



## **Progetto di Interesse Strategico NEXTDATA**

Rendicontazione scientifica per il periodo di riferimento  
01-01-2013 / 31-12-2013

### **WP 2.6 Studi pilota di utilizzo dei dati, disseminazione e gestione del progetto**

**Responsabile: Antonello Provenzale**  
CNR ISAC Torino

**Gli autori sono indicati nella descrizione dei diversi studi pilota**

## **1. Attività prevista e risultati attesi**

Il WP 2.6 è dedicato agli studi pilota, alla disseminazione dei risultati e alla gestione del progetto. Le attività pianificate per il secondo anno, come descritto nel piano esecutivo redatto a inizio progetto e successiva modifica, riguardano i seguenti aspetti:

- Organizzazione di due incontri semestrali dei ricercatori impegnati nella conduzione degli studi pilota, per fornire eventuali suggerimenti sulla modifica delle strategie di misura e archiviazione dei dati.
- Continuazione delle attività di scuole estive sulla dinamica dell'ambiente montano.
- Incontro di "mid term" per l'eventuale ridefinizione di alcune strategie del progetto.
- Attivazione delle rimanenti procedure di evidenza pubblica per identificare strutture che parteciperanno agli studi pilota e alle attività del progetto.
- Relazione generale sulle attività del secondo anno, incontri e articoli divulgativi sulle attività del progetto.
- Realizzazione di un breve documentario sui cambiamenti climatici e gli ecosistemi alpini.
- Presa di contatto con realtà produttive e industriali per l'utilizzo dei dati da parte degli utenti privati e delle imprese.
- Incontro annuale dei ricercatori e tecnici impegnati nel progetto, aperto ai gruppi che hanno messo a disposizione i dati, a specifiche componenti della comunità scientifica e delle realtà produttive e di impresa.
- Continuazione degli studi pilota sull'impatto dei cambiamenti climatici iniziati nel primo anno: (a) risorse idriche nella zona Himalaya-Karakorum e interazione fra monsoni e perturbazioni delle medie latitudini; (b) analisi dei cambiamenti della biodiversità terrestre in zone d'alta quota delle Alpi italiane nord-occidentali; (c) cambiamenti nella copertura nevosa e nel ciclo idrologico in aree montane; (d) effetto degli aerosol in zone d'alta quota; (e) simulazione del clima mediterraneo negli ultimi secoli e confronto con i dati paleoclimatici, per definire l'evoluzione climatologica in Italia negli ultimi mille anni.
- Inizio di nuovi studi pilota associati ai progetti speciali, dedicati a: (f) misura e simulazione della precipitazione liquida e solida in zone d'alta quota; (g) stima dello stato e dell'evoluzione recente della criosfera nelle Alpi italiane, (h) stima della distribuzione spaziale, ad alta risoluzione, dei valori normali mensili di temperatura e precipitazione nelle aree alpine d'alta quota; e (i) effetti del cambiamento climatico sulla germinazione delle piante alpine.

## **2. Deliverables previsti per il periodo di riferimento**

D2.6.2: Relazioni sui risultati degli studi pilota nel secondo anno.

## **3. Attività effettivamente svolta durante il periodo di riferimento**

### *3.1 Attività di ricerca*

La selezione dei Progetti Speciali presentati ai bandi per manifestazioni di interesse di fine 2012 è stata espletata a inizio 2013 e i sette Progetti Speciali approvati hanno iniziato le loro attività nei primi mesi del 2013. Sono stati aperti, a ottobre 2013, nuovi bandi per manifestazioni di interesse, che hanno portato all'attivazione di cinque nuovi Progetti Speciali, che iniziano la loro attività nei primi mesi del 2014.

Sono continuate le attività di ricerca nell'ambito degli studi pilota (a), (b), (c) e (d) avviati a inizio progetto e quelle dello studio pilota (e) sulla simulazione del clima mediterraneo negli ultimi secoli e confronto con i dati paleoclimatici, iniziato alla fine del primo anno. Sono iniziate le attività dei nuovi studi pilota (f, g, h) associati ai Progetti Speciali avviati nel secondo anno in seguito ai bandi pubblicati a fine 2012. Per una descrizione dettagliata delle attività di ricerca effettuate nei singoli studi pilota (a eccezione degli studi pilota (b) e (i), come spiegato in sezione 5) si rimanda ai report individuali riportati in Appendice.

### *3.2 Sviluppi applicativi, tecnologici e informatici*

Sono stati ottenuti sviluppi tecnologici e numerici, come riportato più in dettaglio nel report del WP2.5, per permettere l'effettuazione degli studi pilota descritti in questo documento. Le singole ricerche hanno tratto vantaggio dalla disponibilità degli output delle simulazioni modellistiche, sia globali sia regionali, prodotte nell'ambito del progetto durante il secondo anno, come pure degli altri archivi di dati basati sulle osservazioni. In particolare, i dati grigliati di precipitazione sono stati utilizzati nell'ambito dello studio pilota (a) per studiare la stagionalità e i trend a lungo termine di precipitazione delle regioni HKK e Himalaya. Dal 2013, la costruzione del Portale Generale è compito del nuovo WP2.7 ed è ivi descritta. Il WP2.6 continua ad occuparsi dell'aggiornamento del sito web del progetto e della raggiungibilità degli archivi individuali dei dati osservativi e numerici. Sono state organizzate diverse riunioni tematiche a scadenza regolare e una riunione generale del progetto a novembre 2013.

### *3.3 Attività di formazione*

Nel secondo anno del progetto, sulle specifiche attività di ricerca degli studi pilota sono stati attivati o rinnovati cinque Assegni di Ricerca e due borse di studio. Sono in corso due Tesi di Dottorato di Ricerca su temi legati agli studi pilota del Progetto NextData.

Una tesi di Laurea Triennale sulle tematiche dello studio pilota (e), intitolata "Cambiamento climatico in un modello a complessità intermedia" è stata discussa in Ottobre 2013.

E' stato dato un contributo scientifico e organizzativo al Corso "Climate Change and the Mountain Environment", XXI corso della Scuola internazionale "Fundamental Processes in Geophysical Fluid Dynamics and the Climate System", Valsavarenche (AO), giugno 2013.

Il Progetto NextData ha contribuito all'organizzazione del corso "The Fluid Dynamics of Climate", coordinatori A. Provenzale e K. Fraedrich, International Centre for Mechanical Sciences, Udine, Italia, 26-30 Agosto 2013.

### *3.4 Attività di disseminazione e divulgazione*

Il Progetto di Interesse NextData è stato presentato in occasione di diversi incontri scientifici e di fronte al pubblico generico. In particolare, il progetto è stato presentato a:

- Ciclo di lezioni sulla dinamica del clima, Università di Budapest, gennaio 2013.
- Meeting of the GEO Ecosystems Task a ISRE35, Pechino, 21 aprile 2013.
- Assemblea annuale LTER-Italia, Bologna, 8 maggio 2013.
- CNR Open Access meeting, Roma, 9 maggio 2013.
- Presentazione all'incontro GEO Cold Regions, Ginevra, 3 giugno 2013.
- Presentazione all'incontro annuale del Comitato Glaciologico Italiano, Gressoney, 5 luglio 2013.

- Presentazione a WCRP, WMO, Ginevra, 10 luglio 2013.
- Conferenza internazionale High Summit, Lecco, ottobre 2013.
- Presentazione al COP 19, Varsavia, novembre 2013.
- IGFA-Belmont Forum, Cape Town, dicembre 2013 (Lo "Scoping Workshop" della Collaborative Research Action (CRA) presentata al Belmont forum di Cape Town si terrà in giugno 2014, questa CRA è in parte sostenuta da NextData).

E' stato realizzato un breve documentario di Marco Andreini e Paolo Fioratti, intitolato "Ecosistemi d'alta quota", che descrive alcuni degli aspetti caratterizzanti gli ecosistemi d'alta quota, illustrando in particolare gli adattamenti alle condizioni estreme della montagna e sottolineando la necessità di una migliore comprensione del funzionamento degli ecosistemi montani e della loro risposta ai cambiamenti globali. Il documentario è sia in italiano sia in inglese ed è disponibile sul sito web del progetto NextData.

Il volume divulgativo "Che cos'è il Global Warming?" di A. Provenzale, E. Manghi, A. Losacco e G. D'Anna, stampato in Italia da Editoriale Scienza, è stato tradotto in inglese e stampato in Nepal per la distribuzione in alcune scuole di montagna del Nepal e del Pakistan in occasione del "World Environment Day 2013".

### *3.5 Partecipazione a conferenze*

Le attività degli studi pilota sono state presentate a diverse conferenze, come illustrato nelle schede specifiche.

## **4. Risultati ottenuti durante il periodo di riferimento**

### *4.1 Risultati specifici (banche dati, risultati delle misure, output di modelli, etc)*

Gli studi pilota hanno prodotto importanti risultati, descritti in dettaglio nelle schede specifiche.

### *4.2 Pubblicazioni*

E' stato pubblicato il volume "Il mutamento climatico. Processi naturali e intervento umano", che trae origine dal convegno con lo stesso titolo organizzato nel 2012 presso l'Accademia delle Scienze di Torino. La pubblicazione del volume è stata promossa dall'Accademia delle Scienze di Torino, con il contributo dell'ISAC-CNR e del Progetto NextData.

Le pubblicazioni su riviste internazionali sono indicate nelle schede specifiche per gli studi pilota.

### *4.3 Disponibilità di dati e output modellistici (formato, supporto, etc)*

Descritto nelle schede specifiche per gli studi pilota.

### *4.4 Deliverables completati*

Deliverable 2.6.2 sui risultati degli studi pilota nel secondo anno.

## **5. Commento su eventuali scostamenti fra attività/risultati/Deliverables previsti ed effettivamente realizzati**

Non sono stati incontrati particolari problemi né riscontrati ritardi nello svolgimento delle attività degli studi pilota. E' stato deciso di includere le attività degli studi pilota (b) e (i) all'interno del nuovo WP 1.7 (introdotto nel secondo anno in seguito a una modifica del piano esecutivo originario). Pertanto le attività relative a questi studi pilota sono ora nel del WP 1.7 "Monitoraggio degli ecosistemi e della biodiversità in regioni montane".

## **6. Attività previste per il periodo successivo**

Conclusione degli studi pilota iniziati nel primo anno, continuazione degli studi pilota iniziati nel secondo anno, inizio degli studi pilota relativi ai progetti speciali identificati in seguito ai bandi di fine 2013. Organizzazione di due incontri generali del progetto e di una conferenza aperta alla comunità scientifica. Azioni di divulgazione e disseminazione. Azioni di collegamento internazionale, mediante collaborazione con le attività di GEO-GEOSS e il supporto alla nuova iniziativa GEO-GNOME: GEO Global Network for Observations and information in Mountain Environments, e alle attività della Collaborative Research Action del Belmont Forum "Mountains as Sentinels of Change".

# Appendice

## Risultati degli studi pilota

### Studi pilota e relativi autori:

#### ***2.6a: Risorse idriche nella zona Himalaya-Karakorum e interazione fra monsoni e perturbazioni delle medie latitudini***

Autore: Elisa Palazzi (CNR-ISAC, Torino).

Contributi: S. Terzago, L. Filippi, J. von Hardenberg, A. Provenzale (CNR-ISAC).

#### ***2.6c: Stima dei cambiamenti della copertura nevosa e del ciclo idrologico in aree montane***

Autore: Silvia Terzago (CNR-ISAC, Torino).

Contributi: E. Palazzi, J. von Hardenberg, A. Provenzale (CNR-ISAC); C. Cassardo (Univ. Torino, Dip. Fisica); U. Morra di Cella, E. Cremonese (ARPA-VdA).

#### ***2.6e: Simulazione del clima mediterraneo negli ultimi secoli e confronto con i dati paleoclimatici, per definire l'evoluzione climatologica in Italia negli ultimi mille anni***

Autore: Elisa Palazzi (CNR-ISAC Torino).

Contributi: J. von Hardenberg, A. Provenzale (ISAC-CNR), F. Toselli (University of Torino).

#### ***2.6f (Progetto Speciale P2): NextSnow - Measurement and analysis of precipitation in high-elevation regions***

Autore: Vincenzo Levizzani (CNR-ISAC Bologna).

Contributi: S. Laviola, E. Cattani (CNR-ISAC); U. Morra Di Cella, E. Cremonese (ARPA-VdA); R. Rudari, S. Gabellani (CIMA Foundation); P. Claps, F. Laio, P. Allamano, A. Libertino (Politecnico di Torino – DIATI); S. Ferraris, D. Canone, M. Previati (Politecnico e Università di Torino – DIST); C. Cassardo, S. Ferrarese (Università di Torino – Dip. Fisica); S. Fratianni, F. Acquavota, D. Garzena, L. Perotti (Università di Torino – Dip. Scienze della Terra).

#### ***2.6g (Progetto Speciale P3): Database for reconstructing the spatial-temporal evolution of the Glacial Resource in the Italian ALPs over the last 100 years in the Framework of the NextData Project (DATAGRALP)***

Autore: Marta Chiarle (CNR-IRPI, Torino).

Contributi: C. Baroni, A. Carton, M. Chiarle, M. Giardino, G. Mortara, G. Nigrelli, L. Perotti, M. C. Salvatore (CNR-IRPI, CGI).

#### ***2.6h (Progetto Speciale P7): High Resolution Climate Information for Mountain Areas (HR-CIMA)***

Autore: Michele Brunetti (CNR-ISAC, Bologna).

Contributi: A. Bertolini, M. Brunetti, C. Simolo (CNR-ISAC); M. Maugeri (Dipartimento di Fisica – Università di Milano).

## **2.6a: Risorse idriche nella zona Himalaya-Karakorum (HKKH) e interazione fra monzone e perturbazioni delle medie latitudini**

**Responsabile: Elisa Palazzi, CNR-ISAC**

### **1. Attività prevista e risultati attesi**

Durante il secondo anno di attività nell'ambito dello studio pilota su "Risorse idriche nella zona Himalaya-Karakorum (HKKH) e interazione fra monzone e perturbazioni delle medie latitudini" ci siamo focalizzati su due principali linee di attività. Da un lato, abbiamo esteso l'indagine effettuata durante il primo anno sulla precipitazione nella regione Hindu-Kush Karakorum Himalaya (HKKH), incentrandoci sull'analisi della climatologia presente e futura descritta da un insieme di modelli climatici globali di ultima generazione inclusi nell'Archivio CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5). La seconda attività è stata incentrata sullo studio dei processi, su scala sinottica, che influenzano la precipitazione nella regione occidentale dell'HKKH (Karakorum) dove l'apporto di precipitazione durante l'inverno rappresenta il principale nutrimento per i ghiacciai della regione e, quindi, una fondamentale riserva idrica per la stagione secca e per le aree a valle.

### **2. Deliverables previsti per il periodo di riferimento**

Contributo al Deliverable D2.6.2 relativo al WP2.6, con i risultati dello studio pilota conseguiti durante il secondo anno (identificato con 2.6.2a nel Deliverable). Il contributo descrive le due principali attività svolte nell'ambito dello studio pilota nel periodo di riferimento e i risultati conseguiti.

- La valutazione della capacità di 32 modelli di clima di ultima generazione (Modelli CMIP5) di rappresentare la climatologia presente della precipitazione - ciclo annuale e trend a lungo termine - mediata sulle regioni Hindu-Kush Karakorum (HKK) e Himalaya. L'output "storico" dei modelli è stato validato mediante confronto con due climatologie osservative disponibili per un periodo di tempo lungo (dal 1901), i dataset CRU e GPCC. Analisi delle proiezioni future di precipitazione fornite dai Modelli CMIP5 sotto diverse ipotesi di scenari emissivi per il XXI secolo, gli scenari IPCC RCP4.5 e RCP8.5.
- Studio dei meccanismi su scala sinottica che originano e influenzano la precipitazione nella regione del Karakorum. In particolare, analisi della correlazione tra North Atlantic Oscillation (NAO), evaporazione dalle principali sorgenti di umidità, venti in quota e superficiali, trasporto umido, temperature marine superficiali e precipitazione invernale (dicembre-marzo) in Karakorum.

La parte del Deliverable D2.6.2 dedicata ai risultati di questo studio pilota è strutturata in tre sezioni, le prime due dedicate alla descrizione delle due linee di ricerca descritte sopra, e l'ultima alle conclusioni e alle prospettive di lavoro per i mesi a venire.

### **3. Attività effettivamente svolta durante il periodo di riferimento**

#### *3.1 Attività di ricerca*

Le due principali attività di ricerca svolte nel corso del secondo anno sono di seguito riassunte. Si rimanda al Deliverable D2.6.2 (2.6.2a) per la descrizione completa della ricerca e dei risultati ottenuti, nonché per la bibliografia citata nel testo e in Tabella 1.

### 3.1.1 Precipitazione presente e futura in HKKH: la fotografia fornita dai Modelli CMIP5

La complessa orografia della regione Hindu-Kush Karakorum Himalaya (HKKH), la varietà dei regimi meteoclimatici che agiscono su quest'area e l'interazione tra sistemi di circolazione locale e a larga scala influiscono in grande misura sulla distribuzione spaziale della precipitazione e dei suoi trend (Solomon et al., 2007), rendendo sia le osservazioni sia la modellazione della precipitazione stessa affetti da grandi incertezze. Lo studio della precipitazione nella regione HKKH è stato affrontato distinguendo due sotto-regioni dell'intera area: la parte occidentale, Hindu-Kush Karakorum (HKK), esposta all'arrivo di perturbazioni delle medie latitudini provenienti da occidente che portano pioggia in inverno e inizio primavera, e la regione orientale Himalayana esposta alle piogge estive monsoniche (Syed et al, 2006; Yadav et al, 2012). Durante il primo anno di attività, è stata effettuata un'analisi della precipitazione nelle regioni HKK e Himalaya utilizzando vari dataset osservativi (CRU, APHRODITE, GPCC, GPCP), un dataset di rianalisi (ERA-Interim) e l'output di un modello globale di clima (GCM), EC-Earth, fatto girare presso CNR-ISAC (Palazzi et al., 2013). Il modello EC-Earth, in particolare, è stato validato nel periodo storico mediante confronto con i dataset derivanti dalle osservazioni e le rianalisi, e poi utilizzato per analizzare i trend futuri di precipitazione nelle due sotto-regioni in due diversi scenari di emissione definiti dall'IPCC (RCP 4.5 e RCP 8.5). Durante il secondo anno abbiamo esteso l'analisi modellistica effettuata con EC-Earth a un insieme più vasto di GCM inclusi nell'Archivio CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5), al fine di fornire un'ampia panoramica della capacità di questi modelli di simulare la climatologia presente di precipitazione nelle regioni HKK e Himalaya, analizzare le proiezioni future, valutare lo spread e le incertezze dei modelli stessi e mettere in evidenza alcuni dei fattori responsabili delle diverse risposte che essi forniscono in questa regione estremamente complessa.

E' ben noto che una delle principali fonti di incertezza nella rappresentazione della precipitazione nei modelli globali di clima e degli errori sistematici (bias) che presentano rispetto alle osservazioni è la loro bassa risoluzione spaziale. La precipitazione è anche influenzata dalla presenza di particelle di aerosol che agiscono in maniera diretta e indiretta come forzanti climatiche; ciò è particolarmente vero nelle regioni monsoniche.

