

## Ambiente periglaciale e permafrost

### Cos'è?

**Ambiente periglaciale:** ambiente caratterizzato da processi in cui prevale l'azione del gelo indipendentemente dalla presenza dei ghiacciai (contraddistingue i settori di alta quota del paesaggio alpino).

**Permafrost:** detrito e/o roccia con temperatura inferiore a 0°C per almeno due anni consecutivi, indipendentemente dalla presenza di ghiaccio. La sua presenza è di difficile individuazione anche perché durante la stagione estiva la sua porzione più superficiale (detta "strato attivo") è sottoposta a temperature superiori a 0°C con conseguente scongelamento dell'eventuale ghiaccio presente.

### Perché studiarlo?

Il permafrost è direttamente collegato alle condizioni climatiche e gli ambienti con permafrost sono tra quelli in cui gli effetti del riscaldamento globale si manifestano probabilmente in modo più intenso. Tali alterazioni producono significativi impatti sia sugli equilibri naturali (ad es. modificazioni nel ciclo del carbonio e nel ciclo dell'acqua), sia sulle attività umane in ambiente montano (instabilità dei versanti con danni alle infrastrutture, perturbazione dei circuiti idrogeologici, ecc.). Per questi motivi, il permafrost è considerato un indicatore privilegiato del **cambiamento climatico**.

### Il progetto Permanet

Il progetto europeo Alpine Space "PermaNet - Permafrost long-term monitoring Network" (2008/2011) ha consentito di approfondire le conoscenze sull'ambiente periglaciale e sul permafrost alpino in tutte le Alpi. Al progetto hanno partecipato quattordici istituzioni di cinque paesi (Italia, Austria, Germania, Francia e Svizzera), tra le quali Arpa Piemonte\*, con lo scopo principale di realizzare una rete di monitoraggio del permafrost alpino e di valutare la distribuzione potenziale del permafrost nelle Alpi; tutto ciò finalizzato alla implementazione di strategie di governance per le aree di alta montagna.

\* In collaborazione con Università degli Studi dell'Insubria

### Carta della criosfera delle Alpi piemontesi

La carta della criosfera (Fig. 1) rappresenta alcuni aspetti dell'ambiente periglaciale e glaciale. In questa carta viene anche rappresentata la distribuzione potenziale del permafrost alpino (distinto in relitto, possibile e probabile), basata sul catasto regionale degli indicatori del permafrost (Fig. 2).

**Gli indicatori più comuni sono i Rock Glacier ed i Protalus Rampart ("morene nivali", Fig. 7), forme di accumulo detritico, che contengono o hanno contenuto ghiaccio al loro interno, caratterizzate da rughe ed ondulazioni generate dal lento movimento verso valle.**

Alla testata della Valle Anzasca non sono presenti questi indicatori in quanto prevale l'ambiente di tipo glaciale (Fig. 3). L'estesa lingua del Ghiacciaio del Belvedere è indicata come "ghiacciaio nero" in quanto completamente ricoperta da detriti (debris covered glacier, Fig. 4). Se proseguirà la tendenza degli ultimi decenni in cui si è evidenziata una progressiva e costante riduzione delle masse glaciali che la alimentano, tale lingua è destinata ad un lento declino e potrebbe trasformarsi in un Rock Glacier.

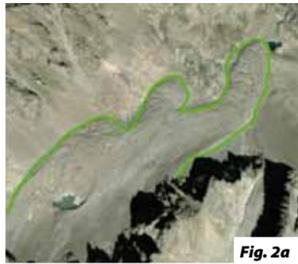


Fig. 2a



Fig. 2b



Fig. 2c

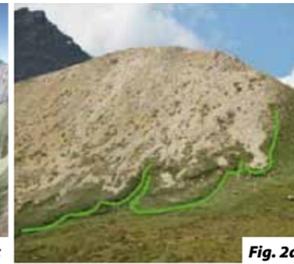


Fig. 2d

### L'area del Passo del Monte Moro

Le Alpi, nate dalla collisione tra due antichi continenti (la paleo-Europa a nord e la paleo-Africa a sud), sono costituite da una serie di unità geologiche caratterizzate da una diversa origine e da differenti tipi di rocce. Le rocce di colore chiaro (gneiss, Fig. 5) che affiorano nell'area del Passo del M. Moro appartengono alla importante unità denominata "Falda del Monte Rosa", che rappresenta un frammento dell'antica crosta continentale europea.

