

# Variazioni volumetriche dei Ghiacciai del Lys e del Ruitor

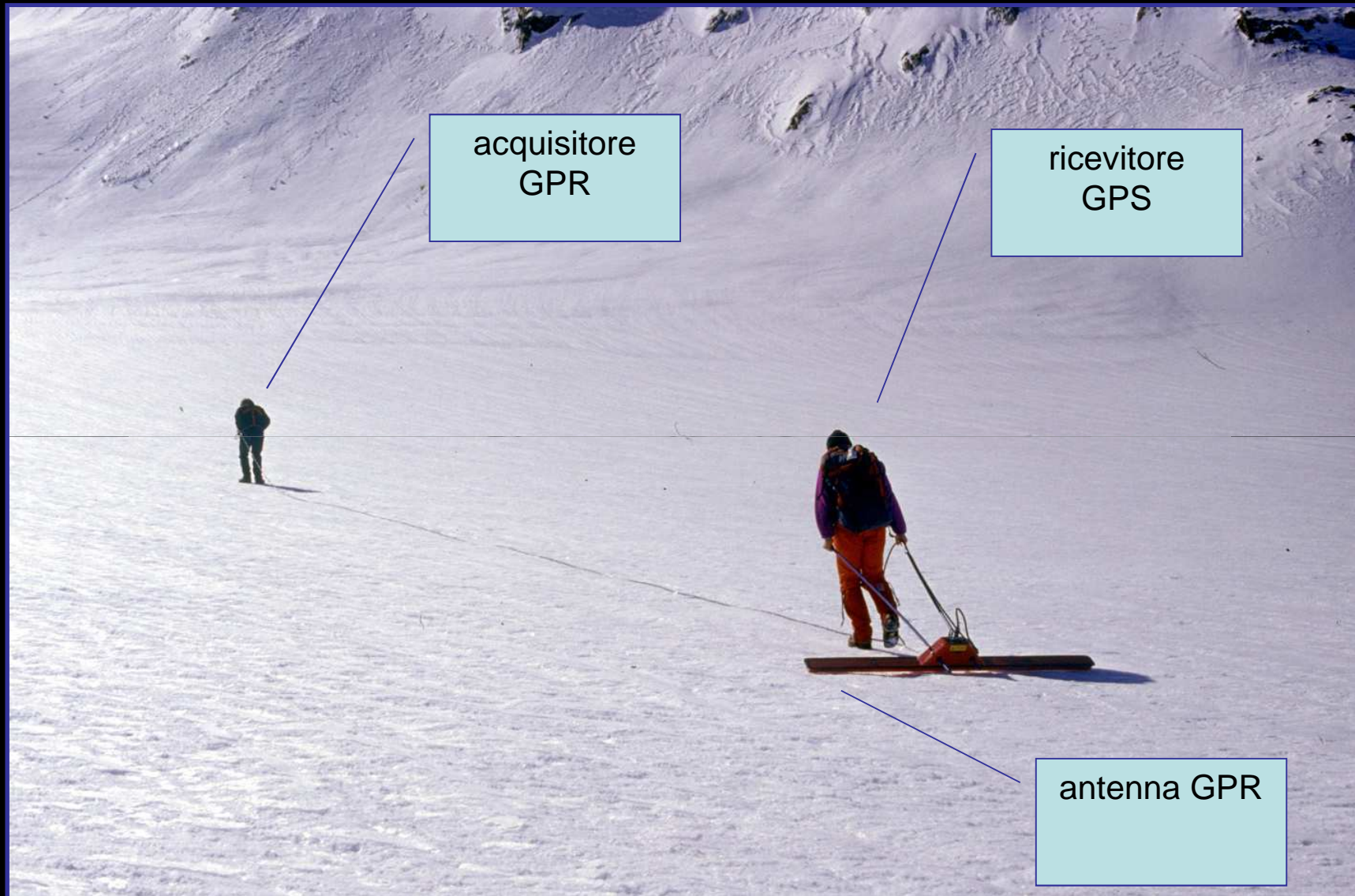
Andrea Tamburini & Fabio Villa  
IMAGEO S.r.l. - Torino

Courmayeur, 01 ottobre 2009

# Indice

- ✓ Cenni metodologici:
  - ✓ Rilievi GPR (Ground Penetrating Radar) per la misura dello spessore del ghiaccio e la ricostruzione della morfologia del letto glaciale
  - ✓ Aerofotogrammetria multi-temporale per valutare le variazioni volumetriche di un apparato glaciale
- ✓ Ghiacciaio del Lys: spessore del ghiaccio, morfologia del letto glaciale e variazioni volumetriche tra il 1994 ed il 2003
- ✓ Ghiacciaio del Rutor: spessore del ghiaccio, morfologia del letto glaciale e variazioni volumetriche dalla PEG ad oggi
- ✓ Considerazioni conclusive