Abbiamo analizzato l'output delle simulazioni storiche (1850-2005) e di scenario (2006-2100) di 32 Modelli CMIP5. Le caratteristiche principali dei modelli utilizzati - risoluzione spaziale, numero di livelli verticali nell'atmosfera, rappresentazione degli effetti indiretti dell'aerosol e un riferimento bibliografico - sono riassunti nella Tabella 1. E' importante sottolineare che non tutti i modelli utilizzati sono del tutto indipendenti gli uni dagli altri; molti di essi condividono caratteristiche comuni poiché sviluppati nello stesso centro di ricerca o perché hanno in comune moduli o parti di modulo (in particolare quello atmosferico).

Per valutare le prestazioni dei modelli nel periodo storico abbiamo utilizzato due dataset grigliati di precipitazione, ottenuti a partire dall'interpolazione di dati di stazioni al suolo: i Dataset CRU e GPCC, che forniscono campi di precipitazione su terre emerse con risoluzione temporale mensile e risoluzione spaziale di 0.5°, per il periodo 1901-2005.

In Figura 1 viene mostrato il ciclo annuale medio di precipitazione (media sul periodo 1901-2005) nell'Himalaya (a) e nella regione HKK (b) simulato da tutti i modelli dell'ensemble considerato (linee grigie), dalla loro media di insieme ("multi-model ensemble mean", MMM, linea nera) e, per confronto, dalle osservazioni CRU (rosa) e GPCC (verde).

Tab. 1. Caratteristiche principali dei modelli CMIP5 utilizzati in questo lavoro. Per i modelli che includono l'effetto indiretto dell'aerosol, viene indicato se essi rappresentano anche il secondo effetto indiretto, oltre al primo. I modelli indicati con un asterico sono quelli che possiedono un modulo di chimica e trasporto interattivo.

Model ID	Resolution Lon×Lat° Lev	Institution ID	First/second indirect aerosol effect	Key reference
bcc-csm1-1-m	1.125×1.125L26 (T106)	BCC	No	Wu et al (2013)
bcc-csm1-1	2.8125×2.8125L26 (T42)	BCC	No	Wu et al (2013)
CCSM4	1.25×0.9L27 (T63)	NCAR	No	Meehl et al (2012)
CESM1-BGC	1.25×0.9L27	NSF-DOE-NCAR	No	Hurrell et al (2013)
*CESM1-CAM5	1.25×0.9L27	NSF-DOE-NCAR	No	Hurrell et al (2013)
EC-Earth	1.125×1.125L62 (T159)	EC-EARTH	No	Hazeleger et al (2012)
FIO-ESM	2.8125×2.8125L26 (T42)	FIO	No	Song et al (2012)
GFDL-ESM2G	2.5×2L24 (M45)	GFDL	No	Delworth et al (2006)
GFDL-ESM2M	2.5×2L24 (M45)	GFDL	No	Delworth et al (2006)
MPI-ESM-LR	1.875×1.875L47 (T63)	MPI-M	No	Giorgetta et al (2013)
MPI-ESM-MR	1.875×1.875L95 (T63)	MPI-M	No	Giorgetta et al (2013)
*CanESM2	2.8125×2.8125L35 (T63)	CCCMA	Yes / No	Arora et al (2011)
CMCC-CMS	1.875×1.875L95 (T63)	CMCC	Yes / No	Davini et al (2013)
CNRM-CM5	1.40625×1.40625L31 (T127)	CNRM- CERFACS	Yes / No	Voldoire et al (2013)
*CSIRO-Mk3-6-0	1.875×1.875L18 (T63)	CSIRO- QCCCE	Yes / No	Rotstayn et al (2012)
*GFDL-CM3	2.5×2L48 (C48)	GFDL	Yes / No	Delworth et al (2006)
INM-CM4	2×1.5L21	INM	Yes / No	Volodin et al (2010)
IPSL-CM5A-LR	3.75×1.89L39	IPSL	Yes / No	Hourdin et al (2013)
IPSL-CM5A-MR	2.5×1.2587L39	IPSL	Yes / No	Hourdin et al (2013)
IPSL-CM5B-LR	3.75×1.9L39	IPSL	Yes / No	Hourdin et al (2013)
*MRI-CGCM3	1.125×1.125L48 (T159)	MRI	Yes / No	Yukimoto et al (2012)
CMCC-CM	0.75×0.75L31 (T159)	CMCC	Yes / N/A	Scoccimarro et al (2011)
FGOALS-g2	2.8125×2.8125L26	LASG-CESS	Yes / N/A	Li et al (2013)
*HadGEM2-AO	1.875×1.24L60	MOHC	Yes / N/A	Martin et al (2011)
*ACCESS1-0	1.875×1.25L38 (N96)	CSIRO-BOM	Yes / Yes	Bi et al (2013)
*ACCESS1-3	1.875×1.25L38	CSIRO-BOM	Yes / Yes	Bi et al (2013)
*HadGEM2-CC	1.875×1.24L60 (N96)	MOHC	Yes / Yes	Martin et al (2011)
*HadGEM2-ES	1.875×1.24L38 (N96)	MOHC	Yes / Yes	Bellouin et al (2011)
*MIROC5	1.40625×1.40625L40 (T85)	MIROC	Yes / Yes	Watanabe et al (2010)
*MIROC-ESM	2.8125×2.8125L80 (T42)	MIROC	Yes / Yes	Watanabe et al (2011)
*NorESM1-M	2.5×1.9L26 (F19)	NCC	Yes / Yes	Bentsen et al (2013)
*NorESM1-ME	2.5×1.9L26	NCC	Yes / Yes	Bentsen et al (2013)

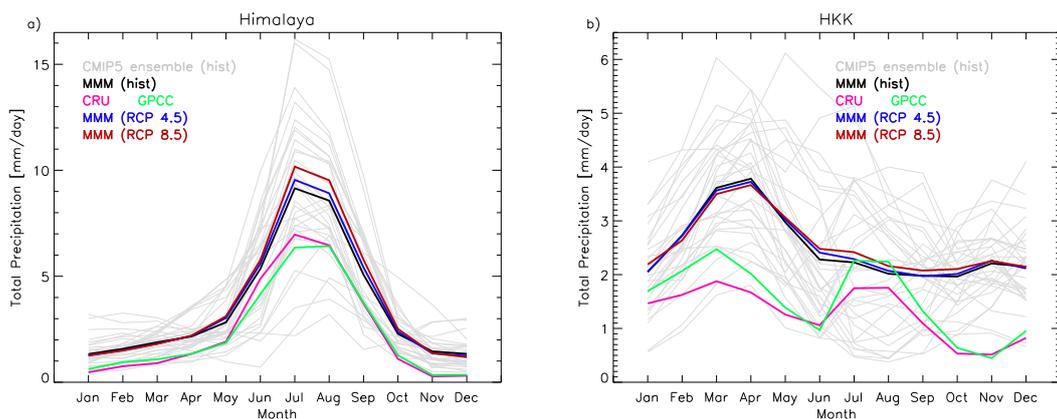


Fig. 1. Ciclo annuale medio di precipitazione in Himalaya (a) e HKK (b), calcolato come media sul periodo 1901-2005 per ogni singolo modello dell'insieme CMIP5 (linee grigie), per la media di insieme (linea nera) e per le osservazioni CRU (rosa) e GPCC (verde). La linea blu (rossa) rappresenta la media di insieme dei modelli nel periodo 2006-2100, nell'ipotesi di scenario emissivo RCP 4.5 (RCP 8.5).

Rispetto a CRU, e in generale anche a GPCC, la media d'insieme dei Modelli CMIP5 (linea nera) mostra un bias positivo lungo tutto l'arco dell'anno sia nella regione Himalayana sia in HKK. Ciò è consistente con il bias umido che in generale i modelli globali mostrano nelle regioni di

alta quota, come il Plateau Tibetano, che è stato principalmente imputato alla bassa risoluzione dei modelli.

La Figura 1 mostra anche che, in entrambe le regioni, lo spread dei modelli attorno alla loro media è piuttosto importante, a indicazione del fatto che i diversi GCM non convergono nella loro rappresentazione del ciclo annuale medio di precipitazione nel periodo storico considerato 1901-2005. Tuttavia, si notano differenze piuttosto rilevanti tra una regione e l'altra. La risposta dei modelli è più omogenea nella regione Himalayana, dove essi riproducono cicli annuali unimodali, con un picco estivo, anche se le varie distribuzioni sono caratterizzate da ampiezze diverse e diverse intensità del massimo estivo. Il disaccordo tra i vari modelli è maggiore nella regione HKK. Allo scopo di definire quanti tipi diversi di distribuzioni annuali di precipitazione sono simulati in questa regione e quali sono le loro caratteristiche, abbiamo effettuato un'analisi per cluster utilizzando come misura di distanza la distanza euclidea standard. Ne sono risultati 4 cluster di modelli, cui sono associati 4 cicli annuali di precipitazione nella regione HKK con differenti caratteristiche, come sintetizzato in Figura 2.

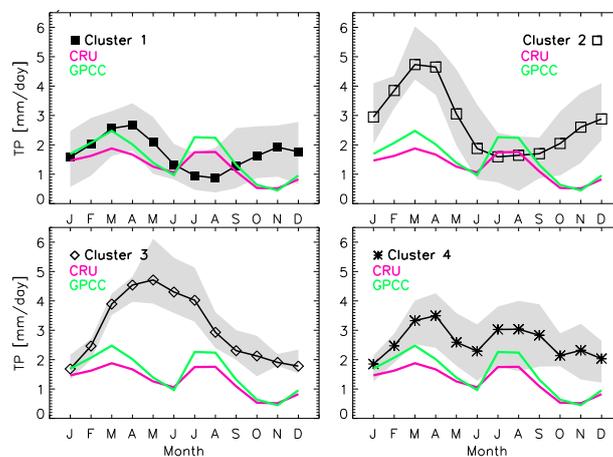


Fig. 2. Ciclo annuale medio di precipitazione in HKK simulato dai modelli appartenenti a ciascuno dei 4 cluster identificati. L'area grigia rappresenta l'intervallo di variabilità dei modelli, la linea nera la loro media, le linee rosa e verde le osservazioni CRU e GPCC, rispettivamente.

I modelli nel primo e secondo cluster simulano un ciclo annuale di precipitazione caratterizzato da valori elevati in tardo inverno-inizio primavera e in autunno e molto bassi in estate. I modelli del terzo cluster mostrano una distribuzione ampia di precipitazione, con alti valori da febbraio a settembre e un picco intorno a maggio e valori fortemente sovrastimati rispetto ai due dataset osservativi lungo tutto l'arco dell'anno. Infine, i modelli del quarto cluster riproducono un ciclo annuale con due picchi principali nel tardo inverno e in estate, che riflettono le due principali fonti di precipitazione stagionale nella regione HKK, in accordo con le osservazioni, e un terzo massimo, di intensità minore, nel mese di novembre (imputabile tuttavia a un singolo modello, MRI - CGCM3). I modelli appartenenti a questo cluster sono quelli a più alta risoluzione nell'insieme CMIP5 (1.125° e 1.25°); fanno eccezione i due modelli della famiglia NorESM1 (-M, -ME) che appartengono al cluster e hanno risoluzione spaziale di 2.5°.

La Figura 1 mostra anche il ciclo annuale di precipitazione mediato nel periodo futuro 2006-2100 nelle ipotesi di scenari emissivi RCP 4.5 (linea blu) ed RCP 8.5 (linea rossa). La media di insieme dei modelli mostra precipitazioni future maggiori di quelle storiche da maggio a ottobre nella regione Himalayana, con valori più elevati nello scenario RCP 8.5 che nello scenario RCP 4.5. Nella regione HKK, nel periodo tra febbraio e maggio, le precipitazioni future sono in media abbastanza vicine o leggermente inferiori a quelle presenti, mentre da

circa maggio a novembre la precipitazione futura è maggiore di quella storica in particolare nello scenario emissivo RCP 8.5.

I risultati relativi all'analisi dei trend a lungo termine, sia storici sia futuri (fino al 2100), non sono illustrati per brevità in questo report; si rimanda quindi al Deliverable di riferimento per una discussione degli stessi.

Al fine di analizzare in dettaglio come le precipitazioni potrebbero cambiare in un futuro prossimo e lontano, confrontiamo le medie di precipitazione nei periodi 2021-2050 e 2071-2100, con la media su un periodo di riferimento attuale, il trentennio 1971-2000.

La Figura 3 mostra, per ciascun modello, il cambio percentuale medio estivo (JJAS) e invernale (DJFMA) di precipitazione nei periodi 2021-2050 (sinistra) e 2071-2100 (destra) rispetto al periodo storico 1971-2000, per la regione Himalayana.

I risultati relativi allo scenario RCP4.5 sono mostrati in grigio, quelli relativi allo scenario RCP8.5 in nero. I modelli che mostrano cambiamenti statisticamente significativi sono mostrati con istogrammi pieni. Il pannello in lato a sinistra in Fig. 3 evidenzia che un numero importante di modelli mostra cambiamenti statisticamente significativi di precipitazione estiva in Himalaya nel trentennio 2021-2050 (per entrambi gli scenari) rispetto al trentennio presente 1971-2000. Ad eccezione del Modello HadGEM2-AO nello scenario RCP 4.5 il cambio simulato è positivo, ad indicare che i modelli prevedono, per la regione Himalayana in estate, condizioni future più umide rispetto a quelle presenti. Quasi tutti i modelli prevedono cambi positivi (tra ~10% e ~80% nello scenario RCP 8.5) e statisticamente significativi anche nel trentennio medio 2071-2100 rispetto al trentennio 1971-2000 (pannello in alto a destra): solo tre Modelli (CMCC-CMS, MPI-ESM-LR, MPI-ESM-MR), che condividono lo stesso modulo atmosferico, forniscono cambi non significativi (ma positivi) mentre il Modello FIO-ESM simula condizioni future significativamente più secche rispetto a quelle presenti. Per riassumere, i Modelli CMIP5 in generale simulano un aumento di precipitazione in estate nella regione Himalayana, sia nel futuro più vicino sia in quello più lontano rispetto alle condizioni presenti.

Un segnale meno chiaro per la regione Himalayana emerge in relazione al cambio di precipitazione invernale. Solo cinque modelli simulano cambi negativi statisticamente significativi nel 2021-2050 rispetto al 1971-2000 in almeno uno dei due scenari, mentre un solo modello fornisce un cambio positivo e statisticamente significativo. Se si considera il cambio nel 2071-2100 rispetto al periodo 1971-2000, il numero di modelli che simula cambiamenti statisticamente significativi aumenta; i cambi sono sia positivi sia negativi, anche se questi ultimi tendono a prevalere rispetto ai primi.

L'immagine che i modelli forniscono sul cambiamento della precipitazione in HKK (figura analoga alla Fig. 3 qui mostrata nel Deliverable D2.6.2) indica condizioni future (in entrambi i trentenni 2021-2050 e 2071-2100) più umide rispetto a quelle attuali (1971-2000) in estate e cambi positivi in inverno ma solo nel futuro più prossimo. E' bene ricordare, tuttavia, che sono pochi i modelli che forniscono cambiamenti statisticamente significativi. L'immagine che i modelli forniscono sul cambio di precipitazione invernale nel 2071-2100 rispetto al 1971-2000 è tutt'altro che omogenea: alcuni modelli mostrano un futuro più umido, altri più secco (in particolare nello scenario RCP8.5). In generale è maggiore il numero di modelli che simula cambi di precipitazione non significativi nella regione HKK rispetto a quella Himalayana.

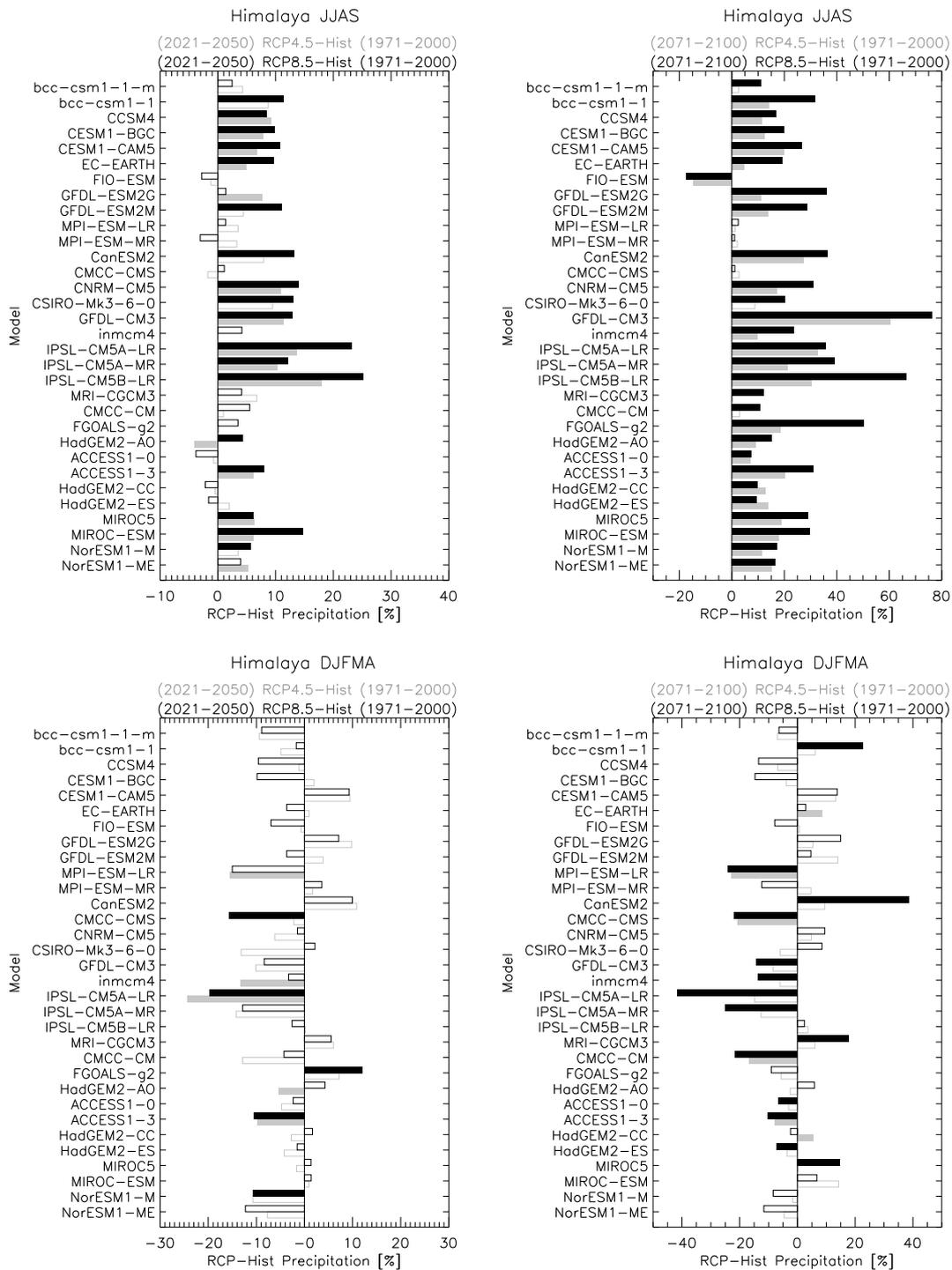


Fig. 3. Cambiamento percentuale medio di precipitazione estiva (in alto) e invernale (in basso) in Himalaya nei periodi 2021-2050 (sinistra) e 2071-2100 (destra) rispetto al periodo storico di riferimento (1971-2000). I modelli che mostrano cambiamenti statisticamente significativi sono mostrati con istogrammi pieni.

