



Progetto di Interesse strategico – PNR 2011-2013

NEXTDATA

Responsabile scientifico del progetto:
Antonello Provenzale, CNR-IGG

Coordinamento amministrativo:
Enrico Brugnoli, CNR-DTA

DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Partner del progetto

Consiglio Nazionale delle Ricerche:

Dip. Scienze del Sistema Terra e Tecnologie per l'Ambiente (DTA)
 Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima (ISAC)
 Istituto di Geoscienze e Georisorse (IGG)
 Istituto per l'Ambiente Marino Costiero (IAMC)
 Istituto sull'Inquinamento Atmosferico (IIA)
 Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica (IRPI)
 Istituto per la Dinamica dei Processi Ambientali (IDPA)
 Istituto di Biologia Agroambientale e Forestale (IBAF)
 Istituto di Metodologie per l'Analisi Ambientale (IMAA)
 Istituto per lo Studio degli Ecosistemi (ISE)
 Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell'Ambiente (IREA)

Università di Milano Bicocca,
 Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e del Territorio e di Scienze della Terra

Università di Pisa - Dipartimento di Scienze della Terra

Fondazione CMCC
 Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

ENEA - Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia
 e lo sviluppo economico sostenibile

Università di Torino, Dipartimento di Fisica, Dipartimento di Scienze della Terra, NatRisk
 Politecnico di Torino, DIST, DIATI
 Università di Padova, Dipartimento di Territorio e Sistemi Agro-Forestali
 Università della Tuscia, DIBAF
 Università del Molise, Dipartimento di Bioscienze e Territorio
 Università di Parma, Dipartimento di Bioscienze
 Università di Venezia, Dipartimento di Scienze Ambientali, Informatica e Statistica

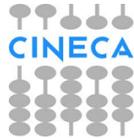
CINECA, Bologna, Roma

ARPA Valle d'Aosta

Fondazione CIMA, Savona

Comitato Glaciologico Italiano

Parco Nazionale Gran Paradiso



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



Indice

1. NextData: Sinossi del progetto _____	5
2. Contributo del progetto a programmi internazionali _____	7
3. Basi scientifiche del progetto NextData _____	8
4. NextData: temi chiave (<i>Grand Challenges</i>) e tipologie di dati _____	11
5. La rete osservativa di fondo per il monitoraggio climatico-ambientale _____	13
6. Integrazione fra dati <i>in situ</i> , osservazioni satellitari e simulazioni numeriche _	15
7. NextData: organizzazione del progetto _____	16
8. NextData: principali risultati attesi (<i>highlights</i>) _____	18
9. Programma di lavoro e descrizione dei Work Packages _____	21
10. Organizzazione e fruibilità dei dati e dei risultati. Portale Generale e raccordo con GEO/GEOSS _____	41
11. NextData: cronoprogramma _____	43
12. Contributo dei precedenti Progetti Speciali _____	44
13. Sviluppi strumentali e trasferimento tecnologico _____	46
14. Analisi e superamento del <i>mismatch</i> clima-impatto _____	48
15. Il problema degli indicatori e dei monitoraggi biologici _____	49
16. Esempio di uso dei dati / risultati sulle risorse idriche: modellistica della risposta dei ghiacciai alpini _____	50
17. Esempi di uso dei dati / risultati su ecosistemi e biodiversità: (a) modellistica dei cambiamenti della biodiversità animale _____	52
(b) impatto della variabilità climatica e della concentrazione di ozono su specie vegetali _____	54
18. Esempi di uso dei dati / ricostruzioni climatiche: curve dendroclimatiche (1610-2008 AD) e temperature estive sulle Alpi in epoca pre-strumentale ____	55
19. Attività di formazione _____	57
20. Attività di divulgazione e restituzione dei risultati _____	58
21. Impatto sociale/utilità sociale dei risultati del progetto NextData _____	60
22. Prospettive future del progetto NextData _____	63

1. NextData: sinossi del progetto

Le regioni montane forniscono servizi ambientali (ecosistemici, idrici, culturali ed economici) essenziali per le società umane, particolarmente in aree a orografia complessa come il territorio italiano. In particolare, le montagne sono serbatoi cruciali di risorse idriche per le zone circostanti e racchiudono un patrimonio unico di ecosistemi specializzati e ricchi di biodiversità. E' importante ricordare che ciò che avviene in montagna non è confinato alle zone d'alta quota ma influenza direttamente il benessere degli ecosistemi naturali e agricoli e delle attività umane localizzate più a valle.

Tuttavia, le montagne sono fortemente sensibili ai cambiamenti climatici e di uso del territorio e sono ambienti fragili che risentono pesantemente delle conseguenze negative dei cambiamenti globali, con il rischio di perdita dei servizi ambientali che attualmente forniscono. Per questi motivi, è necessario sviluppare una conoscenza esaustiva dello stato e dei cambiamenti, attuali e passati, delle regioni montane italiane, per permettere lo sviluppo di politiche di gestione e conservazione basate sulla conoscenza.

Il Progetto di Interesse NextData ha lo scopo di **fornire informazioni quantitative sullo stato e sui cambiamenti climatici e ambientali passati, presenti e futuri nelle regioni montane italiane e più in generale sulle ricostruzioni del clima del passato nel territorio italiano**, favorendo un accesso libero e facilitato ai dati, ai risultati e alle conoscenze prodotte. L'approccio multidisciplinare combina **monitoraggi in campo, uso di dati satellitari, ricostruzioni climatiche per gli scorsi millenni e simulazioni numeriche del clima e delle condizioni ambientali nelle montagne italiane** per i prossimi decenni. Un obiettivo rilevante è l'implementazione di una **Rete integrata climatica di alta quota** nelle montagne italiane.

Il progetto focalizza le attività su tre temi chiave ("Grand Challenges"):

1. **Monitoraggio** delle condizioni meteo-climatiche e ambientali, degli ecosistemi e delle risorse idriche e dei cambiamenti attualmente in corso nell'ambiente montano.
2. **Ricostruzione** della variabilità climatica e ambientale in Italia negli ultimi millenni.
3. Realizzazione di **scenari futuri** ad alta risoluzione per le condizioni climatiche e ambientali nelle aree montane italiane.

Le tipologie di dati/informazioni considerate riguardano (i) le condizioni meteo-climatiche e la composizione dell'atmosfera, (ii) lo stato e i cambiamenti delle risorse idriche superficiali e sotterranee e delle risorse della criosfera (ghiacciai, copertura nevosa), e (iii) lo stato e i cambiamenti degli ecosistemi e della biodiversità montana in Italia. **Il progetto fornirà informazioni quantitative e coerenti sullo stato e sui cambiamenti passati, presenti e futuri delle condizioni climatiche, delle risorse idriche e degli ecosistemi naturali nelle aree montane italiane e una ricostruzione delle condizioni climatiche passate in Italia.**

I dati, le informazioni e i risultati ottenuti saranno resi **apertamente e facilmente accessibili (open acces) mediante un sistema di archivi tematici e un portale generale** del progetto, in piena sintonia con l'approccio ideale e tecnologico del Group on Earth Observations (GEO), cui l'Italia contribuisce fortemente anche attraverso il progetto NextData. Gli archivi e i portali saranno mantenuti sui server di Enti di Ricerca e Istituzioni pubbliche, che ne **garantiscono la continuità anche dopo il termine del progetto**, evitando così il rischio, purtroppo comune a molti progetti, di disperdere il patrimonio di informazioni raccolte.

Un risultato importante del progetto NextData è che, per la prima volta in Italia, con questo progetto la comunità di modellistica climatica si è coordinata per ottenere e fornire risultati coerenti e compatibili, in grado di completarsi fra loro e di essere utilizzati in modo integrato per la stima degli impatti dei cambiamenti climatici, rafforzando l'intero sistema nazionale della ricerca sul clima. Inoltre, il progetto ha favorito, di nuovo per la prima volta, una forte integrazione fra le comunità di modellistica e di monitoraggio, permettendo di validare i modelli mediante i dati osservativi e di inserire i dati osservativi nel contesto più ampio della ricerca sul clima. **La costruzione di una comunità integrata di modellistica e monitoraggio climatico a sua volta comporta una maggiore competitività del sistema delle ricerca italiano in ambito internazionale**, per esempio con il rafforzamento della partecipazione qualificata ai progetti europei e il contributo a programmi internazionali quali GEO, Belmont Forum, Future Earth, WMO, Copernicus, e altri. Auspichiamo che la comunità di ricerca formatasi con il progetto NextData possa trovare, al termine del progetto, continuità e ulteriore sviluppo in apposite Infrastrutture di Ricerca, nazionali ed europee.

Da un punto di vista concettuale, il progetto NextData espande le nostre conoscenze sulla dinamica del clima e dei sistemi a terra (risorse idriche, ecosistemi) che risentono dei cambiamenti climatici, favorendo **l'integrazione fra aspetti di osservazione e monitoraggio e aspetti modellistici e portando allo sviluppo di nuove conoscenze sul Sistema Terra**. Il progetto NextData stimola la ricerca sul clima e sul Sistema Terra e si concentra sull'ambiente montano visto come un sistema complesso in cui geosfera e biosfera interagiscono strettamente, attraverso la mediazione fondamentale dell'acqua in tutte le sue forme. Finora, **sono stati pubblicati 81 articoli scientifici su riviste internazionali con referee**, che testimoniano il ruolo di innovazione scientifica giocato dal progetto.

Il progetto ha svolto una intensa **attività di formazione**, che continuerà fino al termine, che include l'attivazione di **5 borse di dottorato e 38 fra Assegni di Ricerca e Borse di Studio**. Sono state organizzate due scuole estive internazionali e svolte lezioni sui temi del progetto in diverse scuole estive e corsi di dottorato.

Poiché la ricerca non avviene in modo avulso dal contesto sociale ed economico, il progetto NextData ha svolto una intensa opera di "restituzione" ai cittadini dei risultati ottenuti, mediante **attività di divulgazione e disseminazione**. E' stato realizzato un documentario sugli ecosistemi montani, è stato curato un volume sui cambiamenti climatici e sono state tenute conferenze pubbliche in diversi contesti, è stata realizzata una mostra fotografica sui laghi d'alta quota del Parco Nazionale Gran Paradiso. Per la continuazione del progetto è prevista l'organizzazione di una grande mostra fotografica sugli ecosistemi montani, la realizzazione di un glossario dei termini importanti nella ricerca sul clima e sugli impatti dei cambiamenti globali e la preparazione di un volume finale che illustri i risultati del progetto.

Da un punto di vista organizzativo, il progetto, a causa di criticità amministrative, ha subito un ritardo di quasi tre anni (2014-2016) durante i quali non sono stati erogati finanziamenti. La comunità scientifica organizzata intorno al progetto **ha continuato a lavorare anche in questo periodo** utilizzando risorse interne, per non interrompere le attività di ricerca, per il grande entusiasmo verso il progetto, il primo del suo genere in Italia, e per mantenere il contributo italiano alle iniziative internazionali sopra citate. Vi è quindi la volontà di espandere le conoscenze scientifiche e di osservazione al di là della semplice risposta alle richieste progettuali. Per concludere in modo adeguato le attività di ricerca, **viene richiesta una proroga delle attività progettuali, portando la conclusione del progetto NextData al 31 dicembre 2018**.

2. Contributo del progetto a programmi internazionali

Le attività del progetto NextData sostengono il contributo italiano alle grandi tematiche del Programma Quadro Europeo Horizon 2020, alle priorità strategiche del WMO e della European Environment Agency, e sono in linea con la riconosciuta necessità di aumentare la conoscenza della risposta degli ambienti montani europei ai cambiamenti climatici e ambientali.

Le osservazioni *in-situ* di composizione dell'atmosfera rappresentano un contributo italiano al programma **Global Atmosphere Watch** della **World Meteorological Organization** (GAW-WMO) attraverso le attività condotte presso una rete di Osservatori climatici distribuita sul territorio nazionale. L'Osservatorio climatico CNR di Monte Cimone (unica stazione globale GAW in Italia) è parte integrante di **ACTRIS-RI**, Infrastruttura di Ricerca Europea ESFRI a guida italiana. NextData permetterà di rafforzare la rete degli Osservatori climatici sul territorio nazionale, supportando **Copernicus** e l'infrastruttura europea **ICOS-RI**.

Nell'ambito degli studi sul clima del Mare Mediterraneo, NextData contribuisce al programma Copernicus ed in particolare al **Copernicus Marine Environment Service**. Contribuisce al sottoprogetto **PALEOMEX-MISTRAL** (Paleo Mediterranean Experiment) e al progetto ERC **TIMED**: Testing the role of Mediterranean thermohaline circulation as a sensor of transient climate events and shaker of North Atlantic Circulation.

I dati criosferici contribuiscono a programmi internazionali quali il **World Glacier Inventory** (WGI) e il **World Glacier Monitoring Service** (WGMS), mentre i dati idrologici (di superficie e relativi alle acque sotterranee) sono inseriti nelle attività della **European Climate Research Alliance** (ECRA), specialmente nel Collaborative Program "Changes in the Hydrological Cycle", e della **ERA-NET sui Climate Services** (ERA4CS). NextData contribuisce a **HyMex-MISTRAL** (HYdrological cycle in the Mediterranean EXperiment) e alla Collaborative Action "Mountains as Sentinels of Change" del **Belmont Forum**, coordinata da NSF e CNR.

I dati relativi agli ecosistemi e alla biodiversità montana sono un essenziale contributo italiano all'International **Long-Term Ecological Research Network** (ILTER) a alla sua versione europea, LTER-Europe. Le misure di flussi di carbonio sono inserite nei programmi internazionali **Fluxnet** e **ICOS**. Il progetto NextData costituisce un importante contributo italiano al progetto europeo H2020 "**ECOPOTENTIAL: Improving Future Ecosystem Benefits through Earth Observations**" (2015-2019, 47 partner), coordinato dal CNR e dedicato alla stima dei cambiamenti nei servizi ecosistemici nelle aree protette europee mediante l'utilizzo di dati satellitari e *in situ*. NextData estende queste attività a un più ampio insieme di aree protette italiane.

Il progetto NextData è strettamente legato a **Group on Earth Observations (GEO)** e contribuisce alla realizzazione del **Global Earth Observations System of Systems (GEOSS)**; il portale generale di NextData sarà compatibile e armonico con i portali di GEO. NextData contribuisce alle attività delle GEO Initiatives "**GEO GNOME**: The GEO Global Network for Observations and information in Mountain Environments", "**GEO ECO**: The GEO Initiative for Global Ecosystem Monitoring" e "**GEO BON**: The Global Biodiversity Observation Network".

NextData avrà stretti contatti con la **European Space Agency** (ESA), per ottimizzare l'uso di prodotti satellitari di ultima generazione (Sentinel) per lo studio dell'ambiente montano.

3. Basi scientifiche del progetto NextData

Le montagne rivestono un ruolo cruciale nella dinamica del clima, delle risorse idriche, degli ecosistemi e della società: ciò che avviene in montagna non è confinato nelle zone d'alta quota e influenza in molti modi il benessere degli ambienti, degli ecosistemi naturali e agricoli e delle attività umane a valle delle zone montane. Questo fatto è particolarmente importante in Italia, caratterizzata da orografia estremamente complessa e dalla rilevanza delle zone montane per tutto il territorio nazionale. L'intera catena alpina, e specificamente il settore italiano, si trova all'interno di una delle maggiori aree industrializzate del Pianeta, subendone gli impatti diretti e indiretti. **Le montagne sono in grado di fornire servizi ambientali (ecosistemici e idrici) fondamentali per le società umane, che sono oggi messi a rischio dagli effetti potenzialmente negativi dei cambiamenti globali.**

Le **fluttuazioni e i cambiamenti del clima**, in particolare, non sono distribuiti in modo omogeneo sul nostro pianeta. Questa osservazione ha portato alla definizione degli *hot spot* della variabilità climatica, definiti come le regioni dove i cambiamenti attesi sono più intensi e i loro effetti più significativi¹. Un *hot spot* cruciale, non localizzato in una specifica area geografica ma definito dalle sue caratteristiche fisiche ed ambientali, è rappresentato dalle regioni montane d'alta quota². Con aspetti che per certi versi ricordano l'ambiente artico, le regioni montane sono soggette a un riscaldamento che è spesso più intenso di quello delle regioni circostanti, a una rapida fusione dei ghiacciai, a significativi cambiamenti del ciclo idrologico e a crescenti minacce per gli ecosistemi e la biodiversità montana. Per la loro sensibilità ai cambiamenti climatici, le regioni montane sono state definite le "**sentinelle del cambiamento climatico**" e sono spesso caratterizzate dal fenomeno detto *Elevation Dependent Warming*, che causa un'amplificazione del riscaldamento globale alle quote maggiori³.

In molti casi, le zone montane agiscono da veri e propri **serbatoi di risorse idriche** per le regioni circostanti e i cambiamenti nel ciclo idrologico montano possono avere conseguenze significative per la vita delle popolazioni che da queste risorse dipendono. I possibili cambiamenti delle risorse idriche montane sono molteplici e includono sia acque superficiali sia acque sotterranee (acquiferi), sempre più importanti per l'approvvigionamento di acqua potabile e di risorse idriche per l'agricoltura. L'analisi dell'importanza delle zone montane come "serbatoi d'acqua" per le regioni a valle ha indicato che tutto il nord-ovest e la regione peninsulare dell'Italia dipendono in modo rilevante dalle risorse idriche generate in ambiente montano (rispettivamente, Alpi nord-occidentali e Appennino)⁴. Particolarmente importante risulta, per le Alpi, la stima quantitativa delle condizioni attuali delle risorse glaciali e la proiezione della loro evoluzione futura⁵.

¹ M. Turco, E. Palazzi, J. von Hardenberg, A. Provenzale, Observed climate change hotspots. *Geophysical Research Letters* 42, doi: 10.1002/2015GL063891 (2015).

² M. Beniston, Climatic change in mountain regions: a review of possible impacts. *Climatic Change* 59, 5-31 (2003).

³ MRI-EDW Initiative, Elevation-dependent warming in mountain regions of the world. *Nature Climate Change* 5, doi: 10.1038/NCLIMATE2563 (2015).

⁴ D. Viviroli et al., Climate change and mountain water resources: overview and recommendations for research, management and policy. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 15, 471-504 (2011).

⁵ M. Chiarle, G. Nigrelli, A. Provenzale, A System for Assessing the Past, Present and Future of Glacial Resources. *Engineering Geology for Society and Territory* 1, 69-72 (2014).

Gli **ecosistemi d'alta quota** sono caratterizzati dalla presenza di endemismi e di specie adattate alle difficili condizioni delle montagne e possono essere fortemente influenzati dall'aumento delle temperature e dai cambiamenti nel regime idrico. Gli ambienti montani, a causa dell'eterogeneità delle loro caratteristiche, generano un mosaico di habitat lungo il gradiente altitudinale che genera un **alto livello di biodiversità**⁶. Allo stesso tempo, gli habitat montani ospitano alcuni dei più rari e fragili ecosistemi del mondo. Le popolazioni vegetali e animali che vivono alle alte quote sono spesso ridotte e isolate, composte da specie adattate alle basse temperature, con limitata capacità di dispersione e possono quindi andare incontro a degrado o sparizione. Ad esempio, l'aumento delle temperature ha indotto alcune specie montane a spostarsi verso quote più elevate, nell'analogo montano dello spostamento verso il Nord di diverse specie dell'emisfero boreale⁷. Analogamente, l'immissione di specie alloctone ha, in alcuni casi, modificato pesantemente gli ecosistemi montani⁸. Osservazioni continuative su lungo periodo in regioni montane permettono inoltre di analizzare la risposta degli ecosistemi montani alle pressioni dirette o indirette legate alla modificazione della composizione dell'atmosfera⁹. Per gli ecosistemi montani, risulta infine cruciale quantificare i possibili cambiamenti nei flussi di acqua e carbonio fra suolo, vegetazione e atmosfera, per stimare le modifiche ambientali indotte dal riscaldamento globale e dai cambiamenti nell'uso del territorio.

Le montagne sono osservatori privilegiati per il **monitoraggio del clima e della composizione dell'atmosfera**: per la comprensione degli effetti che le variazioni della composizione dell'atmosfera hanno sul clima, sono necessarie osservazioni di elevata qualità (nel rispetto di standard internazionali) e di lungo periodo in aree rappresentative del sistema climatico. Le aree montane e remote costituiscono piattaforme straordinarie per monitorare i cambiamenti climatici e fornire informazioni (real-time e delayed data delivery, early warning). Le montagne sono aree normalmente considerate non contaminate e pulite per quel che riguarda l'inquinamento atmosferico, perché si trovano lontane dalle sorgenti principali di inquinanti. Per questo motivo le misure di composti clima-alteranti e inquinanti eseguite in queste regioni possono caratterizzare lo stato della composizione dell'atmosfera su ampie scale spaziali (come avviene ad esempio presso gli Osservatori di Mauna Loa -USA, Jungfrauoch -CH, Monte Waliguan - RPC, Monte Cimone - I, tutte stazioni globali GAW-WMO). I dati raccolti sono essenziali per caratterizzare i *trend* su lungo periodo e l'occorrenza di eventi "acuti", fornendo una base di dati per la valutazione di modelli di chimica e trasporto e di prodotti satellitari. Infatti, quando si presentano condizioni meteorologiche favorevoli, quali brezza di valle, innalzamento dello strato di rimescolamento, trasporti di masse d'aria regionali o transfrontalieri, elevate concentrazioni di inquinanti antropici o composti naturali (es. aerosol minerale, ceneri vulcaniche) possono raggiungere le montagne¹⁰. Ne sono un

⁶ R. Viterbi et al., Patterns of biodiversity in the northwestern Italian Alps: a multi-taxa approach. *Community Ecology* 14, 18-30 (2013).

⁷ C. Parmesan, Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 37, 637-669 (2006).

⁸ U. Magnea, R. Sciascia, F. Paparella, R. Tiberti, A. Provenzale, A model for high-altitude alpine lake ecosystems and the effect of introduced fish. *Ecol. Modelling* 251, 211-220 (2013).

⁹ T. Abeli et al., Response of alpine plant flower production to temperature and snow cover fluctuation at the species range boundary, *Plant Ecology* 213 (1), 1-13 (2012).

¹⁰ P. Cristofanelli et al., Long-term surface ozone variability at Mt. Cimone WMO/GAW global station (2165 m a.s.l., Italy). *Atmos. Environ.* 101, 23-33 (2012).

esempio gli eventi di trasporto dal deserto del Sahara verso l'area alpina e appenninica¹¹ o da regioni altamente inquinate dell'Europa verso le Alpi o dal sud Asia verso l'Himalaya¹². Le montagne rappresentano dunque un "**sensore dinamico naturale**" privilegiato per lo studio dei cambiamenti climatici e ambientali, e a loro volta vanno studiate e monitorate con i sensori tecnologici implementati dal progetto NextData.

Infine, le aree montane sono scrigni di informazioni per la **ricostruzione delle fluttuazioni climatiche nel passato**: i carotaggi dei ghiacciai montani, l'analisi degli anelli degli alberi, i carotaggi nelle torbiere e nei sedimenti dei laghi montani, lo studio e l'identificazione dei pollini conservati nei sedimenti continentali¹³ o marini¹⁴ e dei *Tephra* vulcanici da laghi d'alta quota in centro-sud Italia o da sedimenti marini, sono tutte primarie sorgenti di informazione sulla variabilità del clima negli ultimi secoli o millenni, di essenziale importanza per caratterizzare le variazioni climatiche naturali con cui confrontare in modo corretto i cambiamenti legati all'attività umana diretta osservati negli ultimi decenni (immissione di composti clima-alteranti in atmosfera, inquinamento, cambiamenti nell'uso del territorio). Per ottenere ricostruzioni climatiche di valore generale, è necessario non limitarsi al solo ambiente montano ma **combinare i dati e i risultati provenienti da tutti gli archivi (proxy) disponibili, sia montani, sia continentali, sia marini**. A questo proposito, la stretta relazione climatica esistente tra atmosfera e mare, evidente in modo particolarmente forte nel sistema mediterraneo, sarà investigata attraverso l'integrazione di dati paleoclimatici montani, di dati provenienti dalla piattaforma continentale italiana e da ricostruzioni/rianalisi della circolazione e caratteristiche del mare Mediterraneo, al fine di ottenere un quadro completo della variabilità climatica passata nel territorio italiano.

