

### **Autori**

Andrea Lami<sup>1</sup>, Michela Rogora<sup>1</sup>, Simona Musazzi<sup>1</sup>, Marina Manca<sup>1</sup>, Angela Boggero<sup>1</sup>, Gabriele A. Tartari<sup>1</sup>, Franco Salerno<sup>2</sup>, Gianni Tartari<sup>1</sup>, Licia Guzzella<sup>2</sup>, Paolo Cristofanelli<sup>3</sup>, Angela Marinoni<sup>3</sup>, Paolo Bonasoni<sup>3</sup>, Claudia Giardino<sup>4</sup>, Mariano Bresciani<sup>4</sup>, Alessandro Oggioni<sup>4</sup>, Erica Matta<sup>4</sup>

### **Affiliazione**

<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Ricerca sulle Acque (CNR-IRSA), L.go Tonolli 50, 28922 Verbania Pallanza (VB).

<sup>2</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Ricerca sulle Acque (CNR-IRSA), Via del Mulino 19, Brughiero (MB).

<sup>3</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima (CNR-ISAC), Via Piero Gobetti 101, Bologna.

<sup>4</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell'Ambiente (CNR-IREA), Via Bassini 15, Milano.

**DEIMS.ID:** <https://deims.org/53c835b3-9ecb-4613-9b96-6b36356e83a8>

**Referente Macrosito:** Andrea Lami

### **Siti di ricerca:**

Lago Piramide Superiore (LCN9)

Lago Piramide Inferiore (LCN10)

*Le attività sui due siti di ricerca sono state svolte in modo coordinato che per le finalità di questo volume si è optato per una trattazione unica della descrizione delle attività svolte, dei risultati ottenuti e delle pubblicazioni.*

**Tipologia di ecosistema:** lacustre

## Descrizione del Macrosito e delle sue finalità

Le aree remote d'alta quota sono strategiche per studiare il sistema terra nella sua globalità, essendo i luoghi dove più intensi ed evidenti sono i legami tra cause ed effetti e dove più chiara è la percezione dei fenomeni. Lo studio dei principali processi che regolano la dinamica di questi ambienti è quindi fondamentale non solo per comprendere i cambiamenti climatici, a cui è soggetto il globo nel suo insieme, ma anche per comprendere l'effetto antropico sugli ecosistemi stessi.

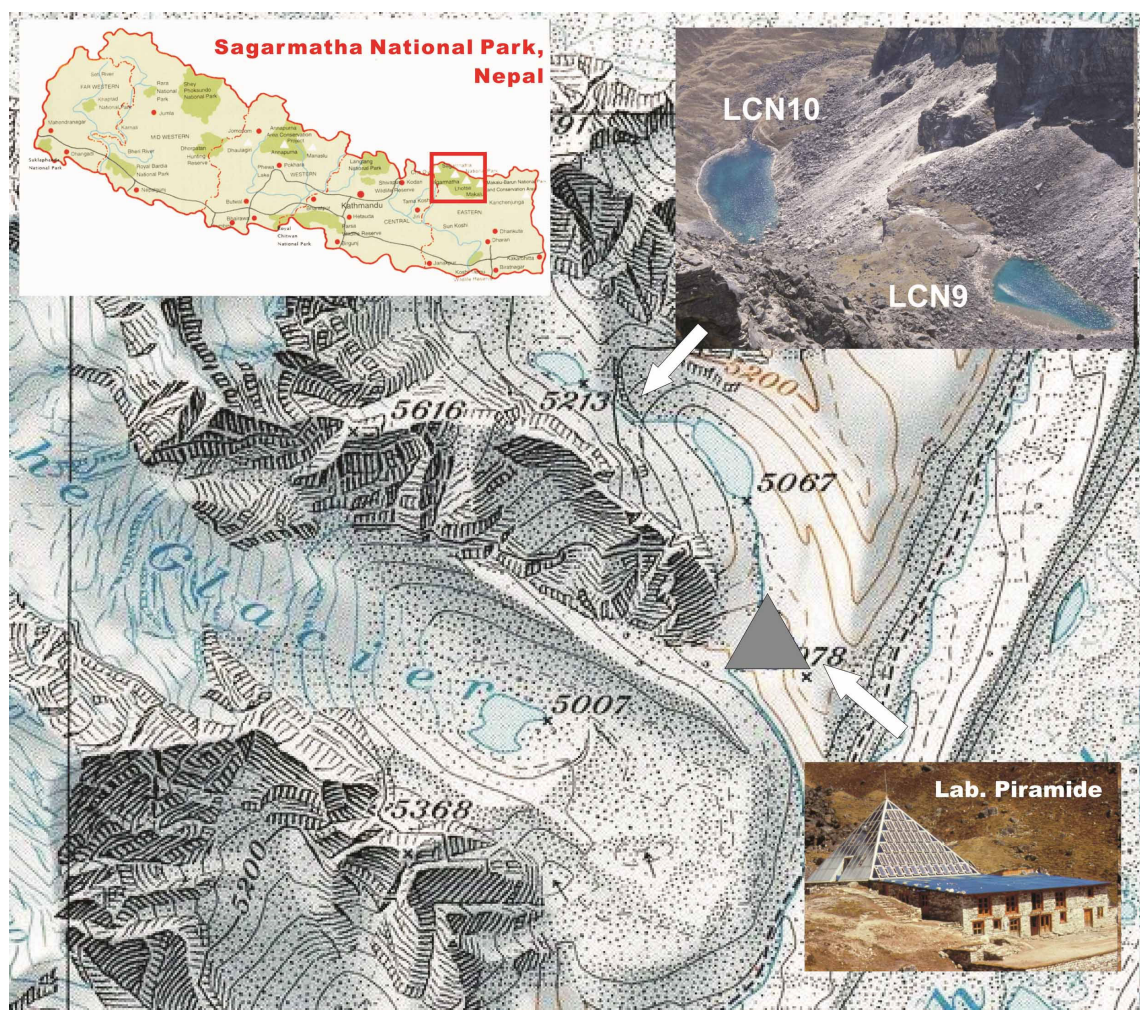


Fig. 1 - Ubicazione del Macrosito, oltre alla mappa del Nepal è evidenziato il Laboratorio Piramide, base di accesso ai due siti (LCN9, LCN10)

Analogamente all'Antartide, il cosiddetto Terzo Polo delimitato a Sud dalla catena Himalayana con la più alta vetta del globo, l'Everest ha assunto un ruolo particolarmente importante nella comunità scientifica per via delle sue interazioni uniche e complesse dei processi atmosferici, criosferici, idrologici, geologici e ambientali che hanno un grande effetto sulla biodiversità, sul clima e sui cicli idrici della Terra (Yao *et al.* 2012).

Le attività di ricerca qui svolte si inseriscono in una strategia riconosciuta come prioritaria dal CNR fin dal 1985, quando ha avuto la responsabilità scientifica ed ha partecipato direttamente alle ricerche del Programma Nazionale di Ricerche in Antartide, che per il 2004-2006 ha individuato tra i settori di interesse strategico i cambiamenti globali, i processi climatici e la biodiversità ed adattamento evolutivo. Dagli inizi degli anni novanta, quando il Progetto Ev-K2-CNR installò la prima stazione meteorologica con rilevazione in continuo dei dati a cadenza bioraria presso il Laboratorio-Osservatorio

Internazionale Piramide in Nepal (Bollasina *et al.* 2002), sono in corso attività di ricerca multidisciplinari che includono lo studio delle caratteristiche meteo-climatiche dell'Himalaya, il monitoraggio dei ghiacciai e indagini limnologiche. Le attività svolte, che si caratterizzano a distanza di molti anni per la grande regolarità delle misure oltre a far parte della rete LTER Italy, sono state inserite a partire dal 2002 nel Progetto CEOP (Coordinated Enhanced Observing Period, Global Energy & Water Cycle Experiment, World Climate Research Programme) della World Meteorological Organization (WMO).

Il macrosito si trova all'interno del Parco Nazionale del Sagarmatha (SNP), in Nepal (Fig. 1). Il Parco, istituito il 19 luglio 1976, comprende la parte superiore dei bacini idrografici del Dudh Khosi and Imja Khola; e nel 1979 è stato inserito dall'UNESCO tra i patrimoni dell'umanità. Sagarmatha è il termine sanscrito per "madre dell'universo", ed è l'attuale nome nepalese del monte Everest. Il Parco racchiude un'area di 1148 km<sup>2</sup> che si distribuisce in altitudine dai 2845 metri di Jorsalle agli 8848 della cima dell'Everest. Le aree al di sopra dei 5000 m rappresentano il 69% del Parco. Tutto il territorio è caratterizzato da un forte gradiente altitudinale che delinea all'interno del Parco tre zone climatiche differenti: una zona a foresta, una zona con clima alpino, la cui parte più alta ospita le ultime forme di vegetazione arborea, ed infine la zona artica dove non si trovano alberi ma solo praterie di alta quota.

La possibilità di avere il Laboratorio Osservatorio Piramide localizzato a 5000 m s.l.m. come base operativa ha permesso di ampliare le osservazioni non ai solo due laghi (Piramide Inferiore e Superiore; Fig. 2) ma anche di svolgere indagini scientifiche su di un'area di studio più vasta (Lami & Giussani 1998).



Fig. 2 - Lago Piramide Inferiore: fasi di campionamento nel periodo delle acque libere da ghiaccio (autunno) o con presenza di ghiaccio (primavera). Foto Archivio CNR-IRSA Verbania

## Abstract

The two lakes are located in the Khumbu Valley, Sagarmatha National Park (SNP), Nepal. SNP is situated in the Solu-Khumbu district, in the north-eastern region of Nepal and represents the Northernmost part of the Dudh Koshi River Basin, which is part of the Koshi River Basin (or SaptaKoshi Basin), one of the seven major hydrographic basins into which Nepal is subdivided. The

---

SNP covers an area of 1148 km<sup>2</sup> and is surrounded on all sides by the highest mountain ranges on Earth. The terrain is extremely irregular, with altitudes that reach 8848 m. The lower topographic limit of permanent snow cover is located at an altitude of 5500-5600 m. The climate of the SNP is driven by the Asian monsoon. The lake bedrock is mainly Late Tertiary Granites, with a primarily quartz-silicate composition and a low weathering rate. Soils are absent or very thin in most of the catchments. Vegetation cover is restricted to small areas of alpine meadow. The lake surface area for Piramide Superiore and Inferiore is 0.006 and 0.017 km<sup>2</sup>, respectively. The two lakes lie well above 5000 m a.s.l., the tree line limit. The lake is ice-covered for ca. 9-10 months every year (from October-November to June-July). Chlorophyll a concentrations are below 1µg l<sup>-1</sup> and are probably controlled by strong grazing pressure from a large pigmented (keto-carotenoid of astaxanthin type) zooplankton community. Total phosphorus concentrations (mean values) are about 2 µg P l<sup>-1</sup>, whereas total nitrate concentrations are about 120 µg N l<sup>-1</sup>. Concentrations of particulate organic carbon (POC) and dissolved organic carbon (DOC) are very low. Paleolimnological studies covering the last ca. 3500 yrs B.P confirmed the high sensitivity to climatic forcing of this environment with oscillation that mimic warm and cold period and the recent warming.

Paleolimnological results are in agreement with the evidence of long-term monitor data on lake chemistry strong variability in lake chemistry, which in turn drives the variability in lake production and the composition of algal assemblages.

## Lago Piramide Superiore

### Autori

Andrea Lami<sup>1</sup>, Michela Rogora<sup>1</sup>, Simona Musazzi<sup>1</sup>, Marina Manca<sup>1</sup>, Angela Boggero<sup>1</sup>, Gabriele A. Tartari<sup>1</sup>, Franco Salerno<sup>2</sup>, Gianni Tartari<sup>1</sup>, Licia Guzzella<sup>2</sup>, Paolo Cristofanelli<sup>3</sup>, Angela Marinoni<sup>3</sup>, Paolo Bonasoni<sup>3</sup>

### Affiliazione

<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Ricerca sulle Acque (CNR-IRSA), L.go Tonolli 50, 28922 Verbania Pallanza (VB).

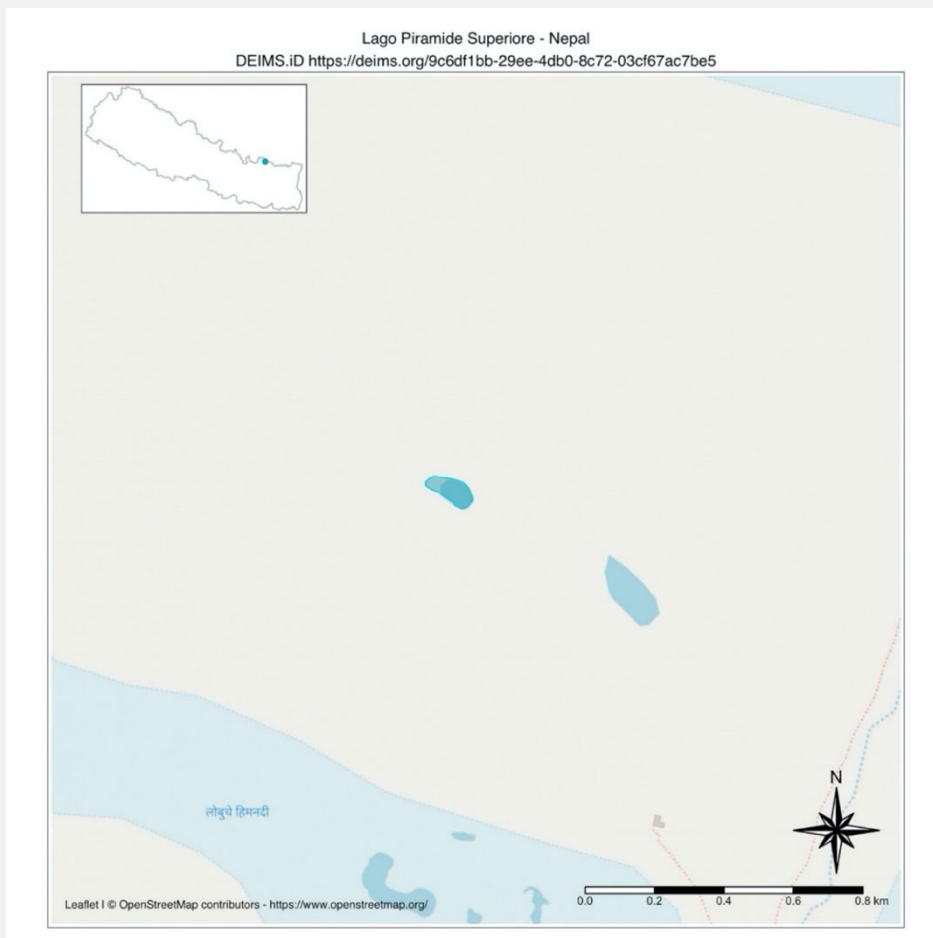
<sup>2</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Ricerca sulle Acque (CNR-IRSA), Via del Mulino 19, Brugherio (MB).