## 2. Il controllo sinottico della precipitazione in Karakorum

La regione HKK è situata nella parte più occidentale dell'intera catena Himalayana. Nel suo complesso, la regione Himalayana (HKKH) è esposta a due principali pattern di circolazione: il monson indiano e i venti occidentali (noti come western weather patterns, WWP, Syed et al., 2006; Yadav et al., 2012). I diversi sistemi di circolazione hanno un effetto anche sulla distribuzione spaziale della climatologia di precipitazione. La porzione più occidentale della regione (HKK), in particolare, riceve abbondanti precipitazioni (pioggia, ma soprattutto neve)

in inverno e a inizio primavera, trasportate dai venti occidentali che “originano” nelle regioni dell’Atlantico e Mediterraneo e ricevono un contributo al ciclo annuale anche di precipitazione in estate per effetto del monzone. Ne risulta una distribuzione annuale di pioggia bimodale (Palazzi et al., 2013), molto diversa da quella che caratterizza la regione Himalayana orientale (unimodale).

I WWP sono i principali responsabili dell’accumulo stagionale di neve nella regione del Karakorum e quindi rappresentano una riserva di acqua fondamentale per la regione e per la maggior parte dei bacini fluviali (Archer and Fowler, 2004). La “North Atlantic Oscillation (NAO)”, uno dei principali pattern di teleconnessione atmosferici, è stata identificata come uno dei fattori che hanno un effetto importante sulla precipitazione invernale e primaverile nell’area del Karakorum (Syed et al., 2006; Yadav et al., 2009). Diversi studi hanno mostrato che, in questa regione, la precipitazione invernale e la NAO sono correlate, dando luogo a valori di precipitazione più alti (bassi) della norma durante gli anni di NAO positiva (negativa).

L’obiettivo principale delle attività svolte nel secondo anno è stato identificare quali sono i processi su scala sinottica che danno luogo ai pattern osservati di correlazione tra NAO e precipitazione invernale in Karakorum. A tal scopo, abbiamo analizzato un insieme di dataset grigliati di precipitazione (GPCC, CRU, APHRODITE), dati satellitari TRMM e rianalisi ERA40.

La figura 4 (mappe in basso) illustra la propagazione dei sistemi occidentali mostrando l’evoluzione della precipitazione giornaliera (TRMM a sinistra ed ERA40 a destra) mediata nella banda di latitudini 30°N to 45°N per la stagione invernale del 2001 (presa come esempio) in funzione della longitudine (dal bacino del Mediterraneo alla regione HKK) e del tempo.

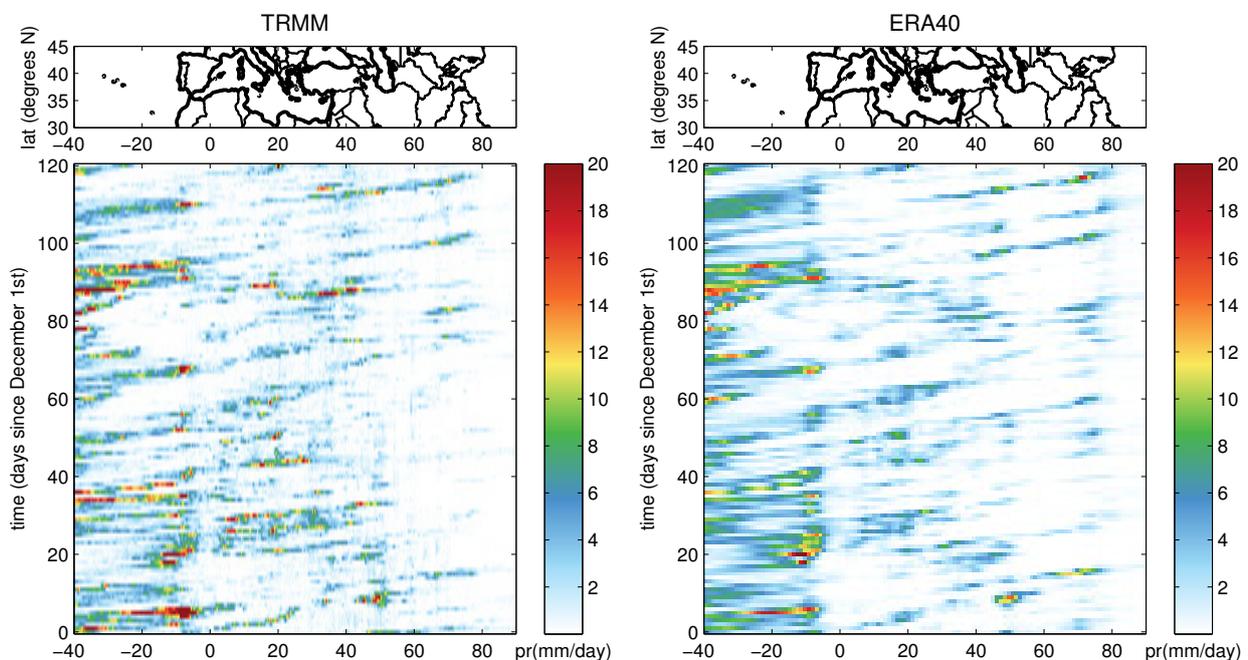


Fig. 4. Alto: mappe che mostrano la regione considerata nello studio. Basso: precipitazione invernale giornaliera in TRMM (sinistra) ed ERA40 (destra), mediata nella fascia di latitudini 30°N to 45°N e riportata in funzione della longitudine e del tempo.

I WWP appaiono come sistemi di pioggia che si propagano verso est, e che alternano fasi di precipitazione più intensa a fasi di precipitazione meno intensa o assente; questa intermittenza è fortemente associata alle caratteristiche orografiche incontrate durante la propagazione (c'è, ad esempio, un'intensificazione della precipitazione a circa 50°E e 75°E, in corrispondenza rispettivamente delle montagne dell'Iran occidentale e dell'HKK). La figura mostra che il numero di sistemi che raggiungono le longitudini corrispondenti alla regione HKK è maggiore in febbraio-marzo che in dicembre-gennaio, il che corrisponde a maggiori quantità di pioggia nel tardo inverno-inizio primavera. Le principali caratteristiche delle traiettorie sono qualitativamente ben rappresentate in TRMM ed ERA40. TRMM mostra valori di precipitazione leggermente più bassi di ERA40 sull'Atlantico e più alti sul Mediterraneo e il Medio Oriente (fino a circa 50°E), mentre ERA40 mostra un picco di precipitazione in corrispondenza delle longitudini tra 70°E e 80°E (HKK). Quest'ultimo non è presente in TRMM, probabilmente perché il prodotto satellitare tende a sottostimare la precipitazione totale (ovvero il contributo della precipitazione solida) rispetto alla rianalisi.

La Figura 5 mostra il pattern di correlazione statisticamente significativa tra l'Indice NAO e la precipitazione invernale (da dicembre a marzo) su un'area che si estende dal Settore Atlantico Europeo al Sud-Est asiatico.

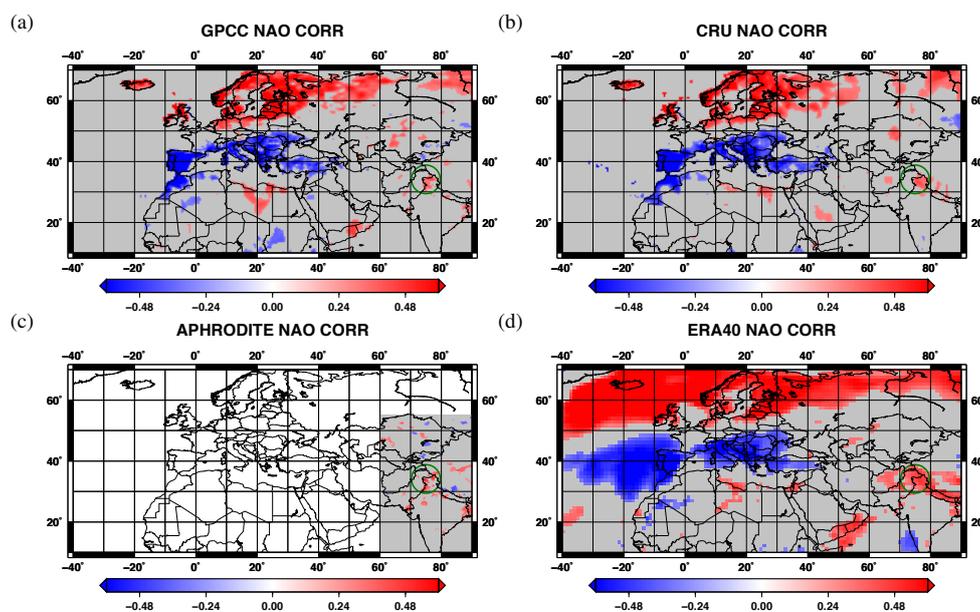


Fig. 5. Coefficienti di correlazione tra l'indice NAO e la precipitazione invernale fornita da (a) GPCC, (b) CRU, (c) APHRODITE e (d) ERA40. Le regioni grigie sono quelle in cui la correlazione non è statisticamente significativa al 95% di confidenza. Il cerchietto verde identifica l'area di correlazioni positive su cui si focalizza principalmente il nostro studio.

I dataset di precipitazione considerati sono CRU, GPCC, APHRODITE ed ERA40. Fasi positive della NAO sono associate a precipitazioni sopra la media in Europa settentrionale in inverno e a precipitazioni sotto la media in Europa meridionale e centrale; un pattern di correlazione opposto si osserva invece durante le fasi di NAO negativa: questo è il tipico e noto dipolo di precipitazione Europeo associato alle fasi della NAO. Un'altra area che mostra correlazioni positive statisticamente significative per tutti i dataset è quella situata al confine tra il Pakistan nord-orientale e l'India nord-occidentale. ERA40 mostra correlazioni estese su un'area più ampia rispetto agli altri dataset: come già evidenziato, questo potrebbe essere un segnale della sottostima della precipitazione totale nelle osservazioni, che si traduce in una sottostima della significatività della correlazione NAO-precipitazione.

Al fine di individuare le maggiori sorgenti di umidità trasportata verso la regione HKK in inverno, abbiamo analizzato il trasporto medio di umidità, integrato verticalmente tra 250 e 1000 hPa, nei dati ERA40. La figura 6a mostra il trasporto umido (vettori) sovrapposto alla mappa delle correlazioni statisticamente significative tra l'indice NAO e l'intensità del trasporto umido. Dalla figura si evince che l'umidità ha origine principalmente nel Mar Arabico settentrionale e nel Mar Rosso, passa attraverso il Golfo Persico ed è trasportata verso la regione. Un contributo minore all'umidità è rappresentato dal bacino del Mediterraneo anche se, come si osserva dalla figura, l'umidità in arrivo dal Mediterraneo in media subisce una deviazione verso nord-est e influenza maggiormente le regioni a nord del HKK. Le figure 6b e 6c, composite NAO positive e negative del trasporto umido, mostrano le principali differenze proprio nella regione del Mediterraneo, dove il trasporto appare essere più debole nella fase NAO positiva che in quella negativa, ma più orientato verso sud, e quindi più incline ad entrare nel canale di collegamento con la regione HKK, durante la fase NAO positiva.

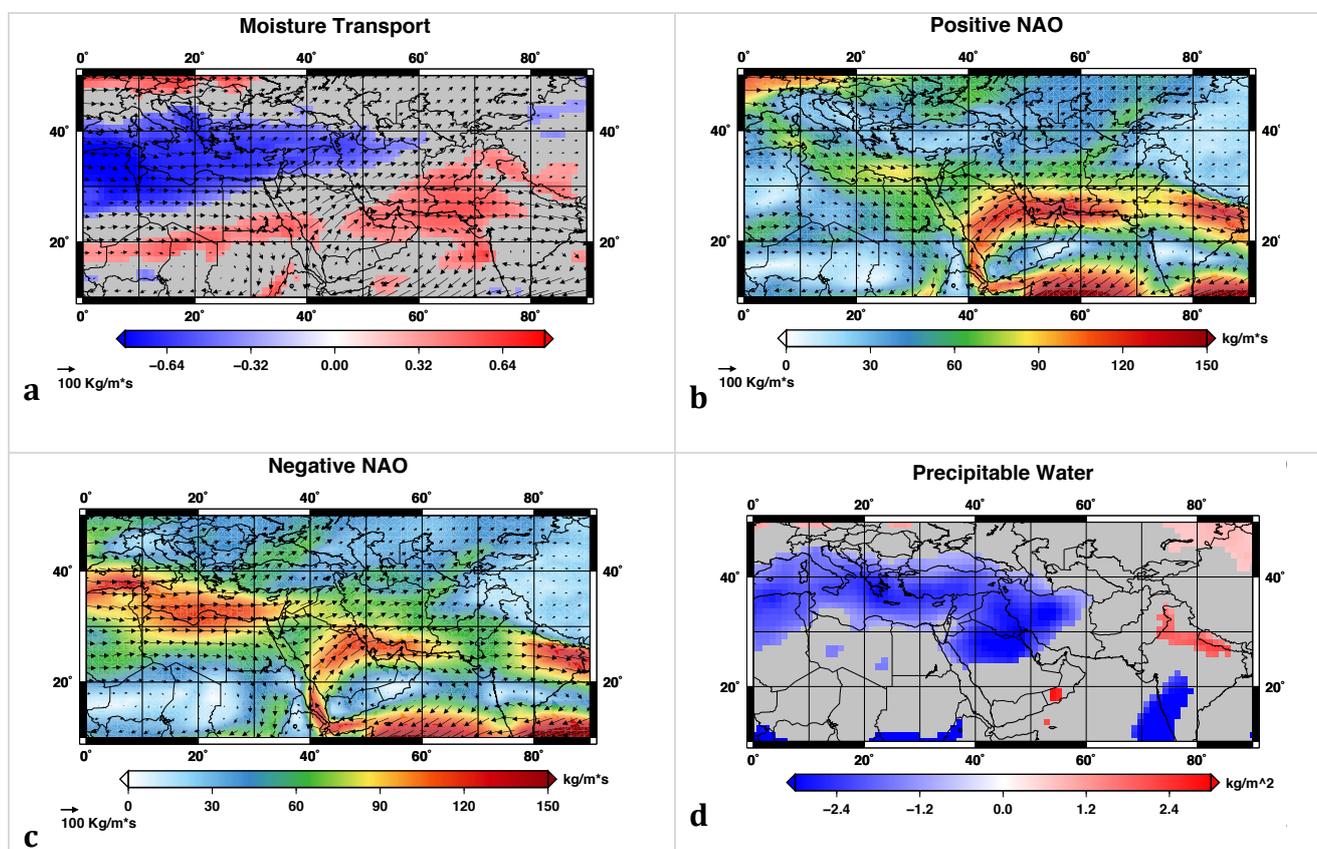


Fig. 6. a) Trasporto di umidità medio in inverno (vettori) e coefficiente di correlazione tra indice NAO e intensità del trasporto umido (mappa). Le aree grigie indicano valori di correlazione non significativi al 95%. b) Composita NAO positiva del trasporto umido (vettori) e intensità del trasporto umido (mappa) per inverni a NAO positiva. c) Stesso di b) per NAO negativa. d) Differenza tra composita NAO positiva e negativa di acqua precipitabile.

L'intensità del trasporto umido dall'area araba al Pakistan è significativamente maggiore durante la fase positiva della NAO, coerentemente con l'analisi delle correlazioni discussa in precedenza. La differenza tra le composita NAO positive e negative di acqua precipitabile ottenute dai dati ERA40 e mostrata in Fig. 6d è consistente con le considerazioni fatte sul trasporto umido. La regione del Mediterraneo è caratterizzata da un'anomalia negativa, essenzialmente causata da una minore avvezione di umidità dall'Atlantico (Hurrell, 1995). Anomalie positive si trovano invece nella regione a sud e sud-ovest dell'arco Himalayano, una regione situata a sud dell'area caratterizzata, in ERA40, da correlazioni significative tra indice

NAO e precipitazione. Ciò supporta l'ipotesi che il trasporto di umidità durante la fase positiva della NAO sostenga la presenza di condizioni più umide della norma in HKK, e quindi di abbondanti precipitazioni durante l'inverno-inizio primavera.

Quali sono i processi associati al trasporto di umidità in bassa troposfera? Poiché il vapore acqueo risiede essenzialmente in bassa troposfera al di sotto dei 500 hPa, ci si aspetta che la circolazione atmosferica nei bassi strati contribuisca significativamente al trasporto umido integrato lungo la verticale. Ciò è quanto emerge, infatti, ripetendo l'analisi effettuata sul trasporto umido (mostrata in Fig. 6a) sui campi di vento invernali (DJFM) a 775 hPa, che qui non mostriamo per brevità (vedere Deliverable). Tuttavia, il vento non è l'unica variabile ad avere un'influenza sul trasporto umido. La figura 7 mostra la differenza tra le composite NAO positive e negative di evaporazione: durante la fase NAO positiva si nota una maggiore evaporazione dal Mar Rosso, il Golfo Persico, il Mar Arabico settentrionale, e il Mediterraneo sud-orientale. L'umidità converge da queste regioni sulla Penisola Arabica per essere poi trasportata verso il Pakistan contribuendo significativamente al contenuto atmosferico di umidità in HKK. Il segnale di evaporazione dal Mar Rosso e dal Golfo Persico e dal Mar Arabico del nord è associato a un segnale coerente nella velocità dei venti superficiali e nelle temperature superficiali marine (SST), che in questo report non mostriamo (vedere Deliverable di riferimento). I nostri risultati suggeriscono che il principale meccanismo attraverso cui la NAO determina alti tassi di evaporazione sia l'intensificazione dei venti superficiali.

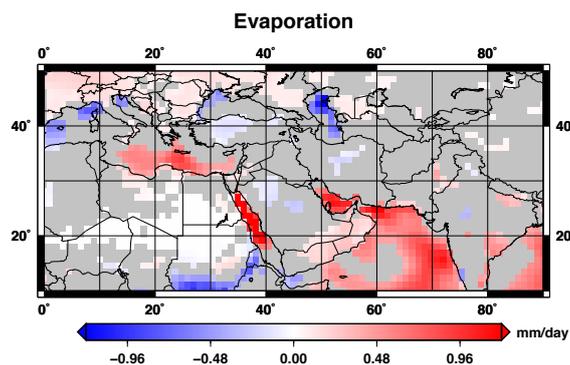


Fig. 7. Differenza tra composite di evaporazione a NAO positiva e negativa.

### 3.2 Sviluppi applicativi, tecnologici e informatici

Durante il secondo anno di attività, non abbiamo prodotto nuove specifiche simulazioni per la regione HKKH con il modello EC-Earth, ma abbiamo utilizzato gli output già prodotti con la versione 2.3 del modello. Abbiamo inoltre analizzato gli output mensili di un vasto insieme di modelli CMIP5 disponibili sul sito del Program for Climate Model Diagnosis and Intercomparison (PCMDI) web page (<http://cmip-pcmdi.llnl.gov/cmip5/>).

### 3.3 Attività di formazione

Supervisione del lavoro di dottorato del Dr. Luca Filippi sulle tematiche dello studio pilota.

