

Lo spunto di un viaggio nel Pamir Cinese e la curiosità di un confronto con le nostre Alpi sono stati l'occasione per raccogliere campioni di neve fino a quota 7.494 m s.l.m., analizzarne pH e conducibilità elettrica in campo ed eseguire profili stratigrafici. La determinazione delle proprietà chimiche del manto nevoso rappresenta un utile strumento per la valutazione della qualità delle masse d'aria che originano una precipitazione. La conoscenza delle proprietà fisiche del manto nevoso rappresenta invece un importante elemento di valutazione delle condizioni meteorologiche prevalenti che possono fortemente influenzarne i processi di trasformazione. Particolare attenzione è stata data alle variazioni delle proprietà chimico-fisiche della neve in relazione alla quota ed alle condizioni meteorologiche.

La raccolta dei dati relativi al "profilo chimico ambientale speditivo del manto nevoso" ha avuto la finalità di caratterizzare il chimismo della neve in termini di solo pH e conducibilità e di approfondire alcuni aspetti relativi alle caratteristiche fisiche della neve.

I profili stratigrafici sono stati eseguiti a quota 5.312 m s.l.m., subito dopo una precipitazione nevosa e ripetuti a distanza di 4 giorni, poi ad una quota superiore, pari a 6.121 m s.l.m.. I campioni di neve sono stati raccolti nei singoli strati individuati nel corso delle analisi stratigrafiche e solo negli strati più superficiali alle quote di 6.641 e 7.494 m slm. La determinazione del pH e della conducibilità elettrica è stata condotta in campo mediante l'utilizzo del tester combinato HI 98129.

L'analisi cristallografica della neve stagionale sulla superficie glaciale a quota 6.121 m ha evidenziato la presenza di cristalli con tendenza a forme angolari di tipo 4, ma non con angoli vivi. L'irraggiamento solare alla quota di 6.121 m alla fine della giornata e nel periodo considerato ha interessato i primi 20-25 cm del manto nevoso, con un sensibile incremento della temperatura della neve.

Le osservazioni preliminari hanno evidenziato un pH generalmente inferiore negli strati più superficiali, con valori compresi fra 5.7 e 6.2. La conducibilità elettrica è invece risultata generalmente superiore negli strati più superficiali, con valori compresi fra 2 e 7 μScm^{-1} .

Alle quote di 6.648 m e 7.494 m, sempre negli strati più superficiali, i valori si attestano a 1 μScm^{-1} . Una prima analisi lungo il profilo alla quota di 6.121 m ha rivelato valori di conducibilità elettrica relativamente omogenei in tutto il manto e superiori rispetto alle quote inferiori. Si è inoltre evidenziata una riduzione del pH e della conducibilità elettrica in seguito a fenomeni di fusione del manto nevoso.

Paola Dellavedova

Filippa G.

Freppaz M.

Università degli
Studi di Torino,
Di.Va.P.R.A

Laboratorio
Neve e Suoli Alpini
Gressoney
La Trinité (AO)
Cheney T.

PAMIR

OSSERVAZIONI ED

Resoconto di una spedizione sci alpinistica tra sport e ricerca

Il desiderio di osservare ed analizzare la neve a quote e latitudini differenti è nato prima di tutto da un' insaziabile curiosità, solo parzialmente appagata a seguito di questa esperienza, in quanto numerosi nuovi spunti di ricerca sono nati da questo preliminare contatto con un ambiente tanto straordinario. La sensazione percepita è quella di una neve che ha comportamenti comuni a quelli riscontrati nelle nostre Alpi, ma i cui cambiamenti, sono più rapidi in funzione principalmente dell'intensità dell'irraggiamento solare. Non possiamo che auspicare il proseguimento dell'attività che è stata appena avviata, consapevoli con questo articolo di non essere assolutamente esaustivi ma piuttosto di aver fornito qualche breve stimolo di ricerca sulle caratteristiche nivologiche ed ambientali del Pamir Cinese. Mettere a confronto più dati potrebbe rivelarsi utile per migliorare le nostre conoscenze in ambienti così distanti, ma non così lontani da ciò che siamo abituati a frequentare.