<sup>3</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima (CNR-ISAC), Via Piero Gobetti 101, Bologna.

**Sigla:** IT11-001-A

**DEIMS.ID:** <https://deims.org/53c835b3-9ecb-4613-9b96-6b36356e83a8>

**Referente Macrosito:** Andrea Lami



## Lago Piramide Inferiore

### Autori

Andrea Lami<sup>1</sup>, Michela Rogora<sup>1</sup>, Simona Musazzi<sup>1</sup>, Marina Manca<sup>1</sup>, Angela Boggero<sup>1</sup>, Gabriele A. Tartari<sup>1</sup>, Franco Salerno<sup>2</sup>, Gianni Tartari<sup>1</sup>, Licia Guzzella<sup>2</sup>, Paolo Cristofanelli<sup>3</sup>, Angela Marinoni<sup>3</sup>, Paolo Bonasoni<sup>3</sup>

### Affiliazione

<sup>1</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Ricerca sulle Acque (CNR-IRSA), L.go Tonolli 50, 28922 Verbania Pallanza (VB).

<sup>2</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Ricerca sulle Acque (CNR-IRSA), Via del Mulino 19, Brugherio (MB).

<sup>3</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima (CNR-ISAC), Via Piero Gobetti 101, Bologna.

**Sigla:** IT11-002-A

**DEIMS.ID:** <https://deims.org/53c835b3-9ecb-4613-9b96-6b36356e83a8>

**Referente Macrosito:** Andrea Lami



## Descrizione dei due siti e delle loro finalità



<b>Lago Piramide Superiore (LCN 09)</b>			<b>Lago Piramide Inferiore (LCN 10)</b>		
Lon; 86° 48' 40"; Lat 27° 57' 54"			Lon 86° 48' 56"; Lat 27° 57' 45"		
Caratteristiche morfometriche ed idrologiche			Caratteristiche morfometriche ed idrologiche		
Altitudine del lago	m	5213	Altitudine del lago	m	5067
Altitudine massima nel bacino	m	5980	Altitudine massima nel bacino	m	5980
Area del bacino, compreso il lago (a)	km <sup>2</sup>	0.795	Area del bacino, compreso il lago (a)	km <sup>2</sup>	1.167
Superficie del lago (b)	m <sup>2</sup>	5.7 10 <sup>3</sup>	Superficie del lago (b)	m <sup>2</sup>	16.7 10 <sup>3</sup>
Rapporto (a / b)		140	Rapporto (a / b)		70
Lunghezza della line di costa	m	292	Lunghezza della line di costa	m	569
Lunghezza del lago	m	112	Lunghezza del lago	m	246
Larghezza del lago	m	67	Larghezza del lago	m	91
Profondità massima	m	8.2	Profondità massima	m	14.2

Nelle due foto sono riportati i laghi (Piramide Superiore e Inferiore) fra loro connessi in cascata, mentre nella tabella si riassumono le principali caratteristiche morfometriche e idrologiche del sito "Laghi Piramide". I laghi, che si trovano al di sopra del limite della vegetazione arborea (4000 m s.l.m.), sono coperti da una coltre di ghiaccio per circa 10 mesi all'anno (da ottobre/novembre a giugno/luglio) e sono alimentati da un piccolo ghiacciaio presente nel bacino. La composizione litologica prevalente del bacino idrografico è costituita da rocce quarzo-silicee del Tardo Terziario con un basso tasso di erosione; di conseguenza i suoli sono assenti o molto ridotti. La copertura vegetale è limitata ad aree ristrette di prato-pascolo alpino circondate da roccia nuda e sfasciumi. Nel bacino non è presente alcuna forma di antropizzazione o di sfruttamento del territorio.

Uno degli ostacoli maggiori alla comprensione delle variazioni degli ecosistemi naturali è solitamente data da tre fattori: la brevità temporale del periodo di studio (la maggior parte della letteratura scientifica si basa su ricerche di 1-2 anni), la limitata rappresentatività spaziale e la scarsa integrazione interdisciplinare dei risultati. Negli oltre due decenni di indagini limnologiche condotte fino ad oggi, un importante sforzo è stato posto a ridurre al minimo gli ostacoli prima citati, integrando le ricerche con altre discipline (climatologia, idromorfologia, glaciologia, ecc.) e individuando i due laghi situati nei pressi del Laboratorio-Osservatorio "Piramide" come siti di riferimento in cui svolgere quell'attività di osservazione a lungo termine, che oggi ci permette di avere a disposizione una serie di dati chimici e biologici che coprono un intervallo di circa 30 anni.

In quest'area, infatti, le informazioni limnologiche sui laghi erano praticamente assenti, se si escludono i lavori pionieristici di Löffler (1969) e sono state svolte in collaborazione fra le sedi di Verbania e Brugherio dell'Istituto di Ricerca sulle Acque (IRSA) del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR). Le attività di ricerca hanno riguardato il campo dell'idrochimica, della biologia e dello studio dei sedimenti.

## Risultati

I principali risultati di questa ricerca possono così essere schematizzati:

- lo studio delle caratteristiche limnologiche di diversi corpi idrici di alta quota del SNP ha consentito di definire le loro caratteristiche chimiche e biologiche, nonché l'interazione tra le biocenosi e l'ambiente (Lami & Giussani 1998) e di approfondire le conoscenze tassonomiche anche utilizzando nuove tecniche come l'analisi genetica (vedi sotto).
- La possibilità di ripetere le analisi chimiche e biologiche sulle acque di alcuni laghi per quasi due decenni ha consentito di misurare la variabilità temporale di questi ecosistemi. L'andamento osservato (Fig. 3) è stato interpretato come una risposta a modifiche nei processi di dilavamento del bacino collegati al ritiro dei ghiacciai e riduzione dell'intensità del monzone (Salerno *et al.* 2016), fenomeni che hanno determinato un aumento dei processi di ossidazione delle rocce.
- A partire del 2002, inoltre, è stato avviato il monitoraggio ad alta frequenza della temperatura dell'acqua a diverse profondità (Lago Piramide Inferiore), per seguire le dinamiche della termica lacustre in relazione alla formazione della copertura ghiacciata e al disgelo.

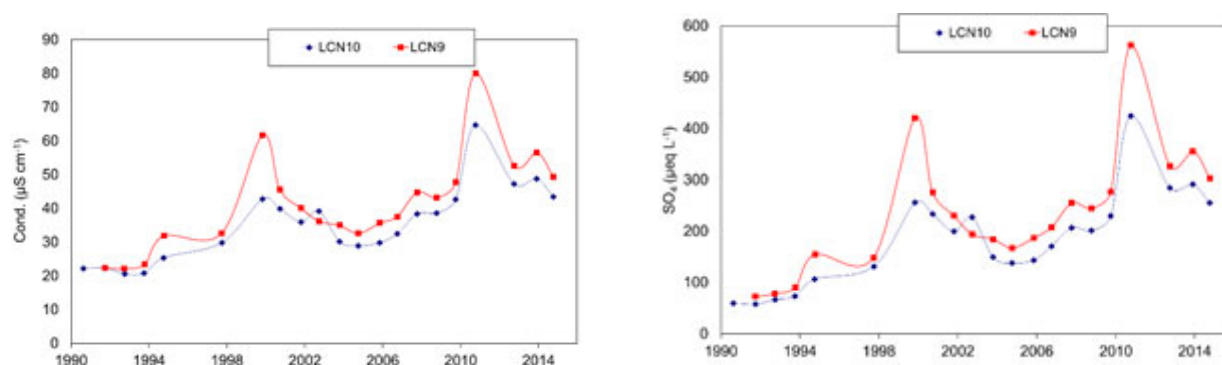


Fig. 3 - Variazioni a lungo termine della chimica dei laghi da Salerno *et al.* 2016

Sulla peculiarità degli organismi presenti negli ambienti campionati riferì, come sopra evidenziato, (Löffler 1969) segnalando la presenza anche di specie endemiche (ad es. *Daphnia tibetana* (Sars 1908). La revisione dei caratteri diagnostici di quest'ultima in campioni raccolti, oltre nei due laghi della Piramide, anche in alcuni laghi presenti nell'area di studio ha portato ad identificare una nuova specie, *Daphnia himalaya* (Fig. 4) per la cui descrizione è stata fondamentale la presenza nei campioni di individui maschi, mai fino ad allora rinvenuti. La descrizione morfologica di *Daphnia fusca* ha suggerito che fosse questa la specie rinvenuta nei laghi da noi analizzati. Tuttavia, uno studio recente su ambienti acquatici del Plateau Tibetano basato su analisi molecolari (Lei Xu *et al.* 2018) ha evidenziato come “La morfologia di *D. cf. himalaya* nella nostra collezione è simile alle specie di *Daphnia* scure e pigmentate descritte da Manca, Martin, Peñalva-Arana e Benzie (2006) e denominate *Daphnia himalaya* dalla regione del Khumbu in Nepal. Tuttavia, l'assenza di maschi nei nostri campioni suggerisce che sono necessarie ulteriori indagini”. La ricchezza di maschi nei campioni raccolti nel corso delle campagne condotte sui laghi del Khumbu è dunque elemento che potrà, nel futuro, portare a nuove importanti scoperte.





Fig. 4 - Fotografia al microscopio elettronico a scansione di femmine effippate di *Daphnia bimalaya* (emend. fusca) e *Daphnia dentifera* (foto Dr. Carolina Peñalva Arana)

Quanto alla *Daphnia* del gruppo *longispina* (non melanica e priva di spina caudale allo stadio adulto), rinvenuta in alcuni degli ambienti da noi studiati e per la quale, in attesa di una ridescrizione, era stata mantenuta la denominazione originaria di *D. longispina* (var. *aspina* Weretschagin 1911), analisi molecolari hanno consentito di stabilire l'appartenenza alla specie *D. dentifera* (Möst *et al.* 2013) (Fig. 4).

Le analisi microscopiche dei campioni (Fig. 5) hanno anche portato, negli anni, all'individuazione di altre entità tassonomiche di grande interesse, sia rinvenute in campagne precedenti (e.g. *Arctodiaptomus jurisonitchi*, descritto da Löffler nel 1968, *Hexarthra bulgarica* var. *nepalensis* riportata in Dumont & Van De Velde 1977), sia da noi rinvenute (e.g. Tecamoebe; Manca *et al.* 1998), Anostraci (Manca & Mura 1997).



Fig. 5 - Fotografia al microscopio ottico da sinistra a destra di: uovo duraturo, uovo schiuso, neonata del rotifero *Hexarthra bulgarica* var. *nepalensis* provenienti dai primi 2 cm di sedimento della carota LCN70 94/1 prelevata dal Lago 70 (foto Archivio CNR-IRSA, Verbania)

Ciò conferma l'importanza degli ambienti acquatici studiati dal punto di vista faunistico e come riserva di biodiversità. In questo contesto, si è anche valutata la capacità di adattamento e sopravvivenza degli invertebrati acquatici presenti in questi laghi di alta montagna che sono in grado di modificare il loro ciclo di vita, ad esempio producendo stadi di riposo, per superare i periodi sfavorevoli (bassa / alta temperatura, la stagione della siccità e della competizione). La produzione di stadi di resistenza (diapausa) e una schiusa asincrona nei diversi anni permette la formazione di una "banca delle uova", analogamente alla banca dei semi, può essere considerata come un meccanismo con il quale i diversi taxa mantengono le loro riserve genetiche. La valutazione del potenziale genetico rappresentato da

questo serbatoio, comunemente conosciuto come “Eggs bank”, potrebbe essere un punto chiave per la valutazione dei rischi potenziali al mantenimento della biodiversità in questi ambienti ed è stato oggetto di un progetto di ricerca finanziato dal CNR (DG.RSTL.094.012 “Evoluzione della biodiversità e valutazione della banca degli stadi duraturi di organismi acquatici di laghi remoti”).



Fig. 6 - Tra i chironomidi *Pseudodiamesa* è uno dei generi più diffusi in questi laghi ed è presente con due specie, di cui una è probabilmente *P. nepalensis* (foto Prof. G. Rossaro, Univ. Milano)

riflette in una forte riduzione di taxa nel Lago Piramide Superiore (LCN 09). Questi laghi sono quindi luoghi ideali su cui condurre ricerche di lungo termine per evidenziare gli effetti dei cambiamenti climatici.

Nella parte superiore (A) di Fig. 8 si riporta una mappa della concentrazione dei solidi sospesi (SPM) nella Valle del Imja Kola. In blu-scuro sono rappresentati i laghi con concentrazioni di SPM < 3 g m<sup>-3</sup>; in azzurro i laghi con valori di SPM fra 3 e 16 g m<sup>-3</sup>, in grigio-chiaro laghi con valori di SPM >16 g m<sup>-3</sup>. Nel pannello inferiore (B) si riporta un ingrandimento dell'area sopra dove si trova il lago Imja. I colori rappresentano la distribuzione spaziale all'interno del lago delle concentrazioni di SPM. I valori di concentrazione aumentano passando dal blu al rosso.

In collaborazione con colleghi del CNR-IREA di Milano sono state svolte campagne di misura a terra e confronto con immagini satellitari con l'obiettivo di misurare la distribuzione dei principali pigmenti algali per la determinazione indiretta del biovolume del fitoplancton e del contenuto del particolato sospeso (SPM) sia organico (CDOM) che inorganico (NAP) al fine di sviluppare un algoritmo che, utilizzando le immagini satellitari, consentisse di identificare e quantificare i solidi sospesi presenti nelle acque in modo estensivo e ricorrente (Fig. 8).

