

Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca

Programma Nazionale di Ricerche in Antartide



Programmazione strategica per il triennio 2014-2016

A cura della Commissione Scientifica Nazionale per l'Antartide

Roma, giugno 2014

Commissione Scientifica Nazionale per l'Antartide

costituita con Decreto MIUR Prot. 498 del 22 agosto 2011,
Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca, P.le Kennedy 20, 00144 Roma

presidente@csna.it / segreteria@csna.it

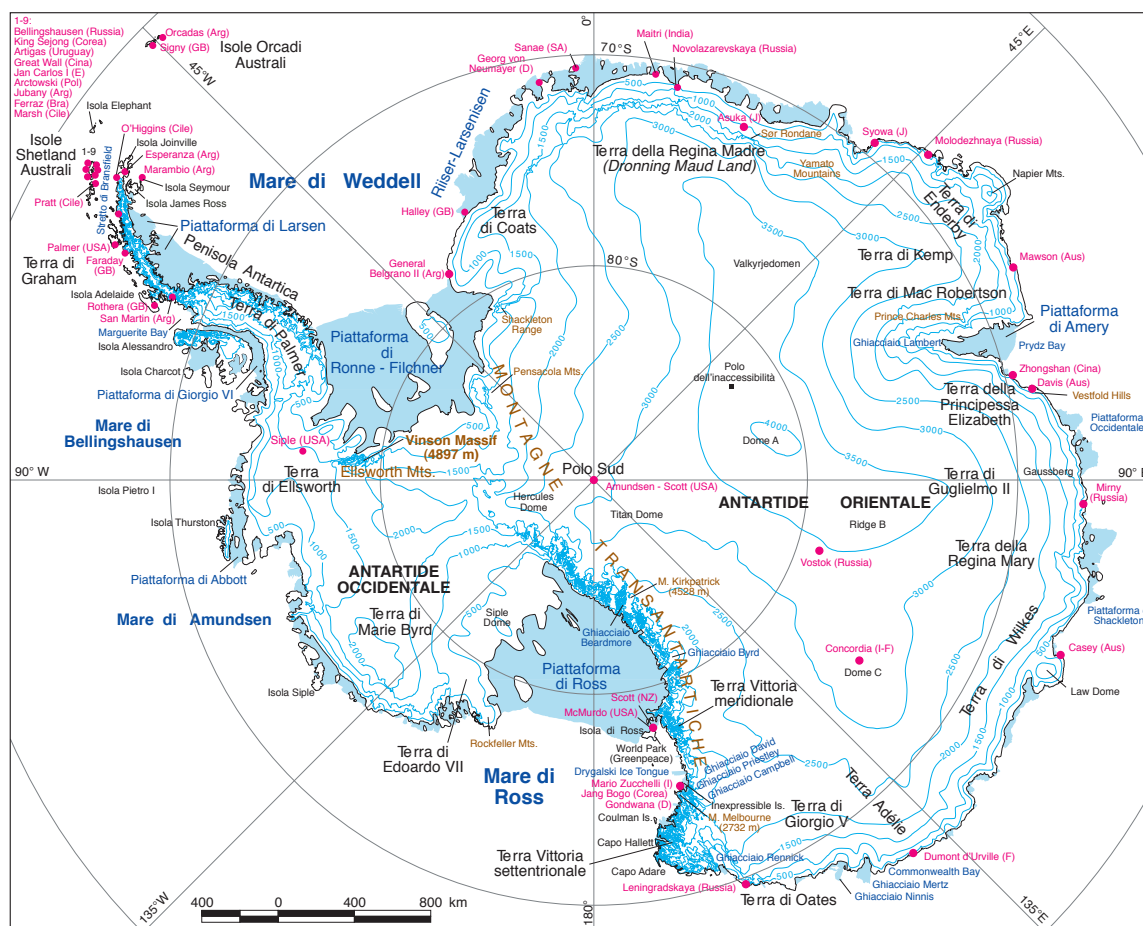
www.csna.it

- **Alleva Enrico**, Istituto Superiore di Sanità, Roma
- **Barbante Carlo**, Università degli Studi di Venezia
- **Bersanelli Marco**, Università degli Studi di Milano
- **Carta Alessio**, Stato Maggiore Difesa – *dimissionario da gennaio 2014*
- **Cavarretta Giuseppe**, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Roma
- **Cescon Paolo**, Università degli Studi di Venezia
- **Ciccioli Paolo**, CNR Istituto di Metodologie Chimiche, Roma
- **De Bernardis Paolo**, Università degli Studi di Roma "La Sapienza"
- **De Santis Laura**, Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale OGS, Trieste
- **Frezzotti Massimo**, ENEA Roma
- **Lucarelli Paola**, Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del Mare – *dimissionaria da maggio 2013*
- **Meloni Antonio**, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Roma
- **Onofri Silvano**, Università degli Studi della Tuscia, Viterbo
- **Pompilio Massimo**, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Pisa
- **Ricci Carlo Alberto**, Università degli Studi di Siena
- **Turroni Sauro**, Ministero degli Affari Esteri, Roma

**PNRA –
Programmazione strategica per il triennio 2014-2016**

Indice

Sommario	5
Premessa	7
1 - Il contesto.....	9
2 – Le regioni polari	9
3 – Le grandi sfide scientifiche globali, la ricerca polare nell’orizzonte 2020 e oltre	10
3.1 Questioni globali e ricerca polare	10
3.2 Le strategie internazionali per la scienze e la logistica in Antartide.....	10
4 – Le strategie del PNRA nell’orizzonte 2020.....	13
4.1 Le iniziative a carattere scientifico	13
4.2 Le iniziative a carattere operativo-logistico.....	15
4.3 Le iniziative verso la costituzione di un’entità polare nazionale	16
5 - Le strategie del PNRA per il triennio 2014-2016	17
5.1 Priorità scientifiche.....	17
5.2 Sistema degli osservatori permanenti	29
5.3 Potenziamento dell’internazionalizzazione	30
5.4 Tipologia delle attività di ricerca	31
5.5 Specificità e diversificazione dei bandi pubblici per nuove proposte di ricerca	31
5.6 Il processo meritocratico di valutazione e selezione delle attività di ricerca	31
6 – Infrastrutture di supporto	33
6.1 Infrastrutture di supporto e operatività in Antartide.....	33
6.2 Infrastrutture di supporto alla ricerca in Italia	34
7 – Organismi nazionali ed internazionali	36
7.1 Organismi nazionali.....	36
7.2 Organismi internazionali	36
8 – Previsione del fabbisogno finanziario	37
Allegati	39
Allegato A: Esito del bando PNRA 2013	
Allegato B: Cronogramma schematico per la programmazione strategica del PNRA	
Allegato C: Linee ed indirizzi per i PEA da attuare nel triennio 2014-2016	
Allegato D: Glossario, acronimi e siti internet	



Geografia dell'Antartide (in rosso le stazioni scientifiche)



Un momento della ricerca sul ghiaccio

PROGRAMMA NAZIONALE DI RICERCHE IN ANTARTIDE

Programmazione strategica per il triennio 2014-2016

Sommario

Nel predisporre la programmazione scientifica e finanziaria del Programma Nazionale di Ricerche in Antartide (PNRA) per il triennio 2014-2016, ci si è basati sulle linee di indirizzo strategico del Governo espresse nel Programma Nazionale di Ricerca 2011-2013 (l'ultimo pubblicato) e su quelle definite dagli organismi di coordinamento scientifico internazionale quali lo *Scientific Committee on Antarctic Research* (SCAR) e l'*European Polar Board* (EPB).