CINESE

ANALISI DELLA NEVE

INTRODUZIONE

Le informazioni relative alla composizione chimica della neve sono particolarmente importanti in aree remote, quali quelle dell'Asia centrale, come evidenziato da numerosi studi condotti ad esempio lungo il bacino del fiume Urumqui, che si estende per 2000 km dal Nord Ovest

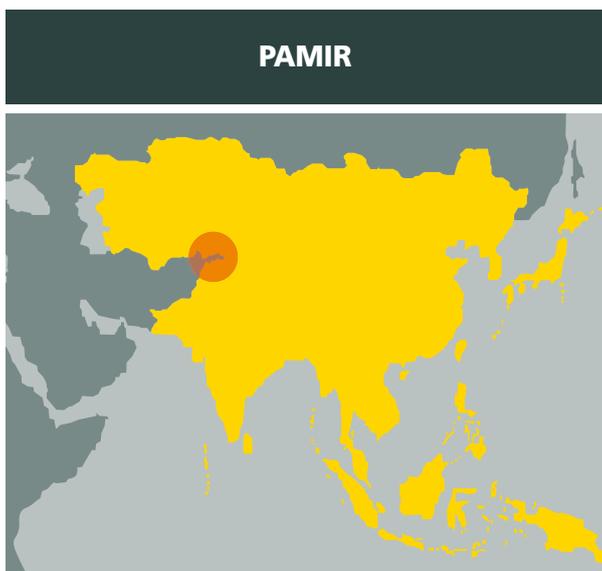
Fig. 1 - Inquadramento geografico.

Fig. 2 (foto)- Muztagh-Ata.

della Cina fino alle Repubbliche del Kazakhstan e del Kirghizia (e.g. Kattelman et al., 1995; Fenjing et al., 1995). Per quanto riguarda l'area del Muztagh Ata, nel Pamir Orientale, dalle ricerche effettuate sono emersi pochi studi relativi alle caratteristiche chimico-fisiche del manto nevoso, con particolare riferimento ai metalli pesanti (Li et al., 2006) ed il carbonio organico (Xu et al., 2006).

Una spedizione sci alpinistica organizzata proprio nel Pamir Cinese e la curiosità di un confronto con le nostre Alpi sono

stati l'occasione per raccogliere campioni di neve fino a quota 7.494 m s.l.m, analizzarne pH e conducibilità elettrica in campo ed eseguire profili stratigrafici. La determinazione delle proprietà chimiche del manto nevoso rappresenta un utile strumento per la valutazione della qualità delle masse d'aria che originano una precipitazione. La conoscenza delle proprietà fisiche del manto nevoso rappresenta invece un importante elemento di valutazione delle condizioni meteorologiche prevalenti che possono fortemente influenzar-



CONDIZIONI METEOROLOGICHE			
GIORNO	VENTO	NEVE	SOLE
13/07/2006	X		
14/07/2006	X	X	
15/07/2006	X	X	
16/07/2006	X		
17/07/2006			X
18/07/2006			X
19/07/2006		X	
20/07/2006			X
21/07/2006			X
22/07/2006			X
23/07/2006			X
24/07/2006			X