# GPR (Ground Penetrating Radar): principio di funzionamento





# Rilievi GPR dalla superficie: attrezzatura

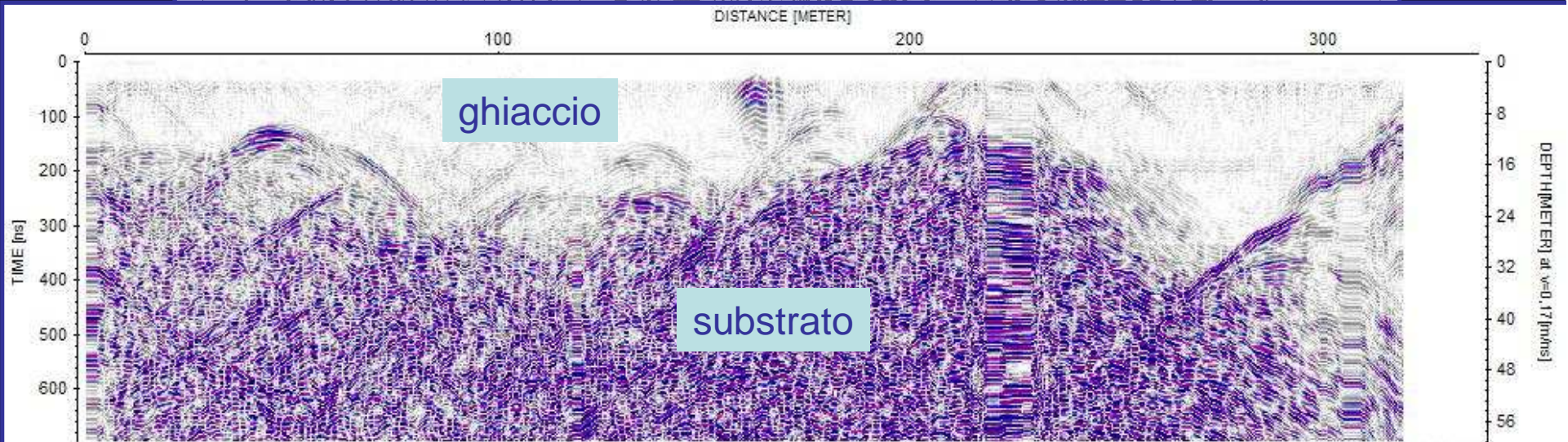




# Rilievi GPR da elicottero: attrezzatura

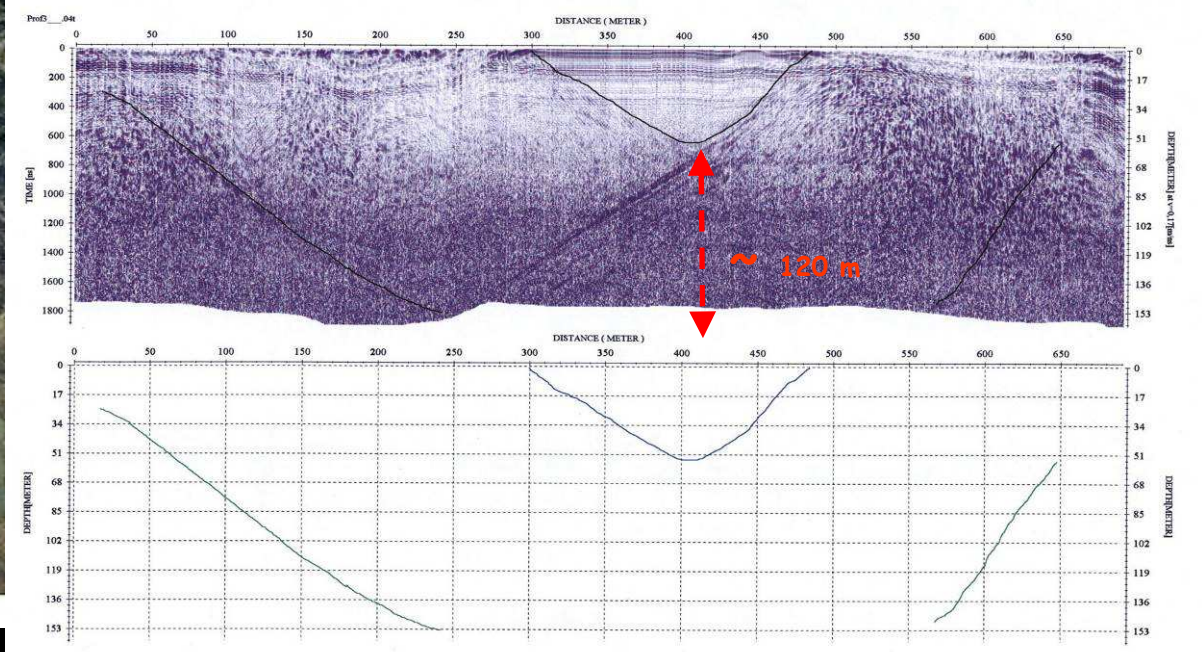
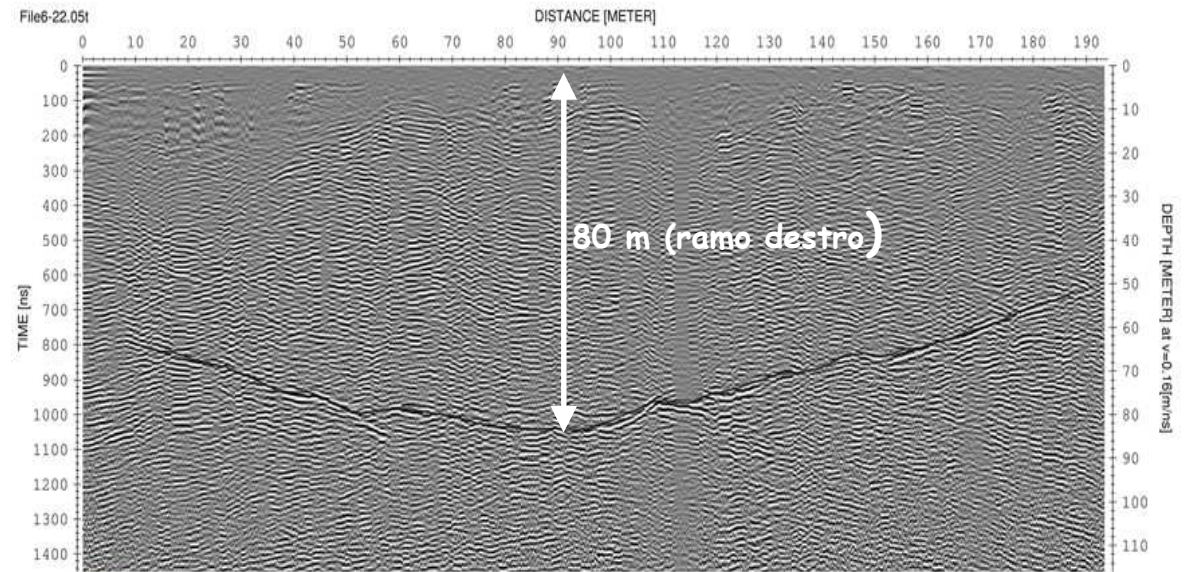
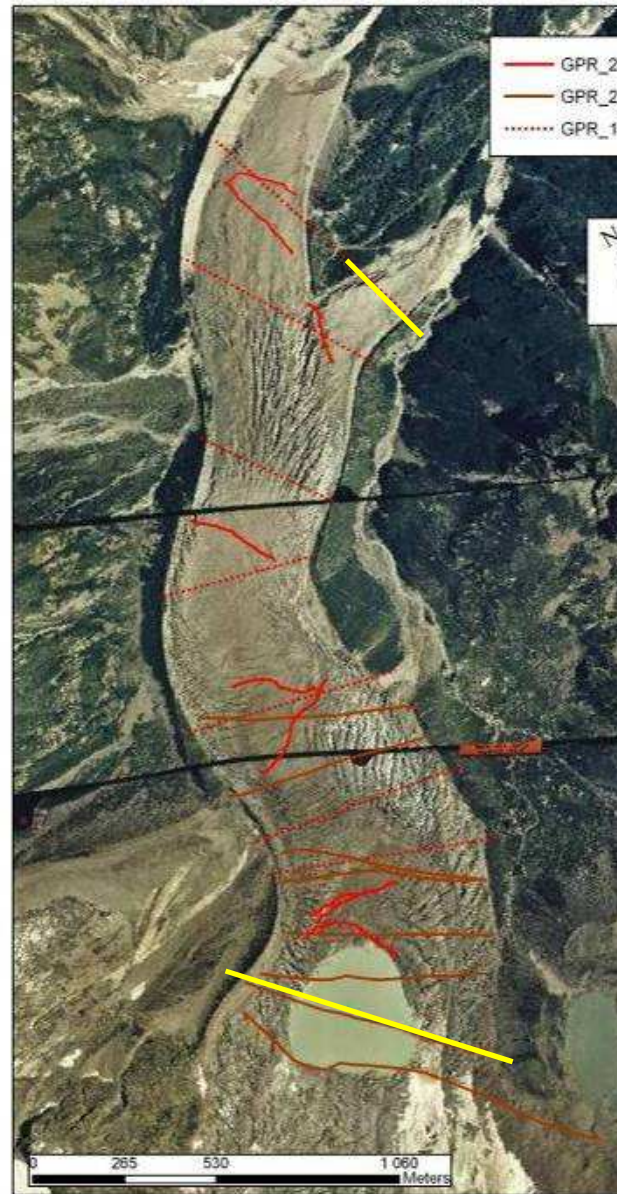


# Rilievi GPR: output





# Rilievi GPR: output





# Rilievi GPR: determinazione del volume

- Tecnologie utilizzate:
  - ✓ GPR (Ground Penetrating Radar) per la misura dello spessore del ghiaccio
  - ✓ GPS differenziale di pseudorange per il posizionamento dell'apparecchiatura radar
  - ✓ Mobile GIS a supporto della navigazione
  - ✓ Moduli GIS per l'elaborazione dei dati e la redazione della carta degli spessori del ghiaccio

rilievo della superficie

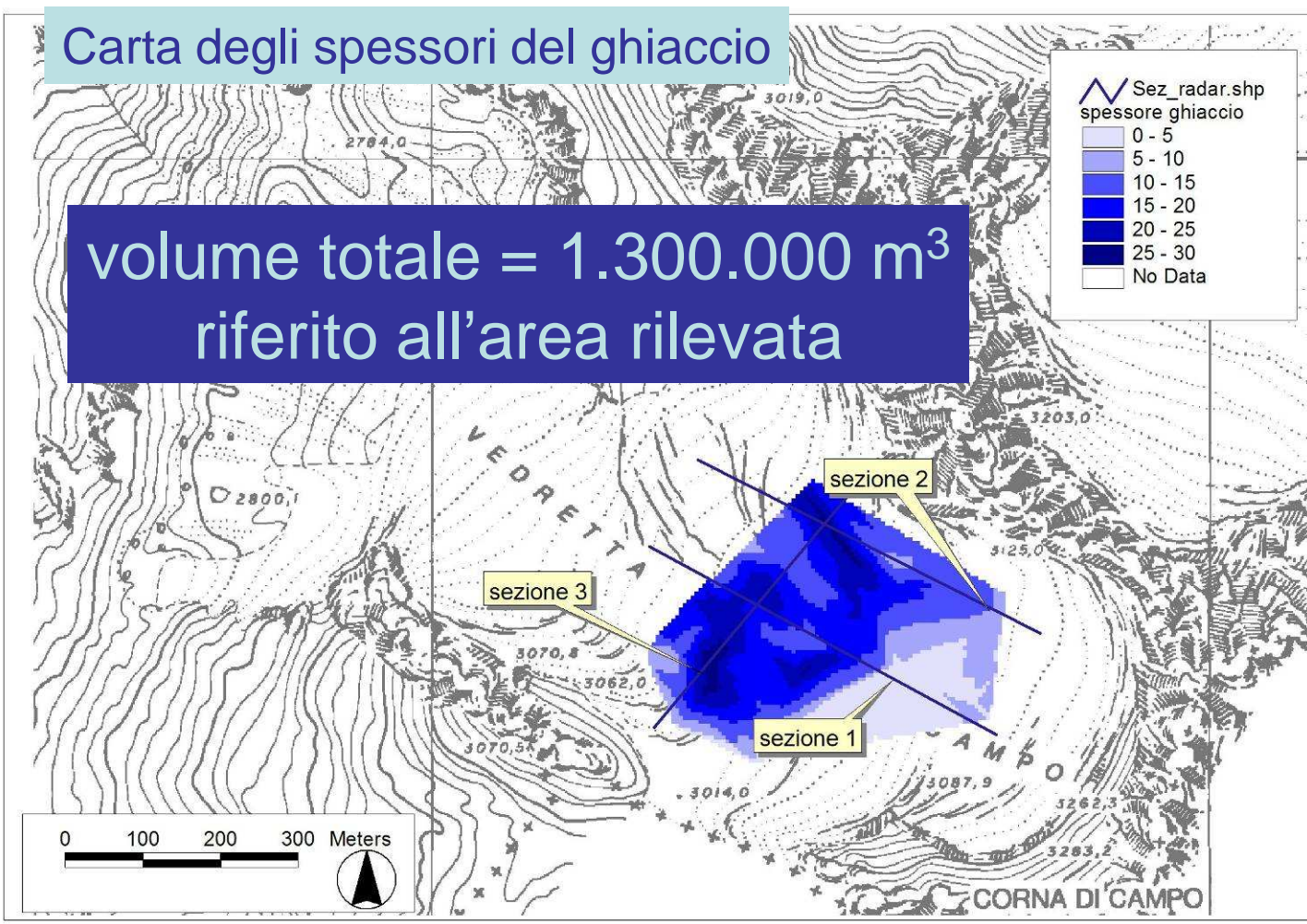
DEM della superficie

rilievo del letto glaciale

DEM del letto glaciale

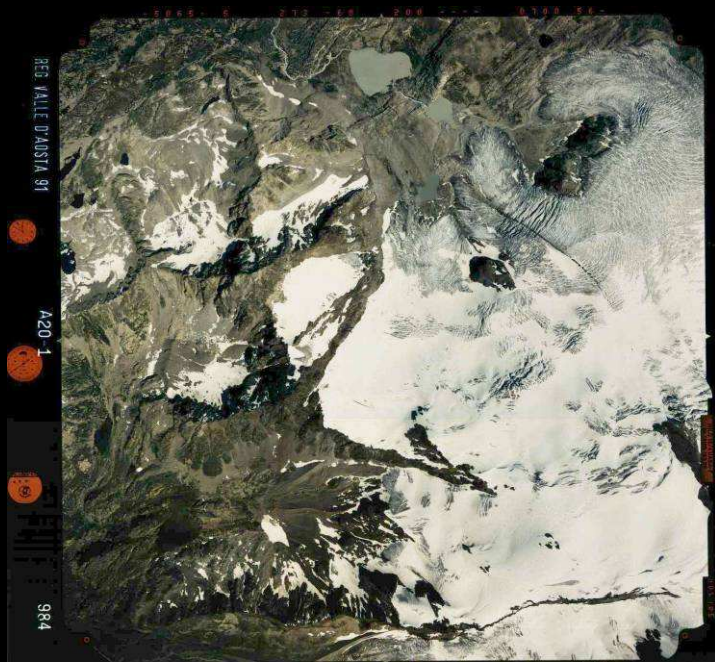
Carta degli spessori del ghiaccio

volume totale = 1.300.000 m<sup>3</sup>  
riferito all'area rilevata





# Calcolo variazioni volumetriche: riprese fotogrammetriche



Riprese aeree  
(Rutor)