In tre occasioni dal 1993 al 2002 sono state condotte ricerche per verificare l'evoluzione della composizione specifica e della densità dei macroinvertebrati con particolare riferimento a Ditteri Chironomidi (Fig. 6) ed Oligocheti. A quote superiori ai 5000 m di altitudine la diversità tende a semplificarsi, riducendosi quasi del tutto ai soli Ditteri Chironomidi e a poche altre forme capaci di resistere a forti sbalzi giornalieri di temperatura, esposizione alle radiazioni solari, vento, durata del manto nevoso, natura delle sostanze disciolte in acqua, accidentali variazioni meteo-climatiche (Fig. 7).

I risultati ottenuti sino ad oggi, distribuiti su un lungo arco di tempo, non ci permettono di fornire risposte sicure, ma due sembrano essere i fattori che maggiormente influenzano la comunità bentonica: le fluttuazioni di livello dell'acqua, legate alla variabilità meteorologica, ed il gradiente altitudinale che si

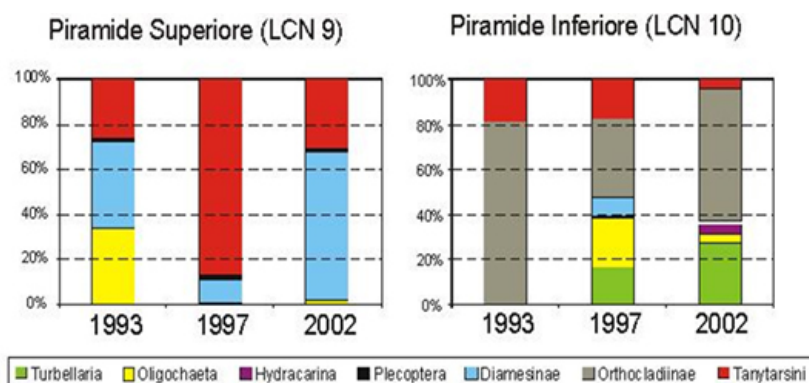


Fig. 7 - Distribuzione dei principali taxa di macroinvertebrati identificati nei due laghi della Piramide

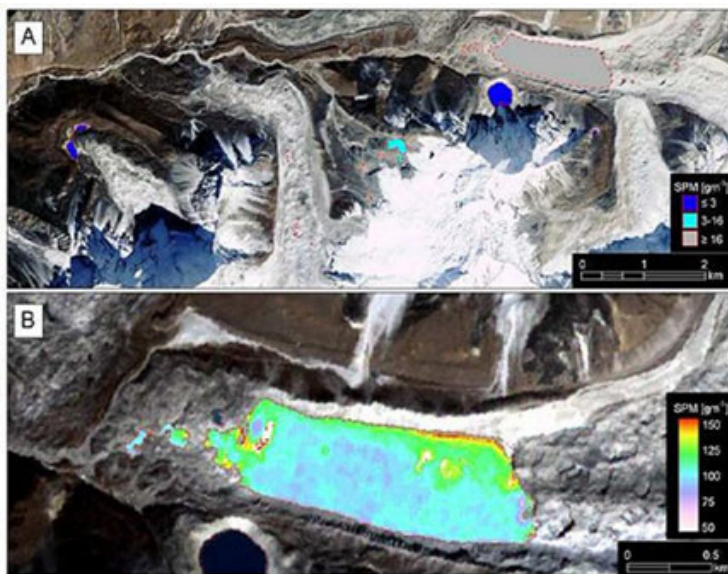


Fig. 8 - Nella parte superiore (A) si riporta una mappa della concentrazione dei solidi sospesi (SPM) nella Valle del Imja Kola. In blu-scuro sono rappresentati i laghi con concentrazioni di SPM  $< 3 \text{ g m}^{-3}$ ; in azzurro i laghi con valori di SPM fra 3 e  $16 \text{ g m}^{-3}$ , in grigio-chiaro laghi con valori di SPM  $> 16 \text{ g m}^{-3}$ . Nel pannello inferiore (B) si riporta un ingrandimento dell'area sopra dove si trova il lago Imja. I colori rappresentano la distribuzione spaziale all'interno del lago delle concentrazioni di SPM. I valori di concentrazione aumentano passando dal blu al rosso

alterazioni del clima in quell'arco temporale (Fig. 9).

Al fine di caratterizzare la presenza di composti legati alle attività umane sono state condotte campagne di campionamento sui sedimenti nel 2007 e 2008 sui laghi LCN 9 e 10 che hanno evidenziato nei sedimenti più recenti la presenza di un metabolita del p,p' DDT il p,p'-DDE, persistente e stabile tanto è vero che è soggetto al trasporto a lunga distanza in aree remote (Guzzella *et al.* 2011). Nella campagna del 2008 sono stati investigati altri 6 laghi nelle valli di Imja, Thame e Gokyo con analisi che, oltre al DDT, hanno compreso i composti PCBs, PBDE e IPA (Guzzella *et al.* 2016). La distribuzione di questi composti normalizzate sul valore di carbonio organico sono riportate in Fig. 10. Soltanto i metaboliti p,p'-DDD e p,p'-DDE risultano presenti, ma in concentrazioni simili ai valori di fondo delle aree non contaminate Guzzella *et al.* (2011). Le concentrazioni dei PCBs caratterizzate da un valore medio  $20,2 \pm 26,3 \text{ ng g}^{-1} \text{ O.C.}$  sono simili a quelle pubblicate in altri studi nel mondo in aree considerate "pristine" cioè non soggette all'impatto diretto da attività antropiche in aree remote e di alta quota (Zhang *et al.* 2014; Usenko *et al.* 2007; Guzzella *et al.* 2011).

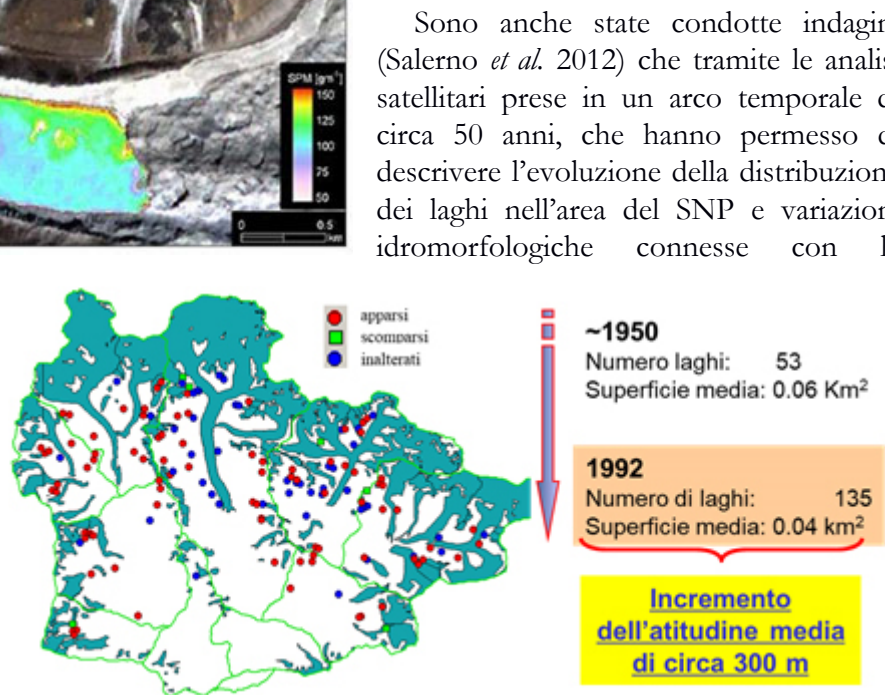


Fig. 9 - Variazione della popolazione dei laghi in 40 anni: 1950 - '90 nell'area del Parco Nazionale del Sagarmatha (da Salerno *et al.* 2012)

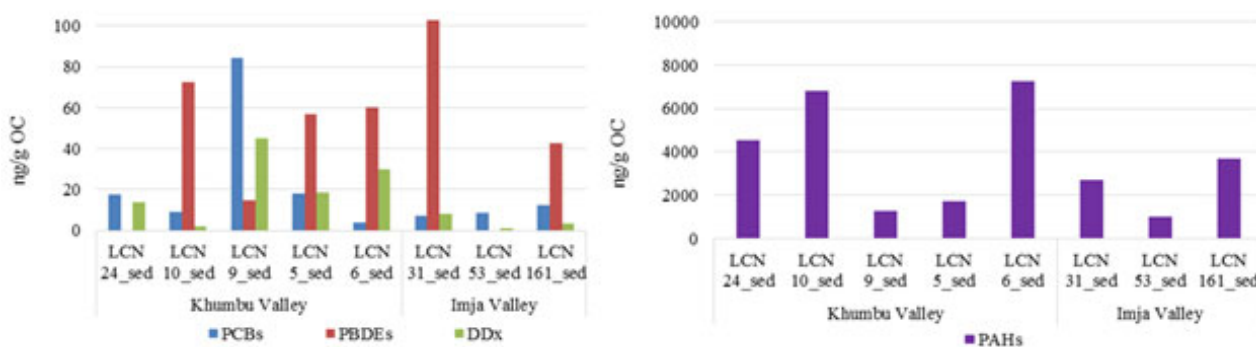


Fig. 10 - Concentrazioni di DDx, PCBs, PBDEs (a sinistra) e di IPA (a destra) normalizzate sul carbonio organico in sedimenti lacustri campionati nel 2008 nel SNP, Nepal

Come è noto i PCB più leggeri con da 3 a 5 atomi di cloro sono i più mobili e tendono ad essere trasportati con le masse d'aria dalle zone contaminate a quelle remote, mentre i PCB a più elevato contenuto di cloro (da 6 a 10) tendono ad essere trasportati per adsorbimento sulle particelle atmosferiche e quindi a depositarsi nelle aree più vicine alle fonti di contaminazione (Li *et al.* 2012). A conferma di tale teoria nota come LRAT (Long Range Atmospheric Transport) il profilo dei PCB nei sedimenti dei laghi del SNP rivela una dominanza di PCB leggeri a basso contenuto di cloro (il 73% del totale). La presenza dei PCB nei sedimenti dei laghi del SNP potrebbe essere correlata, oltre che al trasporto di inquinanti attraverso il processo LRAT, anche alla fusione dei ghiacciai dovuto al riscaldamento globale: questo processo fa sì che si liberino gli inquinanti depositati in periodi in cui le emissioni in atmosfera erano più elevate, promuovendo la mobilitazione di una contaminazione pregressa esistente (Fig. 11). La maggiore contaminazione infatti è stata osservata nel lago LCN 9 che è un lago di primo ordine, alimentato direttamente da un ghiacciaio rispetto al lago LCN 10 (sito a valle del lago LCN 9), in cui la concentrazione di PCB è circa dieci volte inferiore.

Considerando la contaminazione da PBDE, ritardanti di fiamma organobromurati, questi risultano presenti un pò in tutti i laghi di quest'area con concentrazioni mediamente pari a  $41 \pm 31,5$  e  $49 \pm 51,7$  ng g<sup>-1</sup> O.C. nelle valli di Khumbu and Imja rispettivamente. I congeneri maggiormente presenti sono risultati: il BDE-209 (95% del totale) e il BDE-99, in accordo con i dati pregressi pubblicati (Guzzella *et al.* 2011) e in accordo con la composizione della miscela commerciale nota come Deca-BDE (~97% di

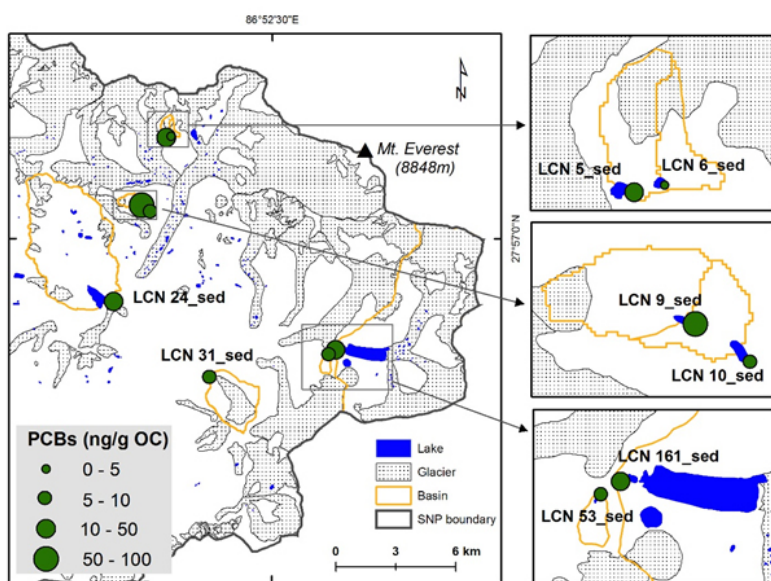


Fig. 11 - Distribuzione dei PCB normalizzati rispetto al carbonio organico (OC) in sedimenti lacustri campionati nel 2008 nel SNP, Nepal

BDE-209), suggerendo un possibile uso locale di materiale plastico di varia natura.

La concentrazione da IPA nei sedimenti dei laghi considerati (Fig. 10) è dieci volte superiore rispetto a quella degli altri POPs considerati; la media raggiunge valori di IPA di  $4323 \pm 2796$  ng/g O.C. per i laghi della valle del Khumbu e  $2464 \pm 1343$  ng g<sup>-1</sup> OC per la valle Imja. La distribuzione dei vari IPA evidenzia una prevalente presenza degli IPA più leggeri a 2, 3 e 4 anelli (93% del totale), mentre quelli più pesanti a 5-6 anelli idrocarburici rappresentano solo il 7% del totale. Le elaborazioni statistiche (Fig.

12) sulla distribuzione degli IPA nei sedimenti evidenziano come non vi sono relazioni tra concentrazioni di IPA e la quota dei laghi, ma si distinguono due gruppi: i laghi LCN 6 e LCN 10 evidenziano una abbondanza di IPA-LMW a 2, 3 e 4 anelli, quindi di origine atmosferica, mentre il lago LCN 24 per quelli IPA-HMW (a 5 e 6 anelli) con probabile origine da fonti locali legate alla combustione di legna o gasolio.

