UNA MONTAGNA DI VITA
Ecosistemi d'alta quota e cambiamenti climatici

Consiglio Nazionale delle Ricerche
AFNI
Ibex
NextData
Università di Pisa
Museo di Storia Naturale
Regione Toscana
Museo di rilevanza regionale

Andrea Lami e Michela Rogora
con il contributo dei colleghi del CNR IRSA di Verbania

I laghi montani, specchi dei cambiamenti globali

CNR Istituto di Ricerca sulle Acque (IRSA)
Verbania Pallanza
http://www.ise.cnr.it

IRSA CNR

L'Istituto di Ricerca sulle Acque – sede Verbania
Consiglio Nazionale delle Ricerche

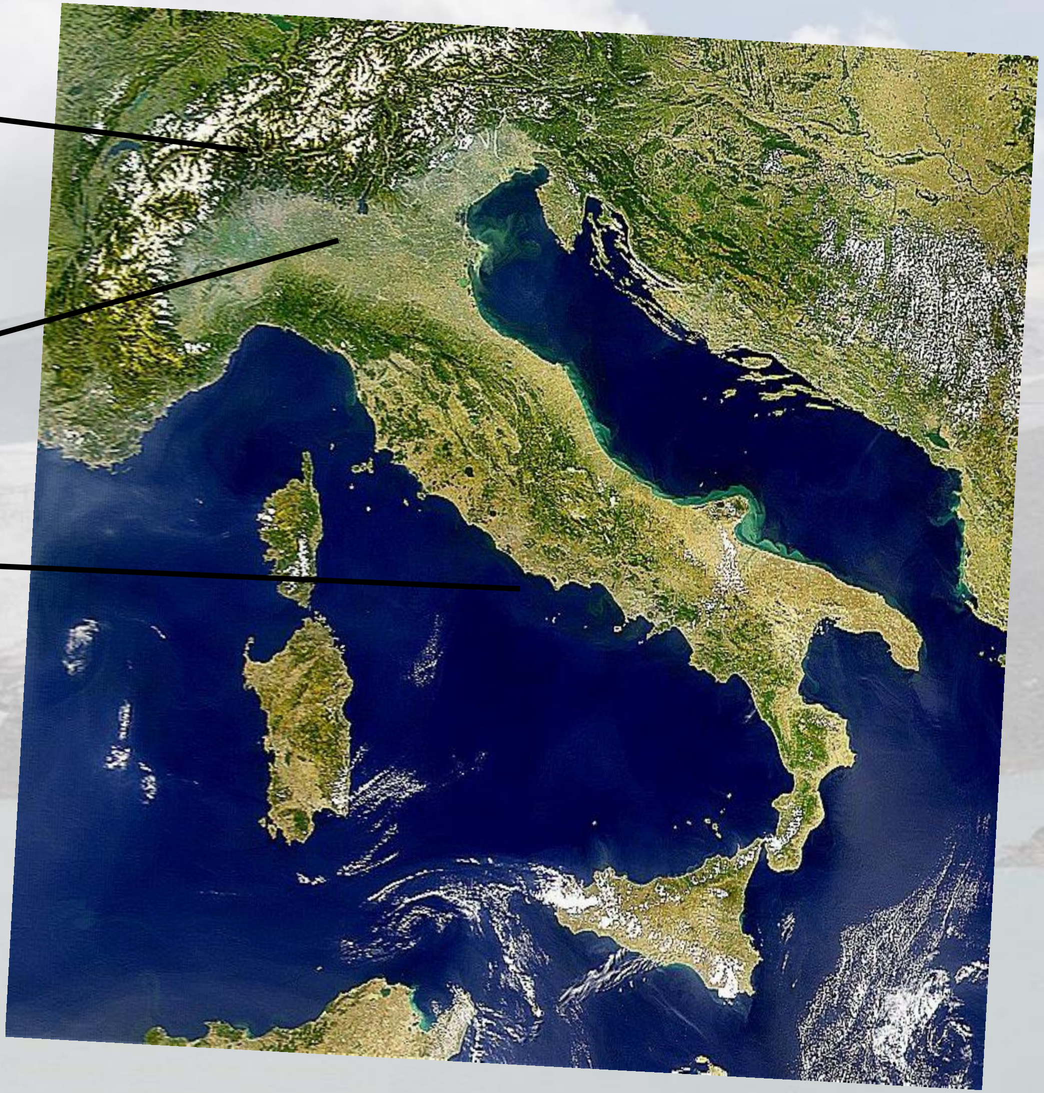
Personale:

Vi lavorano circa 50 persone (tempo indeterminato e determinato, borsisti, assegnisti, laureandi e dottorandi) nei settori scientifico, tecnico e amministrativo

Infrastrutture:

Laboratori (chimica, biologia, microbiologia)
Biblioteca (libri, riviste, miscellanea)
Imbarcazioni
Strumentazione per campionamenti e misure in campo

Principali ambienti studiati in Italia…



Laghi alpini d'alta quota

Laghi profondi subalpini (Maggiore, Orta, Lugano, Como, Iseo, Garda)

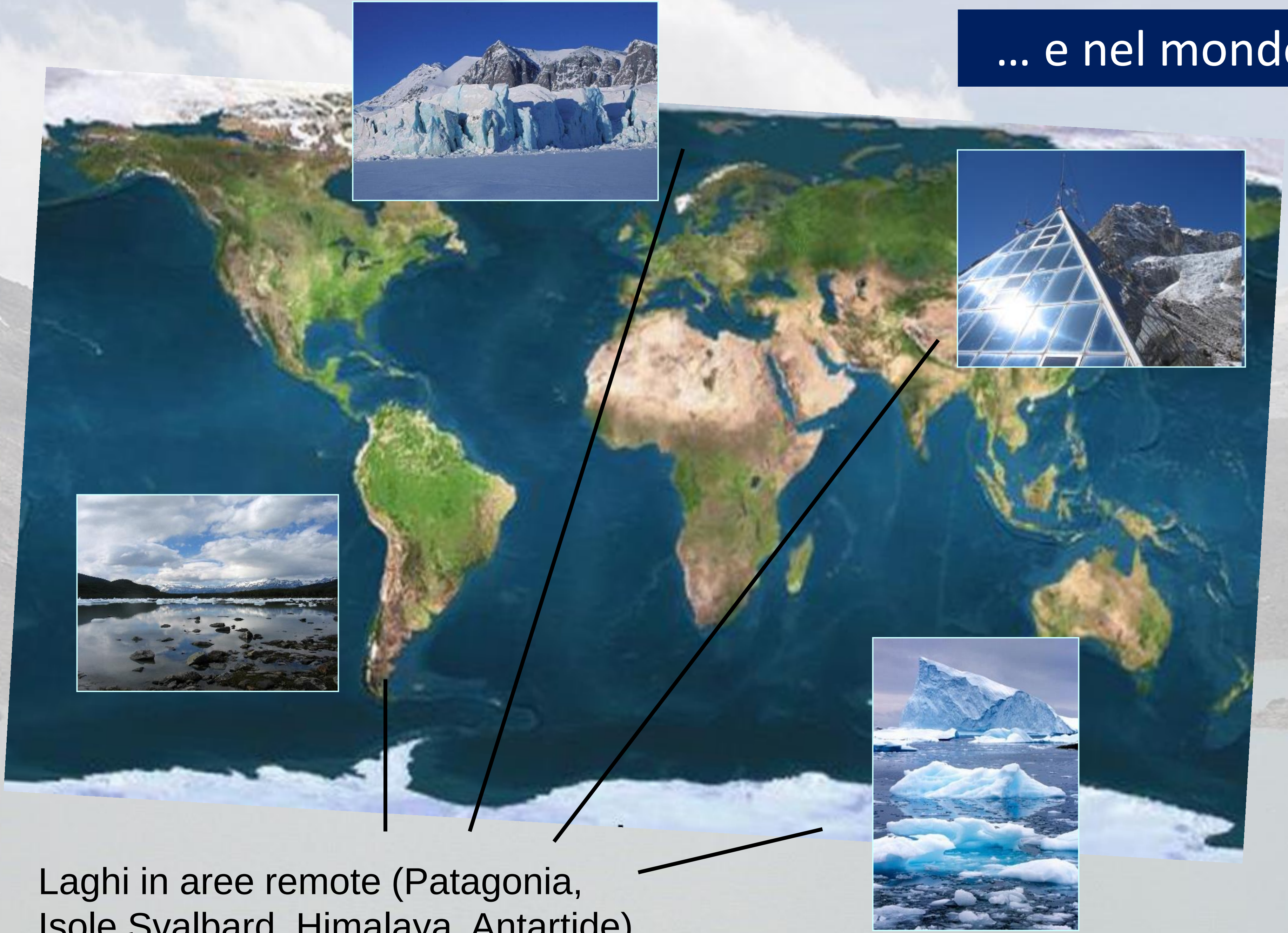
Laghi vulcanici dell'Italia Centrale

Inoltre:

Altri laghi minori e corsi d'acqua

Deposizioni atmosferiche sull'arco alpino e in più di 20 aree forestali

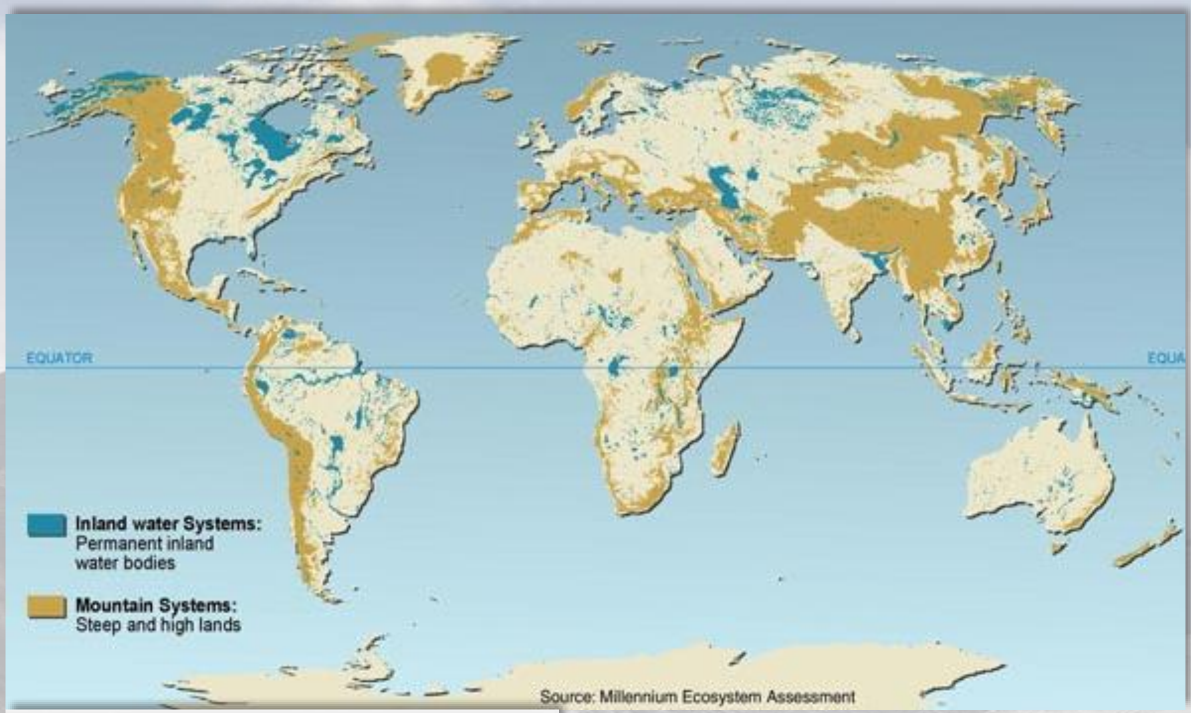
… e nel mondo



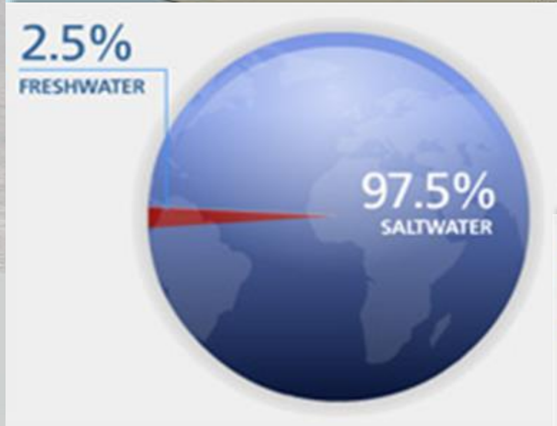
Laghi in aree remote (Patagonia, Isole Svalbard, Himalaya, Antartide)

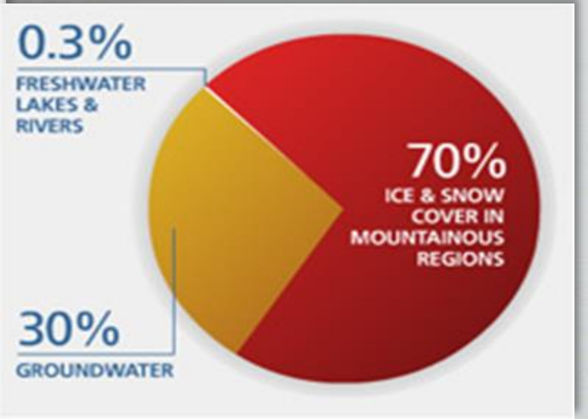
Water towers

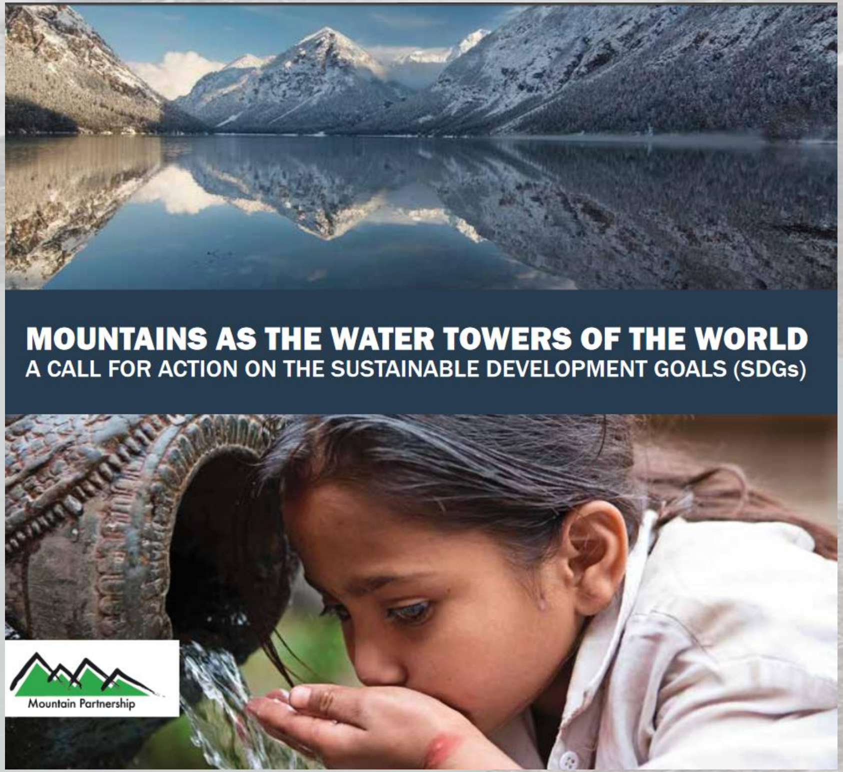
- ✓ Le montagne “catturano” acqua dall’atmosfera e la accumulano sotto forma di neve e ghiaccio, che vanno ad alimentare corsi d’acqua e laghi
- ✓ Metà della popolazione mondiale dipende dalle montagne per l’acqua potabile o per l’energia idrolettrica


EQUATOR
EQUA
Inland water Systems: Permanent inland water bodies
Mountain Systems: Steep and high lands

Source: Millennium Ecosystem Assessment







MOUNTAINS AS THE WATER TOWERS OF THE WORLD

A CALL FOR ACTION ON THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS (SDGs)

Mountain Partnership

Laghi di pianura

Variabilità meteo-climatica meno accentuata e mitigata dal lago stesso

Varie forme di disturbo antropico

Reti trofiche complesse

Laghi di montagna

Condizioni meteo-climatiche «estreme»

