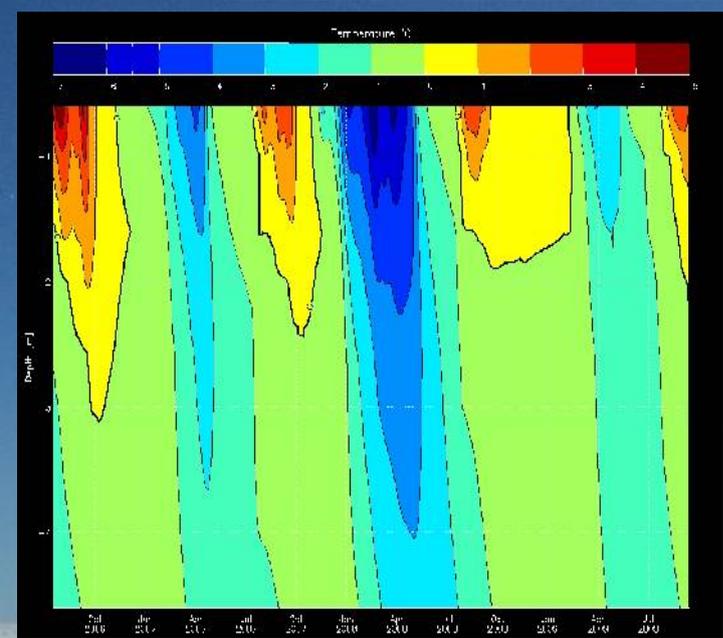
## Monitoraggio a lungo termine: il sito di Cime Bianche (alta Valtournenche)

Evoluzione recente dello spessore dell'active layer (07/2006 – 09/2009) foro 6 m



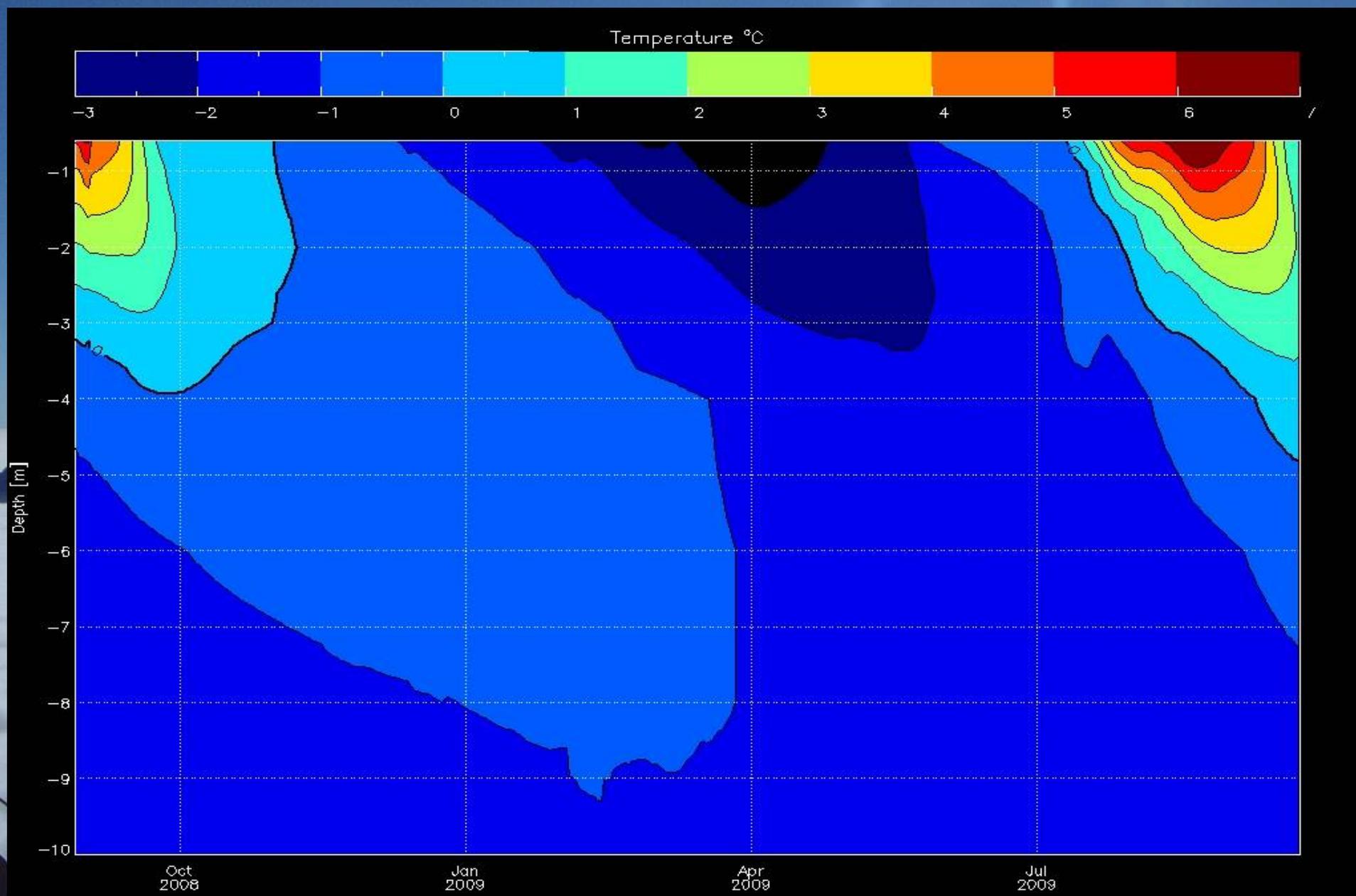
# Monitoraggio a lungo termine: il sito di Cime Bianche (alta Valtournenche)

## Evoluzione recente dello spessore dell'active layer (07/2006 – 09/2009) foro 6 m



## Monitoraggio a lungo termine: il sito di Cime Bianche (alta Valtournenche)

Evoluzione recente dello spessore dell'active layer (08/2008 – 09/2009) foro 41 m



## **Monitoraggio del Permafrost 2 linee di ricerca principali**

### **Morfologia del sito**

#### **FLAT**

**Monitoraggio a lungo termine**

**Fori profondi**

**Variazioni Spessore Active Layer**

**Variazioni T°C tavola del permafrost**

**Effetto e proprietà del manto nevoso**

**(1 Sito: Cime Bianche)**

#### **STEEP**

**Monitoraggio estremamente locale**

**Fori superficiali**

**MAGST (permafrost S/N/Forse)**

**Validazione/Calibrazione Modelli**

**Effetto della morfologia**

**(n Siti: Cervino, MB)**

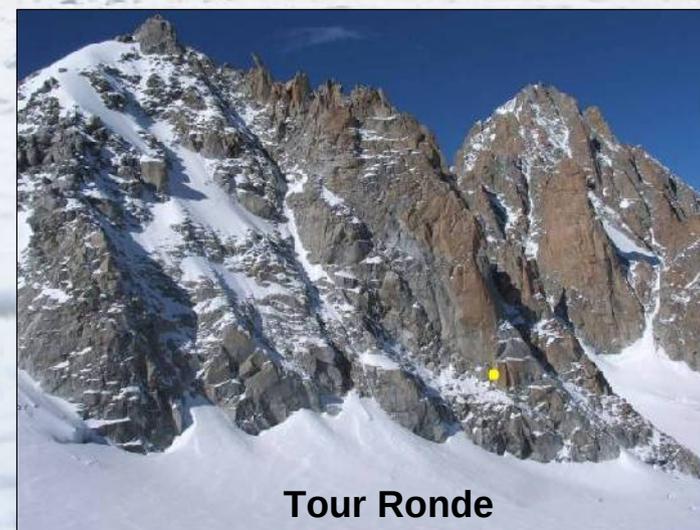
## Monitoraggio su pareti rocciose in alta quota

Principali aree di studio: Cervino e Monte Bianco



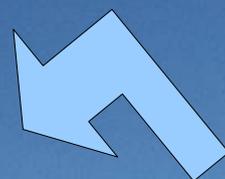
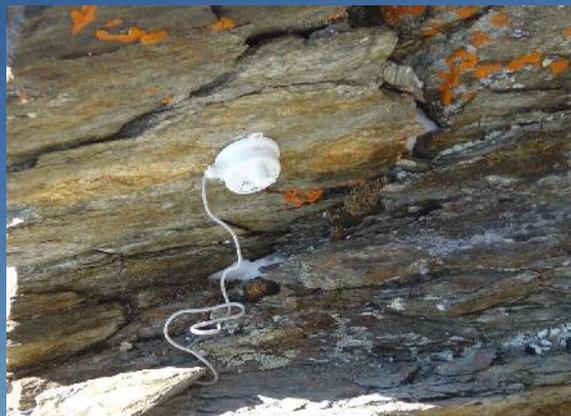
Pareti rocciose:  
- verticali  
- no coperture  
- diverse expo  
- diverse quote

