

# il FENOMENO "NEVE COLLOSA"

osservato nelle  
Alpi occidentali  
italiane durante  
la primavera 2009

**Davide Viglietti,  
Michele Freppaz,  
Luisella Celi,  
Daniel Said-Pullicino,  
Gianluca Filippa  
ed Ermanno Zanini**

Università degli Studi di Torino,  
DIVAPRA-Chimica Agraria e Pedologia,  
Via Leonardo da Vinci 44,  
10095 Grugliasco (TO)

**Jacopo Gabrieli,  
Silvia de Pieri,  
Andrea Gambaro  
e Carlo Barbante**

Università Ca' Foscari di Venezia,  
Dipartimento di Scienze Ambientali e  
Istituto per le Dinamiche dei Processi  
Ambientali (IDPA-CNR),  
Calle Larga santa Marta 2137,  
30123 Venezia

**Rosanna Caramiello,  
Consolata Siniscalco**

Università degli Studi di Torino,  
Dipartimento di Biologia Vegetale,  
Viale P.A. Mattioli 25 - 10125 Torino

La determinazione delle specie chimiche, sia organiche che inorganiche, inglobate dalla neve può fornire informazioni di grande interesse ambientale e permettere una valutazione dell'impatto antropico anche in aree alpine remote.

Durante la primavera 2009, numerosi sci alpinisti hanno segnalato la presenza, sotto le solette degli sci, di un materiale nerastro e appiccicoso che rendeva difficoltosa la discesa. Le segnalazioni hanno interessato un'ampia distribuzione: dalle Alpi Liguri alle Alpi Lepontine a quote comprese tra 1500 e 2500 m s.l.m. Sono stati prelevati campioni di materiale solido direttamente dalle solette degli sci e campioni di neve presso le località maggiormente coinvolte dalle segnalazioni: le analisi in laboratorio si sono occupate della determinazione delle concentrazioni di carbonio organico, azoto totale, metalli pesanti ed altri elementi in tracce, idrocarburi policiclici aromatici (IPA) ed alifatici. I campioni di neve, inoltre, sono stati analizzati per la determinazione di pH, conducibilità elettrica, ioni principali; su alcuni campioni è stata inoltre effettuata la speciazione e la quantificazione dei grani pollinici presenti. I risultati delle analisi hanno evidenziato nei campioni di materiale solido un elevato contenuto di carbonio organico, idrocarburi alifatici a catena lunga e idrocarburi policiclici aromatici. Per alcuni metalli pesanti, tra cui Zn, Cu, Mo, Cd, Sb, Pb e Bi, è stato riscontrato un moderato arricchimento rispetto alle concentrazioni medie crostali, indicando così che l'origine di questi elementi può essere, almeno parzialmente, antropica (residui di combustione). Sui campioni di neve prelevati in superficie sono state rilevate elevate quantità di grani pollinici, soprattutto di specie arboree provenienti dalle aree forestali limitrofe (*Pinus*, *Larix*, *Fagus*). Dalla caratterizzazione chimica dei campioni di neve è emerso un contenuto di carbonio organico disciolto superiore non solo a quello rilevato nel 2009 nelle Alpi Orientali ma addirittura superiore a quello osservato nella neve di Torino. Anche nella neve, analogamente al materiale solido, sono state rilevate elevate concentrazioni di idrocarburi pesanti e IPA. Gli strati più interni del manto nevoso hanno mostrato caratteristiche chimiche in linea con quelle tipiche delle Alpi dimostrando che la contaminazione ha interessato principalmente la porzione superficiale. Dai dati in nostro possesso, sebbene preliminari, è possibile affermare che il fenomeno della "neve collosa" sia riconducibile alla deposizione su larga scala di residui di combustione, simili per composizione chimica a fuliggine o nerofumo. L'origine di questo materiale, così come i relativi processi di trasporto e di deposizione, rimangono tuttora sconosciuti e sono oggetto di indagine.