Combinando in modo integrato monitoraggio, ricostruzioni climatiche e modellistica, il progetto NextData contribuirà in modo sostanziale allo **sviluppo di nuove conoscenze sull'ambiente montano e sulla variabilità climatica**, approfondendo la visione degli ambienti montani come sistemi dinamici complessi, particolarmente sensibili ai cambiamenti globali, dove geosfera e biosfera interagiscono in modo stretto e le caratteristiche estreme del territorio rendono tali interazioni particolarmente significative. La comprensione delle dinamiche climatiche in ambienti estremi, come l'alta montagna o l'Artico, è oggi uno dei temi chiave della ricerca sul clima e sui cambiamenti climatici, cui NextData contribuisce in modo specifico e diretto.

¹¹ P. Bonasoni et al., Aerosol-ozone correlations during dust transport episodes. *Atmos. Chem. Phys.*, 4, 1201–1215, (2004).

¹² P. Cristofanelli et al. Transport of short-lived climate forcers/pollutants (SLCF/P) to the Himalayas during the South Asian summer monsoon onset. *Environmental Research Lett.* 9, 084005 (2013).

¹³ D. Magri et al., Holocene dynamics of tree taxa populations in Italy. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 10.1016/j.revpalbo.2014.08.012 (2014).

¹⁴ Margaritelli G., Vallefucio M., Di Rita F., Capotondi L., Bellucci L.G., Insinga D.D., Petrosino P., Bonomo S., Cacho I., Cascella A., Ferraro L., Florindo F., Lubritto C., Lurcock P.C., Magri D., Pelosi N., Rettori R., Lirer F., (2016). Marine response to climate changes during the last five millennia in the central Mediterranean Sea. *Global and Planetary Change*. 142, 53-72. doi: 10.1016/j.gloplacha.2016.04.007.

4. NextData: temi chiave (*Grand Challenges*) e tipologie di dati

Il Progetto NextData è dedicato alla stima dei cambiamenti presenti, passati e futuri dell'ambiente montano italiano, focalizzando le attività su tre aspetti principali (figura 1):

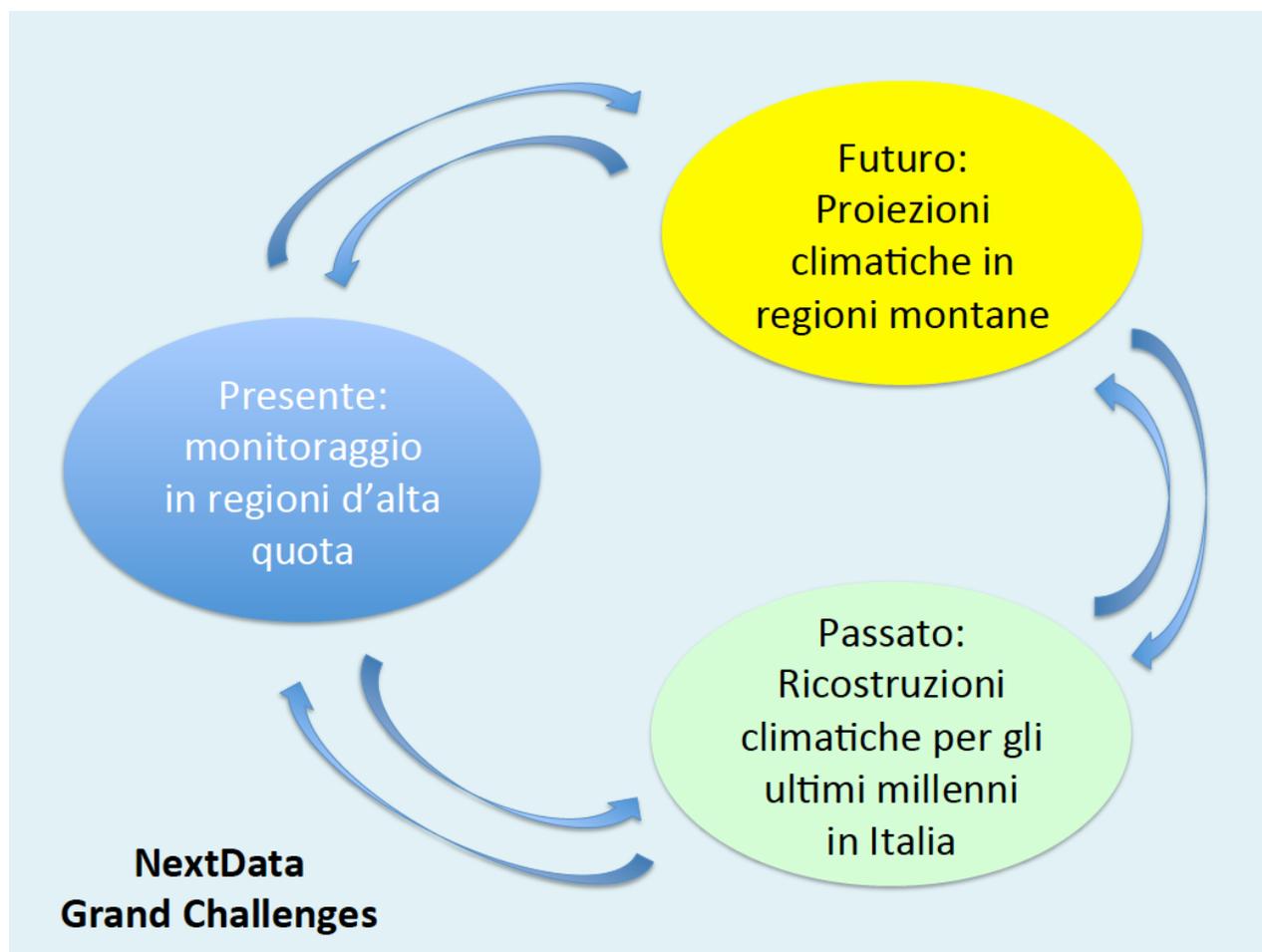


Figura 1. Schema concettuale dei temi chiave ("Grand Challenges") del Progetto NextData.

1. **Il presente:** quantificazione dello stato attuale e dei cambiamenti in corso nell'ambiente montano italiano, considerando le **condizioni meteo-climatiche** e di composizione dell'atmosfera, lo stato delle **risorse idriche** (superficiali, sotterranee e criosferiche) e lo stato degli **ecosistemi** montani. Questa parte è basata sul recupero dei dati esistenti, sul mantenimento delle misure ottenute grazie all'implementazione della **Rete integrata climatica di alta quota**, un'unicità a livello europeo, da campagne *ad hoc* oltre all'uso e interpretazione dei dati satellitari. Ciò permetterà di costruire una base di dati coerente e coordinata sull'ambiente montano italiano, disponibile attraverso un sistema di archivi di dati di facile consultazione collegati ad un portale generale di accesso. I dati saranno la base per le analisi statistiche, l'interpretazione climatologica e ambientale e lo sviluppo della modellistica previsionale. Essi potranno essere usati anche per la verifica di prodotti da satellite e la validazione dei modelli di simulazione. Particolare importanza avrà la parte di determinazione dell'incertezza e di stima della qualità e affidabilità dei dati.

2. **Il passato:** ricostruzione delle condizioni climatiche in Italia negli ultimi due millenni, con particolare attenzione alle aree montane e integrando le necessarie informazioni provenienti

dai dati di carotaggi sedimentari marini e ricostruzioni/rianalisi delle condizioni del Mare Mediterraneo, generando un data base che includa in modo integrato un insieme di dati *proxy* (dati vicarianti), provenienti da archivi continentali e montani (carotaggi glaciali, lacustri e di torbiera, distribuzione dei pollini, dendrocronologie), dall'analisi dei sedimenti marini estratti dalla piattaforma continentale, dalle cronologie dei *Tephra* e dalla ricostruzione della circolazione mediterranea, dalla modellistica delle condizioni climatiche e ambientali nel passato. Queste attività forniranno un quadro completo e innovativo, finora mancante, della variabilità climatica e ambientale in Italia negli ultimi millenni, su cui proiettare i cambiamenti in corso e attesi per il futuro.

3. **Il futuro:** sviluppo di simulazioni numeriche per la stima delle condizioni climatiche e ambientali delle regioni montane italiane nei prossimi decenni. Queste attività faranno uso delle simulazioni globali e regionali esistenti, specificandole per le aree montane italiane mediante lo sviluppo e l'implementazione di tecniche di *downscaling* dell'informazione climatica e lo sviluppo di modelli di impatto della variabilità climatica e ambientale sulle risorse idriche e sugli ecosistemi montani, per stimare i potenziali cambiamenti futuri nei servizi ecosistemici e idrologici forniti dalle aree montane.

Le attività del progetto NextData focalizzano l'attenzione su tre tipologie di informazioni/dati di particolare interesse sociale, economico e ambientale: le **condizioni meteo-climatiche e di composizione dell'atmosfera**, lo **stato delle risorse idriche e del ciclo idrologico**, e lo **stato degli ecosistemi e della biodiversità** montana. La figura 2 illustra schematicamente il tipo di dati di interesse per il progetto.

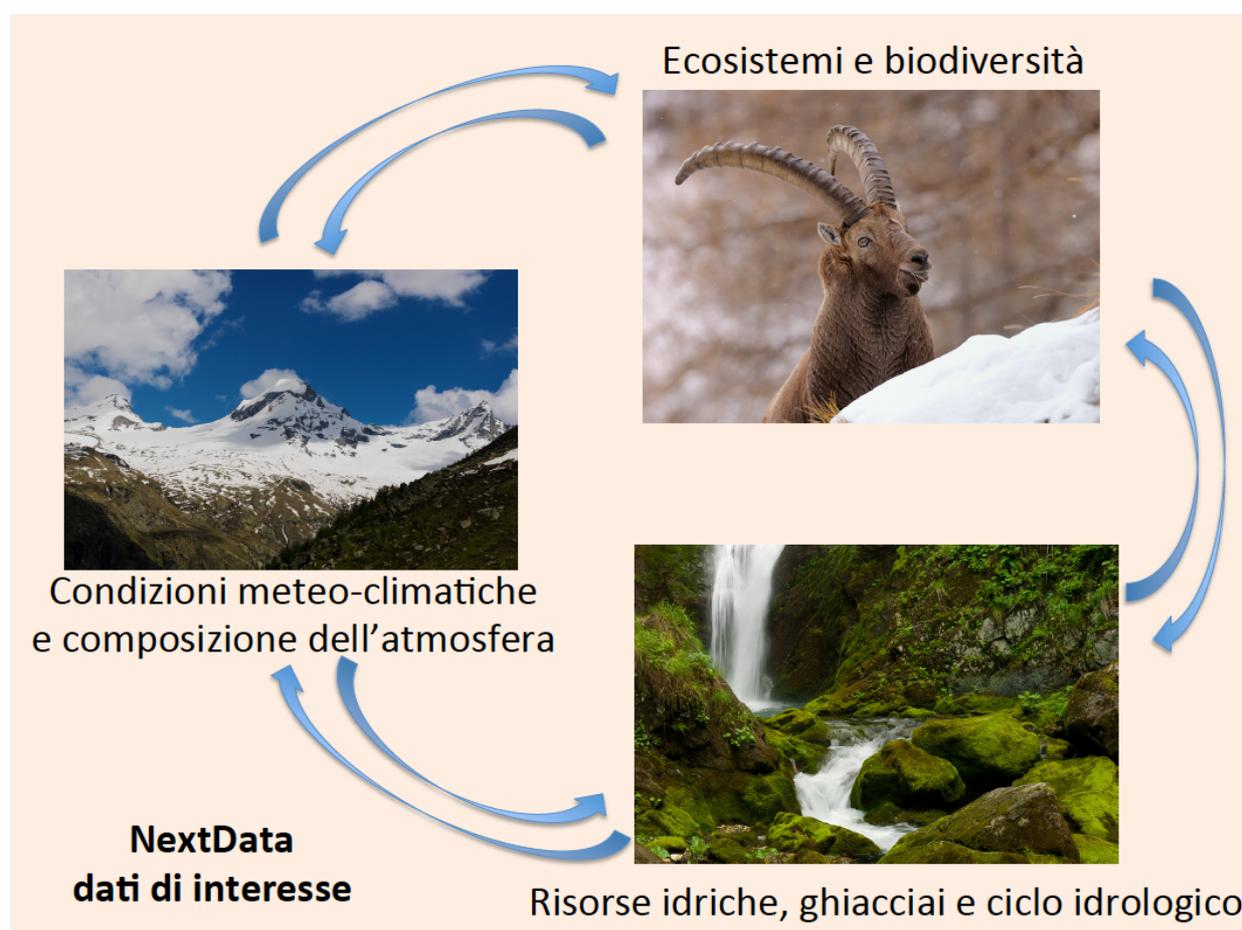


Figura 2. Tipologie di dati e sistemi di interesse per il progetto NextData

5. La rete osservativa di fondo per il monitoraggio climatico-ambientale

Il progetto NextData contribuirà alla costruzione di una rete osservativa climatica in aree montane e remote, costituita da un insieme di stazioni di monitoraggio quantitativo delle condizioni meteo-climatiche e di composizione dell'atmosfera. La rete delle stazioni climatiche per il monitoraggio di fondo della composizione dell'atmosfera è composta da 5 osservatori climatici di alta quota: Monte Cimone (unica stazione globale WMO/GAW sul territorio nazionale; 2165 m), Plateau Rosa (stazione regionale WMO/GAW, 3480 m), Col Margherita (2550 m), Monte Portella (2912 m), Monte Curcio (stazione regionale WMO/GAW, 1763 m). Ad essi, si aggiungono gli osservatori remoti di Capo Granitola e Lampedusa (entrambi stazioni regionali WMO/GAW). La figura 3 riporta l'ubicazione delle stazioni della rete e la Tabella 1 riporta le caratteristiche delle stazioni.



Figura 3. Ubicazione e aspetto delle stazioni appartenenti alla rete osservativa di fondo per il monitoraggio climatico-ambientale supportata dal progetto NextData. Le caratteristiche tecniche delle stazioni e degli strumenti sono riportate in Tabella 1.

Dipartimento Scienze del Sistema Terra e Tecnologie per l'Ambiente RETE OSSERVATIVA DI FONDO PER IL MONITORAGGIO CLIMATICO-AMBIENTALE						
Stazione	LAT- N LON- E	Quota SLM (m)	AREA Geografica	ENTE	TIPO STAZIONE	MISURE
Plateau Rosà (Valle d'Aosta)	45°6' 7°4'	3480	Alpi Occidentali	RSE CNR	GAW Regionale Next-Data	CH4, CO2, O3
Rifugio Guasti Stelvio (Lombardia)	46°3' 10°4'	3285 2225	Alpi Centrali	CNR	Campagne estive	O3, Particolato: Black carbon, size distribution, number conc (10nm-3 um), chemical composition
Col Margherita (Veneto)	46°2' 11°5'	2550	Alpi Orientali	CNR -IPDA	GMOS Next-Data	Hg, Particolato
Monte Cimone (Emilia Romagna)	44°1' 10°4'	2165	Appennino Sett.	CNR-ISAC IAFMS-AM Uni. Urb.	GAW Globale AGAGE ACTRIS Next-Data	O3, NO, NO2, CO, CO2, CH4, H2, N2O, SF6, C2Cl4, C2HCl3, CBrClF2, CBrF3, CCl4, CFCs, CH2Cl2, CH3Br, CH3CCl3, CH3Cl, CHCl3, HCFCs, HFCs, PFCs, SO2F2, Particolato: Black carbon, size distribution(10 nm-20um), scattering coefficient(3 λ), number conc (10nm-3 μm), PM10, PM2.5, chemical composition
Campo Imperatore Mt. Portella (Abruzzi)	42°3' 13°3'	2150	Appennino Centrale	Uni. Aquila	Next-Data	O3, Particolato: size distribution (280 nm-10 μm)
Monte Curcio (Calabria)	39°2' 16°0'	1763	Appennino Meridionale	CNR-IIA	GAW-Reg GMOS I-AMICA Next-Data	O3, NO, NO2, CO, CO2, CH4, H2, Black carbon, size distribution(10 nm-20μm),, scattering coefficient(3 λ), number conc. (4nm-3 μm), PM10, PM2.5, (chem.comp.)
Lecce (Puglia)	40°3' 18°1'	10	Salento Background Urbano	CNR-ISAC	GAW-Reg I-AMICA	O3, NO, NO2, CO, CO2, CH4, H2, Black carbon, size distribution(10 nm-20μm),, scattering coefficient(3 λ), number conc. (4nm-3 μm),PM10, PM2.5(chem.compos.)
Lamezia Terme (Calabria)	40°3' 18°1'	6	Costa calabra Background Rurale	CNR-ISAC	GAW-Reg I-AMICA	O3, NO, NO2, CO, CO2, CH4, H2, Black carbon, size distribution (10 nm-20μm), scattering coefficient(3 λ), number conc. (4nm-3 μm), PM10, PM2.5 (chem. comp.)
Sardegna						
C. Granitola / Marettimo (Sicilia)	38°0' 12°0'	10	Canale di Sicilia Background Cost- Mar.	CNR-ISAC CNR-IAMC	GAW-Reg I-AMICA Next-Data	O3, NO, NO2, CO, CO2, CH4, H2, Black carbon, size distribution (280 nm-20 μm), scattering coefficient(3 λ), number conc., PM10, PM2.5 (chemical composition)
Lampedusa (Sicilia)	32°31' 12°4'	45	Mediterraneo centrale	ENEA	GAW-Reg NOAA/ESRL Next-Data	CBrClF2, CBrF3, CCl4, CFCs, CH2Br2, CH2Cl2, CH3Br, CH3CCl3, CH3Cl, CH3I, CH4, CHCl3, CO2, HCFCs, HFCs, N2O, SF6
<i>In rosso le stazioni GAW-WMO regionali, in azzurro la stazione globale GAW-WMO Evidenziate in verde le stazioni parte del progetto NextData</i>						

Tabella 1. Caratteristiche delle stazioni componenti la rete osservativa di fondo per il monitoraggio climatico-ambientale. In verde le stazioni che fanno parte del progetto NextData.

6. Integrazione fra dati *in situ*, osservazioni satellitari e simulazioni numeriche

Il progetto NextData affronta la tematica dei cambiamenti dell'ambiente montano e marino mediante l'integrazione delle informazioni provenienti da **dati *in situ*** (monitoraggi, dati da reti di stazioni e campagne di misura *ad hoc*), **osservazioni satellitari** (includendo i dati dei nuovi satelliti Sentinel della European Space Agency) e **simulazioni numeriche**.

Seguendo l'approccio del progetto europeo H2020 "ECOPOTENTIAL" (coordinato dal CNR), le linee di ricerca definite dalla Comunità Europea nel programma Horizon 2020, i suggerimenti e le richieste provenienti dal programma europeo Copernicus, le nuove linee di sviluppo del Group on Earth Observations sulla necessità di complementare dati satellitari e dati al suolo, NextData focalizzerà l'attenzione principalmente sui dati *in situ* come strumento per il completamento e validazione dell'informazione prodotta dai dati satellitari, al fine di ottenere un quadro coerente dei cambiamenti in corso nelle aree montane italiane.

I prodotti satellitari, sviluppati da terze parti o durante il progetto ECOPOTENTIAL, saranno parzialmente sviluppati anche nell'ambito di NextData e saranno utilizzati per definire al meglio, con copertura geografica più ampia, le caratteristiche della copertura nevosa e delle risorse glacializzate nelle montagne italiane, la copertura e composizione vegetazionale, i cambiamenti nelle caratteristiche del territorio e l'umidità e temperatura superficiale del suolo. Tali sviluppi avverranno in sinergia con la European Space Agency e con i partner dei progetti europei che stanno lavorando su tali tematiche.

Le simulazioni numeriche, inclusi i risultati delle procedure di *downscaling*, saranno validate su dati *in situ* e su osservazioni satellitari, e i modelli di impatto su risorse idriche ed ecosistemi saranno validati sui dati disponibili e saranno in grado di includere l'informazione proveniente dai dati *in situ* e dalle osservazioni satellitari.

In questo modo, NextData produrrà un insieme coerente e armonico di approcci ai cambiamenti dell'ambiente montano in grado di utilizzare al meglio i dati, le osservazioni e le informazioni disponibili, generando una metodologia esportabile ad altri contesti geografici e/o ambientali.

7. NextData: organizzazione del progetto

Il progetto NextData organizza le sue attività in un insieme di Work Package (WP) che contribuiscono alla realizzazione dei temi chiave illustrati precedentemente. Questi WP sono organizzati in due Sottoprogetti (SP):

- Il Sottoprogetto 1 (SP1) è dedicato alla raccolta, misura, validazione e controllo di qualità dei dati descritti nella figura 4 (dati meteo-climatici, sulla composizione dell'atmosfera, sulle risorse idriche, su ecosistemi e biodiversità, osservazioni satellitari). I dati provengono principalmente da misure *in situ*, completate da osservazioni satellitari quando appropriato.
- Il Sottoprogetto 2 (SP2) è dedicato all'analisi e interpretazione dei dati, alla costruzione di archivi e data base e alla loro armonizzazione, alle simulazioni numeriche, allo sviluppo di modelli di impatto su risorse idriche ed ecosistemi e alla realizzazione di proiezioni future.

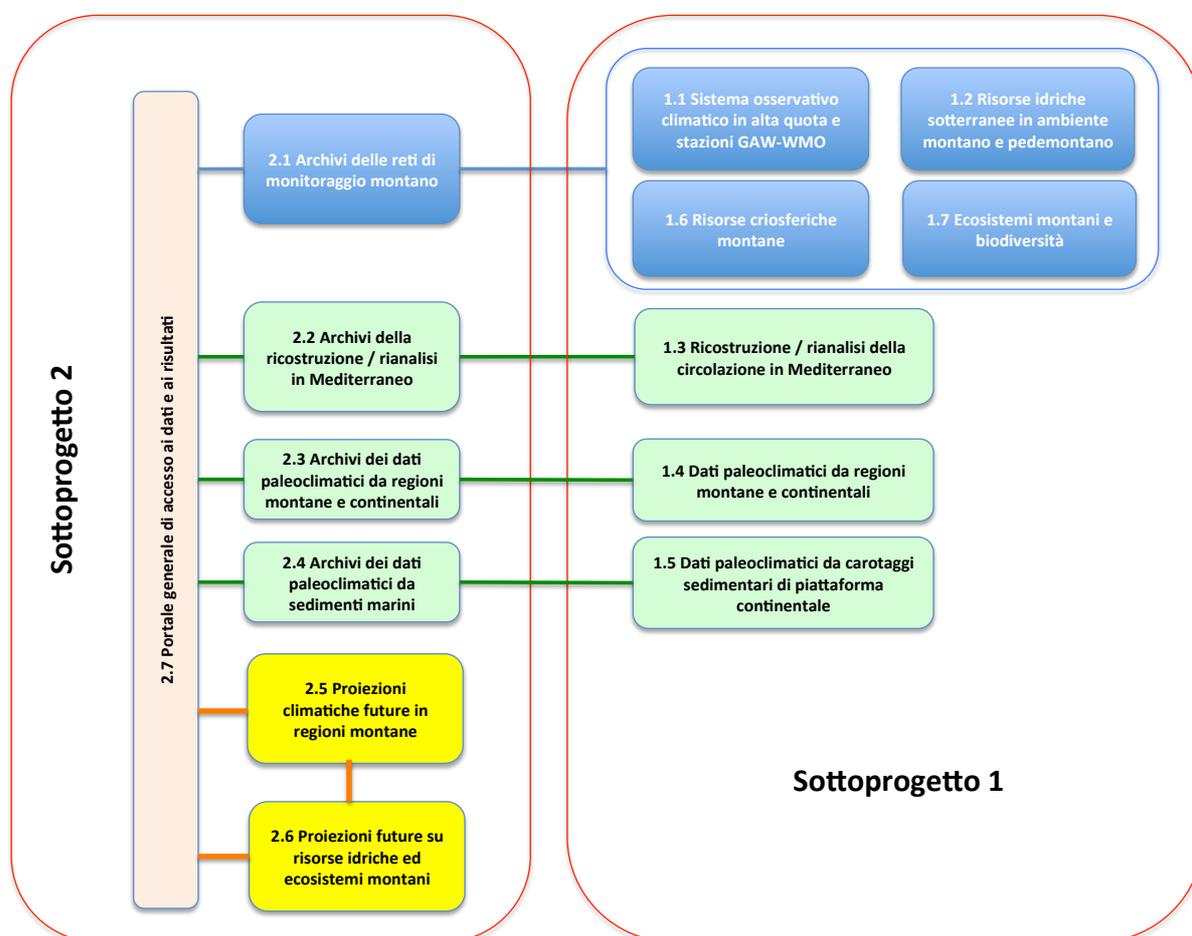


Figura 4. Organizzazione del progetto NextData in Work Package (WP) e Sottoprogetti. I colori dei WP si riferiscono alle tre Grand Challenge del progetto: in azzurro il monitoraggio delle condizioni e dei cambiamenti in corso; in verde la ricostruzione delle condizioni negli ultimi due millenni; in giallo le proiezioni future. Il Sottoprogetto 1 si occupa della raccolta e misura dei dati osservativi, del controllo di qualità dei dati e della validazione delle misure. Il Sottoprogetto 2 si occupa dell'armonizzazione dei dati, della costruzione di archivi e data base, dell'analisi e interpretazione dei dati, delle simulazioni numeriche e delle proiezioni future. Le attività dei Progetti Speciali, attivati in seguito ai bandi pubblici di fine 2012 e inizio 2013, sono ora incorporate e armonizzate con le attività dei Work Package.