Disturbo antropico limitato o indiretto

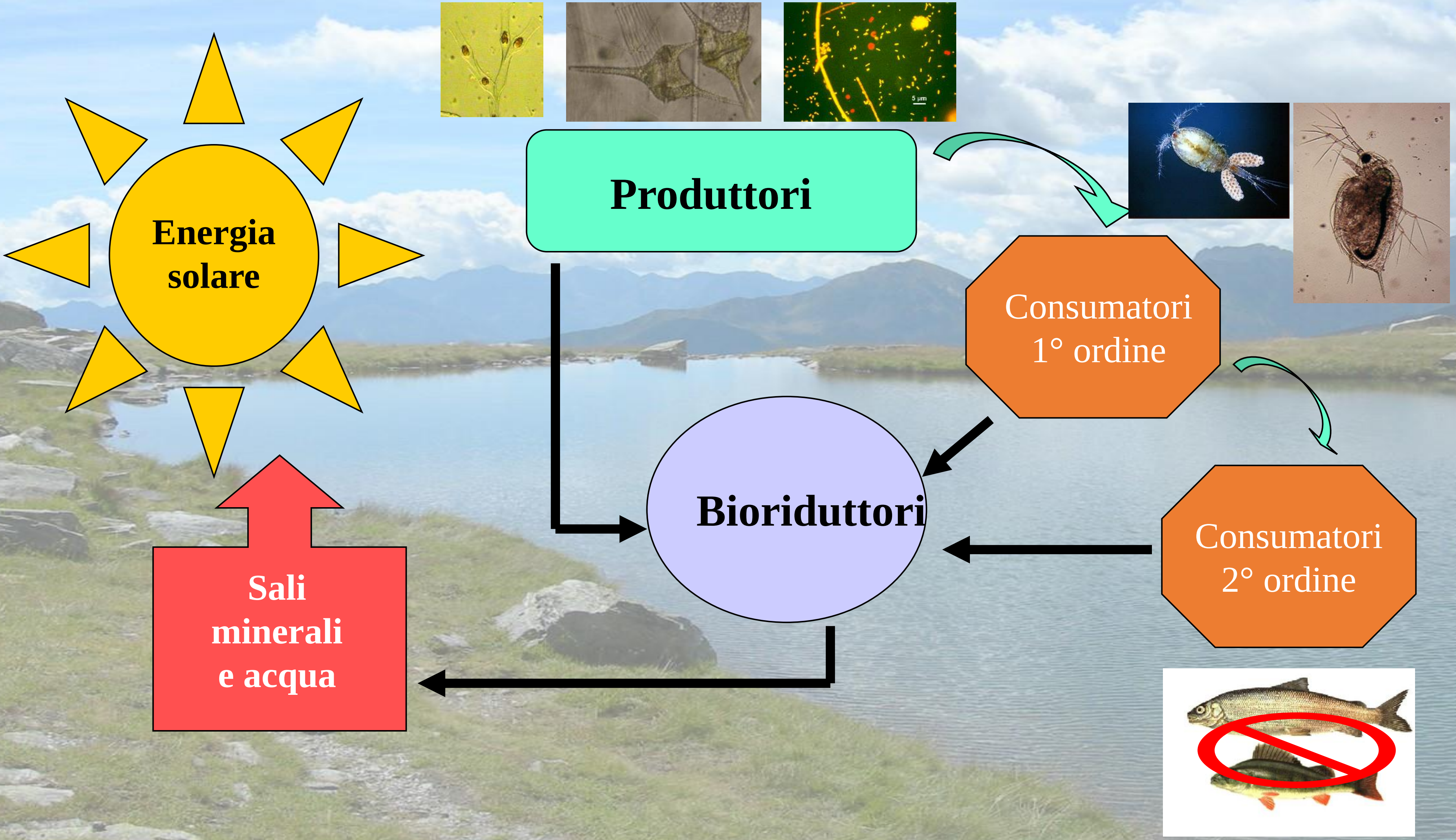
Reti trofiche semplificate

CAMBIAMENTI CLIMATICI

Effetti per lo più indiretti
Interazione con altri fattori
Lag temporale nelle risposte

Effetti sia diretti che indiretti
Laghi come indicatori

La catena alimentare in un lago alpino



Energia solare

Produttori

Consumatori 1° ordine

Consumatori 2° ordine

Bioriduttori

Sali minerali e acqua

Le attività di ricerca

- ✓ 1938 – 1951: utilizzo dei laghi alpini per capire le connessioni tra lago e bacino imbrifero
- ✓ 1951 - 1983: i laghi alpini come laboratori naturali per verificare teorie ecologiche e per studi biogeografici
- ✓ 1984 - oggi: i laghi alpini come indicatori per studiare la risposta alle pressioni antropiche

I laghi alpini come indicatori

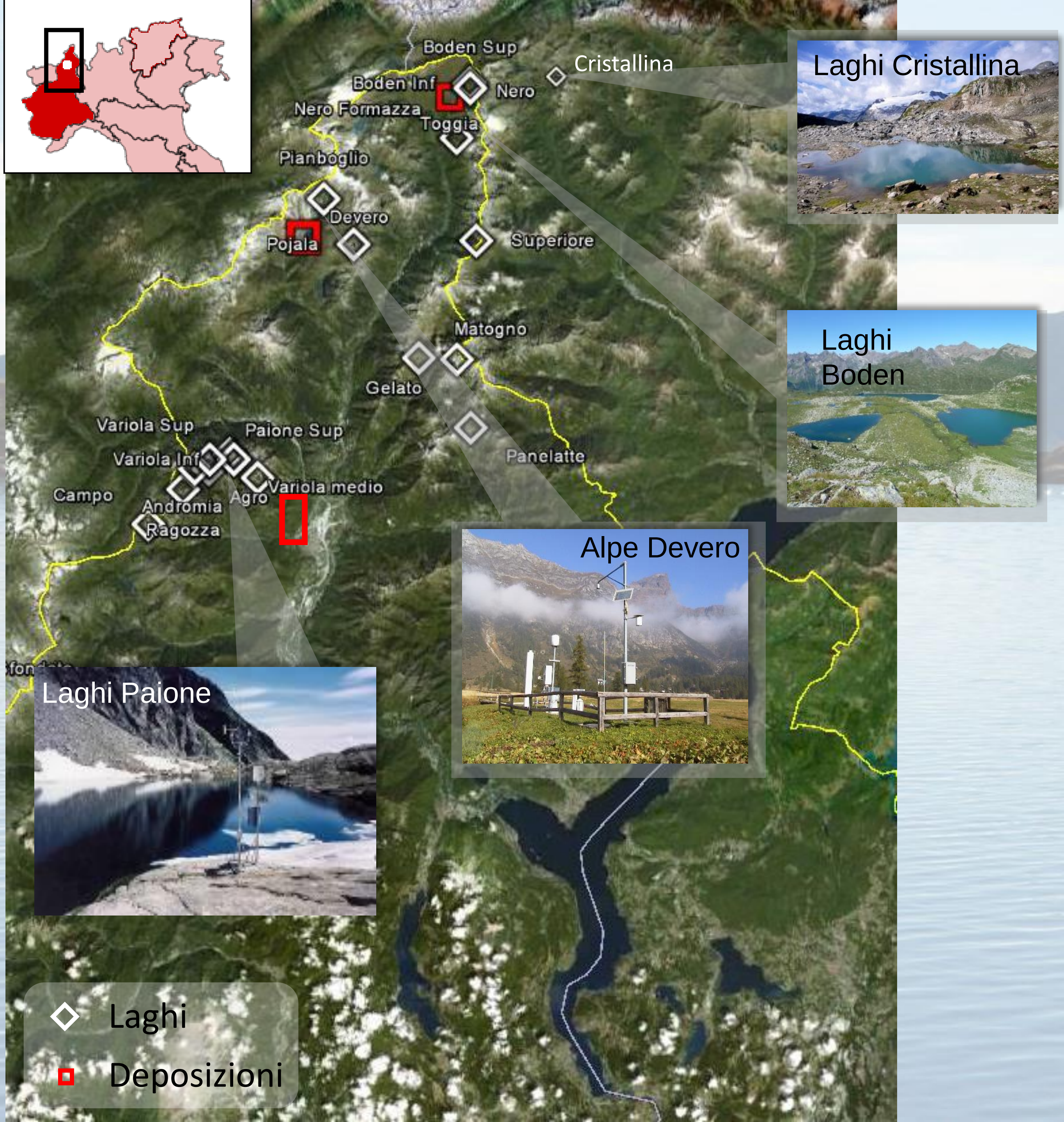
✓ Non interessati da disturbo antropico diretto (e.g. scarichi urbani ed industriali, agricoltura)

✓ Soggetti alla deposizione di inquinanti atmosferici trasportati con le masse d’aria dalle zone industrializzate/urbanizzate

✓ Soggetti a condizioni climatiche estreme, fortemente influenzati dalle caratteristiche dei bacini imbriferi (pendenza, copertura litologica, idrologia)

Indicatori dei cambiamenti globali,
come la deposizione di inquinanti atmosferici
(composti acidificanti e a azoto)
e le variazioni climatiche

Le ricerche CNR IRSA, Verbania


Boden Sup
Cristallina
Boden Inf
Nero
Nero Formazza
Toggia
Pianboglio
Devero
Pojala
Superiore
Matogno
Gelato
Variola Sup
Paione Sup
Variola Inf
Panelatte
Variola medio
Campo
Andromia
Agro
Ragozza
Laghi Cristallina
Laghi Boden
Alpe Devero
Laghi Paione
◇ Laghi
🟥 Deposizioni

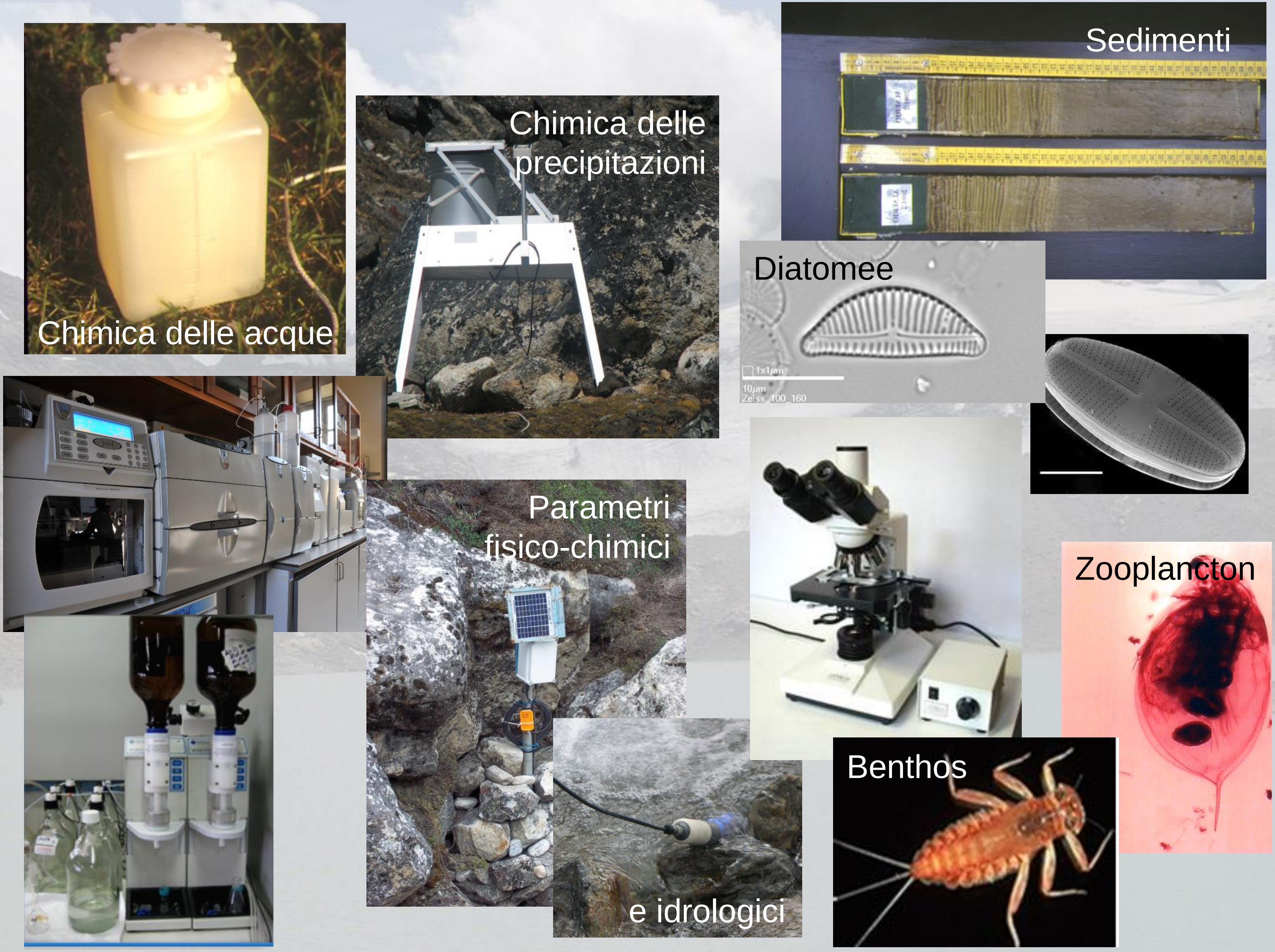
Caratteristiche chimiche (e biologiche) dei laghi dagli anni ‘70 – ‘80