### 3.4 Attività di disseminazione e divulgazione

E' stato svolto un seminario sulle tematiche dello studio pilota, intitolato "Precipitation in HKKH and Western Weather Patterns" in occasione della "XXI Alpine Summer School" su

“*Climate Change and the Mountain Environment*” organizzato da ISAC-CNR a Valsavarenche (AO), 18-29 giugno 2013.

### 3.5 Partecipazione a conferenze

I principali risultati delle attività scientifiche svolte nel secondo anno di attività inerente a questo studio pilota sono stati presentati e discussi in occasione di workshop, conferenze e meeting internazionali:

E. PALAZZI, P. CRISTOFANELLI, A. A. TAHIR, E. VUILLERMOZ, P. BONASONI, and A. PROVENZALE: Climatic characterization of Baltoro glacier (Karakoram) and northern Pakistan from in-situ stations. *EGU 2013*, 7-12 April, 2013 (poster presentation).

L. FILIPPI, E. PALAZZI, J. VON HARDENBERG, and A. PROVENZALE: Western weather patterns and winter precipitation in the Hindu-Kush Karakoram. *EGU 2013*, 7-12 April, 2013 (poster presentation).

FILIPPI et AL.: An application of the EC-Earth model to study the effects of the NAO on winter precipitation in the Hindu-Kush Karakoram. *International meeting with EC-Earth contributors/usersheld* in Lisbon, 16-17 April, 2013.

PALAZZI et AL.: Current and future precipitation in the Karakoram-Himalaya and the role of western weather patterns, at the *28<sup>th</sup> Himalayan Karakorum Tibet Workshop & 6<sup>th</sup> International Symposium on Tibetan Plateau 2013* (HKT-ISTP-2013), Tübingen, Germany, 22-24 August 2013.

## 4. Risultati ottenuti durante il periodo di riferimento

### 4.1 Risultati specifici (banche dati, risultati delle misure, output di modelli, etc)

Abbiamo analizzato l'output mensile di precipitazione di un insieme di Modelli CMIP5. Per ogni modello e per la loro media di insieme sono stati prodotti i seguenti file (in formato NetCDF):

- Media spaziale sui box HKK e Himalaya della precipitazione mensile o stagionale (DJFM, JJAS). La media spaziale sui due box è stata calcolata pesando preventivamente i valori di precipitazione sulla griglia originale di ogni modello per la frazione della cella avente una quota maggiore di 1000 m, valutata facendo uso di un DEM ad alta risoluzione, fornito dal Global Land One-km Base Elevation (GLOBE) Project.
- Precipitazione mensile e stagionale per ogni pixel del grigliato originale di ogni modello contenuto nella regione HKKH.

### 4.2 Pubblicazioni

PALAZZI, E., J. VON HARDENBERG, and A. PROVENZALE (2013), “Precipitation in the Hindu-KushKarakoram Himalaya: Observations and future scenarios”, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 118, 85–100, doi: 10.1029/2012JD018697.

PALAZZI, E., J. VON HARDENBERG, S. TERZAGO and A. PROVENZALE, “The CMIP5 picture of current and future precipitation in the Karakoram-Himalaya”, in preparation for *Climate Dynamics*.

FILIPPI, L., E. PALAZZI, E., J. VON HARDENBERG, AND A. PROVENZALE, “Synoptic control of winterprecipitation in the Hindu-KushKarakoram”, in preparation for *Journal of Climate*

#### *4.3 Disponibilità di dati e output modellistici (formato, supporto, etc)*

- Media spaziale della precipitazione mensile nelle sotto-regioni HKK e Himalaya, per ogni GCM e per la media di insieme dei GCM.
- Precipitazione mensile e stagionale sulle regioni HKK e Himalaya pixel per pixel alla risoluzione originaria di ogni modello.
- Trend stagionali di precipitazione per ogni modello e per la loro media di insieme, mediate nelle regioni HKK e Himalaya.

#### *4.4 Deliverables completati*

Contributo al Deliverable D2.6.2 con i risultati dello studio pilota nel secondo anno.

#### **5. Commento su eventuali scostamenti fra attività/risultati/Deliverables previsti ed effettivamente realizzati**

Nessuno scostamento dalle attività previste.

#### **6. Attività previste per il periodo successivo**

Le attività future saranno incentrate su una più attenta comprensione della relazione tra NAO e precipitazione invernale in Karakorum e in particolare su come questa sia evoluta nei decenni passati e potrà evolvere in futuro. Pertanto, ci si avvarrà di uno o più probabilmente di un insieme di modelli climatici che forniscono serie storiche lunghe di tutte le variabili di interesse per lo studio di questi processi.

## **2.6c: Stima dei cambiamenti della copertura nevosa e del ciclo idrologico in aree montane (Responsabile: Silvia Terzago, CNR-ISAC)**

### **1. Attività prevista e risultati attesi**

Questo studio pilota mira a valutare gli effetti dei cambiamenti climatici sulle risorse nivali e sul ciclo idrologico nei territori di alta quota attraverso l'analisi e l'interpretazione dei dati di copertura e spessore del manto nevoso già esistenti e di quelli nuovi ottenuti durante il progetto. Un ulteriore obiettivo è studiare, sviluppare e implementare modelli fisici e dinamici della copertura nevosa al fine di ottenere stime delle variazioni recenti e future nella persistenza e profondità del manto nevoso nelle zone montane.

### **2. Deliverables previsti per il periodo di riferimento**

Deliverable D2.6.2: Relazione sui risultati degli studi pilota nel secondo anno.

### **3. Attività effettivamente svolta durante il periodo di riferimento**

#### *3.1 Attività di ricerca*

Obiettivo di questo studio pilota è fornire una proiezione delle caratteristiche della neve (profondità, equivalente in acqua ed estensione della copertura) in diversi scenari di cambiamento climatico, prodotti sia con Modelli Climatici Globali (GCM), sia con modelli regionali (RCM) innestati nei modelli globali. Per raggiungere tale obiettivo sono stati individuati due diversi approcci modellistici:

- utilizzare direttamente le proiezioni delle variabili nivometriche fornite da un modello climatico: in questo caso si ha il vantaggio che il modulo suolo-neve è interattivo con l'atmosfera e dunque permette di rappresentare correttamente i feedback delle variazioni della copertura nevosa sul clima (per es. il feedback neve-albedo).
- Utilizzare in modalità *off-line* i modelli fisici o empirici (per es. CH-Tessel, UTOPIA, modelli *degree-day*), forzati dalle variabili atmosferiche prodotte dai modelli climatici. In questo caso non vengono descritti gli effetti di retroazione tra suolo e atmosfera ma in compenso è possibile calibrare il modello di neve e presumibilmente rappresentare in modo più fedele le dinamiche dell'innnevamento.

Per quanto riguarda il primo approccio, ovvero l'analisi diretta delle proiezioni delle variabili nivometriche fornite da un modello climatico, è stato considerato il più aggiornato dataset di Modelli Climatici Globali (GCM), ovvero il Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (CMIP5), liberamente disponibile in rete (<http://cmip-pcmdi.llnl.gov/cmip5/>). Tale archivio fornisce, per ogni modello, un ensemble di *run* storici sul periodo 1850-2005 e le proiezioni future, dal 2006 al 2100, in diversi scenari di cambiamento climatico, a scala globale.

Tra tutti i modelli presenti nell'archivio sono stati selezionati quelli che forniscono la variabile "spessore del manto nevoso", che sono 26. Essi hanno risoluzione spaziale compresa tra 0.75 e 2.8° di longitudine. Per ognuno di essi è stata considerata come area di studio la zona dell'Hindu-Kush Karakorum Himalaya (HKKH, Figura 1) che ospita la catena montuosa più estesa ed elevata del mondo. Tale zona è stata a sua volta suddivisa in due regioni climaticamente omogenee: 1) l'Hindu-Kush Karakorum (HKK) dove le precipitazioni sono principalmente dovute alle perturbazioni provenienti da occidente e sono concentrate nei

mesi invernali e 2) la zona Himalayana (H) dove le precipitazioni sono legate ai monsoni e dunque avvengono prevalentemente tra giugno e settembre. Poiché questo studio è rivolto all'innevamento nei territori ad alta quota sono state selezionate le aree con altitudine superiore ai 1000 m sul livello del mare.

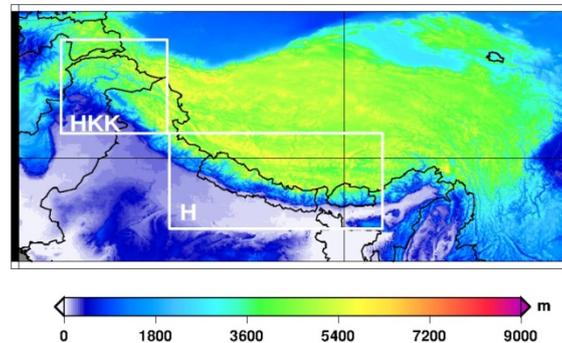


Fig. 1. Altitudine rispetto al livello del mare dell'area di studio, con evidenziate nei box in bianco le due sottoregioni dell'Hindu-Kush Karakorum (HKK) e dell'Himalaya (H).

Inizialmente si è valutato come i vari GCM rappresentano lo spessore del manto nevoso a livello mensile e stagionale in HKKH. In quest'area il confronto tra i modelli e le reali caratteristiche dell'innevamento è limitato dalla quasi totale assenza di dati osservativi di spessore del manto nevoso. Come riferimento sono quindi state usate le rianalisi ERA-Interim Land e la 20<sup>th</sup> Century Reanalysis. Abbiamo osservato che in HKKH i modelli con risoluzione spaziale più elevata (0.75-1.25°) sono generalmente in miglior accordo con le rianalisi rispetto a quelli a bassa risoluzione spaziale, e che presentano un picco di spessore del manto nevoso sulla zona del Karakorum e valori decrescenti spostandosi verso l'Himalaya e il Plateau Tibetano (Figura 2).

L'analisi della rappresentazione del ciclo stagionale dell'innevamento (cioè l'evoluzione dello spessore del manto nevoso medio mensile durante la stagione nivologica settembre-agosto) evidenzia una distribuzione unimodale con massimo a febbraio/marzo in entrambe le regioni, e, in media, una sovrastima della neve al suolo da parte dei modelli rispetto alla rianalisi ERA-Interim/Land, nonché uno spread non trascurabile tra i vari modelli.

E' inoltre stata valutata la variabilità interannuale dell'innevamento nel periodo storico e quella prevista per il futuro negli scenari di cambiamento climatico RCP4.5 e RCP8.5 (Figura 3). Le proiezioni climatiche indicano per il futuro una sensibile diminuzione della neve al suolo compresa tra l'8% ed il 28% in HKK e tra il 30% ed il 50% in Himalaya a seconda dello scenario considerato (RCP4.5 e RCP8.5 rispettivamente). In Himalaya è previsto anche un anticipo dell'inizio della fusione del manto nevoso da marzo a febbraio, con evidenti ricadute sulla distribuzione stagionale dell'acqua di fusione nelle regioni a valle.

Il secondo approccio di ricerca, come anticipato in precedenza, prevede di simulare l'evoluzione del manto nevoso utilizzando diversi modelli fisici o empirici forzati dalle variabili atmosferiche prodotte dai modelli climatici a grande scala. Questo approccio permette di ottimizzare i modelli di neve e di ottenere simulazioni più accurate, ma ha lo svantaggio che le simulazioni avvengono in modalità *off-line*, dunque senza la possibilità di rappresentare i *feedback* tra suolo ed atmosfera.

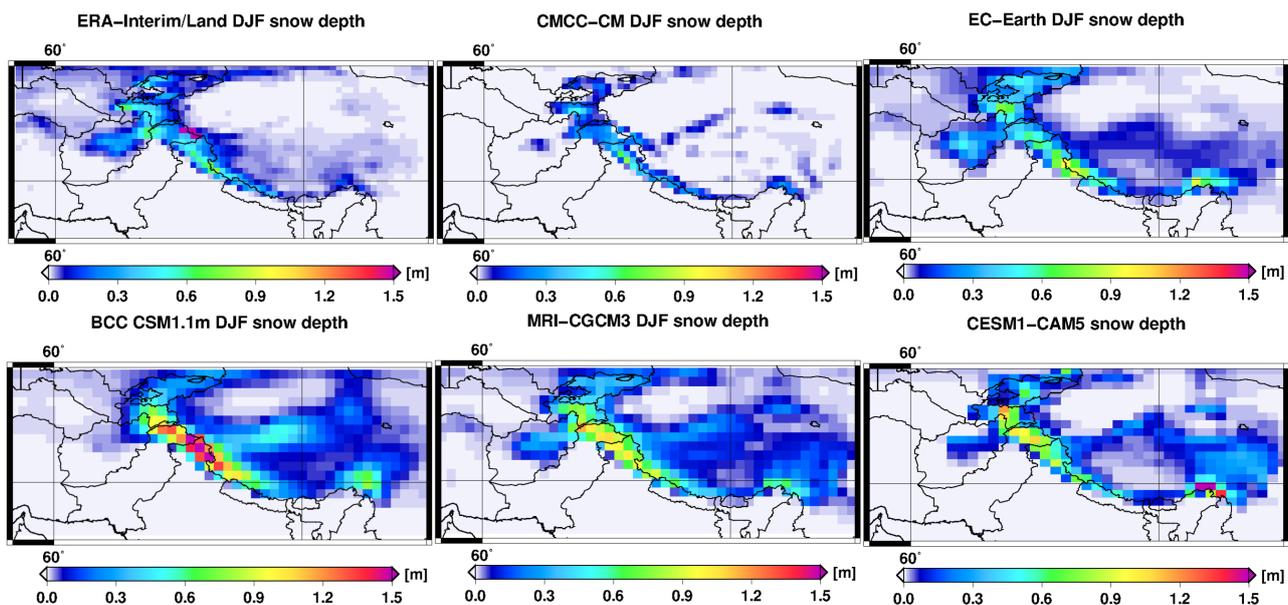


Fig. 2. Spessore del manto nevoso medio invernale sulla catena Hindu-Kush Karakorum Himalaya secondo ERA-INTERIM/Land e i modelli climatici globali ad alta risoluzione ( $<1.25^\circ$ ).

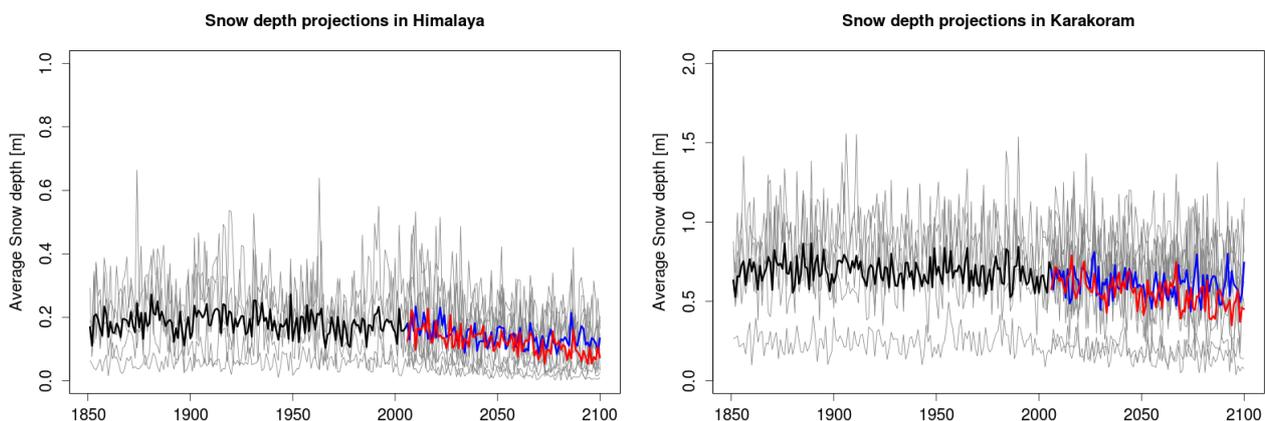


Fig. 3. Spessore medio del manto nevoso invernale durante il periodo storico 1850-2005 e proiezioni future fino al 2100 negli scenari RCP4.5 (blu) e RCP8.5 (rosso) secondo i Modelli Climatici Globali CMIP5 ad alta risoluzione. I valori si riferiscono alle medie areali dei territori dell'Hindu-Kush Karakorum (sinistra) e dell'Himalaya (destra) sopra i 1000 m s.l.m..

I modelli climatici forniscono variabili meteorologiche a bassa risoluzione spaziale e temporale rispetto a quelle osservate in una stazione meteorologica e che generalmente vengono usate per validare i modelli di neve. Si è dunque stimata l'affidabilità delle simulazioni dei modelli in funzione della "qualità" e della risoluzione spazio-temporale del dato iniziale. In altre parole si è scelto di effettuare simulazioni con diverse tipologie di dati input, di "qualità" via via decrescente, partendo (i) dal caso ideale con i dati puntuali delle stazioni meteo con strumentazione completa controllate e validate, poi (ii) con i dati delle stazioni meteorologiche standard, che misurano solo le variabili principali (le altre vengono stimate internamente ai modelli tramite parametrizzazioni), ed infine (iii) con dataset interpolati a bassa risoluzione spazio-temporale e con una maggior incertezza nelle misure.

L'obiettivo è di identificare i modelli che garantiscono le stime migliori anche qualora vengano forzati con dati di input a bassa risoluzione spaziale e maggiore incertezza.

Tramite una collaborazione con ARPA Valle d'Aosta sono stati ottenuti i dati del sito di osservazione nivo-meteorologica di Torgnon. Quest'ultimo è dotato di strumentazione all'avanguardia come ad esempio il pluviometro OTT ed è costantemente controllato in modo tale che le misure effettuate siano di elevata accuratezza. Torgnon costituisce dunque il sito "ideale" che fornisce misure di elevata qualità.

Sono state considerate anche le serie nivo-meteorologiche di una stazione dotata di strumentazione standard, Colle Bercia, situata a 2200 m s.l.m., di cui abbiamo disponibili i dati a partire dal 2003. In questo caso è stata svolta un'analisi preliminare per verificare la qualità delle misure, in particolare quelle di precipitazione che sono particolarmente critiche in alta quota. Si è riscontrato che l'affidabilità del dato iniziale di precipitazione è cruciale per ottenere una buona stima della variabilità stagionale dello spessore della neve al suolo.

Sulle due stazioni-campione sopra citate sono stati testati e comparati i due modelli fisici a nostra disposizione: University of Torino land-surface Process Interaction model in the Atmosphere (UTOPIA) e Hydrology-Tiled ECMWF Scheme for Surface Exchange over Land (CHTESSEL). UTOPIA è sviluppato dall'Università di Torino e CHTESSEL è sviluppato dal centro meteorologico europeo ECMWF.

In Figura 4 (sinistra) è rappresentato il confronto tra le simulazioni dell'evoluzione del manto nevoso nel sito di Torgnon, ottenute usando i modelli UTOPIA e CHTESSEL, e i dati osservati, registrati attraverso un nivometro ad ultrasuoni. UTOPIA fornisce un'ottima stima delle caratteristiche del manto nevoso, generalmente molto prossima alle condizioni reali. CHTESSEL tende a sottostimare la neve presente al suolo, principalmente a causa dell'eccessiva fusione simulata all'inizio della stagione nivologica. Nella Figura 4 (destra) sono presentati i risultati relativi alla stazione di Colle Bercia (2200 m a.s.l.). In questo caso i modelli riproducono adeguatamente i processi di precipitazione nevosa e di fusione del manto ma con una tendenza alla sottostima della precipitazione nevosa in caso di eventi intensi.