Analizzando la storia di quest'area su una prospettiva temporale più ampia, lo studio condotto sul Lago Piramide Inferiore (LCN 10) ha messo in luce diverse fasi di cambiamento nei parametri geochimici (sostanza organica, acqua) e biologici (diatomee, produttività primaria) durante gli ultimi 3500 anni, che possono essere messe in relazione (allo stesso modo dei laghi artici) con la durata di copertura del ghiaccio e quindi indirettamente con la temperatura e le variazioni globali del clima (Lami *et al.* 2007 e 2010). In particolare si può affermare che da 3500 fino a circa 2500 anni fa (450 AC), il lago ha attraversato l'ultima fase di un lungo periodo glaciale. A questa fase è seguito un periodo di generale elevata produttività, durato circa 800 anni, coincidente con la fase di riscaldamento climatico noto come Caldo Romano, e terminato all'inizio del primo millennio AD. Il periodo noto come Caldo Medievale, nella regione Himalayana non è risultato così evidente come in Europa, ma caratterizzato da repentine oscillazioni indicatrici di fasi di raffreddamento climatico, coincidenti con periodi in cui nel sud est asiatico si sono verificate eruzioni vulcaniche di entità catastrofica. Per contro, la fine della Little Ice Age (1700-1800 AD) è evidenziata da una corrispondente fase di raffreddamento anche in questa regione del Nepal, in accordo con quanto rilevato negli studi di glaciologia (Fig. 12). Infine nel XX secolo, si è osservato, nel Lago Piramide Inferiore, un rapido ritorno a condizioni di elevata produttività, ad indicare un miglioramento delle condizioni climatiche dovuto a una nuova fase di riscaldamento che risulta essere superiore, anche se non di molto, a quelle riscontrate negli ultimi 3500 anni.

A partire dal 2006, le attività si sono ampliate con l'avvio di programmi osservativi, per caratterizzare in modo continuativo la composizione dell'atmosfera ben presto inseriti a livello internazionale in ambito GAW (Global Atmosphere Watch) WMO (World Meteorological Organization) e UNEP-ABC. Il Nepal Climate Observatory Pyramid (NCO-P) è divenuta così una "Stazione Globale GAW-WMO" che ha eseguito dal 2006 al 2015 a 5079 m di quota, misure di variabili climatiche (parametri meteorologici, radiazione solare e composti climalteranti), comprese quelle relative ai cosiddetti SLCFs

– Short Lived Climate Forcers.

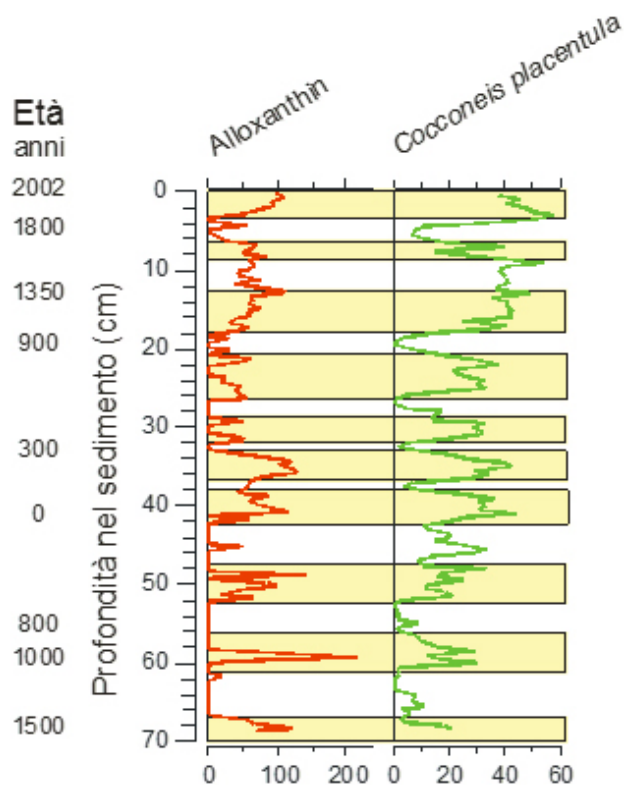


Fig. 12 - Ricostruzione basata sui resti, rinvenuti in una carota di sedimento prelevate nel Lago Piramide inferiore, di una diatomea (*Cocconeis placentula*) e di un carotenoide specifico di alghe planctoniche (*alloxantina*) nel corso delle diverse fasi climatiche degli ultimi 3500 anni. Le aree colorate corrispondono a periodi relativamente più caldi

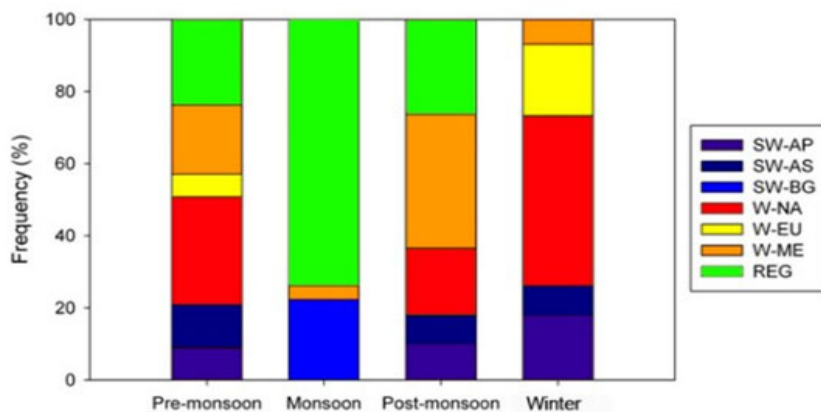


Fig. 13 - Distribuzione stagionale delle frequenze dell'origine delle masse d'aria che raggiungono il sito di alta quota NCOP: SW-AP (South Westerly-Arabian Peninsula), SW-AS (South Westerly-Arabian Sea), SW-BG (South Westerly-Bengal Gulf), W-NA (Westerly-North Africa), W-EU (Westerly-Europe), W-ME (Westerly-Middle East), REG (Regional)

con un forte vento di valle diurno e una brezza notturna di montagna. È stato osservato che le condizioni atmosferiche incontaminate dell'Himalaya possono essere influenzate, in determinati periodi, dal trasporto di masse d'aria inquinate provenienti dall'Asia meridionale e dalla Pianura Indo-Gangetica (Fig. 13). Le emissioni derivanti dalla combustione di combustibili fossili, dalla combustione di biomassa, dalla cottura di biocombustibili e dal riscaldamento, favoriscono la formazione durante la stagione secca della Atmospheric Brown Cloud (ABC), che si estende dall'Oceano Indiano fino alla dorsale himalayana. La possibilità che l'ABC venga trasportata verso l'Himalaya è stata studiata grazie a questi anni di osservazioni confermando il ruolo fondamentale svolto dalla circolazione a mesoscala in regime di brezza di valle.

L'estensione dell'ABC ai piedi dell'Himalaya è stata identificata da valori elevati di AOD ( $> 0,4$ ) associati alle alte concentrazioni di inquinanti misurate a NCO-P nei giorni caratterizzati dalla presenza di brezza di valle (Gobi *et al.* 2010). Il trasporto diretto dell'ABC che influenza la composizione atmosferica a NCO-P si è verificato nell'87% dei casi nella stagione premonsonica, il 9% durante l'inverno e il 4% nel post-monsoone. Il pre-monsoone è la stagione più frequentemente influenzata da forti episodi di trasporto di masse d'aria inquinate dell'ABC. In queste giornate, durante il pomeriggio, si verifica un forte aumento di black carbon (+ 522%), PM1 (+ 502%) e coefficiente di scattering (+ 385%) rispetto ai valori stagionali. In queste condizioni sono stati registrati un aumento significativo delle particelle grossolane (+ 38%) e delle concentrazioni di ozono (+ 13%). Gli alti valori misurati a NCO-P hanno confermato che quando l'ABC si estende fino alle colline pedemontane, le valli Himalayane possono rappresentare un canale efficiente che favorisce il trasporto degli inquinanti alle alte quote. In particolare, grazie anche ad una collaborazione con l'Istituto Cinese di ricerca è stato accuratamente analizzato un intenso episodio di trasporto di massa d'aria inquinata registrato durante un prolungato periodo di interruzione del monsoone estivo, avvertito anche sul Plateau Tibetano.

Le misure condotte hanno inoltre permesso di identificare a simili quote, per la prima volta in modo sistematico, la frequenza di eventi di nucleazione di particolato atmosferico in Himalaya. Grazie all'applicazione di un'opportuna metodologia di selezione è stata effettuato un primo studio sistematico relativo alle intrusioni stratosferiche in Himalaya che ha permesso di mettere in luce il loro impatto sulla concentrazione media di  $O_3$  (+27.1%) ed il loro legame con la Quasi-Biennial Oscillation (QBO) ed El-Niño-Southern Oscillation (ENSO). È stato infine creato ed implementato un opportuno algoritmo di clustering che, applicato alle back-trajectory tridimensionali calcolate dall'ETHZ di Zurigo, ha permesso di definire la climatologia del trasporto a scala sinottica (Fig. 14).

Le attività svolte a NCO-P e l'elevato livello di tecnologia impiegato hanno permesso di garantire la continuità e la tracciabilità della qualità delle osservazioni per dieci anni. Le osservazioni acquisite, inerenti le proprietà fisico-chimiche dell'aerosol e le concentrazioni dei gas in traccia, hanno permesso di ottenere importanti risultati scientifici.

L'area himalayana di alta quota oggetto di studio è soggetta alla circolazione monsonica asiatica ma anche al sistema locale di brezze,

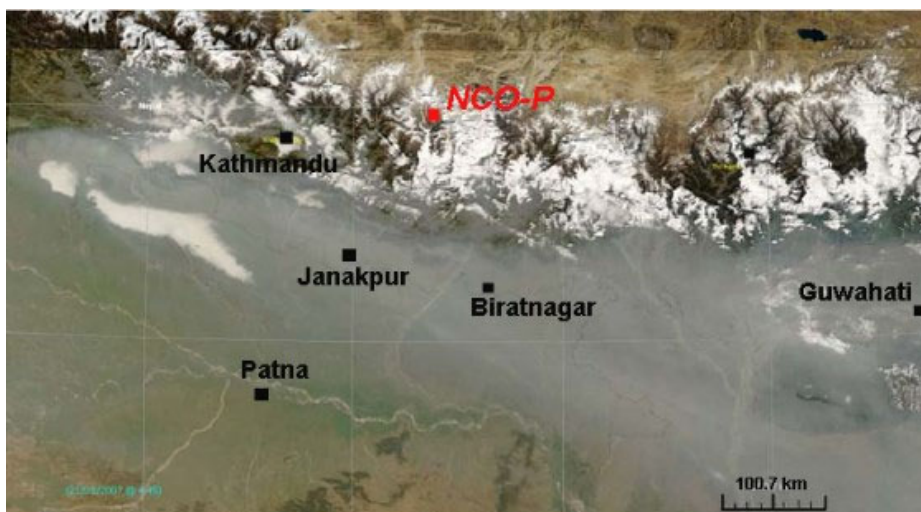


Fig. 14 - L'Atmospheric Brown Cloud sul versante meridionale dell'Himalaya (sensore MODIS sul satellite Terra NASA, 21 gennaio 2007) e posizione NCO-P

## Attività di divulgazione e formazione

Il principale partner delle ricerche condotte nel Macrosito è certamente la Nepal Academy of Science and Technology (NAST), con la quale esiste un protocollo di intesa per la gestione del laboratorio Piramide che ha permesso di realizzare attività di scambio con l'ospitalità di giovani ricercatori nepalesi presso istituti e centri di ricerca Italiani, finalizzate a realizzare attività formazione e di trasferimento tecnologico nel campo degli studi ambientali. Inoltre, sono stati stipulati accordi di collaborazione con organismi governativi come il Wildlife Conservation (DNPWC), Hydrological and Meteorological Department (DHM), il Sagarmatha National Park, il Comitato di gestione della "Buffer Zone" del Parco Sagarmatha.

Nel 2012 è stato realizzato un concorso per bambini della scuola primaria e secondaria nella Valle del Khumbu, in occasione della giornata internazionale per l'ambiente. Le migliori realizzazioni artistiche sono state premiate da una giuria.

## Prospettive future

Le aree di alta montagna sono regioni particolarmente sensibili dal punto di vista ambientale e importanti per il monito-raggio dello stato di salute della Terra. In questo contesto, la catena dell'Himalaya e quella del Karakorum rappresentano anche la zona di confine tra i Paesi della Terra più densamente popolati e in fase di sviluppo. Risulta pertanto fondamentale implementare lo studio ed il monitoraggio ambientale, climatologico e geofisico nell'area Himalayana per la quale i dati meteorologici, e paleo-climatici oggi disponibili sono ancora scarsi. Questi dati sono necessari per integrare e validare i modelli di circolazione atmosferica sia su scala globale, oggi riguardanti solo i continenti Americano ed Europeo, sia di dettaglio, che tengano cioè conto dell'effetto amplificatorio delle montagne sulla dinamica di precipitazioni e temperatura. Purtroppo ad oggi tutte le attività di monitoraggio presso questo sito sono sospese, ci si augura che queste possano riprendere al più presto.

## Ringraziamenti

Un ringraziamento speciale deve essere fatto a tutto il personale e allo staff tecnico di Ev-K2-CNR e del Laboratorio Piramide senza il cui fondamentale contributo e supporto alla logistica e le attività in campo queste ricerche non avrebbero potuto essere svolte.