Chimica delle deposizioni atmosferiche dagli anni ‘70-‘80

Dati meteo da stazioni ARPA Piemonte e ENEL

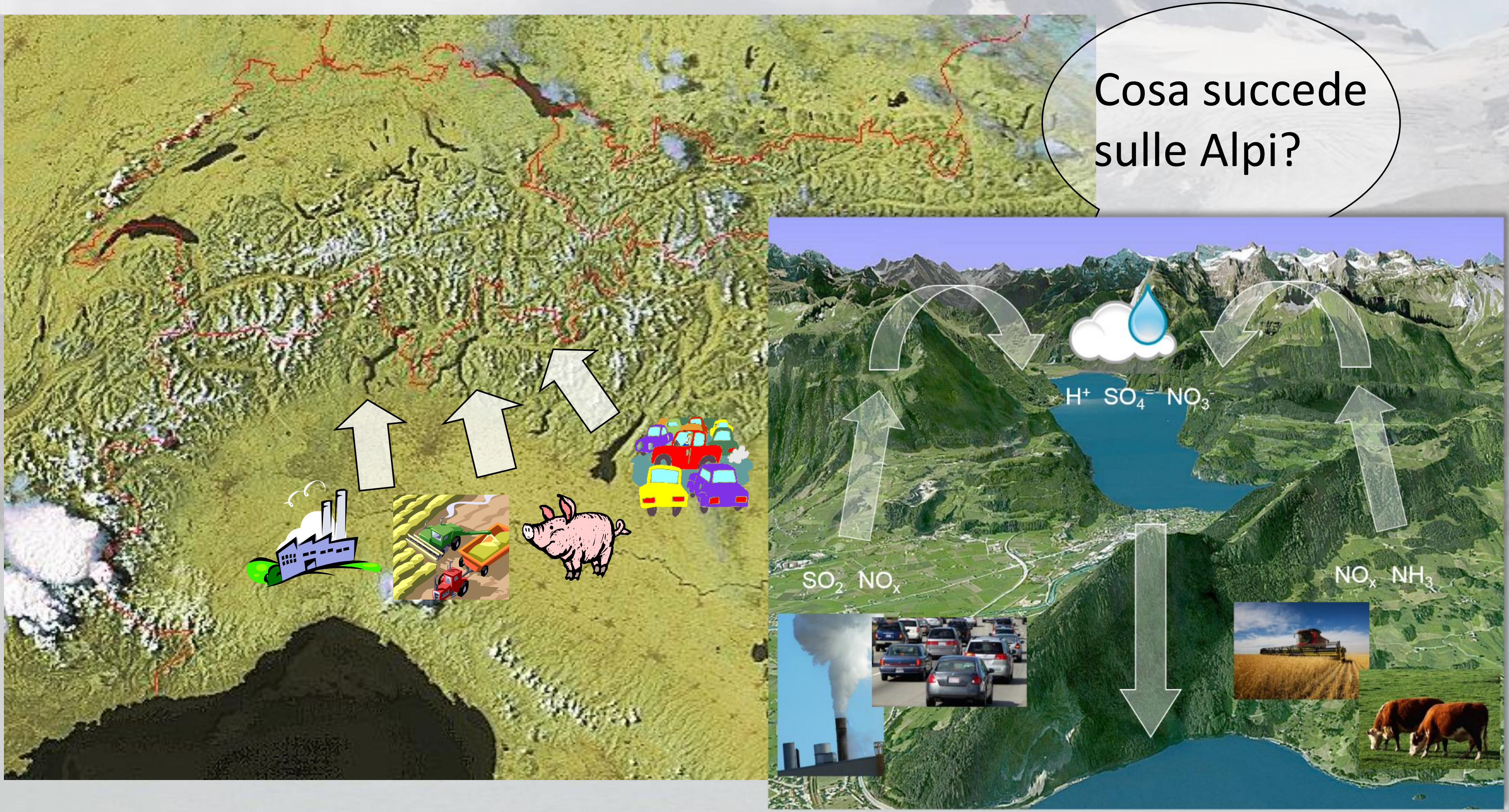
Campionamenti

Variabili

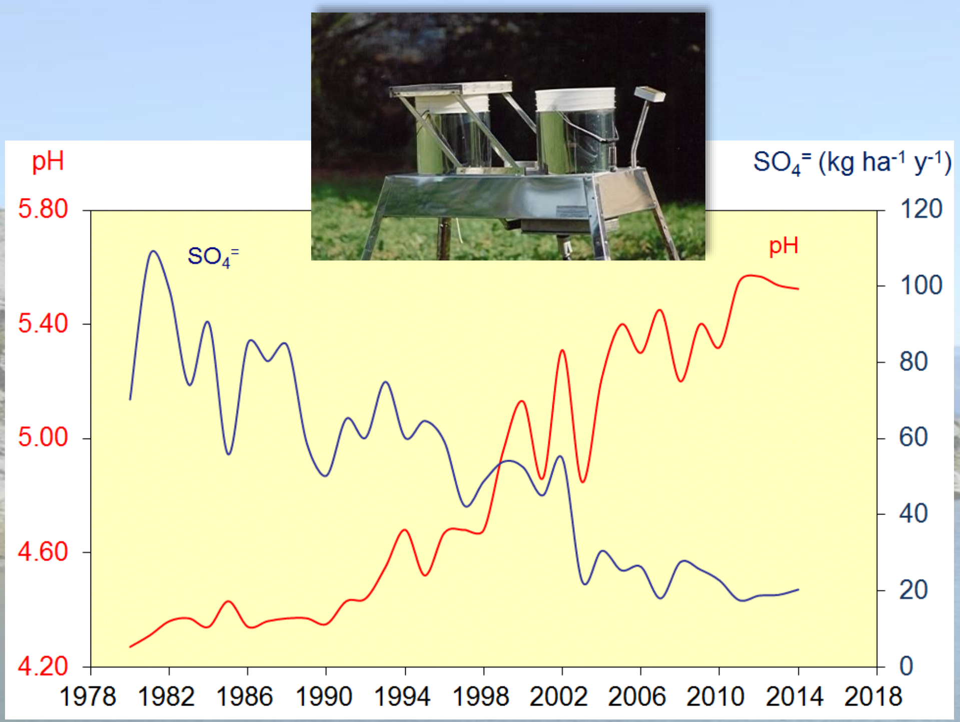

Chimica delle acque
Chimica delle precipitazioni
Sedimenti
Diatomee
1x1μm
10μm
Zeiss 100 160
Parametri fisico-chimici
e idrologici
Zooplancton
Benthos

Un inquinamento che arriva da lontano

Gli inquinanti, emessi in aree fortemente antropizzate, possono viaggiare per km insieme alle masse d’aria, raggiungendo le aree remote, e venire qui ridepositati attraverso le deposizioni (“Long-range Transboundary Air Pollution”)

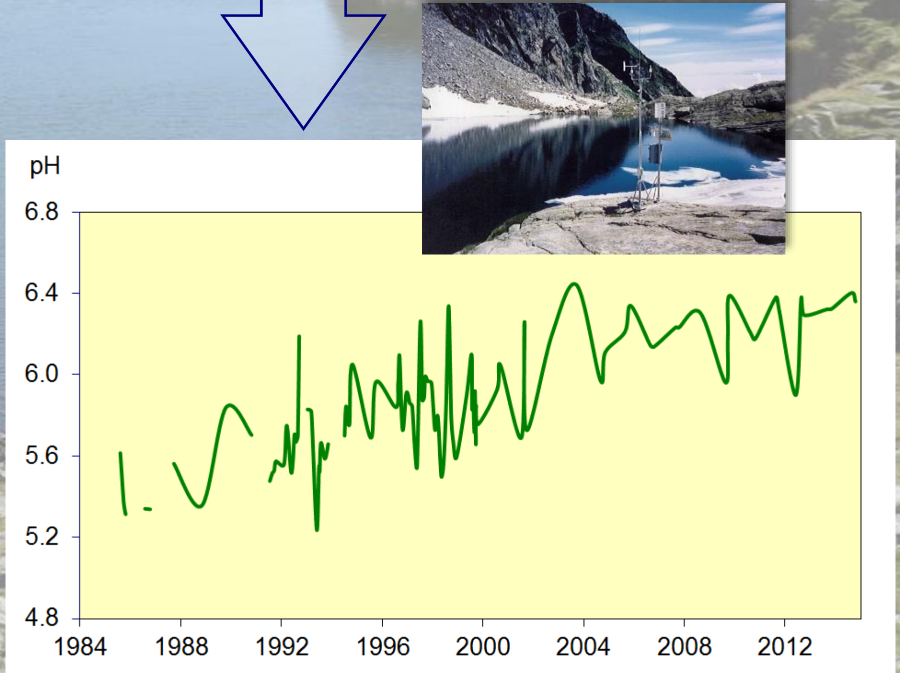

Cosa succede sulle Alpi?
H^+ $SO_4^=$ NO_3^-
SO_2 NO_x
NO_x NH_3

L’acidificazione e la ripresa dei laghi alpini: una storia di successo



Riduzione emissioni

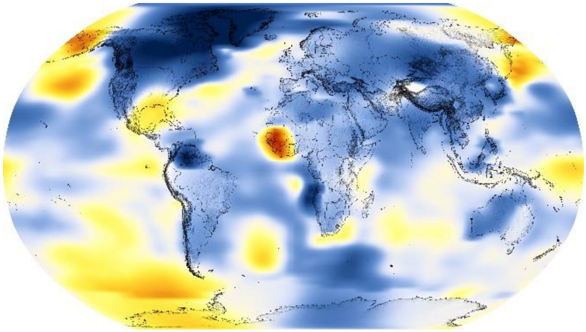
Oggi le piogge non sono piu’ “acide”,
ma rappresentano comunque un veicolo
di altri inquinanti (composti azotati, metalli
pesanti, microinquinanti organici)
agli ecosistemi, soprattutto in aree remote



I cambiamenti climatici sulle Alpi

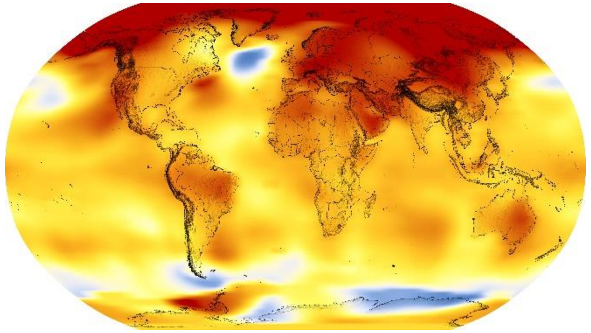
Le variazioni termiche sulle Alpi sono molto più marcate rispetto a quelle a scala globale ed emisferica e si prevede che il riscaldamento climatico nei prossimi decenni sia più intenso nelle regioni di montagna rispetto alle aree di bassa quota (IPCC, 2001)

1880-1900

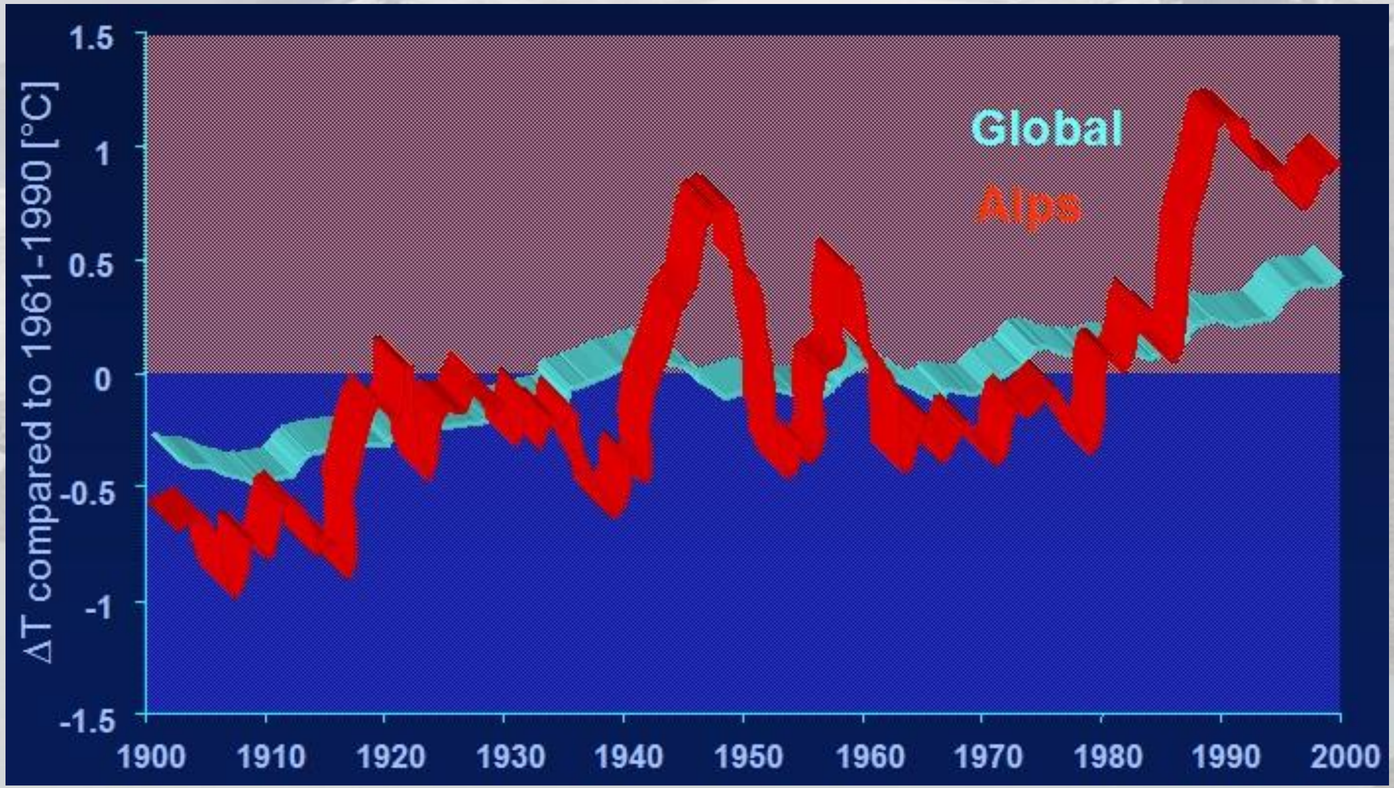


Temperature change (1951-1980 baseline)

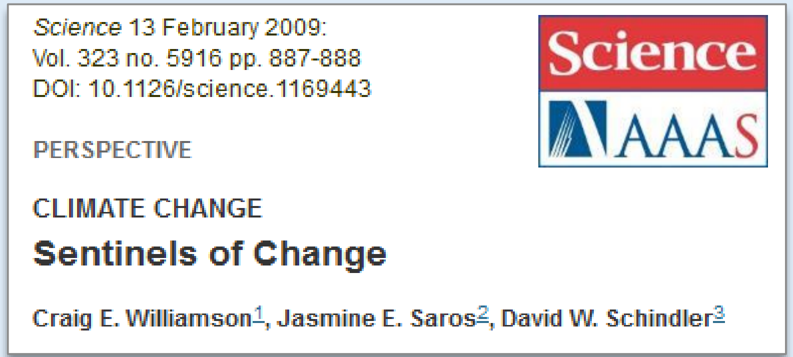
2014-2018



NASA’s Scientific Visualization Studio



Laghi come sentinelle dei cambiamenti climatici



Science 13 February 2009:
Vol. 323 no. 5916 pp. 887-888
DOI: 10.1126/science.1169443

PERSPECTIVE

CLIMATE CHANGE

Sentinels of Change

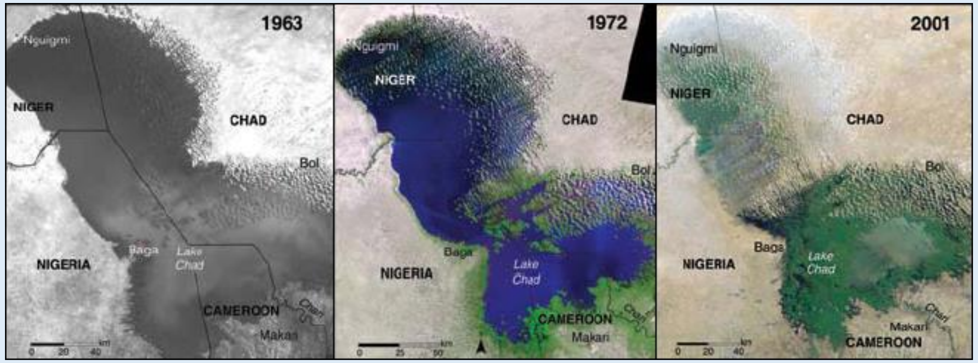
Craig E. Williamson[1], Jasmine E. Saros[2], David W. Schindler[3]

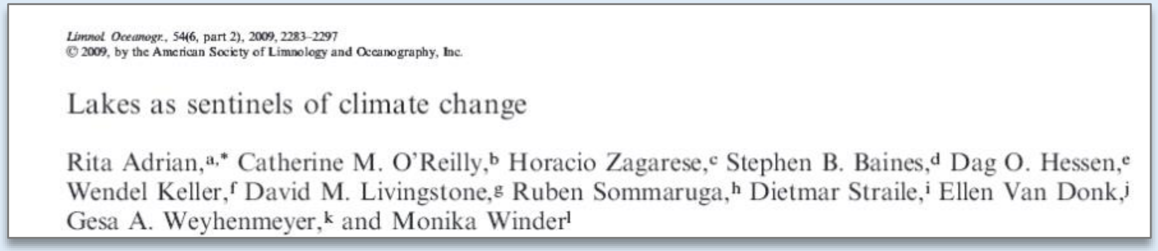
Science
AAAS

Riscaldamento delle acque

Durata della copertura ghiacciata

Riduzione di livello e superficie


1963
1972
2001
Nguigmi
NIGER
CHAD
Bol
NIGERIA
Baga
Lake Chad
CAMEROON
Chari
Makari
km
0 20 40
0 25 50



Limnol. Oceanogr., 54(6, part 2), 2009, 2283–2297
© 2009, by the American Society of Limnology and Oceanography, Inc.