La causa di tale sottostima è legata al fatto che i modelli calcolano il quantitativo di precipitazione solida a partire dai dati registrati attraverso i pluviometri riscaldati. Questi strumenti sono adatti alla misura della precipitazione liquida ma tendono a sottostimare la precipitazione solida, perché la resistenza di cui sono dotati non è in grado di fondere abbastanza rapidamente la neve che tende ad accumularsi e ad ostruire la coppetta, causando una sottostima anche importante durante gli eventi intensi. Quindi la differenza tra l'andamento simulato con UTOPIA e CHTESSEL e quello reale può essere in parte dovuto alla qualità del dato iniziale piuttosto che a problemi interni ai modelli. La fusione totale del manto simulata da UTOPIA avviene con un ritardo di circa 7 giorni rispetto alle osservazioni, mentre CHTESSEL non arriva alla fusione completa del manto.

Da questi risultati preliminari si riscontra che la qualità dei dati in input ai modelli è cruciale per ottenere una buona stima dell'evoluzione stagionale del manto nevoso, dunque sarà necessario sviluppare appropriate tecniche di validazione e correzione delle misure, in particolare quelle di precipitazione, tema che verrà sviluppato all'interno dello Special Project P2.

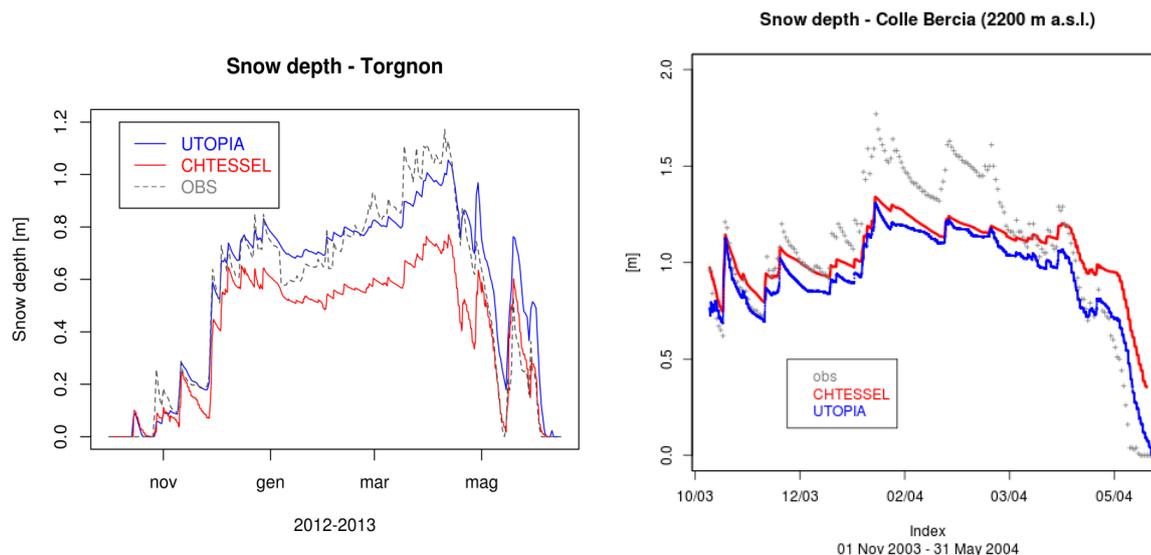


Fig. 4. Evoluzione temporale del manto nevoso simulato con UTOPIA (blu), CHTESSEL (rosso) ed osservato (grigio) nelle stazioni di Torgnon (sinistra) e Colle Bercia (destra) rispettivamente nelle Alpi valdostane e piemontesi.

### 3.2 Sviluppi applicativi, tecnologici e informatici

Il lavoro di analisi, confronto e validazione relativa e assoluta dei modelli, sia Climatici Globali sia Land Surface, rispetto alla loro capacità di rappresentare le caratteristiche dell'innervamento, ha messo in luce i punti di forza e i punti deboli di ogni modello. I risultati potranno trovare applicazione nel campo della modellistica climatica, qualora si vogliano migliorare e sviluppare le parametrizzazioni dei processi fisici superficiali interne ai modelli.

### 3.3 Attività di formazione

Durante il secondo anno sono stati effettuati due incontri con gli sviluppatori dei modelli CHTESSEL e ACHAB Snow, rispettivamente presso lo European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) di Reading e la Fondazione CIMA di Savona, al fine di imparare ad utilizzare tali modelli. Inoltre si è preso parte alle seguenti scuole:

ECMWF Training Course 2013 "Parametrization of subgrid physical processes", Reading (UK) 22 aprile - 2 maggio;

XXI Alpine Summer School "Climate Change and the Mountain Environment", Valsavarenche (Italy), 18-28 giugno 2013.

### 3.4 Attività di disseminazione e divulgazione

I risultati di questo studio pilota sono stati divulgati in occasione della XXI Alpine Summer School "Climate Change and the Mountain Environment", Valsavarenche (AO), 18-28 giugno 2013.

### 3.5 Partecipazione a conferenze

Conferenza *Mountain Under Watch 2013: Observing Climate Change in the Alps*, Forte di Bard, Aosta, 20-21 febbraio.

*International EC-Earth meeting, Lisbona, 16-17 aprile 2013.*

*European Geosciences Union General Assembly 2013, Vienna 7-12 aprile 2013.*

*28° Himalayan Karakorum Tibet Workshop and 6th International Symposium on Tibetan Plateau Joint Conference, Tuebingen, Germania, 22-24 agosto 2013.*

*Prima Conferenza Annuale della Società Italiana per le Scienze del Clima: "Climate change and its implications on ecosystem services and society", Lecce, 23-24 settembre 2013.*

#### **4. Risultati ottenuti durante il periodo di riferimento**

##### *4.1 Risultati specifici (banche dati, risultati delle misure, output di modelli, etc)*

I dati derivati dall'elaborazione degli output dei Modelli Climatici Globali e i dataset di misure nivo-meteorologiche della strumentazione al suolo, opportunamente validati insieme ai risultati delle simulazioni dei modelli di Land Surface, verranno messi a disposizione alla fine delle analisi.

##### *4.2 Pubblicazioni*

TERZAGO S., VON HARDENBERG J., PALAZZI, E., PROVENZALE A.: Snow depth changes in the Hindu-Kush Karakoram Himalaya from CMIP5 Global Climate Models, inviato a *Journal of Hydrometeorology*.

TERZAGO S., VON HARDENBERG J., PALAZZI, E., PROVENZALE, A. (2013): Snow depth in the "Third Pole": how do CMIP5 models represent it? - *Proceedings of the First Annual Conference of the Società Italiana per le Scienze del Clima: "Climate change and its implications on ecosystem services and society", Lecce, Italy, 23-24 September 2013, pp. 110-118.*

##### *4.3 Disponibilità di dati e output modellistici (formato, supporto, etc)*

Sono stati archiviati presso CNR-ISAC i dati di:

- simulazioni dello spessore del manto nevoso di tutti i Modelli Climatici Globali contenuti nell'esperimento CMIP5. Si tratta di dataset globali relativi al periodo storico 1850-2005 ed al futuro 2006-2100 negli scenari RCP4.5 ed RCP8.5.
- Dataset di rianalisi ERA-Interim/Land e 20th Century Reanalysis a livello globale.
- Dataset delle variabili nivo-meteorologiche per i siti di osservazione considerati.
- Risultati delle simulazioni dell'evoluzione del manto nevoso effettuate con i Modelli CH-TESSSEL ed UTOPIA.

##### *4.4 Deliverables completati*

Contributo al D2.6.2 con i risultati dello studio pilota nel secondo anno.

#### **5. Commento su eventuali scostamenti fra attività/risultati/deliverables previsti ed effettivamente realizzati**

Nessuno scostamento dalle attività previste.

## **6. Attività previste per il periodo successivo**

Le simulazioni dei Modelli Climatici Globali hanno una bassa risoluzione spaziale rispetto alla scala necessaria per studiare gli effetti del cambiamento climatico nei territori ad orografia complessa come le Alpi e l'HKKH. In particolare, i fenomeni fisici legati al ciclo idrologico e alla dinamica del manto nevoso sono caratterizzati da scale tipicamente dell'ordine di pochi km. A breve verranno studiate ed applicate tecniche di downscaling sia dinamico sia stocastico per scendere a risoluzioni comparabili a quelle richieste per la descrizione dei tali fenomeni.

Si svilupperà una catena modellistica in cui gli output del Modello Climatico Globale EC-Earth, attualmente disponibile presso CNR-ISAC, verranno dinamicamente disaggregati ad una risoluzione di circa 30 km usando Modelli Climatici Regionali come PROTHEUS, RegCM, WRF. I campi così ottenuti verranno ulteriormente disaggregati a scala di pochi km attraverso tecniche di downscaling stocastico (RainFARM) al fine di produrre proiezioni climatiche ad alta risoluzione per i territori di alta quota.

**2.6e: simulazione del clima mediterraneo negli ultimi secoli e confronto con i dati paleoclimatici, per definire l'evoluzione climatologica in Italia negli ultimi mille anni.  
(Responsabile: Elisa Palazzi, CNR-ISAC)**

**1. Attività prevista e risultati attesi**

Il presente report descrive le attività, iniziate nel secondo anno, relative allo studio pilota "Simulazione del clima mediterraneo negli ultimi secoli e confronto con i dati paleoclimatici, per definire l'evoluzione climatologica in Italia negli ultimi mille anni", parte del Work Package 2.6. Come definito dal piano di lavoro, le attività di questo studio pilota hanno riguardato, da un lato, l'individuazione e reperimento di dataset osservativi che saranno poi utilizzati per validare e calibrare dati paleoclimatici; dall'altro studi di tipo modellistico. Le attività modellistiche, in particolare, hanno riguardato l'uso di un modello di clima a complessità intermedia (PlaSim) che, per le sue caratteristiche e come noto da letteratura, si presta particolarmente bene ad essere usato per studi di simulazione del paleoclima. Come primo passo, abbiamo valutato le capacità del modello di riprodurre la climatologia di temperatura e precipitazione negli ultimi 150 anni circa, in risposta al forzante radiativo rappresentato dall'aumento di CO<sub>2</sub> in atmosfera.

**2. Deliverables previsti per il periodo di riferimento**

Contributo al Deliverable D2.6.2 relativo al WP2.6, con i risultati dello studio pilota conseguiti durante il secondo anno (identificato con 2.6.2e nel Deliverable). Il contributo descrive principalmente le attività di simulazione modellistica effettuate con il modello a complessità intermedia PlaSim.

**3. Attività effettivamente svolta durante il periodo di riferimento**

Nell'ambito di questo studio pilota, iniziato il secondo anno, abbiamo condotto principalmente due attività. Da un lato, abbiamo effettuato diverse simulazioni climatiche degli ultimi 150 anni con un modello globale a complessità intermedia, chiamato "Planet Simulator" (PlaSim). Dall'altro abbiamo identificato, scaricato e iniziato ad analizzare alcuni dataset climatici (principalmente di temperatura e precipitazione) che saranno utilizzati per la calibrazione/validazione dei dati paleoclimatici, a supporto alle attività svolte nei WP1.4 e WP1.6 dedicati alle ricostruzioni paleoclimatiche da archivi di dati montani (carote di ghiaccio alpine) e sedimenti lacustri. Le attività di ricerca condotte in questo studio pilota sono riassunte nel seguito; per una descrizione più completa si rimanda al Deliverable D2.6.2.

*3.1 Attività di ricerca*

**a) Simulazioni climatiche degli ultimi 150 anni con PlaSim**

Planet Simulator (PlaSim) è un modello climatico globale a complessità intermedia, sviluppato presso l'Istituto di Meteorologia dell'Università di Amburgo in grado di effettuare simulazioni paleoclimatiche su scale temporali molto lunghe senza richiedere eccessivi costi computazionali.

In confronto ad altri modelli a complessità intermedia (Claussen, 2002), PlaSim ha un modello atmosferico più complesso (il "Portable University Model of the Atmosphere", PUMA) basato

sulle equazioni primitive fondamentali di conservazione della quantità di moto, massa di aria e di acqua, ed energia, e include, come i modelli generali di circolazione allo stato tutti i principali processi atmosferici anche se utilizzando parametrizzazioni meno sofisticate (Fraedrich et al., 2005).

Il modello atmosferico, PUMA, può essere forzato da temperature superficiali marine climatologiche oppure essere accoppiato a due diversi modelli di oceano: un “mixed-layer (ML)” oppure un modello geostrofico a grande scala (“Large-Scale Geostrophic ocean, LSG, Maier-Reimer et al., 1993). E’ possibile anche accoppiare altre componenti del sistema climatico, tra cui un modello di “land surface” che include la rappresentazione della biosfera terrestre e un modello di ghiacci marini. Per una descrizione completa di come avviene l’accoppiamento tra le singole componenti in PlaSim si rimanda al manuale di utilizzo del modello stesso, scaricabile sul sito dell’Università di Amburgo ([http://www.mi.uni-hamburg.de/fileadmin/files/forschung/theomet/planet\\_simulator/downloads/PS\\_UsersGuide.pdf](http://www.mi.uni-hamburg.de/fileadmin/files/forschung/theomet/planet_simulator/downloads/PS_UsersGuide.pdf)).

Come fase preliminare all’effettuazione di una vera e propria simulazione paleoclimatica con PlaSim, abbiamo testato le capacità del modello di simulare il clima più recente e in particolare la risposta, in termini di temperatura superficiale e precipitazione, all’aumento di concentrazione di anidride carbonica in atmosfera dal 1850 al 2005 (il tipico “periodo storico” delle simulazioni effettuate con i modelli climatici allo stato dell’arte). Abbiamo testato le diverse configurazioni oceaniche di PlaSim (ML e LSG) e due risoluzioni spaziali (T21 e T42, corrispondenti a circa 5.6° e 2.8° in latitudine e longitudine). In questa prima fase, non abbiamo incluso il modello di vegetazione e quello di ghiaccio marino.

Abbiamo effettuato due tipi di simulazioni:

1. Run perenni, al fine di generare condizioni climatiche medie per due anni, 1850 e 2005, rappresentativi di condizioni molto diverse in termini di forzanti antropiche (in particolare CO<sub>2</sub>). Questi run sono realizzati effettuando simulazioni lunghe, di 30 anni (PUMA + ML alla risoluzione T21 e T42) e di 500 anni (PUMA + LSG, T21), mantenendo la forzante CO<sub>2</sub> (ovvero la sua concentrazione in atmosfera) fissa al valore del 1850 (285 ppmv) e del 2005 (379 ppmv). Per semplicità tali run sono chiamati di seguito “run 1850 perenne” e “run 2005 perenne”.
2. Run transienti, al fine di generare una simulazione storica di 156 anni, dal 1850 al 2005, usando le concentrazioni storiche di CO<sub>2</sub> disponibili sugli archivi IIASA delle forzanti climatiche (<http://tntcat.iiasa.ac.at/RcpDb/>).

Gli output di PlaSim sono stati analizzati in termini di:

- serie temporali (annuali e stagionali) della temperatura superficiale e della precipitazione totale mediate sul globo e su bande di latitudine.
- Medie zonali e ciclo annuale medio di temperatura superficiale e precipitazione totale.
- Mappe spaziali delle medie annuali e stagionali di temperatura e di precipitazione.

Gli output delle simulazioni di PlaSim sono stati confrontati con quelli di un altro modello climatico globale allo stato dell’arte, EC-Earth\_v2.3 (Hazeleger et al., 2012), fatto girare presso ISAC-CNR) e con gli output dell’insieme dei modelli globali inclusi nell’Archivio CMIP5, disponibili alla pagina web del Program for Climate Model Diagnosis and Intercomparison (PCMDI, <http://cmip-pcmdi.llnl.gov/cmip5/>). Per la validazione della precipitazione simulata da PlaSim abbiamo considerato anche un dataset osservativo (GPCP).

Nel presente report utilizziamo gli output di EC-Earth mediati nel ventennio (1850-1869) e in quello più recente (1986-2005), indicati rispettivamente “EC-Earth 1850” e “EC-Earth 2005”,

per confrontarli con i “run 1850 perenne” e “run 2005 perenne” di PlaSim. Allo stesso modo utilizziamo l’output delle osservazioni GPCP mediato nel periodo recente 1986-2005, identificato nel seguito con la dicitura “GPCP 2005”.

A titolo di esempio, mostriamo in Fig. 1 le mappe spaziali della temperatura superficiale media ottenuta dal “run 2005 perenne” di PlaSim, fatto girare in diverse configurazioni (PUMA+ML a T21 e T42, PUMA+LSG a T21) e dal run “EC-Earth 2005”. Per esaltare le differenze tra le varie climatologie mostrate in Fig. 1, la Fig. 2 mostra le mappe delle differenze tra le climatologie di EC-Earth e quelle dei tre run di Plasim.

EC-Earth mostra il bias freddo rispetto alle simulazioni di PlaSim-ML (PUMA+ML), per entrambe le risoluzioni utilizzate, in corrispondenza delle regioni oceaniche tropicali ed equatoriali, del continente Australiano, in Africa, sud-America, Medio Oriente, sub continente Indiano e Plateau Tibetano. Al contrario, EC-Earth esibisce un bias caldo alle medie latitudini e negli oceani polari. Rispetto alla simulazione PlaSim-LSG, EC-Earth mostra in generale valori maggiori di temperatura ovunque eccetto che in corrispondenza del sub-continente indiano, e delle regioni ad alta quota del “Terzo Polo (Karakorum-Himalaya-Tibetan Plateau)”, Ande e Africa Centrale.