Alcuni esempi



## Monitoraggio su pareti rocciose in alta quota

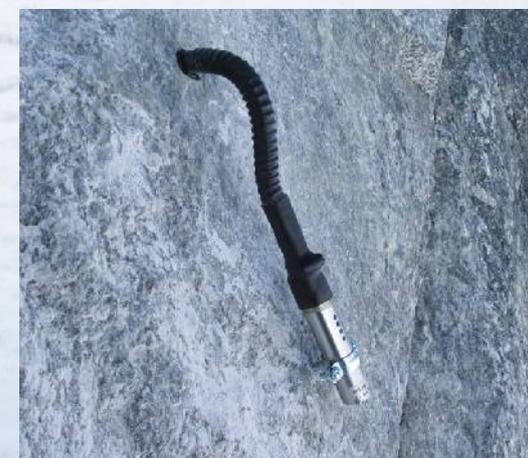
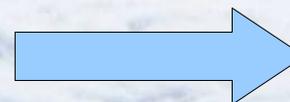
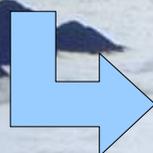
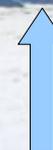
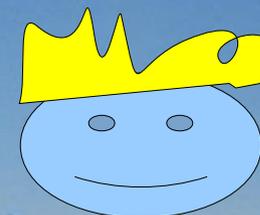
Attività iniziata nel 2005 sul Cervino e sviluppata nel 2006/2007 nell'ambito del progetto Interreg PERMAdataROC



### Azione PERMAtemp:

Definizione  
Sperimentazione  
Validazione  
Standardizzazione  
di

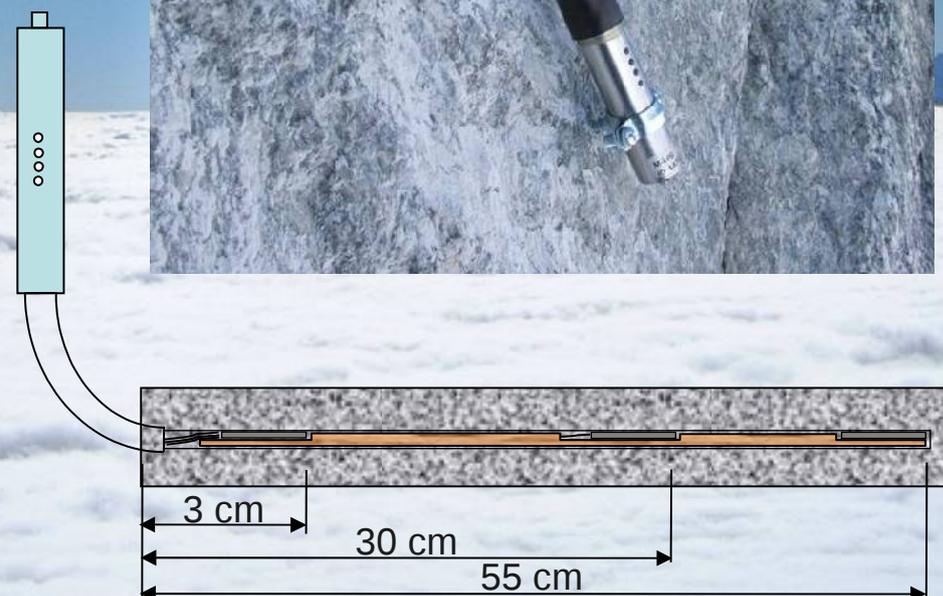
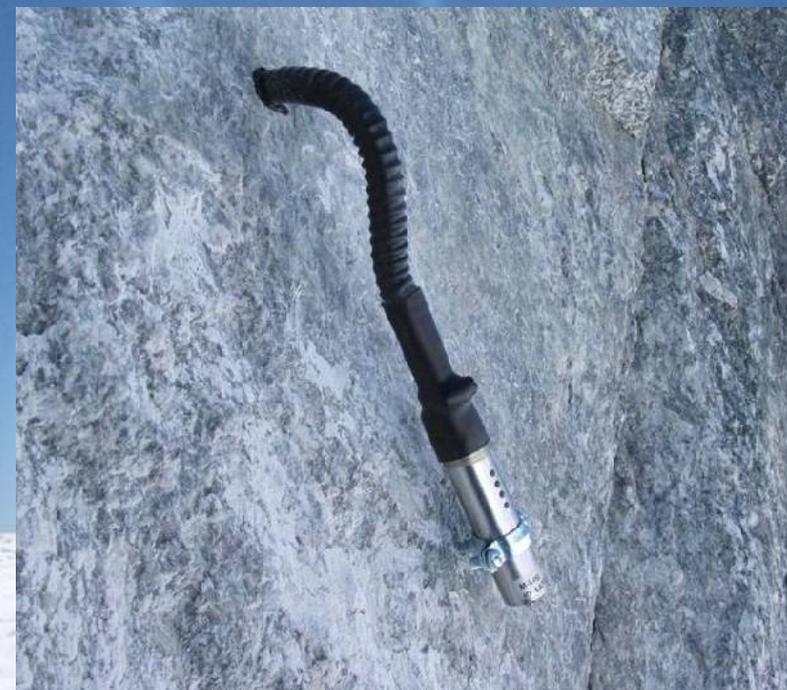
metodi e strumenti di misura  
dei regimi termici delle pareti rocciose



## Monitoraggio su pareti rocciose in alta quota

Metodologie di misura adottate

Temperatura roccia & aria

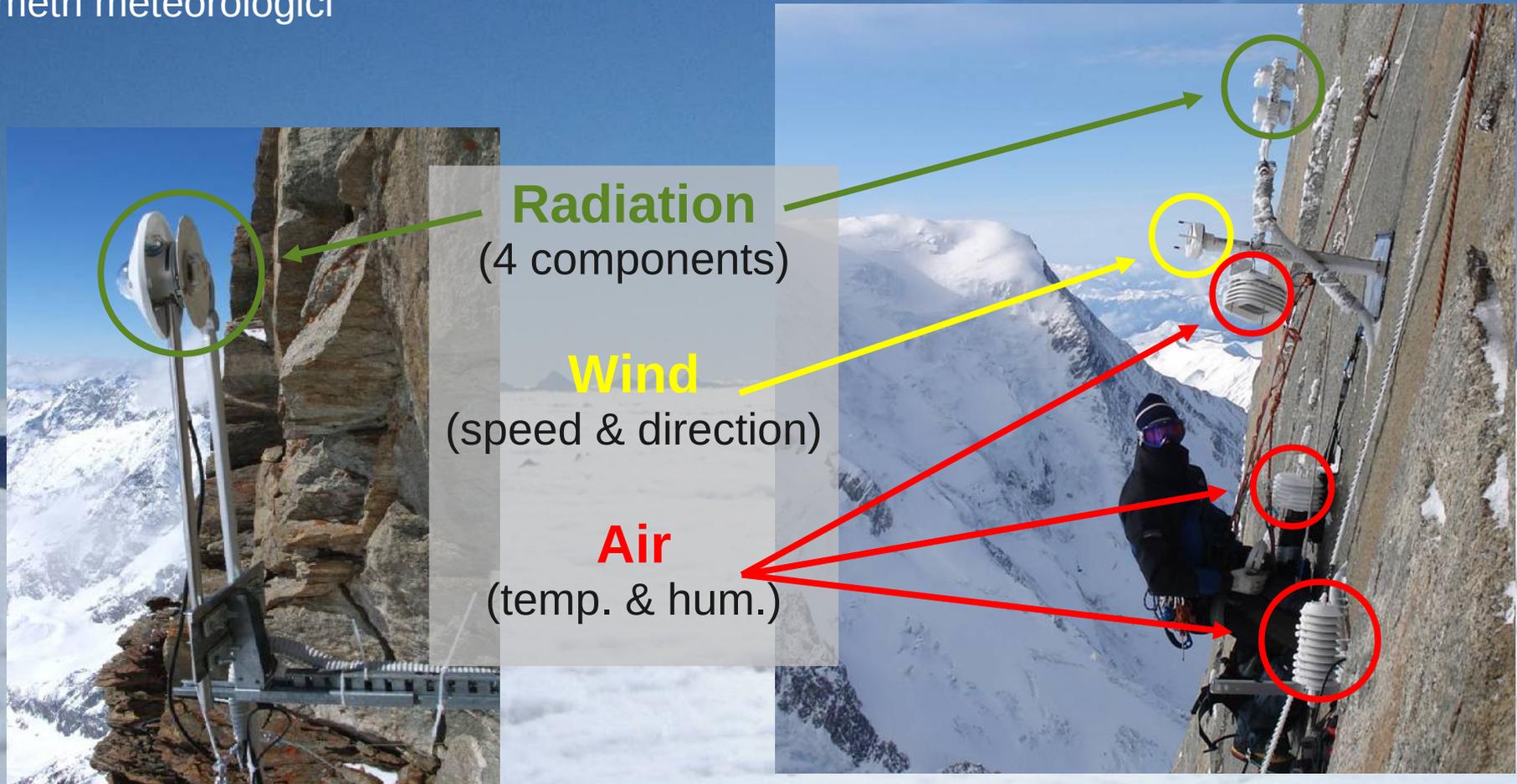


...sistema con trasmissione automatica dei dati in fase di test!