---

## Sitografia

<http://www.evk2cnr.org/cms/en/research/>

## Bibliografia citata nel testo

- Bollasina M., Bertolani L. & Tartari G. (2002). Meteorological observations at high altitude in the Khumbu Valley, Nepal, Himalayas, 1994-1999. *Bulletin of Glaciological Research*, 19: 1-11.
- Gobbi G.P., Angelini F., Bonasoni P., Verza G.P., Marinoni A. & Barnanba F. (2010). Sunphotometry of the 2006-2007 aerosol optical/radiative properties at the Himalayan Nepal Climate Observatory – Pyramid (5079 m asl). In: Special Issue “Atmospheric brown cloud in the Himalayas”. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussion*, 10: 1193-1220.
- Guzzella L., Salerno F., Freppaz M., Roscioli C., Pisanello F., Poma G. (2016). POP and PAH contamination in the southern slopes of Mt. Everest (Himalaya, Nepal): Long-range atmospheric transport, glacier shrinkage, or local impact of tourism? *Science of the Total Environment*, 544: 382-390
- Guzzella L., Poma G., De Paolis A., Roscioli C., Viviano G. (2011). Organic persistent toxic substances in soils, waters and sediments along an altitudinal gradient at Mt. Sagarmatha, Himalayas. Nepal. *Environmental Pollution* 159. 2552-2564.
- Lami A., Giussani G. (1998). Limnology of high altitude lakes in the Mt Everest Region (Himalayas, Nepal), *Memorie dell'Istituto italiano di Idrobiologia*, 58, pp. 244.
- Lami A., Musazzi S., Manca M., Marchetto A., Guilizzoni P. & Guzzella L. (2007). Indagini paleolimnologiche in laghi himalayani: ricostruzioni del clima del passato ed effetti delle variazioni climatiche sulle biocenosi. In: *Clima e cambiamenti climatici: le attività di ricerca del CNR, Consiglio Nazionale delle Ricerche – Roma, 2007. ISBN: 978-88-8080-075-0, pp. 605-609.*
- Lami A., Turner S., Musazzi S., Gerli S., Guilizzoni P., Rose N.L., Yang H., Wu G. & Yang R. (2010). Sedimentary evidence for recent increases in production in Tibetan plateau lakes. *Hydrobiologia*, 648: 175-187.
- Xu L., Lin Q., Xu S., Gu Y., Hou J., Liu Y., Dumont H.J., Han B.-P. (2018). Daphnia diversity on the Tibetan Plateau measured by DNA taxonomy. *Ecology and evolution*, DOI: 10.1002/ece3.4071.
- Li Y.M., Geng D.W., Hu Y.B., Wang P., Zhang Q.H., Jiang G.B. (2012). Levels and distribution of polychlorinated biphenyls in the atmosphere close to Chinese Great Wall Station, Antarctica: Results from XAD-resin passive air sampling 2012. *Chinese Science Bulletin* 57: 1499-1503.
- Löffler H. (1969). High Altitude Lakes in Mt Everest Region. *Verhandlungen Internationale Vereinigung Limnologie*, 17: 373-385.
- Manca M. & Mura M. (1997). On *Branchinecta orientalis* Sars (Anostraca) in the Himalayas, *Hydrobiologia* 356: 111-116.
- Manca M., Ruggiu D., Panzani P., Asioli A., Mura G. and Nocentini A.M. (1998). Report on a collection of aquatic organisms from high mountain lakes in the Khumbu Valley (Nepalese Himalayas). In: Lami A. & Giussani G. (Guest Editors). *Limnology of high altitude lakes in the Mt Everest Region (Nepal)*. *Memorie dell'Istituto italiano di Idrobiologia* 57: 77-98.
- Manca M., Ruggiu D., Panzani P., Asioli A., Mura G. and Nocentini A.M. (1998). Report on a collection of aquatic organisms from high mountain lakes in the Khumbu Valley (Nepalese Himalayas). In: Lami A. & Giussani G. (Guest Editors). *Limnology of high altitude lakes in the Mt Everest Region (Nepal)*. *Memorie dell'Istituto italiano di Idrobiologia* 57: 77-98.
- Manca M., Martin P., Peñalva-arana D.C., Benzie J.A.H. (2006). “Re-description of *Daphnia* (*Ctenodaphnia*) from lakes in the Khumbu Region, Nepalese Himalayas, with the erection of a new species, *Daphnia himalaya*, and a note on an intersex individual”. *Journal of Limnology* 65: 132-140.



- Manca M., Martin P., Peñalva-arana D.C., Benzie J.A.H. (2006). "Re-description of *Daphnia* (Ctenodaphnia) from lakes in the Khumbu Region, Nepalese Himalayas, with the erection of a new species, *Daphnia himalaya*, and a note on an intersex individual". *Journal of Limnology* 65: 132-140.
- Möst M., Petrussek A., Sommaruga R., Juračka P.J., Slusarczyk M., Manca M., Spaak P. (2013). At the edge and on the top: molecular identification and ecology of *Daphnia dentifera* and *D. longispina* in high-altitude Asian lakes. *Hydrobiologia* 715: 51-62.
- Putero D., Landi T.C., Cristofanelli P., Marinoni A., Laj P., Duchi R., Calzolari F., Verza G.P. & Bonasoni P. (2013). Influence of open vegetation fires on black carbon and ozone variability in the southern Himalayas (NCO-P, 5079 m a.s.l.). *Environmental Pollution* 184: 597-604.
- Salerno F., Thakuri S., D'Agata C., Smiraglia C., Manfredi E.C., Viviano G. and Tartari G. (2012). Glacial lake distribution in the Mount Everest region: Uncertainty of measurement and conditions of formation. *Global and Planetary Change* 93: 30-39.
- Salerno F., Rogora M., Balestrini R., Lami A., Tartari G.A., Thakuri S., Godone D., Freppaz M. and Tartari G. (2016). Glacier Melting Increases the Solute Concentrations of Himalayan Glacial Lakes. *Environ. Sci. Technol.* 50, 9150-9160.
- Usenko S., Landers D.H., Appleby P.G., Simonich S.L. (2007). Current and historical deposition of PBDEs, pesticides, PCBs, and PAHs to rocky mountain national park. *Environmental Science and Technology* 41: 7235-7241.
- Yao T., Thompson L.G., Mosbrugger V., Zhang F., Ma Y., Luo T., Xu B., Yang X., Joswiak D.R., Wang W., Joswiak M.E., Devkota L.P., Tayal S., Jiliani R. & Fayziev R. (2012). Third Pole Environment (TPE) Environmental Development 3: 52-64.
- Zhang P., Ge L., Gao H., Yao T., Fang X., Zhou C., Na G. (2014). Distribution and transfer pattern of Polychlorinated Biphenyls (PCBs) among the selected environmental media of Ny-Ålesund, the Arctic: As a case study. *Marine Pollution Bulletin* 89: 267-275.

## **Bibliografia del macrosito. Ultimi 10 anni**

### **Riviste ISI**

- Abeli T., Rossi G., Gentili R., Mondoni A. & Cristofanelli P. (2012). Response of Alpine plant flower production to temperature and snow cover fluctuation at the species range boundary. *Plant Ecology*, 2013(1): 1-13.
- Asmi A., Wiedensohler A., Laj P., Fjaeraa A.-M., Sellegri K., Birmili W., Weingartner E., Baltensperger U., Zdimal V., Zikova N., Putaud J.-P., Marinoni A., Tunved P., Hansson H.-C., Fiebig M., Kivekäs N., Lihavainen H., Asmi E., Ulevicius V., Aalto P.P., Swietlicki E., Kristensson A., Mihalopoulos N., Kalivitis N., Kalapov I., Kiss G., de Leeuw G., Henzing B., Harrison R.M., Beddows D., O'Dowd C., Jennings S.G., Flentje H., Weinhold K., Meinhardt F., Ries L. & Kulmala M. (2011). Number size distributions and seasonality of submicron particles in Europe 2008-2009. *Atmos. Chem. Phys.*, 11, 5505-5538, 2011.
- Baietto M., Masin S., Vaghi S. & Padoa Schioppa E. (2007). Observation of Red-Billed Cough (Pyrrhocorax pyrrhocorax) removing from Himalayan Tahr (*Hemitragus jemlahicus*). *Research Journal of Biological Sciences*, 2(1): 89-90.
- Balerna, A., Bernieri E., Chiti M., Denni U., Esposito A., Frani A. & Tullio V. (2003). In situ measurements of cesium-137 gamma-ray emission at very high altitudes using a fully portable detector. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, 512: 631-636.
- Balerna, A., Bernieri E., Pecci M., Polesello S., Smiraglia C. & Valsecchi S. (2003). Chemical and radio-chemical composition of freshsnow samples from Northern slopes of Himalayas (Cho Oyu range, Tibet). *Atmospheric Environment*, 37: 1573-1581.

- 
- Belle S., Musazzi S. & Lami A. (2018). Glacier dynamics influenced carbon flows through lake food webs: evidence from a chironomid  $\delta^{13}\text{C}$ -based reconstruction in the Nepalese Himalayas. *Hydrobiologia* 1-11.
- Bergamaschi L., Rizzio E., Giaveri G., Profumo A., Loppi S. & Gallorini M. (2004). Determination of baseline element composition of lichens using samples from high elevations. *Chemosphere*, 55: 933-939.
- Bergamaschi L., Rizzio E., Giaveri G., Giordani L., Profumo A. & Gallorini M. (2005). INAA for the determination of trace elements and evaluation of their enrichment factors in lichens of high altitude areas. *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 263(3): 721-724.
- Bertolani L., Bollasina M. & Tartari G. (2000). Recent biennial variability of meteorological features in the Eastern Highland Himalayas. *Geophysical Research Letters*, 27: 2185-2188.
- Boesi R., Polidori C., Gayubo S.F., Tormos J., Asís J.D. & Andrietti F. (2007). Nesting biology, morphological remarks, and description of the mature larva of *Mellinus arvensis obscurus* (hymenoptera: crabronidae) in Nepal. *Florida Entomologist*, 90(1): 184-190.
- Boggero A., Bo T., Zaupa S. & Fenoglio S. (2014). Feeding on the roof of the world: the first gut content analysis of very high altitude Plecoptera. *Entomologica Fennica*, 25: 220-224.
- Bollasina M. & Benedict S. (2004). The Role of the Himalayas and the Tibetan Plateau Within the Asian Monsoon System. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 85(7): 1001-1004.
- Bollasina M., Bertolani L. & Tartari G. (1999). Recent Interannual Variability of local Climate in Eastern Highland Himalayas. *UCLA Tropical Meteorology Newsletter*, No. 31.
- Bollasina M., Bertolani L. & Tartari G. (2002). Meteorological observations at high altitude in the Khumbu Valley, Nepal Himalayas, 1994-1999. *Bulletin of Glaciological Research*, 19: 1-11.
- Bonasoni P., Cristofanelli P., Marinoni A., Vuillermoz E. & Adhikary B. In press. Atmospheric Pollution in the Hindu Kush-Himalaya Region: Evidence and Implications for the Regional Climate. *Mountain Research and Development*, 32 (4).
- Bonasoni P., Laj P., Marinoni A., Sprenger M., Angelini F., Arduini J., Bonafè U., Calzolari F., Colombo T., Decesari S., Di Biagio C., di Sarra A.G., Evangelisti F., Duchi R., Facchini M.C., Fuzzi S., Gobbi G.P., Maione M., Panday A., Roccato F., Sellegri K., Venzac H., Verza G.P., Villani P., Vuillermoz E. & Cristofanelli P. (2010). Atmospheric Brown Clouds in the Himalayas: first two years of continuous observations at the Nepal-Climate Observatory at Pyramid (5079 m). In: Special Issue "Atmospheric Brown Clouds in the Himalayas" *Atmospheric Chemistry and Physics*, 10:7515-7531.
- Bonasoni P., Laj P., Angelini F., Arduini J., Bonafè U., Calzolari F., Cristofanelli P., Decesari S., Facchini M.C., Fuzzi S., Gobbi G.P., Maione M., Marinoni A., Petzold A., Roccato F., Roger J.C., Sellegri K., Sprenger M., Venzac H., Verza G.P., Villani P. & Vuillermoz E. (2008). The ABC-Pyramid Atmospheric Research Observatory in Himalaya for continuous aerosol and ozone and halocarbon measurements. *Science of the Total Environment*, 391(2-3): 252-261.
- Bracci A., Cristofanelli P., Sprenger M., Bonafè U., Calzolari F., Duchi R., Laj P., Marinoni A., Roccato F., Vuillermoz E. & Bonasoni P. (2012). Transport of Stratospheric Air Masses to the Nepal Climate Observatory-Pyramid (Himalaya; 5079 m asl): A Synoptic-Scale Investigation, *J. App. Meteorol. Climatol.*, 51, 1489-1507.
- Brunner D., Henne S., Keller C.A., Reimann S., Vollmer M.K., O'Doherty S. & Maione M. (2011). An extended Kalman-filter for regional scale inverse emission estimation. *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 11, 29195-29249, DOI: 10.5194/acpd-11-29195-2011.
- Bucci S., Cagnazzo C., Cairo F., Di Liberto L. & Fierli F. (2013). Aerosol variability and atmospheric transport in the Himalayan region from CALIOP 2007-2010 observations, *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 13, 15271-15299.