Anche la storia geologica più recente è ricca di aspetti interessanti legati prevalentemente all'azione dei ghiacciai e dei cicli di gelo-disgelo, processi che hanno modellato e modellano tuttora il paesaggio attuale. Attraverso l'osservazione e l'analisi delle forme e dei depositi superficiali (Fig. 4, 6 e 7) è possibile ricostruire l'evoluzione di quest'area le cui peculiarità la rendono unica nel panorama alpino piemontese. Per le sue caratteristiche geologico-geomorfologiche e climatiche, l'area del Passo del M. Moro è stata scelta quale sito di studio del permafrost (Fig. 3).

### Monitoraggio del permafrost

A partire dal 2009, in Piemonte sono state installate le stazioni di monitoraggio del permafrost costituite da pozzi verticali in roccia, collegate alla rete internazionale che copre tutto l'arco alpino. Al Passo del M. Moro (sito più settentrionale della rete piemontese) è stato realizzato un pozzo profondo 30 m, attrezzato con 25 termometri che misurano la temperatura a diverse profondità (Fig. 8).

Oltre alle misure dirette vengono effettuate misure indirette attraverso due metodi di analisi principali:

- **BTS (Bottom Temperature of the Snow cover).** Consiste nel rilevare al termine dell'inverno (ma prima che la fusione del manto nevoso abbia inizio) la temperatura del suolo al di sotto della coltre di neve in una griglia di punti.
- **Tomografia geo-elettrica.** Tipo di prospezione geofisica più idonea alla determinazione della presenza del permafrost (con ghiaccio) in ambito montano ottenuta attraverso la misura della resistività dei terreni e delle rocce.

**I dati derivanti dal monitoraggio del permafrost vengono messi in relazione con i dati climatici registrati dalla stazione meteorologica (Fig. 9) al fine di valutare come le condizioni in atmosfera si ripercuotono nel suolo e nel sottosuolo. Tale aspetto risulta molto importante nel contesto dei cambiamenti climatici attualmente in corso i cui effetti sono particolarmente evidenti nell'ambiente glaciale e periglaciale (Fig. 10).**

# Il permafrost nelle Alpi Piemontesi

## Sito del Passo del M. Moro

### Stazioni di monitoraggio del permafrost

- 1 Passo Monte Moro, 2.870 m (Macugnaga, VB)
- 2 Passo dei Salati (Alagna Valsesia, VC; Ist. Mosso (2.920 m), Corno del Camoscio (3.020 m))
- 3 Colle Sommeiller, 2.990 m (Bardonecchia, TO)
- 4 Passo della Colletta, 2.840 m (Belluno, CN)
- 5 Passo della Gardetta, 2.490 m (Canosio, CN)

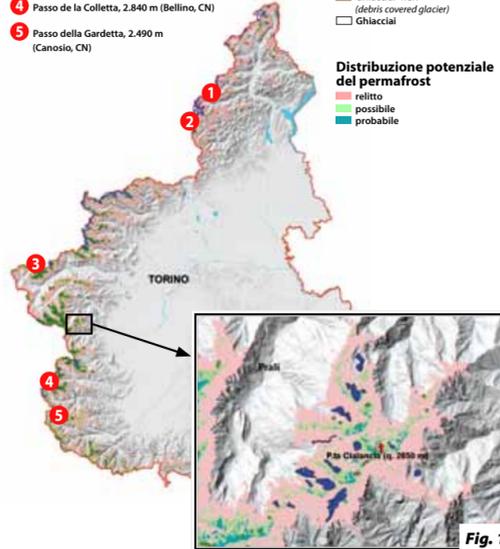


Fig. 1

### Inventario della Criosfera

- Rock Glacier e Protalus Rampart
- attivi
  - complessi
  - inattivi
  - attività incerta
- lobi di geliflusso
- Ghiacciai "neri" (debris covered glacier)
- Ghiacciai