La figura 4 illustra lo schema dei WP e dei due Sottoprogetti, mentre la Tabella 2 riporta i responsabili dei WP e dei Sottoprogetti.

Coordinatore scientifico del progetto (coordinamento, disseminazione): Antonello Provenzale (CNR-IGG)	
Coordinatore amministrativo del progetto: Enrico Brugnoli (CNR-DTA)	
Responsabili dei Sottoprogetti:	
Sottoprogetto1: Carlo Baroni (DST, Università di Pisa)	
Sottoprogetto2: Elisa Palazzi (CNR-ISAC)	
Responsabili dei Work Package:	
WP1.1	Paolo Cristofanelli (CNR-ISAC)
WP1.2	Marco Doveri (CNR-IGG)
WP1.3	Nadia Pinardi (INGV)
WP1.4	Valter Maggi (DISAT-UNIMIB)
WP1.5	Fabrizio Lirer (CNR-IAMC)
WP1.6	Carlo Baroni (DST, Università di Pisa)
WP1.7	Giorgio Matteucci (CNR-ISAFOM)
WP2.1 (<i>ad interim</i>)	Antonello Provenzale (CNR-IGG) e Stefano Nativi (CNR-IGG)
WP2.2	Claudia Fratianni (INGV)
WP2.3	Mattia De Amicis (DISAT-UNIMIB)
WP2.4	Luciana Ferraro (CNR-IAMC)
WP2.5	Silvio Gualdi (Fondazione CMCC)
WP2.6	Elisa Palazzi (CNR-ISAC)
WP2.7	Stefano Nativi (CNR-IIA)
Comitato Esecutivo del progetto: Antonello Provenzale (CNR-IGG, Coordinatore scientifico), Enrico Brugnoli (CNR-DTA, Coordinatore amministrativo), Carlo Baroni (DST, Università di Pisa, responsabile Sottoprogetto 1), Elisa Palazzi (CNR-ISAC, responsabile Sottoprogetto 2), Silvio Gualdi (Fondazione CMCC), Nadia Pinardi (INGV), Valter Maggi (DISAT, Università Milano Bicocca)	

Tabella 2: Organigramma del progetto NextData.

Il Coordinatore scientifico, il Coordinatore amministrativo, i responsabili di Sottoprogetto, il rappresentante della Fondazione CMCC, il rappresentante di INGV e il rappresentante dell'Università Milano Bicocca costituiscono il **Comitato Esecutivo** del progetto che supporta, con ruolo consultivo, l'attività del Coordinatore scientifico.

8. NextData: principali risultati attesi (highlights)

Le caratteristiche specifiche delle zone montane, descritte nel precedente capitolo, richiedono un'attenzione particolare al monitoraggio e alla modellistica dei complessi processi meteo-climatici, idrologici, ecologici e ambientali che caratterizzano le aree d'alta quota. **L'attenzione del progetto sarà principalmente rivolta alle aree montane italiane.**

1. Tema chiave: Monitoraggio delle condizioni attuali e dei cambiamenti in corso delle condizioni meteo-climatiche, di composizione dell'atmosfera, delle risorse idriche, degli ecosistemi e della biodiversità nelle aree montane italiane.

Le attività di monitoraggio sono dedicate alla caratterizzazione dello stato presente del sistema climatico e dell'ambiente in regioni montane e includono:

Dati meteo-climatici

- (a) quantificazione della variabilità della composizione dell'atmosfera (composti inquinanti e clima-alteranti, si veda Tabella 1 per l'elenco dei composti misurati), in regioni montane italiane. L'attività è condotta presso l'Osservatorio climatico di Monte Cimone, unica "Stazione Globale" GAW-WMO e presso la rete di stazioni di fondo sul territorio nazionale.
- (b) implementazione della Rete integrata climatica di alta quota nelle regioni montane italiane, partendo dalle stazioni GAW nazionali;
- (c) stima del fenomeno di *Elevation Dependent Warming* nelle regioni montane italiane;
- (d) ricostruzione della climatologia della temperatura e della precipitazione a risoluzione spaziale di 1 km per le regioni italiane con altitudine maggiore di 1500 metri;

Risorse idriche

- (e) misure e sistematizzazione delle informazioni sullo stato dei ghiacciai alpini (estensione reale con accuratezza del 2% e stima dei volumi), mediante misure *in situ* su ghiacciai campione e osservazioni telerilevate inclusi i satellitari, al fine di ottenere un censimento aggiornato dei ghiacciai e un database quantitativo delle risorse glaciali italiane e della loro evoluzione negli ultimi decenni;
- (f) stima delle condizioni attuali di copertura nevosa invernale (spessore ed estensione) nelle aree montane italiane, mediante analisi di dati *in situ*, di osservazioni satellitari e di risultati di modellistica climatica, con risoluzione spaziale di almeno 10 km;
- (g) misure del ciclo idrologico e dello stato delle risorse idriche superficiali e sotterranee in aree montane campione, mediante raccolta di dati esistenti e di dati ottenuti durante il progetto, includendo informazioni geologiche e sull'estensione degli acquiferi;

Ecosistemi e biodiversità

- (h) recupero e messa a disposizione di dati sugli ecosistemi montani provenienti dai siti italiani che contribuiscono a ILTER (International Long-Term Ecological Research network) e a LTER-Europe.
- (i) misure e osservazioni quantitative della biodiversità in regioni d'alta quota, mediante raccolta di dati di biodiversità animale, di distribuzione di specie animali, di dinamica di popolazione di specie significative (keystone, flagship species);
- (l) stima quantitativa dei flussi biogeochimici (acqua, carbonio) fra suolo, vegetazione e atmosfera in un insieme di siti campione, per determinare la dinamica e il ruolo *source/sink* per il carbonio in alcuni tipi principali di ecosistemi alpini.
- (m) analisi della dinamica delle praterie alpine in condizioni di cambiamento climatico e di cambiamento nell'uso del territorio, in particolare, dei cambiamenti nella gestione del pascolo di ovini e bovini e nelle interazioni con gli ungulati selvatici, mediante misure *in situ* e osservazioni satellitari;

Quest'area di attività porterà alla costruzione di un sistema di archivi tematici distribuiti, da cui potranno essere scaricati i dati e i risultati prodotti dal progetto (carte tematiche, elaborazioni, indici climatici, idrologici ed ecosistemici, prodotti delle simulazioni numeriche). Particolare attenzione sarà data alla validazione, controllo di qualità e armonizzazione dei dati, spesso provenienti da sorgenti diverse.

I dati saranno analizzati e interpretati al fine di ottenere un quadro il più completo possibile sullo stato e sui cambiamenti in corso nelle aree montane italiane.

Principali risultati attesi:

Variabilità meteo-climatica

1a: Dati quantitativi *in situ* e *ground based* riguardanti i composti clima-alteranti e sulla variabilità della composizione dell'atmosfera acquisiti dalla rete di stazioni montane in Italia, che include le stazioni regionali e globali della rete GAW-WMO.

1b. Dati quantitativi e stima del fenomeno di *elevation dependent warming* sulle montagne italiane.

1c: Climatologia ad alta risoluzione per il territorio italiano.

Risorse idriche

1d: Database sullo stato e variazioni recenti dei ghiacciai nelle Alpi italiane.

1e: Stima quantitativa dello stato e cambiamenti recenti e attesi della copertura nevosa nelle Alpi italiane (dati di campo in aree selezionate, dati satellitari/grigliati sulle Alpi italiane).

1f: Stima della disponibilità e cambiamenti in corso delle risorse idriche superficiali e sotterranee in aree campione delle Alpi e degli Appennini.

Ecosistemi e biodiversità

1g: Controllo di qualità, validazione e messa a disposizione di dati di monitoraggio provenienti da siti montani italiani del network LTER-Europe e ILTER.

1h: Stima della biodiversità animale sulle Alpi mediante monitoraggi ripetuti, recupero delle informazioni da database storici e stima dei cambiamenti nella dinamica di popolazioni animali significative (ungulati, micromammiferi, tetraonidi).

1i: Stima dei cambiamenti in corso in specifiche tipologie di ecosistemi alpini (prateria, laghi d'alta quota) e nei principali servizi ecosistemici da loro forniti, in seguito ai cambiamenti climatici, ai cambiamenti nell'uso del territorio (pascolo) e all'introduzione di specie alloctone.

1l: Valutazione dello stato e dei cambiamenti nei flussi di acqua e carbonio fra suolo, vegetazione e atmosfera nelle praterie alpine e, per confronto, in specifici siti montani boschivi.

2. Tema chiave: Stima della variabilità climatica e ambientale in Italia negli ultimi millenni.

Le attività di stima e ricostruzione della variabilità climatica sono dedicate alla valutazione delle condizioni climatiche e della loro variabilità negli ultimi millenni sul territorio italiano, e includono:

Archivi montani e continentali

- (a) raccolta dei dati esistenti e nuove misure in ambiente montano, con particolare attenzione ai carotaggi in ghiacciai montani non polari e in torbiera;
- (b) identificazione e raccolta di informazioni provenienti da dati pollinici, da dati dendroclimatologici e da sedimenti lacustri;
- (c) ricostruzione della variabilità climatica in specifiche aree montane protette a partire da lunghe serie strumentali (temperatura e precipitazione).

Archivi da sedimenti marini di piattaforma continentale

(d) raccolta dei dati esistenti e nuove misure in sedimenti marini sulla piattaforma continentale italiana;

Cronologie da Tephra vulcanici

(e) misura e raccolta delle informazioni geocronologiche fornite dai *Tephra* vulcanici e dalle analisi isotopiche.

Ricostruzioni/rianalisi della variabilità climatica del Mare Mediterraneo

(f) ricostruzione/rianalisi della variabilità climatica nel Mediterraneo negli ultimi 60 anni.

Principali risultati attesi:

2a: Armonizzazione, in un quadro cronologico ad alta risoluzione (*Tephra* e datazioni radiometriche), della stima delle variazioni di temperatura, precipitazione e condizioni ambientali in Italia negli ultimi millenni, mediante uso di dati da carotaggi di ghiacciai montani, di sedimenti lacustri e di torbiera, di analisi dendrocronologiche e palinologiche e di sedimenti marini costieri.

2b: ricostruzione/rianalisi ad alta risoluzione delle caratteristiche della circolazione del Mare Mediterraneo negli ultimi 60 anni.

3. Tema chiave: Realizzazione di scenari futuri per le condizioni climatiche e ambientali nelle aree montane italiane.

Le attività di sviluppo di scenari climatici futuri includono:

Scenari climatici

(a) proiezioni della variabilità climatica nei prossimi decenni a scala globale e regionale per le aree di interesse del progetto con risoluzioni spaziali crescenti (da circa 100 a 50 fino a 11 km) e risoluzione temporale fino a 6 ore;

(b) simulazioni ad alta risoluzione delle condizioni meteo-climatiche dedicate a specifiche aree montane con risoluzione spaziale di 1 km e risoluzione temporale a 3 ore;

(c) sviluppo e implementazione di metodi di *downscaling* climatico (statistico e stocastico) al fine di produrre un insieme di scenari climatici per il territorio italiano con risoluzione spaziale di 1 km e risoluzione temporale a 6 ore o giornaliera;

Impatti su risorse idriche ed ecosistemi

sviluppo e implementazione di:

(d) modelli di risposta dei ghiacciai alpini (Minimal Glacier Models, Flowline models, modelli empirici): fluttuazione dei fronti glaciali e bilanci di massa con risoluzione annuale;

(e) modelli deterministici dettagliati di manto nevoso in siti campione in grado di descrivere i principali processi termodinamici del manto nevoso;

(f) modelli di risposta idrologica superficiale mediante approcci semi-distribuiti in siti campione (modelli flusso-deflusso);

(g) modelli di risposta degli acquiferi sotterranei in siti campione con modelli deterministici e a scala regionale con modelli semi-empirici, in collaborazione con Aziende di gestione idrica;

(h) modelli empirici di risposta della biodiversità animale montana ai cambiamenti climatici e ambientali;

(i) modelli empirici di dinamica di popolazione per specie animali caratteristiche (*keystone* e *flagship*);

(l) modelli deterministici dei flussi di acqua e carbonio fra suolo, vegetazione e atmosfera in siti di prateria alpina e in foreste montane;

(m) modelli deterministici e di processo della dinamica degli ecosistemi dei laghi montani d'alta quota in grado di descrivere la rete trofica;

(n) modelli di distribuzione di specie campione nelle aree montane italiane.

Principali risultati attesi:

Scenari climatici

3a. Sviluppo e messa a disposizione di un insieme di scenari climatici (globali e regionali) disaggregati a risoluzioni spaziali crescenti, da circa 100 km per i modelli globali fino a 11 km per i modelli regionali sul bacino del Mediterraneo e sulla Penisola Italiana. Scenari ad altissima risoluzione (fino a 1 km) per selezionate aree montane del territorio italiano, ottenuti mediante tecniche di *downscaling* (modelli dinamici ad altissima risoluzione, tecniche statistiche e stocastiche)..

Impatti su risorse idriche ed ecosistemi

3b. Sviluppo e messa a disposizione dei risultati di scenari di disponibilità di risorse idriche superficiali (copertura nevosa, ghiacciai, portate fluviali) e sotterranee (acquiferi) in specifiche regioni italiane, e sviluppo di metodologie applicabili ad altri contesti geografici.

3c. Sviluppo e messa a disposizione dei risultati di modelli deterministici ed empirici sulla risposta degli ecosistemi, della dinamica di popolazione di specie significative, della biodiversità montana e dei flussi di acqua e carbonio fra suolo, vegetazione e atmosfera ai cambiamenti climatici e ambientali.

9. Programma di lavoro e descrizione dei Work Packages

In questa sezione viene illustrato il contributo specifico dei Work Package individuali e come questi contribuiscano alle *Grand Challenge* del progetto. La figura 5 riporta graficamente come i diversi WP contribuiscono ai tre temi chiave di NextData.

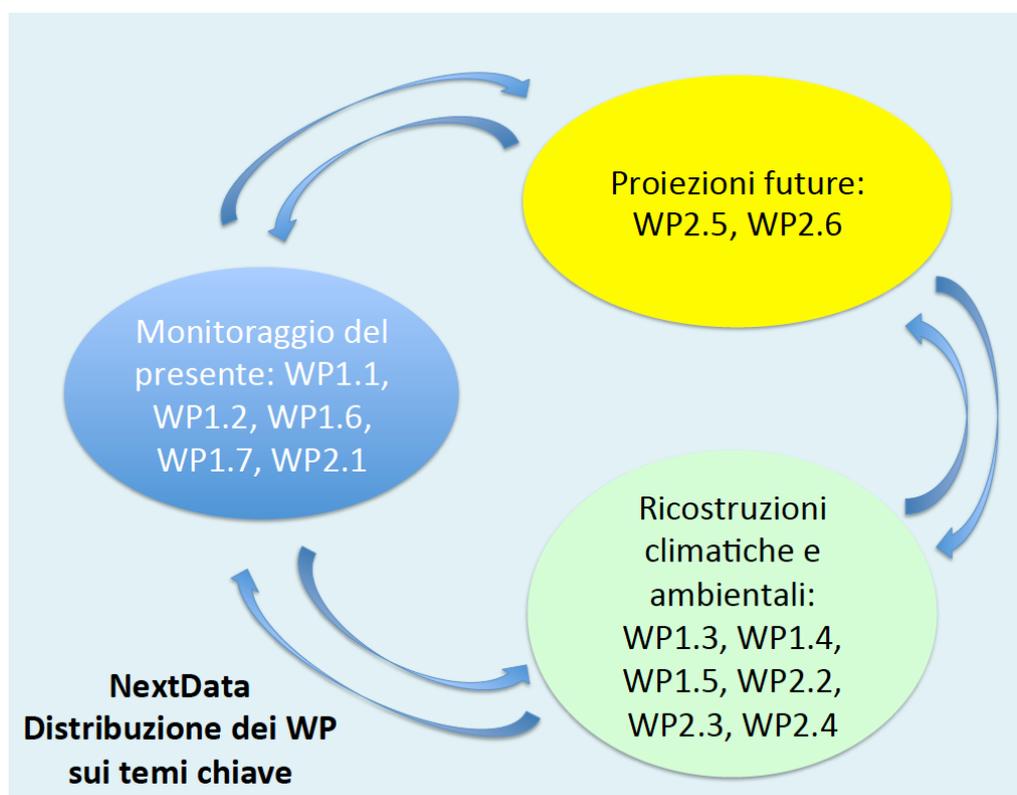


Figura 5. Contributo dei diversi WP ai temi chiave del progetto.

1. Monitoraggio delle condizioni climatiche e ambientali in regioni d'alta quota (WP1.1, WP1.2, WP1.6, WP1.7, WP2.1)

Le diverse attività forniranno un quadro articolato e il più possibile completo dello stato attuale e dei cambiamenti in corso delle condizioni meteo-climatiche, della composizione dell'atmosfera, della criosfera, delle risorse idriche superficiali e sotterranee, degli ecosistemi e della biodiversità nelle aree montane italiane, focalizzando le ricerche su aree campione di particolare interesse. I dati ottenuti e le analisi effettuate permetteranno la caratterizzazione di ciò che sta avvenendo nelle aree montane e le tecniche utilizzate costituiranno un *corpus* metodologico per l'analisi dei cambiamenti climatici e ambientali, da applicare più in generale al territorio italiano.

I diversi WP/progetti speciali contribuiranno come descritto nel seguito:

Dati meteo-climatici

WP1.1: Sistema osservativo climatico in alta quota e rete di stazioni climatiche.

Le regioni montane sono rappresentative delle condizioni di fondo dell'atmosfera e quindi in grado di fornire indicazioni sulla variabilità della sua composizione su ampie scale spazio-temporali. Esse possono inoltre essere influenzate da fenomeni "acuti" di trasporto di inquinanti antropici o composti di origine naturale (es. aerosol minerale, polveri vulcaniche, particolato biogenico), in grado di influenzare non solo la composizione dell'atmosfera, ma anche quella dell'ambiente e la sua biodiversità.

Questa attività fornisce informazioni di elevata qualità sulla variabilità di composti inquinanti e clima-alteranti (aerosol, gas serra, gas reattivi) in aree montane italiane, attraverso attività continuative di osservazione su lungo-termine di tipo *near-surface*, armonizzate nell'ambito di iniziative internazionali quali GAW-WMO, ACTRIS-RI ed ICOS-RI. Scopo del WP, attraverso il monitoraggio meteo-climatico ambientale e l'acquisizione dei dati, è contribuire a una migliore comprensione dei processi che influenzano la variabilità di questi composti e quindi l'esposizione degli ambienti ed ecosistemi montani a condizioni acute di inquinamento e alla variazione del fondo atmosferico.

In dettaglio, verranno condotte le seguenti attività:

- *Task 1*

Implementazione e ottimizzazione della rete di stazioni climatiche per il monitoraggio della composizione dell'atmosfera in aree remote (Plateau Rosa - Alpi Occidentali, Monte Cimone - Appennini Settentrionali, Monte Portella - Appennini centrali, Monte Curcio - Appennino Meridionale), dando priorità alla Stazione Globale GAW-WMO di Monte Cimone, ove saranno implementate osservazioni remote *ground-based* (LIDAR aerosolico e profili di gas tramite DOAS) utili per caratterizzare la composizione della media ed alta troposfera durante particolari eventi di trasporto di inquinanti. In quest'ambito, saranno messi in opera servizi operativi e sperimentali per *early warning* e per il *near-real time data delivery*, rafforzando il contributo nazionale a programmi quali Copernicus, SDS-WAS (Sand and Dust Storm Warning Advisory and Assessment System) del WMO e IG³IS (Integrated Global Greenhouse Gases Information System). In caso di necessità sarà possibile eseguire apposite campagne di misura in aree remote caratteristiche per lo studio delle variazioni climatiche.

- *Task 2*

Implementazione di un network di deposimetri in ambiente dolomitico (e più in generale nella Regione Veneto) per il monitoraggio dei rapporti di isotopi stabili e dei principali parametri geochimici nelle precipitazioni. Si prevede l'installazione di 10 siti lungo un

transetto altitudinale tra 0 e 2550 m a.s.l. Si prevede l'installazione dell'Elemental Analyzer e dell'interfaccia (EA/MS) per l'analisi degli isotopi stabili in campioni solidi (entrambi gli strumenti acquistati con fondi NextData). Campionamenti mensili di deposizioni, acque superficiali, acque interstiziali e sfagni in diversi siti torbosi lungo un transetto altitudinale (# 4 siti).

- **Task 3**

Raccolta dei dati necessari per valutare gli effetti di *Elevation Dependent Warming* nelle regioni montane italiane.

- **Task 4**

Definizione della climatologia ad alta risoluzione (30 secondi d'arco) delle regioni montane italiane con altitudine superiore a 1500 metri, mediante analisi ed elaborazione di serie storiche strumentali di temperatura e precipitazione.

Risultati attesi: monitoraggio delle condizioni meteorologiche e di composizione atmosferica in specifiche aree montane e remote italiane e informazioni aggiornate sulla variabilità di composti clima-alteranti ed inquinanti (aerosol atmosferico, gas serra e gas reattivi). Informazioni quantitative sui processi di *Elevation Dependent Warming* nelle aree montane italiane. Climatologia ad alta risoluzione delle montagne italiane.

Deliverables

D1.1.A (giugno 2017): Implementazione della rete osservativa di fondo: definizione della strumentazione da acquisire, dei servizi di *real-time data delivery/early warning* e loro implementazione nei programmi internazionali. Definizione di linee guida per l'omogeneizzazione dei protocolli di misura, delle analisi e delle procedure di QA/QC, incluso il riferimento delle osservazioni a standard di taratura e metodologie di riferimento comuni (es. GAW-WMO, ICOS, ACTRIS).

D1.1.B (dicembre 2017): attivazione della versione prototipale dei servizi di controllo di qualità dei dati e di *near-real time data delivery/early warning* presso la GAW Global Station di Mt. Cimone (Task 1).

D1.1.C (giugno 2018): Rete di deposimetri in ambiente dolomitico (Task 2).

D1.1.D (giugno 2018): Database sulle informazioni rilevanti ai fini dello studio dell' *Elevation Dependent Warming* sulle montagne italiane (Task 3).

D1.1.E (giugno 2018): Carta climatologica con risoluzione spaziale di 30 secondi d'arco di temperatura e precipitazione per le aree montane italiane (altitudine > 1500 metri) (Task 4).

D1.1.F (dicembre 2018): Rete osservativa in alta quota: piena operatività dei nuovi programmi osservativi, dei servizi di controllo di qualità dei dati e di *near-real time data delivery/early warning* (Task 1).

Risorse idriche

WP1.2: Risorse idriche sotterranee in ambiente montano e pedemontano. Le acque sotterranee rappresentano la principale risorsa in termini di approvvigionamento idrico a scala globale. A scala nazionale, le risorse idriche sotterranee rivestono e rivestiranno una sempre maggiore importanza. Tuttavia, mentre le risorse idriche superficiali sono state studiate con maggiore dettaglio, le risorse sotterranee sono ancora scarsamente quantificate.