Coppia di  
immagini  
stereoscopiche

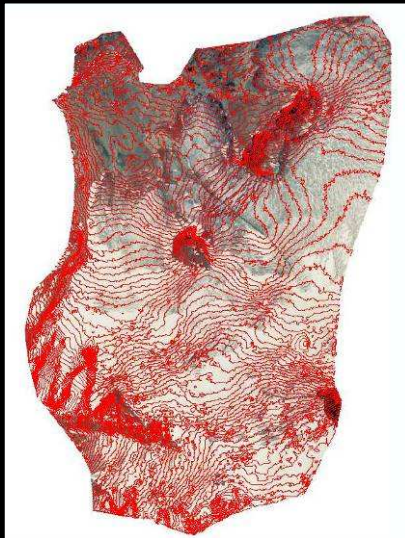
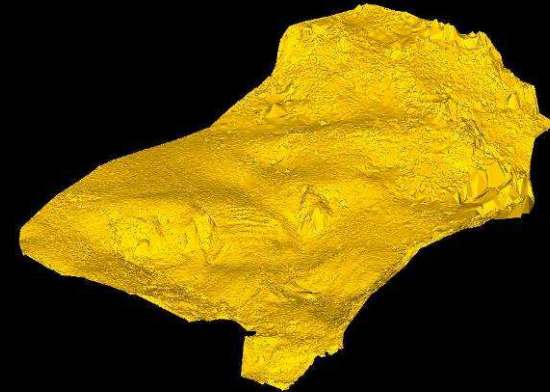


Riprese frontali  
(Lys)



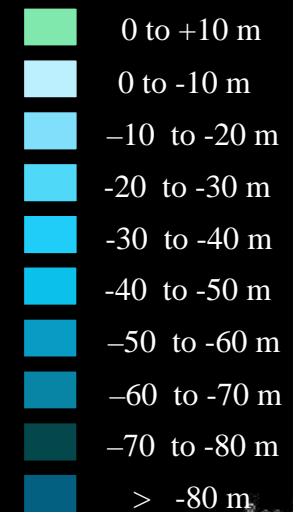
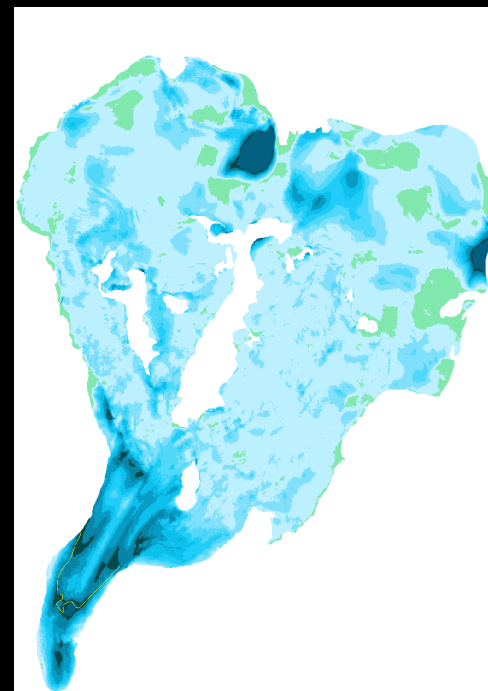
# Variazioni volumetriche: restituzioni cartografiche e confronto

**1 - Generazione DEM della zona di sovrapposizione**



**2 - Generazione delle curve di livello**

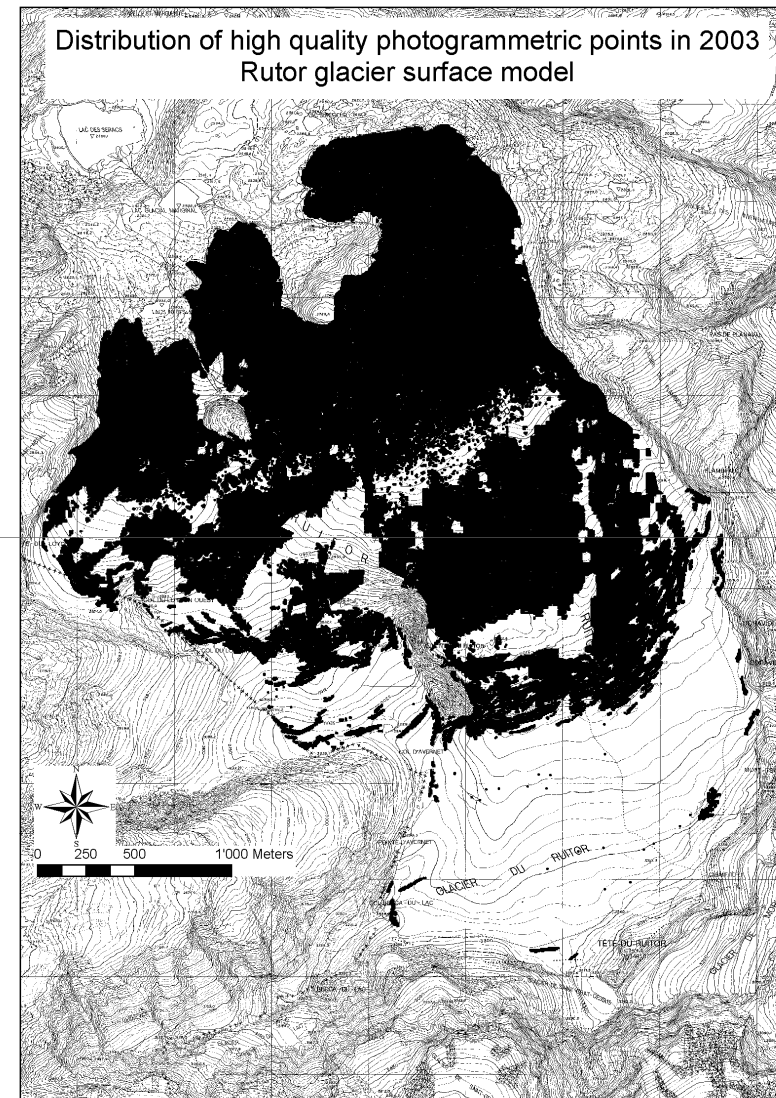
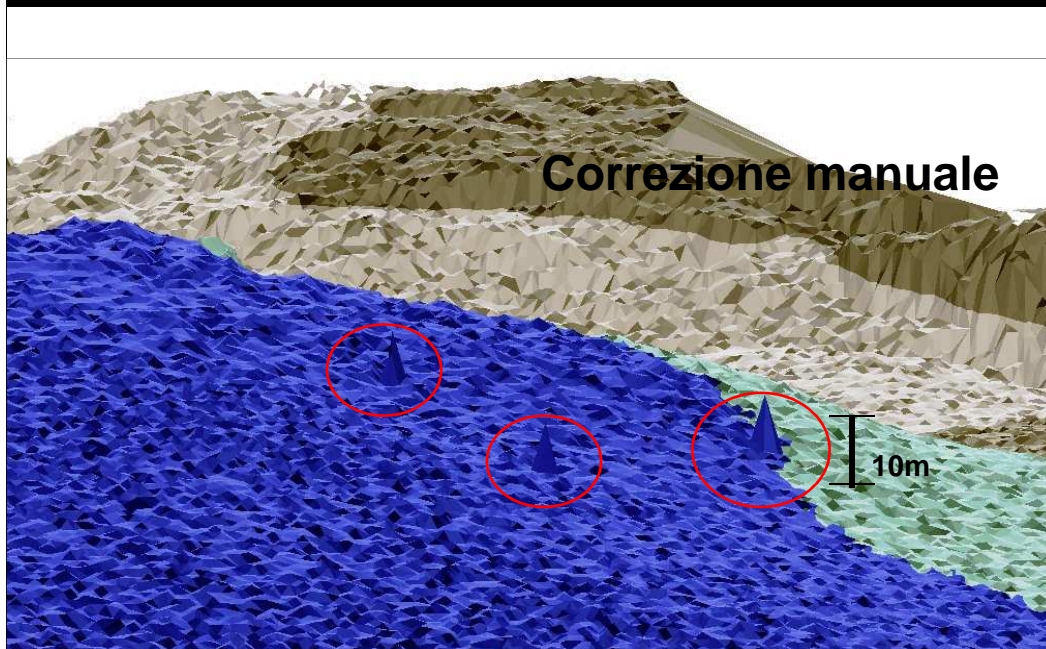
**3 - Confronto DEM**



# Problemi nella costruzione di modelli della superficie glaciale

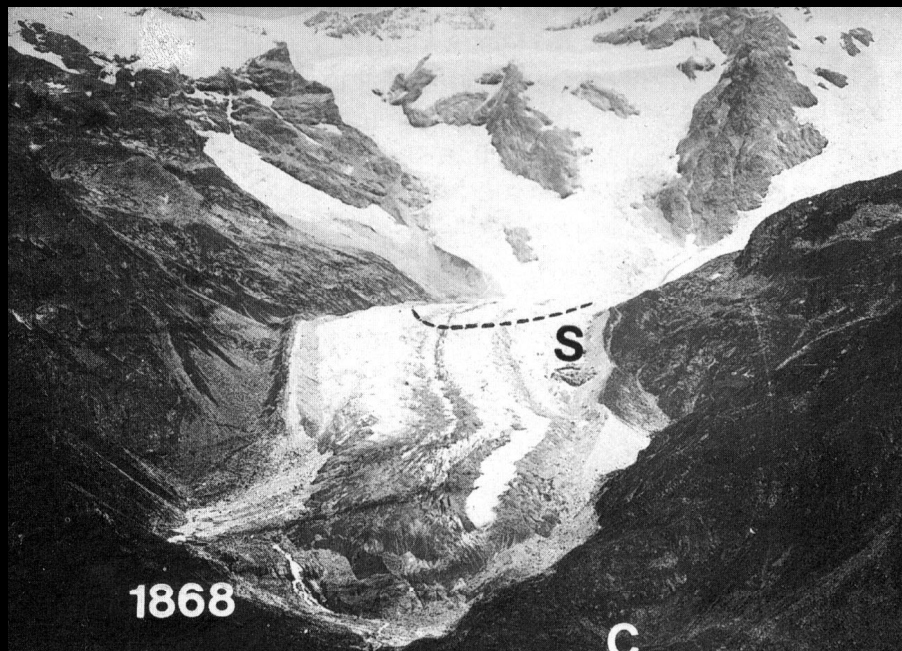
Le restituzioni fotogrammetriche di corpi glaciali presentano 2 problemi principali:

