



Progetto di Interesse strategico NEXTDATA

Rendicontazione scientifica per il primo anno di attività: **01/01/2012-31/12/2012**

WP 2.5 - Archivio digitale di dati numerici e previsionali (Resp: Silvio Gualdi, CMCC)

Partners: CMCC, CASPUR, CNR-ISAC, ICTP, ENEA

1. Attività prevista e risultati attesi:

- Censimento delle simulazioni e delle rianalisi numeriche globali e regionali disponibili presso i partecipanti al progetto, armonizzazione dei protocolli di archiviazione dei dati numerici, delle modalità di accesso ai dati e delle procedure di trasferimento di dati di grandi dimensioni, inizio delle attività di archiviazione dei risultati numerici disponibili.
- Attivazione di rapporti e collaborazioni con progetti e iniziative internazionali (es. CMIP5, CORDEX, ENSEMBLES, ECEarth, DRIHM e HyMex) finalizzati alla condivisione e all'accesso di dati climatici da simulazioni numeriche. Discussione con la comunità scientifica e con i consorzi di simulazioni climatiche a livello europeo sulle strategie di utilizzo dei dati.
- Definizione delle "scientific questions" alla base degli esperimenti coordinati di WP, con i quali produrre dati di alta qualità per l'investigazione di specifici processi fisici e dinamici del clima delle aree d'interesse del progetto (aree montane ad orografia complessa e bacino del Mediterraneo).
- Definizione e preparazione di specifici esperimenti numerici da svolgere nel corso del progetto e ottenimento dei primi risultati di nuove simulazioni globali e regionali per le aree di interesse del progetto. Organizzazione di due incontri semestrali dei ricercatori partecipanti al progetto, mirati alla definizione delle specifiche delle simulazioni numeriche da rendere disponibili negli archivi.

Milestone M2.5.1 (PM12): Completamento del censimento delle simulazioni climatiche e armonizzazione dei protocolli di archiviazione; definizione delle "scientific questions" e delle strategie di simulazione.

2. Deliverables previsti per il periodo di riferimento:

- D2.5.1 (PM12): Relazione sul censimento delle simulazioni climatiche.
- D2.5.2 (PM12): Relazione sulle "scientific questions".

3. Attività effettivamente svolta durante il periodo di riferimento:

3.1 Attività di ricerca

Nel corso del primo anno di attività, tutti i partner del WP hanno contribuito alla stesura del censimento dei risultati delle simulazioni e delle rianalisi numeriche globali e regionali disponibili presso i partecipanti al progetto, come previsto dal Piano Esecutivo del Progetto. In particolare, sono state raccolte le informazioni circa i dati disponibili, i requisiti di memoria, il formato e la descrizione dei singoli *files* in modo da armonizzare opportunamente i protocolli di archiviazione e le modalità di accesso ai dati stessi.

Sono stati avviati i contatti per attivare le collaborazioni con i programmi e i progetti internazionali che prevedono la produzione di dati climatici per mezzo di simulazioni numeriche, quali, per esempio, HyMex, CMIP5, CORDEX e Med-CORDEX, HyMex, ENSEMBLES, EC-Earth e DRIHM. Tali collaborazioni saranno mirate alla definizione delle strategie e delle politiche di utilizzo e diffusione dei dati disponibili.

Sono stati svolti 5 incontri di WP ai quali hanno partecipato tutti i partner e durante i quali sono state discusse le principali problematiche attinenti alle attività del progetto. In particolare, nel corso del primo meeting (26 marzo 2012) sono state discusse e definite per linee generali le caratteristiche degli esperimenti coordinati di WP e le domande scientifiche cui questi esperimenti sono chiamati a rispondere. Nello specifico, sono stati individuati come esperimenti d'interesse quelli di *downscaling* climatico per la regione Alpina (con un confronto tra le tecniche di *downscaling* dinamico, statistico, stocastico); simulazioni del clima del Mediterraneo (passato, presente e proiezioni future) con modelli accoppiati ad alta risoluzione in grado di riprodurre le caratteristiche dinamiche del bacino; simulazioni climatiche per regioni ad orografia complessa (per es. Ande), mirate ad individuare quale risoluzione spaziale sia necessaria per riprodurre correttamente i venti e la circolazione atmosferica dell'area. Inoltre, durante il meeting, è stato programmato un secondo incontro, da tenersi entro la fine del primo anno di progetto, in cui definire il disegno definitivo e i dettagli tecnici degli esperimenti pianificati.