Il Programma Nazionale di Ricerche in Antartide, anche con la finalità di massimizzare l'utilizzo delle risorse è impostato con criteri che vedono le ricerche orientate in modo da razionalizzare le attività e contenere la presenza di personale in campagna, dare impulso alle attività da svolgere in laboratorio e potenziare la collaborazione internazionale da svilupparsi con diverse strategie che vanno dalla partecipazione ad iniziative di grande respiro scientifico e/o rilevante impegno logistico al sostegno alle attività di ricerca promosse e condotte in contesti che prevedano l'utilizzo di piattaforme fisse e mobili di altri paesi.

Il presente programma triennale, da un lato, si pone in continuità con il precedente (2012-2014), adottandone le principali priorità scientifiche mantenendo gli obiettivi dell'anno 2014, e, dall'altro, tende a favorire lo sviluppo di ricerche innovative e di ampio respiro in contesti di iniziative internazionali, alcune in un orizzonte temporale che guarda il 2020 e oltre. L'esigenza di ridefinire la collocazione e le strategie internazionali del PNRA è posta sia dalla scadenza dell'accordo intergovernativo con la Francia, sia dal mutato quadro internazionale nel Mare di Ross e le conseguenti possibili sinergie che si prospettano per i trasporti marittimi ed aerei, sia dalla prospettiva di partecipare a progetti internazionali di grande rilevanza. Questi aspetti sono tutti presi in considerazione nel presente piano triennale, anche al fine di consolidare il processo di rilancio del PNRA, avviato nel 2009, e di confermare la ricerca italiana in Antartide come una "eccellenza" scientifica e tecnologica del paese alla quale concorrono istituzioni politiche, Università ed enti di pubblici di ricerca e imprenditoria nazionale.

Il programma del triennio prevede l'esecuzione di spedizioni scientifiche in Antartide, con attività da svolgere sia presso stazioni scientifiche antartiche sia italiane sia di altri paesi, sia nell'ambito di campagne oceanografiche di tipo fisico e chimico, biologico-ecologico e geologico-geofisico in diverse aree dell'Oceano Meridionale. Per i possibili e opportuni confronti e correlazioni bi-polari sono previste anche attività nella regione artica.

Il fabbisogno finanziario del PNRA per il triennio 2014-2016 è stimato in complessivi **74 milioni di Euro**.



Stazione Concordia sul plateau polare



Pinguini imperatore in marcia

Premessa

La drastica contrazione dei finanziamenti al Programma Nazionale di Ricerche in Antartide (PNRA) nel periodo 2006-2008 ha determinato una grave discontinuità nelle attività italiane in Antartide, rispetto ai venti anni precedenti, che è culminata nell'assenza praticamente totale della partecipazione italiana alle attività di ricerca dell'*International Polar Year 2007-2009*.

Nel 2009 il Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (MIUR) ha approvato un programma strategico di attività di ricerca in Antartide in una prospettiva bipolare per il triennio 2009-2011 teso a favorire l'aggancio della comunità scientifica nazionale all'*International Polar Year - legacy phase*. Con il Programma esecutivo annuale (PEA) 2009 è stato avviato il rilancio del PNRA. Dopo un'interruzione di quattro anni è stato lanciato un bando per la raccolta di nuove proposte di ricerca nel contesto delle priorità scientifiche individuate nel programma triennale.

I finanziamenti assegnati annualmente nel 2009, 2010 e 2011 sono stati decisamente inferiori a quanto previsto nel programma triennale. Inoltre l'emanazione del decreto interministeriale del 30/09/2010, che ha ridisegnato la struttura organizzativa del PNRA, ha determinato alcune problematiche che hanno condizionato sia la continuità dell'azione programmatica sia di quella attuativa.

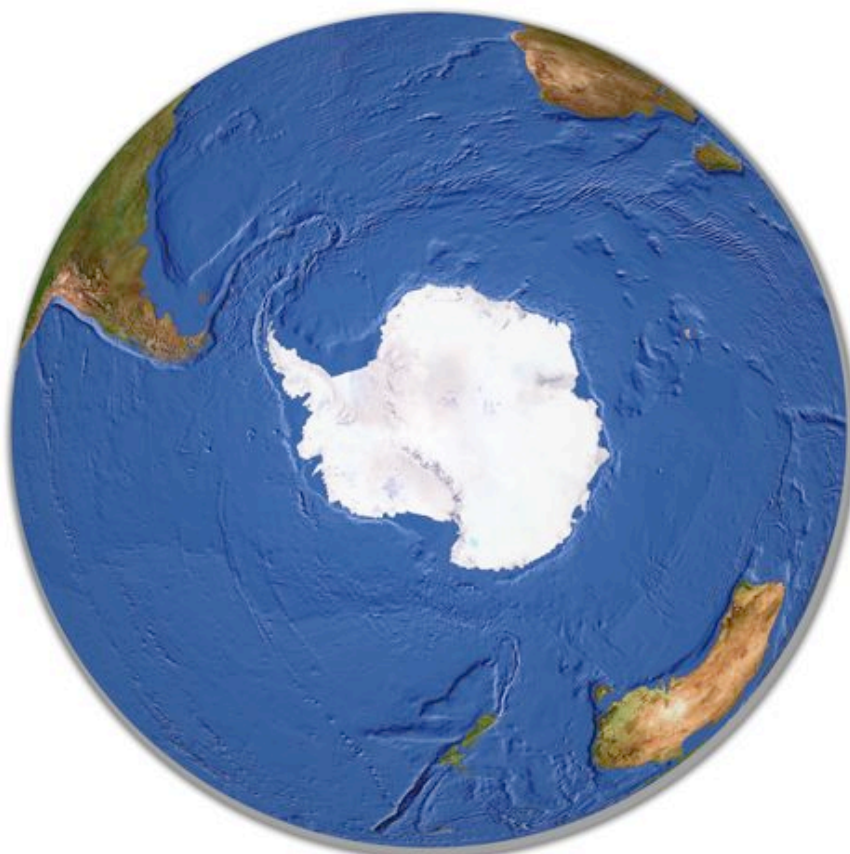
Il programma triennale 2012-2014 era orientato a garantire la conclusione di quanto programmato per il 2009-2011 e non realizzato e a consolidare l'azione di rilancio del PNRA avviata nel 2009. Nel 2013 il MIUR ha emanato un bando per la raccolta di proposte di ricerca con un finanziamento complessivo di 6,85 milioni di Euro al quale sono state presentate oltre 170 proposte di ricerca fra le quali ne sono state selezionate 89.

Il programma triennale 2014-2016 segue le linee di indirizzo del Governo espresse nel Programma Nazionale di Ricerca 2011-2013 (l'ultimo varato), le priorità di "Orizzonte 2020" e quelle individuate dagli organismi di coordinamento scientifico internazionale quali *Scientific Committee on Antarctic Research* (SCAR), *European Polar Board* (EPB) e *International Arctic Science Committee* (IASC). Esso si raccorda con il precedente programma triennale 2012-2014 per garantire la conclusione delle attività avviate, ne conferma le priorità scientifiche inserendole peraltro in un orizzonte temporale che guarda al 2020 e oltre.

L'esperienza di questi anni ha evidenziato che condizioni essenziali per il futuro delle attività del PNRA sono l'adeguatezza e la continuità del finanziamento, senza le quali è impossibile la pianificazione pluriennale e di conseguenza lo sviluppo delle collaborazioni internazionali.