- Mancanza di punti di controllo sulla superficie stessa
- Problemi di restituzione dovuti allo scarso contrasto cromatico



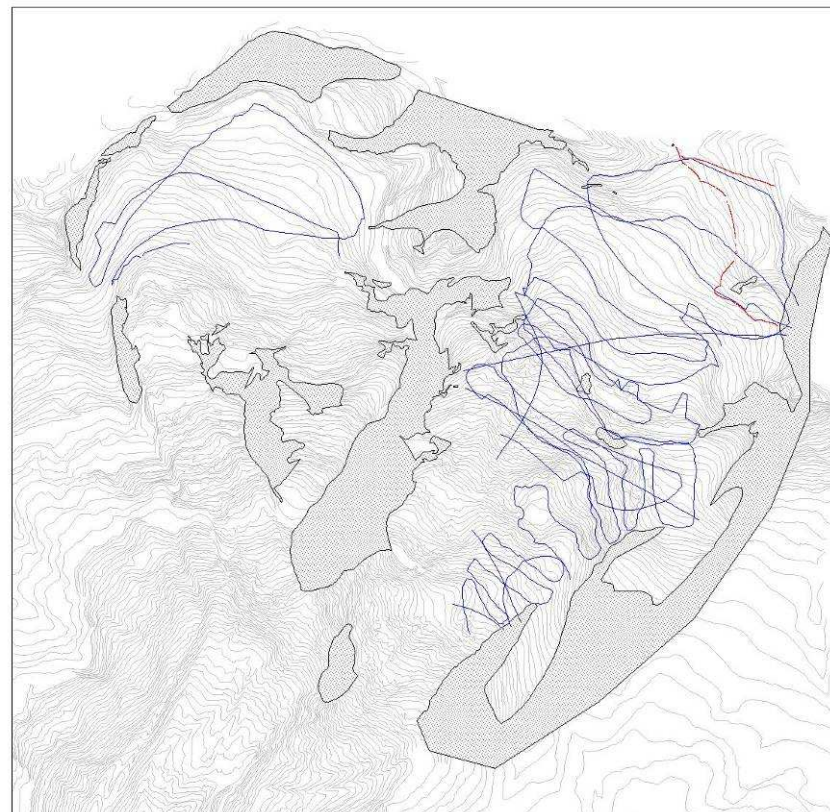


# Ghiacciaio del Lys





# Ghiacciaio del Lys: carta degli spessori del ghiaccio

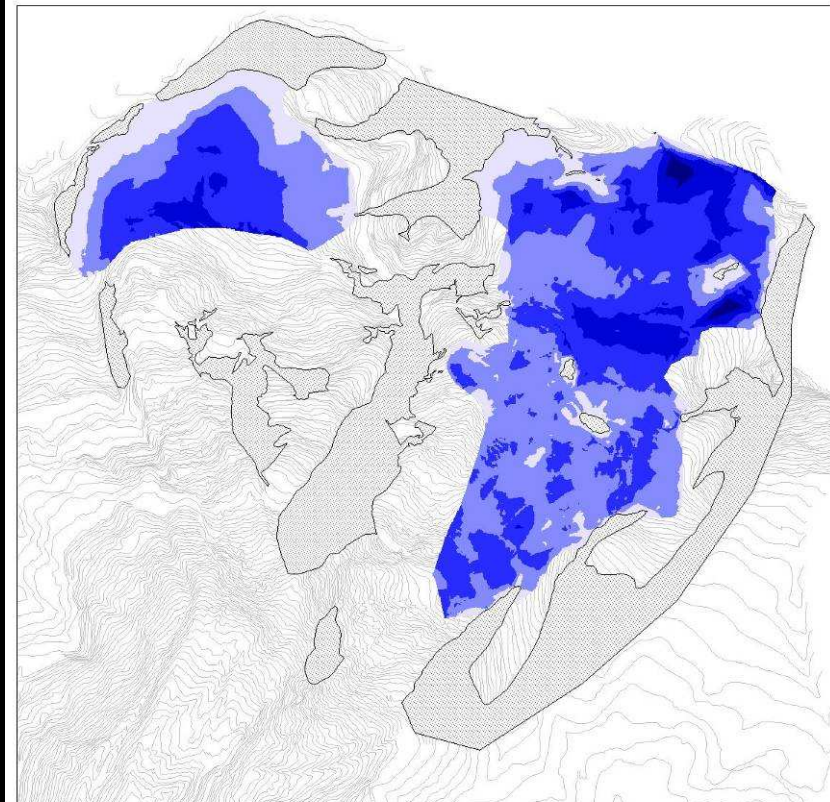


500 0 500 1000 Meters

percorso in elicottero  
percorso a piedi  
roccia



Indagini georadar sul ghiacciaio del Lys (1995-96): traiettorie di rilievo



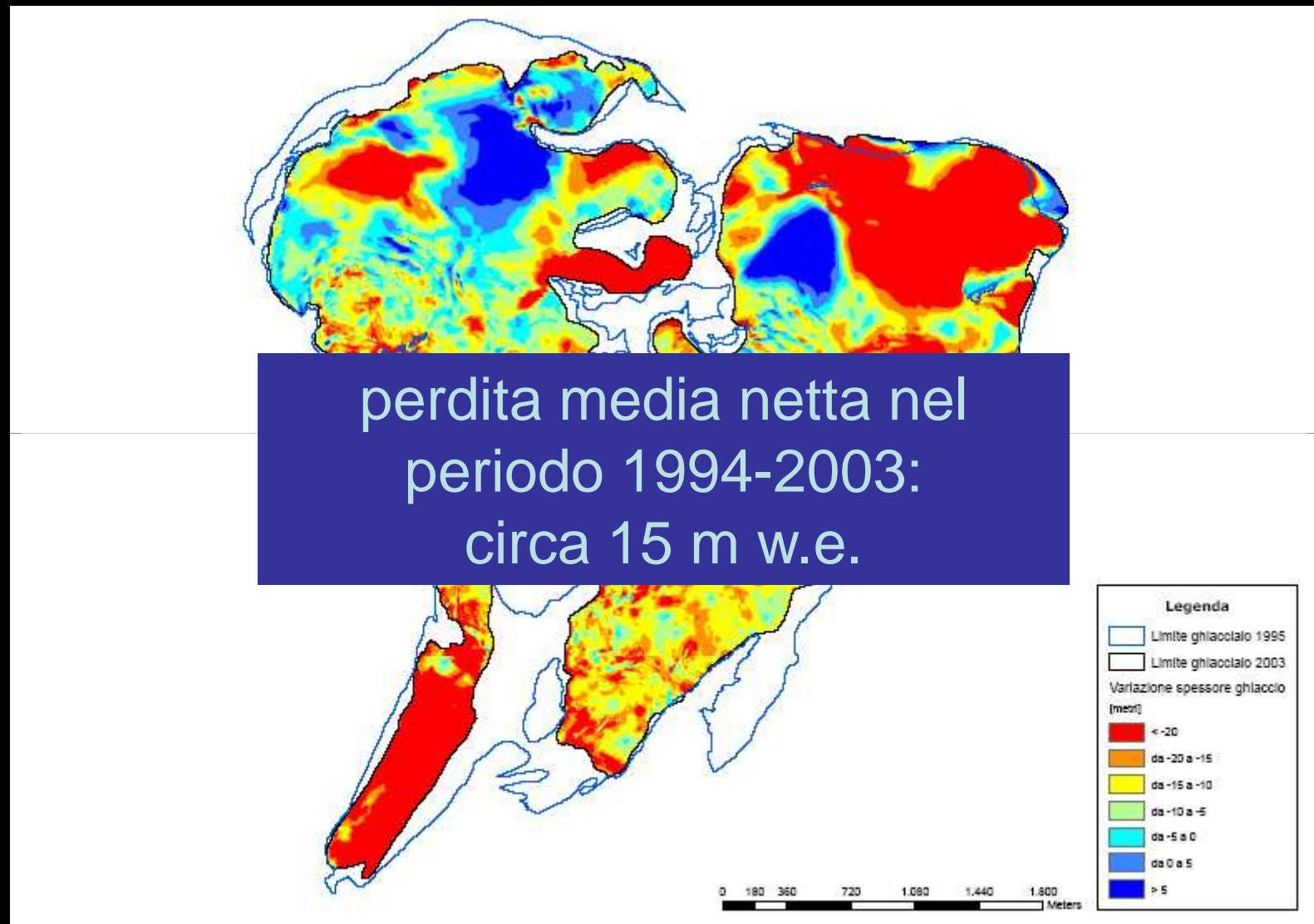
500 0 500 1000 Meters

roccia  
spessore del ghiaccio  
0 - 25 m  
25 - 50  
50 - 75  
75 - 100  
100 - 125



Carta degli spessori del ghiacciaio del Lys ottenuti mediante indagini georadar (1995-96)