Lakes as sentinels of climate change

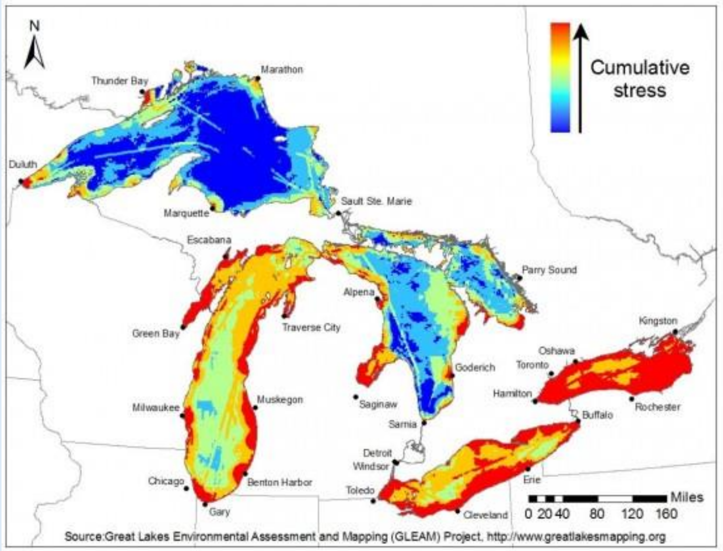
Rita Adrian,[a,*] Catherine M. O'Reilly,[b] Horacio Zagarese,[c] Stephen B. Baines,[d] Dag O. Hessen,[e] Wendel Keller,[f] David M. Livingstone,[g] Ruben Sommaruga,[h] Dietmar Straile,[i] Ellen Van Donk,[j] Gesa A. Weyhenmeyer,[k] and Monika Winder[l]

Eutrofizzazione

Fioriture algali

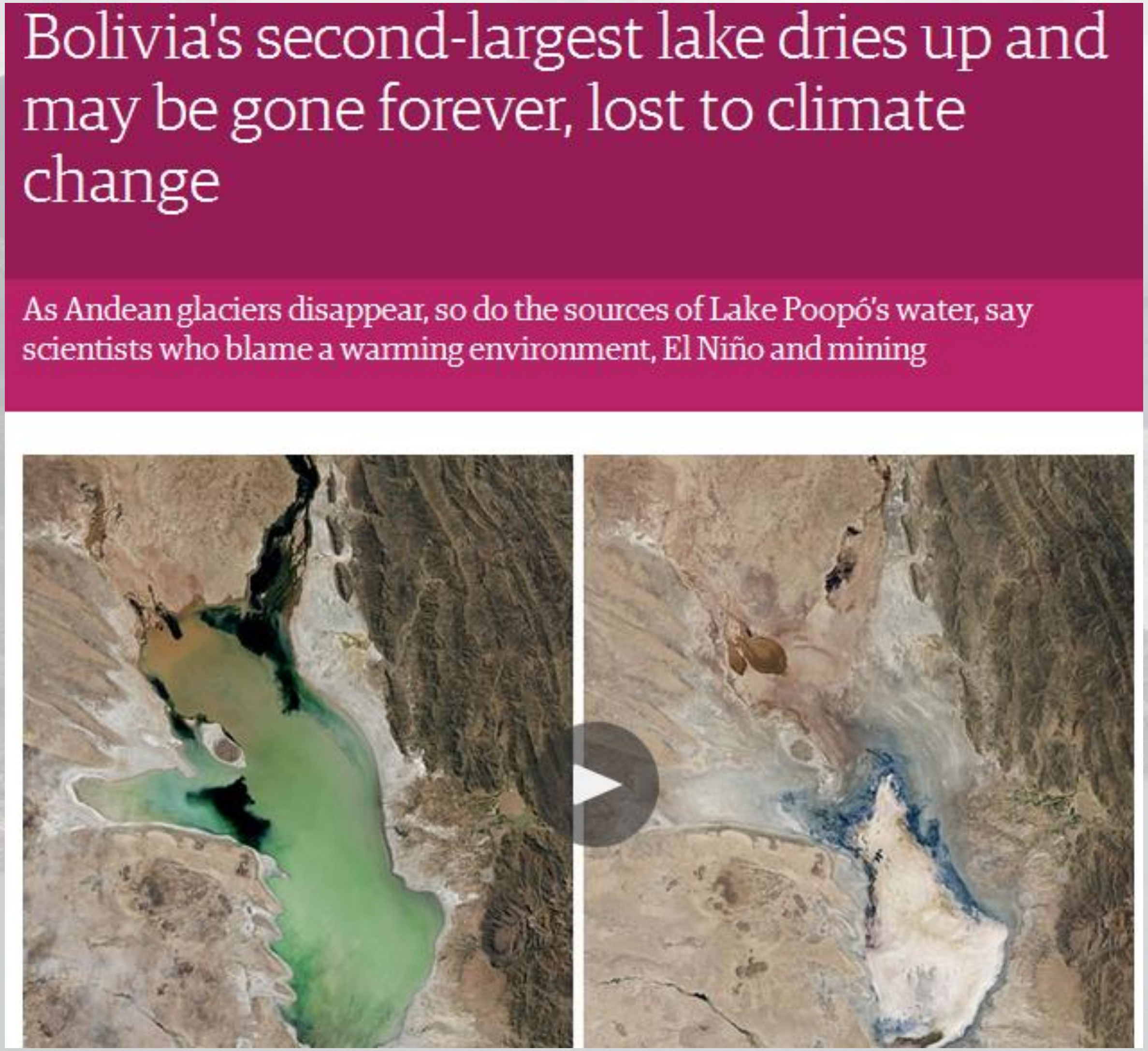
Produttività

Biodiversità


N
Cumulative stress
Thunder Bay
Marathon
Duluth
Marquette
Sault Ste. Marie
Escabana
Parry Sound
Alpena
Green Bay
Traverse City
Kingston
Oshawa
Toronto
Goderich
Hamilton
Milwaukee
Muskegon
Saginaw
Rochester
Buffalo
Sarnia
Detroit
Windsor
Chicago
Benton Harbor
Toledo
Erie
Gary
Cleveland
Miles
0 20 40 80 120 160

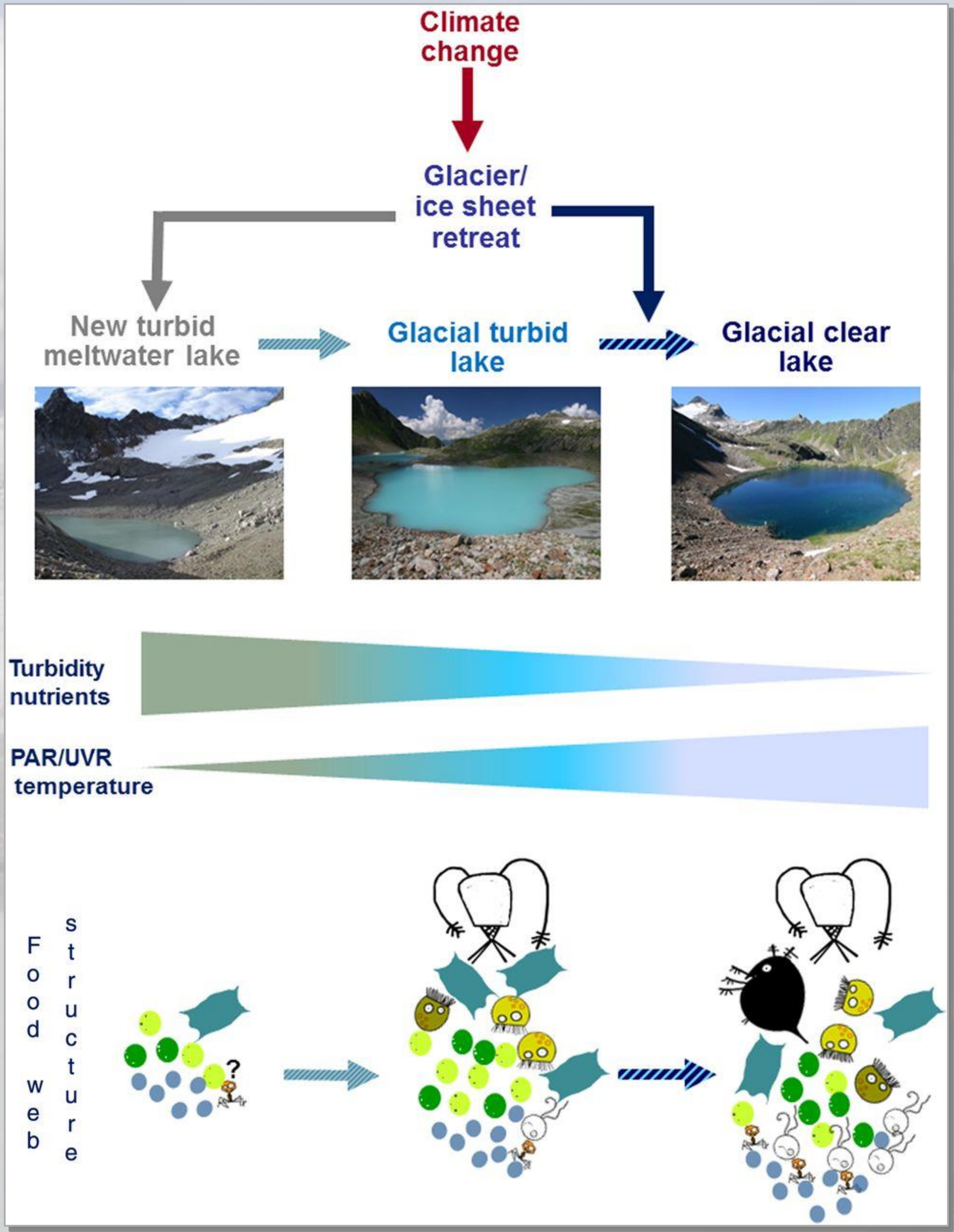
Source:Great Lakes Environmental Assessment and Mapping (GLEAM) Project, http://www.greatlakesmapping.org

Cambiamenti «macro» e «micro»



Bolivia's second-largest lake dries up and may be gone forever, lost to climate change

As Andean glaciers disappear, so do the sources of Lake Poopó's water, say scientists who blame a warming environment, El Niño and mining



Climate change

Glacier/ ice sheet retreat

New turbid meltwater lake

Glacial turbid lake

Glacial clear lake

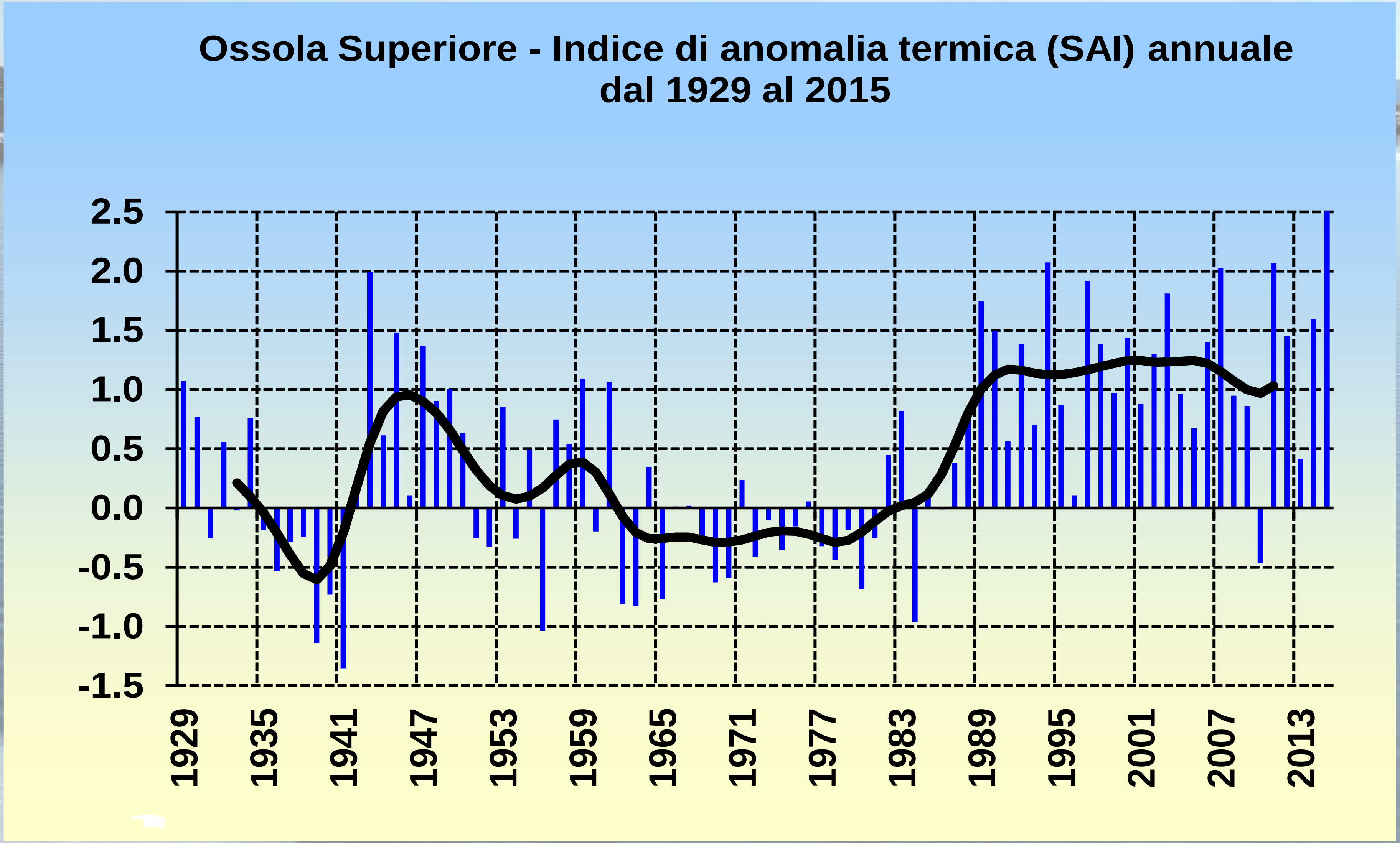
Turbidity nutrients

PAR/UVR temperature

Food web structure

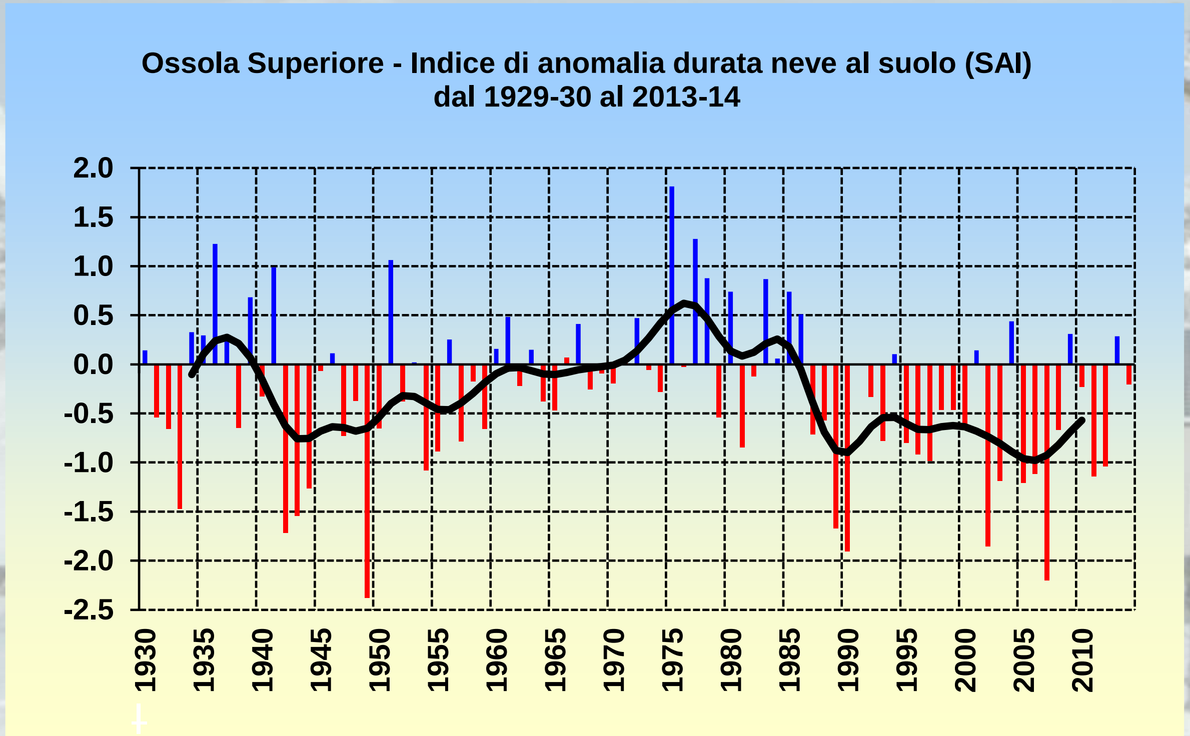
Ruben Sommaruga J. Plankton Res. 2015;37:509-518

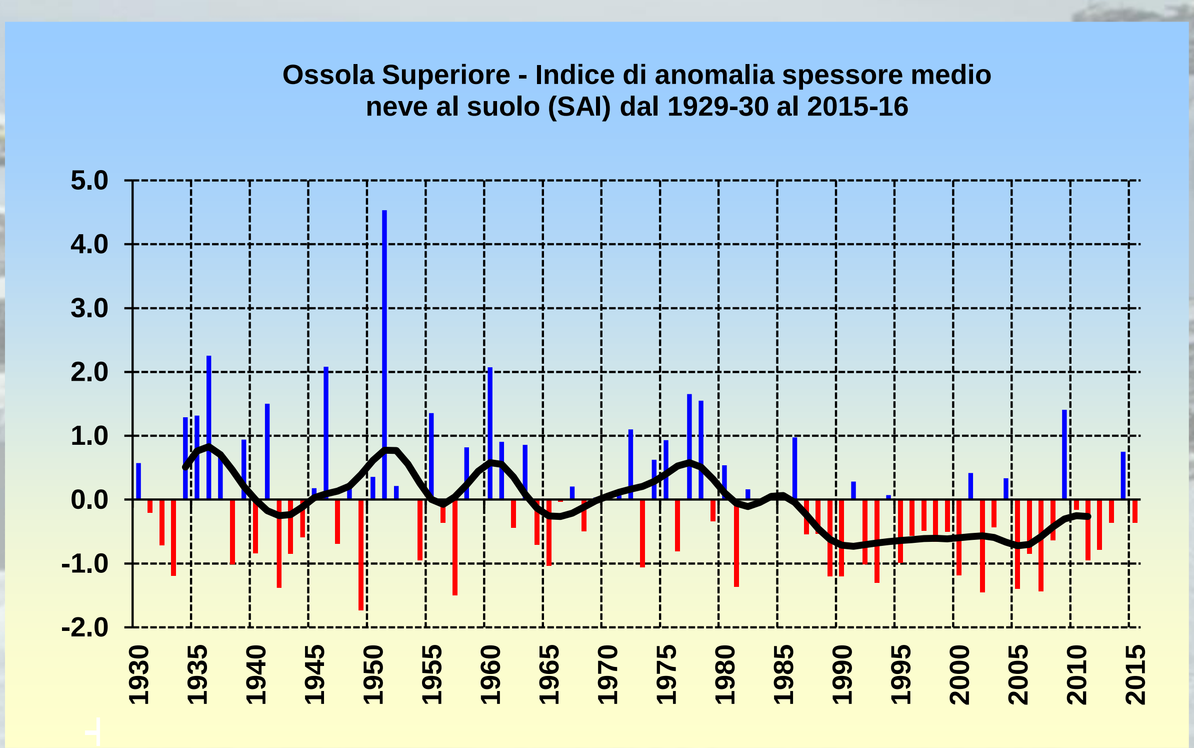
Fattori climatici : 1. TEMPERATURA



Cat Berro, D., L. Mercalli, P. L. Bertolotto, R. Mosello, M. Rogora. 2014. Il clima dell’Ossola Superiore. Nimbus 72: 46-129.