Fig. 3

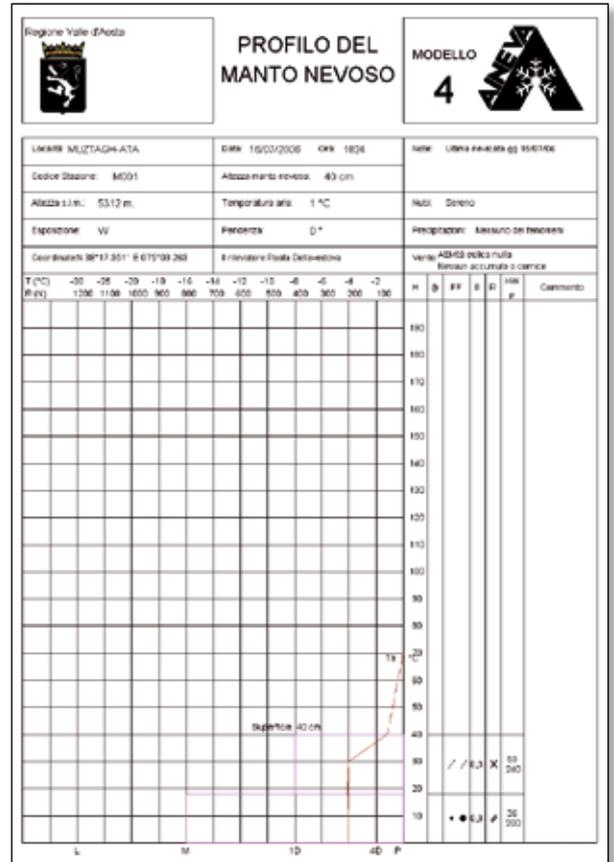
Fig. 4

DETTAGLIO SITI E TIPOLOGIA DI CAMPIONAMENTO ED ANALISI						
DATA	QUOTA	COORDINATE	ESP.	PROFILO	pH - EC	CAMPIONI
16/07/2006	5.312 m	N 38° 17.351' E 075° 03.263'	W	X	X	X
17/07/2006	5.312 m	N 38° 17.351' E 075° 03.263'	W	X	X	X
20/07/2006	5.312 m	N 38° 17.351' E 075° 03.263'	W	X	X	X
21/07/2006	6.121 m	N 38° 17.057' E 075° 04.344'	W	X	X	X
22/07/2006	6.648 m	N 38° 16.956' E 075° 05.136'	W		X	X
22/07/2006	7.494 m	N 38° 16.526' E 075° 06.890'	SW		X	X



ne i processi di trasformazione. Le analisi stratigrafiche effettuate ed i campioni analizzati rappresentano soltanto alcune indicazioni puntuali circa le caratteristiche chimico-fisiche del manto nevoso in queste regioni, permettendo comunque di verificare la fattibilità del profilo-chimico ambientale speditivo

del manto nevoso anche in questi ambienti (Neve e Valanghe 58). I dati ottenuti, con tutti i limiti oggettivi relativi alla quota ed alle caratteristiche della spedizione, hanno comunque permesso di effettuare alcune considerazioni preliminari, alla base, si auspica, di ulteriori e più specifici approfondimenti.



INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CLIMATICO

Il Pamir è una regione fisica dell'Asia centrale, situata su un altipiano di circa 100.000 km² e compresa tra i 3.000 e i 4.000 metri sul livello del mare. Si trova a sud della catena montuosa del Tien Shan e a nord del Karakorum, del Kunlun, dell'Hindu Kush. Il suo territorio è diviso tra il Tagikistan (in particolare con la regione del Gorno-Badakhshan), l'Afghanistan, il Kirgizistan, il Pakistan e la Cina (Figura 1). È orlato da catene montuose la cui vetta più alta è il Kungur (7.719 m); seguono il Muztagh Ata (7.546 m), il picco Ismail Samani (7.495 m) e il picco dell'Indipendenza (7.134 m). Il Pamir è percorso dagli affluenti del Pjandž (a sua volta affluente dell'Amu Darya) e caratterizzato da molti laghi, tra cui il Karakul. Inoltre, sono presenti alcuni ghiacciai, tra cui il Fed enko (lungo 72 km). Il clima è alpino, con estati corte

Fig. 5 - Analisi al campo base.

Fig. 6 - Modello 4 A.I.Ne.Va. profilo del 16/07/2006.