- 
- Byers A. (2005). Contemporary Human Impacts on Alpine Ecosystems in the Sagarmatha (Mt. Everest) National Park, Khumbu, Nepal. *Annals of the Association of American Geographers*, 95(1): 112-140.
- Decesari, S., Facchini M.C., Carbone C., Giulianelli L., Rinaldi M., Finessi E., Fuzzi S., Marinoni A., Cristofanelli P., Duchi R., Bonasoni P., Vuillermoz E., Cozic J., Jaffrezo J.L. & Laj P. (2010). Chemical Composition of PM10 and PM1 at the high altitude Himalayan station Nepal Climate Observatory-Pyramid. In: Special Issue "Atmospheric brown cloud in the Himalayas" *Atmospheric Chemistry and Physics*, 10, 4583-4596.
- Diodato N., Bellocchi G. & Tartari G. (2011). How do Himalayan areas respond to global warming? *International Journal of Climatology*. DOI: 10.1002/joc.2340.
- Duchi R., Cristofanelli P., Marinoni A., Laj P., Marcq S., Villani P., Sellegri K., Angelini F., Calzolari F., Gobbi G.P., Verza G.P., Vuillermoz E., Sapkota A. & Bonasoni P. (2011). Continuous observations of synoptic-scale dust transport at the Nepal Climate Observatory-Pyramid (5079 m a.s.l.) in the Himalayas. *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 11, 4229-4261.
- Giaveri G., Bergamaschi L., Rizzio R., Verza G., Zambelli G., Brandone A., Profumo A., Baudo R., Tartari G. & Gallorini M. (2005). INAA at the top of the world: elemental characterization and analysis of airborne particulate matter collected in Himalayas at 5,100 m high. *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 263(3): 725-732.
- Giaveri G., Rizzio E. & Gallorini M. (2001). Preconcentration and pre-separation procedure for Platinum determination at trace levels by Neutron Activation Analysis. *Analytical Chemistry*, 73: 3488-3491.
- Giostra U., Furlani F., Arduini J., Cava D., Manning A.J., O'Doherty S.J., Reimann S. & Maione M. (2011). The determination of a regional atmospheric background mixing ratio for anthropogenic greenhouse gases: a comparison of two independent methods. *Atmos Environ*, 45 (2011), pp. 7396-7405. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2011.06.076.
- Gobbi G.P., Angelini F., Bonasoni P., Verza G.P., Marinoni A. & Barnanba F. (2010). Sunphotometry of the 2006-2007 aerosol optical/radiative properties at the Himalayan Nepal Climate Observatory – Pyramid (5079 m asl). In: Special Issue "Atmospheric brown cloud in the Himalayas". *Atmospheric Chemistry and Physics Discussion*, 10: 1193-1220.
- Guzzella L., Salerno F., Freppaz M., Roscioli C., Pisanello F., Poma G. (2016). POP and PAH contamination in the southern slopes of Mt. Everest (Himalaya, Nepal): Long-range atmospheric transport, glacier shrinkage, or local impact of tourism? *Science of the Total Environment*, 544: 382-390.
- Guzzella L., Poma G., De Paolis A., Roscioli C., Viviano G. (2011). Organic persistent toxic substances in soils, waters and sediments along an altitudinal gradient at Mt. Sagarmatha, Himalayas. *Nepal. Environmental Pollution* 159. 2552-2564.
- Hindman E. & Upadhyay B. (2002). Air pollution transport in the Himalayas of Nepal and Tibet during the 1995-1996 dry season. *Atmospheric Environment*, 36: 727-739.
- Laiolo P. (2003). Diversity and structure of the bird community overwintering in the Himalayan subalpine zone: is conservation compatible with tourism? *Biological Conservation*, 115: 251-262.
- Laiolo P., Rolando A., Delestrade A. & De Sanctis A. (2004). Vocalizations and morphology: interpreting the divergence among populations of Chough *Pyrrhocorax pyrrhocorax* and Alpine Chough *P. graculus*. *Bird Study*, 51: 248-255.
- Lami A., Marchetto A., Musazzi S., Salerno F., Tartari G., Guilizzoni P., Rogora M. & Tartari G.A. (2010). Chemical and biological response of two small lakes in the Khumbu Valley, Himalayas (Nepal) to short-term variability and climatic change as detected by long-term monitoring and paleolimnological methods. *Hydrobiologia*, 648: 189-205.
- Lau K.-M., Ramanathan V., Wu G.X., Li Z., Tsay S.C., Hsu C., Sikka R., Holben B., Lu D., Tartari G., Chin M., Koudelova P., Chen H., Ma Y., Huang J., Taniguchi K. & Zhang R. (2008). The joint

- 
- Aerosol-Monsoon experiment. A New Challenge for Monsoon Climate Research. American Meteorological Society, 1-15.
- Xu L., Lin Q., Xu S., Gu Y., Hou J., Liu Y., Dumont H.J., Han B.-P. (2018). Daphnia diversity on the Tibetan Plateau measured by DNA taxonomy. *Ecology and evolution*, DOI: 10.1002/ece3.4071.
- Lovari S. & Ale S.B. (2001). Are there multiple mating strategies in Blue Sheep? *Behavioural Processes*, 53: 131-135.
- Lovari S., Minder I., Ferretti F., Mucci N., Randi E. & Pellizzi B. (2013). Common and snow leopards share prey, but not habitats: competition avoidance by large predators? *Journal of Zoology*, 291 (2013): 127-135.
- Marcq S., Laj P., Roger J.C., Villani P., Sellegri K., Bonasoni P., Marinoni A., Cristofanelli P., Verza G.P. & Bergin M. (2010). Aerosol optical properties and radiative forcing in the Himalaya based on measurements at the Nepal Climate Observatory-Pyramid site (5079m a.s.l.). In: Special Issue "Atmospheric brown cloud in the Himalayas" *Atmospheric Chemistry and Physics*, 10: 5859-5872.
- Marinoni A., Cristofanelli P., Laj P., Duchi R., Putero D., Calzolari F., Landi T.C., Vuillermoz E., Maione M., Bonasoni P. (2013). High black carbon and ozone concentrations during pollution transport in the Himalayas: Five years of continuous observations at NCO-P global GAW station. *Journal of Environmental Sciences*, 25: 1618-1625.
- Marinoni A., Cristofanelli P., Laj P., Duchi R., Calzolari F., Decesari S., Sellegri K., Vuillermoz E., Verza G.P., Villani P. & Bonasoni P. (2010). Aerosol mass and black carbon concentrations, a two year record at NCO-P (5079 m, Southern Himalayas). In: Special Issue "Atmospheric Brown Clouds in the Himalayas" *Atmospheric Chemistry and Physics*, 10: 8551-8562.
- Marinoni A., Polesello S., Smiraglia C. & Valsecchi S. (2001). Chemical composition of fresh snow samples from the southern slope of Mt. Everest Region. *Atmospheric Environment*, 35: 3183-3190.
- Marinoni A., Polesello S., Valsecchi S., Tartari G., Maggi V. & Smiraglia C. (2001). Composizione chimica della neve e del ghiaccio nella valle del Khumbu (Sagarmatha National Park, Himalaya, Nepal). *Supplemento Geogr. Fis. Dinam. Quat*, V: 103-111.
- Mayer C., Fowler A.C., Lambrecht A. & Scharrer K. (2011). A surge of North Gasherbrum Glacier, Karakoram, China. *Journal of Glaciology*, 57(205), 904-916.
- Ming J., Xiao C., Sun J., Kang S. & Bonasoni P. (2010). Carbonaceous particles in the atmosphere and precipitation of the Nam Co region, central Tibet. *Journal of Environmental Sciences*, 22(11): 1748-1756.
- Mondoni A., Rossi G., Orsenigo S. & Probert R.J. (2012). Climate warming could shift the timing of seed germination in alpine plants. *Annals of Botany*, 110(1):155-64.
- Mondoni A., Probert R.J., Rossi G., Vegini E. & Hay F.R. (2010). Seeds of alpine plants are short-lived: implications for long-term conservation. *Annals of Botany*, 107: 171-179.
- Padoa Schioppa E., Baietto M. (2008). Effects of tourism pressure on herd composition in the Sherpa villages of Sagarmatha National Park (Everest, Nepal). *The International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 15(5): 412-418.
- Palazzi E., Von Hardenberg J. & Provenzale A. (2013). Precipitation in the Hindu-Kush Karakoram Himalaya: Observations and future scenarios. *Journal of Geophysical Research*, 118(1): 85-100.
- Rizzio E., Giaveri G. & Gallorini M. (2000). Some analytical problems encountered for trace elements determination in the airborne particulate matter of urban and rural areas. *Sci. Total Environ.*, 256: 11-22.
- Rizzio E., Bergamaschi L., Profumo A. & Gallorini M. (2001). The use of the Neutron Activation Analysis for particles size fractionation and chemical characterization of Trace Elements in urban air particulate matter. *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 248: 21-28.

- Rizzio E., Bergamaschi L., Valcuvia M.G., Profumo A., Gallorini M. & Verza G. (2002). Determination of trace elements and evaluation of their Enrichment Factors in Himalayan lichens. *Environmental Pollution*, 120: 137-144.
- Rizzio E., Bergamaschi L., Valcuvia M.G., Profumo A., Gallorini M. (2001). Trace elements determination in lichens and in the airborne particulate matter for the evaluation of the atmospheric pollution in a region of northern Italy. *Environment International*, 26: 543-549.
- Salerno F., Buraschi E., Bruccoleri G., Tartari G. & Smiraglia C. (2008). Glacier surface-area changes in Sagarmatha national park, Nepal, in the second half of the 20th century, by comparison of historical maps. *Journal of Glaciology*, 54(187): 738-752.
- Sellegrì K., Laj P., Venzac H., Picard D., Villani P., Bonasoni P., Marinoni A. & Vuillermoz E. (2010). Seasonal variation of aerosol size distribution based on long-term measurements at the high altitude Himalayan site of Nepal Climate Observatory-Pyramid (5079 m), Nepal. In: Special Issue "Atmospheric Brown Clouds in the Himalayas". *Atmospheric Chemistry and Physics Discussion*, 10: 6537-6566.
- Sommaruga R. (2010). Preferential accumulation of carotenoids rather than mycosporine-like amino acids in copepods from high altitude Himalayan lakes. In: Special Issue "Global Change Impacts on Mountain Lakes" *Hydrobiologia*, 648: 143-156.
- Aryal A., Raubenheimer D., Subedi S. & Kattel B. (2010). Spatial Habitat Overlap and Habitat Reference of Himalaya Musk Deer (*Moschus chrysogaster*) in Sagarmatha (Mt. Everest) National Park. *Current Research Journal of Biology Sciences*, 2 (3): 217-225.
- Sommaruga R. (2010). Preferential accumulation of carotenoids rather than of mycosporine-like amino acids in copepods from high altitude Himalayan lakes. In: Eggermont, H., M. Kernan & K. Martens (eds.). *Global Change Impacts on Mountain Lakes. Hydrobiologia*, 648:143-156.
- Tartari G., Salerno F., Buraschi E., Bruccoleri G. & Smiraglia C. (2008). Lake surface area variations in the North-Eastern sector of Sagarmatha National Park (Nepal) at the end of the 20th Century by comparison of historical maps. *Journal of Limnology*, 67(2):139-154.
- Tartari G., Salerno F. *et al.* (2008). "Lake surface area variations in the North-Eastern sector of Sagarmatha National Park (Nepal) at the end of the 20th Century by comparison of historical maps". *Journal of Limnology* 67: 139-154.
- Terzago S., von Hardenberg J., Palazzi E. and Provenzale A. (2014). Snowpack Changes in the Hindu Kush-Karakoram-Himalaya from CMIP5 Global Climate Models. *J. Hydrometeorol.*, 15, 2293-2313.
- Ueno K., Toyotsu K., Bertolani L. & Tartari G. (2008). Stepwise onset of monsoon weather observed in the Nepal Himalaya. *American Meteorological Society*, 136: 2507-2522.
- Valsecchi S., Smiraglia C., Tartari G. & Polesello S. (1999). Chemical composition of monsoon depositions in the Everest region. *Sci. Total Environ.*, 226: 187-199.
- Venzac H., Sellegrì K., Laj P., Villani P., Bonasoni P., Marinoni A., Cristofanelli P., Calzolari F., Fuzzi S., Decesari S., Facchini M.C., Vuillermoz E. & Verza G.P. (2008). High frequency new particle formation in the Himalayas. *PNAS*, 105(41): 15666-15671.
- Wiedensohler A., Birmili W., Nowak A., Sonntag A., Weinhold K., Merkel M., Wehner B., Tuch T., Pfeifer S., Fiebig M., Fj̄araa A.M., Asmi E., Sellegrì K., Depuy R., Venzac H., Villani P., Laj P., Aalto P., Ogren J.A., Swietlicki E., Williams P., Roldin P., Quincey P., Hueglin C.H., Fierz-Schmidhauser R., Gysel M., Weingartner E., Riccobono F., Santos S., Gr̄uning C., Faloon K., Beddows D., Harrison R., Monahan C., Jennings S.G., O'Dowd C.D., Marinoni A., Horn H.-G., Keck L., Jiang J., Scheckman J., McMurry P.H., Deng Z., Zhao C.S., Moerman M., Henzing B., de Leeuw G., L̄oschau G. & Bastian S. (2012). Mobility particle size spectrometers: harmonization of technical standards and data structure to facilitate high quality long-term observations of atmospheric particle number size distributions. *Atmos. Meas. Tech.*, 5, 657-685.
- Yasunari T.J., Bonasoni P., Laj P., Fujita K., Vuillermoz E., Marinoni A., Cristofanelli P., Duchi R., Tartari G. & Lau K.M. (2010). Estimated impact of black carbon deposition during pre-monsoon

---

season from Nepal Climate Observatory-Pyramid data and snow albedo changes over Himalayan glaciers. In: Special Issue "Atmospheric brown cloud in the Himalayas" *Atmospheric Chemistry and Physics* 10: 6603-6615.

## **Riviste non ISI**

- Baroni A., Boselli A.M. & Caravello G.U. (2001). Risorse idriche, qualità ed interazione con la salute umana in Nepal e nella valle del Khumbu. *Acqua & Aria*, 5: 106-108.
- Carosi R., Montomoli C. & Visonà D. (2002). Is there any detachment in the Lower Dolpo (Western Nepal). *Comptes Rendus Geoscience*, 334(12): 933-940.
- Diodato N., Tartari G. & Belocchi G. (2010). Geospatial Rainfall Modelling at Eastern Nepalese Highland from Ground Environmental Data. *Water Resour Manage.* DOI: 10.1007/s11269-009-9575-2.
- Giardino C., Oggioni A., Bresciani M. & Yan H. (2010). Remote Sensing of Suspended Particulate Matter in Himalayan Lakes. A Case Study of Alpine Lakes in the Mount Everest Region. *Mountain Research and Development* 30:157-168.
- Giardino C., Oggioni A., Bresciani M. & Yan H. (2010). Remote Sensing of Suspended Particulate Matter in Himalayan Lakes. In: Special Issue "Methodologies and Tools for the Management of Mountain Protected Areas: Mount Everest (Nepal, China) and K2 (Pakistan) Regions". *Mountain Research and Development*, 30(2): 157-168.
- Li Y.M., Geng D.W., Hu Y.B., Wang P., Zhang Q.H., Jiang G.B. (2012). Levels and distribution of polychlorinated biphenyls in the atmosphere close to Chinese Great Wall Station, Antarctica: Results from XAD-resin passive air sampling 2012. *Chinese Science Bulletin* 57: 1499-1503.
- Matta E., Giardino C., Boggero A., Bresciani M. (2017). Use of satellite and in situ reflectance data for lake water color characterization in the Everest Himalayan Region. In: *Mountain Research and Development* 37: 16-23.
- Mayer C., Lambrecht A., Mihalcea C., Belò M., Diolaiuti G., Smiraglia C. & Bashir F. (2010). Analysis of Glacial Meltwater in Bagrot Valley, Karakoram. In: Special Issue "Methodologies and Tools for the Management of Mountain Protected Areas: Mount Everest (Nepal, China) and K2 (Pakistan) Regions". *Mountain Research and Development*, 30(2): 169-177.
- Mosca P., Groppo C. & Rolfo F. (2013). Main geological features of the Rolwaling-Khumbu Himal between the Khimti Khola and Dudh Khosi valleys (eastern-central Nepal Himalaya). *Rendiconti Online della Società Geologica Italiana* 29: 112-115.
- Pecci M. (2005). High Altitude in situ surveys and researches on the snow cover in high altitude: case studies in Italian and Himalayan mountain ranges. *Suppl. Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, VII: 253-260.
- Poretti G., Calligaris C., Tariq S. & Khan H. (2011). Comparison between the tectonic movements of Nanga Parbat-Haramosh Massif and Mt. Everest. *Journal of Nepal Geological Society*, 43 (Special Issue): 69-77.
- Müller T., Henzing J.S., de Leeuw G., Wiedensohler A., Alastuey A., Angelov H., Bizjak M., Collaud Coen M., Engström J.E., Gruening C., Hillamo R., Hoffer A., Imre K., Ivanow P., Jennings G., Sun J.Y., Kalivitis N., Karlsson H., Komppula M., Laj P., Li S.-M., Lunder C., Marinoni A., Martins Dos Santos S., Moerman M., Nowak A., Ogren J.A., Petzold A., Pichon J.M., Rodriguez S., Sharma S., Sheridan P.J., Teinilä K., Tuch T., Viana M., Virkkula A., Weingartner E., Wilhelm R. & Wang Y.Q. (2011). Characterization and intercomparison of aerosol absorption photometers: result of two intercomparison workshops. *Atmospheric Measurement Techniques*, 4 (2): 245-268.
- Rizzio E., Giaveri G., Bergamaschi L., Profumo A. & Gallorini M. (2001). Controllo di qualità nell'analisi degli elementi in traccia contenuti nell'articolato atmosferico. *Acqua & Aria*, 6: 71-78.