# Ghiacciaio del Lys: variazione volumetrica 1994-2003 da confronto di DEM





# Ghiacciaio del Rutor



**Superficie attuale: 800 ha**

**Esposizione: NW**

**Altitudine min : 2540 m**

**Altitudine max : 3350 m**



# Ghiacciaio del Rutor: variazioni superficie

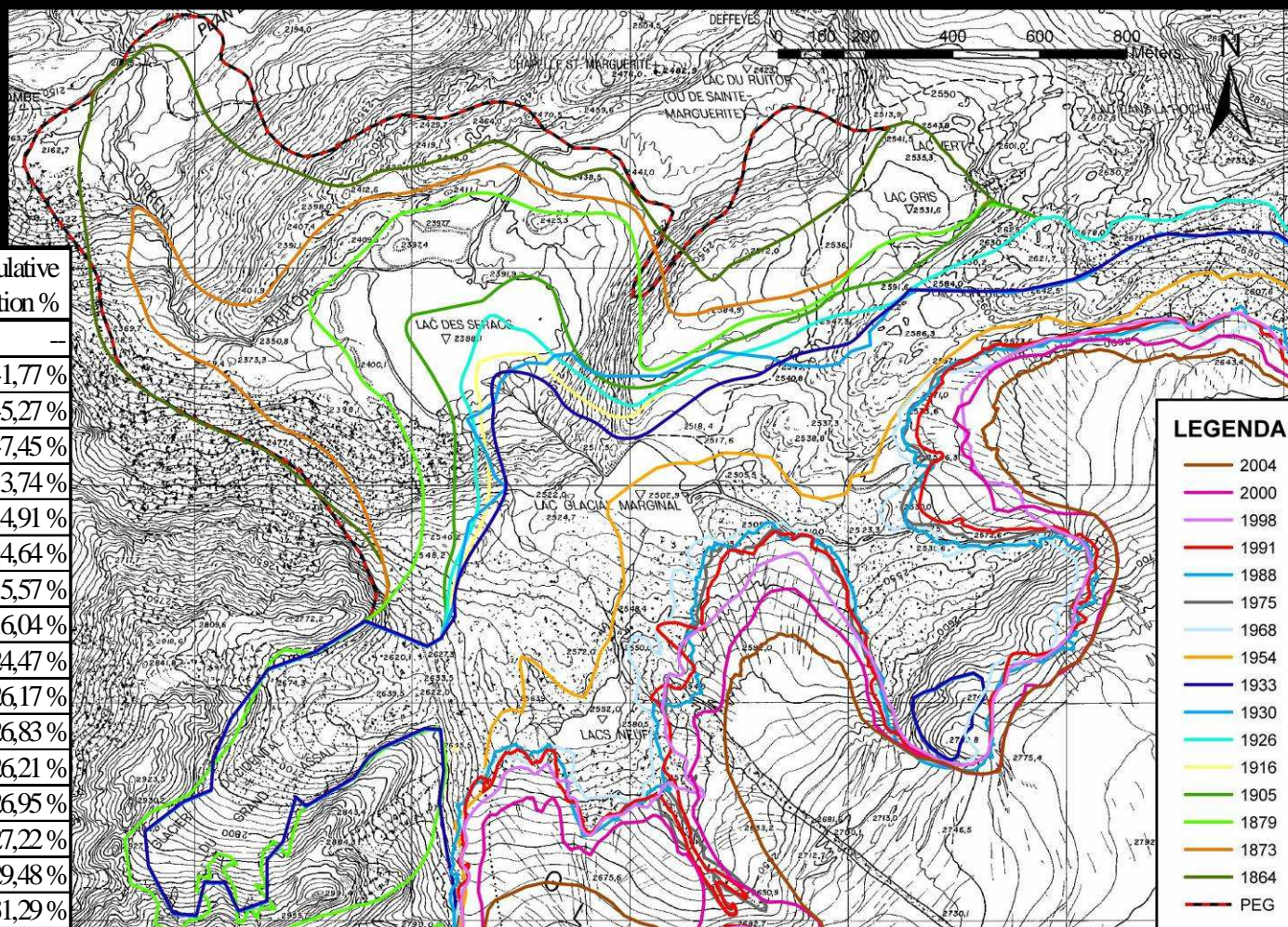
2 km di regresso frontale dalla PEG ad oggi

Posizione della fronte ricostruita da cartografie, ortofoto, rilievi GPS, rilievi geomorfologici

Periodi di avanzata:

Anni '20

Anni '80

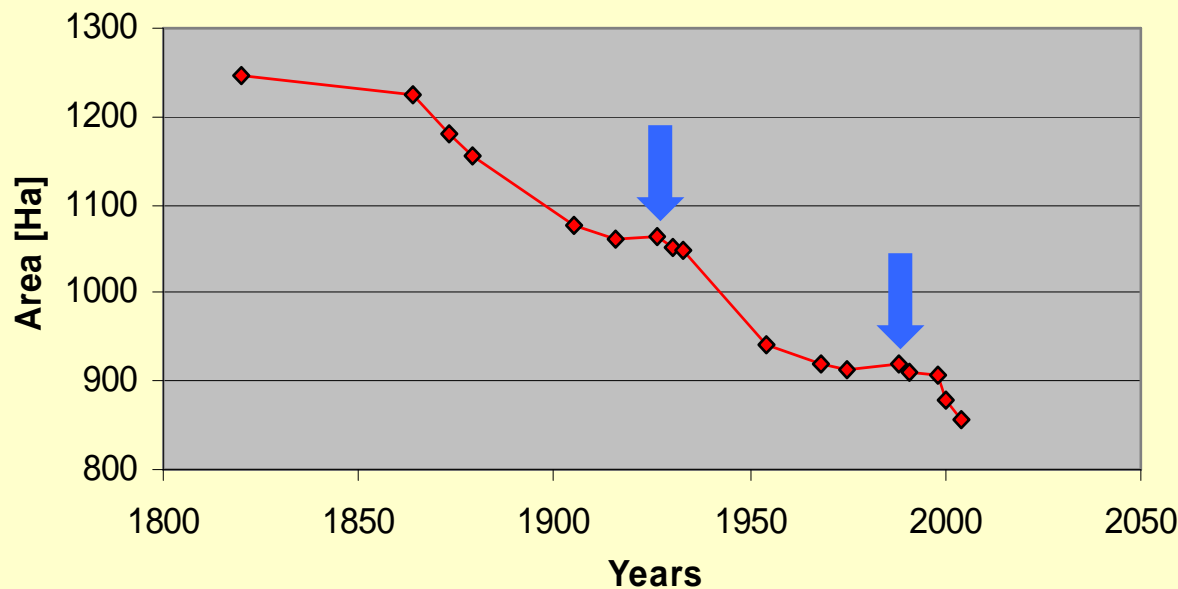


Year	Surface Area	Variation %	Cumulative variation %
LIA	1'247,17 ha	--	--
1864	1'225,10 ha	-1,77 %	-1,77 %
1873	1'181,38 ha	-3,57 %	-5,27 %
1879	1'154,23 ha	-2,59 %	-7,45 %
1905	1'075,79 ha	-6,71 %	-13,74 %
1916	1'061,26 ha	-1,22 %	-14,91 %
1926	1'064,59 ha	+0,25 %	-14,64 %
1930	1'052,98 ha	-0,97 %	-15,57 %
1933	1'047,14 ha	-0,56 %	-16,04 %
1954	942,03 ha	-10,04 %	-24,47 %
1968	920,75 ha	-2,26 %	-26,17 %
1975	912,51 ha	-0,86 %	-26,83 %
1988	920,29 ha	+0,85 %	-26,21 %
1991	911,10 ha	-1,00 %	-26,95 %
1998	907,66 ha	-0,35 %	-27,22 %
2000	879,46 ha	-3,19 %	-29,48 %
2004	856,98 ha	-2,61 %	-31,29 %

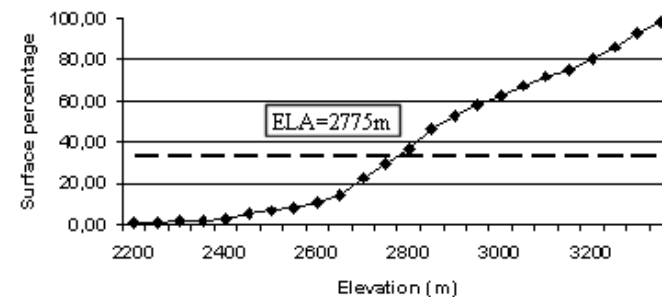
# Ghiacciaio del Rutor: variazioni superficie