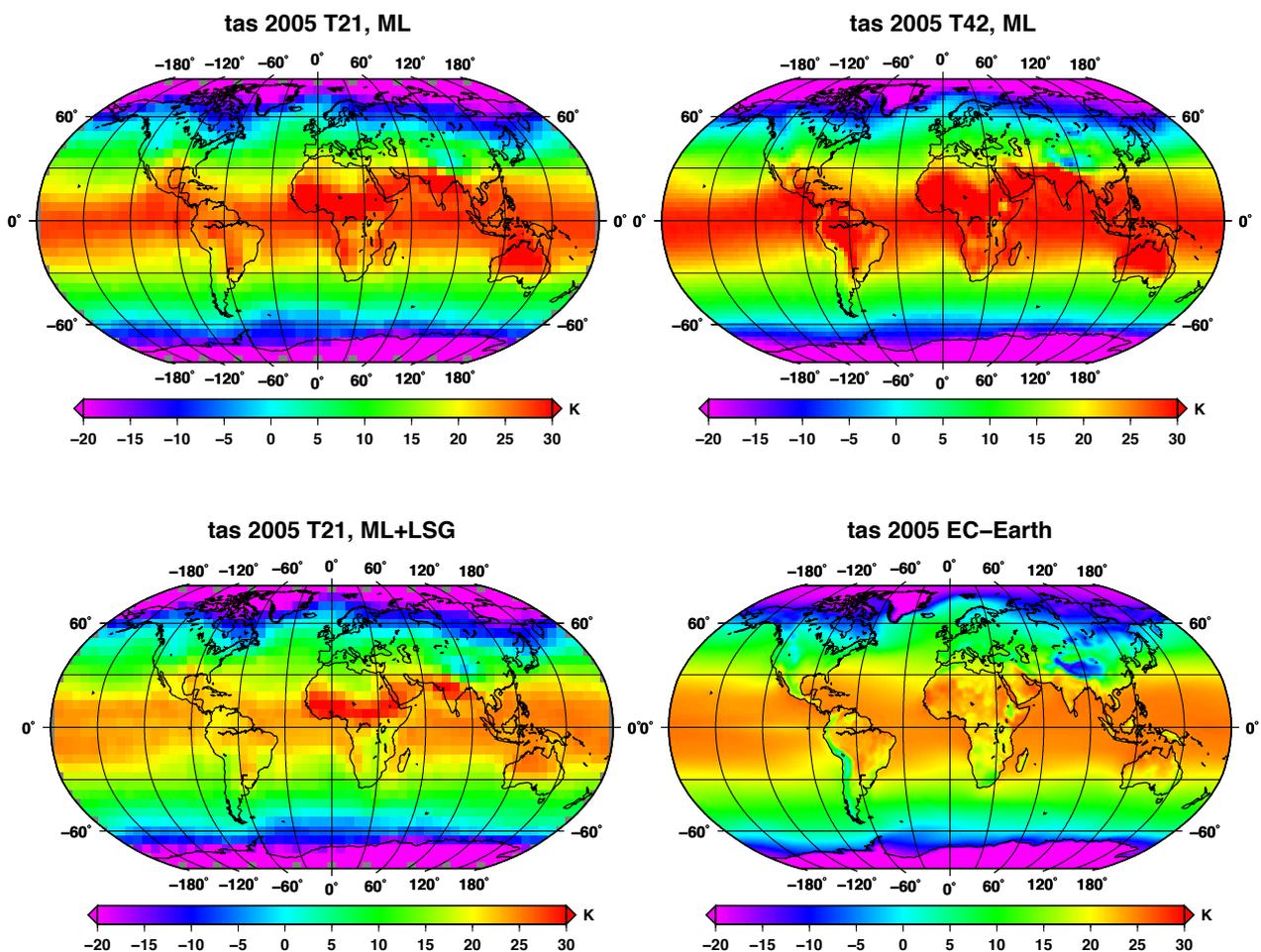


Fig. 1. Mappe spaziali della temperatura superficiale media ottenute dai run “2005 perenne” di PlaSim a T21 (sinistra) e T42 (in alto a destra). Il pannello in basso a destra mostra la mappa ottenuta dal run di EC-Earth.

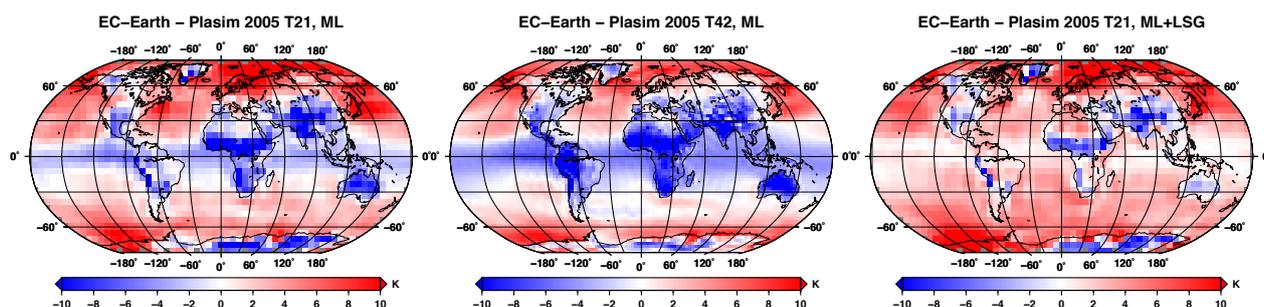


Fig. 2. Mappe spaziali della differenza tra i run 2005 di EC-Earth e di PlaSim nelle tre configurazioni considerate (PUMA+ML a T21, PUMA+ML a T42, PUMA+LSG a T21) per la temperatura.

La Fig. 3 è analoga alla Fig. 1 ma mostra le climatologie annuali perenni (per l'anno 2005) della precipitazione (notare che il pannello in basso a destra mostra la climatologia osservata).

Le due simulazioni PlaSim-ML mostrate in alto evidenziano valori molto elevati di precipitazione attorno all'equatore, rispetto a EC-Earth, a GPCP, come pure alla simulazione PlaSim+LSG). Tutte le simulazioni PlaSim, in particolare quelle in cui PUMA è accoppiato con ML non mostrano tipica struttura della "doppia ITCZ" che è presente nelle osservazioni e che è riprodotta anche (benché troppo accentuata) dalla maggior parte dei modelli globali allo stato dell'arte.

Per mettere in evidenza possibili cambiamenti tra il 2005 e il 1850 nella distribuzione spaziale e nei valori di temperatura e precipitazione a scala globale, abbiamo analizzato mappe del cambio nelle due variabili tra il 2005 e il 1850 (mediando i risultati del run 2005 perenne e del run 1850 perenne, e poi facendone la differenza). I risultati (vedere Deliverable D2.6.2) hanno messo in evidenza differenze positive di temperatura tra il 2005 e il 1850 quasi ovunque sul globo, sia nelle simulazioni di PlaSim sia in quelle di EC-Earth. Rispetto a EC-Earth, tuttavia, tutte le simulazioni effettuate con PlaSim mostrano cambi positivi più intensi nelle regioni oceaniche tra 30°S e 30°N. Questo pattern è particolarmente ben evidente nelle simulazioni con PLASIM-ML a T42 nelle quali, tuttavia, non è riprodotto al pari delle altre simulazioni (sia PlaSim che EC-Earth) il riscaldamento Artico nel 2005 rispetto al 1850.

Per valutare ulteriormente le performances di PlaSim ne abbiamo analizzato gli output in termini di medie zonali di temperatura superficiale e precipitazione totale, confrontandoli con EC-Earth e, nel caso della precipitazione, anche con GPCP. La Figura 4 mostra un esempio per la precipitazione totale. Nessuna delle simulazioni di PlaSim riproduce il doppio picco di precipitazione ai tropici (associato alla doppia ITCZ già menzionata) presente nelle osservazioni GPCP e in EC-Earth. Entrambe le simulazioni PlaSim+ML tendono a sovrastimare la precipitazione tra 10°S e 10°N mentre la simulazione PlaSim+LSG mostra, nella stessa regione, valori di precipitazione più simili a quelli osservati e a quelli simulati da EC-Earth.

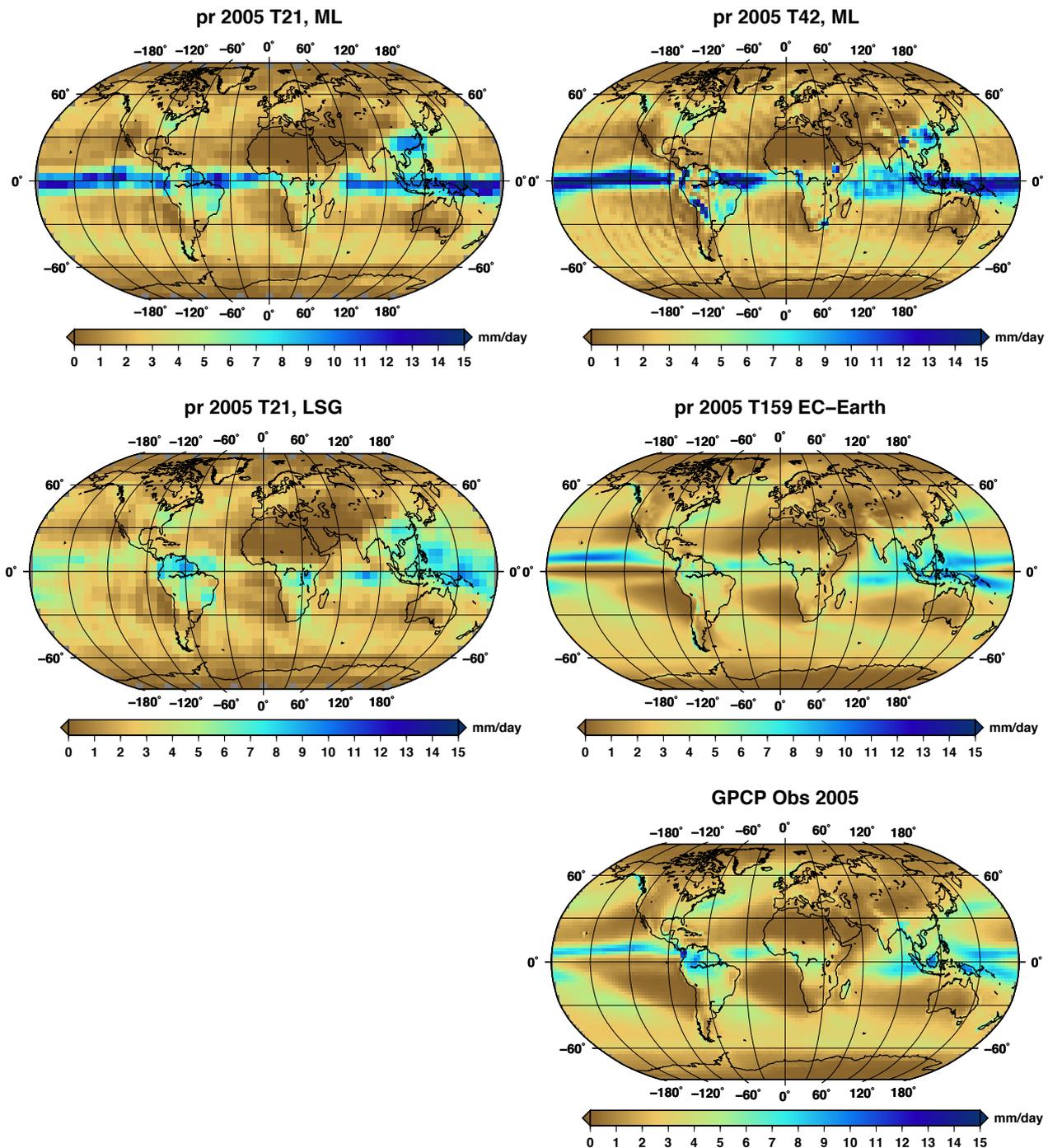


Fig. 3. Analogo alla Fig. 1, ma per la precipitazione. La climatologia media 1986-2005 ottenuta dal dataset osservativo GPCP è mostrata nel pannello in basso a sinistra.

La Fig. 5 mostra infine un esempio di analisi dei run transienti e mostra la serie temporale, dal 1850 al 2005, della temperatura media globale ottenuta dai tre run di Plasim, da EC-Earth, e da un insieme dei modelli globali allo stato dell'arte inclusi nell'Archivio CMIP5. La figura evidenzia che la simulazione PlaSim+LSG è affetta da un evidente bias freddo rispetto a tutte le altre e che anche la simulazione PlaSim+ML a T21 si colloca al di sotto del range di variabilità di tutte le simulazioni CMIP5 e di EC-Earth. Al contrario, la simulazione PlaSim+ML a T42 è molto ben confrontabile con quelle prodotte dai modelli CMIP5 allo stato dell'arte, e sembra anche essere più "realistica" rispetto alle simulazioni di EC-Earth, che è noto essere affetto da un bias freddo di circa 2°C a livello globale.

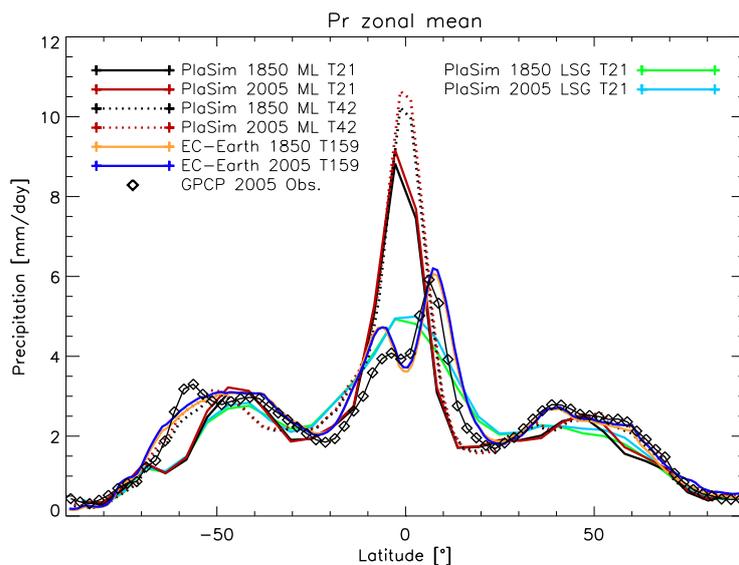


Fig. 4. Media zonale di precipitazione dalle simulazioni PlaSim perenni e GPCP 2005.

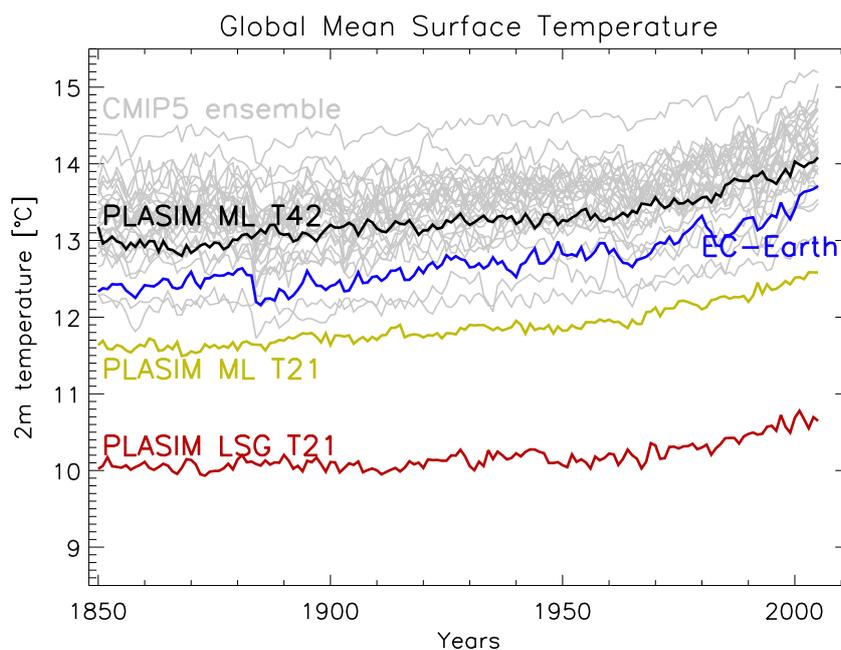


Fig. 5. Serie temporale dal 1850 al 2005 della temperatura superficiale media globale riprodotta da Plasim-ML (T21: linea verde; T42: linea nera), PlaSim-LSG (linea rossa), EC-Earth (linea blu) e da un insieme di modelli CMIP5 (linee grigie).

### b) Dataset climatici per la calibrazione/validazione di dati paleoclimatici

Abbiamo identificato e raccolto alcuni dei dataset, principalmente di temperatura e precipitazione, che verranno usati per calibrare e validare i dati paleoclimatici, a supporto delle attività di ricerca previste nell'ambito dei WP 1.4, WP 1.5 e WP1.6. La maggior parte dei dataset considerati è costruita sull'interpolazione, su griglie regolari, di dati di stazioni al suolo. Molti tra i dataset considerati forniscono anche i dati delle singole stazioni utilizzate per costruire il dato grigliato.

Di seguito vengono elencati i dataset che sono stati già reperiti e in parte analizzati.

Per la regione definita "Great Alpine Region": Alp\_IMP, HISTALP, EURO4M-APGD

Per la regione Europea: E-Obs

Per tutto il mondo: GHCN-CAM5, CRU\_TS\_32, GPCC, rianalisi NOAA-CIRES-20C.

## **Bibliografia**

CLAUSSEN M., L. A. MYSAK, A. J. WEAVER, M. CRUCIFIX, T. FICHEFET, M.-F. LOUTRE, S. L. WEBER, J. ALCAMO, V. A. ALEXEEV, A. BERGER, R. CALOV, A. GANOPOLSKI, H. GOOSE, G. LOHMANN, F. LUNKEIT, I. I. MOKHOV, V. PETOUKHOV, P. STONE, Z. WANG, 2002: Earth system models of intermediate complexity: closing the gap in the spectrum of climate system models. *Climate Dyn.* 18, 579–586.

MAIER-REIMER E., MIKOLAJEWICZ U., AND HASSELMANN K., 1993: Mean circulation of the Hamburg LSG OGCM and its sensitivity to the thermohaline surface forcing. *J. Phys. Oceanogr.*, 23, 731–757.

FRAEDRICH K., E. KIRK, U. LUKSCH, AND F. LUNKEIT, 2005: The Portable University Model of the Atmosphere (PUMA): Storm track dynamics and low frequency variability. *Meteorol. Zeitschrift*, 14, 735-745.

HAZELEGER W., WANG X., SEVERIJNS C., STEFAŃESCU S., BINTANJA R., STERL A., WYSER K., SEMMLER T., YANG S., VAN DEN HURK B., VAN NOIJE T., VAN DER LINDEN E., VAN DER WIEL K., 2012: Ec-earth v2.2: Description and validation of a new seamless earth system prediction model. *Clim Dyn* 39, 2611–2629, DOI 10.1007/s00382-011-1228-5.

### *3.2 Sviluppi applicativi, tecnologici e informatici*

Il modello a complessità intermedia PlaSim è stato installato sulle macchine disponibili presso ISAC-TO e fatto girare, producendo una notevole quantità di dati messi a disposizione su archivi dedicati per il successivo post-processamento.

### *3.3 Attività di formazione*

Supervisione di una tesi di Laurea Triennale (presso l'Università degli Studi di Torino) intitolata: "Cambiamento Climatico in un modello a complessità intermedia", discussa in ottobre 2013.

### *3.4 Attività di disseminazione e divulgazione*

Nessuna

### *3.5 Partecipazione a conferenze*

Nessuna

## **4. Risultati ottenuti durante il periodo di riferimento**

### *4.1 Risultati specifici (banche dati, risultati delle misure, output di modelli, etc)*

Simulazioni numeriche con il modello a complessità intermedia PlaSim, fatto girare a diverse risoluzioni spaziali e diverse configurazioni oceaniche. Sono stati effettuati run perenni per due anni (1850 e 2005) caratterizzati da forzanti climatiche diverse (diverse concentrazioni di CO<sub>2</sub> in atmosfera) e run transienti (1850-2005).

#### *4.2 Pubblicazioni*

Nessuna nel periodo di riferimento.

#### *4.3 Disponibilità di dati e output modellistici (formato, supporto, etc)*

- Disponibilità degli output delle simulazioni effettuate con PlaSim, sotto forma di file in formato NetCDF. In particolare files contenenti le medie spaziali su tutto il globo e per fasce di latitudine dei dati di temperatura superficiale e di precipitazione totale, calcolati sia come medie annuali sia mensili sia stagionali.