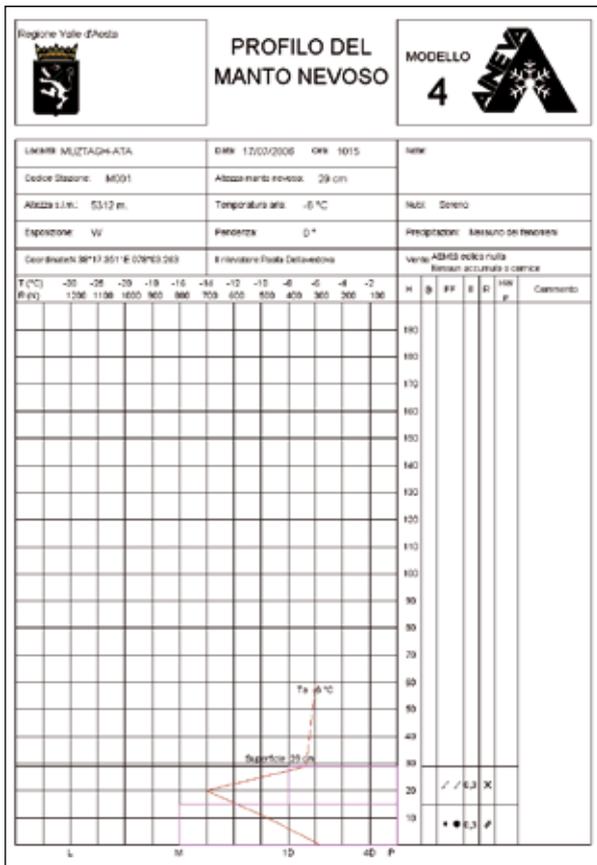


Fig. 7 - Modello 4 A.I.Ne.Va. profilo del 17/07/2006.

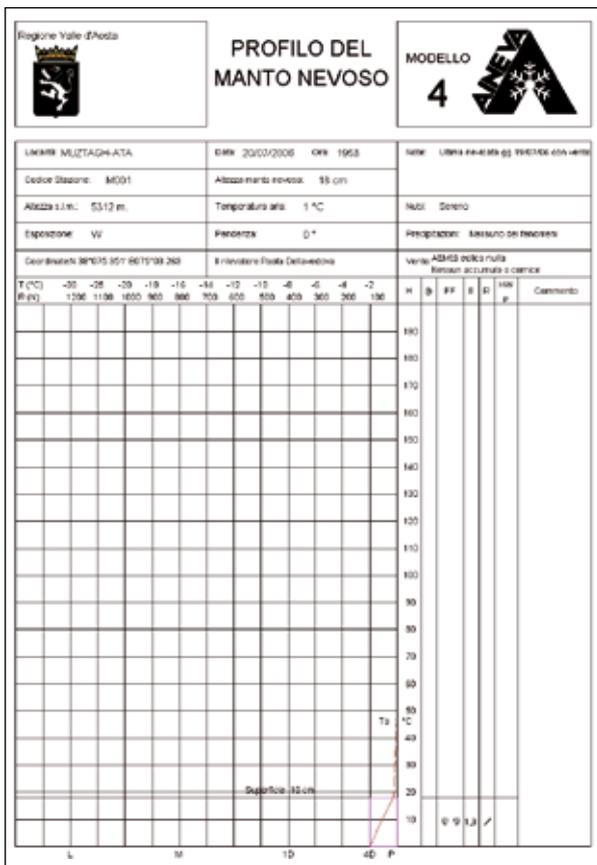


Fig. 8 - Modello 4 A.I.Ne.Va. profilo del 20/07/2006.

e fresche e inverni lunghi e rigidi con scarse piogge. La vegetazione è tipica della steppa e il territorio è coperto per la maggior parte dell'anno dalla neve.