Riduzione di superficie: 31%

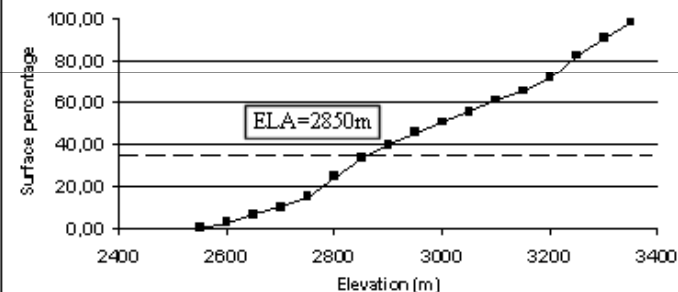
### Rutor glacier surface variations



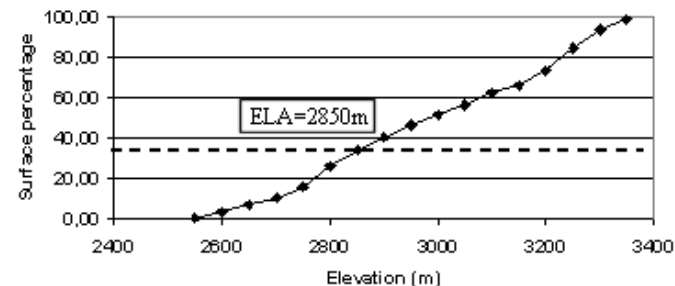
### RUTOR HYPSOGRAPHIC CURVE - LIA



### RUTOR HYPSOGRAPHIC CURVE - 1975

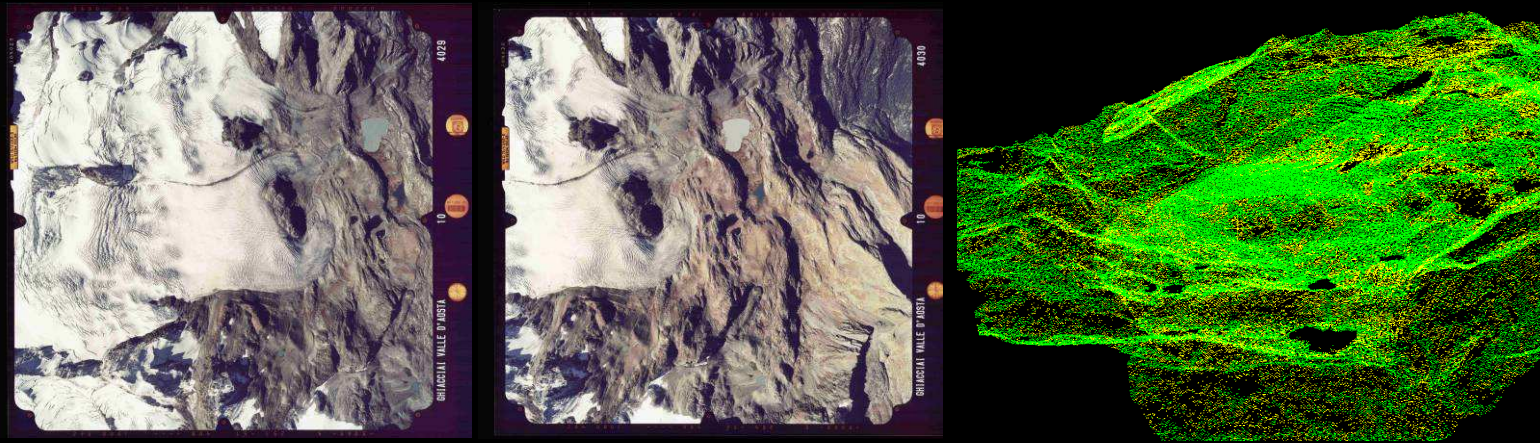


### RUTOR HYPSOGRAPHIC CURVE - 1991



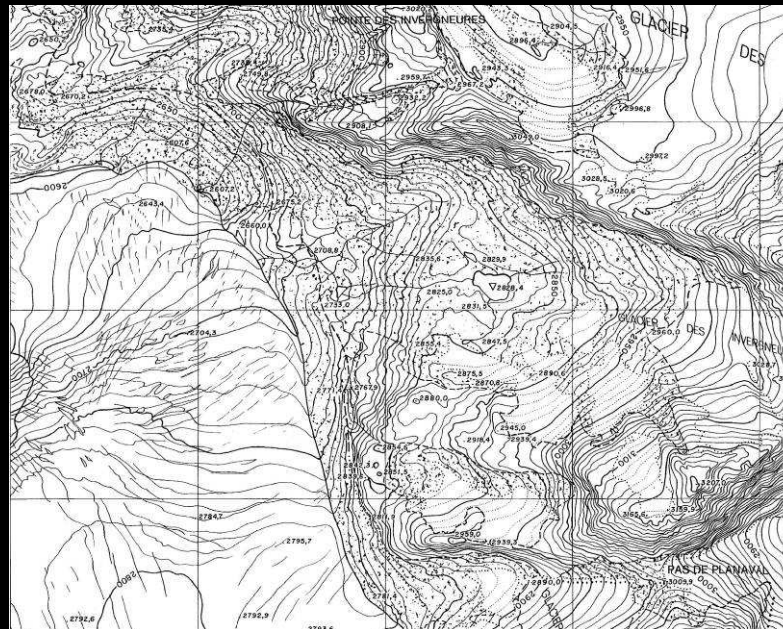


# Ghiacciaio del Rutor: modelli superficie



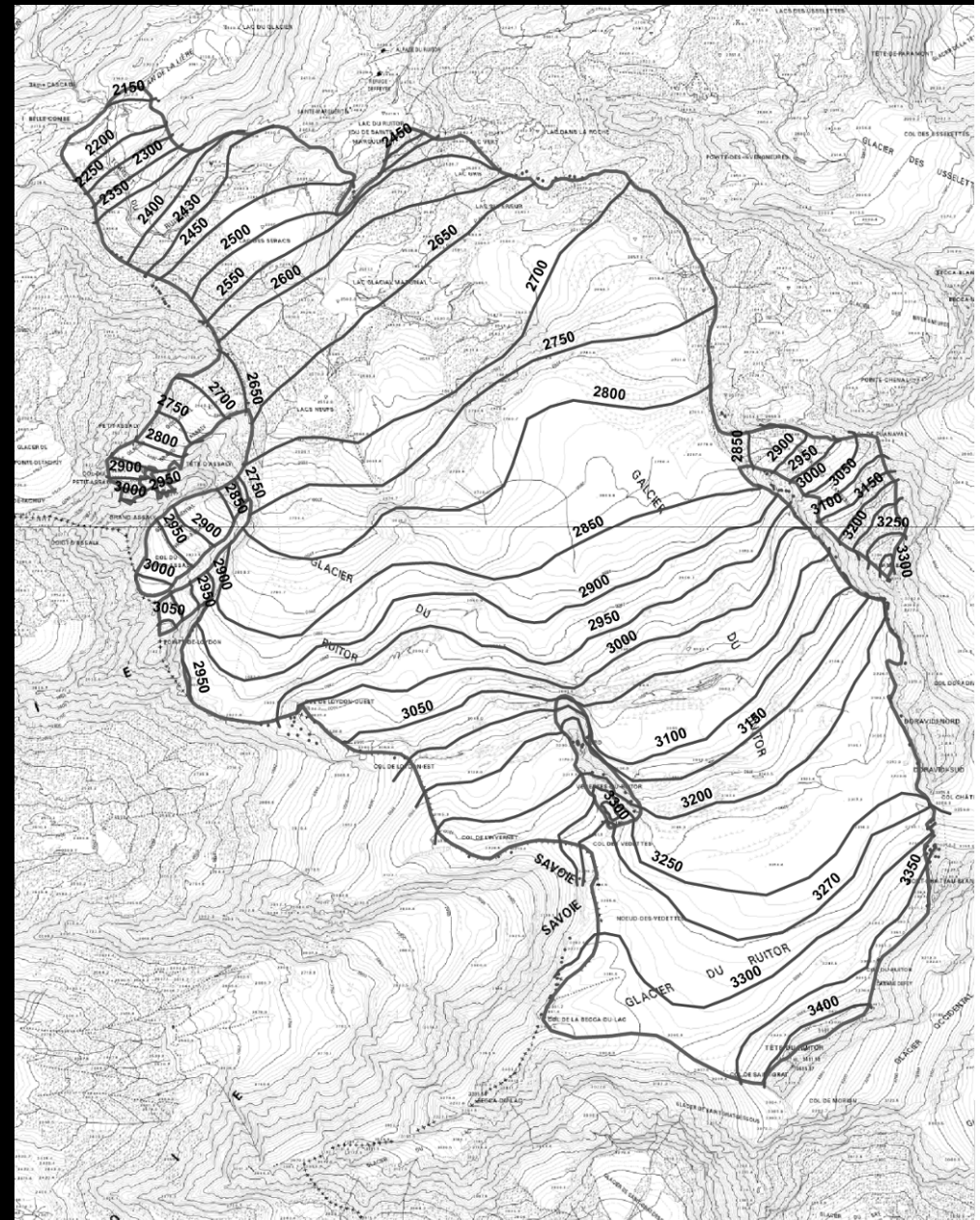
**Restituzioni fotogrammetriche digitali – 1975, 1988, 1991, 2003**