• *Task 1*

Per colmare tale lacuna, il Task 1 di questo WP si occupa del monitoraggio e stima del contenuto d'acqua e delle caratteristiche chimiche e fisiche degli acquiferi (in mezzi porosi e in roccia) in specifiche aree montane e pedemontane italiane (Apuane, Monte Amiata, Appennino, area piemontese), in collaborazione con aziende di gestione e distribuzione dell'acqua potabile. Particolare attenzione sarà dedicata alla determinazione dei valori di fondo naturale degli elementi tossici ed indesiderati ed il lavoro si articolerà in fasi dedicate alla definizione dei modelli concettuali dei sistemi acquiferi ed allo sviluppo di modelli numerici della risorsa idrica sotterranea. In questo contesto, i modelli di dinamica degli acquiferi saranno validati sulle misure disponibili e su eventuali misure nuove da effettuare durante il progetto. Il lavoro porterà anche alla definizione di una strategia di censimento per gli acquiferi montani italiani e alla raccolta dei dati disponibili.

• *Task 2*

Questo Task è dedicato all'analisi dell'idrologia superficiale, di contenuto idrico del suolo e di risposta geoidrologica alle variazioni delle precipitazioni in aree campione delle Alpi e degli Appennini.

Risultati attesi: Stima delle risorse idriche sotterranee (qualità e quantità) in aree campione e sviluppo di procedure di stima degli acquiferi montani e delle risorse idriche montane.

Deliverables

D1.2.A (dicembre 2017): Relazione sullo stato, sulle caratteristiche geologiche, idrogeologiche e geochimiche e sui dati disponibili relativi ai sistemi acquiferi selezionati e sui cambiamenti avvenuti negli ultimi decenni (Task 1).

D1.2.B (giugno 2018): Modelli numerici, sia empirici sia fisicamente basati, della dinamica delle acque sotterranee per gli acquiferi selezionati, validati sui dati raccolti (D1.2.A) (Task 1).

D1.2.C (giugno 2018): Metodologie di stima della risposta idrogeologica superficiale (contenuto idrico nel suolo, movimenti del terreno) e relazione sulla loro applicazione in siti campione appenninici e alpini (Task 2).

Risorse criosferiche

WP1.6: Risorse criosferiche montane. I ghiacciai alpini e la copertura nevosa sono indicatori molto sensibili ai cambiamenti climatici, e rappresentano un serbatoio di risorsa idrica fondamentale, in grado di rilasciare acqua di fusione nei periodi caldi, e tipicamente con precipitazione scarsa. Una riduzione di tali riserve, come in atto ormai da anni, può comportare gravi conseguenze sulla disponibilità di acqua e sulle portate fluviali. Questo WP è dedicato alla costruzione di un database coerente, temporalmente e cronologicamente, di informazioni sui ghiacciai alpini nelle montagne italiane.

- *Task 1.* Monitoraggio e censimento quantitativo dei ghiacciai alpini (dati quantitativi, georiferiti e a data definita di lunghezza, area, bilanci di massa, variazioni della *Equilibrium Line Altitude*; raccolta di materiale iconografico e fotografico/ fotogrammetrico) in collaborazione con il Comitato Glaciologico Italiano.
- *Task 2.* Sviluppo e validazione di modelli concettuali e/o empirici della dinamica dei ghiacciai alpini. In particolare, sarà implementato e applicato in maniera massiva uno strumento per definire delle serie e delle equazioni di evoluzione dei vari ghiacciai alpini, suddivisi per macro-aree e geomorfologie specifiche. Saranno sviluppati algoritmi atti a tradurre le metodologie sopra descritte in ambito geo-spaziale tramite software GIS “Geographic Information System”. Saranno prodotti moduli fisicamente basati in grado di applicare funzioni matematiche per ricavare da un modello digitale del terreno la variazione spaziale dello spessore del ghiacciaio, input per lo studio della sua evoluzione. Sarà poi generato un modulo che permette di interfacciarsi con il Minimal Glacier Model all'interno della tecnologia GIS, al fine di ricostruire con risoluzione spaziale l'andamento simulato del fronte glaciale. Il banco di prova per ricercare la miglior soluzione di accoppiamento GIS – Minimal Model è il ghiacciaio del Rutor (Area ovest della Val d’Aosta), del quale si ha una utile descrizione e la possibilità di dividere in settori di linee di flusso diverse il fronte di ritiro.
- *Task 3.* Verrà effettuata la stima dello stato e dei cambiamenti della copertura nevosa sulle montagne italiane (profondità e durata del manto nevoso, *Snow Water Equivalent*, precipitazione solida) mediante raccolta dei dati in situ da stazioni disponibili, immagini aeree e dati satellitari e di rianalisi.

Risultati attesi: Database delle risorse glaciali delle Alpi italiane, modelli concettuali e/o empirici della risposta dei ghiacciai alla variabilità climatica. Stima dello stato e variazioni della copertura nevosa sulle montagne italiane.

Deliverables

D1.6.A (giugno 2017): Database sui parametri glaciologici quantitativi (numero, ubicazione, estensione, lunghezza, quote massima e minima, etc) dei ghiacciai italiani nel 1988-1989 e nel 2006-2007 (Task 1).

D1.6.B (dicembre 2017): Database sulle misure delle variazioni frontali e sui bilanci di massa di ghiacciai campione monitorati annualmente dal Comitato Glaciologico Italiano (Task 1).

D1.6.C (giugno 2018): Modelli di dinamica e di risposta alla variabilità climatica dei ghiacciai montani, in grado di unire la descrizione del flusso glaciale con le informazioni GIS (Task 2).

D1.6.D (giugno 2018): Carte con risoluzione spaziale di almeno 10 km della variabilità della copertura nevosa (estensione e profondità) negli ultimi 20 anni sull'arco alpino italiano, ottenute da immagini satellitari, misure *in situ* e simulazioni numeriche (Task 3).

D1.6.E (dicembre 2018): Database multi-temporale completo (2012-2014, 2006-2007, 1988-1989, 1957-1958) dei parametri glaciologici quantitativi dei ghiacciai italiani e relativa cartografia (Task 1).

Ecosistemi e biodiversità

WP1.7: Ecosistemi montani e biodiversità. Le montagne ospitano ecosistemi altamente specializzati e ricchissimi di biodiversità, in grado di fornire servizi ecosistemici essenziali sia per le regioni montane sia per le aree pedemontane circostanti e per le pianure (aria e acqua pulita, materie prime, stabilità dei versanti, regolazione stagionale del ciclo idrologico, turismo, servizi culturali). Gli ecosistemi montani sono tuttavia particolarmente sensibili ai cambiamenti climatici e ambientali (introduzione di specie aliene, variazioni nell'uso del territorio, inquinamento locale e regionale, migrazione ecosistemi esistenti). Questo WP è dedicato al monitoraggio quantitativo di alcune delle principali caratteristiche degli ecosistemi e della biodiversità montana, e si sviluppa in sinergia con due iniziative cruciali, con cui vi è scambio continuo di dati e informazioni e arricchimento reciproco: la rete italiana di ricerche ecologiche di lungo termine – LTER Italia - , inserita nella Long-Term Ecological Research network europea (LTER-Europe) e il progetto europeo H2020 ECOPOTENTIAL, uno dei più grandi progetti europei sugli ecosistemi terrestri, coordinato dal CNR. Particolare attenzione verrà anche data alla possibilità di utilizzare le Essential Biodiversity/Climate Variables per la caratterizzazione dell'ambiente montano italiano e dei suoi cambiamenti.

In particolare, le attività del WP1.7 includono le seguenti tematiche:

- **Task 1**

Dati da stazioni LTER montane italiane. Raccolta, armonizzazione, validazione e controllo di qualità di dati e informazioni provenienti da stazioni LTER (Long-Term Ecological Research) montane italiane. Varranno sottolineate le connessioni e l'adeguamento agli standard di dati e metadati del Drupal Ecological Information Management System (DEIMS) e le richieste della rete LTER-Europe (ed eLTER H2020). I siti considerati sono: "Alpi nord-occidentali (IT19-000-T)", "Istituto Mosso (IT19-001-T)", "Torgnon (IT19-005-T)", "Laghi montani (IT09-000-A)", "Appennini: Ecosistemi d'alta quota (IT01)", inclusi i siti di Majella-Matese, Velino-Duchessa e Gran Sasso, "Collelongo-Selva Piana (IT03-001-T)", "Parco Nazionale Gran Paradiso (IT23)". I dati verranno analizzati e interpretati per sviluppare modelli descrittivi di questi ecosistemi, da utilizzare per proiezioni future nel WP2.6.

- **Task 2**

Monitoraggio della biodiversità animale in aree montane. Saranno in particolare considerati i monitoraggi di diversi taxa di invertebrati (ragni, farfalle diurne, stafilinidi, carabidi, formiche) e degli uccelli, completati da misure di temperatura e vegetazione/struttura dell'habitat ottenute sia da dati *in situ* sia da osservazioni satellitari, in diverse aree montane protette (Parco Nazionale Gran Paradiso, Parchi Orsiera-Rocciavré e Veglia-Devero, recentemente estesa ad un insieme di altri parchi nazionali alpini italiani). Le misure di biodiversità saranno completate dal monitoraggio e analisi della dinamica di popolazione di specie particolarmente importanti utilizzate come indicatori dell'ambiente (ungulati come stambecco e camoscio, tetraonidi alpini), dal monitoraggio e analisi di specifiche interazioni risorsa-consumatore (semi di conifere-scoiattoli) e preda-predatore (mammiferi-rettili), da misure sulla distribuzione di farfalle di montagna (considerate ottimi indicatori della biodiversità animale), di mammiferi e micromammiferi di montagna (banca dati da borre dei rapaci, distribuzioni areali dei mammiferi di montagna in base alle regioni biogeografiche definite dalla Comunità Europea, dati estratti da CKmap).

- **Task 3**

Dinamica delle praterie alpine d'alta quota. Le praterie alpine sono un sistema di supporto vitale per molte specie simbolo quali gli stambecchi, ma sono anche un ambiente cruciale per il pascolo degli ungulati di allevamento. Le praterie alpine sono il prodotto dell'interazione millenaria fra ambiente montano e attività umane, ma si stanno modificando rapidamente per

un insieme di cause che includono l'aumento delle temperature e l'abbandono dei pascoli in alta quota. Il WP1.7 si occuperà specificamente di quantificare e analizzare i cambiamenti in corso nelle praterie alpine, in sinergia con il progetto H2020 ECOPOTENTIAL, analizzando lo stato e i cambiamenti della composizione vegetazionale e animale delle praterie con o senza pascolo di ungulati di allevamento, le differenze nella composizione chimico-fisica del terreno, e la misura dei flussi di acqua e carbonio fra suolo, vegetazione e atmosfera considerando le variazioni annuali in risposta alla variabilità climatica inter-annuale. Saranno utilizzati dati in situ (da torri di *eddy covariance* e misure con camere a flusso, misure fenologiche) e osservazioni satellitari e saranno sviluppati modelli numerici dei processi in corso nelle praterie d'alta quota.

Risultati attesi: caratterizzazione quantitativa dello stato e dei cambiamenti degli ecosistemi e della biodiversità montana in aree campione in Italia, considerando in particolare i siti della rete LTER italiana e la dinamica delle praterie d'alta quota. Saranno sviluppati modelli quantitativa della dinamica delle praterie montane, degli ecosistemi di alcuni siti LTER e della risposta della biodiversità animale ai cambiamenti climatici e ambientali.

Deliverables

D1.7.A (giugno 2017): Versione preliminare del database sulla biodiversità animale montana e modelli empirici di risposta della biodiversità animale montana ai cambiamenti climatici (Task 2).

D1.7.B (dicembre 2017): Versione preliminare del database di indicatori e variabili ecologiche e ambientali da stazioni montane della rete LTER italiana (Task 1).

D1.7.C (giugno 2018): Ensemble di modelli empirici e deterministici per siti LTER specifici (laghi alpini, prateria d'alta quota) e per specie animali campione (ungulati montani, tetraonidi alpini) (Task 1).

D1.7.D (dicembre 2018): Versione completa del database di indicatori e variabili ecologiche e ambientali da stazioni montane della rete LTER italiana (Task 1).

D1.7.E (dicembre 2018): Versione completa del database sulla biodiversità animale montana (Task 2).

D1.7.F (dicembre 2018): Database delle caratteristiche chimiche e fisiche del terreno e dei flussi di acqua e carbonio dai siti di prateria alpina, inclusi gli effetti dei cambiamenti di uso del territorio (pascolo) e i modelli numerici di flusso di acqua e carbonio fra suolo, vegetazione e atmosfera (Task 3).

WP2.1: Archivi delle reti di monitoraggio montano. Questo WP è dedicato al controllo di qualità, validazione e armonizzazione dei dati, dei metadati e delle informazioni fornite dai WP1.1, WP1.2, WP1.6 e WP1.7. Scopo del WP2.1 è poi costruire un sistema di archivi tematici facilmente accessibili, con dati e metadati validati, che possano essere integrati e resi interoperabili nell'ambito del portale generale di NextData (WP2.7). I dati e i prodotti verranno resi disponibili su archivi tematici informatici realizzati e ospitati presso il CNR. La struttura CNR permetterà di rendere tutte le informazioni disponibili anche dopo la conclusione del progetto.

- *Task 1*

Definizione delle procedure di controllo di qualità, validazione, standardizzazione e scelta della tipologia di software di gestione dati e metadati per i diversi archivi.

- *Task 2*

Armonizzazione di dati e metadati prodotti con tecniche e metodologie differenti e rispondenti a standard diversi, e costruzione degli archivi e portali tematici. Attualmente, il progetto considera quattro tipologie principali di dati e metadati: (1) dati meteo-climatici metadati attraverso sistemi basati su GeoNetwork; (2) dati di composizione dell'atmosfera, organizzati secondo i formati GAW-WMO (e.g. NASA-AMES) e che rispettano procedure di controllo di qualità definite; (3) dati criosferici e di risorse idriche, organizzati in base agli standard definiti dal Comitato Glaciologico Italiano e dalle organizzazioni internazionali di idrologia e idrogeologia; (4) dati sugli ecosistemi e la biodiversità, abitualmente organizzati secondo gli standard di LTER-Europe, di ILTER e di progetti europei quali ENV-Europe.

Risultati attesi: Portali/archivi tematici di dati e metadati meteo-climatici; criosferici, idrologici e idrogeologici; di ecosistemi, biodiversità e dinamica di specie campione. I dati saranno validati e soggetti a controllo di qualità e armonizzazione.

Deliverables

D2.1.A (giugno 2017): Relazione tecnica sulle metodologie di controllo qualità e validazione dei dati, sulla struttura, tipologia, contenuto degli archivi/portali dei database di monitoraggio montano e su software di gestione dati e metadati utilizzati (Task 1).

D2.1.B (dicembre 2017) Versione preliminare del sistema di quattro archivi e portali tematici per l'accesso ai database prodotti dai WP1.1, WP1.2, WP1.6 e WP1.7, in grado di gestire le strutture dei dati e metadati definite dagli standard internazionali per le diverse tipologie di informazioni (Task 2).

D2.1.C (dicembre 2018): Archivi e portali tematici ad accesso aperto e facilitato sui dati di monitoraggio montano (meteo-climatico, composizione dell'atmosfera, acquiferi, dati criosferici e risorse idriche, ecosistemi e biodiversità), in grado di gestire gli standard di dati e metadati definiti dagli standard internazionali. Gli archivi informatici saranno ospitati dai server del CNR, in grado di assicurare continuità nella fruizione dei dati e risultati anche dopo la conclusione del progetto (Task 2).

2. Stima della variabilità climatica negli ultimi millenni in Italia (WP1.3, WP1.4, WP1.5, WP2.2, WP2.3, WP2.4)

L'acquisizione di serie di dati *proxy*, relativi al clima passato e finalizzati ad una più profonda comprensione del sistema climatico e ad una più precisa previsione della sua evoluzione futura, rappresenta un compito prioritario per la comunità scientifica. In particolare, l'analisi dei dati climatici nel passato rappresenta uno strumento fondamentale di studio delle dinamiche del sistema climatico terrestre in condizioni differenti da quelle attuali, insostituibile per testare la validità dei modelli previsionali a medio e lungo termine.

Le diverse attività forniranno un nuovo quadro conoscitivo e quantitativo della variabilità climatica e ambientale in Italia per gli ultimi millenni, con particolare riguardo agli ultimi due millenni, attraverso lo studio integrato di archivi fossili e dati strumentali, questi ultimi riferibili all'ultimo secolo per le ricostruzioni ad alta risoluzione spaziale. La maggior parte delle informazioni saranno fornite da archivi montani (carotaggi glaciali, sedimenti di laghi d'alta quota, torbiere, dendrocronologia, analisi polliniche) e saranno completate da informazioni provenienti da sedimenti marini prelevati in aree selezionate della piattaforma continentale italiana e da ricostruzioni della circolazione mediterranea. In questo complesso spettro di dati, lo studio sulla dispersione dei *Tephra* negli ultimi millenni, riconoscibili in diversi contesti ambientali, potrà fornire indicazioni su un possibile *forcing* vulcanico sulle oscillazioni climatiche riconoscibili nel Mediterraneo.

Insieme, questo *corpus* di dati e informazioni permetterà una visione ampia e quantitativa delle variazioni del clima e delle sue possibili interazioni con lo sviluppo culturale in Italia nel recente passato geologico. I dati saranno validati individualmente e saranno soggetti a una *cross-validation* fra dati diversi e con dati di letteratura. Particolare attenzione sarà data alla stima dell'incertezza e alla costruzione di funzioni di trasferimento dall'informazione *proxy* alle variabili climatiche (temperatura e precipitazione) e alla ricostruzione delle condizioni ambientali. Saranno prodotte carte spazio-temporali quantitative della variabilità climatica in Italia negli ultimi millenni.

WP1.3: Ricostruzione/rianalisi della circolazione in Mediterraneo.

Al fine di ricostruire il segnale climatico da tutte le misure esistenti *in situ* e da satellite, si sono sviluppate nei passati anni le tecniche di "rianalisi" che combinano in maniera ottimale modelli e osservazioni. Tali tecniche riescono a considerare tutte le osservazioni puntuali e da satellite integrandole nei modelli numerici di circolazione generale fungendo quindi da "interpolatori dinamici" delle osservazioni e restituendo una "ricostruzione" omogenea delle osservazioni, con relativa stima dell'incertezza. La rianalisi è dunque una ricostruzione del clima del recente passato al meglio delle conoscenze scientifiche e tecnologiche esistenti, e offre serie temporali consistenti dal punto di vista dinamico, su griglie regolari nello spazio e nel tempo, mantenendo l'informazione delle misure ovunque queste siano disponibili, ma interpolando con metodi dinamici nei punti spazio-temporali senza dati osservativi. A tutt'oggi esistono poche rianalisi a livello globale e ancora meno a livello regionale, in quest'ultimo caso a causa dell'alta risoluzione numerica richiesta e della necessità di avere un numero rilevante di osservazioni. Per il Mediterraneo, il gruppo di Oceanografia Operativa dell'INGV ha sviluppato i primi prototipi di rianalisi per il Mare Mediterraneo relativamente ai passati venti anni.

In questo WP ci si propone verificare la fattibilità e possibilmente di realizzare la prima ricostruzione ad alta risoluzione spazio-temporale del clima del Mare Mediterraneo tramite le tecniche di rianalisi, e di progettare e realizzare il sistema informatico che le metta a

disposizione della comunità scientifica e istituzionale, nonché quella privata. La risoluzione attesa della ricostruzione sarà di circa cinque chilometri per tutto il Mediterraneo e le zone adiacenti dell'Oceano Atlantico, mentre la risoluzione temporale sarà di poche ore, risolvendo il ciclo diurno. Il sistema di accesso e rilascio dati ricostruiti deve essere concepito per la rapida scoperta e analisi di enormi quantità di dati, dell'ordine delle decine di tTerabytes, analogamente alle dimensioni dei dati da modello, e quindi offre una sfida non indifferente per l'attuale tecnologia informatica.

- *Task 1*

Aggiornamento e controllo di qualità specifico delle banche dati disponibili a livello internazionale (SeaDataNet, GMES) e miglioramento dei modelli di circolazione e delle tecniche di assimilazione dati.

- *Task 2*

Produzione di una "Ricostruzione-Rianalisi (RR)" dei passati sessanta anni del Mar Mediterraneo, combinando in maniera ottimale i risultati delle simulazioni numeriche con le misure *in situ* e da satellite tramite avanzate e sofisticate tecniche di assimilazione, includendo l'analisi dell'incertezza; messa a disposizione della RR e dei flussi calcolati all'interfaccia aria-mare a risoluzione spaziale di 5 km, alla massima frequenza temporale (6 ore), al fine di risolvere il ciclo diurno;

- *Task 3*

Analisi della variabilità annuale, interannuale e interdecadale per quanto riguarda il livello del mare, la temperatura e la salinità; messa a disposizione di adeguata documentazione sulla qualità dei prodotti derivati forniti.

Risultati attesi: Produzione di un insieme di Ricostruzioni/rianalisi ad alta risoluzione della circolazione marina in Mediterraneo negli scorsi 60 anni.

Deliverables

D1.3.A (giugno 2017): Relazione tecnica sulle variabili di input e le caratteristiche della Ricostruzione/Rianalisi (Task 1).

D1.3.B (dicembre 2017): Ricostruzione/Rianalisi (validata su dati osservativi e con stima dell'incertezza) della circolazione nel mare Mediterraneo per gli ultimi 60 anni, con risoluzione spaziale 5 km e risoluzione temporale di 3-6 ore (Task 2).

D1.3.C (giugno 2018): Relazione tecnica finale sulle caratteristiche delle variabili climatiche essenziali e dei prodotti derivati associati alla Ricostruzione/Rianalisi della circolazione del Mare Mediterraneo negli ultimi sessanta anni (Task 3).

WP2.2: Archivi della Ricostruzione/Rianalisi in Mediterraneo. Obiettivi del WP 2.2 sono l'esecuzione di controlli di qualità dei dati storici marini e dei dati di forzanti atmosferiche e la realizzazione di archivi dei dati validati da assimilare nelle Ricostruzioni/Rianalisi (RR). Sarà costruito un portale specifico per l'accesso alle RR del Mar Mediterraneo ad alta risoluzione spaziale e temporale negli ultimi sessanta anni (1953-2014), in grado di fornire accesso facilitato ai dati climatici essenziali, agli indici di qualità del dato e ai prodotti derivati di tipo fisico e statistico. L'INGV ha realizzato nel passato varie interfacce di accesso diretto ai dati che permettono la consultazione di un catalogo e il *downloading* immediato con protocolli di accesso web e ftp. La risoluzione temporale dei dati di rianalisi è stata forzatamente ridotta in mancanza di un finanziamento specifico. In NextData l'archivio delle RR sarà organizzato tramite uno sviluppo di metadati e tramite formati specifici dei dati congrui con gli standard internazionali e i dati resi disponibili alla massima risoluzione spazio-temporale possibile. L'archivio sarà accessibile in maniera semplice e potrà essere sotto-campionato e visualizzato interattivamente. L'archivio sarà studiato secondo le più recenti indicazioni della direttiva europea INSPIRE e della direttiva sulla Politica Marittima Integrata. Saranno sviluppate le interfacce e la trasformazione delle serie temporali al fine di mettere a disposizione anche prodotti a valore aggiunto quali trend e statistiche sui dati archiviati.

Risultati attesi: Disponibilità di archivi di dati validati e sottoposti a controllo di qualità e delle Ricostruzioni/rianalisi del Mar Mediterraneo.

Deliverables

D2.2.A (giugno 2017): Relazione tecnica sul disegno, caratteristiche e implementazione del portale tematico con funzionalità di *downloading* interattive per la selezione di sotto-aree di interesse delle Ricostruzione/Rianalisi del Mare Mediterraneo.

D2.2.B (giugno 2018): Portale di accesso alle Ricostruzioni/Rianalisi del Mare Mediterraneo, comprendente la descrizione caratteristiche di dati e metadati delle RR, delle specifiche di accesso al portale tematico e l'introduzione di pagine statiche con documentazione per gli indici di qualità e delle quantità derivate.

WP1.4: Dati paleoclimatici da regioni montane e continentali.

- *Task 1. Raccolta e controllo di qualità dei dati paleoclimatici.*

Dati da carotaggi in ghiaccio: Completamento dei record climatici e ambientali provenienti dalle carote del Ghiacciaio del Lys e dell'Ortles, e confronto con i dati provenienti da altre perforazioni alpine.

Laghi e torbiere: Estrusione carote di sedimento lacustre ed esecuzione analisi XRF-CS, e prelievo campioni per la datazione (^{210}Pb e ^{14}C). Estrusione e datazione (^{14}C) sezioni basali della carota di torba di Danta di Cadore. Calibrazione tra rapporti isotopici in precipitazioni e negli sfagni di torbiere d'alta quota, in funzione delle maggiori variabili meteoclimatiche. Definizione di una datazione definitiva per le 2 carote di torba (Danta di Cadore e Coltrondo), la carota di ghiaccio dell'Ortles e le 4 carote di sedimento lacustre.