Fattori: 2. Neve al suolo



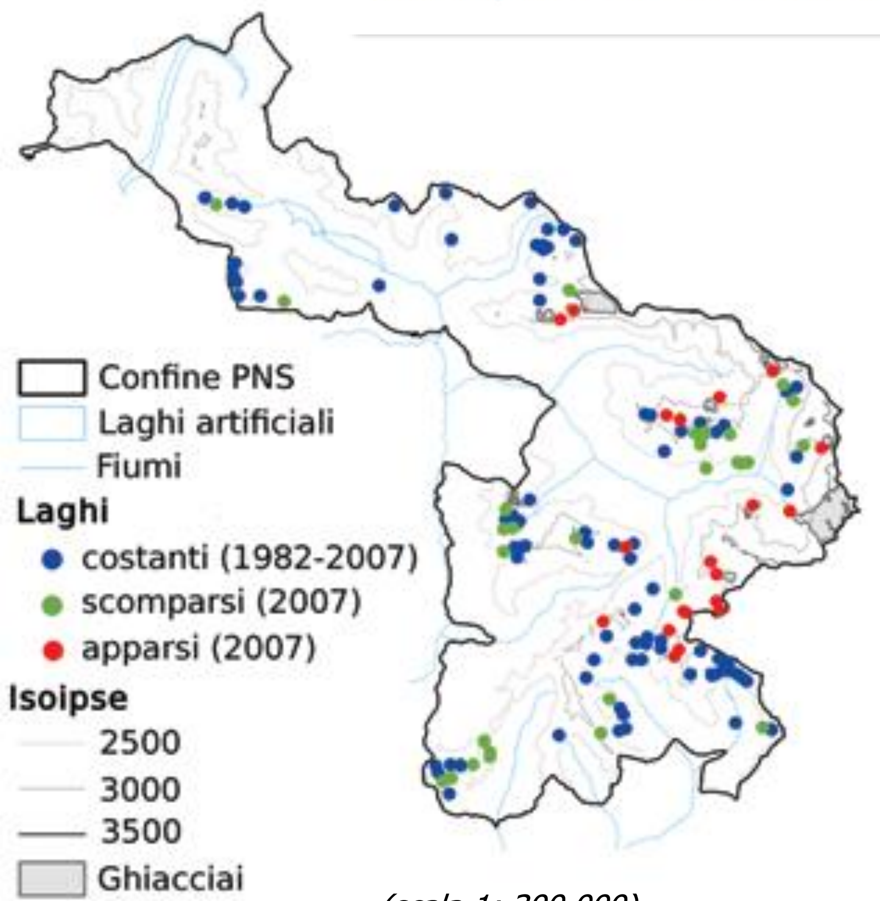


Cat Berro, D., L. Mercalli, P.L. Bertolotto, R. Mosello, M. Rogora. 2014. Il clima dell’Ossola Superiore. Nimbus 72: 46-129.

Effetti del cambiamento climatico

SHARE stelvio

Stations at High Altitude for Research on the Environment


Confine PNS
Laghi artificiali
Fiumi
Laghi
● costanti (1982-2007)
● scomparsi (2007)
● apparsi (2007)
Isoipse
2500
3000
3500
Ghiacciai

(scala 1: 300.000)

Salerno et al. 2014. Global and Planetary Change

Formazione di nuovi laghi in aree recentemente deglacializzate (laghi epi e periglaciali)

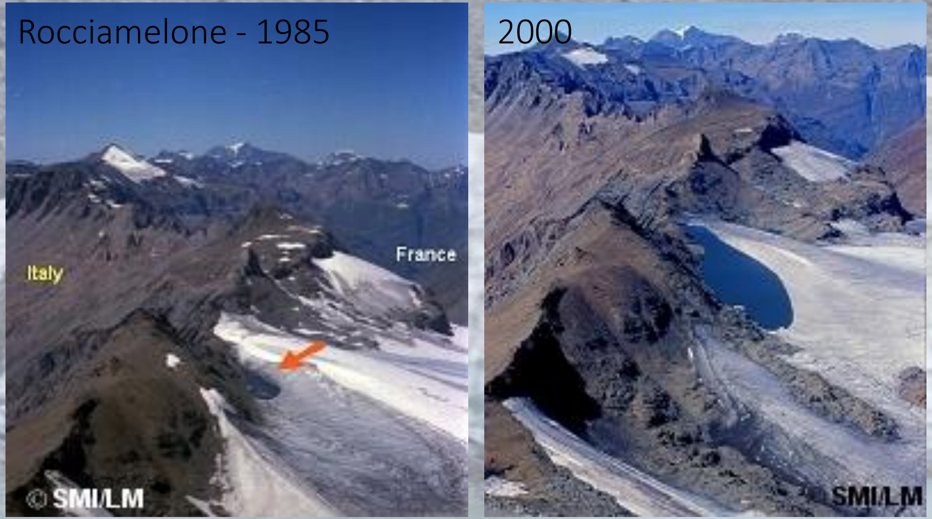
Scomparsi molti dei laghi alle quote più basse (< 2500 m) per aumento dell'evaporazione

Comparsa di molti nuovi laghi alle quote più elevate (>2900 m) a seguito del ritiro dei ghiacciai

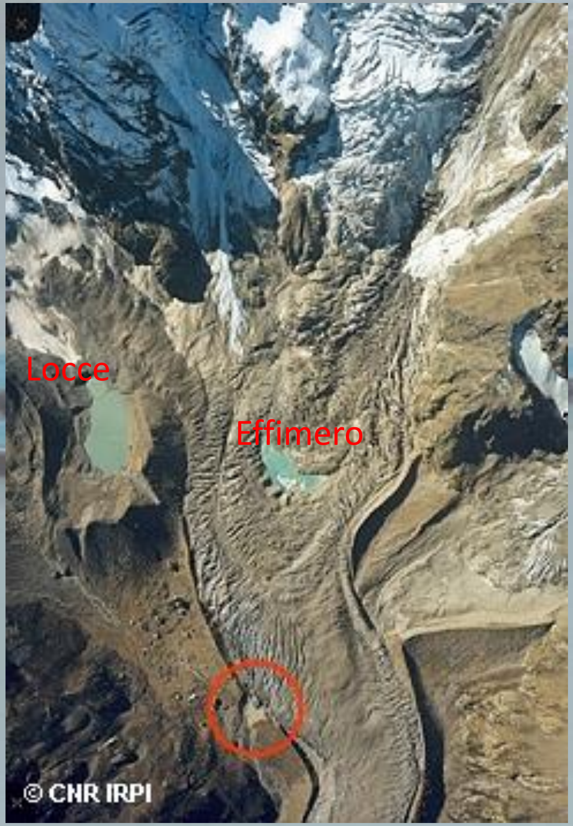
I "nuovi" laghi sono di natura effimera, ovvero destinati a loro volta a scomparire

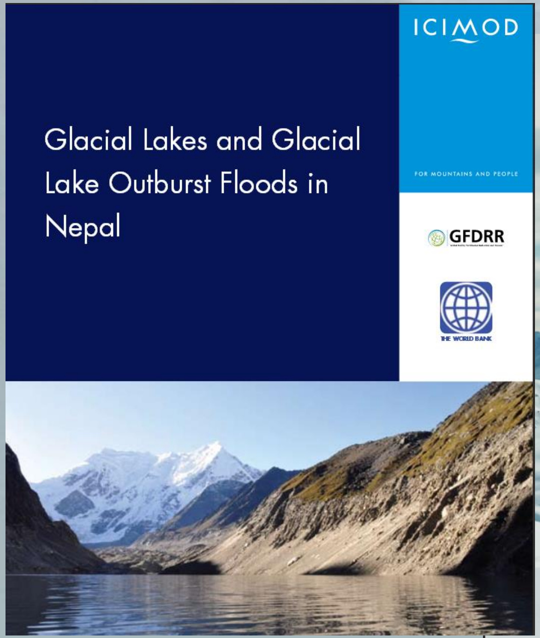
2. Aumento di volume ed eventuale instabilità dei laghi

GLOF
Glacial Lake
Outburst Flood


Rocciamelone - 1985
Italy
France
© SMI/LM
2000
SMI/LM

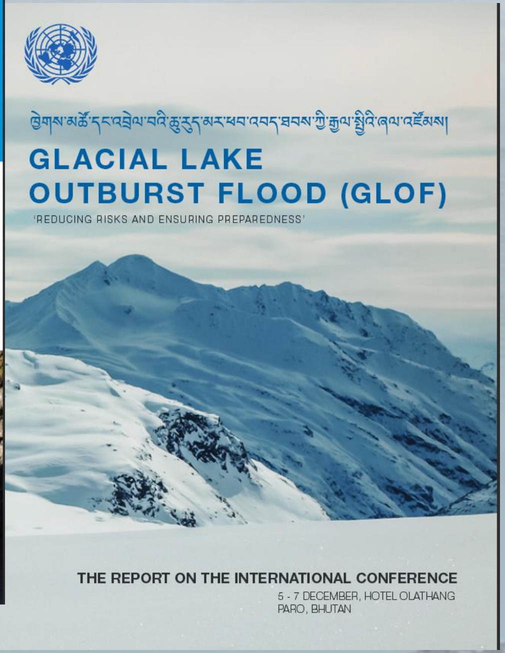
http://www.nimbus.it/ghiacciai/2001/010902rocciamel.htm


Locce
Effimero
© CNR IRPI



Glacial Lakes and Glacial Lake Outburst Floods in Nepal

ICIMOD
FOR MOUNTAINS AND PEOPLE
GFDRR
THE WORLD BANK

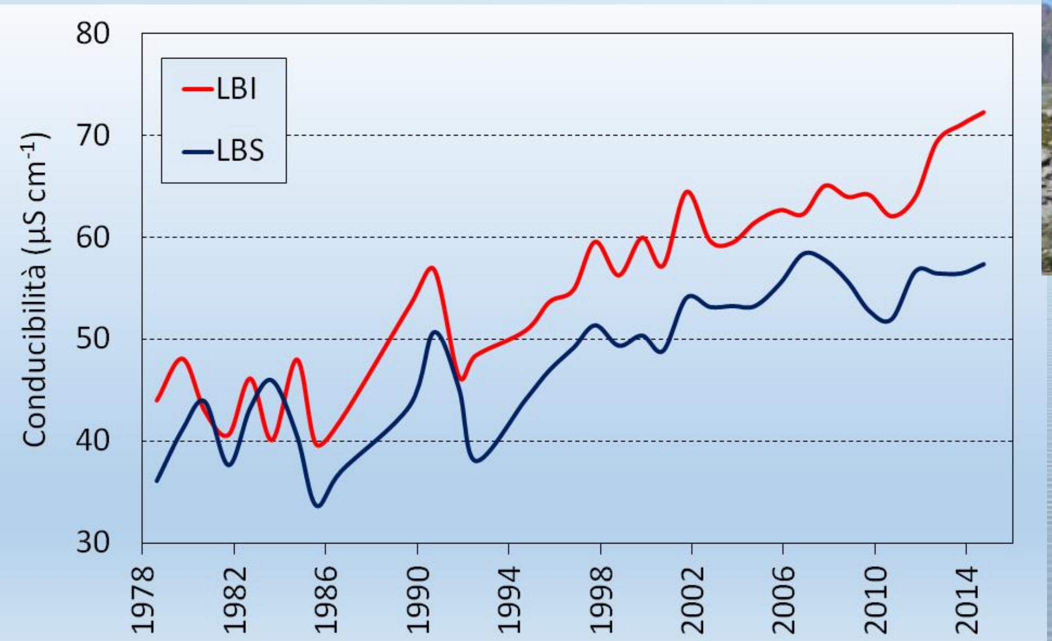


ཁྱེགས་མཚོ་དང་འབྲེལ་བའི་ཆུ་རུད་མར་ཕབ་འབད་ཐབས་ཀྱི་རྒྱལ་སྤྱིའི་ཞལ་འཛོམས།

GLACIAL LAKE
OUTBURST FLOOD (GLOF)
'REDUCING RISKS AND ENSURING PREPAREDNESS'

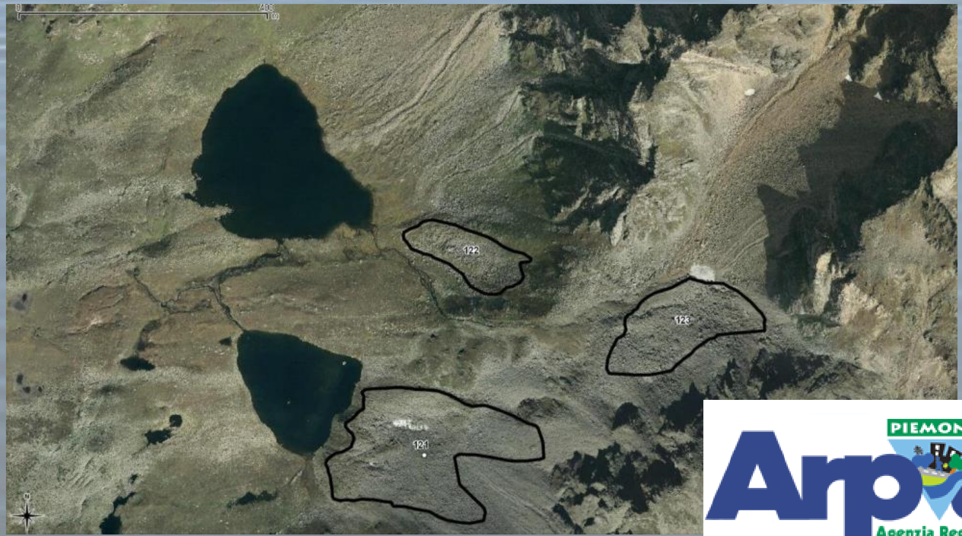
THE REPORT ON THE INTERNATIONAL CONFERENCE
5 - 7 DECEMBER, HOTEL OLATHANG
PARO, BHUTAN

3. Cambiamenti nella composizione chimica delle acque



Laghi Boden

La degradazione della criosfera
(nevai, ghiacciai, permafrost)
è un’altra conseguenza
del riscaldamento climatico, che
a sua volta può avere effetti sui laghi