- Smiraglia C., Mayer C., Mihalcea C., Diolaiuti G., Belò M. & Vassena G. (2007). Ongoing variations of Himalayan and Karakoram glaciers as witnesses of global changes: recent studies of selected glaciers. In: Baudo R., Tartari G. & Vuillermoz E. (Eds.). *Mountains witnesses of global changes research in the Himalaya and Karakoram; SHARE-Asia project, Developments in Earth Surface Processes*, 10: 235-247.
- Teti P., Guzzella L., Roscioli C. & De Paolis A. (2005). I composti organoclorurati nei sedimenti di laghi remoti e del Lago Maggiore. *Acqua & Aria*, 4: 24-29.
- Thakuri S., Salerno F., Smiraglia C., Bolch T., D'Agata C., Viviano G., Tartari G. (2013). Tracing glacier changes since the 1960s on the south slope of Mt. Everest (central Southern Himalaya) using optical satellite imagery. *The Cryosphere Discuss.* 7: 5389-5432.
- Vuillermoz E. & Certo G. (2005). Sensori meteorologici in alta quota della rete SHARE-Asia. *Acqua & Aria*, 8: 76-79.

## Libri e capitoli di libri

- Beltramo R. (2005). *Alpinismo e ambiente. Linee guida per spedizioni ecocompatibili. Quaderni della Montagna, Istituto Nazionale della Montagna, Rome, Italy.* pp. 196.
- Bhujra D.R., Carrer M., Gaire N.P., Soraruf L., Riondato R., Salerno F. & Maharjian S.R. (2010). Dendroecological Study of High Altitude Forest at Sagarmatha National Park, Nepal. In: Jha P.H. & Khanal I.P. (Eds). *Contemporary Research in Sagarmatha (Mt. Everest) Region, Nepal: An Anthology.* Nepal Academy of Science and Technology, Kathmandu, Nepal. 119-130.
- Ghimire N.P., Shrestha P.P., Caravello G.U. & Jha P.K. (2010). Sources of Water Pollution in Sagarmatha National Park and Buffer Zone, Nepal. In: Jha P.H. & Khanal I.P. (Eds). *Contemporary Research in Sagarmatha (Mt. Everest) Region, Nepal: An Anthology.* Nepal Academy of Science and Technology, Kathmandu, Nepal. 103-109.
- Boselli A.M., Caravello G.U. & Baroni A. (2010). The Sustainability in Khumbu Valley. In: Jha P.H. & Khanal I.P. (Eds). *Contemporary Research in Sagarmatha (Mt. Everest) Region, Nepal: An Anthology.* Nepal Academy of Science and Technology, Kathmandu, Nepal. 83-89.
- Ramanathan V., Akimoto H., Bonasoni P., Brauer M., Carmichael G., Chung C.E., Feng Y., Fuzzi S., Hasnain S.I., Iyengararasan M., Jayaraman A., Lawrence M.G., Nakajima T., Panwar T.S., Ramana M.V., Rupakheti M., Weidemann S., Yoon S.C., Zhang Y. & Zhu A. (2008). Part I Atmospheric brown clouds and regional climate change. *Atmospheric Brown Clouds, Regional Assessment Report with Focus on Asia.* UNEP, Kenya. 1-144.
- Marinoni A., Cristofanelli P., Bonafé U., Calzolari F., Roccato F., Angelini F., Decesari S., Facchini M.C., Fuzzi S., Gobbi G.P., Bonasoni P., Laj P., Sellegri K., Venzac H., Villani P., Maione M., Arduini J., Vuillermoz E. & Verza G.P. (2007). L'osservatorio ABC-Pyramid a 5079 m slm in Himalaya. Una stazione per la misura di aerosol, ozono e gas serra alogenati. In: Carli B., Cavarretta G., Colacino M. & Fuzzi S. (Eds). *Clima e cambiamenti climatici: le attività di ricerca del CNR, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Italy.* 475-478.
- Tartari G., Vuillermoz E. & Bertolani L. (2007). Monitoraggio dei cambiamenti globali in Himalaya e Karakorum. In: Carli B., Cavarretta G., Colacino M. & Fuzzi S. (Eds). *Clima e cambiamenti climatici: le attività di ricerca del CNR, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Italy.* 479-482.
- Lami A., Marchetto A., Morabito G., Manca M., Mosello R., Tartari G.A., Piscia R., Tartari G. & Salerno F. (2007). Influenze climatiche sui corpi lacustri del Sagarmatha National Park, Mount Everest, Nepal. In: Carli B., Cavarretta G., Colacino M. & Fuzzi S. (Eds). *Clima e cambiamenti climatici: le attività di ricerca del CNR, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Italy.* 597-600.
- Lami A., Musazzi S., Manca M., Marchetto A., Guilizzoni P. & Guzzella L. (2007). Indagini paleolimnologiche in laghi himalayani: ricostruzioni del clima del passato ed effetti delle variazioni climatiche sulle biocenosi. In: Carli B., Cavarretta G., Colacino M. & Fuzzi S. (Eds). *Clima e*

---

cambiamenti climatici: le attività di ricerca del CNR, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Italy. 605-608.

Gallorini M. (2000). Trace Elements in Atmospheric Pollution Processes: the contribution of the Neutron Activation Analysis. In: Spurny K.R. (Ed). *Aerosol Chemical Processes in the Environment*. Lewis CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. 22: 431-455.

## Lavori divulgativi

Bergamaschi L., Rizzio E., Profumo A. & Gallorini M. (2003). Simultaneous trace elements monitoring by INAA in urban air particulate matter and in transplanted lichens. *Proceedings VI International conference on methods and applications of radioanalytical chemistry*. Kailua-Kona, Hawaii, USA, 7-11 April, 2003. 85.

Bergamaschi L., Rizzio E., Giaveri G., Verza P., Profumo A. & Gallorini M. (2003). INAA for the determination of trace elements and evaluation of their enrichment factors in lichens of high altitude areas. *Proceedings VI International conference on methods and applications of radioanalytical chemistry*. Kailua-Kona, Hawaii, USA, 7-11 April, 2003. 83.

Bergamaschi L., Rizzio E., Valcuvia M.G., Verza G., Profumo A. & Gallorini M. (2003). Trace Elements Determination in Himalayan Lichens. *Proceedings Biomonitoring of Atmospheric pollution-BioMAP II*. Azores Islands, Portugal, 28 August – 3 September 2000. 317-325.

Bonasoni P., Laj P., Cristofanelli P., Marinoni A., Bonafè U., Calzolari F., Roccatò F., Vuillermoz E., Arduini J. & Maione M. (2007). High Mountain Observatories for monitoring gases and aerosol properties in Himalaya and Apennine regions. *Proceedings Global Change, Environment, Sustainable development of the society and high mountain observatories network BEOBAL Conference*, Gyulechista, Bulgaria, 21-25 March, 2007. 32-39.

Bonasoni P. (2005). Le stazioni di ricerca in alta quota per lo studio dell'atmosfera. *Atti Il K2 cinquant'anni dopo. La Ricerca Scientifica negli ambienti estremi*, Rome, Italy, 17 December, 2004. Il Veltro Editrice, Rome, Italy, 185-188.

Bonasoni P., Vuillermoz E., Toffolon R., Laj P., Salerno F., Tartari G. & Lami A. (2009). The SHARE Project: Mountain climatic observations at high altitude. *Proceedings 6th International Scientific Conference on the global energy and water cycle and 2nd integrated land eco system – Atmosphere processes study (iLEAPS) science conference*, Melbourne, Australia, 24-28 August 2009. 2: 675-676.

Boselli A.M., Caravello G.U. & Baroni A. (2004). Environmental quality of Upper Mustang: population, water and tourism. *International Conference on The Great Himalayas: Climate, Health, Ecology, Management and Conservation*, Kathmandu, Nepal, 12-15 January, 2004. <http://www.aehms.org/hima02.html>.

Boselli A.M., Caravello G.U., Bresolin C., Giacomini F. & Baroni A. (2003). The ecosystem health in upper Mustang (Nepal): some considerations. *Proceedings International Seminar on Mountains*, Kathmandu, Nepal, 6-8 March, 2002. Royal Nepal Academy of Science and Technology, Kathmandu, Nepal. 478-484.

Bovio S. & Manca M. (2009). Rotifers from a lake in Nepalese Himalayas: living community and biotic reservoir in the egg bank. *XII Rotifera*. Poster. Berlino, Germania, 16-21 agosto 2009.

Caravello G.U., Bilo F., Boselli A.M., Bresolin C., Giacomini F., Turin P. & Baroni A. (2003). Characterization of the Environmental Quality of Water-Rivers in the Khumbu Valley (Sagarmatha National Park) by Biocenotic Indexes. *Proceedings International Seminar on Mountains*, Kathmandu, Nepal, 6-8 March, 2002. Royal Nepal Academy of Science and Technology, Kathmandu, Nepal. 236-244.

Carosi R., Pertusati P.C. & Visonà D. (1997). Geologia del Cristallino dell'Alto Himalaya e del Tibet meridionale nella regione del Cho-Oyu, Everest e Makalu (Nepal orientale). *Acqua & Aria*, 5: 84-87.



- 
- Cristofanelli P., Bonasoni P., Marinoni A., Bonafè U., Calzolari F., Duchi R., Roccato F., Malaspina F., Lauria L. & Vuillermoz E. (2009). The Mt. Cimone high elevation station (2165 m a.s.l., Italy) for atmospheric research. Proceedings 6th International Scientific Conference on the global energy and water cycle and 2nd integrated land eco system – Atmosphere processes study (iLEAPS) science conference, Melbourne, Australia, 24-28 August 2009. 2: 676-677.
- Da Polenza A., Vuillermoz E., Verza G.P., Cortinovis A., Bonasoni P. & Tartari G. (2009). SHARE EVEREST, The highest (8,000 m a.s.l.) automatic weather station of the world: South Col, Mt. Everest, Nepal. Technical characteristics and preliminary results. Proceedings 6th International Scientific Conference on the global energy and water cycle and 2nd integrated land eco system – Atmosphere processes study (iLEAPS) science conference, Melbourne, Australia, 24-28 August 2009. 2: 678-679.
- de Bernardi R. & Vuillermoz E. (2006). Ev-K2-CNR SHARE-Asia Project: a case study of interdisciplinary environmental research in the framework of international scientific cooperation. Euro Arab 2006, Kuwait City, Kuwait, 27-29 November, 2006. 869-877.
- Diolaiuti G., Smiraglia C., Verza G.P., Chillemi R. & Meraldi E. (2009). La rete micro-meteorologica glaciale lombarda: un contributo alla conoscenza dei ghiacciai alpini e delle loro variazioni recenti. Atti Conferenza Clima e Ghiacciai L'evoluzione delle Risorse Glaciali in Lombardia, Milan, Italy, 17 November 2007. 75-98.
- Duchi R., Bonasoni P., Cristofanelli P., Marinoni A., Bonafè U., Calzolari F., Roccato F., Arduini J., Maione A., Cacciari A., Di Nicolantonio W. & Vuillermoz E. (2009). Intercontinental forest fire plume observations at Mt. Cimone high elevation station (Italy). Technical characteristics and preliminary results. Proceedings 6th International Scientific Conference on the global energy and water cycle and 2nd integrated land eco system – Atmosphere processes study (iLEAPS) science conference, Melbourne, Australia, 24-28 August 2009. 2: 681-682.
- Fuzzi S., Bonasoni P. & Maione M. (2009). Atmospheric Composition Change and Climate in High Mountain Areas. Proceedings of the International Conference Mountains as Early Indicators of Climate Change, Padova, Italy 17-18 April 2008. 31-41.
- Giaveri G., Bergamaschi L., Rizzio R., Verza G., Zambelli G., Brandone A., Profumo A., Baudo R., Tartari G. & Gallorini M. (2003). INAA at the top of the world: elemental characterization and analysis of airborne particulate matter collected in Himalayas at 5,100 m high. Proceedings VI International conference on methods and applications of radioanalytical chemistry. Kailua-Kona, Hawaii, USA, 7-11 April, 2003. 83-84.
- Lami A. (2005). I Laghi remoti come sensori dei cambiamenti climatici. Atti Il K2 cinquant'anni dopo. La Ricerca Scientifica negli ambienti estremi, Rome, Italy, 17 December, 2004. Il Veltro Editrice, Rome, Italy, 111-126.
- Lami A. (2008). Ev-K2-CNR: 20 anni di ricerca scientifica nel Sagarmatha National Park. Atti Convegno "Economia agraria e pianificazione economica territoriale nel Parco nazionale del Sagarmatha (Everest, Nepal)", Perugia, Italy, 25-26 September 2008. 20-29.
- Lovari S. & Pezzo F. (2008). Il ritorno del leopardo delle nevi sull'Everest. Atti Convegno "Economia agraria e pianificazione economica territoriale nel Parco nazionale del Sagarmatha (Everest, Nepal)", Perugia, Italy, 25-26 September 2008. 41-43
- Lovari S., Bahadur S. & Roberto B. (2011). Notes on the Large Mammal Community of Sagarmatha National Park (Nepal). Proceeding International Karakorum Conference, Islamabad, Pakistan, 25-27 April, 2005. Pakistan Academy of Geological Science, Islamabad, Pakistan, 225-230.
- Luciani F. & Melis M.T. (2005). L'uso del telerilevamento satellitare per una corretta analisi degli impatti ambientali del turismo, nel Parco Nazionale del Sagarmatha (Nepal). Atti IX Conferenza ASITA, Catania, Italy, 15-18 Novembre, 2005. 2: 1399-1404.
- Luciani F. & Micheli S. (2010). Indagine economico ambientale sul Parco Nazionale del Sagarmatha (Everest, Nepal). Dalla cartografia delle unità di copertura del suolo, alla definizione di una matrice