## INTRODUZIONE

Negli ultimi decenni, la composizione chimica della neve è studiata essenzialmente per ottenere informazioni sulla qualità dell'aria, a volte in aree difficilmente accessibili ove i metodi classici di monitoraggio (centraline, campionatori fissi) sono difficilmente utilizzabili (Della Vedova et al., 2006; Gabrielli et al. 2008; Gabrieli et al., 2010).

L'idea base è quella di analizzare chimicamente il contenuto delle precipitazioni meteoriche considerandole una sorta di "campionatore" naturale dell'atmosfera (Barbante et al., 1998); chiaramente per le Alpi viene naturale pensare alla neve come mezzo indiretto di studio della qualità dell'aria.

La neve, fin dal momento della sua formazione nelle nubi, durante il trasferimento ed il periodo di permanenza al suolo ingloba diverse sostanze chimiche presenti nella troposfera. Dall'analisi delle specie chimiche sia organiche che inorganiche

intrappolate nella neve si possono quindi ottenere informazioni di grande interesse ambientale e valutare indirettamente l'impatto antropico nelle aree alpine remote. Il monitoraggio chimico della neve e del ghiaccio è inoltre molto utile per valutare la qualità della risorsa idrica che nel periodo primaverile, viene principalmente alimentata dalle acque di fusione (Filippa et al., 2009).

Numerose sono le iniziative a livello nazionale ed internazionale volte al monitoraggio delle caratteristiche chimiche del manto nevoso, quali ad esempio il progetto dell'EIM, dedicato alla sperimentazione nel territorio montano italiano del Profilo Chimico-Ambientale Speditivo del Manto Nevoso (Pecci et al., 2006; 2009). Vi sono molti elementi chimici di prevalente origine antropica che è necessario continuare a monitorare nelle nevi alpine, che senza dubbio rappresentano un ottimo indicatore dello stato di inquinamento dell'atmosfera delle nostre regioni.

## IL FENOMENO DELLA NEVE "COLLOSA"

Nel corso del mese di maggio 2009, numerosi sci alpinisti, a termine delle loro escursioni, hanno segnalato la presenza, sotto le solette degli sci, di un materiale nerastro, appiccicoso, che rendeva difficile la discesa. Le prime osservazioni sono state riportate in siti internet del settore e, grazie anche all'appello lanciato nel corso della trasmissione della RAI "Che Tempo Che Fa", il numero di segnalazioni è cresciuto significativamente. Il fenomeno sembra aver interessato prevalentemente le Alpi Occidentali e, marginalmente, le Centrali, in particolare dalle Liguri (Artesina, CN) fino alle Lepontine (Foppolo, BG) con una segnalazione anche nell'Appennino Reggiano (Figura 1). Le quote delle segnalazioni sono risultate comprese fra 1500 e 2500 m s.l.m.

## CAMPIONAMENTO ED ANALISI

Sono stati prelevati alcuni campioni di materiale, sia raschiandolo dalle solette degli sci (Figura 2), sia campionando il manto nevoso nelle aree interessate dal fenomeno. In particolare, nei siti di Gaby (AO), Mont Grimond de Montgenevre (TO), Monte Sises (TO) e Pian dell'Alpe (TO), i campionamenti del manto nevoso sono stati effettuati lungo gradienti altitudinali, direttamente dal personale del DIVAPRA-Chimica Agraria e Pedologia-Laboratorio Neve e Suoli Alpini dell'Università di Torino (Figura 3). Il materiale solido è stato ottenuto raschiando le solette degli sci al termine di gite sci-alpinistiche in diverse zone delle Alpi Occidentali.

Complessivamente sono stati raccolti 53 campioni di neve e 8 campioni di residuo solido.

I campioni di neve sono stati analizzati per la determinazione della composizione pollinica, nei laboratori del Dipartimento di Biologia Vegetale dell'Università di Torino, mentre la caratterizzazione chimica è stata condotta nei laboratori del Dipartimento di Scienze Ambientali dell'Università Ca' Foscari di Venezia. Il residuo solido è invece stato caratterizzato nei laboratori



Fig. 2 - Campionamento del materiale colloso dalla soletta di uno snowboard (Prati, TO).