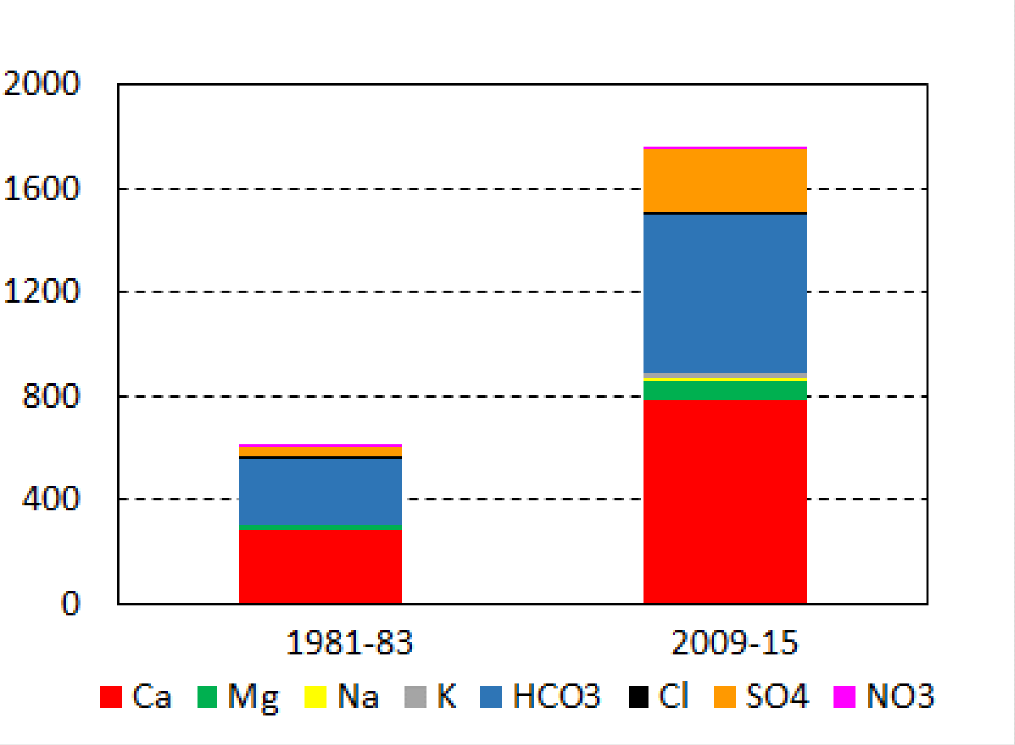


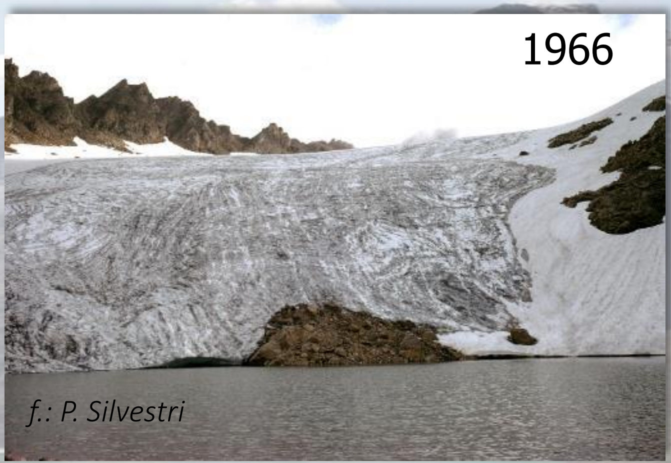
Laghi e ghiacciai

Il ritiro dei ghiacciai porta alla formazione di nuovi laghi, in evoluzione e a volte instabili, con potenziali rischi per il fondovalle (es. Lago Effimero)

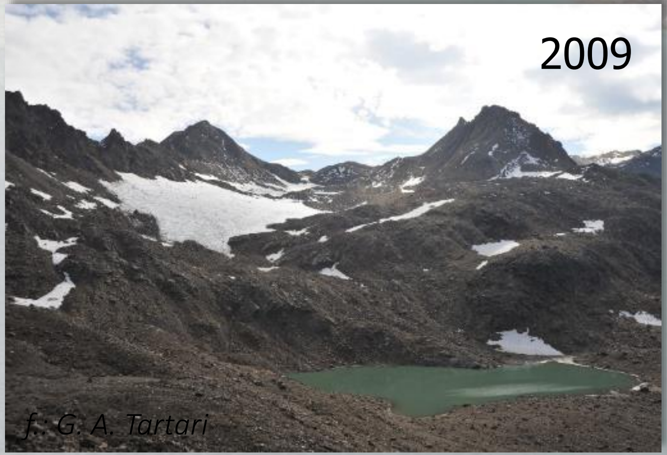
I laghi esistenti possono subire modificazioni morfometriche e chimiche, con potenziali effetti sulle biocenosi

Lago Gemelli di Ban



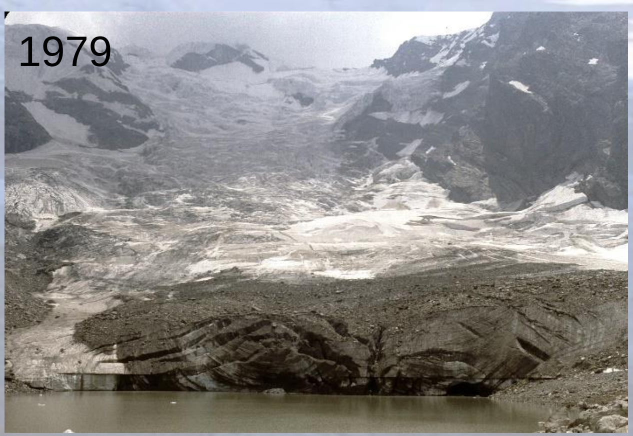

1966

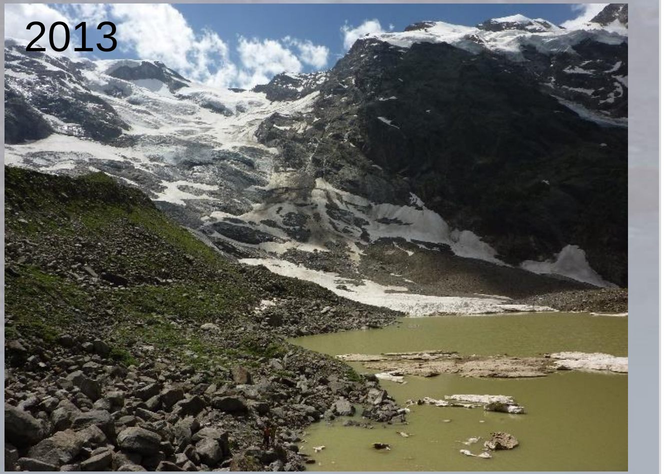
f.: P. Silvestri


2009

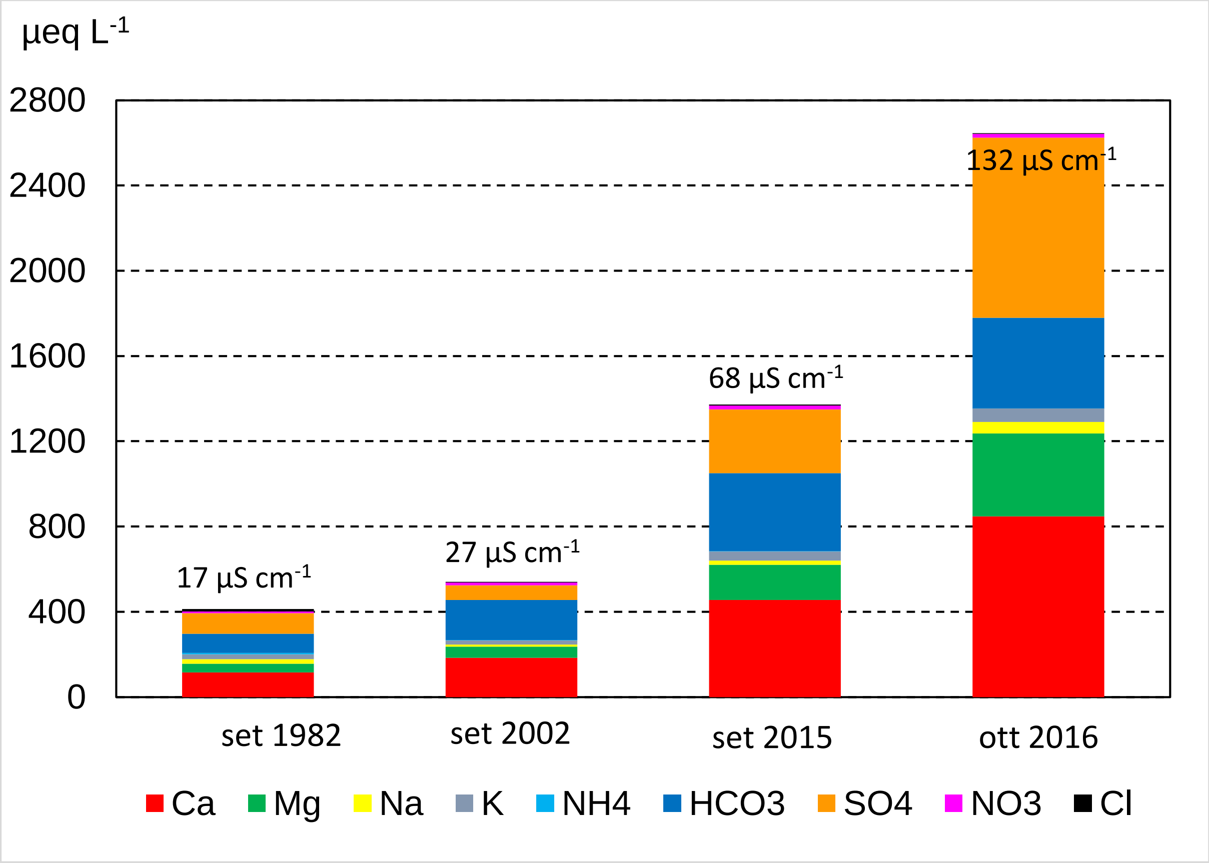
f.: G. A. Tartari

Laghi e ghiacciai





Lago delle Locce



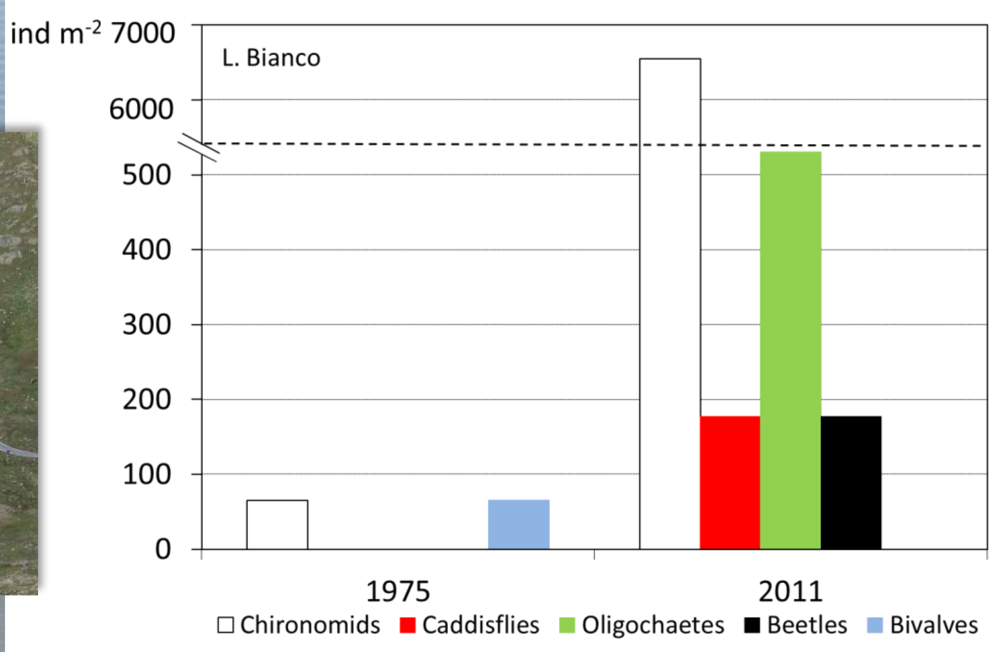
4. Effetti sulla biodiversità

Le condizioni “estreme” dei laghi d’alta quota selezionano specie adattate a vivere in questi ambienti

I macroinvertertebrati come indicatori

Il riscaldamento climatico può portare a modificazioni nella composizione in specie e alla scomparsa di specie sensibili

Lago Bianco del Gavia

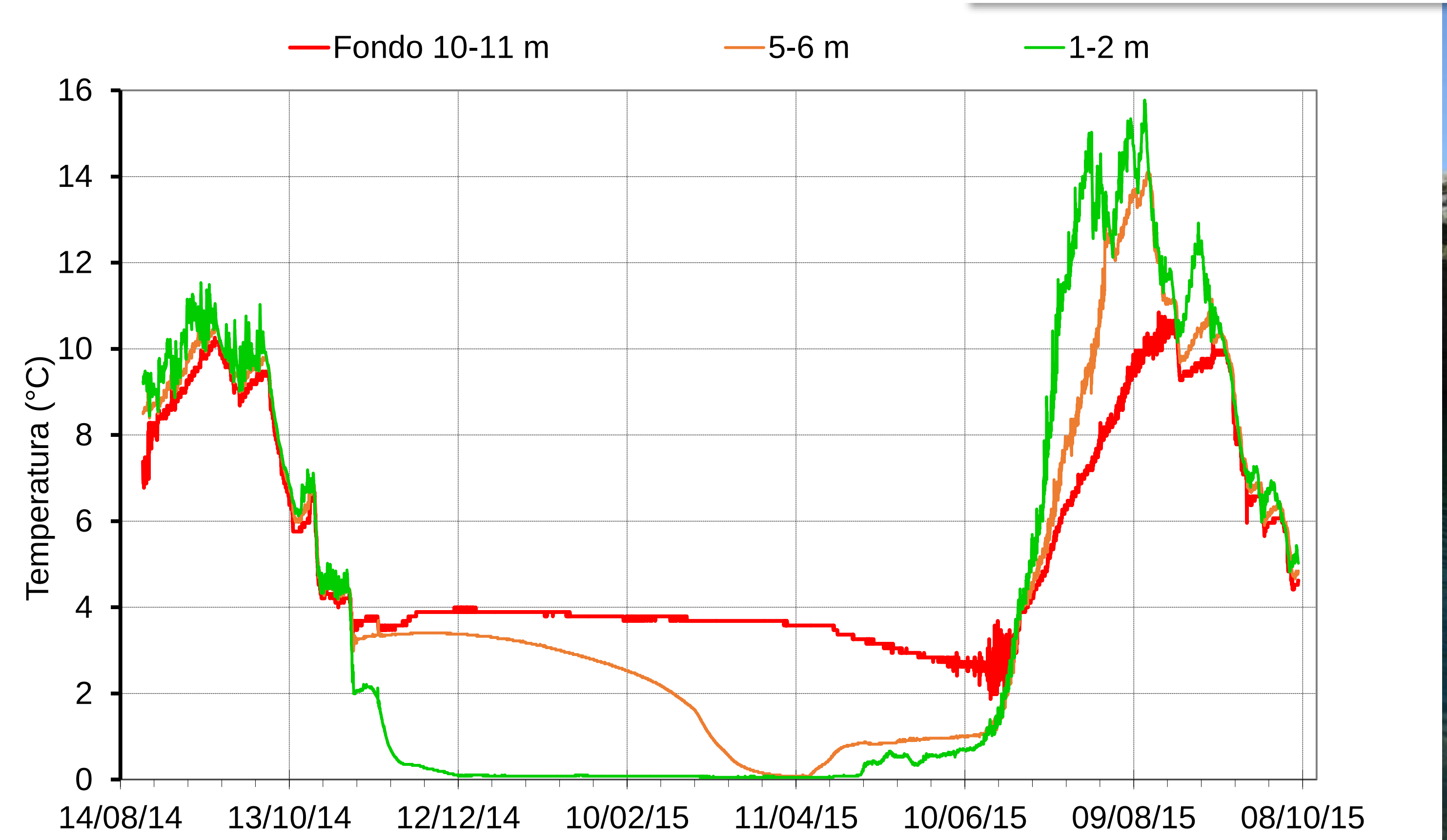


Effetti indiretti

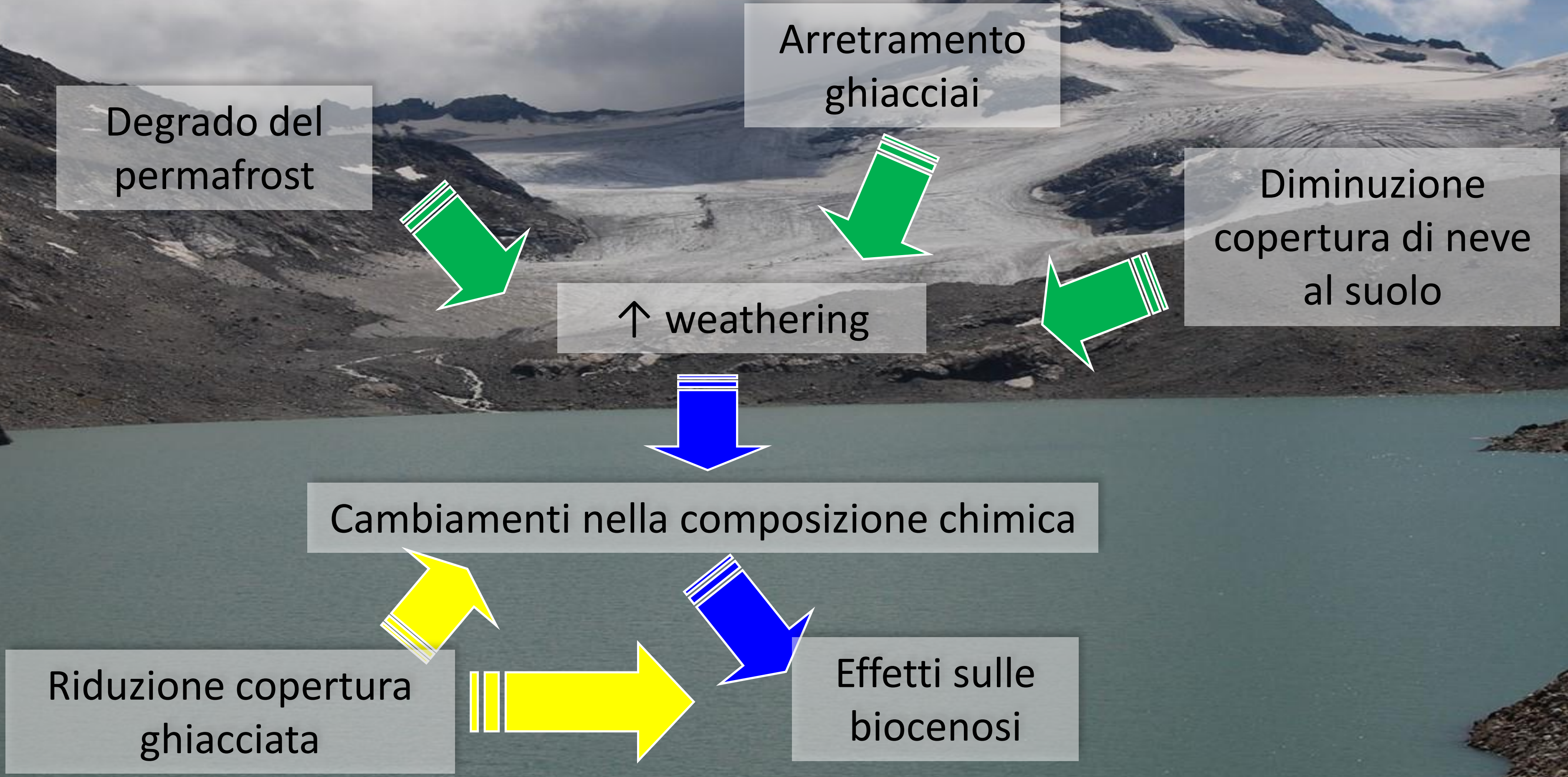
Mediante thermistor con data-logger si possono monitorare temperatura e livello del lago e valutare la lunghezza del periodo di copertura ghiacciata e la sua relazione con i parametri meteorologici