Dati pollinici: Il database stratigrafico e pollinico verrà popolato con i dati e i metadati raccolti. Si procederà quindi all'elaborazione dei dati pollinici finalizzata a una ricostruzione della storia della vegetazione a scala nord italiana per gli ultimi 3000 anni. Verrà effettuata la prosecuzione delle analisi polliniche nelle carote di torba di Danta di Cadore e Coltrondo. Per la prima si lavorerà principalmente su campioni relativi agli ultimi 2000 anni, per la seconda sia aumentando la risoluzione relativa agli strati più superficiali che stendendo le misure a strati antichi (>2000 anni).

Dendrocronologie: Saranno condotte attività relative alla raccolta dati da nuovi partner e l'aggiornamento del database di NextData con nuovi metadati o nuove cronologie. Per le nuove cronologie master degli accrescimenti e degli altri parametri misurati (densità, isotopi stabili) sarà testata la qualità del segnale dendroclimatico e valutato il loro inserimento nel database. Le ricostruzioni del clima proseguiranno anche per quelle porzioni di territorio Alpino per le quali si ha una copertura di dato dendrocronologico e climatico non ottimale (p.es. zone alpine remote), e per l'Appennino e per le zone Mediterranee. In particolare per il centro-sud Italia, data la maggior complessità delle interazioni tra clima e accrescimenti arborei, la fase di analisi del tipo di segnale registrato sarà il più approfondito possibile. Costruzione di cronologie isotopiche per siti significativi e da tronchi sub-fossili datati al fine di valutare il tipo di segnale registrato a scala secolare e di effettuare ulteriori ricostruzioni del clima. Estensione nel tempo di cronologie da tronchi subfossili reperiti, in collaborazione con l'Università di Milano e con l'Università di Pisa.

- *Task 2. Definizione delle funzioni di trasferimento.*

Estensione nel passato delle ricostruzioni climatiche decennali e confronto dei dati con le serie climatologiche strumentali o da modello per la definizione delle funzioni di trasferimento proxy-clima. Ricostruzione di paleo-temperature nelle carote di Coltrondo e Danta di Cadore. Ricostruzioni di dati termici e pluviometrici da informazioni dendrocronologiche. Valutazione della coerenza con le ricostruzioni già effettuate e con la climatologia ad alta risoluzione per le montagne italiane (D1.1.C).

- *Task 3. Costruzione delle carte paleoclimatiche per gli ultimi 2000 anni.*

Realizzazione di una sintesi climatica dell'area alpina completata dalla costruzione di carte climatiche degli ultimi 2000 anni dell'Italia Settentrionale derivate dall'integrazione di dati provenienti da serie *proxy* selezionate nell'ambito del progetto NextData. Verranno svolte le ricostruzioni paleoclimatiche mediante applicazione delle funzioni di trasferimento paleoclimatico alle serie polliniche selezionate nel progetto NextData (Task 2). I dati elaborati verranno quindi confrontati e integrati con gli altri *proxy* climatici disponibili al fine di giungere a una ricostruzione paleoclimatica *multiproxy*.

Risultati attesi: caratterizzazione della variabilità di temperatura, precipitazione e condizioni ambientali in Italia negli ultimi millenni, a partire da variabili *proxy*.

Deliverables

D1.4.A (dicembre 2017) Database dei dati *proxy* (isotopici, pollinici, dendrocronologici) da carote di ghiaccio montano (Lys, Ortles, Monte Bianco), torbiere (Danta di Cadore, Rutor), sedimenti lacustri alpini e alberi campionati in prossimità della *treeline* e in altri siti chiave italiani (Task 1).

D1.4.B (giugno 2018): Funzioni di trasferimento per la definizione di variabilità di temperatura e precipitazione ricostruita dai dati *proxy* (D1.4.A) e relazione tecnica sui risultati quantitativi ottenuti, con l'inclusione di tabelle, grafici e rappresentazioni cartografiche (Task 2).

D1.4.C (dicembre 2018): Carte climatiche (temperatura, precipitazione, caratteristiche vegetazionali, indici ambientali) per gli ultimi 2000 anni in Italia, derivate dall'integrazione dei dati *proxy* raccolti nell'ambito del Progetto NextData (D1.4.A) e dall'utilizzo delle funzioni di trasferimento (D1.4.B) (Task 3).

WP2.3: Archivi dei dati paleoclimatici da regioni montane e continentali. Costruzione e messa a disposizione degli archivi di dati paleoclimatici da regioni montane e continentali (carotaggi glaciali, laghi e torbiere, dati pollinici, dendrocronologie). Verranno effettuati controlli di qualità sui dati paleoclimatici, sia mediante analisi dei singoli record, sia mediante confronti incrociati.

- *Task 1*

Realizzazione di un unico archivio/portale tematico per l'accesso ai dati paleoclimatici da regioni continentali (WP1.4) e l'accesso libero e facilitato ai prodotti dell'analisi e alle carte paleoclimatiche.

- *Task 2*

Allestimento di un WEB GIS dedicato all'archivio glaciale non polare. In questo ambito, sarà compiuto un approfondito lavoro di ricerca d'archivio e di letteratura scientifica per individuare tutti i siti non polari dove sono state estratte carote. Da questi saranno ricavati i metadati indispensabili per la caratterizzazione del sito, in particolare quelli riguardanti le analisi e le elaborazioni effettuate. Verrà applicato un sistema a supporto delle decisioni (Decision Support System, DSS) per analizzare tutti i parametri che porteranno alla scelta delle aree glacializzate potenzialmente perforabili. Si analizzeranno, in questo ambito, aspetti glaciologici, di ricerca internazionale, politici e logistici. Si otterrà quindi la costruzione di una banca dati delle perforazioni e dei dati acquisiti tramite sistemi radar. Tutti i dati saranno corredati di metadati compatibili con i principali standard europei e mondiali. Sarà quindi curata la pubblicazione di tutti i dati, cartografici e non, su piattaforma web, e con applicazioni di *Webmapping*.

- *Task 3*

Allestimento di un centro di crioconservazione dei campioni glaciali raccolti durante il progetto NextData (WP 1.4). I campioni avranno le informazioni di base ad essi correlate, fruibili on line grazie al WEB GIS, e potranno venire utilizzati dalla comunità scientifica per studi dedicati.

Risultati attesi: Costruzione e messa a disposizione di archivi di dati paleoclimatici validati e con controllo di qualità, con cronologie determinate, e costruzione di un archivio fisico di carotaggi glaciali, che potrà costituire una base di partenza per la fondazione di un "Museo del paleoclima italiano".

Deliverables

D2.3.A (dicembre 2017): Archivio/portale per l'accesso ai dati e metadati da carote di ghiaccio, sedimenti lacustri, torbiere, serie polliniche e curve dendrocronologiche, contenente pagine statiche di descrizione delle caratteristiche tecniche (Task 1).

D2.3.B (giugno 2018): Relazione sulle metodologie quantitative di valutazione di siti glaciali idonei alla perforazione, contenente mappe di idoneità alla perforazione per la catena alpina e altri siti montani e informazioni su tecnologie di perforazione innovative (Task 2).

D2.3.C (dicembre 2018): Archivio/portale per l'accesso aperto e facilitato alle carte climatiche e paleoclimatiche in Italia per gli ultimi 2000 anni (Task 1).

D2.4.D (dicembre 2018): Archivio fisico di carote di ghiaccio, presso l'EuroCold Laboratory dell'Università di Milano Bicocca (Task 3).

WP1.5: Dati paleoclimatici da carotaggi sedimentari di piattaforma continentale. Negli ultimi decenni, numerosi gruppi di ricerca nazionali e internazionali hanno focalizzato la propria attenzione sullo studio dell'evoluzione climatica dell'Olocene in sedimenti prelevati nell'area mediterranea. In particolare, il bacino del Mediterraneo, in ragione della sua stretta relazione con le masse continentali influenzate da processi climatici diversi, permette di documentare fenomeni evolutivi del clima sia a scala globale sia nell'emisfero settentrionale. Infine, va precisato che i settori marini di mare basso (piattaforma continentale) sono archivi naturali per il monitoraggio dei cambiamenti climatici a breve termine (decennale e/o secolare) e per il monitoraggio dell'impatto antropogenico sul sistema mare.

- *Task 1*

Per rendere disponibili le informazioni sulla storia climatica e ambientale contenute nei sedimenti marini, questo Task sarà dedicato a raccogliere e analizzare carote di sedimenti marini, con particolare attenzione a quelle prelevate in ambiente di mare basso e focalizzandosi sulle dinamiche climatiche del Mediterraneo negli ultimi due millenni. La possibilità di potenziare l'archivio di dati per questo intervallo temporale (estremamente limitato per il Mediterraneo) potrà fornire nuove ipotesi di lavoro per l'implementazione dei modelli numerici che si propongono di simulare come il Mediterraneo, e in particolare il settore marino-costiero, abbia risposto alle passate dinamiche climatiche. Questo Task è in linea con quanto descritto nei Report dell'IPCC.

- *Task 2*

Verranno studiate le carote marine campionate durante le campagne oceanografiche NEXTDATA-2014 e NEXTDATA-2016 condotte nei mari Adriatico e Tirreno. Questo studio sarà rivolto all'identificazione, in un quadro cronologico ad alta risoluzione (*Tephra*, ^{210}Pb , ^{137}Cs e ^{14}C), delle principali oscillazioni paleoclimatiche (a scala da decennale a secolare) riconosciute negli ultimi 2000 anni nel Mare Adriatico e nel Mar Tirreno. La successione degli eventi paleoclimatici identificati attraverso l'interpretazione della risposta biotica (plancton calcareo e pollini), associata ad analisi geochimiche (condotte su specie selezionate di foraminiferi) e degli alchenoni, finalizzate alle ricostruzioni della *Sea Surface Temperature* (SST), verrà confrontata con i dati ottenuti dallo studio delle carote prelevate durante le campagne oceanografiche precedenti in altri settori del Mediterraneo. Questo confronto permetterà di verificare l'eventuale sincronia fra oscillazioni climatiche a breve e lungo termine nel Mediterraneo e le variazioni della SST.

L'analisi dei dati permetterà anche l'individuazione di possibili periodicità (a scale decennali e/o secolari) nei *proxy* paleoclimatici, riconducibili a frequenze note di oscillazione climatica. Il confronto tra i *proxy* continentali (contenuto pollinico) e quelli marini (plancton calcareo) consentirà di comprendere le possibili interazioni tra questi diversi ambienti e di rilevare i potenziali effetti sull'ecosistema marino e quello continentale riconducibili alle rapide oscillazioni climatiche, registrate negli ultimi due millenni.

Particolare attenzione sarà attribuita alla ricerca, nei *keysites* del Bacino del Mediterraneo, di eventi paleoclimatici riconducibili sia a forzanti regionali (effetto di impatti antropogenici) sia a forzanti globali e alle relazioni tra cambiamenti culturali e oscillazioni climatiche negli ultimi due millenni.

- *Task 3*

Realizzazione di un database delle cronologie ottenibili dai livelli *Tephra* da sedimenti marini e da laghi d'alta quota in Italia centrale e meridionale.

Risultati attesi: Ricostruzione delle informazioni sulla storia climatica e ambientale in Italia negli ultimi millenni, ottenute dalla misura e analisi di archivi sedimentari marini prelevati nella piattaforma continentale italiana.

Deliverables

D1.5.A (giugno 2017): Relazione tecnica sulle campagne oceanografiche di carotaggio di sedimenti marini e sull'analisi dei dati raccolti (sedimentologia, microfossili, isotopi), contenente grafici, tabelle e la descrizione dei metodi utilizzati (Task 1).

D1.5.B (giugno 2018): Database delle informazioni paleoclimatiche (*proxy* e funzioni di trasferimento) da carote di sedimenti marini raccolte su piattaforma continentale nei *keysites* del progetto (Task 2).

D1.5.C (dicembre 2018): Relazione tecnico-scientifica, contenente serie temporali e carte paleoclimatiche, sulla risposta del Mediterraneo alle variazioni delle forzanti climatiche negli ultimi millenni, come derivata dall'analisi dei dati di carotaggi marini (D1.5.B) (Task 2).

D1.5.D (dicembre 2018): Database numerico delle informazioni geocronologiche e geochemiche ottenute dall'analisi dei livelli di *Tephra* individuati nelle carote di sedimenti marini raccolte nei *keysites* del progetto e recuperate da dati di letteratura sia di sedimenti marini che lacustri. Archivio fisico dei campioni di *Tephra* individuati nelle carote di sedimenti marini raccolte nei *keysites* del progetto, che potrà essere implementato con dati marini e lacustri con il contributo di altri istituti del CNR (Task 3).

WP2.4: Archivi dei dati paleoclimatici da sedimenti marini. Questo WP è dedicato alla costruzione e messa a disposizione degli archivi di dati di carote di sedimenti marini a cui verranno associati, ove disponibili, anche i dati chimico-biologici. I dati saranno validati e soggetti a controllo di qualità, sia individualmente, sia mediante *cross-validation* con altri dati *proxy*.

- *Task 1*

Allestimento di un WEB GIS dedicato all'archivio delle carote di sedimenti marini considerate nel Progetto, provenienti dal Mediterraneo. Questa fase prevede un approfondito lavoro di ricerca di dati da diverse sorgenti quali: database internazionali, *core repository* italiani e da letteratura scientifica, per individuare tutti i siti dove sono state prelevate carote di sedimenti marini (sia di ambiente di piattaforma continentale che di bacino). Questa prima attività del WP produrrà i metadati indispensabili per la caratterizzazione del sito, che poi dovranno confluire nel WEB GIS aggiornabile che costituirà l'archivio di base dei carotaggi marini.

Saranno anche raccolte e rese disponibili in archivio, se possibile, le informazioni e i dati di analisi di specifiche carote provenienti da alcuni settori chiave dell'Oceano Atlantico (Stretto di Gibilterra). Sarà quindi realizzato un archivio informatico e un portale dei metadati e dei dati ottenuti dalle analisi dei carotaggi marini realizzati durante il progetto. Sarà quindi realizzato un archivio informatico e un portale dei dati ottenuti dai carotaggi marini effettuati durante il progetto e dei dati ottenuti dalle analisi di carotaggi esistenti.

- *Task 2*

Realizzazione di un archivio numerico e fisico dei dati, metadati e relativi livelli *Tephra* olocenici identificati e analizzati durante il progetto. L'archivio fisico è disponibile per l'inclusione di dati messi a disposizione da altri Istituti del CNR.

- *Task 3*

Contributo all'implementazione di un centro di conservazione delle carote sedimentarie marine, incluse quelle ottenute nel corso del progetto, che dovrà essere strettamente connesso con gli altri *core-repository* sparsi nel Mediterraneo, al fine di costruire una banca dati integrata per il Bacino del Mediterraneo. Tutti i dati ottenuti dalle analisi delle carote considerate nel Progetto NextData potranno essere fruibili on line grazie al WEB GIS e potranno venire utilizzati dalla comunità scientifica per studi dedicati. Infine, il sito di stoccaggio delle carote di sedimenti marini potrebbe essere la base per la fondazione di un "Museo del paleoclima italiano".

Risultati attesi: Costruzione di un sistema di archivi di dati validati e sottoposti a controlli di qualità, sui carotaggi marini di piattaforma continentale in Mediterraneo e in selezionate aree dell'Oceano Atlantico. Contributo all'implementazione di un archivio fisico di carote sedimentarie marine e alla realizzazione di un "Museo del paleoclima italiano".

Deliverables

D2.4.A (dicembre 2017): Archivio/portale per l'accesso libero e facilitato ai database e alle ricostruzioni paleoclimatiche da carotaggi di sedimenti marini (Task 1).

D2.4.B (giugno 2018): Archivio/portale di accesso ai dati e metadati sui livelli *Tephra* olocenici (Task 2).

D2.4.C (dicembre 2018): Archivio fisico delle carote sedimentarie marine e dei campioni relativi ai livelli di *Tephra* ottenuti durante il progetto, comprendente le regole di accesso ai campioni (Task 3).

3. Scenari climatici futuri per l'ambiente montano italiano (WP2.5, WP2.6)

Le diverse attività forniranno un insieme di scenari climatici disaggregati, ad alta risoluzione, per l'ambiente montano italiano. Le condizioni meteo-climatiche ottenute da tali scenari saranno utilizzate per proiezioni future sulle risorse idriche montane e sullo stato degli ecosistemi e della biodiversità montana.

WP2.5: Proiezioni climatiche future in regioni montane. La disponibilità di risultati prodotti da simulazioni numeriche climatiche è un elemento essenziale per completare e interpretare le informazioni fornite dai dati misurati e per sviluppare metodologie di previsione e stima degli impatti.

• Task 1

Costruzione di un archivio dei risultati di simulazioni climatiche globali, regionali e locali, sia già esistenti, sia effettuate durante il progetto. A livello di condizioni climatiche globali, verranno costruiti archivi dei risultati delle simulazioni relative al periodo industriale (1850-2005) e a proiezioni future (RCP 4.5, RCP 8.5, RCP 3-PD) per il periodo 2006-2100, ottenute utilizzando i diversi modelli climatici globali disponibili presso gli Enti partecipanti, quali il modello del CMCC e il modello EC-Earth in uso presso il CNR. Alcune delle simulazioni verranno effettuate ed archiviate presso i centri di calcolo del CMCC mentre altre saranno effettuate e rese disponibili presso il CINECA e l'ENEA. Queste simulazioni forniranno un *ensemble* di risultati modellistici che costituiranno una base di dati globali per la caratterizzazione delle condizioni climatiche a grande scala. I risultati dei modelli globali saranno utilizzati come condizioni al contorno per le simulazioni a scala regionale e locale. Le simulazioni globali saranno integrate con quelle disponibili nell'ambito di programmi internazionali quali CMIP5 e le simulazioni del consorzio EC-Earth.

L'archivio renderà disponibili i risultati delle simulazioni idrostatiche a scala regionale per le regioni strategiche considerate nel progetto, includendo sia i risultati di simulazioni puramente atmosferiche, sia simulazioni accoppiate mare-atmosfera per il Bacino del Mediterraneo. Le simulazioni regionali idrostatiche saranno svolte presso CMCC, ENEA e ICTP e saranno rese disponibili presso gli archivi e i portali numerici costruiti nel corso del Progetto. Le simulazioni saranno confrontate e completate dalle simulazioni dell'iniziativa internazionale CORDEX. L'archivio comprenderà anche una casistica dei risultati di simulazioni non-idrostatiche ad alta risoluzione (1-10 km) in aree montane, in cui l'orografia complessa richiederà lo sviluppo di particolari soluzioni modellistiche. In queste aree, il confronto fra i risultati numerici e i dati raccolti dalle reti di misura sarà essenziale per la calibrazione e la validazione dei modelli a scala locale. Questi modelli saranno innestati nelle simulazioni globali per ottenere un archivio di scenari futuri ad alta risoluzione spaziale nelle regioni montane di interesse.

• Task 2

Sviluppo e implementazione di metodi di *downscaling* statistico e stocastico per temperatura e precipitazione, in grado di rappresentare gli effetti orografici, per le regioni montane italiane. Tutte le simulazioni e gli scenari disaggregati saranno resi disponibili sui portali tematici del progetto.

Risultati attesi: scenari climatici ad alta risoluzione spaziale per le regioni montane, da utilizzare come forzanti in modelli del ciclo idrologico, delle risorse idriche e degli ecosistemi.

Deliverables

D2.5.A (giugno 2017): Versione preliminare dell'archivio e portali di accesso alle simulazioni globali e regionali effettuate in ambito NextData, con risoluzione spaziale rispettivamente da circa 70 a 120 km per le simulazioni globali e da circa 4 a circa 50 km per le simulazioni regionali, per i periodi di riferimento 1950-2005 (storico) e 2006-2050 per gli scenari futuri RCP4.5 e RCP8.5.

D2.5.B (giugno 2018): Archivio e portale di accesso al software e ai campi di temperatura e precipitazione disaggregati con tecniche di *downscaling* statistico e stocastico, con risoluzione spaziale fino a 1 km e temporale fino a 6 ore sulle aree montane italiane nel periodo storico (1950-2005) e negli scenari futuri.

D2.5.C (dicembre 2018): Versione completa dell'archivio e portali di accesso alle simulazioni globali e regionali effettuate in ambito NextData (Task 1).

WP2.6: Proiezioni future su risorse idriche ed ecosistemi montani. Per la corretta stima degli impatti e dei rischi associati ai cambiamenti climatici e ambientali, è necessario simulare come le variazioni meteo-climatiche previste dai modelli climatici (WP2.5) si riflettono nei cambiamenti dei "sistemi a terra", siano essi risorse idriche superficiali o sotterranee, risorse criosferiche, o ecosistemi naturali. Le proiezioni si basano sullo sviluppo e implementazione di modelli deterministici ("di processo") o empirici della risposta della risorsa in questione, forzati dagli scenari climatici attesi. In questo modo, risulta possibile fornire delle stime nei possibili cambiamenti dei servizi ambientali (idrici, ecosistemici) forniti dalle regioni montane in seguito ai cambiamenti globali in corso. Questo WP svilupperà, implementerà ed utilizzerà modelli empirici e/o deterministici per le seguenti tipologie di servizi ambientali:

- **Task 1. Risorse idriche**

Modelli di risposta dei ghiacciai alpini (*Minimal Glacier Models, Flowline models*, modelli empirici, utilizzando le informazioni provenienti dai WP1.1 e WP1.6);

Modelli deterministici dettagliati di manto nevoso in siti campione (utilizzando le informazioni provenienti dai WP1.1 e WP1.6);

Modelli di risposta idrologica superficiale mediante approcci semi-distribuiti in siti campione (utilizzando le informazioni fornite dai WP1.1 e WP1.2);

Modelli di risposta degli acquiferi sotterranei in siti campione con modelli deterministici e a scala regionale con modelli semi-empirici, in collaborazione con Aziende di gestione idrica (utilizzando le informazioni fornite dai WP1.1 e WP1.2).

- **Task 2. Ecosistemi e biodiversità**

Modelli empirici di risposta della biodiversità animale montana ai cambiamenti climatici e ambientali (utilizzando le informazioni fornite dai WP1.1 e WP1.7);

Modelli empirici di dinamica di popolazione per specie animali caratteristiche (utilizzando le informazioni provenienti dai WP1.1, WP1.6 e WP1.7);

Modelli deterministici dei flussi di acqua e carbonio fra suolo, vegetazione e atmosfera in siti montani (utilizzando le informazioni provenienti dai WP1.1, WP1.2 e WP1.7);

Modelli deterministici e di processo della dinamica degli ecosistemi dei laghi montani d'alta quota (utilizzando le informazioni provenienti dai WP1.1, WP1.6 e WP1.7);

Modelli di distribuzione di specie campione nelle aree montane italiane (utilizzando le informazioni provenienti dai WP1.1, WP1.6 e WP1.7).

Risultati attesi: Stima quantitativa degli impatti dei cambiamenti globali sulle risorse idriche (glacializzate, superficiali e sotterranee) fornite dalle zone montane e pedemontane italiane in diversi scenari di cambiamento climatico e ambientale. Stima dei cambiamenti attesi degli

ecosistemi e della biodiversità montana in Italia in seguito ai cambiamenti climatici e ambientali.

Deliverables

D2.6.A (giugno 2018): Archivio con accesso libero e facilitato (i) ai modelli (software) di risposta delle risorse idriche montane (ghiacciai, neve, acque sotterranee) sviluppati nei WP1.6 e WP1.2 e (ii) alle proiezioni sulla risposta delle risorse idriche agli scenari prodotti nel WP2.5 (Task 1).

D2.6.B: (giugno 2018): Archivio con accesso libero e facilitato (i) ai modelli (software) sviluppati nel WP1.7 della biodiversità animale montana e della dinamica di popolazione di specie significative (ungulati montani, tetraonidi alpini) e (ii) alle proiezioni della risposta della biodiversità animale montana nei diversi scenari prodotti nel WP2.5 (Task 2).

D2.6.C (dicembre 2018): Archivio con accesso libero e facilitato (i) ai modelli dei flussi di acqua e carbonio fra suolo, vegetazione e atmosfera in siti montani sviluppati nel WP1.7 e (ii) alle proiezioni sui cambiamenti attesi nelle caratteristiche di tali flussi (Task 2).