Emisfero boreale



Emisfero australe

1. Il contesto

La riforma del sistema di ricerca nazionale realizzata a partire dal 1998, con il DL 204/98, individua nella programmazione pluriennale almeno su base triennale, il metodo per la definizione e aggiornamento dei programmi di ricerca scientifica. Tale impostazione viene specificatamente ribadita anche per il PNRA nel decreto interministeriale (Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca e Ministero delle Attività Produttive) del 30 settembre 2010.

In riferimento al PNR 2011-2013 (l'ultimo emanato dal MIUR), il PNRA 2014-2016 tende a dare concreta attuazione ad alcune delle sue direttive generali ed in particolare:

- il consolidamento delle piattaforme tecnologiche nazionali in connessione con le analoghe europee;
- l'interazione fra le componenti della ricerca pubblica con il sistema produttivo;
- il sostegno del capitale umano del mondo della ricerca con l'obiettivo di popolare l'*European Research Area* con un numero crescente di giovani ricercatori.

Per gli aspetti scientifici, le attività previste nel PNRA trovano corrispondenza in diverse tematiche affrontate dai tavoli tecnici attivi nel corso dell'elaborazione del PNR ed in particolare nel settore 2 "Ambiente: sistemi terrestri, marini e clima" dove per le regioni polari si afferma che:

"La ricerca scientifica è condizione necessaria per la permanenza del Paese sia nel Sistema del Trattato Antartico di Washington 1959, cui l'Italia partecipa con il Programma Nazionale di Ricerche in Antartide (PNRA), sia nel Consiglio Artico cui l'Italia partecipa come osservatore. Queste regioni sono da anni arena di discussione diplomatica su tematiche strategiche, come limiti territoriali, energia, risorse ittiche e, per l'artico in particolare, rotte marittime transpolari e controllo del traffico commerciale e militare fra Atlantico e Pacifico. Le regioni polari aiutano a comprendere il funzionamento del sistema Terra, i meccanismi di adattamento, i cambiamenti del passato e i processi di cambiamento in atto. L'approccio multidisciplinare della ricerca polare implica l'utilizzo, condiviso con altri partner internazionali, di piattaforme esistenti, come la stazione italo-francese Concordia in Antartide, e la partecipazione a iniziative internazionali, come la costruzione di un sistema osservativo integrato presso le Isole Svalbard (Progetto SIOS), e altre in ambito ESFRI per la realizzazione di infrastrutture strategiche, quali la nave rompighiaccio Aurora Borealis."

2. Le regioni polari

Dal punto di vista giuridico il Sistema del Trattato Antartico iniziato con il Trattato sull'Antartide, firmato a Washington nel 1959, individua la regione antartica nei territori continentali e nelle aree oceaniche a sud di 60° sud.

Dal punto di vista fisico, biologico, ecologico ed ambientale la regione antartica ha una delimitazione meno ben definita che corrisponde in superficie con la fascia della corrente circumpolare antartica (intorno a 50°S), in profondità con l'interfaccia fra le acque fredde polari e quelle degli oceani Atlantico, Indiano e Pacifico ed in atmosfera con i labili limiti del vortice polare antartico. Dal punto di vista geodinamico la regione antartica è delimitata dalla fascia dei terremoti che si sviluppano sui margini divergenti della zolla litosferica antartica che si estende, a luoghi, sino a latitudini subtropicali.

Per la regione artica è internazionalmente assunto come limite l'isoterma di 10° C della media del mese di luglio. Questo limite insiste per lo più sulle aree continentali che si affacciano sull'Oceano Artico.

Le due regioni polari della Terra hanno in comune alte latitudini e clima freddo, ma presentano caratteristiche fisiografiche e climatiche molto differenti. Queste ultime si riflettono nelle forti differenze che caratterizzano gli ecosistemi marini e terrestri, che hanno età, endemicità e capacità di adattamento molto diverse. Proprio per queste differenze, dall'esplorazione e dallo studio comparato ed integrato delle regioni polari ci si attendono risposte che aiutino la nostra comprensione del funzionamento del sistema Terra, dei meccanismi di adattamento, dei cambiamenti nel passato e dei processi di cambiamento in atto anche per prevederne gli effetti futuri e per mitigare la vulnerabilità ambientale globale.

3. Le grandi sfide scientifiche globali, la ricerca polare nell'orizzonte 2020 e oltre

3.1 Questioni globali e ricerca polare

Con il 21° secolo nuove sfide si presentano all'umanità.

Impellente è l'interrogativo posto dai cambiamenti globali, soprattutto da quelli climatici, i cui cicli di variazione naturale possono essere sempre più modificati dall'attività umana, in termini di entità e impatto sulla produzione di risorse alimentari e sulla frequenza ed intensità dei disastri naturali.

La scienza polare si estende dal limite esterno dell'atmosfera alle profondità dei bacini oceanici; in termini di tempo, copre un intervallo che va dai miliardi di anni della storia geologica alla variazione estremamente rapida della luce delle aurore; in termini di dimensioni spazia dalla variabilità dell'estensione annuale del ghiaccio marino a quello continentale delle calotte polari; in termini di vita comprende la biologia marina, terrestre e delle acque dolci coprendo tutte le forme di vita conosciute; in termini di ambiente affronta nuove problematiche come quelle legate al trasporto di inquinanti emergenti ed alla contaminazione a livello planetario.

Il contributo della scienza polare è cruciale per la comprensione di come il sistema Terra operi a scala globale e determinanti sono le conoscenze che possono derivare dalla ricerca in Antartide ed in Artide per qualunque previsione e salvaguardia dell'ambiente globale futuro.

La ricerca nelle regioni polari per sua natura implica una prospettiva pluriennale per quanto riguarda sia la programmazione strategica sia quella operativa annuale. In questi ultimi anni, anche in connessione con la crisi economica globale, molti programmi nazionali di ricerca in Antartide (es. USA, Australia, Corea del Sud), gli organismi internazionali di coordinamento scientifico (SCAR, IASC, EPB) ed operativo (COMNAP, FARO) hanno avviato processi di analisi e studi tendenti ad individuare le sfide e le problematiche scientifiche delle regioni polari dei prossimi 20-40 anni e a prefigurare gli interventi infrastrutturali e logistico-operativi per affrontarli. Lo SCAR ha avviato un processo di consultazione internazionale (SCAR Horizon Scan, <http://www.scar.org/horizonscanning/>) in una prospettiva futura di 20 anni. L'European Polar Board (EPB), congiuntamente all'European Marine Board (EMB), ha avviato un'analisi sul futuro dell'Oceano Artico con orizzonte il 2050. Lo IASC, al fine di promuovere la cooperazione della ricerca nella regione artica, identificherà le priorità future durante la prossima *International Conference on Arctic Research Planning* (ICARP III) nel 2015. L'ottavo programma quadro della Commissione europea, noto come Horizon 2020, per le aree polari ha lanciato l'*European Polar Research Cooperation Call* nel 2014.

Il programma strategico del PNRA per il triennio 2014-2016 si sviluppa, da un lato, nell'impegno per continuare il rilancio del PNRA avviato nel 2009/2010, dopo la crisi degli anni 2006-2008, con l'intento di rimotivare e rinnovare la comunità scientifica nazionale, aggiornare ed adeguare il sistema strumentale nazionale e le infrastrutture in Antartide, e, dall'altro, di riagganciare il "treno" della cooperazione/competizione internazionale partito come *legacy phase* dell'Anno polare internazionale nell'orizzonte temporale del 2020 ed oltre.