- Disponibilità di dati relativi a temperatura massima e minima, e precipitazione, sotto forma di file in formato NetCDF, provenienti da datasets grigliati disponibili su archivi dedicati. Questi dataset verranno utilizzati in collaborazione con i WP 1.4, WP 1.5 e WP 1.6 per validare/calibrare i dati paleoclimatici relativi a regioni continentali (in particolare la regione Alpina Italiana). Dataset scaricati e già disponibili: Alp\_IMP, HISTALP, EURO4M-APGD (per la regione GAR=Great Alpine Region); E-Obs (Europa); GHCN-CAM5, CRU\_TS\_32, GPCC, rianalisi NOAA-CIRES-20C (datasets globali).

#### *4.4 Deliverables completati*

Contributo al Deliverable D2.6.2 con i risultati dello studio pilota nel secondo anno.

### **5. Commento su eventuali scostamenti fra attività/risultati/Deliverables previsti ed effettivamente realizzati**

Non sono stati riscontrati particolari scostamenti rispetto a quanto inizialmente previsto. Una volta individuato il modello (PlaSim) con il quale iniziare ad affrontare le tematiche dello studio pilota, si è deciso, come prima applicazione, di concentrarsi sulla simulazione dell'ultimo secolo e mezzo, anziché del millennio. Benché questo abbia rappresentato, da un lato, un parziale scostamento rispetto alle attività previste, dall'altro, il focalizzarsi su un intervallo temporale più breve ci ha permesso di esplorare meglio lo spazio dei parametri del modello e quindi costruirci un background utile per il suo futuro utilizzo.

### **6. Attività previste per il periodo successivo**

Coerentemente con gli obiettivi dello studio pilota, ci si propone per il periodo successivo di effettuare simulazioni multi-secolari per la regione Mediterranea e di confrontare il risultato di queste simulazioni con i dati "proxy" paleoclimatici, al fine di ottenere una climatologia della regione negli ultimi 1000 anni. A tale scopo, si intende utilizzare sia il Modello a complessità intermedia PlaSim (testandone nuove configurazioni – ad esempio aggiungendo i moduli di vegetazione e ghiaccio marino), sia il modello climatico accoppiato globale EC-Earth, cui ISAC contribuisce anche in parte allo sviluppo e al tuning.

## **2.6f: Stima delle risorse nivali e dei loro cambiamenti sulle Alpi (Responsabile: Vincenzo Levizzani, CNR-ISAC)**

### **1. Attività prevista e risultati attesi**

UR1 - CNR-ISAC. Sviluppo dell'algoritmo di stima della copertura nevosa e della precipitazione solida utilizzando i sensori a microonde cross-track a bordo dei satelliti NOAA ed EUMETSAT.

Milestone: 31/12/2013.

UR2 – ARPA-VdA. Produzione di dataset meteorologici relativi a due stazioni eddy-covariance ad alta quota e di snow water equivalent (SWE) sulla Valle d'Aosta.

Milestone: 01/07/2013.

UR3 – CIMA Foundation. Confronto di diversi modelli fisici ed empirici di copertura nevosa. Produzione di dataset MODIS e H-SAF di copertura nevosa sulla Valle d'Aosta e il Piemonte. Collezione di dati meteorologici e nivali a Pian dei Corsi (900 m a.s.l.).

UR4 - Politecnico di Torino – DIATI. Validazione e organizzazione del database di misure manuali di profondità e densità del manto nevoso. Modellazione della relazione tra SWE della neve fresca e variabili ancillari e determinazione dell'incertezza dei modelli.

Milestone: 31/12/2013.

UR5 – Politecnico e Università di Torino – DIST - Misure di flussi (vapore ed energia) su terreni acclivi. Misure di SWE e umidità del suolo con Time Domain Reflectometry (TDR) in condizioni diverse di esposizione. Misura della copertura nevosa in alta quota. Le indagini sono compiute in collaborazione con UR2 nei siti di alta quota in Valle d'Aosta.

UR6 – Università di Torino – Dip. di Fisica – Preparazione del database dei prodotti di input per i run del Modello UTOPIA.

Milestone: 31/12/2013.

UR7 – Università di Torino – Dip. di Scienze della Terra – Recupero e analisi di dati nivometrici omogenei provenienti da stazioni manuali e automatiche di lungo periodo (1961-2010). Preparazione di dataset meteorologici provenienti da stazioni manuali e automatiche di alta quota della rete di monitoraggio di Arpa Piemonte. Si deriveranno stime della copertura nevosa anche da dati satellitari.

### **2. Deliverable previsti per il periodo di riferimento**

UR1. Report sulla misura della copertura nevosa da sensori satellitari nelle microonde.

### **3. Attività effettivamente svolta durante il periodo di riferimento**

#### *3.1 Attività di ricerca*

Le attività di ricerca svolte riguardano diversi aspetti del progetto dimostrativo: produzione di dataset, miglioramento degli algoritmi di retrieval e tuning dei modelli numerici.

La UR2 è stata impegnata nella preparazione dei dataset di misure meteorologiche derivanti dalla prima delle due stazioni eddy-covariance di Torgnon (AO) e di SWE ad alta quota in Valle d'Aosta. Questi dati rappresentano un primo e importante contributo alla costruzione di un dataset di copertura nevosa sulla regione alpina a scopo climatologico e idrologico. La loro possibile integrazione con quelli del Piemonte fornirà ai ricercatori del progetto un dataset di notevole lunghezza e accuratezza da integrare ai dataset satellitari.

La UR1 si è dedicata alla modifica dell'algoritmo di retrieval Water vapour Strong Lines at 183 GHz (183-WSL) per la stima della precipitazione e della copertura nevosa. Il lavoro svolto riguarda soprattutto lo sviluppo di un nuovo modulo per la classificazione delle nubi basato su soglie di sensibilità dei canali nelle microonde. Questo nuovo modulo migliora le attuali performance del metodo 183-WSL sia nel classificare le nubi precipitanti che nel riconoscere i suoli innevati. L'attività di validazione pianificata nel 2014, raffinerà ulteriormente questo approccio attraverso il confronto con le misure di neve al suolo.

La UR3 ha prodotto il dataset di copertura nevosa da misure satellitari MODIS e del progetto H-SAF che verrà messo a disposizione del progetto nei primi mesi del 2014. Questo prodotto, unito alle misure in situ e da elicottero della UR2 permetterà di disporre di dati ad alta risoluzione e di ragionevole durata temporale per iniziare a verificare le prestazioni degli algoritmi di retrieval della copertura nevosa (UR1) e le caratteristiche degli output dei modelli numerici (UR6), oltre che costituire la base per il confronto dei modelli che la UR3 condurrà nel 2014.

La UR4 ha messo a punto il dataset di misure di neve fresca su 65 stazioni ad alta quota in Valle d'Aosta e Piemonte accompagnate da misure in situ delle variabili meteorologiche e di caratteristiche del manto nevoso. Il dataset costituisce la base degli studi da condurre nel 2014 sulle relazioni tra caratteristiche del manto nevoso e struttura dei sistemi precipitanti.

La UR5 ha preparato il sito di misura in quota a Cogne (AO) per condurre le misure che sono attualmente in corso nella stagione invernale 2013/2014. Le misure sono eseguite con tecniche TDR (umidità del suolo e densità della neve), TIR (thermal infrared, temperatura del suolo e della neve) ed eddy covariance (flussi di calore sensibile e di vapore) su superfici a forte acclività ed esposizione alla radiazione solare. Tali misure consentiranno anche di migliorare l'affidabilità dei prodotti di copertura nevosa in zone a forte inclinazione dei pendii.

La UR6 ha portato avanti contemporaneamente due attività principali: a) approntamento dei necessari dataset di input per il funzionamento del Modello UTOPIA che verrà utilizzato per i run sulle zone di interesse del progetto in Valle d'Aosta in modo da potere disporre di un dataset omogeneo su diverse stazioni dislocate in area alpina e completo dei dati meteorologici necessari per il funzionamento del modello, e b) verifica delle parametrizzazioni relative al manto nevoso all'interno del modello stesso (nonostante questo lavoro fosse previsto in un momento successivo del progetto). Entrambi i punti non sono ancora stati terminati, per cui vi sarà uno slittamento del primo milestone & Deliverable al mese 12.

La UR7 ha svolto il recupero e l'analisi climatica dei dati nivometrici provenienti da stazioni manuali e automatiche di lungo periodo (1961-2010) in Piemonte. In particolare, l'attività principale ha riguardato il controllo di qualità e l'omogeneizzazione dei dati al fine di ottenere serie affidabili su cui calcolare in modo corretto trend, indici climatici ed eventi estremi.

### *3.2 Sviluppi applicativi, tecnologici e informatici*

Nessuno in questa prima fase del progetto

### *3.3 Attività di formazione*

Nessuna attività di formazione prevista.

### *3.4 Attività di disseminazione e divulgazione*

Il Progetto NextSnow è stato presentato ai meeting del Global Energy and Water Exchanges Experiment (GEWEX). Il coordinatore del progetto fa parte del GEWEX Hydroclimatology

Panel (GHP, <http://www.gewex.org/projects-ghp.html>) in seno al quale è in corso di discussione l'implementazione di un Regional Hydroclimatology Project (RHP) che comprenderà diversi esperimenti di studio del ciclo dell'acqua in regioni montane: Himalaya, Nuova Zelanda, Ande colombiane, e altre. NextSnow costituirà un Progetto Pilota in questo ambito portando in primo piano le problematiche scientifiche dell'ambiente alpino europeo.

Va tuttavia sottolineato che NextSnow è un Progetto Pilota dal corto respiro di finanziamento e pertanto, qualora l'Italia e il CNR decidano di partecipare a pieno titolo al progetto internazionale in discussione, occorrerà reperire i necessari fondi per allargare l'orizzonte di NextSnow, meglio finanziarne le misure di lungo periodo ed estenderlo a tutto l'arco alpino.

### *3.5 Partecipazione a conferenze*

AIGeo (Associazione Italiana di geografia fisica e geomorfologia) - *V giornata nazionale dei giovani geomorfologi*, Roma, 1-3 ottobre 2013.

ISSW 2013 - *International Snow Science Workshop*, Grenoble, Chamonix Mont-Blanc, 7-11 October 2013.

*13th EMS / 11th ECAM*, Reading, 9-13 September 2013.

## **4. Risultati ottenuti durante il periodo di riferimento**

### *4.1 Risultati specifici (banche dati, risultati delle misure, output di modelli, ecc)*

Il progetto è iniziato a giugno 2013 e pertanto i primi risultati sono da attendersi nel primo semestre del 2014. Tuttavia, le UR del progetto hanno lavorato alla costruzione dei dataset previsti dall'attività già del primo anno, in particolare le UR2, 3, 4 e 7. I dataset descritti al punto 3.1 del presente rapporto hanno raggiunto un buon grado di maturità e costituiranno la base dell'attività del prossimo anno di lavoro.

Al contempo la UR 6 ha ora a disposizione il dataset di input per il funzionamento del Modello UTOPIA, condizione essenziale per l'attività modellistica del 2014.

La UR1 ha portato a termine i miglioramenti dell'algoritmo di retrieval nelle microonde 183-WSL che è alla base dell'attività del 2014 per la stima della copertura nevosa e della precipitazione solida.

### *4.2 Pubblicazioni*

ACQUAOTTA F., FRATIANNI S., TERZAGO S., FALETTO M., PROLA M.C. (2013): La neve sulle Alpi Piemontesi: Quadro conoscitivo aggiornato al cinquantennio 1961-2010. ISBN: 9788874791231, 97 pag.

COLOMBO N., FRATIANNI S., GIACCONE E., PARO L. (2013): Relationships among atmosphere-cryosphere-biosphere in a transitional glacial catchment (Sabbione Lake, North-Western Italian Alps). *Proceedings ISSW 2013*, pp. 1201-1207.

FRATIANNI S., TERZAGO S., FALETTO M., ACQUAOTTA F., PROLA M.C., BARBERO S. (2013): Snow climatological analysis and assessments of the extreme events in western Italian Alps. *Proceedings ISSW 2013*, pp. 1251-1255.

GARZENA D. (2013): Valutazione dei cambiamenti climatici sulle Alpi italiane nord-occidentali, attraverso l'uso di serie termometriche di lungo periodo 1961-2010. *Atti della V giornata nazionale dei giovani geomorfologi*. Aracne Edizioni, ISBN 978-88-548-6339-2, pp. 43-47, DOI:

10.4399/978885486339210.

GARZENA D., ACQUAOTTA F., FRATIANNI S. (2013): Assessment of climate change on North-West Italian Alps, through the use of long-term climatic series 1961-2010. *EMS Annual Meeting Abstracts*, 13th EMS / 11th ECAM, 9-13 September 2013, Reading.

TERZAGO S., FALETTO M., PROLA M.C., FRATIANNI S., CREMONINI R., BARBERO S. (2013): An innovative algorithm for unmanned validation of automatic snow depth measurements. *Proceedings ISSW 2013*, pp. 989-993.

#### *4.3 Disponibilità di dati e output modellistici (formato, supporto, ecc) e Deliverable completati*

UR1. Report sul retrieval della copertura nevosa da satellite nelle microonde (31/12/2013).

UR2. Dataset di dati meteorologici di alta qualità per due stazioni ad alta quota (Torgnon, Valle d'Aosta, 2100 m a.s.l.). Dataset di SWE sulla Valle d'Aosta (dal 2005) (31/12/2013).

UR6. Database di input per il modello fisico di copertura nevosa UTOPIA (31/12/2013) in corso di completamento.

Gli altri Deliverable sono previsti a partire da gennaio 2014.

### **5. Commento su eventuali scostamenti fra attività/risultati/Deliverable previsti ed effettivamente realizzati**

Non si registrano particolari scostamenti dall'attività e dalle milestone previste dal progetto. Occorre, tuttavia, rilevare una certa difficoltà nel portare avanti le attività nei tempi previsti dovuta ai ritardi nei finanziamenti e alle procedure burocratiche in uso. In questo senso, i gruppi hanno svolto le attività previste a prescindere da queste difficoltà e il coordinatore ritiene di esprimere un chiaro apprezzamento a ognuno dei membri del progetto.

### **6. Attività previste per il periodo successivo**

L'attività principale del 2014 prevede l'utilizzo dei dataset prodotti nel 2013 e la loro integrazione con le misure nel frattempo rese disponibili.

Un incontro tra le UR del progetto è previsto per febbraio 2014 presso la UR2 ad Aosta per coordinare operativamente la gestione dei dati di SWE e meteorologici della Valle d'Aosta messi a disposizione dalla UR2. Tali dati costituiranno la base della validazione dei prodotti di retrieval della UR1, di comparazione dei modelli da parte della UR3, di validazione dei modelli di struttura del manto nevoso di neve fresca della UR4, di modellistica numerica della UR6 e di confronto coi prodotti della UR7.

Le attività del 2014 possono essere così descritte:

UR1. Retrieval della precipitazione nevosa mediante l'algoritmo 183-WSL sulle Alpi occidentali e confronto con i dati a terra in terreno complesso. Verifica del prodotto di copertura nevosa nelle microonde con i dati a disposizione del progetto.

UR2. Allargamento della copertura spazio-temporale del dataset sulla Valle d'Aosta sia relativamente ai dati al suolo che a quelli satellitari (MODIS). Modellistica della copertura nevosa.

UR3. Esperimento di confronto dei modelli di evoluzione del manto nevoso empirici e fisici sul sito del Torgnon in Valle d'Aosta. Messa a disposizione del dataset di misure satellitari della copertura nevosa da sensore MODIS. Collezione di dati meteo-idrologici presso la stazione di Pian dei Corsi.

UR4. Ricostruzione della SWE per stazioni automatiche di misura (dotate di nivometro). Costruzione di un database di misure di SWE di neve fresca sulle Alpi occidentali.

UR5. Continuazione delle campagne di misura nei siti ad alta quota e con differenti esposizioni alla radiazione solare e costruzione del dataset.

UR6. Ottimizzazione del Modello UTOPIA relativamente alle parametrizzazioni della copertura nevosa (copertura multi-strato, inclinazione del pendio, effetti del vento,...).

UR7. Continuazione dell'attività di recupero e analisi delle serie temporali e dei dataset di copertura nevosa e di precipitazione nevosa sulle Alpi Nord-Occidentali.

## **2.6g: Database for reconstructing the spatial-temporal evolution of the Glacial Resource in the Italian ALPs over the last 100 years in the Framework of the NextData Project (DATAGRALP) (Responsabile: Marta Chiarle, CNR-IRPI)**

### **1. Attività prevista e risultati attesi**

L'attività prevista dal Progetto Speciale DATAGRALP, per il periodo di riferimento, consisteva in:

- progettazione e realizzazione di un sistema integrato di gestione delle informazioni da utilizzarsi per la raccolta, la catalogazione e l'elaborazione dei dati riguardanti la risorsa glaciale italiana, indispensabili al raggiungimento degli obiettivi: questo sistema deve essere progettato e realizzato in modo da poter essere connesso al Portale generale del Progetto NextData e a SHARE-GeoNetwork;
- definizione della documentazione multitemporale di base necessaria per la successiva fase di lavoro;
- inizio della fase di acquisizione dei principali parametri morfometrici dei ghiacciai italiani, per tre specifici step temporali, da svolgersi in parallelo per i tre settori alpini occidentale, centrale e orientale: questa fase doveva prendere avvio con la perimetrazione da ortofoto, in ambiente GIS, dei limiti glaciali al 2006-2007 (da ortofotografie consultabili tramite servizi WMS del Portale Cartografico Nazionale) e con la compilazione della relativa tabella di attributi.

I risultati attesi dopo questa prima fase di lavoro erano:

- la realizzazione del sistema integrato di gestione delle informazioni in versione "*beta testing*", con possibilità di utilizzarlo *on line* da diverse postazioni di lavoro mediante un comune *web browser*;
- la definizione dei dati multitemporali necessari per l'avvio della successiva fase di lavoro;
- l'inizio della fase di acquisizione dei principali parametri morfometrici dei ghiacciai italiani, a partire dalla delimitazione dei ghiacciai da ortofoto 2006-2007, con inserimento dei dati nel sistema.

I milestones sono:

- Messa on-line del sistema integrato di gestione delle informazioni, al fine di renderlo disponibile ai partecipanti al progetto incaricati dell'inserimento dati.
- Compilazione della lista dei dati spaziali multitemporali da utilizzarsi per le successive fasi di lavoro.

### **2. Deliverables previsti per il periodo di riferimento**

Sistema integrato di gestione delle informazioni numeriche, testuali, iconografiche e geografiche relative ai ghiacciai italiani, composto da un database server-side (PostgreSQL+PostGIS) collegato ad un'interfaccia web e a un GIS (QGIS), sviluppato con software *open source* e in grado di interfacciarsi con il Portale generale del Progetto NextData e con SHARE-GeoNetwork.