D2.6.D (dicembre 2018): Archivio con accesso libero e facilitato (i) ai modelli (software) di risposta di specifici ecosistemi (laghi montani d'alta quota, praterie alpine) inclusi nella rete LTER montana italiana e sviluppati nel WP1.7 e (ii) alle proiezioni future sulla risposta di tali ecosistemi agli scenari prodotti nel WP2.5 e ai cambiamenti nell'uso del territorio e all'introduzione di specie alloctone (Task 2).

10. Organizzazione e fruibilità dei dati e risultati. Portale generale e raccordo con GEO/GEOSS (WP2.7)

I dati e risultati raccolti e/o ottenuti da NextData saranno organizzati in un insieme di archivi tematici distribuiti, ospitati dalle Istituzioni partecipanti, che rispettano le specifiche europee e internazionali sulla struttura di dati e metadati e le richieste di GEO/GEOSS. La figura 6 illustra il sistema di archivi e portali tematici del progetto. I dati dei monitoraggi saranno ospitati da server al CNR, basati sia sulle tecnologie GeoNetwork sia su altri sistemi di distribuzione/archiviazione. I dati delle ricostruzioni/rianalisi del Mediterraneo saranno ospitati sui server di INGV e basati su server THREDDSS. I risultati delle proiezioni future, sia meteo-climatiche sia degli impatti su risorse idriche ed ecosistemi, saranno ospitati sui server THREDDSS di CMCC e CINECA, quest'ultimo che raccoglie i risultati di CNR, ENEA e ICTP.

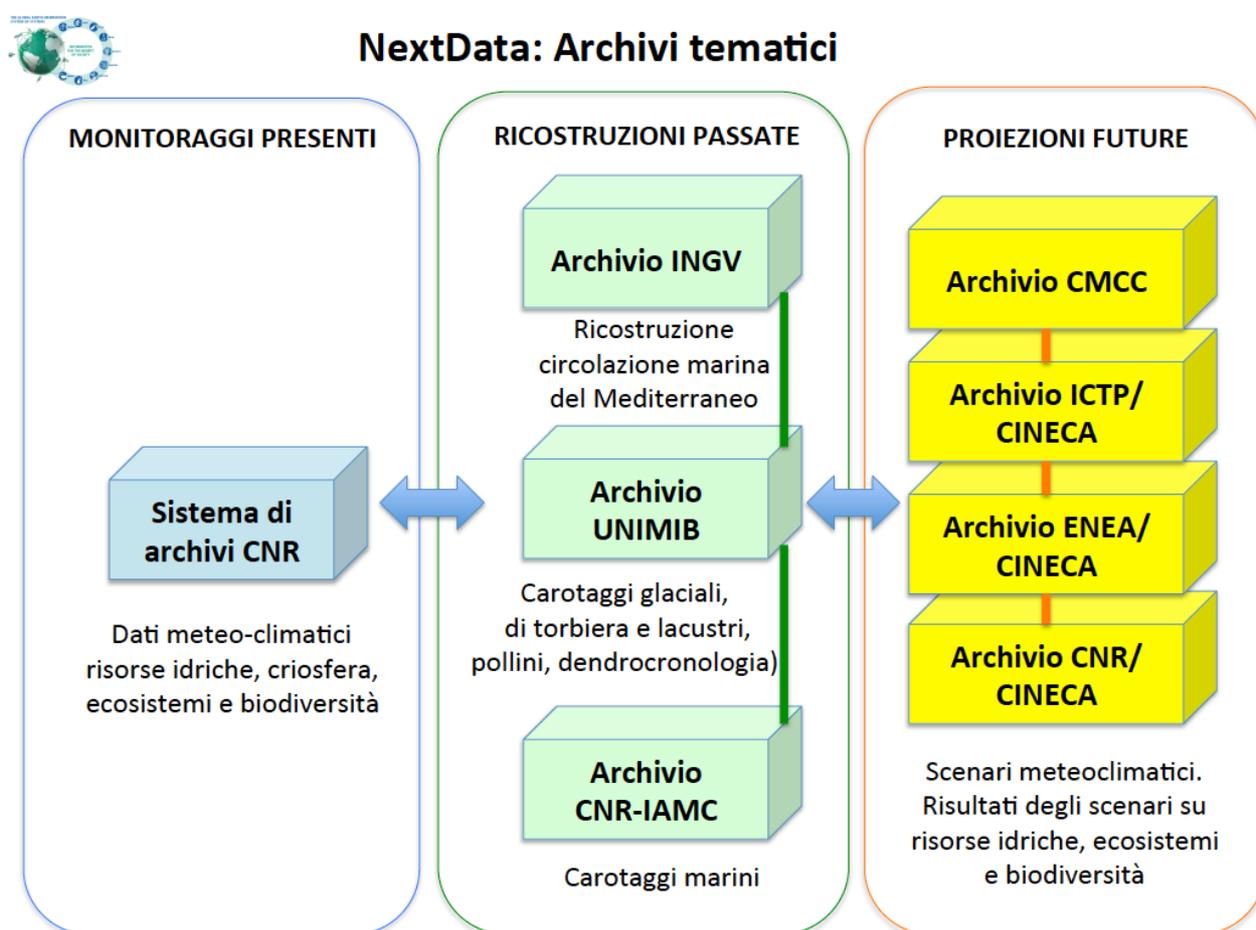


Figura 6. Sistema di archivi del progetto NextData.

Al momento, tutti questi archivi sono raggiungibili dal sito web del progetto NextData, www.nextdataport.it.

E' in costruzione il portale generale del progetto, che permetterà un accesso aperto, facilitato e interoperabile al sistema di archivi ed è il prodotto principale del WP2.7 (che include il progetto speciale P1). Tale portale generale sarà ultimato a fine progetto e costituirà il punto di contatto fra il progetto NextData e il sistema di archivi/portali di GEOSS. La costruzione del

portale generale, gestita dal CNR in collaborazione con CINECA, è coordinata dallo stesso gruppo CNR che si occupa della costruzione del GEOSS Data Core e dei portali di GEO/GEOSS, con questo assicurando la piena compatibilità fra NextData e GEO/GEOSS e fornendo un contributo essenziale dell'Italia a GEO/GEOSS. La versione di test del portale generale è raggiungibile attualmente dal sito web del progetto NextData. La figura 7 illustra schematicamente la struttura del portale generale di NextData.

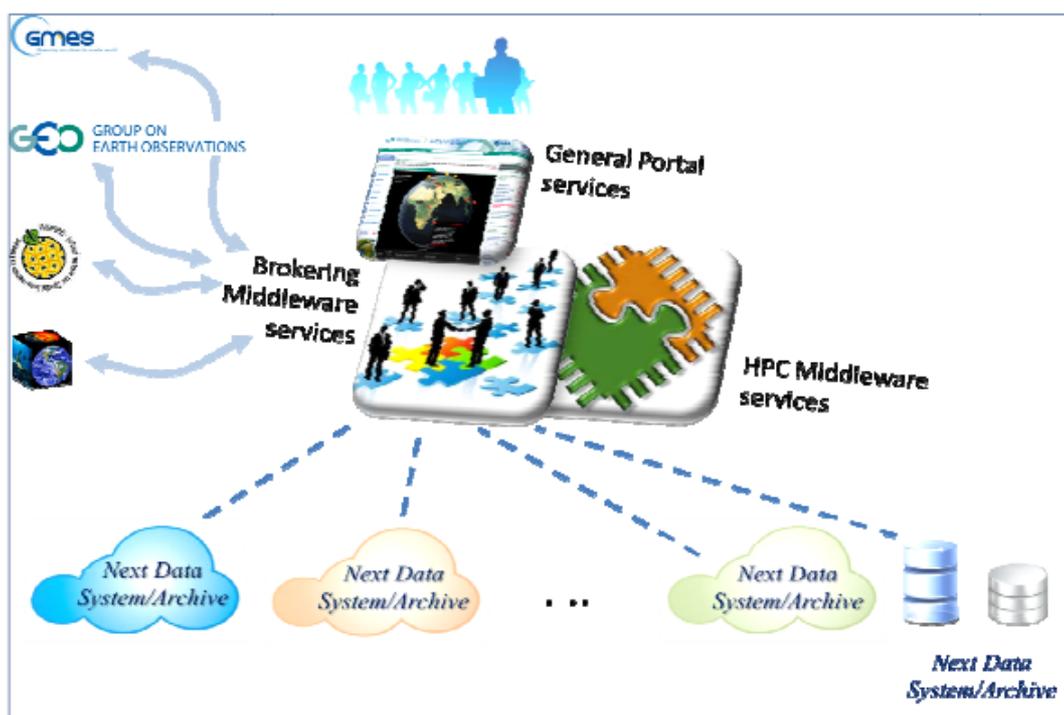


Figura 7. Struttura schematica del portale generale del progetto NextData

Il legame con GEO/GEOSS è reso ancora più stretto dal contributo specifico che il progetto NextData fornisce a due importanti GEO Initiatives: GEO-GNOME, the GEO Global Network for Observations and information in Mountain Environments, coordinato da MRI (Svizzera) e CNR, e GEO-ECO, the GEO Global Ecosystem Monitoring Initiative, coordinato dal CNR e dall'Università di Bayreuth (Germania).

Deliverables del WP2.7 (portale generale)

D2.7.A (giugno 2017): Relazione sulla struttura generale e caratteristiche tecniche del portale generale del progetto NextData, inclusa la politica di accesso ai dati e le scelte operative sia hardware sia software.

D2.7.B (dicembre 2017): Versione preliminare del portale generale, aperto alla comunità scientifica di NextData.

D2.7.C (dicembre 2018): Versione completa del portale generale del progetto NextData.

11. NextData: cronoprogramma

SP	WP	Task	giugno 2017	dicembre 2017	giugno 2018	dicembre 2018	
SP1	WP1.1	Task 1	D1.1.A	D1.1.B		D1.1.F	
		Task 2			D1.1.C		
		Task 3			D1.1.D		
		Task 4			D1.1.E		
	WP1.2	Task 1		D1.2.A	D1.2.B		
		Task 2			D1.2.C		
	WP1.3	Task 1	D1.3.A				
		Task 2		D1.3.B			
		Task 3			D1.3.C		
	WP1.4	Task 1		D1.4.A			
		Task 2			D1.4.B		
		Task 3					D1.4.C
	WP1.5	Task 1	D1.5.A				
		Task 2			D1.5.B	D1.5.C	
		Task 3					D1.5.D
	WP1.6	Task 1	D1.6.A	D1.6.B			D1.6.E
		Task 2			D1.6.C		
		Task 3			D1.6.D		
	WP1.7	Task 1		D1.7.B			D1.7.D
		Task 2	D1.7.A		D1.7.C	D1.7.E	
		Task 3					D1.7.F
SP2	WP2.1	Task 1	D2.1.A				
		Task 2		D2.1.B		D2.1.C	
	WP2.2	Task 1	D2.2.A		D2.2.B		
	WP2.3	Task 1	D2.3.A				D2.3.C
		Task 2			D2.3.B		
		Task 3					D2.3.D
	WP2.4	Task 1		D2.4.A			
		Task 2			D2.4.B		
		Task 3					D2.4.C
	WP2.5	Task 1	D2.5.A				D2.5.C
		Task 2			D2.5.B		
	WP2.6	Task 1			D2.6.A	D2.6.C	
		Task 2			D2.6.B	D2.6.D	
	WP2.7	Task 1	D2.7.A	D2.7.B		D2.7.C	

Cronoprogramma del progetto NextData e date di consegna dei deliverables.
in verde, il periodo di durata delle attività dei Task e WP

12. Contributo dei precedenti Progetti Speciali

Parallelamente alle attività svolte dai partner che hanno sviluppato il progetto, alla fine del primo anno (2012) e a inizio secondo anno (2013) sono stati predisposti dei bandi aperti per svolgere attività ritenute di particolare interesse e complementari alle attività già svolte dai partner. Questi bandi hanno permesso di **coinvolgere in modo più ampio la comunità scientifica**, sviluppando dei "progetti speciali" che contribuiscono al raggiungimento degli obiettivi di NextData, approfondendo le ricerche sulle risorse idriche, sugli ecosistemi e sulle ricostruzioni del clima del passato. Con la rimodulazione del progetto, **le attività dei Progetti Speciali sono state inserite e armonizzate con le attività svolte nei diversi WP, di cui sono diventate parte integrante e indistinguibile**. I Progetti Speciali come tali, dunque, sono stati fusi con le attività progettuali al fine di ottenere un approccio più coerente. Per completezza, si riporta ove gli originari Progetti Speciali sono stati inseriti e armonizzati:

P1. Infrastruttura/portale generale di NextData (ND-SoS-Ina). Riguarda la costruzione del Portale Generale del progetto e ha dato origine al WP2.7.

P2. NextSnow. Riguardava il monitoraggio/modellistica della neve e delle precipitazioni nevose nelle Alpi occidentali, come progetto pilota per un più completo monitoraggio della neve a scala nazionale. E' diventato parte integrante del WP1.6.

Tipologia di dati: risorse idriche. Tema chiave: Monitoraggio attuale.

P3. Censimento quantitativo dei ghiacciai italiani e ricostruzione della loro dinamica recente negli ultimi 100 anni (DATAGRALP). Riguarda la realizzazione di un censimento/database quantitativo e coerente dei ghiacciai montani italiani. E' diventato parte cruciale del WP1.6.

Tipologia di dati: risorse idriche e criosferiche. Temi chiave: Monitoraggio attuale.

P4. Sviluppo di un insieme di scenari di cambiamento climatico in aree ad orografia complessa (RECCO, REgional Climate in Complex Orography). Riguarda la modellistica ad alta risoluzione delle condizioni meteo-climatiche in specifiche aree d'alta quota, è diventato parte integrante del WP2.5.

Tipologia di dati: condizioni meteo-climatiche e atmosfera. Tema chiave: proiezioni future.

P5. Proxy sedimentari in laghi d'alta quota per la ricostruzione climatica dell'Olocene. Riguarda la raccolta, analisi e interpretazione dei *proxy* climatici forniti da carotaggi lacustri in alta quota. E' diventato parte integrante del WP1.4. Tipologia di dati: condizioni meteorologiche, stato dell'ecosistema. Tema chiave: ricostruzioni climatiche per il passato.

P6. Ricostruzione multi-proxy delle condizioni climatiche nelle Alpi orientali nell'Olocene. Riguarda la misura e l'analisi di *proxy* delle fluttuazioni climatiche negli ultimi millenni da carotaggi di ghiacciai montani e di torbiera. E' diventato parte integrante del WP1.4.

Tipologia di dati: condizioni meteorologiche, stato dell'ecosistema.

Tema chiave: ricostruzioni climatiche per il passato.

P7. Informazione climatica ad alta risoluzione per le montagne italiane (HR-CIMA). Riguarda la definizione di una climatologia ad alta risoluzione per le aree montane italiane e la stima della variabilità climatica, ad alta risoluzione spaziale, in specifiche aree protette montane. E' stato inserito nel WP1.1. Tipologia di dati: condizioni meteorologiche (temperatura e precipitazione). Tema chiave: monitoraggio attuale.

PP1. Armonizzazione e raccolta dei dati esistenti e conduzione di nuove misure sullo stato e i cambiamenti degli ecosistemi montani italiani, sviluppo di un sistema di archivi e servizi di accesso ai dati e risultati della ricerca sugli ecosistemi montani del territorio nazionale, con particolare attenzione ai siti di ricerche ecologiche a lungo termine (LTER). Riguarda la sistematizzazione e l'uso dei dati forniti dalle stazioni LTER. E' diventato parte integrante e cruciale del WP1.7. Tipologia di dati: stato dell'ecosistema, biodiversità. Tema chiave: monitoraggio attuale.

PP2. Armonizzazione dei dati esistenti e conduzione di nuove misure dei flussi di CO₂ e di vapore d'acqua in ecosistemi montani in siti pilota, per la stima degli scambi gassosi e della dinamica vegetazione-atmosfera in ambiente montano. Riguarda la misura di scambi di acqua e carbonio fra suolo, vegetazione e atmosfera in siti forestali e di prateria. E' diventato parte integrante del WP1.7. Tipologia di dati: stato dell'ecosistema, flussi biogeochimici. Tema chiave: monitoraggio attuale.

PP3. Armonizzazione dei dati relativi alla biodiversità animale e alle reti trofiche in ecosistemi montani, e messa a disposizione dei relativi dati. Permette il recupero di dati storici sulla biodiversità da collezioni museali e da raccolte sul campo. In versione ridotta, è diventato parte del WP1.7.

Tipologia di dati: stato dell'ecosistema, biodiversità. Tema chiave: monitoraggio attuale.

PP4. Armonizzazione dei dati esistenti ed eventuale conduzione di nuove misure di parametri idro-meteorologici e di deflussi in bacini montani appenninici, concentrando l'attenzione su siti campione. Riguarda la stima delle risorse idriche superficiali in specifici siti appenninici, al fine di sviluppare una metodologia esportabile. In versione ridotta, è diventato parte del WP1.2. Tipologia di dati: risorse idriche. Tema chiave: monitoraggio attuale.

PP5. Ricostruzione di serie storiche di deformazioni del suolo per siti campione in ambiente montano e correlazione con serie di precipitazione. Riguarda la relazione fra variazioni del ciclo idrologico e risposta del suolo (deformazioni, fenomeni franosi) in specifici siti campione. In versione ridotta, è diventato parte del WP1.2.

Tipologia di dati: risorse idriche, ciclo idrologico. Tema chiave: monitoraggio attuale

13. Sviluppi strumentali e trasferimento tecnologico

Il progetto NextData, dedicato alla ricerca scientifica sulla dinamica del clima e sull'ambiente montano italiano e all'analisi della risposta delle risorse montane (ecosistemi, risorse idriche) ai cambiamenti climatici, include una parte di sviluppo strumentale e di trasferimento tecnologico, necessaria per ottimizzare i monitoraggi in ambienti con condizioni ambientali estreme.

Per quanto riguarda la rete nazionale di monitoraggio climatico-ambientale di fondo, la capacità di ottimizzare la frequenza temporale e ridurre l'incertezza delle misure eseguite presso le stazioni sarà acquisita promuovendo l'uso di strumentazione basata su tecniche innovative per la misura di gas inquinanti e clima-alteranti (CO₂, CH₄, CO, H₂O, N₂O, O₃, NO₂, SO₂, BrO e OClO). Questi strumenti, applicando tecniche quali Cavity Ring Down Spectroscopy, Off-Axis Integrated Cavity Output Spectroscopy, Differential Optical Absorption Spectroscopy, possono sostituire quelli che utilizzano tecniche tradizionali (es. gas-cromatografia, assorbimento differenziale nell'infrarosso). Poiché la strumentazione basata su queste tecniche innovative ha una maggiore facilità d'impiego e in generale minori costi di funzionamento rispetto a quella tradizionale (sia in termini di manutenzioni sia di tempo uomo impiegato), l'implementazione delle stazioni con tali sistemi produrrà un'ottimizzazione complessiva della gestione dei programmi di misura e di ricerca in ambienti d'alta quota.

Nel caso delle ricerche glaciologiche in alta quota, il progetto sviluppa un nuovo strumento (HyperIce) di misura delle caratteristiche spettrali di riflettanza delle carote di ghiaccio, attraverso l'acquisizione di immagini iperspettrali nel visibile e nell'infrarosso vicino. Questo strumento è composto dallo scanner HeadWall Hyperspect VNIR © con frequenza da 380 a 1000 nm (visibile+infrarosso vicino) e una risoluzione di immagine (pixel) di 100x100 nm. Illuminato da una lampada alogena stabilizzata ad alta efficienza, tutto il sistema di acquisizione si muove su una slitta costruita ad-hoc per ospitare le carote di ghiaccio con diametri da 8 a 10 cm. Vengono acquisite immagini della carota fino ad una lunghezza di 150 cm, che vengono registrate su server dedicati. Con la parte hardware è stato sviluppato il sistema di movimentazione, in collaborazione con il Dipartimento di Fisica dell'Università di Milano Bicocca e con la sezione INFN di Milano Bicocca, e il software di gestione dello strumento e di acquisizione delle immagini. Dopo una serie di test su materiali dalla risposta spettrale nota, è stata effettuata presso l'Eurocold Lab dell'Università di Milano-Bicocca la misura di carote di ghiaccio provenienti dall'Adamello, prelevate nell'ambito di un progetto di ricerca con la Fondazione Mach (TR), Provincia Autonoma di Trento, ed il Museo di Scienze (MUSE) di Trento. Lo strumento permette di ricostruire l'impronta della riflettanza delle carote di ghiaccio, con particolare riguardo al contenuto e alla natura delle polveri minerali fini contenute (PM10, PM2.5) andando ad una risoluzione tale che nessun metodo analitico di tipo chimico ha mai raggiunto finora. Inoltre, trattandosi di misure non-distruttive, queste permettono di riutilizzare il ghiaccio analizzato per altre misure. Su questo progetto sono state utilizzate le forze di due dottorati di ricerca (uno per lo sviluppo dello strumento ed uno per il calcolo numerico dei modelli di riflettanza).

Un ulteriore sviluppo riguarda la tenda ColdDrill: la necessità di effettuare perforazioni in ghiaccio in condizioni fredde o disagiate (ghiacciai polari o di alta montagna) hanno reso necessario sviluppare una tenda gonfiabile con specifiche polari che permetta di costruire un campo remoto di perforazione su ghiacciai in tempi brevi. A valle di una collaborazione con il Dipartimento di Fisica dell'Università di Milano e della ditta PMEngineering è stata costruita

una struttura gonfiabile di 5 m di diametro, dedicata ad ospitare la sonda di perforazione e le attrezzature per la gestione delle carote di ghiaccio, che permettesse di essere montata in tempi brevi (circa 15 minuti di gonfiaggio) e di proteggere il personale e gli strumenti dalle possibili condizioni meteorologiche avverse, senza però riscaldare l'ambiente che deve mantenere temperature inferiori allo zero Celsius. Testata prima nell'Eurocold Lab dell'Università di Milano Bicocca, la tenda è stata poi testata sul terreno sul Ghiacciaio dell'Adamello a 3400 m di quota. Si tratta di una soluzione che permette di operare in sicurezza, senza sacrificare spazi e modularità nel trasporto. La versione utilizzata, ancora prototipo, pesa circa 80 kg ed è facilmente elitrasportabile. Lo sviluppo futuro sarà di utilizzare materiali più performanti e leggeri con una riduzione del peso anche della metà (nella stessa configurazione) e utilizzare l'esperienza fatta per sviluppare tende più piccole, personali, da usare in condizioni di emergenza in montagna.

Infine, è stato sviluppato un sistema di definizione della perforabilità. La necessità di programmare le perforazioni in ghiacciai che abbiano la potenzialità per essere studiati presenta molte criticità nel caso di aree poco conosciute o particolarmente remote. Escludendo le grandi calotte glaciali, studiate in modo diverso, le catene montuose delle medie latitudini presentano una potenzialità di ricostruzione climatica e ambientale spesso limitata dalla topografia e dalle complesse caratteristiche geometriche dei ghiacciai vallivi. Nella fondamentale necessità di capire quali ghiacciai abbiano una reale potenzialità di studio è stato sviluppato, nell'ambito di un dottorato finanziato da NextData, un prodotto software di analisi delle immagini satellitari e dei modelli digitali di terreno che portano a definire le migliori condizioni (geometriche e ambientali) di perforabilità delle aree glacializzate. Partendo da situazioni note e già studiate (come i siti delle Alpi) per addestrare il software, sono state ricavate come caso di studio delle carte di perforabilità dell'area Himalaya-Karakorum, andando poi a verificare se le perforazioni pregresse rientrassero nelle classi previste. Questo sistema ha restituito una chiara visione delle caratteristiche di perforabilità e verrà implementato ed utilizzato in generale per le aree montane.

14. Analisi e superamento del *mismatch* clima-impatto

Le proiezioni climatiche a scala globale disponibili ad esempio negli archivi CMIP5 hanno, attualmente, risoluzione spaziale non superiore a 40-100 km e le proiezioni regionali disponibili negli archivi CORDEX hanno risoluzione spaziale non superiore a 10-30 km.

Tuttavia, per lo studio degli effetti della variabilità climatica sulle risorse idriche e sugli ecosistemi, ma anche per molti altri studi di impatto, è necessario, specialmente nel caso delle aree montane, disporre di una risoluzione spaziale molto più elevata, che scenda alla scala del kilometro o addirittura a scale inferiori. E', questo, il ben noto problema del *mismatch* (o iato) fra le scale risolte dai modelli climatici e quelle degli impatti al suolo.