## Monitoraggio su pareti rocciose in alta quota

Metodologie di misura adottate

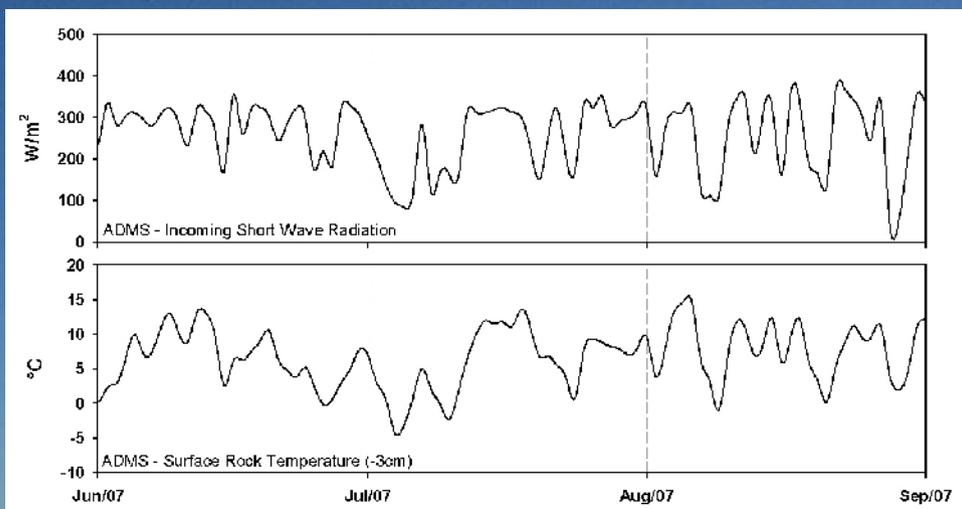
Parametri meteorologici



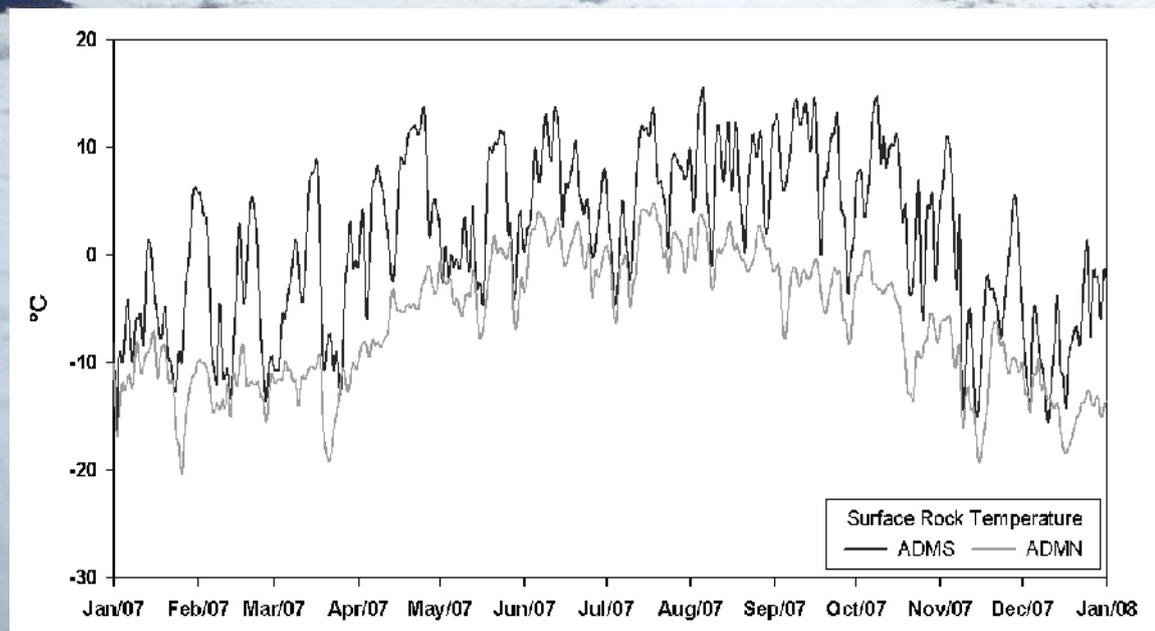
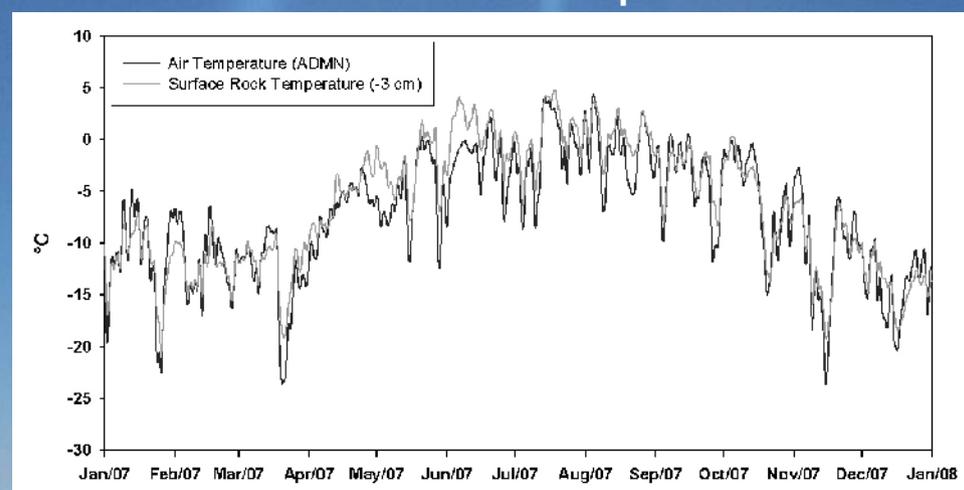
## Monitoraggio su pareti rocciose in alta quota

### Alcune caratteristiche dei regimi termici misurati

#### Versanti sud: effetto della radiazione



#### Versanti nord: effetto della temperatura aria



## Monitoraggio su pareti rocciose in alta quota

### Un po' di numeri

	3 cm				55 cm			
	MAGST [°C]				MAGST [°C]			
	ADM_N	ADM_S	CC_N	CHEM	ADM_N	ADM_S	CC_N	CHEM
2005				0.92				0.57
2006	-6.3	1.6	-4.88	1.91	-6.25	1.51	-5.13	1.47
2007	-6.52	-3.72	-6.07	1.33	-6.53	-2.81	-6.32	0.88
2008			-6.35				-6.56	

## *Modellizzazione del permafrost*

### DISTRIBUZIONE POTENZIALE

I Dati vengono utilizzati per  
la calibrazione/validazione di  
**modelli statistici**  
applicati alle scala regionale o locale