Il secondo incontro di WP si è tenuto in forma telematica (teleconferenza) il giorno 31 Maggio 2012, allo scopo di discutere e definire le linee guida per la raccolta delle informazioni relative al censimento delle simulazioni climatiche, disponibili presso i centri partner del progetto, oggetto del deliverable D2.5.1 ("Relazione sul censimento delle simulazioni climatiche").

Il terzo incontro tra i partner si è tenuto il 4 luglio 2012, durante il quale sono state discusse le questioni relative alla realizzazione di una rete di portali dati da implementare presso i centri partecipanti al WP, in modo da consentire la condivisione dei risultati delle simulazioni climatiche e delle informazioni (metadati) che vengono resi disponibili. Questa rete di portali costituirà l'ossatura del sistema di diffusione dei risultati delle simulazioni climatiche del progetto. In particolare, durante questo incontro, sono state discusse e decise le principali caratteristiche tecniche (per esempio le tipologie dei server, il formato base dei dati, le tipologie dei protocolli di archiviazione e accesso) degli archivi che serviranno da base per il Portale Generale del progetto.

Nel quarto incontro di WP, avvenuto il 14 settembre 2012, i partner hanno riportato circa lo stato delle attività di progetto presso ogni centro, aggiornando, in particolare, circa gli avanzamenti nell'attività di censimento delle simulazioni (Deliverable D2.5.1) e le

problematiche relative all'implementazione di server con caratteristiche omogenee e condivise per l'accesso ai dati.

Nel corso del quinto incontro, tenutosi il 6 Novembre 2012, i partner hanno discusso e definito i dettagli delle "scientific questions" che le attività del WP intendono investigare e dei relativi esperimenti numerici coordinati da svolgersi nell'ambito del WP. Nel corso dell'incontro, i partner hanno anche riportato i risultati di lavori e studi preparatori agli esperimenti coordinati. I risultati di queste discussioni hanno contribuito alla definizione dei contenuti del deliverable D.2.5.2 ("Relazione sulle "scientific questions").

Infine, nel corso del primo anno, tutti i partner hanno completato una serie di esperimenti e simulazioni climatiche mirate al completamento dei data set da mettere a disposizione della comunità e alla definizione delle principali tematiche scientifiche da investigare nell'ambito del progetto. Per esempio, CNR-ISAC e CMCC hanno completato, con i rispettivi modelli climatici, le simulazioni (long-term projections e decadal predictions) previste per le attività del programma CMIP5. ICTP ed ENEA hanno completato le integrazioni di downscaling previste nell'ambito dei programmi CORDEX e Med-CORDEX con i relativi modelli ad area limitata. Mentre, CMCC ed ENEA, hanno condotto studi preliminari per identificare le problematiche e le criticità relative alla produzione di lunghe simulazioni per la regione del Mediterraneo, mirate alla riproduzione della variabilità del clima di quest'area.

3.2 Sviluppi applicativi, tecnologici e informatici

Presso l'**ICTP**, uno sviluppo sostanziale è stato effettuato per il modello regionale RegCM, apportando miglioramenti sia negli schemi di fisica (convezione, superficie terrestre, radiazione, strato limite planetario) sia nell'ottimizzazione del codice. In particolare, una versione del modello è stata sviluppata migliorando notevolmente la parallelizzazione e le proprietà di scaling rispetto a quella precedente. Questa versione ha permesso di aumentare la risoluzione del modello, mantenendo tempi di calcolo ragionevoli.