Fig. 3 - Campionamento del manto nevoso presso Mont Gimond, Montgenevre.

Fig. 1



del DIVAPRA-Chimica Agraria e Pedologia dell'Università di Torino e nei laboratori del Dipartimento di Scienze Ambientali dell'Università Ca' Foscari di Venezia.

Il residuo solido è stato sottoposto ad una caratterizzazione qualitativa tramite spettroscopia ATR-FTIR (Attenuated Total Reflectance Fourier Transform Infrared), che permette di identificare i principali gruppi funzionali. La frazione organica è stata estratta utilizzando una miscela di solventi (cicloesano/diclorometano in rapporto 1/1) e caratterizzata tramite gascromatografia accoppiata con rivelatore di massa (GC-MS). Per la determinazione dei metalli in tracce, un'aliquota di cam-

pione è stata mineralizzata con una miscela acida di acqua regia (HCl e HNO<sub>3</sub>) e perossido di idrogeno e quindi analizzata con uno spettrometro di massa con torcia al plasma. La percentuale di carbonio organico è stata calcolata per differenza gravimetrica dopo trattamento in muffola a 650°C per 24 ore.

Nei campioni di neve, sia superficiali che relativi a strati interni del manto nevoso, sono state determinate, oltre a pH e conducibilità elettrica, le concentrazioni di ioni principali (F<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, Br<sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), tramite cromatografia ionica.

Le concentrazioni di 28 metalli in tracce

sono state misurate con uno spettrometro di massa con torcia al plasma mentre il carbonio organico totale (TOC) è stato determinato tramite ossidazione catalitica con rivelatore ad infrarossi. La quantità di solidi sospesi è stata misurata per via gravimetrica, filtrando un volume di neve fusa pari a 50-100 mL.

Sono stati analizzati campioni di neve fusa raccolti in 4 siti compresi tra 1600 e 2000 m di quota: di ciascuno è stato analizzato 1 ml di materiale disperso in acqua e glicerolo e centrifugato a 5000 giri per 3 minuti. Il riconoscimento e il conteggio dei granuli pollinici è stato effettuato al microscopio ottico.

**GRANULI POLLINICI RILEVATI IN 4 CAMPIONI DI NEVE RACCOLTI IN 4 SITI DELLE ALPI OCCIDENTALI E IN 1 CAMPIONE DI RESIDUO SOLIDO PRELEVATO SOTTO LA SOLETTA DEGLI SCI**

	CAMPIONE DI "NEVE COLLOSA"								MATERIALE COLLOSO	
	PIAN DELL'ALPE		GABY		MONGINEVRE		PIAN MERA		PIAN DELLA MUSSA	
	n/mL	%	n/mL	%	n/mL	%	n/mL	%	n/mL	%
<b>Pinus</b>	24500	43.6	5200	6.93	4875	16.6	725	1.26	5	9.43
<b>Albies</b>	1175	2.09	1700	2.27	3.25	1.10	2725	4.74		
<b>Picea</b>	1000	1.78	5325	7.10	100	0.34	200	0.35		
<b>Larix</b>	21725	38.6	54000	71.9	23250	78.9	850	1.48	27	50.95
<b>Salix</b>	450	0.80	1750	2.33			1150	2.00		
<b>Quercus</b>	450	0.80	600	0.80	400	1.36	900	1.57	2	3.77
<b>Fagus</b>	6700	11.9	4250	5.66	250	0.85	50300	87.5	8	15.1
<b>Cupressaceae</b>	50	0.09	50	0.07	100	0.34				
<b>Corylus</b>	75	0.13	950	1.27					3	5.66
<b>Betulla</b>	100	0.18	1000	1.33	150	0.51	650	1.13	6	11.3
<b>Acer</b>	25	0.04								
<b>Carpinus</b>			50	0.07						
<b>Alnus</b>			175	0.23					2	3.77
<b>TOTALE</b>	<b>56300</b>	<b>100</b>	<b>75050</b>	<b>100</b>	<b>29450</b>	<b>100</b>	<b>57500</b>	<b>100</b>	<b>53</b>	<b>100</b>