3.2 Le strategie internazionali per la scienza e la logistica in Antartide

La regione antartica (continente e oceano meridionale) è lontana, ma i processi naturali che vi avvengono sono di rilievo globale: opera come sentinella dei cambiamenti ambientali in atto, è un eccezionale archivio della storia passata del clima, conserva un *record* intatto ed unico delle variazioni climatiche avvenute in passato, dell'evoluzione del continente, della vita e dell'ambiente; l'atmosfera è perfetta per l'osservazione della stessa e dell'Universo, il ghiaccio che la ricopre, nasconde catene montuose e laghi tuttora inesplorati.

Nel contesto internazionale la sfida è quella di identificare le linee scientifiche fondamentali e individuare le strategie per migliorare e ottimizzare il supporto logistico, per i prossimi 10-20 anni.

Scienza

Il *Committee for Future Science Opportunities in Antarctica and the Southern Ocean*, costituito dalle Accademie Nazionali degli Stati Uniti d'America, ha individuato, nel suo rapporto finale (http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=13169) due direttrici fondamentali:

1. La comprensione dei processi del *global change* (*global sea level, global climate system, biota and ecosystems, changing the planet in the past*)
2. La "scoperta" dell'ignoto (*past and future of climate, adaptation of life, interaction between Earth and Space, beginning and evolution of the Universe*)

Il piano strategico 2011-2016 dello SCAR (*Antarctic Science and Policy Advice in Changing World* (<http://www.scar.org/strategicplan2011/>)) propone un approccio sistemico (*Earth System Science*) alla ricerca e individua cinque *emerging frontiers* (*Antarctic and global climate; Deciphering paleoclimate; Organisms, ecosystems and biodiversity; Ice sheet dynamics and subglacial environments; Poles as vantage points*).

Queste linee prioritarie dovranno essere affiancate da iniziative (nazionali ed internazionali) volte allo sviluppo di sistemi osservativi (*It is a capital mistake to theorize before one has data!*), il *management* e l'integrazione dei dati, la modellistica, la formazione ed il *training* della nuova generazione di ricercatori polari.

Logistica

La ricerca scientifica in Antartide è solo la punta dell'iceberg di un sistema che vede la logistica (la parte sommersa) costituirne il 70/90% dei costi. A spesa invariata, una riduzione del 10-20% dei costi logistici può riverberarsi in un aumento del 30-50% delle risorse per la ricerca. Ciò può realizzarsi sia mediante azioni dirette attraverso un'effettiva "riduzione" del fabbisogno di supporto logistico, sia mediante azioni indirette di miglioramento dell'efficienza dei sistemi. Fra le diverse opportunità per rinforzare e rendere più efficiente il programma antartico del futuro sono da evidenziare:

- Collaborazioni internazionali per l'utilizzo coordinato di piattaforme fisse e mobili;
- Condivisione di mezzi di trasporto (aerei, navi cargo, ma anche *icebreaker*);
- Sviluppo di nuove tecnologie (per es. energie rinnovabili: eolica, solare).



La firma di Mario Zucchelli, sullo sfondo la stazione a lui dedicata



Il promontorio su cui sorge la stazione Mario Zucchelli libero dal ghiaccio marino



Un momento della ricerca sul substrato roccioso

4. Le linee strategiche del PNRA nell'orizzonte 2020

L'individuazione delle linee strategiche di lungo periodo non può prescindere dalla realtà che il PNRA ha creato nei suoi 30 anni di vita:

- due stazioni scientifiche, una costiera con attività solo nell'estate australe, una continentale con attività durante tutto l'anno;
- una rete sismologica nella Penisola Antartica (ASAIN);
- gli osservatori permanenti presso le stazioni Concordia e Mario Zucchelli;
- le infrastrutture di supporto alla ricerca (rete laboratori nazionali, strumentazione di campagna di interesse generale, sistemi di raccolta e conservazione di reperti e dati).

Il funzionamento delle infrastrutture antartiche impone il noleggio biennale di una nave cargo, il noleggio annuale di mezzi aerei intra- e intercontinentali e il noleggio sulla base di opportunità di idonee navi da ricerca.

4.1 Le iniziative a carattere scientifico

A partire da queste infrastrutture e attraverso l'utilizzo di piattaforme fisse e mobili di altri paesi si stanno realizzando alcuni accordi internazionali "opportunity driven" che, insieme ad altre iniziative che auspicabilmente si svilupperanno, potranno costituire l'ossatura dei programmi triennali del PNRA dei prossimi 10 anni.

QUBIC (*QU Bolometric Interferometer for Cosmology*) rappresenta un approccio originale alla ricerca sui modi rotazionali (modi-B) della polarizzazione del fondo cosmico di microonde (CMB), un residuo del big bang caldo. Il progetto mira a combinare i vantaggi dei rivelatori bolometrici in termini di sensibilità con quelli degli interferometri in termini di controllo degli effetti sistematici.

Lo strumento QUBIC in configurazione finale sarà composto di 6 moduli a tre frequenze (90, 150 and 220 GHz). Il sito scelto per le osservazioni è la stazione Concordia a Dome C, in Antartide. E' tra i migliori siti al mondo per polarimetria millimetrica, grazie alla sua atmosfera estremamente secca e fredda, e alla sua quota (3000 m). E' una collaborazione internazionale, a guida franco-italiana, che vede la partecipazione di tre università italiane, quattro enti di ricerca francesi, tre università americane e gruppi di ricerca del Regno Unito e dell'Irlanda.

Il costo complessivo dell'esperimento è stimato essere dell'ordine di 6 milioni di euro ed il suo completamento è previsto per il 2018-2020. Con i finanziamenti allocati dalla parte francese e dal PNRA italiano sarà realizzato il primo modulo dell'esperimento, l'installazione, il test, la presa dei primi dati a Dome-C alla fine della campagna estiva 2015. Il contributo finanziario italiano nel periodo 2014-2020 è stimato essere congruo nella misura del 30% pari a circa 2 milioni di Euro.

ANDRILL (*Antarctic geological DRILLing*) è una collaborazione multinazionale composta fra Brasile, Germania, Giappone, Italia, Nuova Zelanda, Corea del Sud, Regno Unito e Stati Uniti che ha come obiettivo quello di recuperare *record* stratigrafici dal margine antartico mediante perforazioni del fondo del mare utilizzando le piattaforme di ghiaccio per sostenere gli impianti. Lo scopo è quello di ricostruire la storia di cambiamenti ambientali e climatici negli ultimi 65 milioni di anni. Il progetto ANDRILL-Coulman High "Drilling Beneath the Ross Ice Shelf to Uncover the Tectonic, Climatic, and Glacial History of Antarctica in a Warmer World" è mirato a recuperare sequenze con età compresa tra il Paleogene ed il Miocene inferiore, un intervallo temporale durante il quale il contenuto di CO₂ in atmosfera era confrontabile con quello previsto per la fine di questo secolo dalle proiezioni dell'IPCC. Il progetto nasce sulla scia dei due precedenti progetti ANDRILL-MIS e ANDRILL-SMS che hanno ottenuto risultati fondamentali per le comunità paleoclimatologiche e paleoceanografiche e che costituiscono le basi per le proiezioni sull'evoluzione futura del clima effettuate dall'IPCC. Sono previsti due siti di perforazione sul *Ross Ice Shelf*, per un recupero totale di 1600-1800 metri di sedimenti. La stima dei costi per le operazioni di preparazione (2013-2016), di esecuzione delle due perforazioni (in due stagioni distinte 2017 e 2018) e della caratterizzazione delle carote (2018-2020), incluse contingenze e inflazione, ammonta a circa \$28.000.000 USD. Il contributo finanziario, tenuto conto degli interessi scientifici della comunità italiana è stimato essere congruo nella misura del 10-12% del totale, cioè dell'ordine di 2,0 milioni di Euro per il periodo 2014-2020.