Sensor
HOBO
Water Temp Pro v2
onset

Lago Paione Superiore



Effetti «a catena»



Degrado del permafrost

Arretramento ghiacciai

Diminuzione copertura di neve al suolo

↑ weathering

Cambiamenti nella composizione chimica

Riduzione copertura ghiacciata

Effetti sulle biocenosi

Qualche conclusione

UNECE

ICP WATERS

LTER europe

LTER Italia

NextData

Nonostante la collocazione “remota”, le acque in alta quota non sono esenti dagli effetti dell’inquinamento, derivante dal trasporto a lungo raggio, e dei cambiamenti climatici

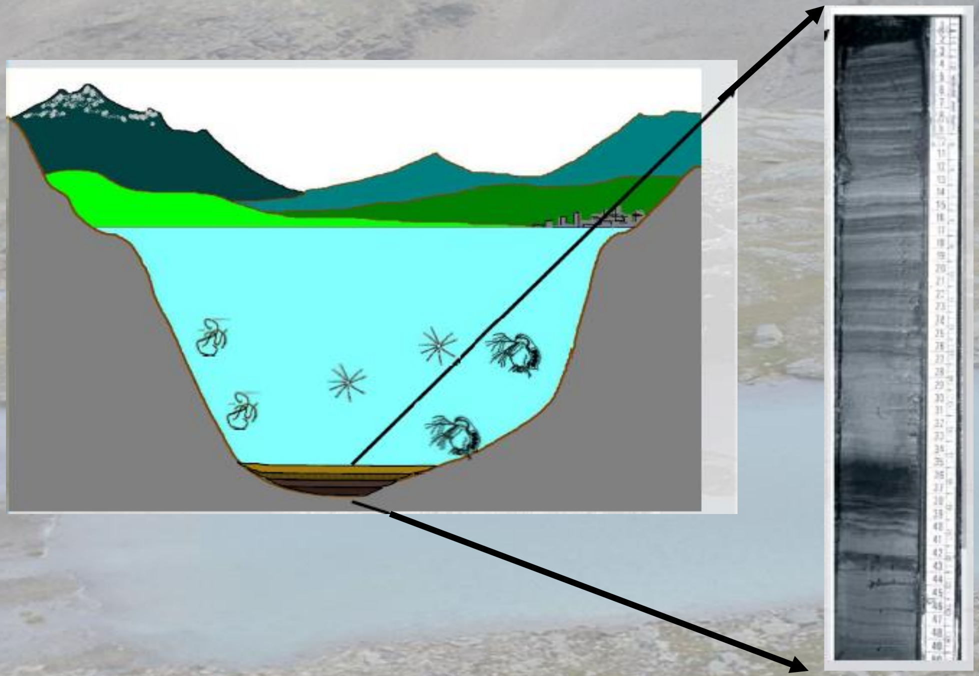
Le variazioni climatiche avranno un ruolo sempre più importante nei prossimi decenni nell’ecologia di questi ambienti, con effetti sia diretti che indiretti

Per conoscere e proteggere questi ecosistemi fragili sono necessari studi a lungo termine!

Il lungo termine.... La paleolimnologia nello studio dei laghi
P. Guilizzoni, A. Lami, A. Marchetto, S. Musazzi

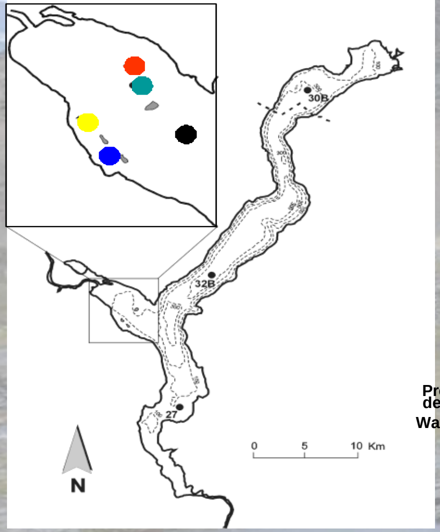
Che cos’e la paleolimnologia?

La paleolimnologia è la branca della limnologia che si occupa dello studio e dell’analisi dei sedimenti lacustri attraverso il prelievo di carote di sedimento.

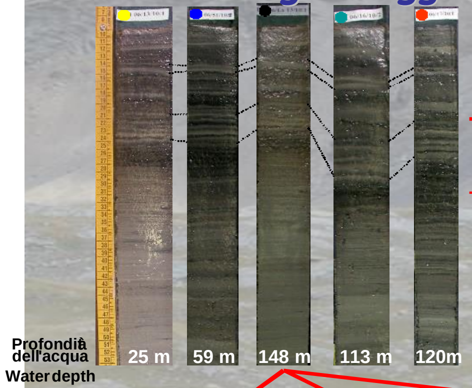


Proxy-record

Questi sono alcuni dei parametri, in questo caso biologici e chimici, i cosiddetti proxy-record, tratti da diverse discipline, la cui minore o maggiore presenza nel sedimento indica particolari condizioni ambientali, fisiche, chimiche del lago e la loro evoluzione nel corso del tempo.