- 
- di capitale naturale, attraverso l'uso del telerilevamento satellitare. Atti 14a Conferenza Nazionale ASITA, Brescia, Italy, 9-12 November, 2010.
- Luciani F., Melis M.T. & Pierantozzi M. (2006). Prima analisi degli impatti ambientali causati dall'antropizzazione nel Parco Nazionale del Sagarmatha (Everest), attraverso il telerilevamento satellitare. Atti X Conferenza Nazionale ASITA, Bolzano, Italy, 14-17 November, 2006. 2: 1315-1320.
- Marinoni A., Cristofanelli P., Duchi R., Calzolari F., Roccato F., Bonasoni P., Laj P. & Vuillermoz E. (2009). Two-Years black carbon observations at Nepal Climate Observatory at Pyramid (Nepal, 5079 m a.s.l.). Proceedings 6th International Scientific Conference on the global energy and water cycle and 2nd integrated land eco system – Atmosphere processes study (iLEAPS) science conference, Melbourne, Australia, 24-28 August 2009. 2:686-687.
- Melis M.T., Anfodillo T., Smiraglia C., Diolaiuti G.A., D'Agata C., Dessì F., Ficetola F., Salerno F., Basani M., Cucillato E., Shrestha B. & Bajracharya B. (2008). Remote sensing application for management planning in Central Karakoram National Park, Pakistan. Proceedings XXI International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS) Congress Beijing, China, 3-11 July, 2008. IAPRS, Vol. XXXVII, ISSN: 1682-1750: 1103-1108.
- Oggioni A., Giardino C., Yan H., Bresciani M. & Lami A. (2009). Advanced remote sensing based methods for the assessment of the environmental status of lake waters in the Himalayan Region: the Case-Study of the Northern and Southern side of Mount Everest. Proceedings 6th International Scientific Conference on the global energy and water cycle and 2nd integrated land eco system – Atmosphere processes study (iLEAPS) science conference, Melbourne, Australia, 24-28 August 2009. 2:689.
- Pandey B., Ghimire P. & Agrawal V.P. (2004). Studies on Antibacterial Activity of Soil from Khumbu Region of Mount Everest. International Conference on The Great Himalayas: Climate, Health, Ecology, Management and Conservation, Kathmandu, Nepal, 12-15 January, 2004. <http://www.aehms.org/hima02.html>.
- Poretti G. (1997). Le scienze della Terra nel Progetto Ev-K2-CNR: geodesia e geofisica. *Acqua & Aria*, 5: 81-83.
- Poretti G., Mandler R. & Lipizer M. (2005). Exakte Bestimmung des Mount Everest. *Der Vermessungsingenieur*, 5: 416-423.
- Provenzale A. (2011). The Ev-K2-CNR SHARE Project Paprika-Karakoram: Cryospheric responses to anthropogenic pressures in the Hindu Kush – Karakoram – Himalaya regions: impact on water resources and availability. Atti delle Giornate di Studio “Impatto delle modificazioni climatiche su rischi e risorse naturali. Strategie e criteri d'intervento per l'adattamento e la mitigazione”, Bari, Italy, 10-11 March, 2011.
- Rizzio E., Bergamaschi L., Valcuvia M.G., Profumo A. & Gallorini M. (2003). Trace elements determination in lichens and in the airborne particulate matter for the evaluation of the atmospheric pollution of an Italian alpine region. Proceedings International Seminar on Mountains, Kathmandu, Nepal, 6-8 March, 2002. Royal Nepal Academy of Science and Technology, Kathmandu, Nepal. 595-599.
- Rizzio E., Bergamaschi L., Giaveri G., Baudo R., Verza P., Savini A., Brandoni A. & Gallorini M. (2003). Determination of trace elements and evaluation of their enrichment factors in Himalayan and Alpine lichens. Proceedings International Seminar on Mountains, Kathmandu, Nepal, 6-8 March, 2002. Royal Nepal Academy of Science and Technology, Kathmandu, Nepal. 600-605.
- Salerno F. & Viviano G. (2008). Ricerca scientifica e modellistica quali-quantitativa per la gestione delle aree protette: il caso del Parco Nazionale del Sagarmatha (Nepal). Atti Convegno “Economia agraria e pianificazione economica territoriale nel Parco nazionale del Sagarmatha (Everest, Nepal)”, Perugia, Italy, 25-26 September 2008. 30-40.

- 
- Salerno F., Cuccillato E., Muetzelfeldt R., Giannino F., Bajracharya B., Caroli P., Viviano G., Staiano A., Carteni F., Mazzoleni S. & Tartari G. (2008). Concept maps for combining hard and soft system thinking in the management of socio-ecosystems. Proceedings III International Conference on Concept Mapping (CMC2008), Tallinn, Estonia & Helsinki, Finland, 22-25 September, 2008. 1: 298-305.
- Salerno F., Tartari G., Smiraglia C., D'Agata C. & Melis M.T. (2009). The recent evolution of glaciers and lakes in the eastern Himalayas (Nepal) as witnesses of climate change. Proceedings 6th International Scientific Conference on the global energy and water cycle and 2nd integrated land eco system – Atmosphere processes study (iLEAPS) science conference, Melbourne, Australia, 24-28 August 2009. 2: 692-693.
- Singh D. & Agrawal V.P. (2003). Diversity of Actinomycetes of Lobuche in Mount Everest I. Proceedings International Seminar on Mountains, Kathmandu, Nepal, 6-8 March, 2002. Royal Nepal Academy of Science and Technology, Kathmandu, Nepal. 357-360.
- Smiraglia C. & Diolaiuti G. (2009). Lo stato di salute dei ghiacciai lomabardi: verso l'estinzione di una risorsa fondamentale? Atti Conferenza Clima e Ghiacciai L'evoluzione delle Risorse Glaciali in Lombardia, Milan, Italy, 17 November 2007. 29-53.
- Smiraglia C. (1997). L'attività della Sezione Glaciologia nell'ambito del progetto strategico Ev-K2-CNR. *Acqua & Aria*, 5: 95-97.
- Smiraglia C., Mayer C., Mihalcea C., Diolaiuti G., Belò M., Lambrecht A., Tamburini A., Tartari G. & Vuillermoz E. (2011). Glaciologica Investigations on Baltoro Glacier (Karakoram, Pakistan) performed during the last Italian Expedition "1954-2004: 50 years later". Proceeding International Karakorum Conference, Islamabad, Pakistan, 25-27 April, 2005. Pakistan Academy of Geological Science, Islamabad, Pakistan, 59-72.
- Tartari G. & Toffolon R. (2009). The high elevations of the world as key strategic areas in the regional and global energy and water budgets. Proceedings 6th International Scientific Conference on the global energy and water cycle and 2nd integrated land eco system – Atmosphere processes study (iLEAPS) science conference, Melbourne, Australia, 24-28 August 2009. 2:634-635.
- Tartari G. (2005). Integrazione e internazionalizzazione delle ricerche climatiche e ambientali in Himalaya e Karakorum. Atti Il K2 cinquant'anni dopo. *La Ricerca Scientifica negli ambienti estremi*, Rome, Italy, 17 December, 2004. Il Veltro Editrice, Rome, Italy, 86-110.
- Tartari G., Lami A., Salerno F. & Copetti D. (2009). I laghi attori attivi o passivi dei cambiamenti globali? Atti Conferenza Clima e Ghiacciai L'evoluzione delle Risorse Glaciali in Lombardia, Milan, Italy, 17 November 2007. 163-180.
- Tartari G., Ueno K. & Sugimoto S. (2009). Preliminary examination of data collected by SHARE EVEREST AWS at 8,000 m. a.s.l. Proceedings 6th International Scientific Conference on the global energy and water cycle and 2nd integrated land eco system – Atmosphere processes study (iLEAPS) science conference, Melbourne, Australia, 24-28 August 2009. 2: 695-696.
- Teti P., Vuillermoz E., Polesello S., Guzzella L., Roscioli C., Cozzi G., Cescon P., Valsecchi S., Comi M. & Tartari G. (2011). Chemical composition of fresh snow samples sinoptically collected on Mount Everest (nothern slope) and K2 (northern and southern scope) during May-July 2004. Proceeding International Karakorum Conference, Islamabad, Pakistan, 25-27 April, 2005. Pakistan Academy of Geological Science, Islamabad, Pakistan, 73-82.
- Ueno K., Tartari G., Toffolon R., Manfredi E. & Vuillermoz E. (2009). CEOP-High Elevations: present status and future scenario. Proceedings 6th International Scientific Conference on the global energy and water cycle and 2nd integrated land eco system – Atmosphere processes study (iLEAPS) science conference, Melbourne, Australia, 24-28 August 2009. 2: 696-697.
- Vuillermoz E., Tartari G., Baudo R., Lami A., Schommer B. (2006). The Ev-K<sup>2</sup>-CNR Project: 15 years of high altitude research on global change. In: Price M.F. (Ed). *Global Change in Mountain Regions*.

---

Proceedings Open science on global change in mountain regions, Perth, Scotland, 2-6 October, 2005. Sapiens Publishing, 70-71.

Vuillermoz E., Verza G.P., Toffolon R., Tartari G., Lami A. & Bonasoni P. (2009). The first SHARE – Automatic Weather Station (AWS) in Africa, Mt. Rwenzori (Uganda). Proceedings 6th International Scientific Conference on the global energy and water cycle and 2nd integrated land eco system – Atmosphere processes study (iLEAPS) science conference, Melbourne, Australia, 24-28 August 2009. 2: 698-699.

## **Tesi di laurea/dottorato**

Orsenigo Simone. 2009/2010. Tesi di Laurea Specialistica: “Risposta della flora periglaciale al riscaldamento climatico. Un caso di studio nelle Alpi Retiche”. Relatore: Dott. Marco Caccianiga. Correlatori: Prof. Graziano Rossi, Dott. Andrea Mondoni. Università degli Studi di Milano – Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali. pp. 69.

Minora Umberto Filippo. 2008/2009. Tesi di Laurea Triennale: “Analisi dei dati termici-pluviometrici registrati dalla stazione sopraglaciale AWS1 Forni nel quadriennio 2005/2009 e confronto con le climatologie ricostruite attraverso modelli climatologici-fisici”. Relatore: Dott.ssa Guglielmina Adele Diolaiuti. Correlatori: Prof. Maurizio Maugeri; Dott. Gianluca Lentini. Università degli Studi di Milano – Facoltà di scienze Matematiche, Fisiche e Naturali. pp. 58.

Cabini Emanuele. 2008/2009. Tesi di Laurea Specialistica: “Bioclimatologia del Parco Nazionale del Monte Everest (Sagarmatha National Park – Nepal)”. Relatore: Prof. Marco Acutis. Correlatori: Prof. Luigi Mariani, Dott. Gianni Tartari, Dott.ssa Elisa Vuillermoz. Università degli Studi di Milano – Facoltà di Agraria. 212.

Viviano Gaetano. 2007/2008. Tesi di Laurea Specialistica in Ingegneria per l’Ambiente e il Territorio: “Modellizzazione quali-quantitativa a supporto della gestione del Parco Nazionale del Sagarmatha (Nepal)”. Relatore: Prof. Martino Gatto. Correlatori: Dr. Gianni Tartari, Dr. Franco Salerno. Politecnico di Milano – Facoltà di Ingegneria Civile, Ambientale e Territoriale. pp. 271.

Ratto Paolo. 2006/2007. Tesi di laurea: “Conservazione e sviluppo in ambiente montano: gestione di acque, rifiuti ed energia nel Parco Nazionale del Rwenzori (Uganda)”. Relatore: Prof. Carlo Collivignarelli. Correlatori: Ing. Sabrina Sorlini; Ing. Fausta Prandini. Università degli Studi di Brescia – Facoltà di Ingegneria.

Maffioletti Matteo. 2005/2006. Tesi di laurea: “Caratterizzazione micrometeorologica di u ghiacciaio alpino: il ghiacciaio dei Forni in Alta Valtellina”. Relatore: Dott.ssa Guglielmina Adele Diolaiuti. Correlatori: Prof. Claudio Smiraglia; Eraldo Meraldi. Università degli Studi di Milano – Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali. pp. 51.

Toyotsu Kazuhiro. 2005/2006. Tesi di dottorato “Characteristics of local circulation in the Nepal Himalayas observed by Automatic Weather Stations”. Relatore: Kenichi Ueno. University of Tsukuba – Japan. pp. 45.

Bruccoleri Gabriele. 2005/2006. Tesi di laurea “Morfometria lacustre e copertura glaciale nel Parco Nazionale Sagarmatha (Nepal) durante il XX secolo”. Relatore: Prof. Claudio Smiraglia. Correlatori: Dr. Gianni Tartari, Dr. Franco Salerno, Dr. Elisa Buraschi. Università degli Studi di Milano – Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali. pp. 147.