IPICS (*Oldest ICE*) rappresenta un'iniziativa di punta nel campo delle ricostruzioni paleoclimatiche attraverso le carote di ghiaccio antartico. Un record climatico che copra un milione e mezzo di anni consentirebbe infatti di ottenere delle informazioni fondamentali per comprendere la dinamica del clima del Quaternario e soprattutto le relazioni tra i gas serra ed il clima. In un periodo di importanti

cambiamenti globali, quali quelli attuali, diventa quindi estremamente importante conoscere quale sia la sensibilità climatica del nostro pianeta in periodi diversi dall'attuale, e soprattutto in un periodo di transizione quale quello che si è registrato tra un milione e mezzo e ottocentomila anni fa. Un progetto di questo tipo va ben al di sopra delle capacità logistiche e scientifiche che le singole nazioni possono mettere in campo individualmente e potrà quindi essere portato avanti nell'ambito di una collaborazione internazionale. L'approccio consisterà nel pianificare anzitutto delle azioni di *survey* con carotaggi poco profondi in diverse aree che siano possibili candidati alla perforazione profonda. Successivamente, grazie ad una accurata modellizzazione verranno individuati i siti di perforazione su cui concentrare le attività logistiche e scientifiche.

Nell'ambito del progetto sono previsti più siti di perforazione e nei primi anni di attività (2014-2016) le ricerche si orienteranno prevalentemente all'individuazione dei siti idonei a coprire l'intervallo temporale di un milione e mezzo di anni. Nell'area fra South Pole e Dome C si prevedono rilievi geofisici e l'ottenimento di carote di ghiaccio poco profonde per la valutazione dell'accumulo nevoso, anche nel contesto della traversa *East Antarctic International Ice Sheet Traverse* (2017-2018) che dovrebbe coinvolgere anche USA e Francia. Il contributo italiano ai costi per le operazioni di esplorazione preliminare nel periodo 2014-2016 è stimato essere dell'ordine di 1,5 milioni di Euro.

IODP - International Ocean Discovery Program <http://www.iodp.org/> è un programma internazionale di perforazione profonda (circa 1000 metri sotto al fondo del mare) degli oceani, che continua da oltre 50 anni mirato al recupero di rocce e sedimenti, per studiare l'evoluzione geologica e climatica del Pianeta Terra. Le linee guida dell'IODP sono illustrate nello Science Plan 2013-2023 *Illuminating Earth's Past, Present, and Future*.

Tra il 2016 e il 2018, sono previste perforazioni IODP nell'Oceano meridionale, sul margine della Penisola Antartica, e nel Mare di Ross. E' prevista inoltre, la realizzazione di una perforazione lungo la costa del George V Land. Le tre perforazioni IODP si prefiggono di raccogliere carote di sedimenti per ricostruire l'evoluzione paleoclimatica e paleoceanografica di tre zone del margine continentale antartico in funzione delle fasi di avanzata e ritiro della calotta glaciale nel Cenozoico, delle oscillazioni del fronte polare rispetto alla produzione di acque fredde antartiche, delle variazioni del contenuto di CO₂ e altri gas serra (es. metano). Questi siti sono ritenuti strategici poiché prossimi alla calotta antartica, e poiché conservano record geologici con potenziale, elevata risoluzione temporale. Essi contengono pertanto informazioni uniche, che non possono essere ricavate in altre zone del pianeta, utili a ottenere modelli attendibili di previsione dei cambiamenti ambientali globali.

Le tre proposte di perforazione IODP nell'oceano meridionale sono basate su dati geofisici e geologici (*site survey*) italiani (PNRA) e prevedono la collaborazione con diverse nazioni sia europee che extra europee (Regno Unito, Germania, Spagna, Olanda, USA, Nuova Zelanda, Australia, Corea del Sud, Giappone) per l'analisi dei dati e dei campioni. Nel triennio 2014-2016 sono previste campagne coreane, italiane, americane, australiane, tedesche per l'acquisizione di ulteriori dati geofisici e geologici a supporto di queste e di altre proposte di perforazioni IODP in Antartide.

La condizione indispensabile per consentire la partecipazione di ricercatori italiani ai leg di perforazione IODP è che venga mantenuta la adesione nazionale all'*European Consortium for Ocean Research Drilling* (ECORD), <http://www.ecord.org/> che si è costituito come uno dei *Contributing Member* di IODP. Ad ECORD aderiscono attualmente 17 nazioni europee (Austria, Belgio, Danimarca, Finlandia, Francia, Germania, Irlanda, Islanda, Italia, Norvegia, Paesi Bassi, Polonia, Portogallo, Regno Unito, Spagna, Svezia, Svizzera) più il Canada. Nel 2013 il MIUR ha riconosciuto la partecipazione ad ECORD, come infrastruttura strategica per l'Italia, e ha stanziato 850.000 euro. E' quindi auspicabile che l'impegno del paese in ECORD venga mantenuto anche nei prossimi anni.

La stima dei costi delle tre perforazioni nell'Oceano meridionale nel periodo 2014-2020 è di 10-15 milioni di euro per ciascun leg. Il contributo italiano (a parte la quota connessa con l'adesione nazionale ad ECORD) per lo studio dei campioni e dei dati raccolti nelle campagne di perforazione è dell'ordine di 2 milioni di Euro di cui 500.000 Euro nel triennio 2014-2016 dedicati a campagne di *site survey* e studio dei materiali esistenti.

SCAR SRPs www.scar.org – Lo *Scientific Committee on Antarctic Research* (SCAR), nella sua attività di promozione e coordinamento della ricerca antartica, ha lanciato sei programmi di ricerca scientifica ai quali è strategico che il PNRA ne promuova e ne favorisca la partecipazione da parte della comunità scientifica italiana. In particolare:

- AAA *Astronomy and Astrophysics from Antarctica*
- AntEco - *State of the Antarctic Ecosystems*

- AnT-ERA - *AnTArctic Ecosystem Resilience and Adaptation*
- AntClim²¹ - *Antarctic Climate Change in the 21st Century*
- PAIS - *Past Antarctic Ice Sheet Dynamics*
- SERCE - *Solid Earth Responses and influences on Cryosphere Evolution*.

4.2 Le iniziative a carattere operativo-logistico

Diverse sono le iniziative tese a consolidare e allargare le collaborazioni con altri paesi sia per via di accordi intergovernativi sia su specifici progetti multilaterali:

- fra programmi europei a scala pan-antartica: a partire dall'accordo intergovernativo Francia-Italia coinvolgere Germania, Regno Unito, Norvegia, Spagna non solo per l'accesso alle stazioni dei paesi europei, ma anche ai mezzi navali;
- fra programmi internazionali a scala del Mare di Ross, Oceano Meridionale (settore pacifico) per l'accesso ed il supporto delle infrastrutture: il primo nucleo dell'accordo sarà con USA, Nuova Zelanda, Germania e Corea del Sud, il secondo potrà includere Cina, Australia e Francia
- fra programmi/istituzioni di altri paesi (Corea del Sud, USA, Germania) per la realizzazione e l'utilizzo comune di un'aviosuperficie *ground-based* nell'area di Baia Terra Nova;
- fra Germania e Italia per la realizzazione di campagne di acquisizione di dati geofisici, mediante rilievi sulla superficie della calotta antartica orientale, nelle aree sovrastanti il lago Concordia.