Fig. 4



**RISULTATI DELL'ANALISI POLLINICA**

Nei campioni sono state rilevate grandi quantità di polline (da 30000 a 70000 granuli/ml di campione di neve fusa) e si sono osservati soltanto granuli di specie arboree o arbustive che, in alta quota, sono in fioritura nel mese di maggio mentre non si sono trovati granuli di erbacee, fiorite nello stesso periodo in fondovalle (Fig. 4): questo suggerisce che il trasporto da quote molto più basse è trascurabile. I granuli pollinici rilevati hanno quindi origine prevalentemente locale, sono cioè provenienti dalle medie e dalle alte quote della stessa valle in cui il campione è stato raccolto o dalle valli vicine, poiché vi

è corrispondenza tra distribuzione delle specie arboree dominanti nei boschi vicini alle zone di campionamento e granuli rilevati. Questo è particolarmente evidente per il polline di larice, abbondantissimo a Gaby e a Monginevro, vicino ai lariceti, o per il polline di pino a Pian Alpe in presenza di pinete. Allo stesso modo in Valsesia a Pian Mera il polline di faggio proveniente dalle faggete che coprono gran parte del territorio della valle rappresenta circa il 90% del totale mentre nelle altre valli in cui il faggio è meno abbondante le percentuali di questo polline sono notevolmente più basse. Granuli di Cupressaceae o di nocciolo, betulla e acero, presenti sempre in percentuali basse rispetto alle arboree

dominanti, provengono da media quota. Il campione relativo al residuo solido prelevato al Pian della Mussa sotto le solette degli sci presenta un numero più basso di granuli pollinici a riprova del fatto che la "massa collosa" non è di origine vegetale. Quanto rilevato in relazione al trasporto locale di granuli pollinici o da media distanza trova conferma in numerosi studi sulla deposizione dei granuli lungo il gradiente altitudinale (Ortu et al., 2008).

**RISULTATI DELL'ANALISI CHIMICA SUL MATERIALE COLLOSO**

Ad un esame visivo tale materiale appariva pastoso, di color scuro tra il marrone e il nero e caratterizzato da un odore acre ed aromatico, tipico degli idrocarburi pesanti. L'analisi elementare ha dimostrato che la frazione carboniosa, sia organica che inorganica, risultava particolarmente elevata e compresa tra il 35% e il 65% del totale. Dall'analisi dei composti organici sono state rilevate grandi quantità di idrocarburi lineari ad elevato peso molecolare, con un numero di atomi di carbonio compreso tra 20 e 30. Si sono inoltre riscontrate concentrazioni elevate di idrocarburi policiclici aromatici (IPA), una classe di composti molto interessante dal punto di vista ambientale in quanto prodotti esclusivamente a seguito di processi di combustione. È stato stimato che meno del 10% delle emissioni di idrocarburi policiclici aromatici siano di origine naturale (incendi, vulcani) mentre per il restante 90% essi derivano da combustioni di origine antropica, sia di idrocarburi liquidi (benzina, gasolio, nafta, cherosene), solidi (carbone) che di biomasse (legna, materiale organico di varia origine) (Ravindra et al., 2008). Alcuni IPA sono inoltre considerati degli agenti cancerogeni e mutageni e per questo motivo il loro monitoraggio, sia nell'aria che nell'acqua, è di particolare interesse sanitario. Dal punto di vista chimico-fisico, gli IPA sono composti organici semi-volatili, spesso associati al particolato atmosferico fine (PM10) ed