**Cartografia CTR scala 1:10000 – 1975, 1991**



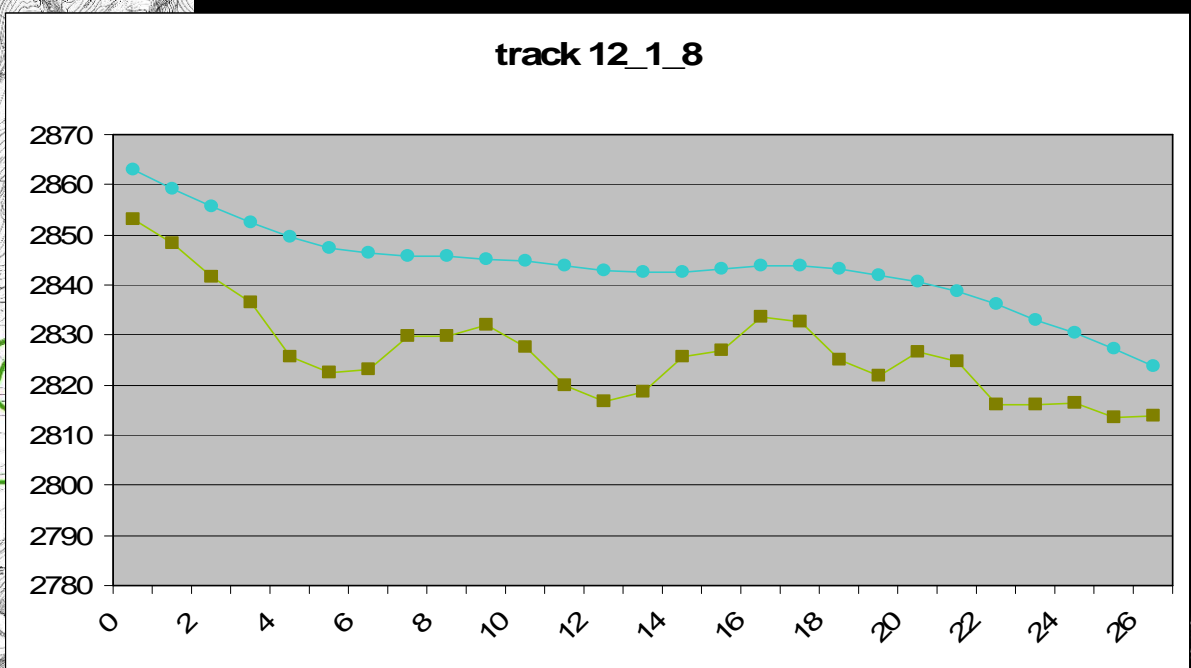
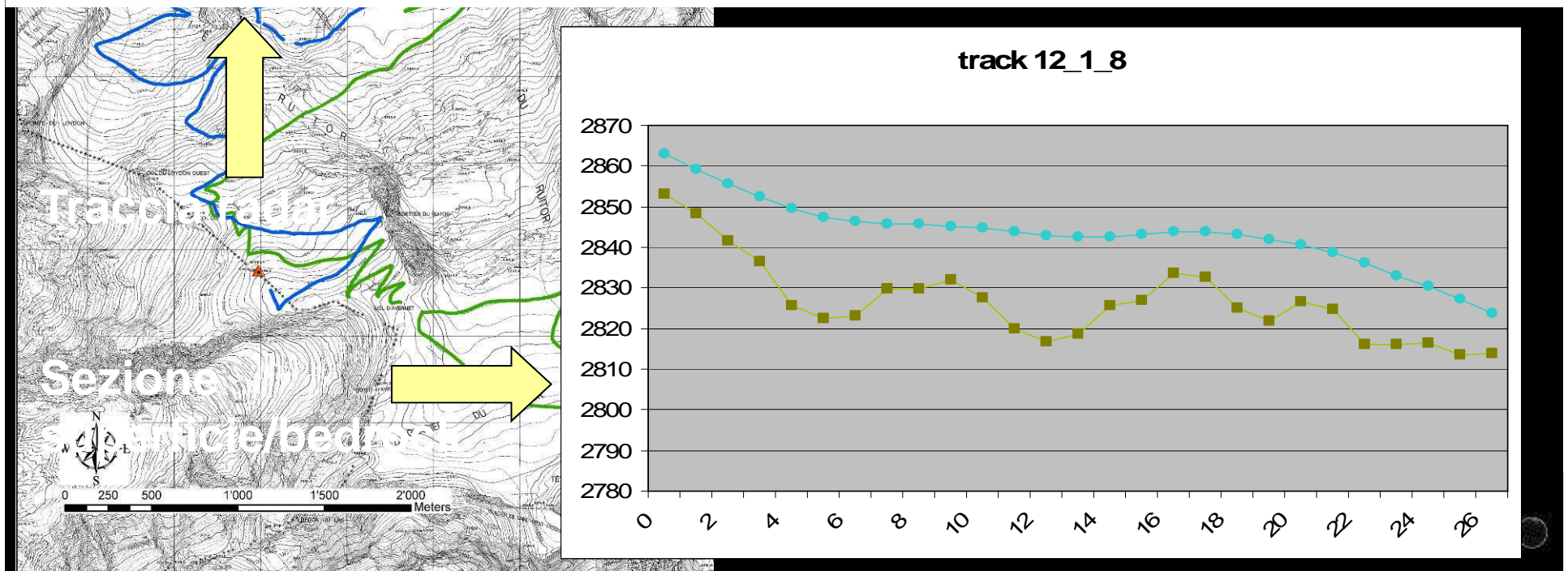
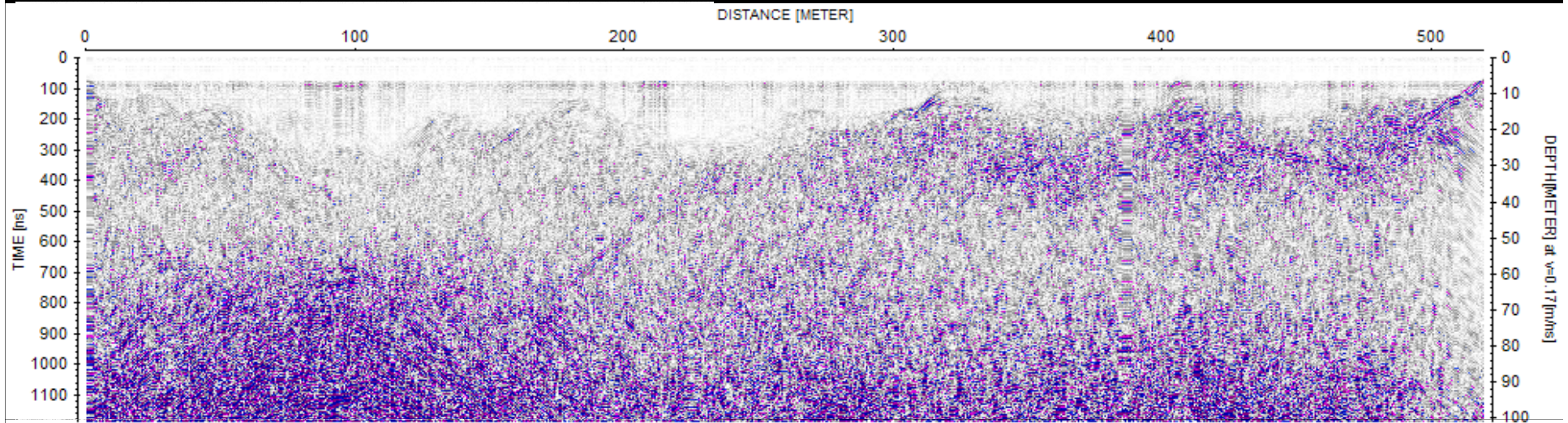
# Ghiacciaio del Rutor: ricostruzione PEG

**Curve di livello ricostruite con metodo cartografico [Porter, 1975] sulla base del limite planimetrico tracciato grazie ad un rilievo geomorfologico [Orombelli, 2005]**