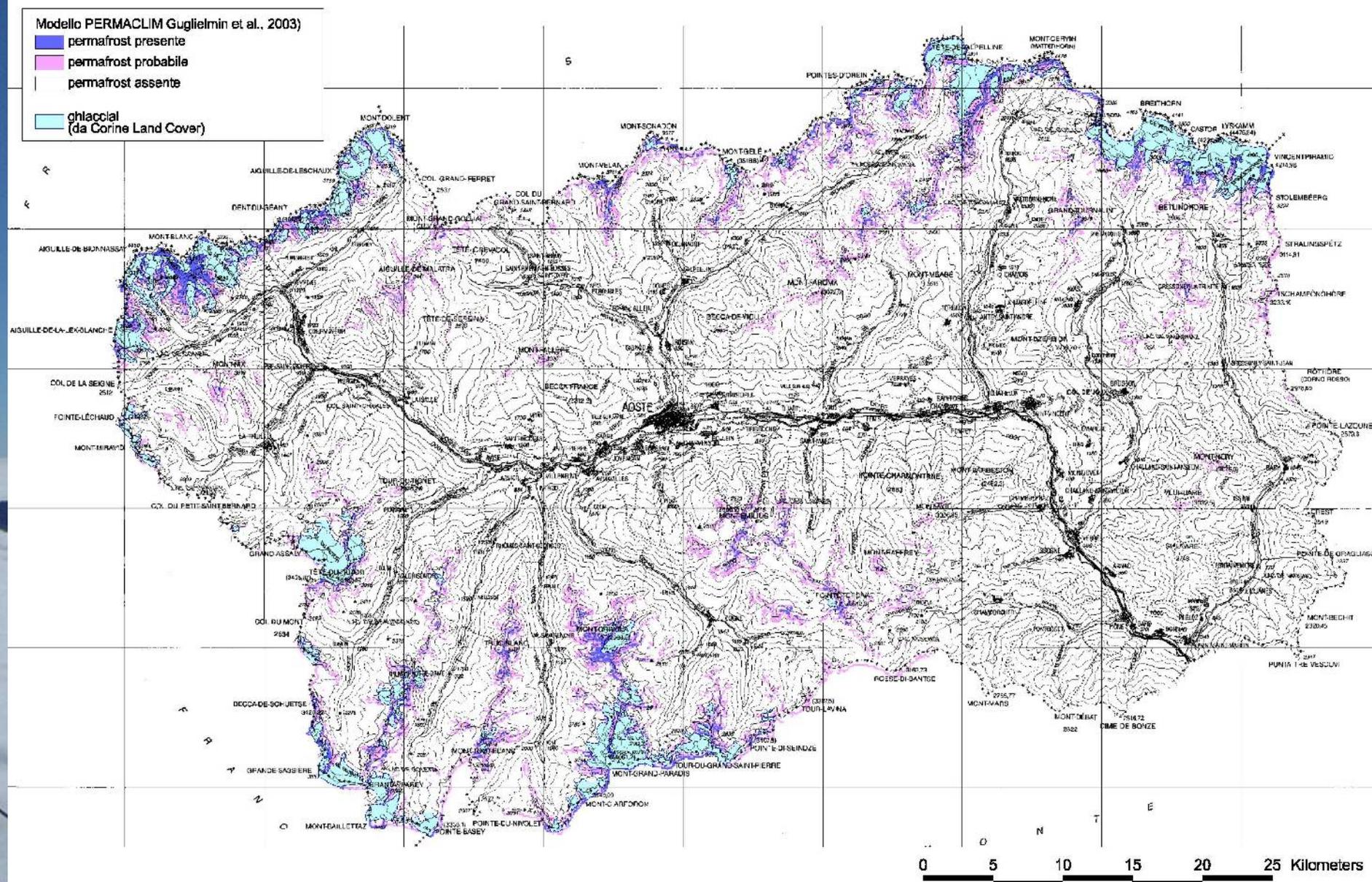
### MIGLIORARE LA CONOSCENZA

I Dati vengono utilizzati per  
la validazione/parametrizzazione di  
**modelli avanzati e fisicamente basati**

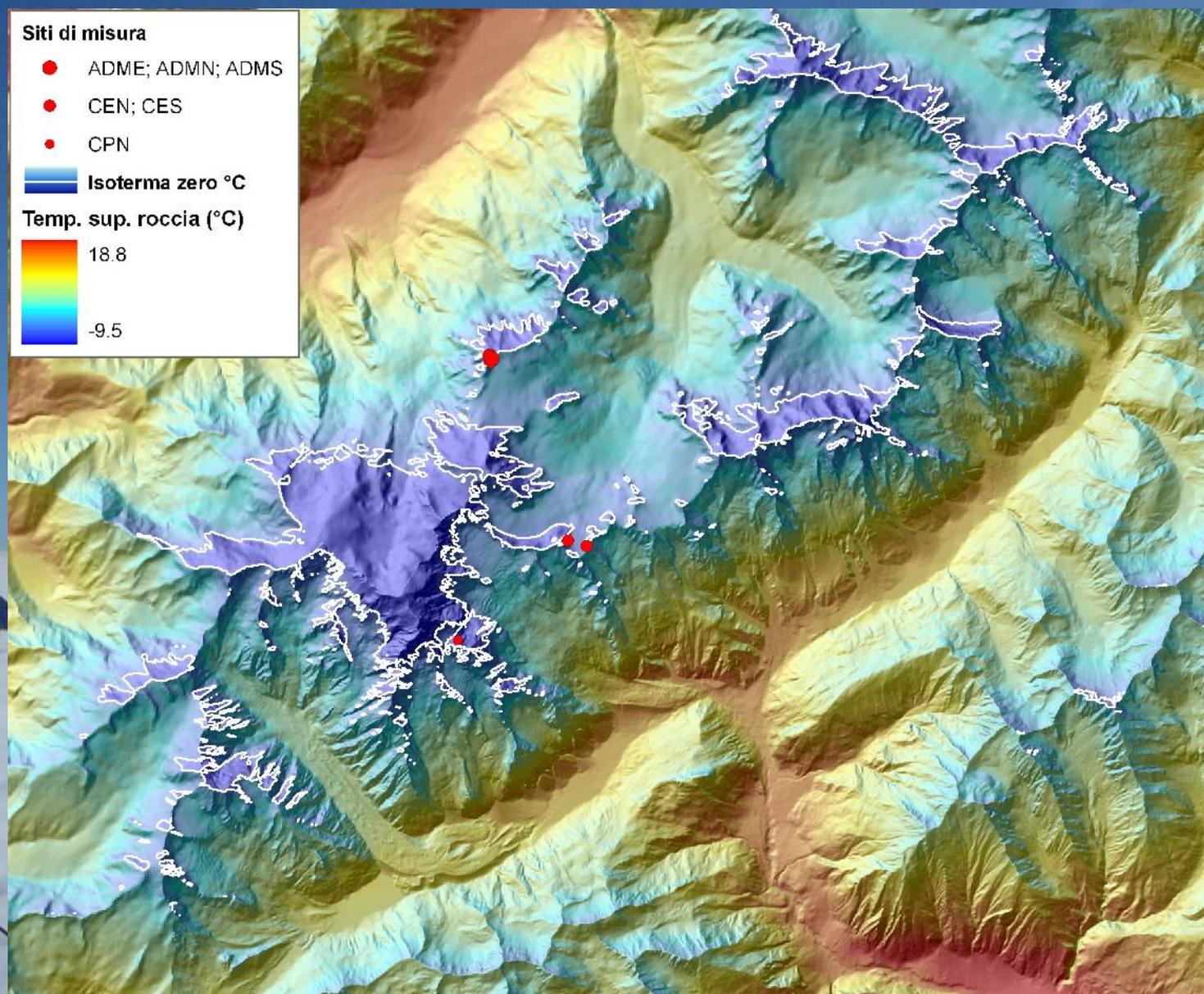
Tali modelli sono indispensabili  
per la comprensione dei processi fisici  
alla base dei fenomeni osservati.