Il viaggio aveva l'obiettivo di raggiungere la cima del Muztagh Ata il cui nome deriva dall'uiuigo e significa padre delle montagne ghiacciate (Foto di figura 2). Il periodo scelto è stato il mese di luglio e i giorni dedicati all'acclimatamento e alla salita sono stati dal 13/07/2006 al 27/07/2006. Le condizioni meteorologiche sono state ottime come indicate nella tabella di figura 3.

ATTIVITÀ DI CAMPO

In campo sono stati eseguiti i profili stratigrafici, e in corrispondenza di ogni strato individuato sono stati prelevati campioni di neve (Tabella di Fig. 4). La procedura adottata ha previsto l'esecuzione del profilo stratigrafico speditivo con analisi stratigrafica, misurazione di temperatura, densità della neve e in corrispondenza di ogni strato individuato, sono stati prelevati con appositi contenitori sterili, campioni di neve che sono poi stati trasportati al campo base alla quota di 4.400 m.

Al campo base, una parte dei campioni opportunamente fusi, è stata utilizzata per eseguire analisi di pH e conducibilità elettrica, in linea con la metodologia applicata nell'esecuzione del profilo chimico ambientale del manto nevoso da Pecci e D'Aquila (Neve e Valanghe 58), una seconda parte è stata impiegata al fine di eseguire ulteriori analisi di laboratorio, come effettuato ad esempio da Kattelman et al. (1995) in una campagna di ricerca condotta nella catena di ricerca condotta nella catena del Tien Shan (Kirghizstan e Kazakhstan).

La determinazione del pH e della conducibilità elettrica è stata

condotta in campo mediante l'utilizzo del tester combinato HI 98129 (Figura 5), risoluzione pH 0.01, EC 1 μ S/cm, precisione pH ± 0.02 , EC $\pm 2\%$ f.s.; ad ogni campagna di analisi di pH il tester è stato calibrato a due soluzioni pH 4.01 e pH 7.01.

PROPRIETÀ FISICHE DEL MANTO NEVOSO

I profili stratigrafici sono stati eseguiti nelle vicinanze dei campi 1 e 2 rispettivamente alla quota di 5.312 m, subito dopo una precipitazione nevosa e ripetuti a distanza di 4 giorni, e ad una quota superiore, pari a 6.121 m (Figure 6-7-8-9).

Dalla quota di 5.200 m circa e fino alla quota di 5.600 m circa, nel mese di luglio del 2006 la neve sulla superficie glaciale è risultata quella depositata nel corso della precipitazione dei giorni 14 e 15 luglio, con apporti di 40 cm. Le osservazioni effettuate nello stesso sito nei giorni 16,17 e 20 hanno evidenziato che la temperatura della neve subisce forti escursioni termiche tra il giorno e la notte favorendo un rapido assestamento e fusione del manto nevoso. L'intensità dell'irraggiamento diurno con uno spessore del manto nevoso di 40 cm fa sì che nelle ore serali, il manto diventi pressoché isothermico, con una temperatura a - 4° C. Nel corso della notte la temperatura del manto nevoso è scesa sensibilmente, con temperature di -14° C a 20 cm dallo strato glaciale e di - 5,7° C all'interfaccia ghiaccio neve (Tabella di Fig. 10). Dall'analisi cristallografica si osserva il repentino metamorfismo distruttivo con passaggio diretto da cristalli di precipitazione estremamente frammentati a grani arrotondati e policristalli (Figura 11).