Il **CMCC** ha sviluppato un modello accoppiato oceano-atmosfera ad alta risoluzione per l'area del Mediterraneo, costituito dalla componente atmosferica COSMO-CLM e dalla componente oceanica NEMO-MFS. In una prima versione il modello COSMO è stato implementato ad una risoluzione di circa 25 km, ma si prevede nel proseguo del progetto di arrivare a 14 km, mentre la componente oceanica del modello (modello del Mar Mediterraneo NEMO-MFS) è stata implementata a una risoluzione di circa 6.7 km. Inoltre, test preliminari sono stati condotti per valutare la capacità del modello di riprodurre le principali caratteristiche osservate del clima dell'area Mediterranea. Il modello accoppiato verrà utilizzato per eseguire le simulazioni previste nell'ambito del progetto per l'area del Mediterraneo.

I file di output originali ottenuti nell'ambito delle simulazioni climatiche con EC-Earth (**CNR-ISAC**) e con i modelli CMCC (CMCC-CM, CMCC-CSM e CMCC-CESM) sono stati post-processati e un insieme selezionato di variabili (seguendo specifiche CMIP5 per frequenze e scelta dei campi) sono state convertite in formato netcdf CMOR2, includendo nei file netcdf estese informazioni aggiuntive sotto forma di metadati.

Inoltre, per il modello EC-Earth (CNR-ISAC) una serie di variabili di interesse per l'applicazione in studi sulla copertura nevosa e sugli estremi di precipitazione e temperatura, non incluse negli archivi CMIP5, è stata estratta ad alta risoluzione temporale (3hr).

Sono stati raccolti i file di output di una serie di simulazioni climatiche effettuate da CNR-ISAC presso CASPUR con il modello globale ECHAM-HAM 5.5, che include il modulo di trasporto e

dinamica degli aerosol HAM2. Questi file sono stati resi disponibili in un archivio centrale presso CNR-ISAC. Inoltre, tramite la collaborazione tra CASPUR e CNR-ISAC, è stato implementato sul cluster Matrix presso CINECA/Caspar la nuova release di EC-Earth (v3; pubblicata in Ottobre). Questa versione del modello è basata su IFS 36r4, sull'ultima versione di NEMO (3.3.1) e sul modello di ghiacci marini LIM3. Verrà utilizzata a risoluzione T255 (circa 80 km) con 91 livelli verticali. Sono state eseguite una serie di run di prova e prove di scaling sul cluster Matrix (<http://www.to.isac.cnr.it/ecearth/ecearth3/scaling.html>).

Nell'ambito delle attività di downscaling previste in WP2.5, il CNR-ISAC ha utilizzato gli output modellistici delle simulazioni di scenario EC-Earth per preparare condizioni al contorno, nei periodi 1960-2005 (storico) e 2006-2050 (scenari RCP 4.5, 8.5 e 2.6) per modelli ad area limitata implementati nell'area di interesse dello Hindu Kush – Karakorum – Himalaya (HKKH). Tali condizioni al contorno sono state trasmesse all'ICTP per essere usate per l'effettuazione di simulazioni con un modello climatico regionale idrostatico su tale area. Presso il CMCC, invece, sono state preparate le condizioni al contorno per condurre simulazioni ad alta risoluzione (7 km) per l'area Alpina da eseguire col modello atmosferico non idrostatico ad area limitata COSMO-CLM. Analogamente, il CNR-ISAC ha avviato la preparazione e l'implementazione di una serie di esperimenti di downscaling climatico dinamico ad alta risoluzione utilizzando il modello non-idrostatico WRF. Questa attività è svolta utilizzando risorse di calcolo fornite dal progetto Gauss presso il centro di supercalcolo LRZ in Germania. Le simulazioni saranno effettuate in particolare per le regioni nelle quali sono attesi significativi impatti del cambiamento climatico e nelle quali la modellistica della precipitazione è particolarmente difficile a causa della formazione di intense e complesse strutture meteorologiche ed a causa di un'orografia complessa (HKKH, regione Alpina e Mediterraneo, area Caraibica/Sud Americana). A questo scopo l'ultima versione del modello WRF (3.4.1) è stata integrata con una modifica (CL-WRF) che permette un uso flessibile di scenari di gas serra. Questa nuova versione è stata implementata sulla macchina SuperMUC presso LRZ. E' stato eseguito un primo esperimento a risoluzione 0.22 gradi, usando condizioni al contorno ERA-Interim, per un periodo di un mese.