I meccanismi e le iniziative individuate dal *Blue Ribbon Panel* del programma antartico americano (http://www.nsf.gov/geo/plr/usap_special_review/usap_brp/rpt/index.jsp) per contenere il peso dei costi logistico-operativi per le attività in Antartide, trasferiti nella realtà italiana spingono verso l'avvio di molteplici azioni.

Stazioni in Antartide (Mario Zucchelli e Concordia):

- azioni volte al contenimento del personale in campagna
- rifornimento di carburante della stazione Mario Zucchelli ogni 2 anni
- stretta collaborazione con USA, Corea del Sud, Nuova Zelanda e Germania per reciproci supporti operativi
- interventi straordinari di riqualificazione energetica della stazione Mario Zucchelli
- piano pluriennale di interventi di manutenzione straordinaria e ristrutturazione delle stazioni.

Il costo per gli interventi di riqualificazione della stazione Mario Zucchelli e di manutenzione straordinaria è stimato essere dell'ordine di 4,8 milioni di Euro per quattro anni, di cui 4,3 milioni di Euro nel triennio 2014-16.

Trasporti verso l'Antartide (ridurre i costi e aumentare le opportunità)

Trasporti marittimi:

- definizione della strategia per il prossimo decennio e oltre che porti ad identificare una nave di classe ghiaccio 1A super che risponda alle specifiche tecniche richieste dal dover operare come cargo e come piattaforma scientifica in sicurezza in aree ghiacciate come il Mare di Ross;
- nel triennio è da prevedere il noleggio di una nave con capacità cargo, ogni due anni per il rifornimento della stazione Mario Zucchelli; uso e costi di tale piattaforma potranno eventualmente essere condivisi con altri paesi, quali Germania, Corea del Sud, Nuova Zelanda e USA, ma anche Australia e Francia; inoltre potrà essere utilizzata anche come piattaforma da ricerca nazionale, sulla base della selezione di progetti scientifici; sulla base di motivato interesse scientifico si potrà provvedere al noleggio di una specifica nave da ricerca, come condividere l'utilizzo del *icebreaker* Aaron della Corea del Sud

Trasporti aerei intercontinentali:

- definizione della strategia per il prossimo decennio e oltre, inclusa la valutazione dell'opportunità/necessità di realizzare una aviosuperficie permanente per in prossimità della stazione Mario Zucchelli a Baia Terra Nova, il cui valore è non solo funzionale al PNRA, ma anche strategico per sviluppare le sinergie con i programmi polari americano, coreano, francese, tedesco e neo zelandese ed i cui costi sono stimati essere dell'ordine di 6,5 milioni di Euro; nel triennio si dovrà pervenire alla formulazione del progetto definitivo e, in caso di approvazione da parte del MIUR, ad avviare la realizzazione della aviosuperficie.

4.3 Le iniziative verso la costituzione di un'entità polare nazionale

La Commissione Scientifica Nazionale per l'Antartide ha più volte richiamato l'attenzione del decisore politico verso una soluzione riformatrice di alto profilo che preveda la costituzione di un'entità polare italiana che riconduca, sotto un'unica direzione strategica ricerca e logistica, scienza antartica e scienza artica.

La strategia di lungo periodo dovrebbe realizzarsi attraverso una serie di passaggi intermedi accompagnati e seguiti da attenta analisi e valutazione da parte del MIUR.

Il percorso potrebbe essere: consultazione da parte del MIUR di enti pubblici di ricerca e Università (CNR, ENEA, OGS, INGV, Stazione zoologica A. Dohrn, INAF, CRUI); emanazione di un bando competitivo nazionale per ricerca nella regione artica; assunzione da parte del MIUR della *leadership* e del coordinamento nazionale della partecipazione alle attività negli organismi scientifici internazionali (SCAR, EPB, IASC) e operativo-logistici COMNAP, FARO); raccordo con il MAE per le delegazioni nazionali alle riunioni del Trattato Antartico (ATCM) e ai gruppi di lavoro CCAMLR e del Consiglio Artico; l'ulteriore passaggio dovrebbe prevedere il coinvolgimento del sistema produttivo nazionale con interessi nella regione artica.

Valutazione finale da parte del MIUR ed eventuale "fusione" dei due programmi polari in un'unica entità nazionale polare che possa anche comprendere le ricerche nelle altre aree fredde del pianeta.



Pinguini di Adelia a passeggio a Baia Terra Nova

5. Le strategie del PNRA nel triennio 2014-2016

L'obiettivo di questo programma triennale è quello di consolidare la posizione dell'Italia nel panorama internazionale e di partecipare attivamente alle crescenti iniziative scientifiche internazionali che guardano all'orizzonte 2020 ed oltre. Gli strumenti che questo piano propone di utilizzare sono:

1. l'innovazione delle priorità scientifiche;
2. il consolidamento e il potenziamento del sistema degli osservatori permanenti;
3. il potenziamento dell'internazionalizzazione;
4. l'innovazione della tipologia delle attività di ricerca;
5. la specificità dei bandi pubblici per nuove proposte di attività in Antartide;
6. il processo meritocratico di valutazione e selezione delle attività di ricerca.

5.1 Le priorità scientifiche

Per il triennio 2014-2016 vengono mantenute le priorità del programma triennale 2012-2014 la cui attuazione è stata appena avviata nel corso della spedizione in Antartide 2013/2014 a seguito del bando PNRA 2013. La ricerca seguirà due direttrici, non divergenti, una a carattere *curiosity driven*, l'altra che punta verso l'innovazione e la sperimentazione tecnologica. La prima è prevalentemente orientata verso la comunità scientifica delle università e degli enti, la seconda è aperta al contributo del sistema produttivo nazionale. Le priorità scientifiche individuate hanno per lo più carattere multidisciplinare, e delineano, incrociate con i comparti del sistema Terra, una struttura a matrice.

	<i>Priorità scientifiche</i>	<i>Bio</i>	<i>Geo</i>	<i>Crio</i>	<i>Idro</i>	<i>At/Sp</i>	<i>Iniziative SCAR e internazionali</i>
1	Dinamica dell'atmosfera e processi climatici	X		X	X	X	AntClim21
2	Dinamica della calotta polare	X	X	X	X	X	PAIS, SERCE, EG-ATHENA, AntClim21, EG-ISMASS
3	Dinamica della Terra solida		X	X			SERCE, EG-GIANT
4	Dinamica degli oceani polari		X	X	X	X	SOOS
5	Relazioni Sole-Terra e <i>space weather</i>		X			X	EG-GRAPE, EG-ICESTAR
6	L'Universo sopra l'Antartide	X				X	AAA
7	Evoluzione, adattamento e biodiversità	X			X	X	AntEco, AnT-ERA
8	L'Uomo in ambienti estremi	X				X	JEG-BHM
9	Contaminazione ambientale	X		X	X	X	AntClim21, EG-ATHENA
10	Paleoclima	X	X	X			PAIS, IPICS
11	Problematiche e rischi ambientali	X	X	X	X	X	AntClim21, AntEco, IPICS, AnT-ERA, PAIS, SOOS, EG-PPE, EG-ISMASS
12	Tecnologia: innovazione e sperimentazione	X	X	X	X	X	PAIS, EG-ATHENA, SOOS