Il progetto NextData affronta e contribuisce a superare questo problema mediante l'implementazione di un insieme di tecniche di *downscaling* (disaggregazione) dell'informazione climatica, secondo le seguenti tipologie:

1. Disaggregazione dinamica, mediante l'implementazione di modelli climatici locali ad alta risoluzione. In questo ambito, saranno utilizzati modelli adatti all'orografia complessa del territorio montano (per esempio, RAMS e WRF) per specifiche aree campione, con risoluzione fino a circa un kilometro. Sarà anche implementato il modello WRF-Hydro (in grado di riprodurre la risposta idrologica superficiale) per alcuni bacini appenninici, e sarà utilizzato il modello WRF con risoluzione da 3 a 4 km su specifiche aree del territorio montano e pedemontano italiano. Simulazioni a 4 km per gli ultimi trenta anni su tutta Europa sono già disponibili sui server del progetto.
2. Disaggregazione statistica, basata sul confronto fra serie climatiche locali e risultati delle simulazioni a scala più grande, e costruzione di modelli correlativi che permettono di estrapolare l'informazione a grande scala alla situazione locale, ipotizzando la stazionarietà delle relazioni statistiche fra comportamento a grande e piccola scala. La più semplice versione di questa procedura, utilizzata per la temperatura, è la correzione delle temperature mediante l'applicazione di un *adiabatic lapse rate* su un DEM ad alta risoluzione.
3. Disaggregazione stocastica della precipitazione, mediante generazione di un ensemble di possibili realizzazioni dei campi di precipitazione a piccola scala a partire dalla conoscenza delle proprietà statistiche del campo di precipitazione a grande scale (spettro di potenza, distribuzione in ampiezza). Una versione di questo metodo (RainFARM), originariamente sviluppato per le previsioni meteorologiche, è stato esteso al caso climatico¹⁵ ed è in corso l'estensione per poter includere l'effetto orografico a piccola scala.

Insieme, questi metodi permettono di superare lo iato di scale fra proiezioni climatiche ed esigenze degli studi di impatto. Il progetto NextData ha sviluppato/migliorato le tecniche di disaggregazione spaziale dell'informazione climatica e implementato gli algoritmi relativi, rendendoli disponibili. Un insieme di campi disaggregati per le zone montane di interesse sarà reso disponibile sul portale generale del progetto (una prima versione è già disponibile sui serve THREDDS raggiungibili dal sito web) e gli algoritmi di disaggregazione stocastica verranno ulteriormente raffinati, con l'inclusione degli effetti orografici sotto-griglia.

¹⁵ D. D'Onofrio, E. Palazzi, J. von Hardenberg, A. Provenzale, S. Calmanti, Stochastic Rainfall Downscaling of Climate Models. *J. Hydrometeorology*, doi: 10.1175/JHM-D-13-096.1 (2014)

15. Il problema degli indicatori e dei monitoraggi biologici

Nel monitoraggio di ecosistemi e biodiversità è sostanzialmente impossibile, a causa della grande complessità delle interazioni e dei sistemi considerati, ottenere informazioni dirette su tutte le componenti biotiche e abiotiche degli ecosistemi. E' quindi necessario definire indicatori (biologici e non) che condensino l'informazione rilevante. Questi possono essere forniti sia dal monitoraggio di "keystone species", sia dalla biodiversità di taxa significativi, anche nell'ambito degli sviluppi legati alle *Essential (Climate o Biodiversity) Variables*. In particolare, NextData contribuirà, per quanto riguarda le regioni montane, **alla definizione e all'uso delle *Essential Climate Variables* ed *Essential Biodiversity Variables* rilevanti per l'ambiente montano italiano**, in collaborazione con GCOS, GEO BON ed il progetto ECOPOTENTIAL.

In questo ambito, si preferisce trattare in modo approfondito tre specifiche tematiche principali, di grande rilevanza per gli ecosistemi montani italiani, piuttosto che spaziare in modo ampio ma necessariamente più superficiale. Tali tematiche sono:

1. Recupero, armonizzazione e controllo di qualità dei dati *in situ* provenienti dai siti montani del Long Term Ecological Research network in Italia, e loro completamento con osservazioni satellitari in grado di fornire informazioni sulle caratteristiche e i cambiamenti del territorio montano (inclusa la copertura vegetale, il Land Use - Land Cover, l'umidità del terreno, le caratteristiche della copertura nevosa). In questo ambito, saranno definite quali *Essential Variables* siano più adatte ad essere utilizzate come indicatori ambientali ed ecosistemici, saranno costruite delle *Mind Maps* di alcuni specifici ecosistemi e saranno sviluppati modelli concettuali, empirici o deterministici, dei principali ecosistemi, da utilizzare per ottenere proiezioni future sullo stato degli ecosistemi e dei servizi ecosistemici in scenari di cambiamento climatico e ambientale.

2. Analisi della biodiversità animale montana, mediante monitoraggi, analisi dei dati e modelli di risposta a scenari climatici. Sarà verificata l'ipotesi, emersa dalle analisi dei dati disponibili finora, che gli indicatori legati a farfalle e ragni forniscano indicatori ottimali per la stima della biodiversità totale, e saranno definiti metodi di censimento che siano economici ed esportabili in altre situazioni. Analogamente, verranno definite le specie più importanti di cui seguire la dinamica spaziale e temporale, per ottenere informazioni utili per la caratterizzazione dell'intero ecosistema.

3. Dinamica delle praterie d'alta quota, considerando gli effetti dei cambiamenti climatici e l'abbandono dei pascoli in quota, misurando, analizzando e modellando (1) la dinamica della vegetazione, inclusa la definizione di indici di fenologia (uno dei più importanti indicatori di cambiamento climatico) da misure locali in siti pilota e da osservazioni satellitari; (2) i flussi di acqua e carbonio fra suolo, vegetazione e atmosfera (saranno utilizzati i siti strumentati di Torgnon, prateria; Brocon, prateria; Gimillan, prateria; Levionaz, prateria; e altri siti campionati con camere a flusso); (3) la dinamica di popolazione di camoscio, stambecco, fagiano di monte e Pernice bianca quali specie simbolo di questi ambienti. Qui, gli indicatori da definire/verificare sono le proprietà chimiche del terreno, i flussi di acqua e carbonio, la struttura della vegetazione, le specie di erbivori da monitorare. Particolarmente importante sarà l'uso di dati satellitari e l'analisi degli effetti del pascolo di ungulati domestici.

I risultati ottenuti forniranno informazioni specifiche su temi di cruciale interesse per caratterizzare i cambiamenti degli ecosistemi e dei servizi ecosistemici delle montagne italiane, e permetteranno di definire metodologie esportabile ad altri contesti.

16. Esempio di uso dei dati/risultati sulle risorse idriche: modellistica della risposta dei ghiacciai alpini

La stima della risposta dei ghiacciai alpini alle variazioni climatiche passate e future richiede lo sviluppo di modelli di flusso glaciale. Nella maggior parte dei casi, tuttavia, le informazioni sui ghiacciai sono scarse ed è opportuno costruire modelli minimali che legano la variabilità delle condizioni meteorologiche (temperatura estiva, precipitazione invernale) alla variazione della lunghezza del ghiacciaio, in genere misurata mediante la valutazione degli spostamenti dei fronti glaciali. Tali modelli possono essere sia empirici (correlativi), sia deterministici, basati sulla stima del bilancio di massa. Nel corso del progetto NextData sono stati utilizzati i dati di ghiacciaio misurati dal Comitato Glaciologico Italiano (CGI, partner del progetto) e i dati meteorologici di un insieme di stazioni regionali per costruire un modello empirico della risposta glaciale, che è stato quindi utilizzato per valutare lo stato futuro di un insieme di ghiacciai delle Alpi occidentali in risposta a diversi scenari climatici prodotti durante il progetto¹⁶. La figura 8 riporta la risposta della lunghezza media di questi ghiacciai ai cambiamenti climatici attesi.

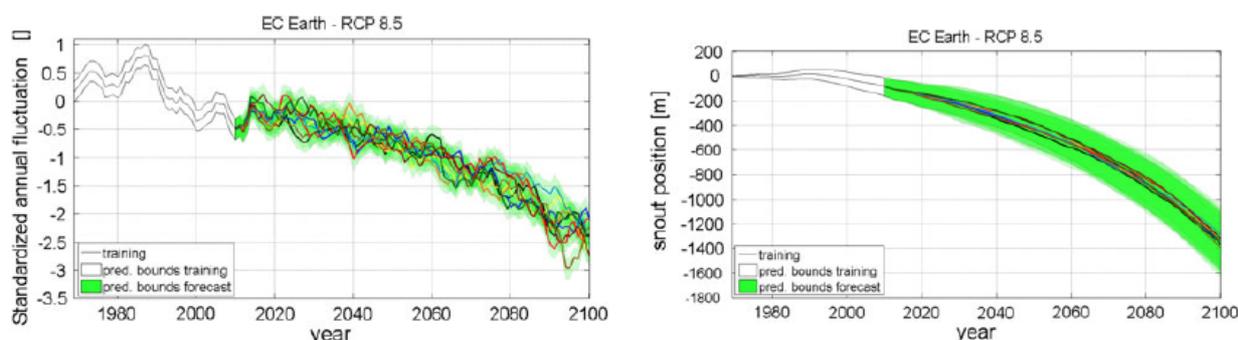


Figura 8. sinistra: Fluttuazioni annuali medie standardizzate della fronte glaciale di diversi grandi ghiacciai delle Alpi occidentali italiane. Posizione media della fronte glaciale (rispetto alla posizione nel 1970) degli stessi ghiacciai. In colore, i risultati delle le proiezioni future per lo scenario RCP8.5 generato dal modello EC-Earth.

Utilizzando i dati del GCI e i dati meteo-climatici, completati da una serie di dati GIS elaborati durante il progetto, è stato inoltre mostrato come i modelli deterministici forniscano risultati decisamente migliori quando viene incorporata l'informazione GIS sui ghiacciai (definizione precisa della linea di flusso)¹⁷. La figura 9 riporta il confronto fra i risultati ottenuti con e senza l'inserimento delle informazioni GIS per il ghiacciaio del Rutor. Il vantaggio di questo metodo è la possibilità di applicarlo ai ghiacciai individuali.

¹⁶ R. Bonanno, C. Ronchi, B. Cagnazzi, A. Provenzale, Glacier response to current climate change and future scenarios in the northwestern Italian Alps. *Regional Environ. Change*, DOI 10.1007/s10113-013-0523-6 (2013).

¹⁷ D. Strigaro, M. Moretti, M. Mattavelli, M. De Amicis, V. Maggi, A. Provenzale, Development of GIS methods to assess glaciers response to climatic fluctuations: a Minimal Model approach. In: *Geomorphometry for Geosciences*, Jasiewicz J., Zwoliński Zb., Mitasova H., Hengl T. (eds), 2015. Adam Mickiewicz University in Poznań, Institute of Geoecology and Geoinformation, International Society for Geomorphometry, Poznań.

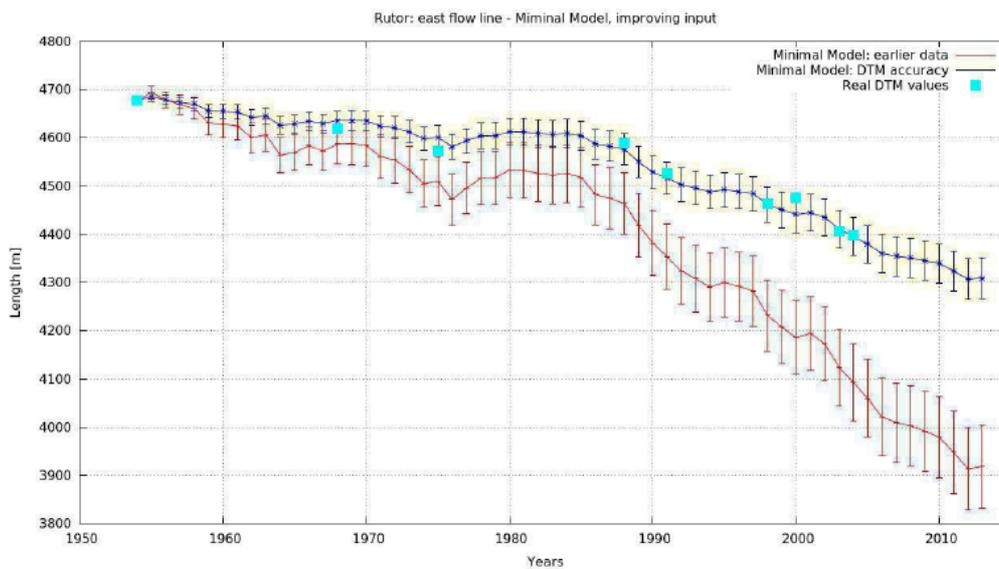


Figura 9. Ghiacciaio del Rutor: Confronto fra il modello minimale standard (rosso), il modello minimale che incorpora l'informazione GIS (in blu) e i punti di misura ottenuti dal DEM.

Il lavoro continuerà con il raffinamento dei modelli deterministici della risposta glaciale, per **sviluppare un quadro completo ed esauriente dell'evoluzione futura delle risorse glaciali delle Alpi italiane nei prossimi decenni.**

17. Esempi di uso dei dati/risultati su ecosistemi e biodiversità:

(17a) modellistica dei cambiamenti della biodiversità animale

Negli scorsi anni, il Parco Nazionale Gran Paradiso (partner di NextData), in collaborazione con il Parco Orsiera-Rocciavré, il Parco Veglia-Devero e, dal 2013, il Parco Nazionale Stelvio, Parco Nazionale Val Grande, Parco Nazionale Dolomiti Bellunesi, ha coordinato campagne di monitoraggio della biodiversità (2006-2007-2008, 2012-2013-2014) di sette taxa animali (Coleoptera Carabidae, Coleoptera Staphylinidae, Hymenoptera Formicidae, Araneae, Lepidoptera Rhopalocera, Orthoptera, Aves), con l'inclusione di informazioni relative alla vegetazione e alla copertura del suolo (analisi floristiche, foto-intepretazione) e di dati micro-climatici (datalogger iButton DS1922). I dati sono stati raccolti con procedure standardizzate e per ciascun set di dati sono stati compilati gli appropriati metadati, seguendo gli standard di GEO/GEOSS e LTER-DEIMS. I dati sono ora in gran parte disponibili e forniscono una stima (punto zero) della biodiversità animale nelle Alpi italiane¹⁸.

L'analisi dei dati 2006-2008 ha rivelato che la proporzione di specie endemiche e/o vulnerabili aumenta significativamente con la quota, come mostrato in figura 10. Tale analisi ha anche permesso di identificare le principali variabili climatiche/fisiche che parametrizzano la biodiversità, permettendo quindi di costruire modelli empirici del livello di biodiversità in funzione dei parametri climatici e geografici (Tabella 3). Infine, l'analisi in componenti principali dei risultati ha mostrato come le farfalle (Lepidoptera Rhopalocera) siano indicatori ottimali della biodiversità degli invertebrati montani. Pertanto, futuri sforzi annuali di monitoraggio saranno rivolti alle farfalle, mentre il monitoraggio completo sarà svolto ogni cinque anni.

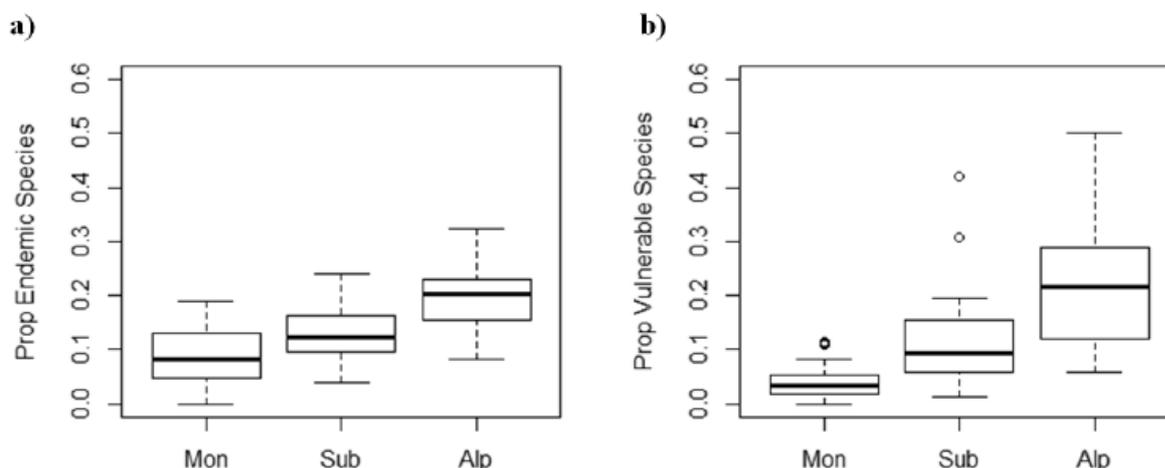


Figura 10. Proporzione di specie endemiche (a) e vulnerabili (b) nei tre orizzonti montano, subalpino e alpino (l'orizzonte alpino è quello a maggiore altitudine).

¹⁸ R. Viterbi, C. Cerrato, B. Bassano, R. Bionda, A. von Hardenberg, A. Provenza, G. Bogliani, Patterns of biodiversity in the northwestern Italian Alps: a multi-taxa approach. *Community Ecology* 14, 18-30 (2013)

	Temperature	Altitude	Belt	Geography	
Carabids	0.228***	(n.s.)	*	***	Controlling for Temperature
Butterflies	0.390***	*	***	***	
Spiders	0.316***	(n.s.)	**	***	
Staphylinids	0.245***	(n.s.)	*	***	
Birds	0.398***	***	***	(n.s.)	
Carabids	***	0.178***	(n.s)	***	Controlling for Altitude
Butterflies	***	0.350***	***	***	
Spiders	***	0.255***	*	***	
Staphylinids	***	0.204***	(n.s)	***	
Birds	(n.s.)	0.523***	***	**	
Carabids	***	**	0.149***	***	Controlling for Belt
Butterflies	***	***	0.354***	***	
Spiders	***	**	0.221***	***	
Staphylinids	***	**	0.149***	***	
Birds	***	***	0.594***	**	
Carabids	***	***	***	0.305***	Controlling for Geography
Butterflies	***	***	***	0.285***	
Spiders	***	***	***	0.237***	
Staphylinids	***	***	***	0.164***	
Birds	***	***	***	0.110*	

Tabella 3. Risultati dei test di Mantel semplici e parziali su 62 plot di monitoraggio. Per i test semplici (in grigio), le correlazioni sono presentate come r-values. La sigla n.s. significa non significativo; * = $p < 0.01$; ** = $p < 0.001$, *** = $p < 0.0001$.

Nella continuazione di NextData, i dati raccolti saranno utilizzati per **analizzare e confrontare le situazioni misurate nel triennio 2012-2014 rispetto a quelle 2006-2008, e saranno sviluppati modelli predittivi della biodiversità in diversi scenari di cambiamenti climatico e ambientale.**

(17b) impatto della variabilità climatica e della concentrazione di ozono su specie vegetali

Nel periodo 2012 – 2016, sono stati condotti studi, con l'ausilio delle osservazioni condotte presso la Stazione Globale GAW-WMO di Monte Cimone, per investigare l'impatto della variabilità di parametri meteo-climatici (temperatura, copertura nevosa, occorrenza di ondate di calore) sulla fioritura di specie alpine (*Carex foetida*, *Leucanthemopsis alpina*, *Senecio incanus*, *Silene suecica*) e di popolazioni orotrofiche isolate (*A. alpinus* and *V. cusnae*) nell'Appennino settentrionale. A partire dalle osservazioni condotte presso la stazione, sono stati effettuati studi di laboratorio per valutare l'effetto dell'esposizione a concentrazioni di ozono tipiche delle ondate di calore sulla capacità di germinazione di piante Alpine tipiche dell'Appennino settentrionale. Tali studi hanno mostrato come i dati relativi alle osservazioni atmosferiche ed ai campionamenti botanici possano fornire informazioni per valutare l'impatto dei cambiamenti climatici e della variabilità della composizione dell'atmosfera sulle specie alpine e sulla loro risposta di adattamento alle variazioni climatiche in ambiente montano.

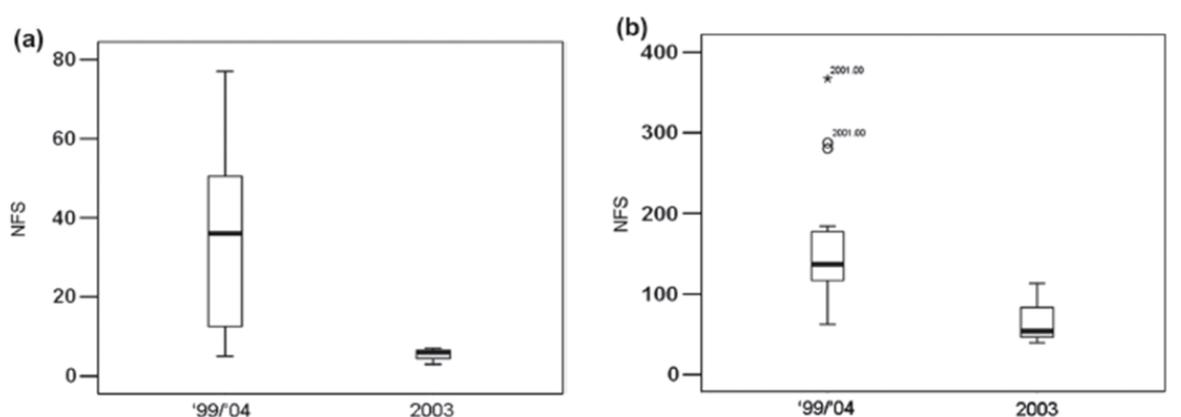


Figura 11. Confronto fra il numero di steli con fioritura (NFS) nel 2003 (ondata di calore) e nel resto della serie temporale per (a) NFS of *Alopecurus alpinus*, (b) NFS of *Vicia cusnae*.

18. Esempi di uso dei dati/risultati su ricostruzioni climatiche: curve dendroclimatiche (1610-2008 AD) e temperature estive sulle Alpi in epoca pre-strumentale

Le caratteristiche degli anelli di accrescimento degli alberi dipendono strettamente dall'ambiente in cui le piante hanno vissuto. Gli anelli di accrescimento forniscono lunghe serie di dati ad alta risoluzione, utilizzabili per l'elaborazione e validazione di modelli climatici; sono quindi dati *proxy* ampiamente utilizzati a scala sia locale sia regionale per lo studio del cambiamento climatico¹⁹. La sensitività di alcune specie arboree alle condizioni climatiche è particolarmente evidente negli ambienti estremi, laddove i parametri climatici diventano i principali fattori limitanti l'accrescimento²⁰. Nella parte superiore della fascia arborea subalpina, in corrispondenza della *treeline*, le temperature estive giocano un ruolo primario nell'accrescimento e gli alberi situati in questo ambiente sono utilizzabili per la ricostruzione delle temperature medie estive anche nel periodo pre-strumentale.

Nel Gruppo Adamello-Presanella sono state costruite cinque cronologie di larice (*Larix decidua* Mill.) (riferite ad altrettanti settori del massiccio) che si estendono nel passato fino al 1550 AD (i dati sono liberamente scaricabili dal sito: <https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/paleoclimatology-data/datasets/tree-ring>²¹).

Sulla base di queste cronologie sono state condotte analisi dendroclimatiche, utilizzando per confronto il dataset HISTALP²² (<http://www.zamg.ac.at/histalp>).

I risultati ottenuti hanno confermato che le temperature di giugno, luglio e agosto sono il fattore climatico limitante l'accrescimento del larice alla *treeline* anche nelle Alpi Retiche (figura 12).