Sempre sulla stessa linea di attività, è stata anche utilizzata una tecnica di downscaling stocastico della precipitazione, chiamata RainFARM, precedentemente messa a punto presso il CNR-ISAC, ed applicata all'output di un modello regionale di clima allo stato dell'arte, il sistema PROTHEUS (sviluppato presso ENEA nell'ambito di una collaborazione tra ENEA e ICTP). Il downscaling stocastico è in grado di generare un insieme di realizzazioni stocastiche di campi di precipitazione ad alta risoluzione, consistenti con la statistica della precipitazione a piccola scala. Per questa applicazione è stata sviluppata una modifica della procedura RainFARM adatta per l'uso con campi climatici. Le statistiche dei campi di precipitazione ottenuti applicando la procedura di downscaling (solo spaziale) al modello regionale PROTHEUS sono state confrontate con quelle derivate dalle misure di una densa rete di pluviometri localizzati in Piemonte e Valle d'Aosta (sono stati presi in esame i dati giornalieri dei pluviometri per il periodo 1951-2002). I pluviometri analizzati sono 122, distribuiti in maniera non omogenea sul territorio considerato e a diverse quote, tra i 100 metri e i 2500 metri circa sopra il livello del mare. La procedura RainFARM è stata applicata anche ai dati globali che hanno guidato la simulazione regionale con PROTHEUS (tale simulazione è stata effettuata presso ENEA, che ha fornito ad ISAC l'output da analizzare), ed alle rianalisi ERA40, per confrontare i risultati del downscaling applicato a campi con risoluzione spaziale diversa (PROTHEUS ~30 km, ERA40 ~100km). Ciò ha permesso anche di mettere in evidenza il valore aggiunto portato dal downscaling dinamico di un campo a bassa risoluzione spaziale (ossia l'innesto di un modello regionale su rianalisi globali o modelli globali).

Presso tutti i centri partner del WP2.5 (CASPUR, CMCC, CNR-ISAC, ENEA, ICTP) sono stati installati server dati THREDDS, al fine di fornire rapido accesso ai dati disponibili agli altri partecipanti al progetto ed in preparazione dell'infrastruttura necessaria per l'accesso ai dati attraverso un portale generale. I server implementano il protocollo OpenDAP, che fornisce accesso ad un catalogo completo di metadati sui file grigliati disponibili, un fileserver http che permette l'accesso ai file grigliati originali ed uno strumento di 'subsetting' che permette di selezionare sottodomini spaziali ed intervalli temporali per le variabili di interesse. I dettagli tecnici sull'implementazione sono stati condivisi e discussi dai partecipanti al WP nel corso dei meeting di progetto tenuti durante il primo anno.

I risultati modellistici resi disponibili dai partner del WP (descritti in dettaglio nel deliverable D2.5.1) sono in corso di trasferimento sui rispettivi server THREDDS per essere resi disponibili.

A titolo esemplificativo, di seguito riportiamo la descrizione del sistema per l'archiviazione e per la diffusione dati sviluppato e implementato presso il CASPUR, rappresentativo della tipologia di sistemi implementati presso i centri partner del WP. Questa infrastruttura per il calcolo ad alte prestazioni, storage ed elaborazione dati è stata messa a disposizione da parte di CASPUR per applicazioni di frontiera del progetto. L'infrastruttura utilizzata per NextData comprende un tipico supercalcolatore a memoria distribuita basato su processori tradizionali X86 e un sistema di server per il servizio di I/O intensivo (e per i servizi di accesso esterno, virtualizzazione e DBMS) i quali sono interfacciati ad un sottosistema di storage di classe Enterprise.