Oltre la quota di 5.600 m circa, lo strato glaciale è risultato coper-

to negli strati basali dalla neve accumulatasi nella stagione precedente e in superficie da neve di precipitazione. Dall'analisi cristallografica del profilo stratigrafico eseguito alla quota di 6.121 m, si osserva la presenza di cristalli con tendenza a forme angolari di tipo 4, ma non con angoli vivi. Risulta evidente la presenza di metamorfismo costruttivo sia della neve dell'ultima precipitazione con dimensioni dei cristalli inferiori a 0,5 mm che

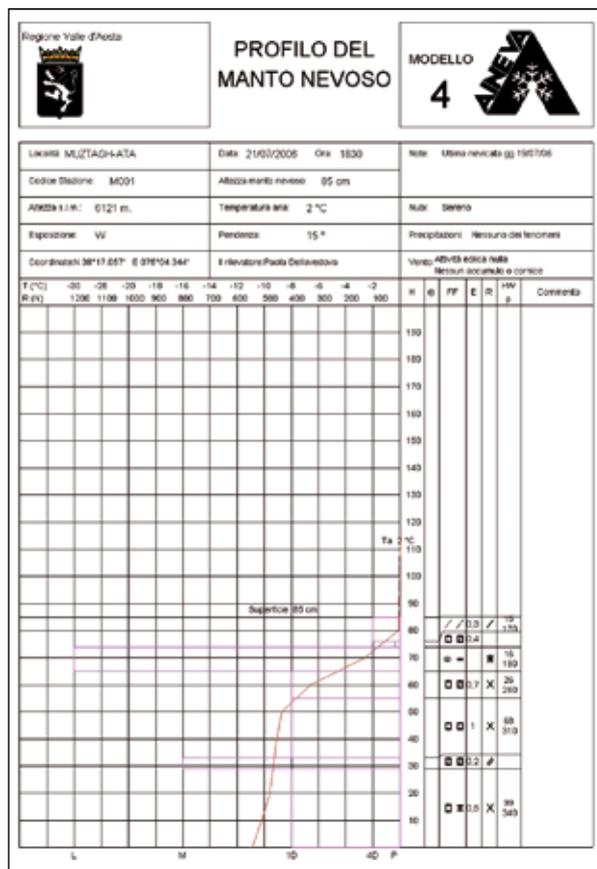
delle precedenti precipitazioni con dimensioni prossime a 1 mm, ben separate da una crosta da fusione e rigelo (Figura 12). L'irraggiamento solare a quota 6.121 m a fine giornata riesce ad interessare i primi 20-25 cm del manto nevoso, con un sensibile incremento della temperatura. Nell'interfaccia ghiaccio neve, la temperatura è prossima a -11° C (Tabella di Fig. 13), nettamente inferiore rispetto alla quota di 5.312 m.

PROPRIETÀ CHIMICHE DEL MANTO NEVOSO

Le misure effettuate nel corso delle analisi stratigrafiche hanno evidenziato (come rappresentato nella tabella di Fig. 14) un pH medio del manto nevoso pari a 6.1, con valori compresi fra 5.5 e 6.7, in accordo con quanto evidenziato in studi precedenti condotti in Asia centrale (Kattelmann et al., 1995) ed in altri siti ad alta quota (e.g. Valsecchi et

Fig. 9 - Modello 4 A.I.Ne.Va. profilo del 21/07/2006.

Fig. 11 (foto) - Strato superficiale della neve da quota 5.100 m a quota 5.600 m.