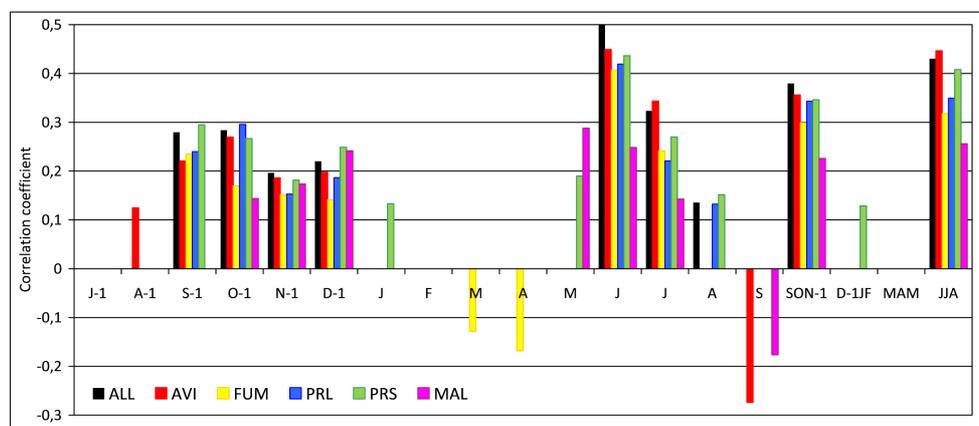


Figura 12. Coefficienti di correlazione (r) calcolati tra le cinque cronologie, la cronologia media totale (ALL) e le temperature medie mensili e stagionali durante il periodo 1878–2004. Sono mostrati solo i risultati statisticamente significativi (significance test: 95% percentile range, pb 0.05), da Coppola et al. 2012, modificato.

¹⁹ Fritts, H.C., 1976. *Tree Rings and Climate*. Academic Press, London; Fritts, H.C., 1991. *Reconstructing Large-Scale Climate Patterns from Tree-Ring Data*. University of Arizona Press, Tucson.

²⁰ Schweingruber, F.H. 1996. *Tree rings and environment*. Dendroecology. Swiss Federal Institute for Forests, Snow and Landscape Research Birmensdorf and Paul Haupt-Verlag, Bern, Stuttgart, Vienna.

²¹ Coppola, A., Leonelli, G., Salvatore, M. C., Pelfini, M., Baroni, C.: Weakening climatic signal since mid-20th century in European larch tree-ring chronologies at different altitudes from the Adamello-Presanella Massif (Italian Alps), *Quaternary Res.*, 77, 344–354, doi:10.1016/j.yqres.2012.01.004, 2012.

²² Auer, I., et al., 2007. HISTALP — historical instrumental climatological surface time series of the Greater Alpine Region. *International Journal of Climatology* 27, 1–46.

Il data set dendrocronologico del larice per il Gruppo Adamello-Presanella ha rivelato ottime potenzialità per il suo successivo utilizzo come *proxy* climatico. Infatti, è stato possibile ricostruire le variazioni delle temperature medie estive per il periodo compreso tra il 1610 e il 2008²³. La serie delle temperature ricostruite traccia in modo evidente gli episodi più freddi della Piccola Età Glaciale (1813, 1816 e 1821 AD) e registra il recente trend di crescita delle temperature, che seguono fedelmente le registrazioni strumentali (figura 13).

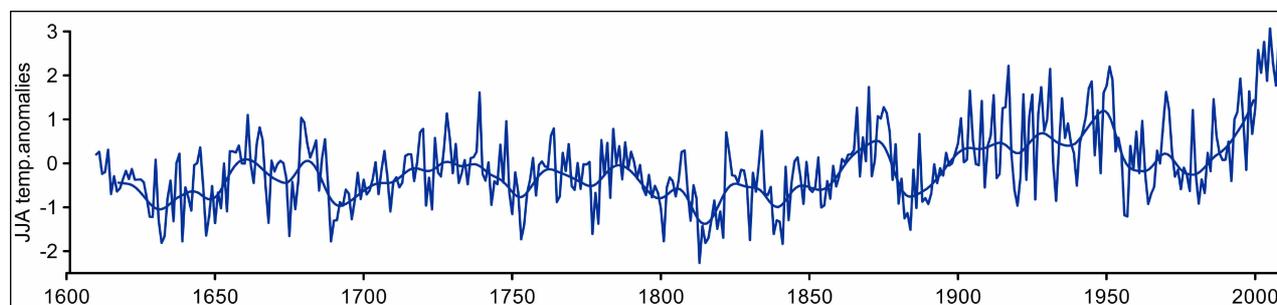


Figura 13. La ricostruzione delle anomalie delle temperature medie estive per il Gruppo Adamello-Presanella dal 1610 al 2008. L'andamento generale è rappresentato da un filtro passo basso a 20 anni, da Coppola et al 2013.

La prosecuzione delle ricerche prevede l'utilizzo di ulteriori tecniche d'indagine dendroclimatica, basate sia sull'acquisizione distinta delle ampiezze del legno primaticcio e del legno tardivo (*early- & late- wood*) sia di misure di densità (*blue intensity*), al fine di ottenere un segnale dendroclimatico differenziato relativo, rispettivamente, ai mesi di avvio della fase vegetativa e a quelli immediatamente precedenti alla fase di quiescenza. Questo approccio consentirà una maggiore risoluzione del dato dendrocronologico e, grazie alle misure di densità, anche una maggiore accuratezza delle ricostruzioni dendroclimatiche.

Ulteriori campionamenti consentiranno di estendere indietro nel tempo le curve dendroclimatiche, almeno fino ad abbracciare le prime fasi della Piccola Età Glaciale.

Curve dendrocronologiche Adamello-Presanella (ITRDB, international tree rings data base):
<https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/paleoclimatology-data/datasets/tree-ring>

accesso diretto alle 4 curve (singolarmente):

https://www.ncdc.noaa.gov/cdo/f?p=519:1:1:::P1_STUDY_ID:19878

https://www.ncdc.noaa.gov/cdo/f?p=519:1:0:::P1_STUDY_ID:19877

https://www.ncdc.noaa.gov/cdo/f?p=519:1:1:::P1_STUDY_ID:19875

https://www.ncdc.noaa.gov/cdo/f?p=519:1:1:::P1_STUDY_ID:19876

²³ Coppola, A., Leonelli, G., Salvatore, M.C., Pelfini, M., Baroni, C. Tree-ring- Based summer mean temperature variations in the Adamello-Presanella Group (Italian Central Alps), 1610-2008 AD (2013) *Climate of the Past*, 9 (1), pp. 211-221.

19. Attività di formazione

Il progetto NextData ha svolto negli scorsi anni e continuerà a svolgere attività di formazione sui temi del monitoraggio e della misura in regioni montane, sull'archiviazione e fruibilità dei dati, sulla modellistica numerica, sulla ricerca sull'ambiente montano e sulla comprensione e caratterizzazione dei cambiamenti climatici e dei relativi impatti su ciclo idrologico ed ecosistemi.

Sono state e saranno attivate Borse di Studio e Assegni di Ricerca, presso il CNR, l'Università e gli altri Enti coinvolti, che permetteranno la formazione di giovani ricercatori sui temi del progetto. Sono state sia attivate borse di Dottorato di Ricerca, finanziate da NextData mediante convenzioni con le Università, sia borse di Dottorato di Ricerca finanziate direttamente dalle Università. Sono stati e saranno svolti corsi di II livello per la Laurea Magistrale, e corsi di III livello per il Dottorato di Ricerca, che includeranno alcuni dei temi del progetto NextData. Sono state svolte e sono in corso Tesi di Laurea Magistrale e di Dottorato presso gli Enti partecipanti al progetto.

In totale, finora il progetto ha finanziato (sui fondi 2012 e 2013):

- 5 Borse di Dottorato di Ricerca
- 10 Borse di Studio
- 28 Assegni di Ricerca

Particolare importanza avrà anche lo svolgimento di corsi intensivi, di tipo residenziale, sui temi del progetto e destinati a dottorandi, post-doc e giovani ricercatori. I corsi saranno tenuti da ricercatori coinvolti nel progetto e da docenti esterni, con competenze di eccellenza nelle tematiche di interesse del progetto NextData. In questo contesto, sono state organizzate tre scuole estive di perfezionamento scientifico nell'ambito della scuola internazionale "Fundamental Processes in Geophysical Fluid Dynamics and the Climate System" a Valsavarenche (AO), intitolate "Climate change and the mountain environment" (2013), "Dynamics, Stochastics and Predictability of the Climate System" (2014) e "Cross-scale interactions in the coupled geosphere-biosphere system" (2016).

Negli ultimi due anni di progetto saranno poste le basi per la realizzazione di una scuola internazionale di ricerca sull'ambiente montano, che terrà corsi periodici residenziali sugli argomenti scientifici affrontati in NextData. Questa scuola avrà una struttura composta da un coordinatore e da un consiglio scientifico, composto da ricercatori con competenze di eccellenza, sia partecipanti al progetto sia provenienti da Enti esterni e da istituzioni di altre nazioni.

20. Attività di divulgazione e restituzione dei risultati

Qualunque progetto scientifico finanziato con fondi pubblici deve essere in grado di "restituire" i risultati e le informazioni ai cittadini, mediante attività di disseminazione e divulgazione a livelli diversi e con tipologie differenziate in base all'uditorio.

Parallelamente alle ricerche scientifiche e alle pubblicazioni tecniche specializzate il progetto NextData sviluppa un insieme di strategie di disseminazione delle tematiche e dei risultati, attraverso seminari pubblici presso musei, associazioni di cittadini e nell'ambito di eventi di divulgazione, attraverso articoli divulgativi su riviste per il grande pubblico e mediante un'area dedicata, aggiornata continuamente, del sito web del progetto. Sono anche organizzati seminari didattici presso le scuole secondarie. Inoltre il Progetto NextData ha patrocinato importanti congressi nazionali:

- Congresso dell'Associazione Italiana per lo Studio del Quaternario (AIQUA) 2013. L'Ambiente Marino Costiero del Mediterraneo oggi e nel recente passato geologico: conoscere per comprendere. Napoli 19-21 Giugno 2013.
- La variabilità climatica in Italia negli ultimi 2000 anni - Italy 2k. Accademia Nazionale dei Lincei 1-2 Dicembre 2014, Roma.

E' stato realizzato, insieme all'Accademia delle Scienze di Torino, un volume sui mutamenti climatici che raccoglie i contributi di un grande numero di ricercatori²⁴.

E' stato realizzato un documentario sugli ecosistemi d'alta quota, visibile sul sito web, è stata realizzata una mostra fotografica sui laghi d'alta quota del Parco Nazionale Gran Paradiso ed è in preparazione una grande mostra fotografica sugli ecosistemi montani italiani, che circolerà nelle principali sedi museali ed espositive italiane.

E' stata organizzata una giornata sui cambiamenti dell'ambiente montano presso il Parlamento Europeo a Bruxelles, in collaborazione con la *European Climate Research Alliance*, e due *side events* sulla ricerca in montagna e sul fenomeno dell'*Elevation Dependent Warming* durante le Assemblee Generali della *European Geosciences Union*.

Il progetto NextData ha contribuito alla realizzazione della prima edizione dell'iniziativa di *citizen science* "Cammini LTER" (2015), nella quale ricercatori dei siti della rete LTER e cittadini hanno percorso itinerari tra siti di ricerca ecologica a lungo termine, con attività di sensibilizzazione e ricerca. Tali iniziative continueranno nei prossimi due anni.

Negli ultimi due anni del progetto, oltre alla continuazione delle attività di seminari pubblici e articoli divulgativi, sono previste le seguenti attività di disseminazione:

- Costruzione di un'area dedicata al "glossario del clima e dell'ambiente montano" sul sito web del progetto, per fornire informazioni precise, rigorose ma comprensibili delle terminologie e dei concetti utilizzati nella ricerca sul clima (cosa è il clima? cosa significa "sicurezza climatica"? cosa è un modello climatico e come è costruito? cosa sono i "servizi ecosistemici"? e così via).

²⁴ A. Provenzale (curatore), Il mutamento climatico. Processi naturali e intervento umano. Società editrice Il Mulino, Bologna (2013)

- Preparazione di un volume divulgativo sull'ambiente e sugli ecosistemi montani, che incorpori immagini di alta qualità e testi semplici ma rigorosi.
- Realizzazione di un "Museo virtuale del Paleoclima", che permetta la fruizione delle informazioni e dei risultati in ambiente virtuale navigabile, come contributo alla realizzazione di un Museo Virtuale delle Scienze della Terra e dell'Ambiente, collegato agli archivi fisici di carote di ghiaccio e di carotaggi sedimentari.

21. Impatto sociale/utilità sociale dei risultati del progetto NextData

Gli argomenti affrontati da NextData e i dati, i risultati e le informazioni prodotte sono cruciali per stimare lo stato e i cambiamenti passati, presenti e futuri nelle aree montane italiane, con particolare attenzione per i temi centrali delle risorse idriche, degli ecosistemi e dei servizi ecosistemici e idrici forniti dalle regioni montane, fra i più rilevanti dal punto di vista ambientale, sociale ed economico. I risultati di NextData costituiranno una base di informazioni essenziali per lo sviluppo di efficaci politiche di **gestione e conservazione dell'ambiente montano**, per la **corretta stima dei cambiamenti climatici in atto** e per lo **sviluppo di strategie di adattamento e mitigazione del rischio** in aree montane.

Alcuni esempi specifici includono:

1. Monitoraggio e proiezioni future della copertura nevosa e dei ghiacciai: la copertura nevosa e l'estensione dei ghiacciai sulle Alpi sono in costante diminuzione. Questo fatto, unitamente all'aumento delle temperature, che è spesso più intenso e accelerato alle alte quote rispetto alle regioni circostanti, comporta effetti significativi sulla fenologia della vegetazione, sulla dinamica degli ecosistemi, sulla stagionalità e disponibilità delle risorse idriche, e comporta potenziali conseguenze negative sul turismo. Il progetto NextData fornirà un database di copertura nevosa e di estensione dei ghiacciai sulle Alpi, sia in siti campione sia, a risoluzione minore, sull'intero arco alpino, che permetterà di valutare le migliori strategie di gestione delle risorse ambientali. Queste ricerche sono svolte in collaborazione con enti territoriali (p.es. ARPA), con il Comitato Glaciologico Italiano, con la GEO Initiative GEO-GNOME e con il Belmont Forum per ottenere risultati di interesse pratico e di respiro internazionale.

2. Monitoraggio e proiezioni future della disponibilità di risorse idriche sotterranee: già attualmente, e ancora di più ci si aspetta in futuro, le risorse idriche per uso potabile verranno in massima parte dalle acque sotterranee (falde, acquiferi porosi e in roccia), che sono peraltro molto sensibili agli inquinamenti provenienti dalla superficie e alle possibili contaminazioni in seguito ad emungimenti eccessivi (intrusioni saline sulla costa, risalita di acque idrotermali profonde). E' pertanto essenziale valutare i cambiamenti in corso (come quantità e qualità) delle risorse idriche sotterranee e sviluppare scenari futuri sulla loro disponibilità. Tali ricerche sono svolte utilizzando i dati raccolti e i modelli implementati durante il progetto e in collaborazione con enti territoriali di gestione delle acque potabili e con la European Climate Research Alliance, in sinergia con le attività del Working Group "The Future of Water" del Progetto Interdipartimentale CNR "Science and Technology Foresight".

3. Monitoraggio di indicatori biologici per i servizi ecosistemici e la biodiversità in aree protette selezionate: I risultati dei monitoraggi della biodiversità montana e dei censimenti di popolazioni animali e vegetali, nonché dei flussi di acqua e carbonio fra suolo, vegetazione e atmosfera negli ambienti montani, forniscono un quadro continuamente aggiornato dello stato dei servizi ecosistemici montani, ovvero di quei benefici ambientali, economici, culturali e ricreativi che gli ecosistemi montani in condizioni integre sono in grado di fornire alla società. Lo sviluppo di modelli di ecosistema, di dinamica di popolazione e di servizi ecosistemici per specifici ambienti montani permette di avere proiezioni sullo stato degli ecosistemi in scenari futuri di cambiamento climatico e ambientale (incluso anche l'effetto dell'introduzione di specie alloctone). Tali ricerche sono condotte in stretto contatto con i gestori delle aree protette montane (in primis, il Parco Nazionale Gran Paradiso), con

programmi internazionali quali la GEO Initiative GEO-ECO e con il progetto europeo H2020 ECOPOTENTIAL. I risultati permetteranno di meglio definire e affinare le strategie di gestione e conservazione per l'ambiente montano e per le aree protette montane.

4. Monitoraggio della composizione dell'atmosfera e delle variazioni climatiche con una rete di stazioni remote: la Stazione Globale GAW-WMO di Monte Cimone e la rete di stazioni climatiche montane forniscono informazioni aggiornate sulla composizione dell'atmosfera, sull'inquinamento e sui rischi per la salute in specifiche regioni rappresentative del territorio nazionale e del bacino del Mediterraneo. Questi dati, ed in particolare quelli relativi ai composti clima-alteranti acquisiti nelle stazioni GAW-WMO, sono parte integrante dei Data Centres del GAW-WMO. L'implementazione di queste misure risulta un patrimonio unico da salvaguardare ed integrare per promuovere: (i) analisi delle tendenze dei composti clima-alteranti ed inquinanti, (ii) stima delle loro emissioni, (iii) verifica dei trattati internazionali, (iv) servizi di *early-warning*, (v) supporto ad attività di verifica di modelli atmosferici e di interpretazione di dati da satellite. Attraverso il monitoraggio continuativo, tali osservazioni permettono di caratterizzare le condizioni di fondo atmosferico e la variabilità di numerosi composti inquinanti e clima-alteranti. In particolare, le informazioni inerenti i gas serra, rappresentano un contributo nazionale al programma "Integrated Global GHG Information System (IG₃IS)" definito dal WMO come azione di supporto alla UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) per quantificare i progressi degli accordi di riduzione delle emissioni, ridurre le incertezze degli attuali inventari di emissione e suggerire ulteriori azioni di mitigazione. In sinergia con studi modellistici ed osservazioni da satellite, tali informazioni possono inoltre contribuire a meglio definire l'impatto delle variazioni su lungo termine e durante eventi "acuti" (es. ondate di calore) di composti inquinanti/clima-alteranti (es. ozono, *black carbon*) sulla biodiversità ed i servizi ecosistemici in ambiente montano e sulla copertura nevosa e glaciale. Inoltre, il monitoraggio di SLCF/P (*short - lived climate forcers / pollutants*) eseguito dalla Rete climatica integrata in alta quota potrà supportare la definizione di strategie di mitigazione per ridurre i cambiamenti climatico a scala regionale e globale nei prossimi decenni, come suggerito dal Programma Ambientale delle Nazioni Unite (UNEP).

5. Disponibilità di scenari climatici disaggregati per le aree montane: poiché non è possibile includere nel progetto tutte le possibili tipologie di impatto dei cambiamenti climatici, il progetto NextData fornirà un insieme di scenari climatici, a risoluzione spaziale fino a 1 km, di temperatura e precipitazione per le aree montane italiane, utilizzando diverse tecniche (dinamiche, statistiche, stocastiche) di disaggregazione delle proiezioni climatiche. In questo modo, verrà costruito un database che potrà essere utilizzato dagli utenti (comunità scientifica, decisori, gruppi di interesse pubblico e privato) per valutare specifiche tipologie di impatto e di conseguenza sviluppare le migliori strategie di adattamento e mitigazione ai cambiamenti climatici. Il progetto produrrà anche un glossario, a uso del pubblico, che illustra in modo semplice ma rigoroso i principali concetti della dinamica del clima, dei modelli climatici e della valutazione degli impatti dei cambiamenti climatici.

6. Ricostruzioni climatiche in Italia per gli ultimi millenni: Scopo di questa parte importante del progetto NextData è la definizione della variabilità climatica in Italia negli ultimi millenni, fornendo una stima delle variazioni di temperatura, precipitazione e caratteristiche ambientali del recente passato geologico. Il confronto tra *proxy* (dati vicarianti) provenienti da sorgenti diverse, ma in un quadro cronologico ad alta risoluzione, permetterà di fornire un nuovo quadro conoscitivo sulla storia climatica dell'Italia nel contesto del Mediterraneo. La carta della variabilità climatica in Italia negli ultimi duemila

anni permetterà di valutare in modo corretto i cambiamenti in corso e attesi per i prossimi decenni, inserendoli nel contesto della variabilità climatica naturale in Italia. Questi risultati forniranno importanti informazioni sugli eventi climatici estremi degli ultimi secoli e permetteranno ai decisori politici e ai gestori del territorio di avere a disposizione una migliore stima degli effetti antropici diretti, al fine di sviluppare strategie di adattamento e mitigazione del rischio più appropriate.

7. Ricostruzioni della variabilità della circolazione del Mare Mediterraneo tramite tecniche di rianalisi per i passati 60 anni. Tale serie temporale permetterà di controllare i cambiamenti del livello del mare, della temperatura e della salinità su tutto il Mare Mediterraneo, individuando indicatori marini del cambiamento a sostegno dell'implementazione della Direttiva Europea sulla Strategia per l'ambiente Marino da implementarsi entro il 2020.

In generale, le attività scientifiche del progetto NextData sono svolte in collaborazione e contatto con il personale di enti di gestione (ARPA, Regioni, enti di gestione delle acque, aree protette), alcuni dei quali sono partner progettuali, per poter sempre verificare l'utilità concreta dei risultati ottenuti e delle linee di ricerca perseguite.

22. Prospettive future del Progetto NextData

I risultati del progetto NextData saranno incorporati in altri programmi/progetti internazionali e nazionali, quali le GEO Initiatives **GEO-GNOME** e **GEO-ECO**, nel GEOSS Data Core e GEO Common Infrastructure, in ECRA, nel Belmont Forum, nel progetto europeo H2020 ECO-POTENTIAL, nella ERA-NET sui Climate Services ERA4CS, nel progetto ERC TIMED, nelle attività GAW-WMO, nel SDS-WAS WMO, in ACTRIS-RI ed in IG³IS, nel programma HYdrological cycle in the Mediterranean EXperiment (HyMeX) e nel **progetto "Science and Technology Foresight" del CNR**. Le attività svolte durante il progetto NextData permettono di rafforzare la comunità scientifica italiana che si occupa di cambiamenti dell'ambiente montano e di variazioni climatiche nell'Olocene, fornendo una base per futuri progetti nazionali e internazionali, inclusi **PAGES-2k** sulle ricostruzioni paleoclimatiche e i **progetti cluster del MIUR e le infrastrutture di ricerca nazionali ed europee**. Specifici esempi di tematiche da sviluppare grazie ai risultati del progetto NextData, che potranno portare a future proposte progettuali dedicate, sono:

1. Lo studio a tutto campo (geologico, ambientale, climatico) di *supersite vulcanici* quali il Monte Etna, i vulcani islandesi e i vulcani della Azzorre. Questa idea, da sviluppare in una collaborazione fra CNR e INGV e diverse Università, sarà dedicata allo studio della dinamica geologica, idrologica, ecologica, ambientale e climatica degli ambienti montani più simili alle condizioni della Terra primigenia.
2. La definizione di nuovi e più precisi indicatori biologici e ambientali per l'analisi dei cambiamenti negli ecosistemi e nella biodiversità montana, con particolare riferimento alla praterie d'alta quota, alle popolazioni di erbivori selvatici e alle interazioni domestici-selvatici, basati sull'utilizzo del concetto di *Essential Variables (Essential Climate Variables e Essential Biodiversity Variables)* e sull'analisi di dati satellitari ad alta risoluzione (Sentinel), in sinergia con GEO-ECO, con GEO BON e con il progetto H2020 ECO-POTENTIAL.
3. La stima dei cambiamenti del ciclo idrologico e delle risorse idriche attuali e future in Italia. Questo progetto potrà fornire informazioni sui possibili rischi idrogeologici e idrometeorologici e sulla disponibilità di risorse idriche in relazione ai cambiamenti globali in corso e attesi per i prossimi decenni, identificare le opportunità e favorire lo sviluppo di tecnologie e metodologie innovative per la previsione, la prevenzione e la mitigazione dei rischi, fornendo supporto alla definizione di strategie di gestione, adattamento e sviluppo.
4. Le relazioni tra vegetazione (pollini e dendrocronologia *in primis*, integrate con altre serie di alta montagna) e clima ottenute nel progetto NextData potranno essere utilizzate per ottenere scenari della vegetazione, in aree con dati limitati, discontinui o mancanti, e per riempire possibili mancanze nelle serie di dati *proxy*, aumentando così la risoluzione spaziale e temporale delle ricostruzioni climatiche ed ambientali italiane.
5. La definizione di progetti di sviluppo di prodotti satellitari specificamente dedicati all'ambiente montano e in grado di incorporare le informazioni fornite dai satelliti Sentinel della European Space Agency, da condurre in sinergia con ESA e con il programma Copernicus. Significative risultano le attività di monitoraggio continuative su lungo periodo della composizione dell'atmosfera in aree montane. Tali informazioni possono essere utilizzati per la verifica di modelli previsionali e per attività di verifica (*ground-truthing*) o interpretazione di dati satellitari.