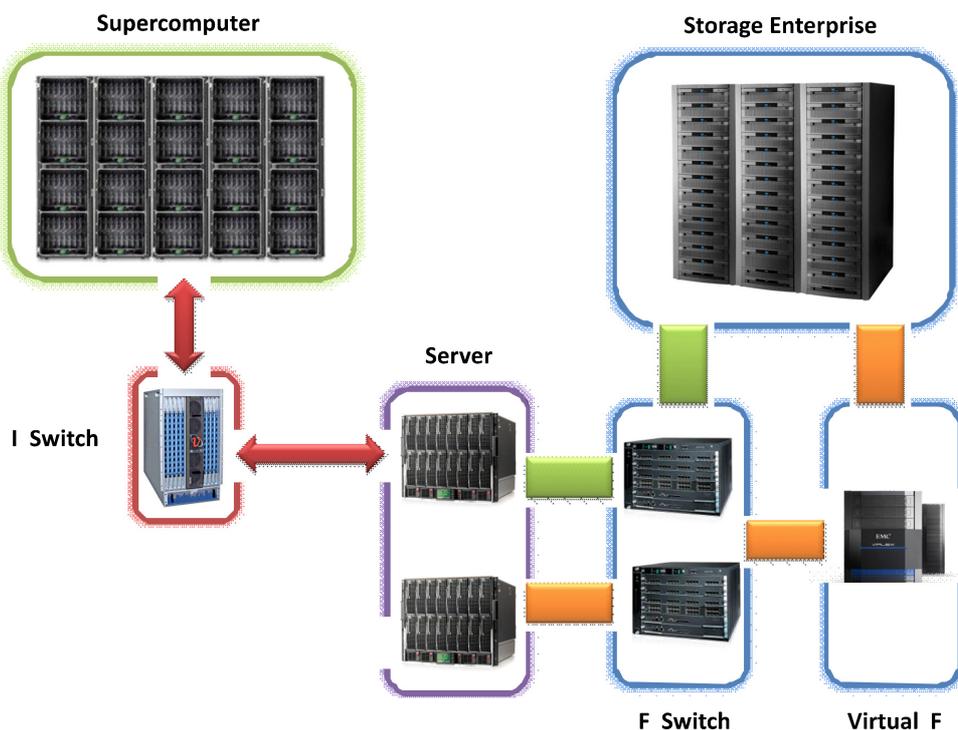


Figura 1. Diagramma a blocchi dell'infrastruttura ICT/HPC per NextData.

Schematicamente in Figura 1 viene riportato il diagramma a blocchi dell'intera infrastruttura hardware installata al CASPUR il cui uso è previsto per le attività di NextData. L'infrastruttura di calcolo e di storage ad altissime prestazioni rappresentata in Figura 1 ha consentito di supportare tutte le simulazioni previste presso CASPUR e di iniziare ad immagazzinare i dati provenienti da simulazioni realizzate presso gli altri centri partner del work-package. Il trasferimento della gran mole di dati disponibili altrove ha fortemente beneficiato della rete

GARR, della quale CASPUR è uno dei nodi strategici. Questa sinergia tra CASPUR e GARR ha garantito e garantirà agli utenti NextData un'ampiezza di banda disponibile e un supporto specialistico e continuativo per la risoluzione di problematiche legate ad interruzioni, bottlenecks e trasferimento di dati massivi (dell'ordine di terabytes di dati).

Per rendere successivamente accessibili i dati computazionali censiti e/o prodotti all'interno del progetto NextData all'intera comunità scientifica interessata si è deciso di utilizzare il THREDDDS Data Server (TDS) versione 4.2, successivamente aggiornato alla versione 4.3, dove THREDDDS è acronimo di *Thematic Real-time Environmental Distributed Data Services*.