ultra-fine (PM2.5), con il quale possono essere trasportati anche a grandi distanze dal luogo di origine. Gli spettri ottenuti dalle analisi spettroscopiche hanno evidenziato delle bande relative alla presenza di idrocarburi alifatici a lunga catena, esteri di acidi e alcoli alifatici a lunga catena e, in misura minore, a composti aromatici. Gli spettri dei diversi campioni analizzati hanno evidenziato una similarità nella composizione chimica del materiale sia in prossimità, sia in lontananza dalle piste da sci. Per quanto riguarda l'analisi elementare, sono state rilevate valori elevati di alcuni metalli di origine crostale quali Ca, Mg, Al, Fe, K, presenti in concentrazioni comprese tra lo 0.5 e il 4.6% rispetto al totale. Tra i metalli in tracce, i più abbondanti sono risultati essere Zn, Pb, Cu, Ni, Mo. Al fine di valutare l'origine di questi metalli, le concentrazioni sono state normalizzate utilizzando come riferimento le concentrazioni medie elementari della crosta terrestre superficiale. Per alcuni metalli tra cui Cu, Zn, Cd, Sb, Pb e Bi si sono registrati valori dei fattori di arricchimento rispetto alla media crostale superiori a 10, suggerendo che per questi elementi vi sia un considerevole contributo non crostale, probabilmente dovuto a sorgenti antropiche. Tutti questi metalli pesanti sono infatti presenti nelle polveri provenienti dalle combustioni urbane ed industriali e caratterizzano l'aerosol presente in aree fortemente antropizzate.

**RISULTATI DELL'ANALISI CHIMICA SUI CAMPIONI DI NEVE**

Nei campioni di neve superficiale prelevati a Gaby, Pian dell'Alpe, Monte Sises Sestriere e Mont Gimond de Monginevro era ben visibile la presenza di materiale solido più o meno grossolano, di color scuro. Le quantità di materiale contenute nei campioni nevosi sono risultate estremamente elevate, con concentrazioni comprese tra 0.76 (Pian dell'Alpe) e 2.6 g/kg. La speciazione dei composti organici contenuti in questi campioni di

particolato dimostra, similmente ai campioni di materiale coloso, concentrazioni molto elevate di idrocarburi lineari e di idrocarburi policiclici aromatici. Nella figura 5 sono riportati i valori medi e i range di alcuni parametri chimici tra cui pH, conducibilità elettrica e concentrazioni di ioni principali. Mentre i valori di pH non variano in maniera sensibile tra strati superficiali ed interni, la conducibilità elettrica di quest'ultimi è circa doppia. Le concentrazioni di NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> non variano significativamente mentre per Cl<sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup> e DOC (carbonio organico disciolto) sono maggiori negli strati superficiali rispettivamente di circa un fattore 2 e di un fattore 5-7. In particolare, la concentrazione media di DOC negli strati superficiali è di 4650 ng/g (valore massimo 13800 ng/g) contro i 630 ng/g degli strati interni. La concentrazione media di DOC in campioni di neve urbana prelevati a Torino nel corso dell'inverno 2008 è stata 1355 ng/g mentre in campioni di neve stagionale prelevati sul sito remoto di Monti Alti di Ornella (Arabba, Dolomiti, BL) di soli 270 ng/g. Da questo confronto appare evidente che le concentrazioni di carbonio organico presenti negli strati nevosi superficiali dei siti interessati dal fenomeno della "neve collosa" siano assolutamente anomale e probabilmente dovute a consistenti ap-