### Distribuzione potenziale del permafrost

- relitto
- possibile
- probabile

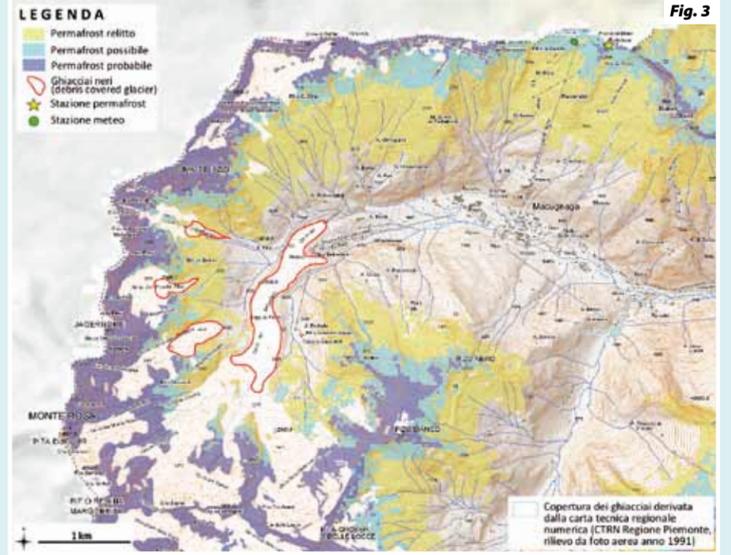


Fig. 3

**Figura 3.** Distribuzione potenziale del permafrost nell'area dell'alta Valle Anzasca. Circa il 50% dell'area è interessata da permafrost di tipo "relitto" legato a condizioni climatiche del passato, più fredde di quelle attuali (non è possibile osservare in superficie questo tipo di permafrost). Il permafrost "possibile" (15%) e "probabile" (35%), in equilibrio con le condizioni climatiche odierne, è prevalentemente localizzato sui versanti settentrionali al di sopra dei 2400-2500 m di quota.



Fig. 4a



Fig. 4b

**Figura 4.** Ghiacciaio del Belvedere. La lingua glaciale che si estende nel fondovalle, contenuta all'interno di affilate morene, è alimentata dai ghiacciai della parete est del M. Rosa. I detriti provenienti dai versanti si depositano sulla superficie del ghiacciaio che li trasporta verso valle, rimanendone quasi completamente sepolto (a, b).

**Figura 5.** Gneiss della Falda del Monte Rosa in prossimità del confine italo-svizzero (affioramento e dettaglio nel riquadro). La roccia di colore chiaro è costituita principalmente da feldspati (cristalli centimetrici di colore bianco), quarzo (livelli di colore grigio traslucido) e miche (cristalli lamelliformi di colore nero). La disposizione in livelli dei minerali (scistosità) genera dei piani di discontinuità evidenti anche a scala dell'affioramento (linee scure longitudinali nell'ammasso roccioso e piani inclinati verso sinistra).

**Figura 6.** Joderhorn (quota 3.035 m) ripreso dal Passo del Monte Moro. Il versante occidentale del monte è completamente ricoperto da detriti generati dai processi di gelo-disgelo (crioclastismo). L'acqua entra allo stato liquido nelle fratture e nelle altre discontinuità naturali della roccia e al passaggio allo stato solido (ghiaccio) aumenta il proprio volume, generando una forte pressione in grado di allentare l'ammasso roccioso.

**Figura 7.** Morene di origine nivale ("nivomorene" o "protalus rampart") sul versante svizzero, in prossimità del Mondellipass, riprese dal Passo del M. Moro. Tali forme, tipiche dell'ambiente periglaciale, sono generate dalla deposizione di detriti in prossimità di accumuli di nevi perenni (nevi o nevati).



Fig. 5



Fig. 6



Fig. 7



Fig. 8

**Figura 8.** Perforazione del pozzo profondo 30 m in cui sono inseriti i termometri per misurare l'andamento termico nel sottosuolo. In primo piano è visibile il tombino che ospita la strumentazione per l'archiviazione dei dati mentre, alle spalle dell'operatore, sono visibili i due compressori utilizzati per liberare la perforazione dalla roccia frantumata (cuttings).



Fig. 9

**Figura 9.** Stazione meteorologica della rete regionale gestita da Arpa Piemonte ubicata in prossimità della stazione della funivia del Passo del Monte Moro. La stazione meteo è attiva dal 1988 ed è dotata di strumenti per la misura della velocità e della direzione del vento, della temperatura e della umidità dell'aria (termometro e igrometro), dell'altezza della neve al suolo (nivometro) e della quantità di pioggia (pluviometro), nonché per la misura della radiazione solare (radiometro).



Fig. 10

**Figura 10.** Fenomeni di dissesto evidenziati sulla parete est del M. Rosa (ripresa fotografica dal Passo del Monte Moro, aprile 2011). L'aumento delle temperature, la riduzione delle masse glaciali, la degradazione del permafrost e la presenza di sorgenti d'acqua in quota sono alla base dei fenomeni di dissesto che sempre più interessano le aree di alta montagna. Tali fenomeni vanno tenuti sotto stretta osservazione al fine di ridurre il rischio delle aree a valle.