Bio=Biosfera, Geo=Geosfera, Idro=Idrosfera, At/Sp= Atmosfera/Spazio

5.1.1 Dinamica dell'atmosfera e processi climatici

Le regioni polari sono indissolubilmente legate ai cambiamenti del clima globale alle diverse scale temporali, essendone al tempo stesso artefici e vittime, l'archivio, i regolatori e le sentinelle delle tendenze in atto. Il clima è l'espressione della sintesi fra vari fattori, esterni ed interni, del sistema Terra (geodinamici, astronomici, etc.). L'attività umana è l'ultimo fattore, in ordine temporale, che influisce sulle caratteristiche climatiche della Terra. L'influenza dell'attività umana sul clima si può retrodatare a circa 10.000 anni fa con l'introduzione dell'agricoltura, ma è dall'inizio del 1800, con la rivoluzione industriale, che l'impatto diviene particolarmente evidente. I rapporti IPCC 2007 e 2013 hanno evidenziato come i modelli previsionali delle tendenze dei cambiamenti climatici alla scala regionale, in un pianeta che si riscalda, necessitano di ulteriori e più precisi dati che riguardano il monitoraggio dei parametri climatici, una migliore comprensione dei processi di interazione fra atmosfera, criosfera ed idrosfera, la stabilità/instabilità della circolazione termalina, il comportamento delle piattaforme di ghiaccio e delle calotte della Groenlandia e dell'Antartide orientale ed occidentale.

Il monitoraggio riguarderà i parametri climatici, fisici e chimici, sia della bassa e media atmosfera, sia della stratosfera. Le osservazioni al suolo saranno integrate con quelle da satellite. Per la maggior parte di queste osservazioni la stazione Concordia appare il sito ideale a livello regionale e globale. La stazione

dovrà essere ulteriormente potenziata dal punto di vista strumentale, anche mediante partnership europee ed internazionali e potrà costituire il sito per le verifiche al suolo delle osservazioni da satellite in collaborazione con l'ESA. Particolare attenzione andrà prestata agli studi dei processi che si sviluppano nello strato limite atmosferico e che risultano fondamentali nel determinare il sistema climatico e che riguardano il ghiaccio, l'interazione aria/mare, la dinamica e la composizione dell'atmosfera inclusi gli aerosol, le nubi e le temperature stratosferiche. Appare inoltre indispensabile che tali attività osservative trovino un significativo coordinamento nazionale ed un loro inserimento in reti internazionali, considerando che molte attività osservative di un particolare settore hanno importantissime ricadute su problematiche in altri settori. Ne sono un esempio le attività inerenti la dinamica dello strato limite e del trasporto di neve, che si inseriscono indissolubilmente anche all'interno di problematiche legate al paleoclima ed alla evoluzione della criosfera.

Le attività di monitoraggio da svolgere nel triennio tendono a dare concretezza e continuità alle indicazioni del programma SCAR-AGCS ed a contribuire allo sviluppo delle ricerche inserite nel nuovo programma SCAR- Ant-CLIM21 che prevede di ottenere sia una previsione regionale più accurata di elementi chiave quali l'atmosfera, l'oceano e la criosfera antartici per i prossimi 20-200 anni, sia una comprensione più profonda della risposta dei sistemi fisici e biologici ai forzanti naturali ed antropici.

5.1.2 Dinamica della calotta polare

I ghiacci polari, oltre che essere preziosi archivi naturali della storia climatica e ambientale della Terra, con le loro fluttuazioni hanno una influenza diretta sul livello marino globale.

L'attuale innalzamento del livello marino (~ 3 mm per anno) è il risultato di diversi processi guidati dal clima: l'espansione termica degli oceani, la fusione dei ghiacciai montani di tutto il mondo e la riduzione delle calotte polari. Durante i precedenti periodi interglaciali, quando la temperatura era più alta di quella attuale, il livello degli oceani era di alcuni metri più alto rispetto all'attuale. Con tutta probabilità quest'innalzamento del livello del mare è da attribuire principalmente alla riduzione della calotta groelandese e a quelle porzioni della calotta antartica che poggiano al di sotto del livello del mare (Antartide Occidentale e Wilkes Land), più sensibili alle variazioni del livello del mare e all'interazione ghiaccio-oceano. L'espansione termica degli oceani e la fusione dei ghiacciai montani può essere prevista con una certa affidabilità, mentre la massima incertezza residua sul futuro innalzamento del livello del mare sta nella quantizzazione del contributo delle calotte di ghiaccio. Le variazioni delle calotte polari prodotte da cause esterne (clima, livello del mare) ed interne (comportamento dinamico) costituiscono oggetto di un dibattito scientifico che dura da circa un secolo, ma hanno assunto carattere di problema socialmente urgente negli ultimi decenni, da quando cioè si è progressivamente manifestata l'attuale fase di riscaldamento planetario e la conseguente risalita del livello degli oceani. Conseguentemente, una dettagliata conoscenza e comprensione dell'evoluzione delle calotte polari riveste una considerevole importanza.

Le calotte polari attuali (Antartide e Groenlandia) si stanno riducendo a causa di fenomeni climatico/ambientali rilevanti quali: l'aumento della temperatura superficiale terrestre e degli oceani, l'aumento della fusione superficiale e alla interfaccia fra ghiaccio ed oceano, la riduzione ed il collasso delle piattaforme di ghiaccio galleggianti, l'aumento della velocità dei ghiacciai e la riduzione dell'estensione del ghiaccio marino. Con la previsione di un aumento delle temperature a causa del forzante antropico, un significativo aumento del contributo delle calotte all'innalzamento del livello del mare sembra molto probabile.

Alcune questioni, come per esempio i meccanismi che regolano la dinamica delle calotte di ghiaccio anche in relazione al sistema di drenaggio subglaciale ed al substrato roccioso, le interazioni fra le piattaforme di ghiaccio galleggianti e gli oceani nel controllo della dinamica delle calotte di ghiaccio, la comprensione dei fenomeni che guidano le precipitazioni nevose ed i successivi fenomeni di ablazione non sono ancora adeguatamente compresi. Un aspetto che può condizionare la stabilità della calotta antartica è la presenza di numerosi laghi subglaciali, molti dei quali interconnessi da un complicato e tuttora non completamente rilevato sistema idrologico subglaciale. Fatta eccezione per i laghi più studiati, per la maggior parte dei sistemi subglaciali mancano informazioni sulla batimetria e sul contesto idro-geologico. Le recenti indagini geofisiche e le perforazioni dalla superficie del ghiaccio, che hanno raggiunto il lago Ellsworth e la base del ghiacciaio Whillans, hanno rivelato la presenza di forme di vita adattate alle condizioni estreme subglaciali e hanno fornito informazioni uniche sull'acqua e sui sedimenti

depositi sul fondo. Queste informazioni aiuteranno a ricostruire i processi connessi alle variazioni della calotta durante le variazioni climatiche passate. I rapporti IPCC 2007 e 2013 evidenziano tuttavia come sia ancora insufficiente la conoscenza del substrato, del comportamento e della vulnerabilità delle calotte polari, soprattutto quella antartica in risposta al cambiamento globale e di conseguenza, come siano tuttora inadeguati i modelli di previsione delle variazioni del livello marino e della circolazione globale.