porti di materiale di origine antropica. Interessante è anche il comportamento delle concentrazioni dello ione fosfato che risultano particolarmente elevate nei campioni superficiali (valore medio 450 ng/g) mentre sono spesso inferiori al limite di rivelabilità negli altri. Valori superiori ai 20-50 ng/g sono assolutamente anomali per campioni di neve alpina. Per quanto riguarda i metalli in tracce, anche per questi si nota un aumento generalizzato delle concentrazioni negli strati superficiali (Fig. 6), sia per gli elementi di origine tipicamente crostale (Fe, Al, Ba, Ti, Sc, Li) che per quelli che solitamente risentono di un considerevole arricchimento antropogenico (Zn, Pb, Bi, Cu, Cd, As, Mo, V). Il confronto tra campioni di neve prelevati in aree alpine remote e nei campioni di neve superficiale interessata dal fenomeno della "neve collosa" indica come in questi ultimi le concentrazioni di metalli pesanti siano maggiori di 1-2 ordini di grandezza. Livelli così elevati di contaminanti, sia organici che inorganici, possono rappresentare un rischio in quanto, nel periodo primaverile, ingenti quantità di inquinanti vengono rilasciate in un tempo relativamente breve, entrando nel ciclo idrologico ed impattando fortemente sia la qualità della risorsa idrica che il terreno circostante.

Fig. 5

MEDIE ED INTERVALLI DI VALORI PER pH, CONDUCEBILITÀ ELETTRICA (µs/cm), DOC (CARBONIO ORGANICO DISCIOLTO) E CONCENTRAZIONI DI IONI PRINCIPALI (ng/g) RELATIVE AGLI STRATI SUPERFICIALI ED INTERNI DEL MANTO NEVOSO							
I.F. indica il fattore di aumento tra strati interni e strati superficiali							
	STRATI INTERNI (n = 17)			STRATI SUPERFICIALI (n = 7)			I.F.
	Media	Min	Max	Media	Min	Max	
<b>pH</b>	6.07	5.68	6.51	5.99	5.74	6.09	1
<b>Conducibilità</b>	3.3	2.0	6.1	6.6	2.8	13.7	2
<b>Cl<sup>-</sup></b>	143	36	335	321	29	1667	2
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	182	46	479	143	11	493	1
<b>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup></b>	1.8	<1	28	452	<1	1338	175
<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>	69	12	153	95	60	217	1
<b>Na<sup>+</sup></b>	124	30	285	250	20	1190	2
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	80	12	317	410	32	1370	5
<b>K<sup>+</sup></b>	98	14	228	501	14	1814	5
<b>Mg<sup>2+</sup></b>	21	4	81	120	18	394	6
<b>Ca<sup>2+</sup></b>	150	11	766	305	117	828	2
<b>DOC</b>	634	274	1215	4648	255	13817	7



Fig. 6

**MEDIE ED INTERVALLI DI VALORI (pg/g)  
PER I METALLI IN TRACCE RELATIVE  
AGLI STRATI SUPERFICIALI  
ED INTERNI DEL MANTO NEVOSO**  
I.F. indica il fattore di aumento tra strati interni e strati superficiali

	STRATI INTERNI (n = 17)			STRATI SUPERFICIALI (n = 7)			I.F.
	Media	Min	Max	Media	Min	Max	
Li	16	4.4	34	340	11	961	21
Be	4.4	3.1	6.9	34	4.7	97	8
Al	12029	937	44067	298864	6278	831573	25
Sc	31	28	41	66	30	120	2
Ti	505	157	2070	5545	369	15660	11
V	44	13	133	781	30	2165	18
Cr	146	84	633	833	89	2361	6
Mn	2049	308	18091	17497	847	66029	9
Fe	17618	12848	33937	166368	16323	490821	9
Co	22	4.5	132	278	13	1060	13
Ni	210	79	781	1099	59	3542	5
Cu	995	331	2097	4558	175	12677	5
Zn	3881	976	10231	11899	3000	37772	3
Ga	27	10	77	266	11	809	10
As	14	6.1	29	174	9.2	517	13
Rb	88	16	305	794	26	1742	9
Sr	461	67	2615	2234	210	9224	5
Zr	2.8	0.6	8.3	40	2.9	140	14
Mo	13	4.7	46	144	6.7	334	11
Ag	2.1	1.1	5.9	6	1.2	14	3
Cd	10	5.3	20	33	4.9	102	3
Sn	44	30	97	68	33	116	2
Sb	18	5.8	46	158	7.5	438	9
Ba	876	315	3013	7338	282	24086	8
Ce	42	3.7	157	1757	33	5037	42
Pb	223	67	650	5259	112	16300	24
Bi	4.0	0.45	14	63	1.4	176	16
U	3.5	0.31	30	48	1.5	130	14