Il TDS è un web server che fornisce accesso a dati e metadati di tipo scientifico, usando differenti protocolli per accedere i dati remoti, tra i quali OPeNDAP, OGC WMS e WCS, HTTP. Il Thredds data server si appoggia al web server open source Apache Tomcat, che è una implementazione delle tecnologie Java Servlet e JavaServer Pages. Il modo in cui lavora il TDS è rappresentato in Figura 2.

Presso il CASPUR è stato installato il TDS 4.2.10 (poi aggiornato alla versione 4.3) con protocollo OPeNDAP; la versione utilizzata di Apache Tomcat è la 7.0.32 e di Java la 1.6. La macchina su cui è attualmente installato il TDS è bl102.caspur.it, che è una macchina con 4 processori Dual-Core AMD Opteron a 2,8 Ghz. I dati sono, invece, materialmente presenti sul Supercomputer CPU e resi disponibili da un file system di tipo Lustre, che permette di accedere da diversi computer ai file contenuti su un computer remoto tramite rete, potenzialmente in simultanea. Più precisamente Lustre è un file system parallelo distribuito ad alte prestazioni in grado di supportare reti di cluster con migliaia di nodi e petabyte di dati da immagazzinare. Il file system risiede sul sistema di storage Enterprise di capacità complessiva superiore a 1PB descritto in precedenza.