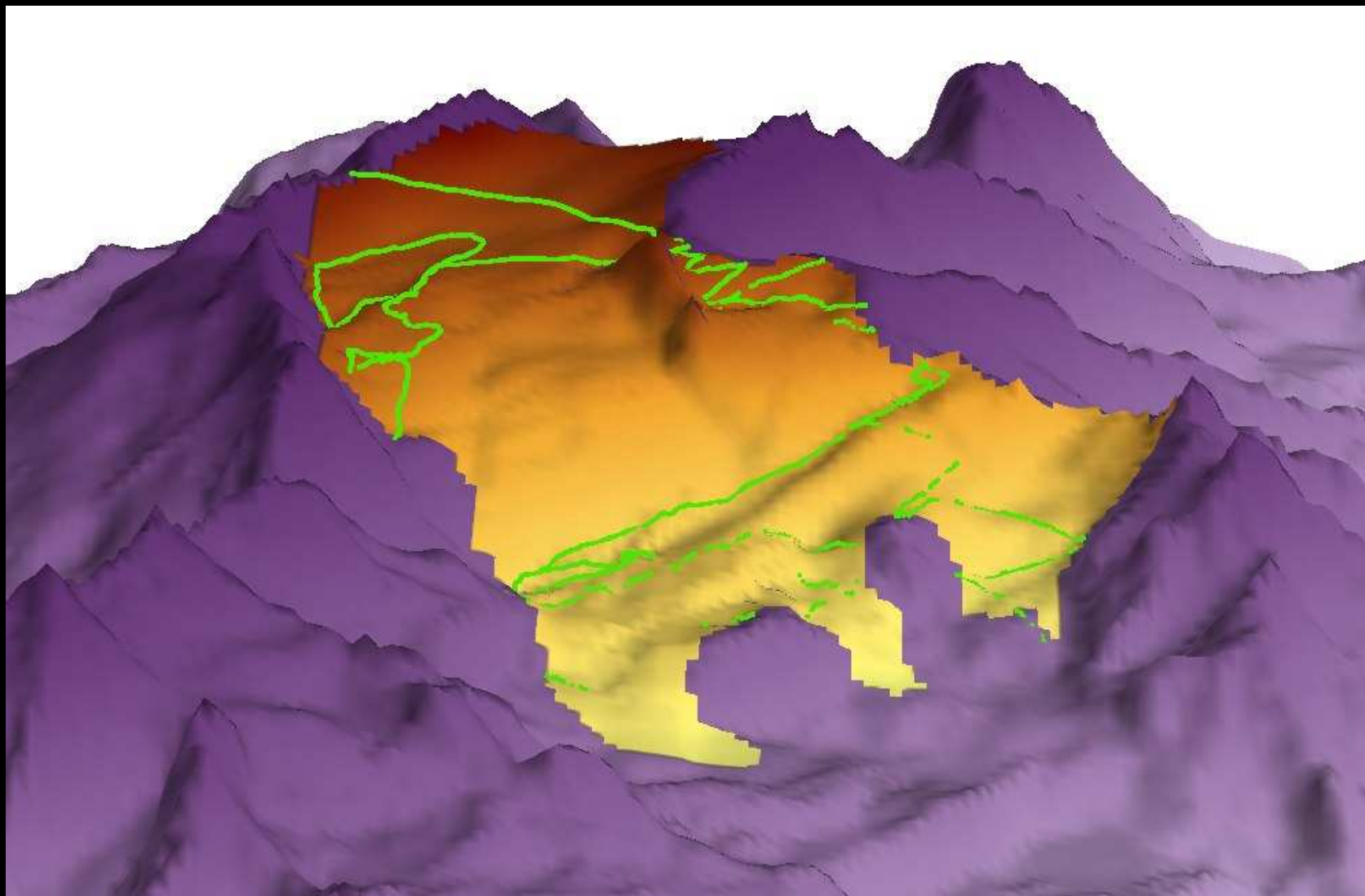




# Ghiacciaio del Rutor: Rilievi GPR (1996 e 2006)

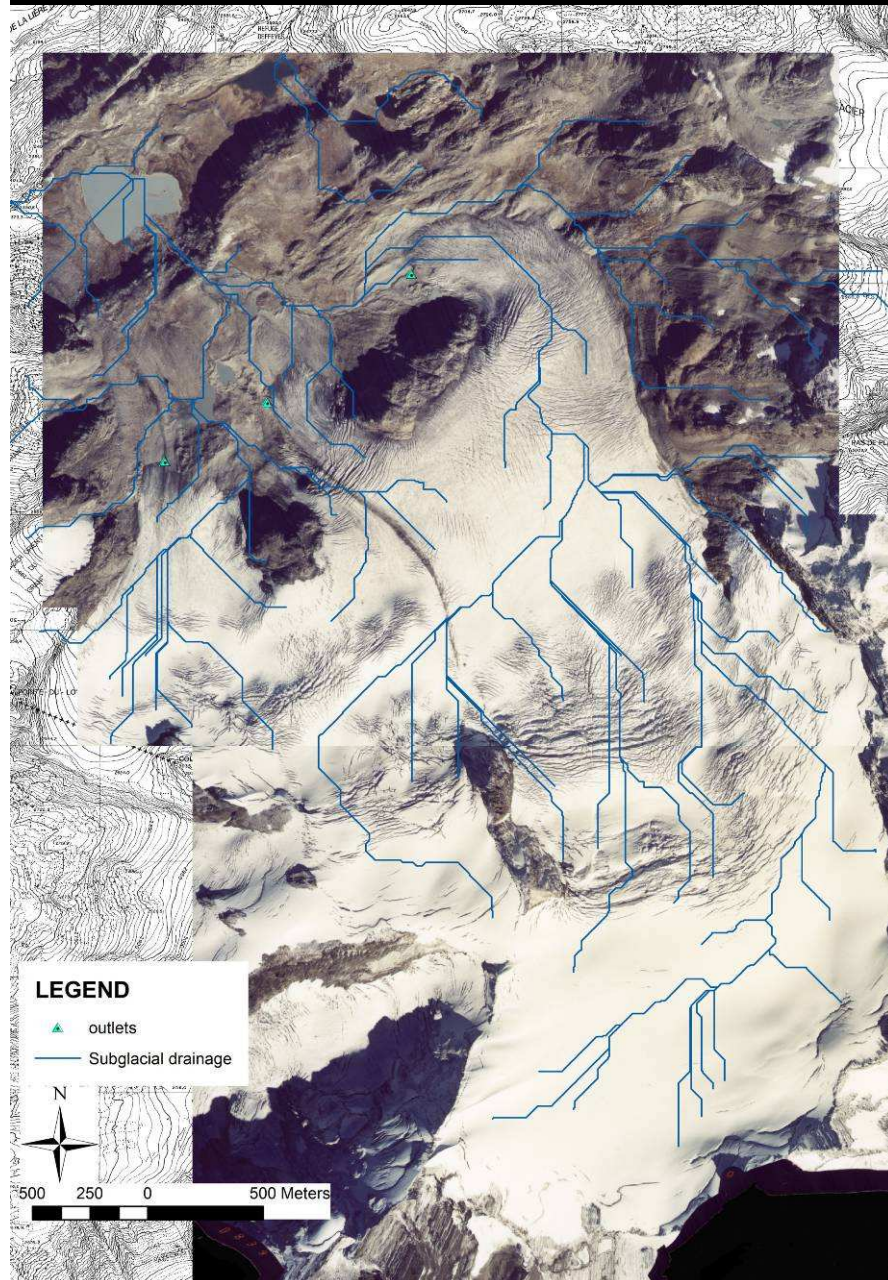


# Rilievi GPR al Ghiacciaio del Rutor (1996 e 2006)





# Ghiacciaio del Rutor: reticolo di drenaggio subglaciale



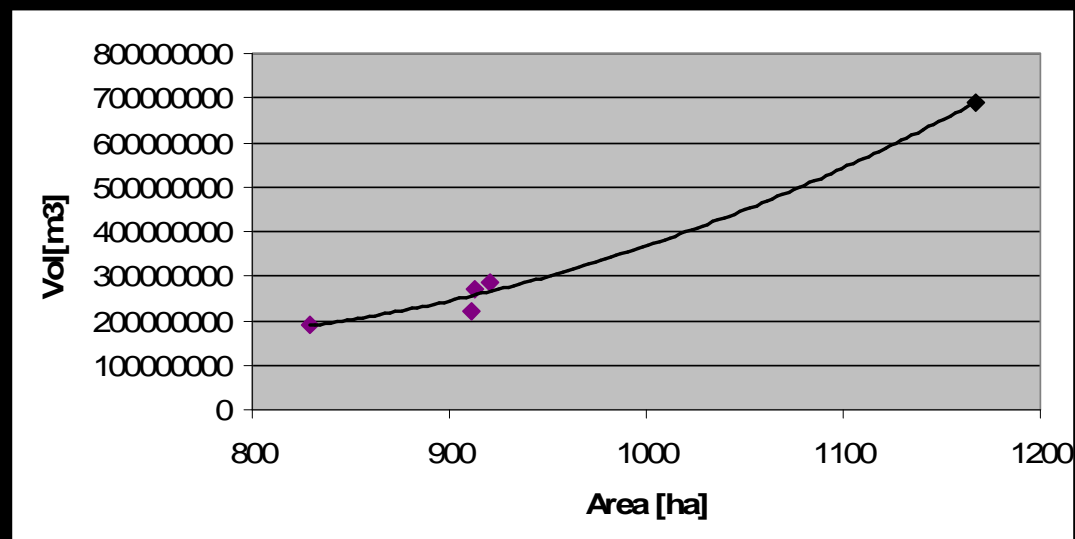
Sulla base del modello del letto glaciale è stato modellato un ipotetico reticolo di drenaggio subglaciale.

La rete di drenaggio individuata tende a trasportare le acque di fusione verso la lingua destra. Questa modellazione è in accordo con le evidenze che mostrano un flusso di acqua notevolmente maggiore fuoriuscire dalla lingua destra

Applicando queste ipotesi anche al flusso glaciale (condizionato prevalentemente dalla morfologia) si spiegherebbe la differente situazione morfologica delle tre lingue.

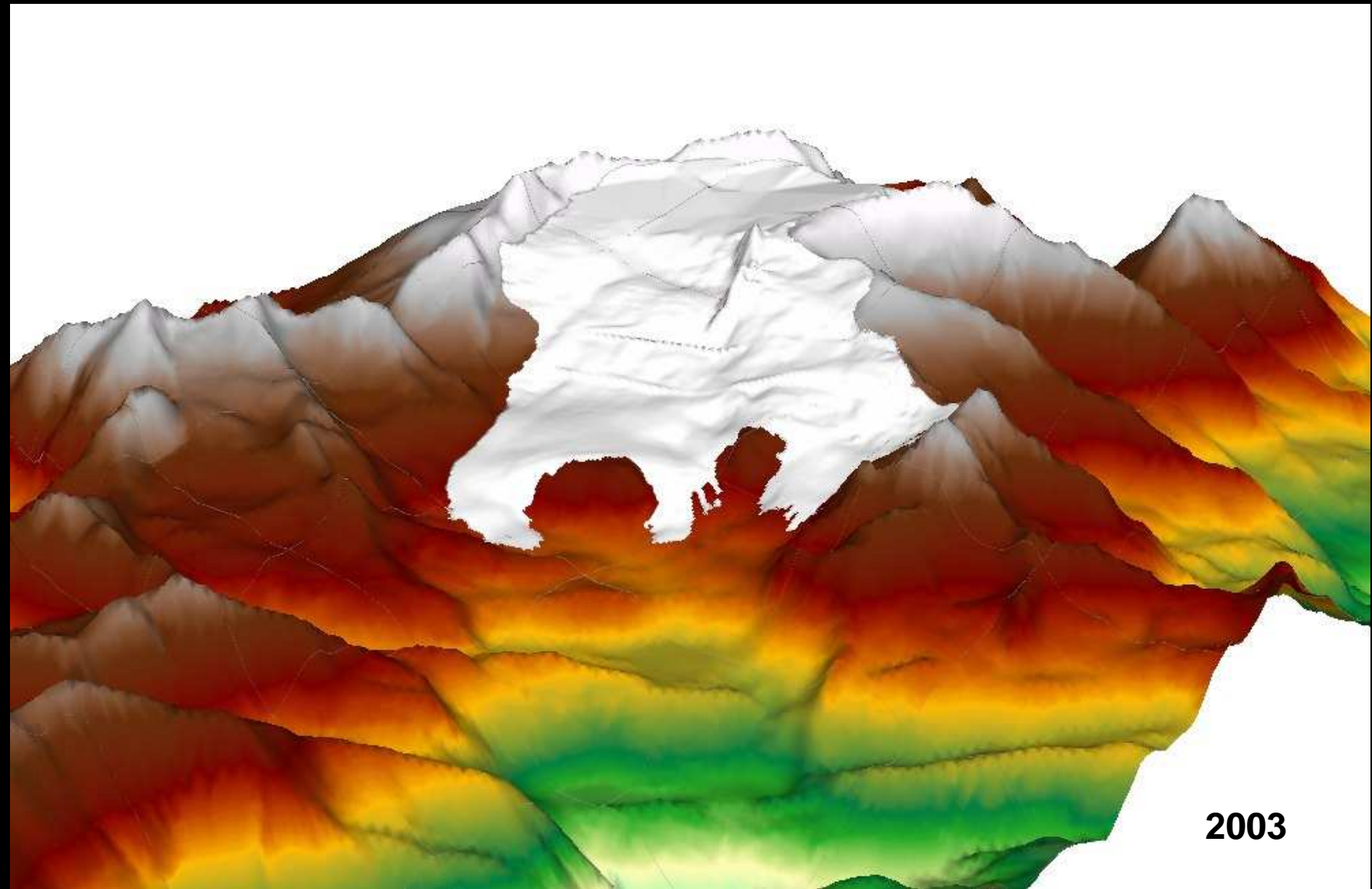
# Ghiacciaio del Rutor: variazioni di volume e superficie

<i>Anno</i>	<i>Volume</i>	<i>Δ Volume</i>	<i>Superficie</i>	<i>Δ Superficie</i>
<b>PEG</b>	<b>690.68 * 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup></b>	<b>-----</b>	<b>1168 ha</b>	<b>-----</b>
<b>1975</b>	<b>269.09 * 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup></b>	<b>- 61.0 %</b>	<b>912 ha</b>	<b>- 21.8 %</b>
<b>1988</b>	<b>285.00 * 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup></b>	<b>+ 26.1 %</b>	<b>920 ha</b>	<b>+ 0.9 %</b>
<b>1991</b>	<b>222.09 * 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup></b>	<b>- 20.4 %</b>	<b>911 ha</b>	<b>- 1.0 %</b>
<b>2003</b>	<b>190.58 * 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup></b>	<b>- 13 %</b>	<b>829 ha</b>	<b>- 9.0 %</b>





# Ghiacciaio del Rutor: ricostruzione evoluzione dalla PEG al 2003



## Considerazioni conclusive: metodologia

- ✓ La tecnica GPR consente di misurare lo spessore del ghiaccio in tempi rapidi e con costi ragionevoli; può essere applicata sia dalla superficie glaciale che da elicottero
- ✓ Il confronto tra DEM ottenuti da restituzioni fotogrammetriche multi-temporali consente di determinare le variazioni volumetriche di un ghiacciaio, pur con inevitabili problemi di mancanza di punti di controllo e di contrasto sulla superficie glaciale che non sempre consentono di ottenere risultati affidabili



## Considerazioni conclusive: risultati

### ✓ Ghiacciaio del Lys:

- ✓ il rilievo GPR 1995-1996 ha consentito di ottenere una carta degli spessori del ghiaccio di buona parte della superficie glacializzata
- ✓ dal 1994 al 2003 ha subito una perdita di volume stimata in 15 m di equivalente in acqua per unità di superficie

### ✓ Ghiacciaio del Rutor:

- ✓ il rilievo GPR ha consentito di valutare il volume complessivo del ghiacciaio (circa 190 milioni di m<sup>3</sup> nel 2003)
- ✓ rispetto alla PEG è stata stimata una perdita di superficie di più del 30% ed una perdita di volume di più del 70%

### ✓ I risultati ottenuti sono in accordo con quelli disponibili in letteratura