## EVOLUZIONE METEOROLOGICA ANTECEDENTE ALLE SEGNALAZIONI

L'analisi dell'andamento meteorologico nelle giornate precedenti le prime segnalazioni potrebbe contribuire a comprendere l'origine delle masse d'aria che hanno originato tale fenomeno.

A partire da domenica 26 aprile, l'Europa centro-occidentale è risultata interessata da vaste ondate depressionarie alimentate da saccature nord atlantiche incapaci di forzare, in un primo momento, il blocco anticiclonico sulla Russia.

Ne deriva l'attivazione di intense correnti sciroccali responsabili di piogge diffuse sul Nord Italia. L'aria fresca di origine nord atlantica presente a medie altitudini ha favorito precipitazioni nevose, anche sottoforma di rovesci, in media montagna. Le abbondanti precipitazioni sono state accompagnate da venti da est e successivamente da sud-ovest, di intensità da moderata a forte. Da mercoledì 29 l'anticiclone delle Azzorre è tornato ad espandersi dalle coste atlantiche verso l'Europa centrale, favorendo il graduale movimento verso est del minimo depressionario e riportando condizioni di tempo stabile e soleggiato. Tuttavia, proprio la lentezza con cui il minimo si è allontanato ha mantenuto ancora basse le temperature fino ai primi giorni di maggio. Dal 5 maggio una vasta area di alta pressione di origine nord-africana estesa sul bacino del Mar Mediterraneo ha garantito giornate soleggiate con temperature in progressivo rialzo. Tra l'8 ed il 10 maggio l'Italia nord-occidentale si è trovata al confine tra l'alta pressione di origine afro-mediterranea ed una saccatura di origine atlantica presente a ridosso dell'Europa occidentale che ha provocato infiltrazioni umide.

La prevalenza di correnti in quota mediamente sudoccidentali ha determinato un'attività cumuliforme pomeridiana con fenomeni temporaleschi relegati perlopiù ai rilievi montuosi. A partire da lunedì 11 maggio, si è assistito ad un incremento di infiltrazioni umide sudoccidentali

pilotate da una depressione sull'ovest europeo: i fenomeni temporaleschi sulle Alpi occidentali tra le ore pomeridiane e serali sono divenuti più intensi. Le temperature hanno subito un sensibile rialzo. Giovedì 14 maggio si è assistito al ritorno di aria fredda in quota che ha determinato il culmine delle precipitazioni sui settori occidentali. Da domenica 17 maggio la pressione ha subito un brusco aumento riportando condizioni di tempo soleggiato con temperature in netto aumento a causa dell'aria calda proveniente dal continente africano. L'aumento dei moti convettivi nel periodo primaverile può aver comportato un rimescolamento delle masse d'aria, con il trasporto di particolato anche dalle aree di bassa quota, come riportato ad esempio per il Tirolo da Kuhn et al. (1998). Nella stessa ricerca gli autori hanno inoltre evidenziato come avvezioni d'aria da SE e SW possano essere associate al trasporto a media distanza di specie chimiche dalle aree industriali del Nord Italia, e a volte anche a lunga distanza, dal deserto del Sahara.