30B
32B
27
0 5 10 Km
N

Carote Lago Maggiore


Profondità dell'acqua
Water depth
25 m
59 m
148 m
113 m
120m

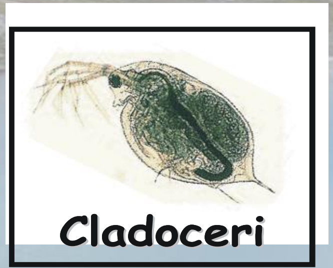
Utilizzo dei proxy-record

Fluttuazioni dei ghiacciai
Erosione

Apporti clastici
Metalli

Sostanza organica
N, P, $CaCO_3$
Silice biogenica

Condizioni trofiche

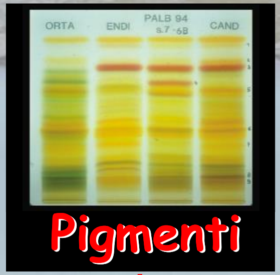


Cladoceri

Biodiversità
Condizioni trofiche

Chironomidi

Temperatura dell'acqua
Fluttuazioni di livello
Condizioni trofiche


ORTA
ENDI
PALB 94
CAND

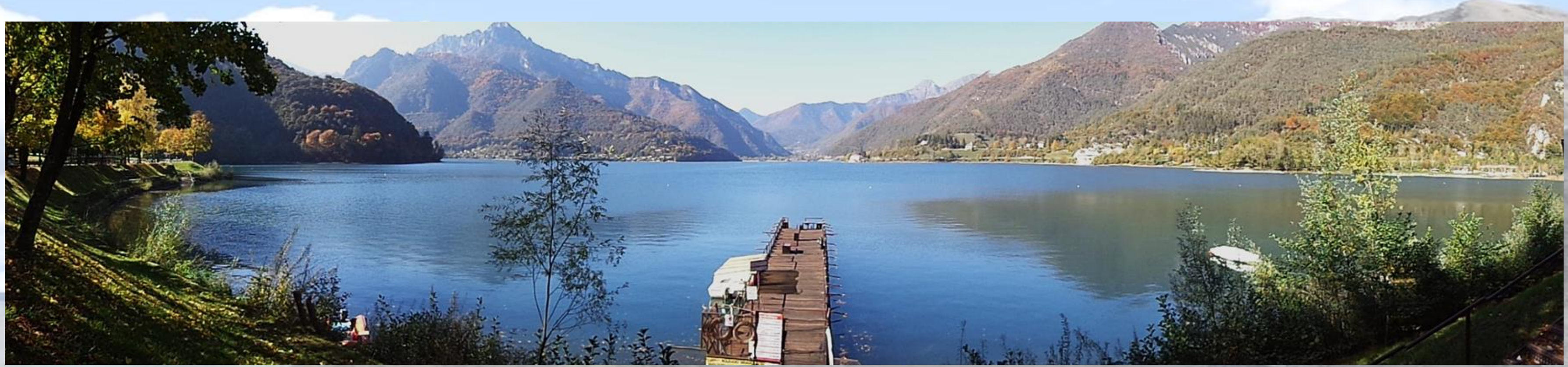
Pigmenti

Produzione primaria
Intensità radiazione UV
Condizioni di ossigenazione

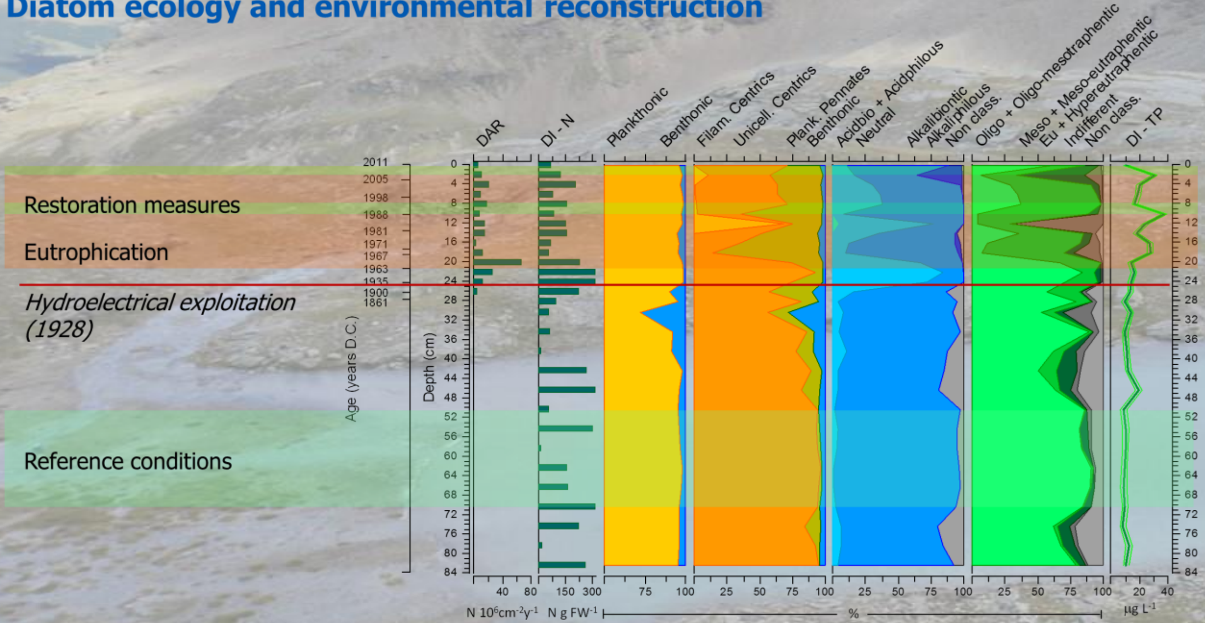
Diatomee

pH
Fosforo
Salinità

Il Lago Ledro (Trentino) e la sua evoluzione secolare ricostruita dai sedimenti

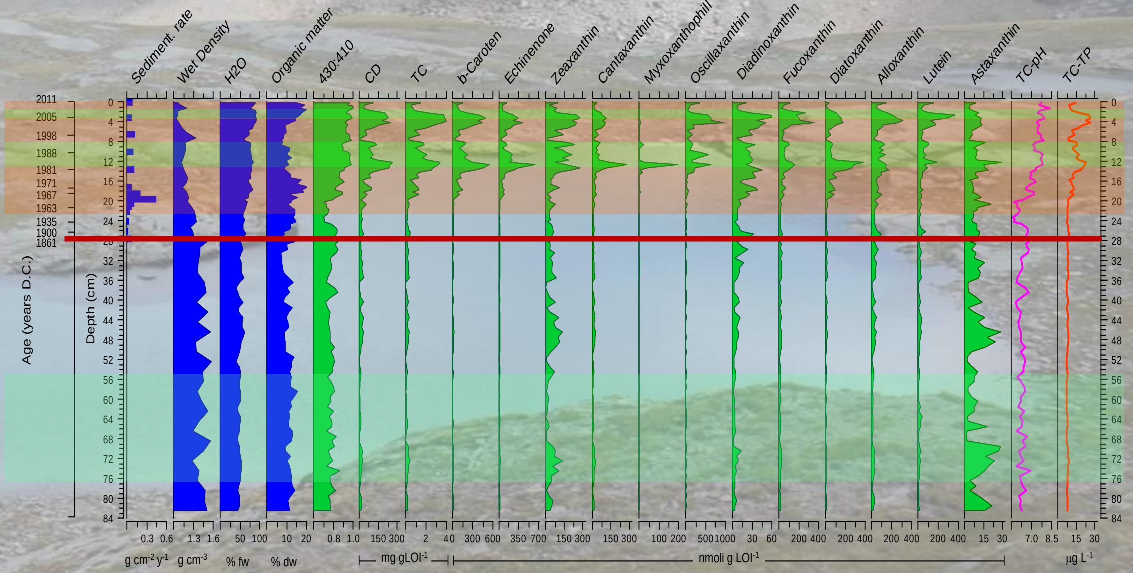


Diatom ecology and environmental reconstruction

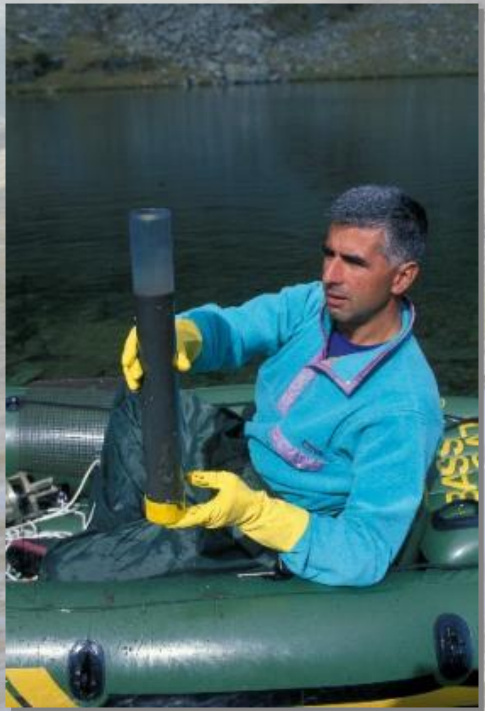


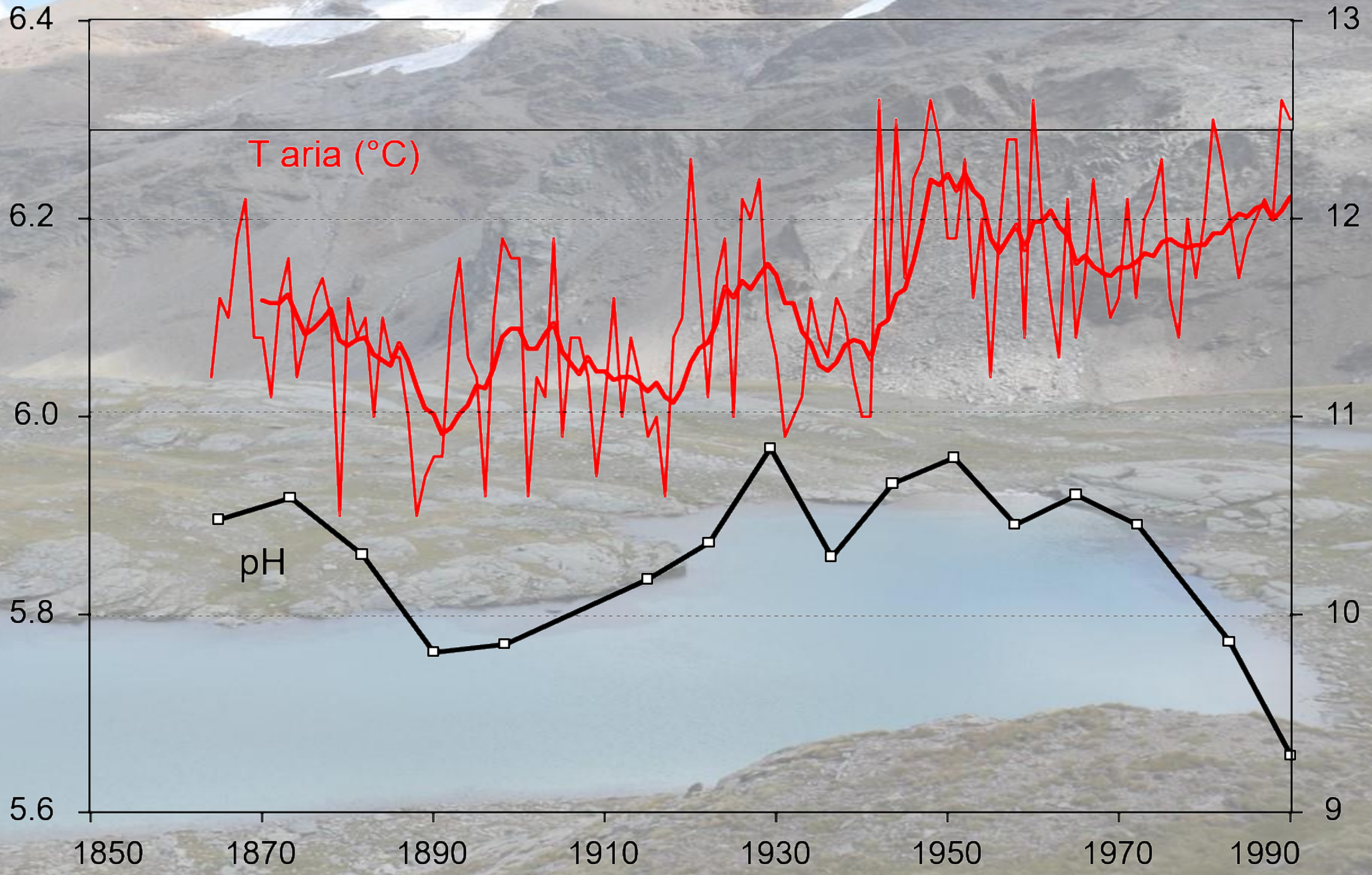
DAR = Diatom Accumulation Rate; DI-N. = Diatom density per weight unit

Geochemistry and pigments proxies

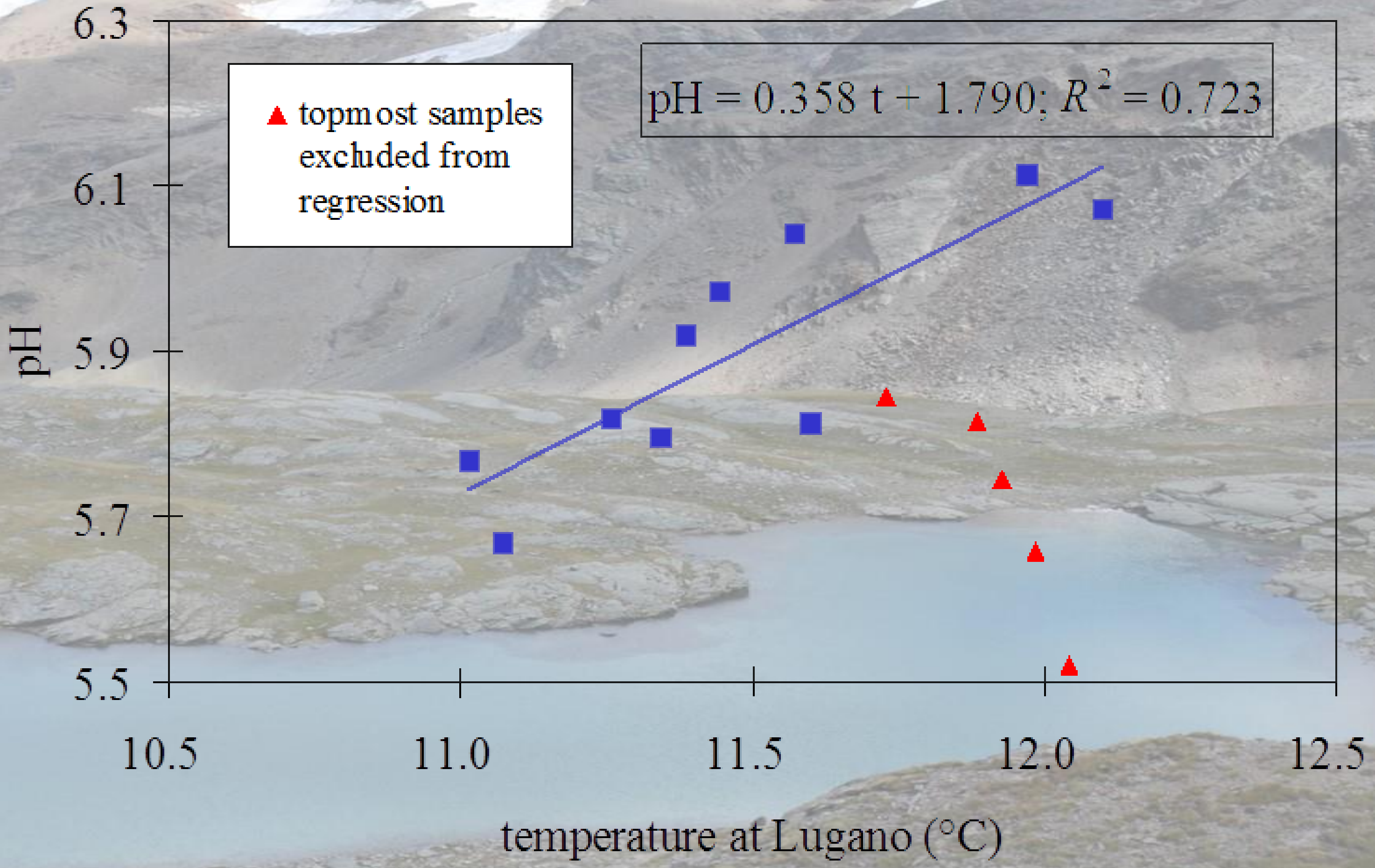


Lago Cristallina, Central Alps

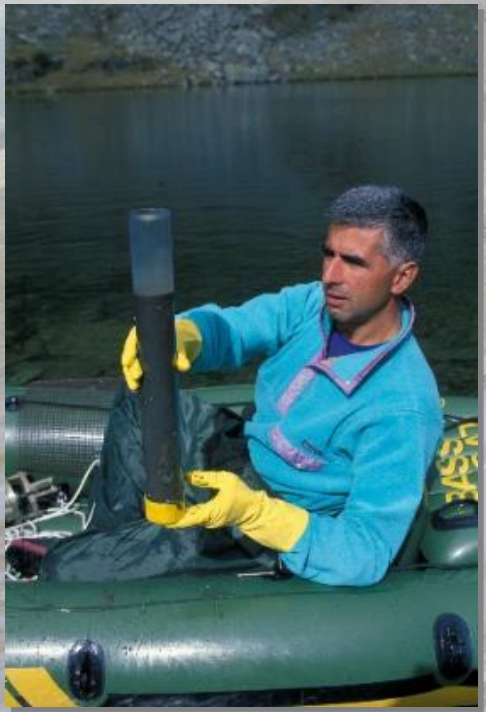


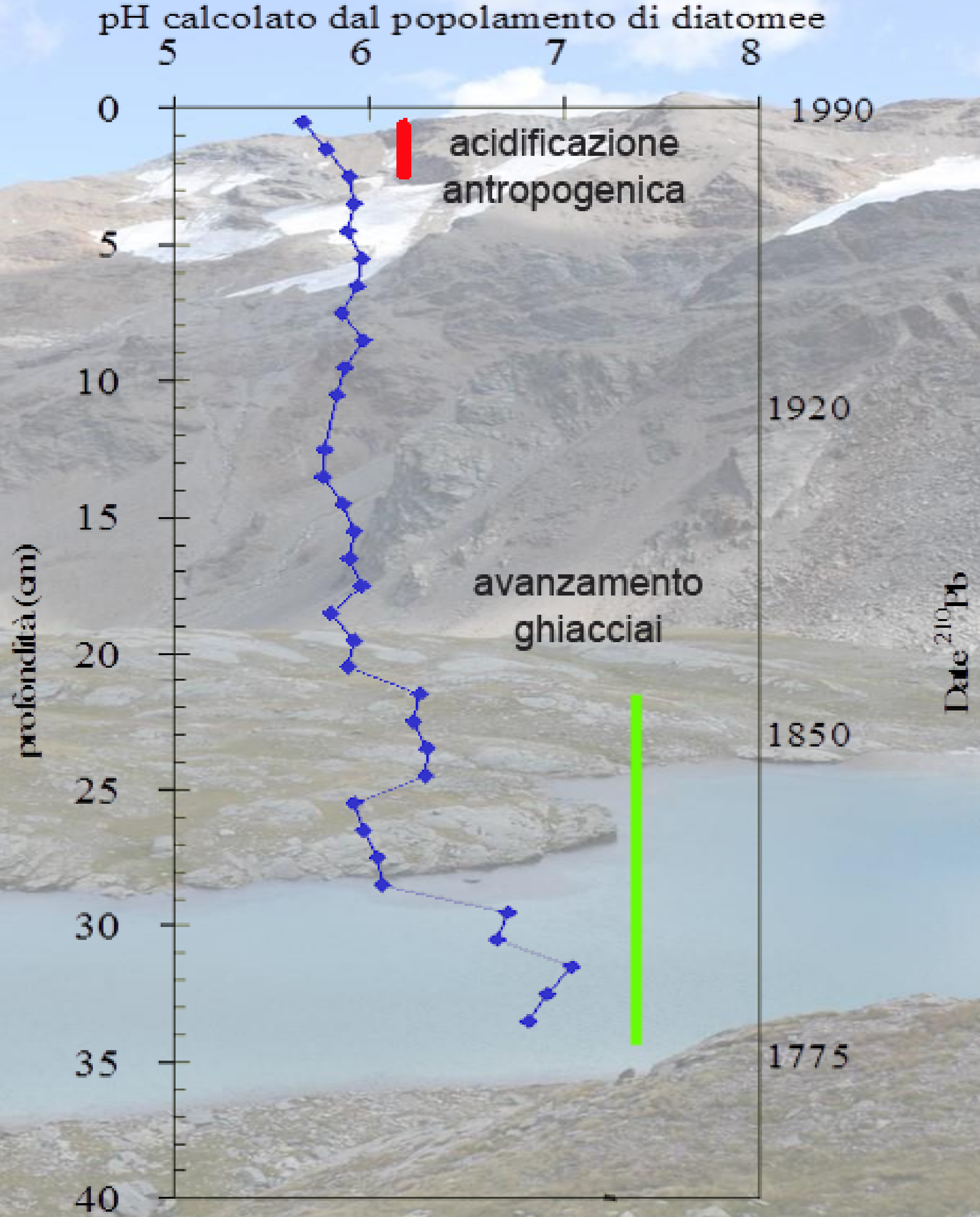


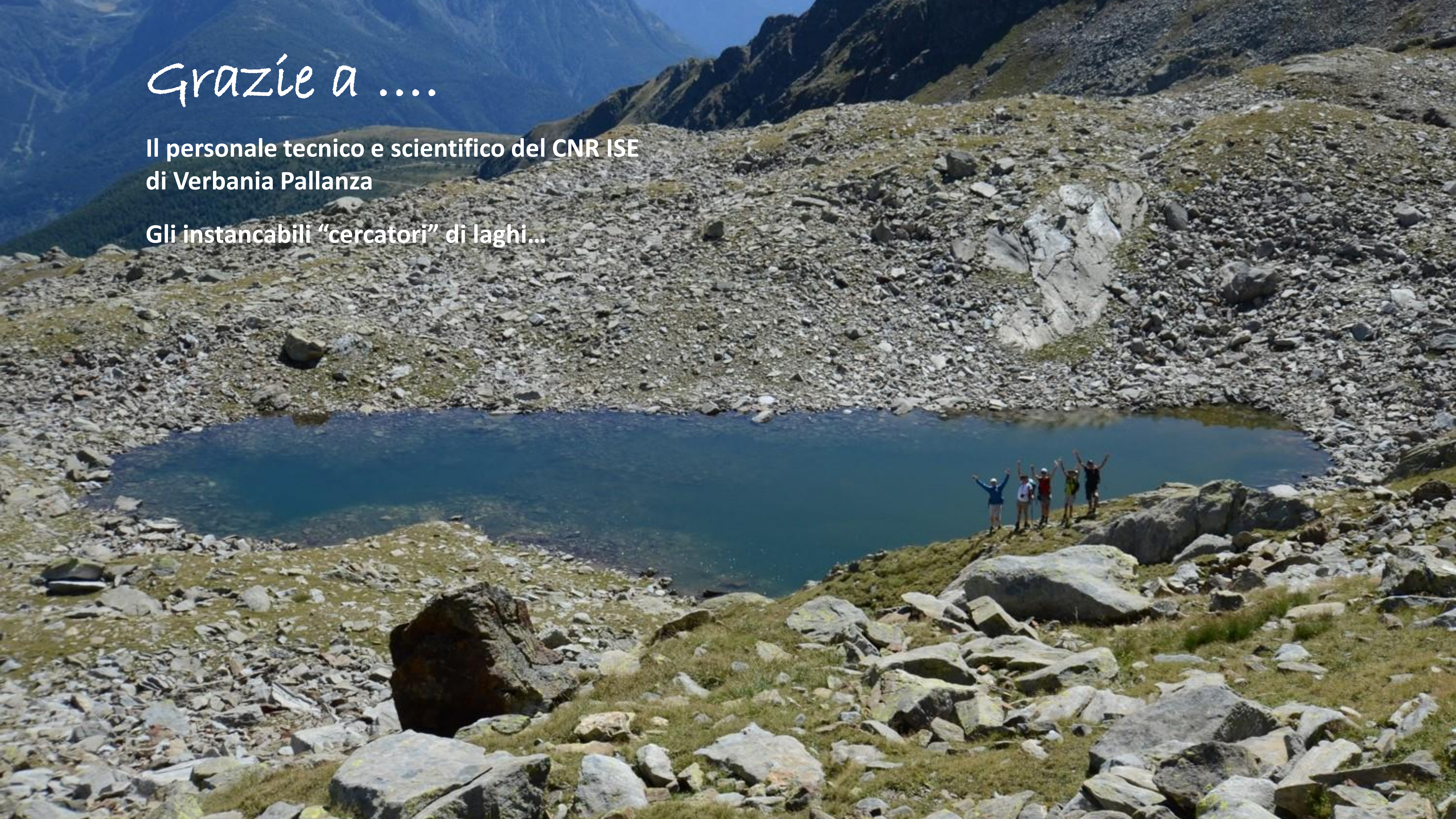
Lago Cristallina, Central Alps


▲ topmost samples excluded from regression
pH = 0.358 t + 1.790; R^2 = 0.723
pH
6.3
6.1
5.9
5.7
5.5
10.5
11.0
11.5
12.0
12.5
temperature at Lugano (°C)

Lago Cristallina, Central Alps







Grazie a ….

Il personale tecnico e scientifico del CNR ISE
di Verbania Pallanza

Gli instancabili “cercatori” di laghi…