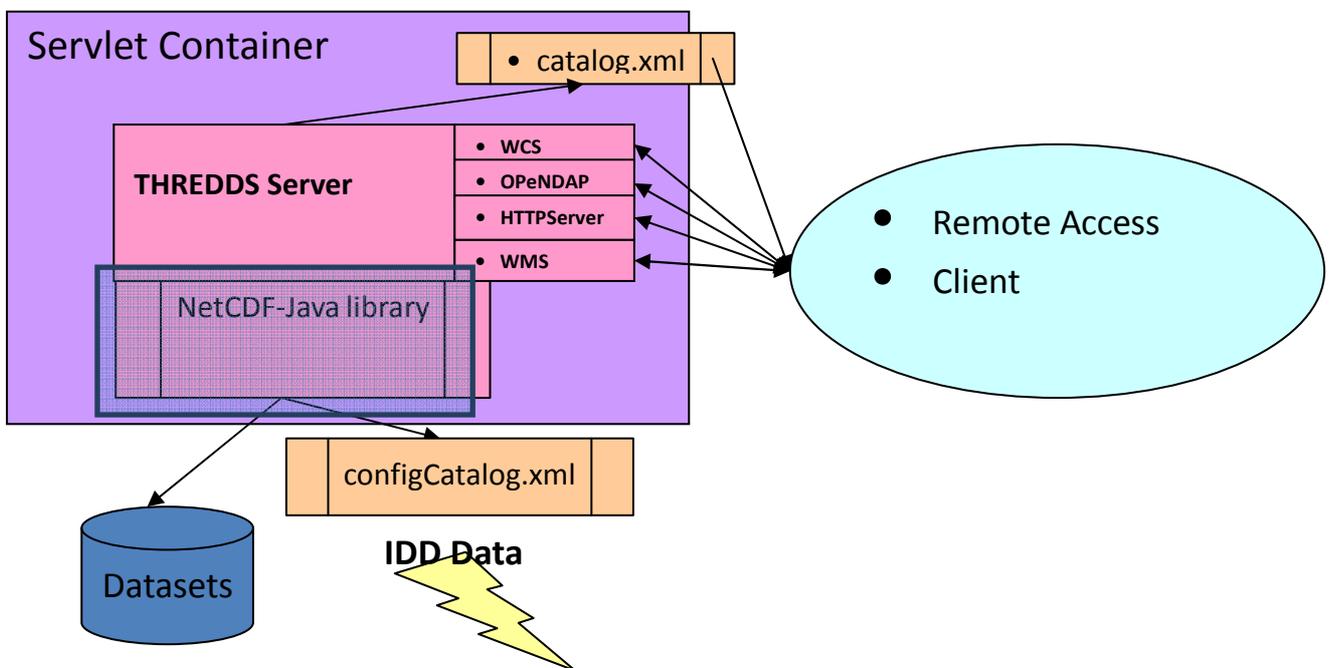


Figura 2. schema di rappresentazione del Thredds data server (TDS) utilizzato per fornire l'accesso a dati e metadati di tipo scientifico, usando differenti protocolli per accedere i dati remoti, tra i quali OPeNDAP, OGC WMS e WCS, HTTP

3.3 Attività di formazione

Presso il CNR-ISAC, nel corso del primo anno, è stata supervisionata una tesi di Laurea Magistrale sulla validazione di campi di precipitazione in EC-Earth a scala globale attraverso il confronto con dati satellitari e da stazioni di misura disponibili, sull'analisi degli estremi di precipitazione nel periodo storico e con un'applicazione sul ruolo di perturbazioni a medie latitudini sulla precipitazione invernale in Karakorum e sulla correlazione con pattern di teleconnessione.

Sempre presso il CNR-ISAC, è stata supervisionata una tesi di laurea di primo livello sul confronto, nell'area dell'Italia nord-occidentale, della precipitazione e della temperature al suolo nelle simulazioni EC-Earth nel periodo storico con osservazioni disponibili da stazioni di misura e sull'analisi dei trend e delle statistiche di precipitazione e temperature negli scenari futuri. Inoltre, nello stesso periodo è stata attivata una Borsa Post-Laurea sullo sviluppo e l'utilizzo di tecniche di downscaling stocastico applicate a modelli di clima.

Presso l'ICTP, invece, nel Maggio 2012 si è svolto un workshop di presentazione dell'ultima versione del modello RegCM (RegCM4). Durante il workshop sono state tenute sia lezioni teoriche sia sessioni di esercitazioni/laboratorio, cui hanno partecipato circa 90 studenti. Inoltre, 4 studenti, da Brasile, India, Messico e Ungheria, sono stati invitati all'ICTP per un periodo di 6 mesi per effettuare le simulazioni del punto 3.1 e per la fase iniziale dell'analisi sotto la supervisione del personale scientifico del Centro.

3.4 Attività di disseminazione e divulgazione

Nel corso del primo anno del progetto, sono stati tenuti da parte di CNR-ISAC diversi incontri sull'uso di tecniche di downscaling stocastico con rappresentanti di enti territoriali (per esempio, ARPA Piemonte).

3.5 Partecipazione a conferenze

I risultati scientifici ottenuti da CNR-ISAC con le simulazioni di modello sviluppate nell'ambito di questo WP sono stati presentati ai seguenti workshop e conferenze:

- International meeting with EC-Earth contributors/users in Reading, UK. Maggio 30 - 31, 2012.
- ECRA (European Climate Research Alliance) workshop: "Changes in the hydrological cycle", CNR-DTA, Roma, 5-6 Marzo 2012.
- Workshop: "Orographic Precipitation and Climate Change", NCAR, Boulder, 13-15 Marzo 2012.
- European Geosciences Union (EGU) General Assembly 2012, Vienna, 22-27 Aprile 2012.
- Workshop: "Contribution of science and cooperation to the sustainable development of the Central Karakorum National Park", Islamabad, 4-7 Giugno 2012.
- 6th HYMEX Workshop, Primosten, Croazia, 7-10 Maggio 2012
- ECSAC 2012: CLIMATE CHANGE: marine and mountain ecosystems in the Mediterranean region, XII International Conference on Science, Arts and Culture, Veli Lošinj, Croazia, 27-30 Agosto 2012.
- Conferenza MED-Clivar 2012: "The climate of the Mediterranean region: understanding its evolution and effects on environment and societies", 26-28 Settembre 2012