# Distribuzione del permafrost a scala regionale: il punto di partenza

## CARTA DELLA CRIOSFERA DELLA REGIONE VALLE D'AOSTA



## Distribuzione del permafrost con modelli statistici: scala di massiccio



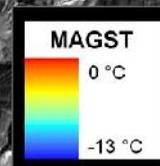
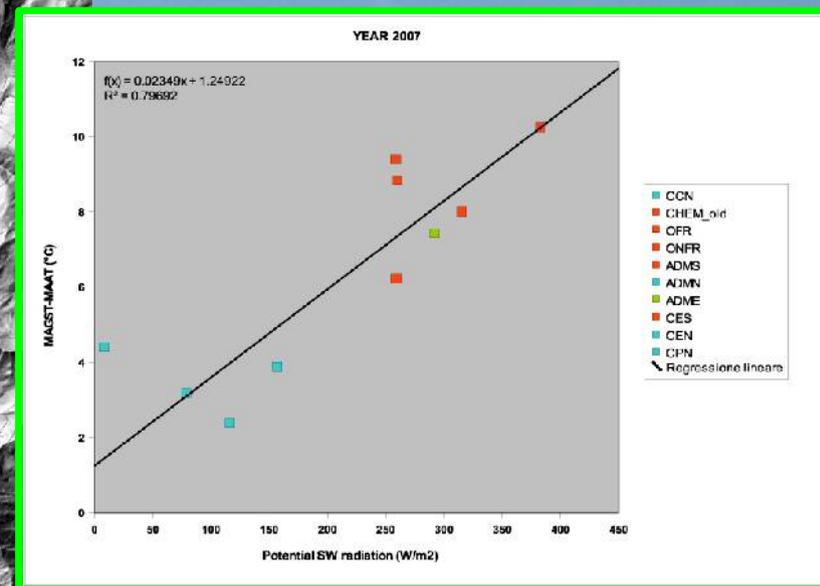
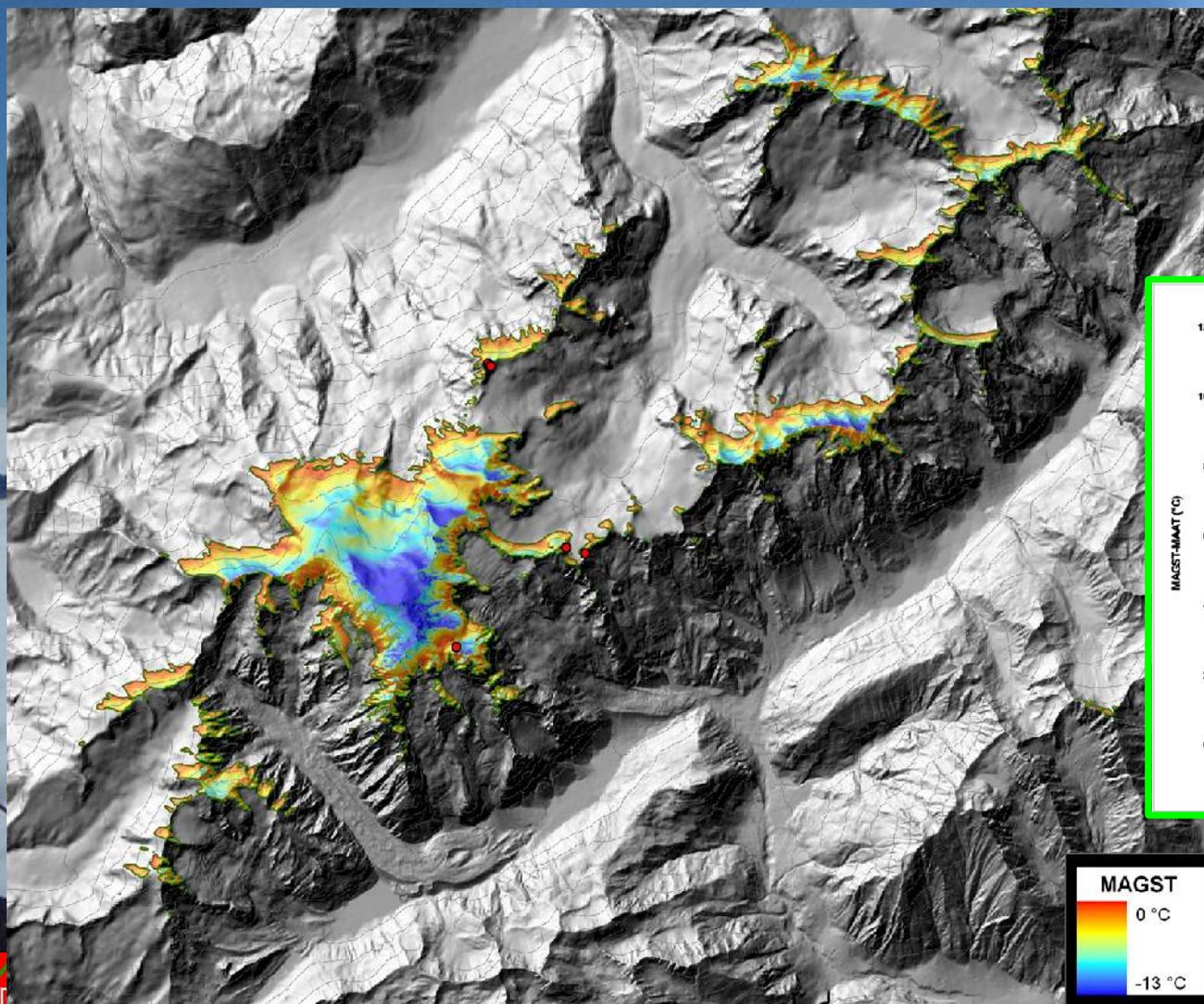
Monte Bianco 2007/2008

# Distribuzione del permafrost con modelli statistici: scala massiccio

## LINEAR REGRESSIVE MODEL

$$\text{MAGST} = \text{MAAT} + \Delta T$$

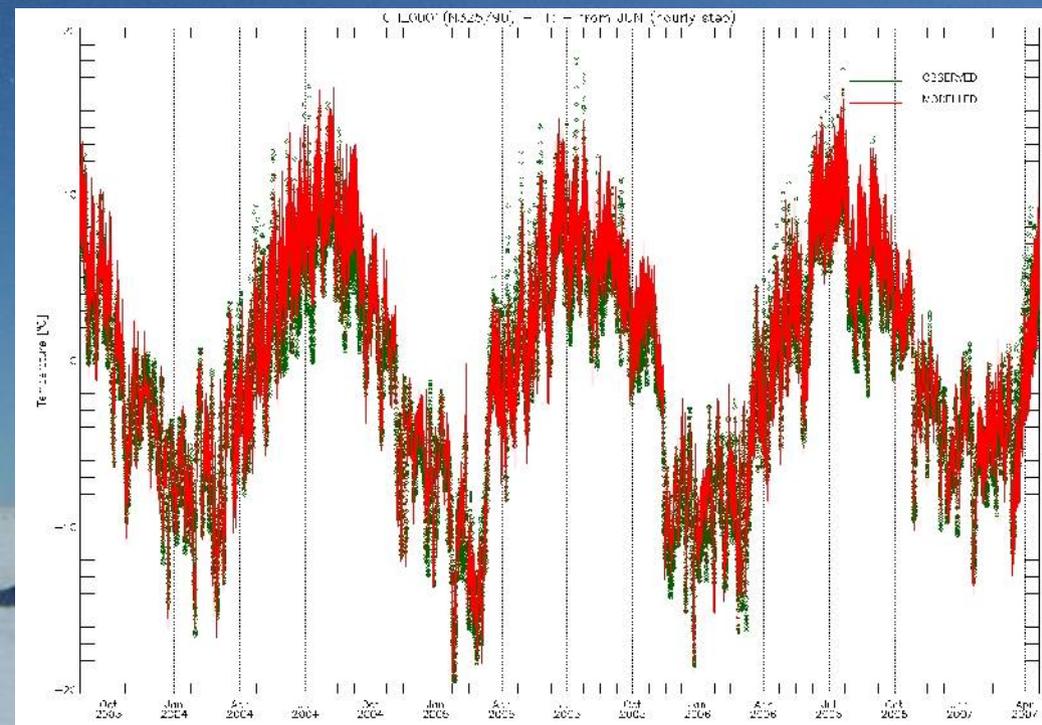
$$\text{MAAT} = a + b(\text{ELEVATION}) \quad \Delta T = c + d(\text{PSWR})$$