### 3. Attività effettivamente svolta durante il periodo di riferimento

#### 3.1 Attività di ricerca

L'attività effettivamente svolta durante il periodo di riferimento nell'ambito del Progetto DATAGRALP rispecchia l'attività prevista per lo stesso periodo e più precisamente è consistita in:

- Progettazione e realizzazione del sistema di gestione delle informazioni, primo Deliverable del progetto. Particolare attenzione è stata dedicata all'individuazione di soluzioni tecnologiche *low cost*, attraverso un'attenta analisi del mercato informatico relativo ai più affidabili software *free open source* riferiti ai sistemi di gestione delle informazioni (database e GIS), al fine di individuare le soluzioni migliori per le esigenze del progetto, che dovevano innanzitutto garantire una piena interoperabilità fra il sistema sviluppato in ambito DATAGRALP e le soluzioni tecnologiche applicate per la realizzazione del Portale Generale di NextData. Il sistema, installato sul server dell'IRPI di Torino, consiste in un database lato *server* (PostgreSQL) all'interno del quale è stata caricata l'estensione PostGIS, indispensabile ai fini della gestione dei dati geografici. I dati geografici vengono prodotti e validati mediante un Sistema Informativo Geografico lato *client*, anch'esso *free open source* (QGIS) e successivamente caricati all'interno del database mediante una semplice procedura di importazione file nel database (*spit*). Il sistema composto da PostgreSQL, PostGIS e QGIS è stato connesso ad un *website*, anch'esso realizzato mediante l'utilizzo di software *free open source* (Apache http server, PHP). Il *website* è già utilizzabile, previa richiesta di autenticazione, connettendosi al sito <http://dbirpi.to.cnr.it/datagrulp/index.php> (Figura 1).

L'attività di inserimento dati finora svolta riguarda l'informazione utile per il completamento della fase di "*beta testing*" e più specificatamente: i) elenco dei codici e dei nomi dei ghiacciai, secondo quanto riportato nel Catasto dei Ghiacciai Italiani (CNR-CGI, 1961-1962); ii) elenchi delle terminologie codificate relative alle caratteristiche morfologiche dei ghiacciai, secondo le indicazioni del World Glacier Inventory; iii) elenchi dei gruppi montuosi, secondo la classificazione tradizionale; iv) elenchi dei gruppi montuosi, secondo la classificazione SOIUSA; v) elenchi delle tipologie riguardanti la gestione delle risorse glaciali, le variazioni frontali, i bilanci di massa e gli allegati.

Fin dalle fasi iniziali di progettazione del database, sono stati avviati contatti con i responsabili della gestione del Portale SHARE-GeoNetwork, al fine di garantire l'interoperabilità dei due sistemi e di definire gerarchie e tipologie di metadati adeguate.

In considerazione del fatto che, per consentire il raggiungimento degli obiettivi nei tempi prefissati, l'attività di acquisizione dati si svolge in parallelo per i tre settori alpini (occidentale, centrale ed orientale), si è ritenuto opportuno predisporre una documentazione di base che garantisse l'omogeneità dei dati inseriti nel sistema, consistente in: i) note illustrative alla definizione dei campi del database e alle modalità di acquisizione dei dati, ii) shape file (areali, lineari, puntuali) template, per l'archiviazione dei dati in GIS.

- Definizione della lista dei dati spaziali multitemporali utili alle successive fasi del progetto.
- Avvio della fase di acquisizione dei principali parametri morfometrici dei ghiacciai italiani, iniziata con la perimetrazione da ortofoto, in ambiente GIS, dei limiti glaciali al 2006-2007 e con la compilazione della relativa tabella di attributi.

- Il raggiungimento degli obiettivi previsti per il periodo di riferimento è stato possibile grazie alla stretta collaborazione tra i partner del progetto, che si è esplicitata mediante numerosi incontri, videoconferenze e un costante contatto a mezzo posta elettronica. Questa fattiva collaborazione ha visto anche la presenza del responsabile del Progetto NextData e dei responsabili del Geoportale di SHARE-GeoNetwork, per le parti del Progetto DATAGRALP che necessitavano di questo indispensabile supporto. I contenuti degli incontri sono riportati in verbali e documenti di sintesi.

### 3.2 Sviluppi applicativi, tecnologici e informatici

Sviluppo del sistema di gestione delle informazioni, consultabile, previa richiesta di autenticazione, connettendosi al sito <http://dbirpi.to.cnr.it/datagr alp/index.php> (Figura 1).

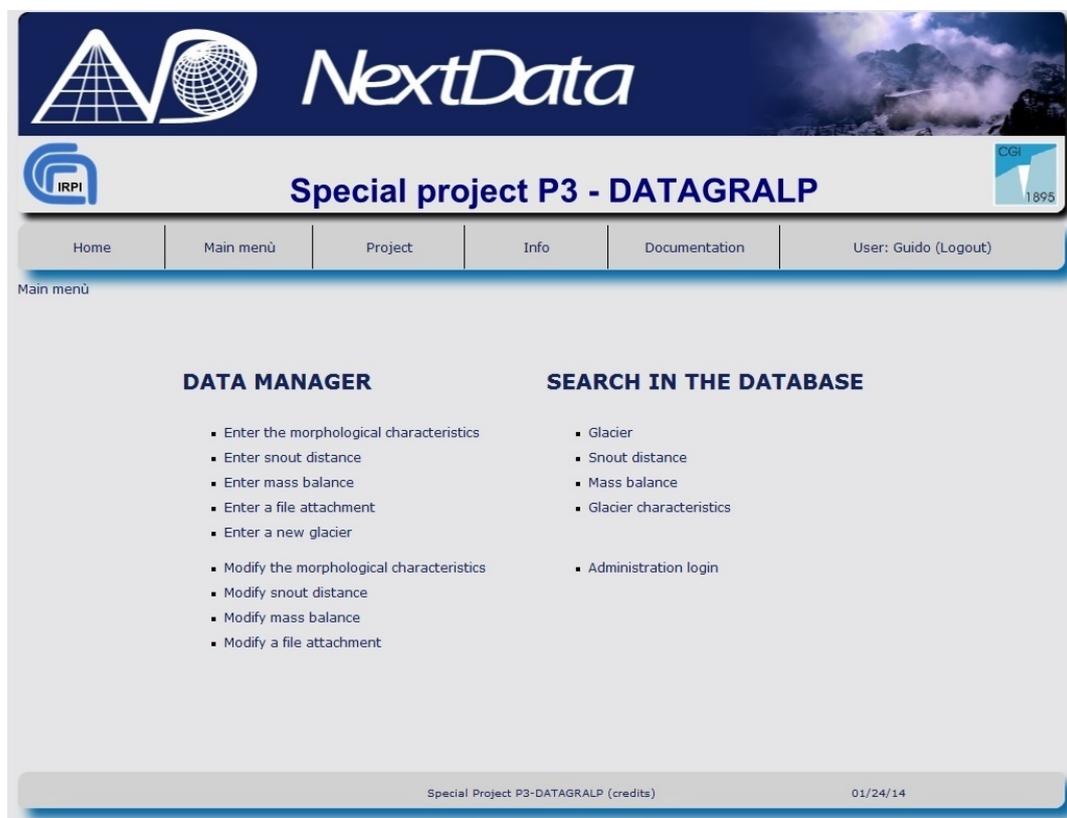


Fig. 1. Interfaccia web del Sistema di gestione dell'informazione realizzato in ambito DATAGRALP.

### 3.3 Attività di formazione

Durante il periodo di riferimento è stata svolta attività di formazione universitaria: in tale contesto sono stati attivati due progetti formativi e di orientamento (stage curricolari della durata di 4 mesi) che hanno interessato due studenti iscritti al corso di laurea di I livello in informatica (Sistemi e Reti). Il progetto formativo a cui i due studenti hanno aderito si intitola "Progettazione e realizzazione di un database server-side per la gestione integrata ed interoperativa di dati riguardanti le risorse glaciali alpine".

Per quanto riguarda l'aspetto più strettamente glaciologico del progetto, l'attività di formazione ha riguardato in particolare l'attivazione nell'ambito del progetto di tre borse di studio sulla tematica "Acquisizione ed elaborazione di informazioni relative ai ghiacciai del settore alpino: 1) piemontese-valdostano, 2) lombardo, 3) triveneto" e di un assegno di

ricerca sulla tematica “Strumenti e metodi per il trattamento di dati glaciologici multitemporali in formato digitale”.

### *3.4 Attività di disseminazione e divulgazione*

L'attività del Progetto DATAGRALP è stata divulgata nelle seguenti circostanze:

- riunione annuale del Comitato Glaciologico Italiano, Milano, 13 dicembre 2013;
- riunione annuale della Cabina di Regia dei Ghiacciai Valdostani, Courmayeur, 29 novembre 2013;
- incontro progetto NextData, CNR Roma, 12 novembre 2013.

*3.5 Partecipazione a conferenze* Nessuna partecipazione a conferenze per il Progetto DATAGRALP per il periodo di riferimento.

## **4. Risultati ottenuti durante il periodo di riferimento**

### *4.1 Risultati specifici (banche dati, risultati delle misure, output di modelli, etc)*

I risultati ottenuti finora coincidono con quelli previsti per il periodo di riferimento, più precisamente:

- la realizzazione del sistema di gestione delle informazioni in versione “*beta testing*”, consultabile, previa richiesta di autenticazione, connettendosi al sito <http://dbirpi.to.cnr.it/datagralp/index.php>, e predisposizione della documentazione di base per la corretta implementazione del database;
- la definizione dei dati multitemporali necessari per l'avvio della successiva fase di lavoro;
- l'inizio della fase di acquisizione dei principali parametri morfometrici dei ghiacciai italiani, a partire dalla delimitazione dei ghiacciai da ortofoto 2006-2007.

### *4.2 Pubblicazioni*

Nessuna nel periodo di riferimento.

### *4.3 Disponibilità di dati e output modellistici (formato, supporto, etc)*

Nessuna, poiché i dati sono in corso di acquisizione e di validazione.

### *4.4 Deliverables completati*

Sistema integrato di gestione delle informazioni numeriche, testuali, iconografiche e geografiche relative ai ghiacciai italiani, composto da un database server-side (PostgreSQL+PostGIS) collegato ad un'interfaccia web e a un GIS (QGIS), sviluppato con software *open source* e in grado di interfacciarsi con SHARE-GeoNetwork e con il Portale generale del Progetto NextData.

## **5. Commento su eventuali scostamenti fra attività/risultati/deliverables previsti ed effettivamente realizzati**

Nessuno scostamento da segnalare.

## **6. Attività previste per il periodo successivo**

Le attività previste per il periodo 01/01/2014 - 31/12/2014 sono:

- la prosecuzione della delimitazione dei ghiacciai italiani aggiornata al 2006-2007;
- la prosecuzione dell'attività di compilazione di dataset dei valori dei principali parametri morfometrici dei ghiacciai italiani, per tre specifici step temporali (50s, 80s, 2006-07);
- la popolazione del sistema di gestione delle informazioni realizzato;
- la connessione del sistema con il Geoportale di Nextdata/SHARE-GeoNetwork;
- l'attivazione dei flussi di informazione validata al Geoportale di Nextdata/SHARE-GeoNetwork, da realizzare ad intervalli di tempo, in accordo con le esigenze del Progetto NextData.

## **2.6h: High Resolution Climate Information for Mountain Areas (HR-CIMA) (Responsabile: Michele Brunetti, CNR-ISAC)**

### **1. Attività prevista e risultati attesi**

L'attività prevista per il primo anno di progetto è focalizzata alla realizzazione di un inventario di dati mensili di precipitazioni e temperature disponibili in formato digitale per la regione delle Alpi italiane e le aree limitrofe utili per la realizzazione di una climatologia 1961-1990 a 30 secondi d'arco di risoluzione per il territorio delle Alpi italiane al di sopra dei 1500 m di quota e di data set di serie mensili per gli ultimi decenni per tre aree studio (Parco Nazionale del Gran Paradiso, Parco Nazionale dello Stelvio, Parco Nazionale di Paneveggio e Pale di San Martino). Per tali dati si dovrà poi valutare la disponibilità e accessibilità.

Oltre ai dati già esistenti in formato digitale (principalmente presso le ARPA delle diverse regioni che interessano l'arco alpino) si dovrà valutare la necessità di effettuare nuove digitalizzazioni.

Verranno altresì recuperate, ove possibile, misure di precipitazione riferite a siti remoti di alta quota attraverso la digitalizzazione dei dati dei totalizzatori nivo-pluviometrici della rete dell'ex Servizio Idrografico in funzione tra gli anni '20 e gli anni '70 del secolo scorso.

Oltre ai dati necessari per la ricostruzione delle climatologie, particolare attenzione sarà rivolta verso il recupero di lunghe serie temporali che saranno utilizzate per la costruzione della componente temporale. Al fine di ottenere una proficua ricostruzione della variabilità climatica per le tre aree-studio che sia poi aggiornabile nel futuro, sarà indispensabile affrontare il problema del raccordo tra il vecchio network dell'ex Servizio Idrografico e i nuovi network regionali che per la maggior parte delle regioni sono totalmente indipendenti e caratterizzati da periodi di sovrapposizione molto brevi o inesistenti.

### **2. Deliverables previsti per il periodo di riferimento**

Non sono previste Deliverable per questo primo periodo di attività. Il primo Deliverable è prevista per il mese 9 del progetto (febbraio 2014).

### **3. Attività effettivamente svolta durante il periodo di riferimento**

#### *3.1 Attività di ricerca*

L'attività di ricerca, nel corso del 2013, si è focalizzata sulla realizzazione di un inventario di dati mensili di precipitazioni e temperature disponibili in formato digitale per la regione delle Alpi italiane e le aree limitrofe. Tali dati saranno utili per la realizzazione di una climatologia 1961-1990 a 30 secondi d'arco di risoluzione per il territorio delle Alpi italiane al di sopra dei 1500 m di quota e di data set di serie mensili per gli ultimi decenni per tre aree studio.

Sono state definite le tre aree studio per la realizzazione dei data set mensili. Oltre al Parco Nazionale di Paneveggio e Pale di San Martino, già definito in fase di stesura della proposta, le altre aree sono state individuate nel Parco Nazionale del Gran Paradiso e nel Parco Nazionale dello Stelvio. Su queste aree si è focalizzata la ricerca di serie temporali le più lunghe possibili per integrare i dati già a disposizione.

Oltre ai dati già esistenti in formato digitale (principalmente presso le ARPA delle diverse regioni che interessano l'arco alpino) è stato anche avviato un lavoro di recupero e digitalizzazione di dati di totalizzatori nivo-pluviometrici della rete dell'ex Servizio Idrografico che erano in funzione tra gli anni '20 e gli anni '70 del secolo scorso. Tali dati dovrebbero fornire un'informazione preziosa relativa alle aree più remote dell'arco alpino e

dovrebbero essere meno affetti dagli errori di sottostima della precipitazione (soprattutto nevosa) causati dal vento.

### *3.2 Sviluppi applicativi, tecnologici e informatici*

L'attività di ricerca porterà alla creazione di un database al quale verrà applicato l'algoritmo per la stima delle climatologie ad alta risoluzione per la regione delle Alpi italiane che, unitamente all'interpolazione delle anomalie delle lunghe serie (che verranno preventivamente omogeneizzate) permetterà la realizzazione dei data set ad alta risoluzione per le tre aree studio.

### *3.3 Attività di formazione*

È stato attivato un assegno di ricerca con decorrenza 20 novembre 2013 per la durata di un anno rinnovabile fino a un massimo di tre anni. Il candidato è successivamente stato ammesso (senza borsa) al corso di Dottorato di Ricerca in Models and Methods for Material and Environmental Sciences (XXIX ciclo A.A. 2013/2014) dell'Università di Modena e Reggio Emilia.

### *3.4 Attività di disseminazione e divulgazione*

Per il momento, essendo le attività svolte unicamente ricognitive per l'inventario dei dati effettivamente disponibili, le uniche attività di disseminazione e divulgazione sono state quelle di presentazione degli obiettivi del progetto presso alcune delle ARPA delle regioni coinvolte (ARPA Lombardia, ARPA Valle d'Aosta), oltre alla presentazione ai meeting di NextData (Paleomeeting del 18 luglio 2013 a Roma e NextData meeting del 12 novembre 2013 a Roma).

### *3.5 Partecipazione a conferenze*

Per il momento, essendo le attività svolte unicamente ricognitive per l'inventario dei dati effettivamente disponibili, non sono stati presentati risultati a convegni, a parte i meeting di NextData (Paleomeeting del 18 luglio 2013 a Roma e NextData meeting del 12 novembre 2013 a Roma).

## **4. Risultati ottenuti durante il periodo di riferimento**

### *4.1 Risultati specifici (banche dati, risultati delle misure, output di modelli, etc)*

Le attività sono ancora in corso e, nonostante il ritardo nell'arrivo del finanziamento (ciò ha comportato un ritardo nella stipula dell'accordo con UNIMI, per la realizzazione di parte dell'archivio dati, e nell'uscita del bando per un assegno di ricerca che era stato inizialmente previsto con decorrenza 1 settembre 2013), verrà fornito un inventario di dati entro febbraio 2014 come pianificato.

### *4.2 Pubblicazioni*

Le attività previste per i primi mesi sono puramente ricognitive e non produrranno alcuna pubblicazione scientifica.

#### *4.3 Disponibilità di dati e output modellistici (formato, supporto, etc)*

Nessuno nel periodo di riferimento, come previsto.

#### *4.3 Deliverables completati*

Nessuno nel periodo di riferimento, come previsto.

### **5. Commento su eventuali scostamenti fra attività/risultati/Deliverables previsti ed effettivamente realizzati**

Il ritardo nell'arrivo del finanziamento ha comportato un ritardo nella stipula dell'accordo con UNIMI, per la realizzazione di parte dell'archivio dati, e nell'uscita del bando per un assegno di ricerca che era stato inizialmente previsto con decorrenza 1 settembre 2013 (effettivamente partito in data 20 novembre 2013).

### **6. Attività previste per il periodo successivo**

Per il periodo successivo (01/01/2014 - 31/12/2014) è innanzitutto prevista l'ultimazione della fase ricognitiva focalizzata sulla realizzazione di un inventario di dati mensili di precipitazioni e temperature disponibili in formato digitale per la regione delle Alpi italiane e le aree limitrofe. Ciò porterà al raggiungimento degli obiettivi del primo Deliverable (Inventory (table list) of monthly temperature and precipitation data available in digital form for the Italian Alpine area and surroundings) previsto per il mese 9 (febbraio 2014).

Inizierà, poi, la fase di quality control: tutti i dati recuperati saranno soggetti a controlli di qualità e di consistenza per quanto riguarda la loro collocazione geografica. Tali controlli saranno effettuati confrontando la quota di ogni stazione con quella di un modello di elevazione digitale a 30 secondi d'arco di risoluzione. Queste verifiche dettagliate, sebbene molto dispendiose in termini di tempo, sono estremamente importanti poiché valori non corretti della quota possono causare errori importanti nella stima della relazione tra la variabile meteorologica e la quota, che rappresenta il punto chiave del modello di stima delle climatologie.

Dal data set così verificato verranno estratti i valori normali per il periodo di riferimento 1961-1990 (la scelta di questo periodo è dettata dal fatto che esso è quello con la massima disponibilità di dati).

Ciò porterà alla chiusura del secondo Deliverable (Registry (table with data) of stations' monthly climate normals (referred to 1961-1990), geographical coordinates and associated geomorphological parameters) previsto per il mese 12 (maggio 2014).

Le serie più lunghe, utili per la ricostruzione della componente temporale per la realizzazione dei data set delle tre aree studio, verranno sottoposte a controlli di qualità ulteriori per quanto riguarda la loro omogeneità e, se necessario, verranno omogeneizzate.

Questo porterà al conseguimento del terzo Deliverable (Metadata (coordinates and quality flags) of long series that will be involved in the reconstruction of the temporal component) previsto per il mese 15 (agosto 2014).

Cominceranno in seguito le attività volte alla realizzazione delle climatologie la cui conclusione è però prevista per il periodo successivo (febbraio 2015).