4. Risultati ottenuti durante il periodo di riferimento:

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

Un grande volume di dati climatici (simulazioni e ri-analisi) è stato prodotto, organizzato e censito durante il primo anno del progetto. I risultati di questo lavoro sono riassunti e descritti nel deliverable di progetto D2.5.1 (Relazione sul censimento delle simulazioni climatiche) regolarmente completato nel corso del primo anno. Inoltre è cominciato il lavoro di archiviazione dei dati sui server che ogni centro partner del WP ha implementato per permettere l'accesso ai risultati delle proprie simulazioni e che costituiranno i nodi della struttura alla base del portale generale del progetto.

Inoltre, i risultati del lavoro sul downscaling hanno messo in evidenza che le statistiche dei campi di precipitazione prodotti con PROTHEUS e disaggregati con RainFARM sono confrontabili con quelli della rete pluviometrica di Piemonte e Valle d'Aosta. Nonostante la tecnica di disaggregazione spaziale utilizzata non tenga conto dell'orografia e non sia in grado di correggere i bias a grande scala dei campi cui viene applicata, RainFARM si mostra particolarmente adatto ad essere applicato a campi con risoluzione spaziale tipica dei modelli regionali allo stato dell'arte (~30km). D'altra parte, emerge l'utilità di applicare un downscaling dinamico a monte di quello stocastico, in quanto il secondo può solo introdurre variabilità alle scale non rappresentate dal primo (o per le quali non si ha confidenza nella risposta del modello), senza tuttavia correggere o comprendere la fisica e la dinamica della precipitazione.

4.2 Pubblicazioni

- Parodi A., von Hardenberg J., Provenzale A., Emergence of large-scale patterns in moist atmospheric convection, submitted to Journal of Geophysical Research – Atmospheres.
- E' in preparazione l'articolo: "Stochastic rainfall downscaling of a regional climate model over north-western Italy". Autori: D. D'Onofrio, E. Palazzi, J. von Hardenberg, A. Provenzale, V. Artale, S. Calmanti, da inviare alla rivista "Journal of Hydrometeorology".

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

Un elenco dettagliato degli output modellistici e di ri-analisi è fornito dal deliverable di progetto D2.5.1

4.4 Deliverables completati

Nel corso del primo anno di progetto sono stati regolarmente completati i deliverables:

- D2.5.1 (PM12): Relazione sul censimento delle simulazioni climatiche
- D2.5.2 (PM12): Relazione sulle "scientific questions"

previsti dalle attività di progetto.

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

Nel corso del primo anno di attività del progetto, non si sono verificati particolari scostamenti nelle attività di WP effettivamente svolte rispetto a quelle pianificate.

6. Attività previste per il periodo successivo

Nel corso del secondo anno di progetto si prevede, con il contributo di tutti i partner, di:

- continuare la produzione di simulazioni numeriche globali e regionali mirate alle regioni d'interesse del progetto, che includano la dinamica degli aerosol;
- completare la messa a disposizione del contenuto dell'archivio di dati numerici, con particolare attenzione per l'area Mediterranea, la regione Alpina e la regione HKKH;
- implementare modelli numerici a scala locale, non idrostatici, per la simulazione della dinamica climatica e ambientale in zone montane con orografia complessa;
- continuare il lavoro sul downscaling stocastico con diverse attività, soprattutto mirate alla produzione di scenari futuri di precipitazione ad alta risoluzione in Italia nord-occidentale.
- condurre un approfondito confronto tra diverse tecniche di downscaling dinamico, statistico e stocastico, per comprenderne le caratteristiche e i limiti di applicabilità per diversi e specifici casi studio.
- generare archivi di dati ad alta risoluzione, applicando le tecniche di downscaling ad osservazioni e output di modelli a bassa risoluzione (sia spaziale che temporale).
- organizzare due incontri semestrali dei ricercatori del progetto, relativi agli scenari climatici e alla fruibilità dei dati numerici.