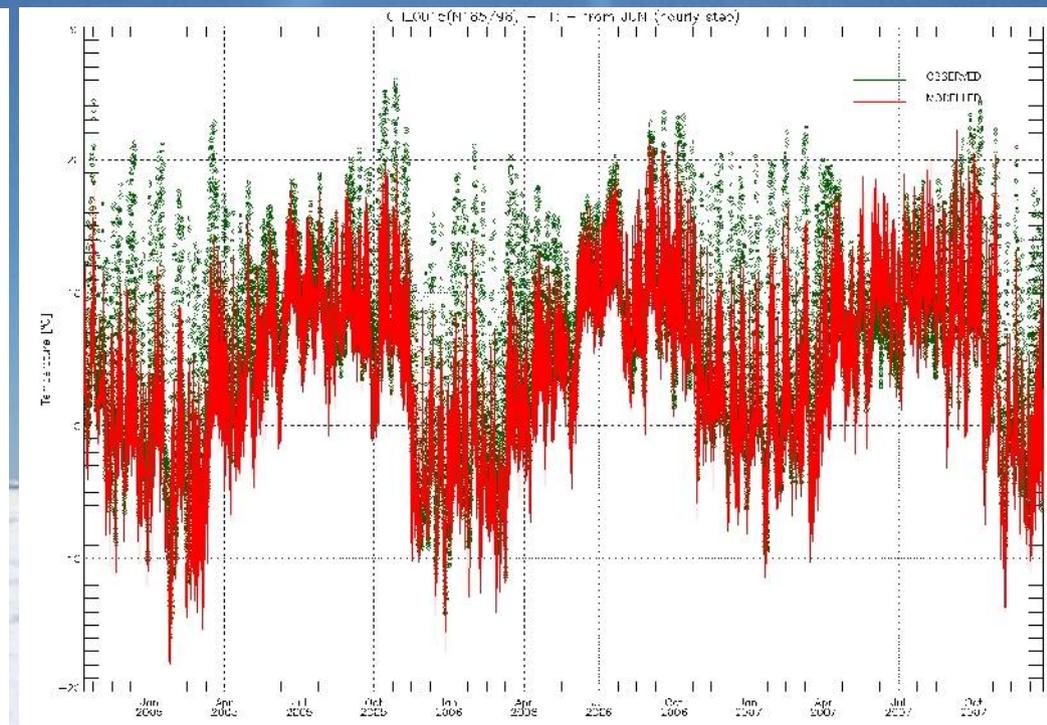
Monte Bianco 2007/2008

# Validazione di modelli fisicamente basati: modello GEOtop ([www.geotop.org](http://www.geotop.org))

Modellizzazione delle temperature superficiali in parete con GEOtop



versante settentrionale  
ottima modellizzazione



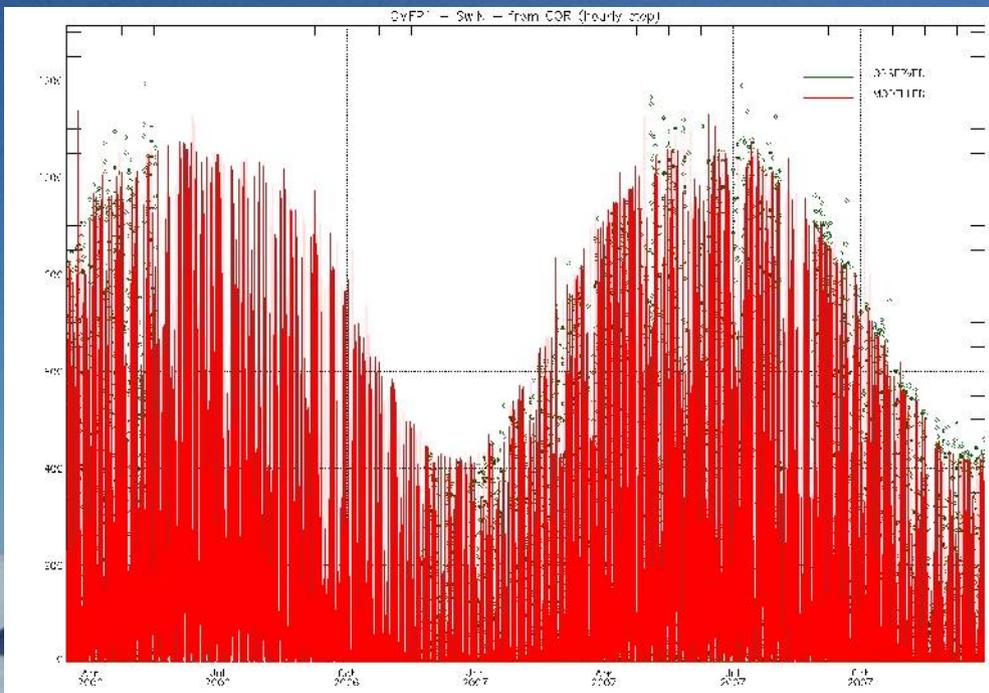
versante meridionale  
qualche problema

**Potrebbe essere un problema di radiazione solare?**

**Necessità di validare per prima cosa la radiazione diretta (SWin) e successivamente le temperature superficiali della roccia.**

## Validazione di modelli fisicamente basati: modello GEOtop ([www.geotop.org](http://www.geotop.org))

Validazione della radiazione diretta ad onda corta (SWin) e della Temperatura superficiale della roccia



SWin a Cime Bianche modellata dalla vicina stazione del Gornergrat

### Obiettivi dell'esperimento

Necessità di capire l'influenza di alcuni fattori(\*) sulle performance del modello

(\*)

- Distanza stazione-meteo / sito di validazione
- Condizioni di nuvolosità alla stazione meteo
- Esposizione dei siti di validazione
- Eventuali influenze della stagione (altezza sole)

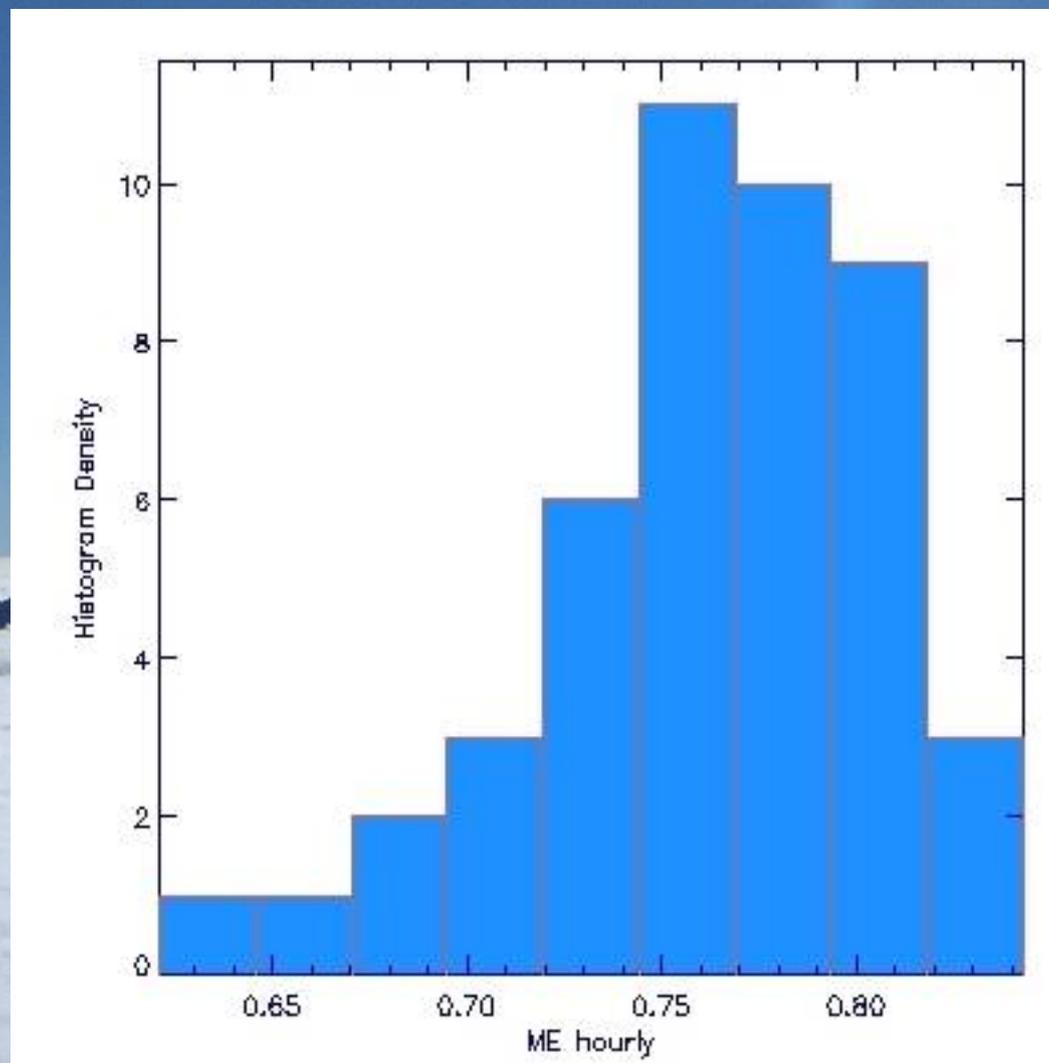
...