## CONCLUSIONI PRELIMINARI

Nel corso del mese di maggio 2009, numerosi sci alpinisti, a termine delle loro escursioni, hanno segnalato la presenza, sotto le solette degli sci, di un materiale nerastro, appiccicoso, che rendeva difficoltosa la discesa. Otto campioni di materiale coloso e 24 di neve sono stati sottoposti ad analisi chimica e pollinica, al fine sia di studiarne la natura che di valutarne l'origine. Il materiale coloso è composto per il 35-65% da carbonio organico ed elementare (nerofumo) e presenta elevate concentrazioni di idrocarburi pesanti ed idrocarburi policiclici aromatici. Diversi metalli pesanti, tra cui Cu, Zn, Cd, Sb, Pb e Bi risultano arricchiti rispetto al valore crostale naturale e pertanto è ipotizzabile un considerevole apporto di materiale di natura antropica. Le caratteristiche chimiche di questo materiale sono simili a quelle della fuliggine, ed è pertanto correlabile ad un residuo di combustione. La neve superficiale

campionata presenta concentrazioni di polveri, carbonio organico disciolto, ioni maggiori e metalli pesanti molto elevate, molto più alte rispetto agli strati interni e ai dati presenti in letteratura relativi a simili campioni di neve alpina. L'analisi chimica del particolato presenta elevate concentrazioni sia di idrocarburi pesanti che di idrocarburi policiclici aromatici, ed è pertanto compatibile con il materiale coloso recuperato dalle solette degli sci. Dai dati in nostro possesso, sebbene preliminari, è possibile affermare che il fenomeno della "neve colosa" sia riconducibile alla deposizione su larga scala di residui di combustione, simili per composizione chimica a fuliggine o nerofumo. L'origine di questo materiale, così come i relativi processi di trasporto e di deposizione, rimangono tuttora sconosciuti e sono oggetto di indagine.

## RINGRAZIAMENTI

Un sincero ringraziamento a tutti coloro che hanno segnalato il fenomeno e contribuito alla raccolta del materiale solido, anche grazie all'appello lanciato dalla trasmissione televisiva "Che tempo che fa".



## Bibliografia

- Barbante C., Gabrielli P., Cozzi G., Cescon P. (1998) La neve come indicatore della qualità dell'aria nelle Alpi. *Neve e Valanghe*, 34, 16-21.
- DellaVedova P., Cheney T., Filippa G., Freppaz M. (2006) Pamiir Cinese: osservazioni ed analisi della neve. *Neve e Valanghe*, 59, 42-49.
- Filippa G., Freppaz M., Williams M.W., Zanini E. (2009) Major element chemistry of inner alpine snowpacks, Aosta Valley (NW Italian Alps). *International Snow Science Workshop, Davos 2009, Proceedings*: 165-169.
- Gabrieli J., Decet F., Luchetta A., Pastore, P., Barbante C. (2010) Occurrence of PAH in the seasonal snowpack of the Eastern Italian Alps. *Environmental Pollution*, submitted.
- Gabrielli P., Cozzi G., Torcini S., Cescon P., Barbante C. (2008). Trace elements in winter snow of the Dolomites (Italy): A statistical study of natural and anthropogenic contributions. *Chemosphere* 72, 1504-1509.
- Kuhn M., Hashofer J., Nickus U., Schellander H. (1998) Seasonal development of ion concentration in a high alpine snowpack. *Atmospheric Environment*, 32(23), 4041-4051.
- Ortu E., Beaulieu J. L. de, Caramiello R., Siniscalco C., 2008 - Late glacial and Holocene variation in the vegetation zonation in the Ellero Valley (Maritime Alps, Italy). *Ecoscience*, 15(2), 200-212.
- Pecci M., D'Aquila P., Valt M., Kappenberger G., Freppaz M., Dellavedova P., Filippa G. (2006) Il profilo chimico-ambientale speditivo del manto nevoso. *Neve e Valanghe*, 58, 90-105.
- Pecci M., D'Aquila P., Valt M., Cagnati V., Corso T., Praolini A., Meraldi E., Berbenni F., Kappenberger G., Freppaz M., Della Vedova P., Filippa G. (2009) La qualità ambientale della neve in trincea. *Neve e Valanghe*, 66, 32-41.
- Ravindra K., Sokhi R., Van Grieken R. (2008) Atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons: source attribution, emission factors and regulation. *Atmospheric Environment*, 42, 2895-2931.