DATI DELLA TEMPERATURA DELLA NEVE ALLA QUOTA DI 5.312 m

DATA	ORA LOCALE	QUOTA	COORDINATE	ESP.	PENDENZA	Ta ARIA °C	Hn	Ta NEVE °C
16/07/2006	18:24	5.312 m	N 38° 17.351' E 075° 03.263'	W	27°	0,6	40 cm	-1,20
16/07/2006	18:24	5.312 m	N 38° 17.351' E 075° 03.263'	W	27°		30 cm	-4,00
16/07/2006	18:24	5.312 m	N 38° 17.351' E 075° 03.263'	W	27°		20 cm	-4,10
16/07/2006	18:24	5.312 m	N 38° 17.351' E 075° 03.263'	W	27°		10 cm	-4,00
16/07/2006	18:24	5.312 m	N 38° 17.351' E 075° 03.263'	W	27°		0 cm	-4,00
17/07/2006	10:15	5.312 m	N 38° 17.351' E 075° 03.263'	W	27°	-5,6	29 cm	-6,70
17/07/2006	10:15	5.312 m	N 38° 17.351' E 075° 03.263'	W	27°		20 cm	-14,00
17/07/2006	10:15	5.312 m	N 38° 17.351' E 075° 03.263'	W	27°		10 cm	-9,50
17/07/2006	10:15	5.312 m	N 38° 17.351' E 075° 03.263'	W	27°		0 cm	-5,70
20/07/2006	19:53	5.312 m	N 38° 17.351' E 075° 03.263'	W	27°	1,3	18 cm	-0,03
20/07/2006	19:53	5.312 m	N 38° 17.351' E 075° 03.263'	W	27°		10 cm	-1,10
20/07/2006	19:53	5.312 m	N 38° 17.351' E 075° 03.263'	W	27°		0 cm	-2,00

Fig. 10



Fig. 12 - Dettaglio profilo stratigrafico a quota 6.121m.

Fig. 13

DATI DELLA TEMPERATURA DELLA NEVE ALLA QUOTA DI 6.121 m		
Data 21/07/2006 ora 18:30 quota 6.121 m, esposizione W, pendenza 15°		
Ta ARIA °C	Hn	Ta NEVE °C
2,3	85 cm	- 0,10
	80 cm	- 0,10
	70 cm	- 2,60
	60 cm	- 6,60
	50 cm	- 8,70
	40 cm	- 9,10
	30 cm	- 9,30
	20 cm	- 9,60
	10 cm	- 10,20
	0 cm	- 10,90

al., 1999; Marinoni et al., 2001; Hidy GM, 2003).

La conducibilità elettrica media è risultata pari a $2.5 \mu\text{Scm}^{-1}$ e significativamente correlata ($r=0.65$, $p<0.05$) alla sommatoria delle specie chimiche presenti nel manto nevoso. Essa è risultata generalmente superiore negli strati più superficiali del manto nevoso, con valori compresi fra 2 e $7 \mu\text{Scm}^{-1}$. Il manto nevoso campionato a quota 5.312, e derivato dalla precipitazione dei giorni 14 e 15, evidenzia valori di pH inferiori in superficie e compresi fra 5.7 e 6.6. Il valore di conducibilità elettrica è superiore in superficie e pari a $3 \mu\text{Scm}^{-1}$.

I campioni prelevati a quota 6.121 m rivelano valori di conducibilità elettrica superiori rispetto alle quote inferiori e particolarmente elevati nella parte più bassa del profilo, caratterizzata da neve più vecchia, ad evidenziare una maggiore esposizione a fenomeni di deposizione di par-

ticolato minerale (Kattelman et al., 1995).

Gli strati di neve superficiale alle quote superiori (6.641 e 7.495 m slm) evidenziano valori di pH compresi fra 5.8 e 6.1 ed una conducibilità elettrica inferiore rispetto ai campioni prelevati alle quote inferiori e pari ad $1 \mu\text{Scm}^{-1}$.

E' quindi lecito ipotizzare un importante effetto legato alla quota sulla distribuzione delle specie chimiche all'interno dei manti nevosi analizzati, tenendo presente che nell'area in esame gli effetti legati ai monsoni asiatici sono sicuramente meno intensi rispetto ad altre aree dell'altopiano del Tibet, come evidenziato da Xu et al. (2006) e che gli apporti di specie chimiche derivano principalmente dall'Eurasia.

CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI

Il desiderio di osservare ed analizzare la neve a quote e latitudini

pH E CONDUCIBILITA' ELETTRICA DEI CAMPIONI DI NEVE			
	Intervallo profilo	pH	Conducibilità elettrica
Siti Campione	cm	-	$\mu\text{s cm}^{-1}$
16/07/06 Quota 5.312m	40-30	5.7	3
	30-20	6.7	0
	20-10	6.7	0
	10-0	6.6	0
20/07/06 Quota 5.312m	18	5.9	2
	10-0	5.5	0
21/07/06 Quota 6.121m	85	6.2	7
	60	n.d.	0
	50-40	6.6	4
	30-20	6.6	6
	10-0	6.2	8
22/07/06 Quota 6.641m	Superficie	6.1	1
22/07/06 Quota 7.494m	Superficie	5.8	1

differenti è nato prima di tutto da un' insaziabile curiosità, solo parzialmente appagata a seguito di questa esperienza, in quanto numerosi nuovi spunti di ricerca sono nati da questo preliminare contatto con un ambiente tanto straordinario.

L'esperienza vissuta ha permesso comunque di verificare l'applicabilità del profilo chimico-ambientale speditivo del manto nevoso anche in ambienti estremi e nel corso di spedizioni dal carattere più alpinistico che scientifico. Un'attenta preparazione relativa all'impiego degli strumenti analitici, così come l'impostazione di un chiaro protocollo sperimentale, permettono di ottenere dati di buona attendibilità, in grado di fornire importanti informazioni di carattere ambientale.

La sensazione percepita è quella di una neve che ha comportamenti comuni a quelli riscontrati nelle nostre Alpi, ma i cui cambiamenti risultano estremamente rapidi in funzione principalmente dell'intensità dell'irraggiamento solare. Non possiamo che auspicare il proseguimento dell'attività che è stata appena avviata, consapevoli con questo articolo

di non essere assolutamente esaustivi ma piuttosto di aver fornito qualche breve stimolo di ricerca sulle caratteristiche nivologiche ed ambientali del Pamir Cinese. Mettere a confronto più dati potrebbe rivelarsi utile per migliorare le nostre conoscenze in ambienti così distanti, ma non così lontani da ciò che siamo abituati a frequentare.

Ringraziamenti

Ringrazio l'amico e compagno di viaggio Cheney Thierry, il Dott. Filippa Gianluca, il Dott. Freppaz Michele e il Dott. Pecci Massimiliano per le analisi condotte, i consigli e la grande disponibilità nel definire le procedure. L'Università degli Studi di Torino, DIVAPRA – LNSA per l'attrezzatura e le analisi.

Riferimenti Bibliografici

- Fengjing L., Williams W.M., Yang D., Melack J., 1995. Snow and water chemistry of a headwater alpine basin, Urumqi River, Tian Shan, China. In: Biogeochemistry of Seasonally Snow-Covered Catchments, Proceedings. Publ 228, 1995, pp 207-219.
- Hidy G.M., 2003. Snowpack and precipitation chemistry at high altitudes. In: Atmospheric Environment 37: 1231-1242.
- Kattelmann R., Elder K., Melack J., Aizen E., Aizen V., 1995. Some surveys of snow chemistry in the Tien Shan of Kirghizstan and Kazakhstan. In: Biogeochemistry of Seasonally Snow-Covered Catchments, Proceedings. Publ 228, 1995, pp. 185-190.
- Li Y., Yao T., Wang N., Li Z., Tian L., Xu B., Wu G., 2006. Recent changes of atmospheric heavy metals in a high elevation ice core from Muztagh Ata, east Pamirs: initial results. Annals of Glaciology 43: 154- 159.
- Marinoni A., Polesello S., Smiraglia C., Valsecchi S., 2001. Chemical composition of fresh snow samples from the southern slope of Mt. Everest region (Khumbu-Himal region, Nepal). Atmospheric Environment 35: 3183-3190.
- Valsecchi S., Smiraglia C., Tartari G., Polesello S., 1999. Chemical composition of monsoon depositions in the Everest region. In: Science of the Total Environment 226, 187-199.
- Xu B., Yao T., Liu X., Wang N., 2006. Elemental and organic carbon measurements with a two-step heating gas chromatography system in snow samples from the Tibetan Plateau. Annals of Glaciology 43: 257-262.