Effettuate 148 simulazioni con dati a frequenza oraria provenienti da:

- 10 stazioni meteo
- 36 siti di validazione

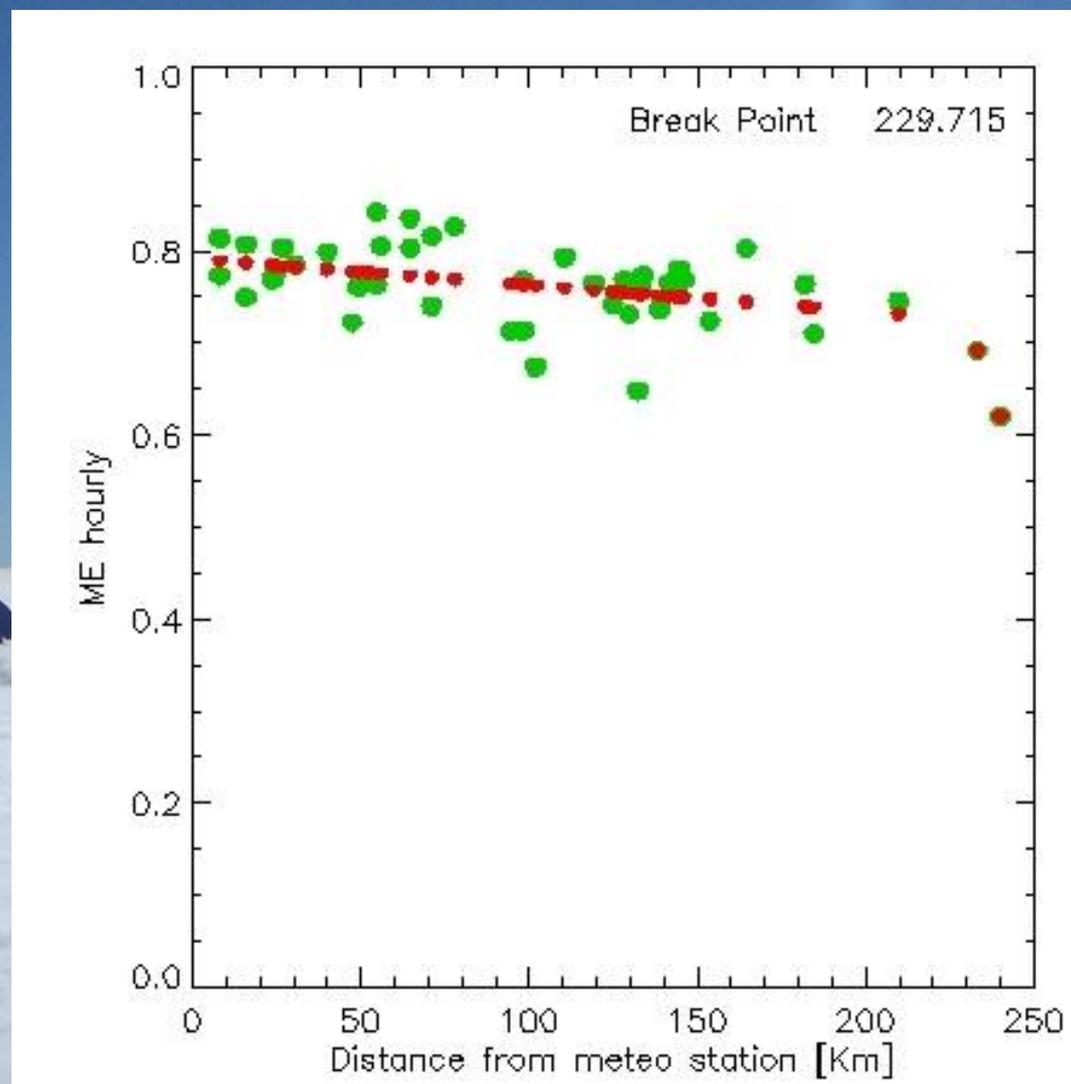
## Validazione di modelli fisicamente basati: modello GEOtop ([www.geotop.org](http://www.geotop.org))

Validazione della radiazione diretta ad onda corta (SWin): alcuni risultati



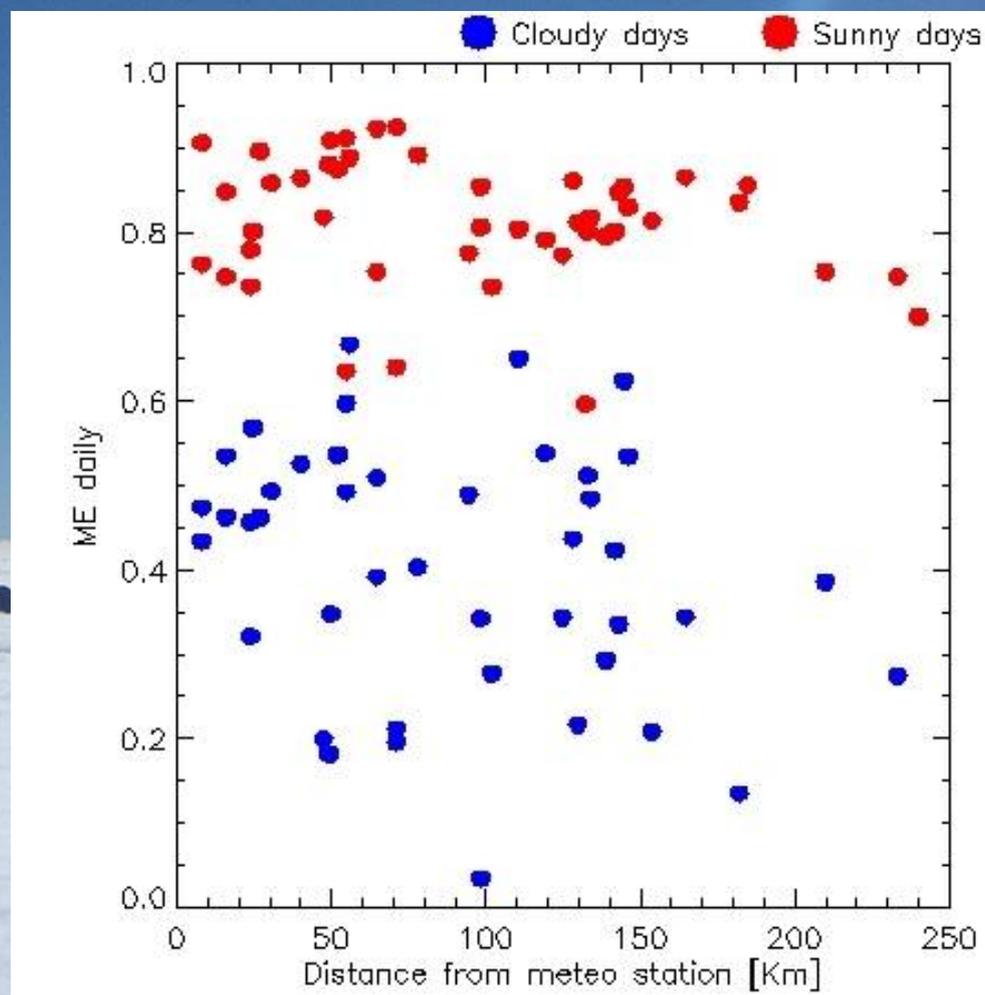
## Validazione di modelli fisicamente basati: modello GEOtop ([www.geotop.org](http://www.geotop.org))

Validazione della radiazione diretta ad onda corta (SWin): alcuni risultati



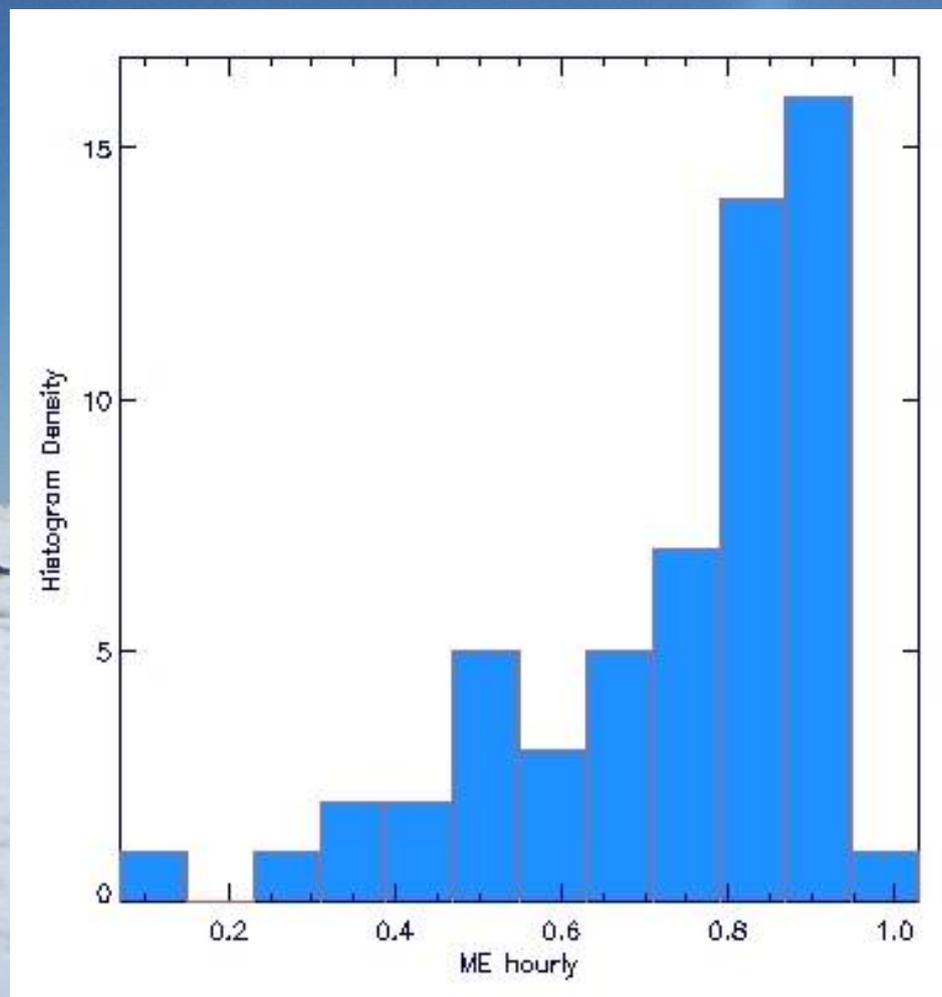
## Validazione di modelli fisicamente basati: modello GEOtop ([www.geotop.org](http://www.geotop.org))

Validazione della radiazione diretta ad onda corta (SWin): alcuni risultati

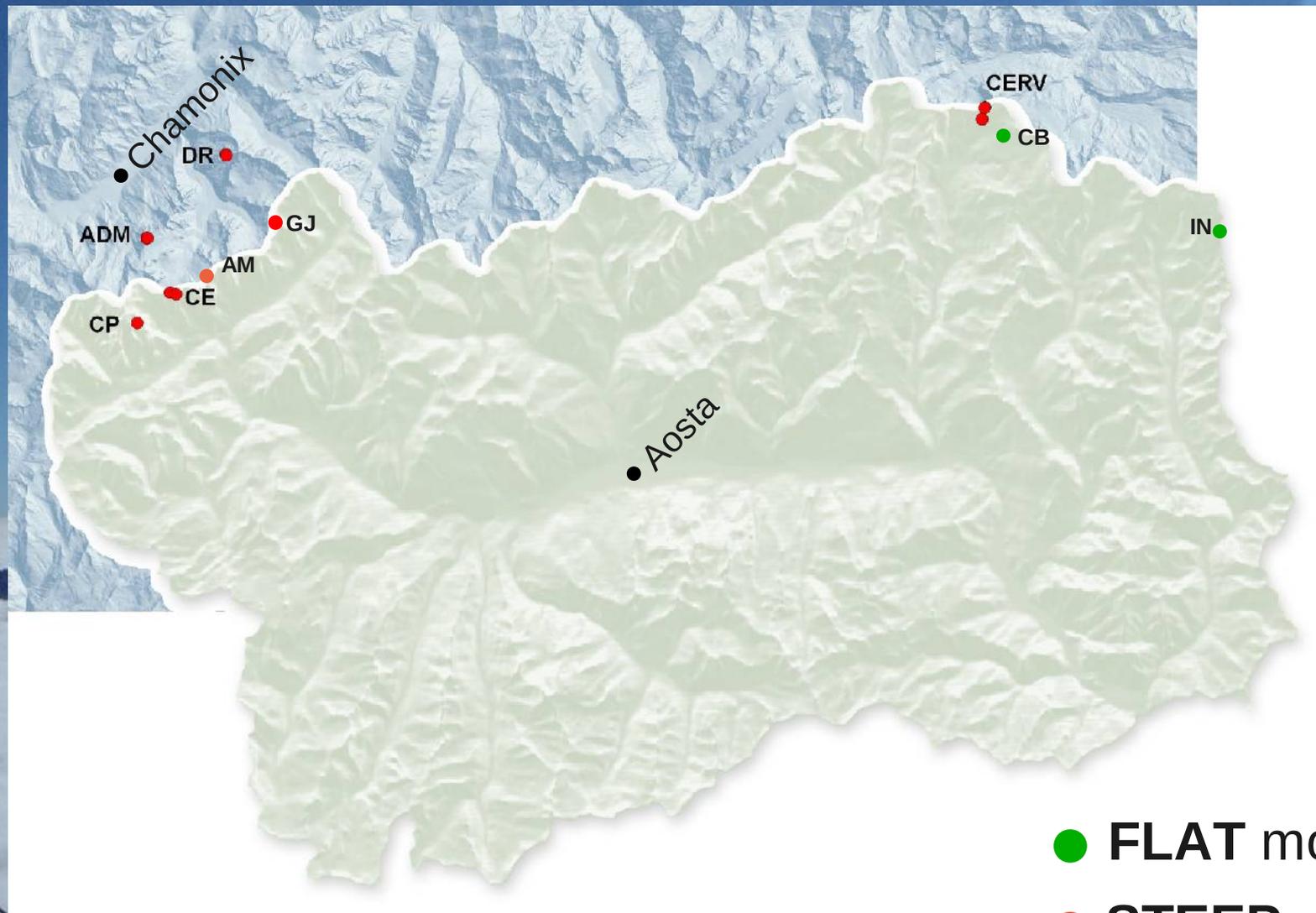


## Validazione di modelli fisicamente basati: modello GEOtop ([www.geotop.org](http://www.geotop.org))

Validazione della temperatura superficiale in parete



## Panoramica generale sulla localizzazione dei siti di monitoraggio



● **FLAT** morphology (2)

● **STEEP** morphology (9)

## The PermaNET Project

### Project partners detail

- LP: Autonomous Province of Bolzano
- Bavarian Environment Agency
- ARPA Piemonte
- Aosta Valley Autonomous Region
- Region of Veneto
- Autonomous Province of Trento
- University of Innsbruck
- University of Graz
- Central Institute for Meteorology and Geodynamics
- Université Joseph Fourier – Grenoble
- National Center for Scientific Research - EDYTEM Laboratory
- Grenoble Institute of Technology
- Federal Office for the Environment FOEN
- Austrian Federal Ministry of Agriculture, Forestry, Environment and Water Management



## The PermaNET Project

- developing **common strategies** for dealing with permafrost and related hazard under changing climatic conditions
- developing an **Alpine-wide monitoring network**
- realization of an **Alpine-wide map** of permafrost distribution and database

## The PermaNET Project

### Action 5.1 : inventory of permafrost evidences and phenomena in the Alps

*Scope: Provide reliable data for model calibration and validation*

*Philosophy: Only direct proofs of permafrost existence or absence will be used*

*Criteria: Borehole, GST, Geophysics, Rock fall scars, Trenches or construction sites*

...courtesy of Marcia Phillips

## Types of permafrost evidence

- Rock fall scars: 14
- Trench / construction site: 32
- Boreholes (5–101 m depth): 51
- Ground surface temperature: 61
- Geophysics: 70
- Other indirect evidence: 4
- Various combinations of all
- Rock glaciers: **> 2000 !**



## The PermaNET Project

...courtesy of Marcia Phillips

### Evidence characteristics

- **Permafrost Y/N:** 77% YES (27% of these with observed ice), 23% NO
- **Certainty:** 55% certain, 41% quite certain, 8% quite likely
- **Altitudes** (all evidences): 1200 – 3965 m asl
- **Slope:** 30% > 38° (21% > 70° !)
- **Aspect:** N sector 70% (W to E via N), mainly NE
- **Terrain character:** Mainly slopes, some ridges, few peaks, very few slope bases and depressions.
- **Vegetation:** 74% no vegetation, 16% sparse
- **Active layer depth:** 0.1 - 9.7m
- **Source type:** mainly field, a few personal communications