La comunità scientifica internazionale coordinata nell'ambito degli Expert Groups SCAR ISMASS (*Ice Sheet Mass balance and Sea Level*), SIeGE (*Sub-Ice Geological Exploration*) e del programma SCAR PAIS (*Past Antarctic Ice Sheet Dynamics*) concordano sulla necessità di un continuo monitoraggio del bilancio di massa delle calotte polari per avere modelli prognostici più attendibili del comportamento futuro non-lineare delle calotte dell'Antartide e della Groenlandia. Lo sviluppo di modelli realistici delle calotte polari impone uno sforzo internazionale coordinato teso alla migliore comprensione dei meccanismi che regolano e hanno regolato nel passato la dinamica ed il comportamento delle calotte polari, anche attraverso lo sviluppo di nuovi approcci interpretativi che conducano ad una migliore comprensione dei processi interattivi fra i diversi comparti del sistema Terra (criosfera, idrosfera, atmosfera e litosfera).

5.1.3 Dinamica della Terra solida ed evoluzione della criosfera

Le regioni polari sono ambienti geodinamici dove è possibile osservare in maniera combinata le interazioni tra la litosfera, la criosfera, l'idrosfera e l'atmosfera e studiare come questi comparti singolarmente o in maniera integrata sono collegati nel sistema climatico globale.

I processi di amalgamazione e frammentazione dei supercontinenti con le conseguenti formazioni di catene orogeniche, aperture di nuovi bracci di mare, modifiche del *pattern* della circolazione oceanica e atmosferica, pur agendo alla scala dei milioni di anni sono i principali fattori di controllo del clima globale.

Negli anni recenti molti studi hanno esplorato i rapporti tra tettonica, clima, erosione e morfologia. C'è un generale consenso sul fatto che l'erosione modifica in maniera significativa il *pattern* di deformazione della litosfera, influisce sulla struttura termica e sullo spessore medio della crosta e, attraverso l'equilibrio isostatico, determina la massima elevazione delle catene montuose. La topografia, a sua volta, influenza il clima modificando la circolazione atmosferica ed il regime delle precipitazioni a scala locale e globale. L'erosione glaciale è anche in grado di controllare la distribuzione della quota media di una catena montuosa. La tettonica ha anche un effetto diretto sul clima facilitando l'emissione in atmosfera o nell'idrosfera di materiali e gas vulcanici.

Questa complessa rete di relazioni, la loro evoluzione nel tempo e l'integrazione in modelli che possano fornire elementi per scenari futuri ha bisogno di essere studiata e monitorata sia attraverso misure geodetiche e geofisiche, che forniscano dati sullo stato attuale del sistema, sia attraverso gli studi geologici e strutturali che forniscono informazioni sulla sua storia passata.

Ad esempio in Antartide gli spostamenti legati alla neotettonica sono dovuti alle strutture regionali attive (*West Antarctic rift system*), alle deformazioni associate al vulcanismo attivo e soprattutto agli aggiustamenti glacio-isostatici della crosta, che si sono sviluppati in risposta alle variazioni di massa dei ghiacci e che influenzano il livello marino globale.

I tassi di deformazione sono significativi e vengono misurati da alcuni anni a diversa scala e risoluzione tramite reti GPS. Ma per arrivare a comprendere e formulare modelli realistici degli aggiustamenti glacio-isostatici è necessario che essi vengano integrati con misure fatte dallo spazio e con dati provenienti da record e campagne geologiche e da misure geofisiche in grado di fornire informazioni sulla natura e sulla reologia della litosfera.

Studi geologici e glaciologici hanno consentito di ricostruire la storia delle coperture glaciali durante e dopo l'ultimo massimo glaciale. Essi hanno però riguardato aree limitate o problematiche specifiche, mentre è sempre più necessario integrare queste informazioni in un ambito più vasto che consideri la dinamica dei ghiacci alla scala dell'intero continente. A questo proposito risultano critici i risultati delle ricerche che prendono in considerazione la configurazione delle placche litosferiche, la tettonica verticale, la paleotopografia ed i paleoambienti precedentemente e contemporaneamente allo sviluppo delle calotte glaciali e all'apertura di *gateway* oceanici.

Analogamente studi geologici, petrologici e sismologici sulla crosta e sul mantello sotto l'Antartide sono essenziali per determinare le proprietà fisiche, la struttura termica e la loro variabilità nello spazio e nel tempo. La mappatura delle proprietà fisiche della litosfera è inoltre un elemento fondamentale per

definire la temperatura del mantello che a sua volta può essere utilizzata per stimare il flusso di calore alla base delle calotte glaciali. In questo ambito è anche importante aumentare la capacità di rilevazione sia delle sismicità legata alla tettonica sia di quella legata alla dinamica dei ghiacci (*glacial earthquake*) che può essere legata a cambiamenti significativi nelle condizioni della base delle calotte dovute a processi di fusione.

Per sviluppare alcune di queste tematiche in maniera coordinata e sinergica, la comunità internazionale attraverso lo SCAR, si è organizzata promuovendo ANTEC focalizzato sulla neotettonica e da network di osservatori (POLENET) sviluppati nel corso del recente IPY. Le interazioni tra la litosfera e la criosfera sono al centro del nuovo programma SCAR SERCE. SERCE ha individuato alcuni fondamentali obiettivi da perseguire nei prossimi anni e che riguardano la sintesi delle osservazioni geodetiche, dei dati sismologici, l'elaborazione di modelli dell'evoluzione glaciologica e della struttura litosferica, la stima del bilancio di massa e dell'equilibrio isostatico, nonché i processi subglaciali a partire da osservazioni sismologiche e della superficie glaciale.

5.1.4 Dinamica degli oceani polari

La circolazione oceanica è il mezzo principale di scambio di calore e di sali tra le alte e le basse latitudini. Le acque di fondo fredde e dense, di provenienza polare, che vengono richiamate in superficie nelle aree equatoriali, si riscaldano e vengono deviate nuovamente verso le regioni polari, per effetto dei venti e della rotazione terrestre. Queste correnti scorrono a livelli intermedi di profondità e riemergono in superficie vicino alla costa antartica richiamate dalla divergenza delle acque superficiali, forzate verso nord dai venti occidentali nell'Oceano Meridionale. A sud della divergenza antartica, le acque fredde e arricchite dei sali rilasciati a causa della formazione di ghiaccio marino, perdono la spinta di galleggiamento e diventano abbastanza dense da affondare. La cascata delle acque dense lungo la piattaforma continentale e la scarpata forma l'*Antarctic Bottom Water*, che ventila la maggior parte della piana abissale oceanica.

Negli ultimi anni, in alcune zone dell'oceano polare sia meridionale che settentrionale si registra un progressivo riscaldamento dell'acqua, che a sua volta porta ad un'accelerazione della riduzione della copertura glaciale e, nel caso della piattaforma artica, del permafrost.

L'immissione di acqua dolce in mare, causata dalla fusione dei ghiacciai e dall'aumentato apporto dei principali fiumi che sfociano nell'Oceano Artico contribuisce ad alterarne le caratteristiche chimico-fisiche. L'addolcimento e l'innalzamento della temperatura degli oceani polari e sub-polari hanno come effetto quello di diminuire la densità delle masse d'acqua superficiali e quindi della loro capacità di sprofondamento e di conseguenza l'indebolirsi del principale meccanismo che regola la circolazione oceanica globale.

Una delle maggiori sfide del prossimo decennio sarà quella di capire come la formazione di queste masse d'acqua polare avviene oggi, come essa risponde ai cambiamenti climatici in atto e come essa sia variata nel passato in coincidenza di periodi più caldi di quello attuale e soprattutto quali furono le conseguenze sull'ambiente globale.

Per rispondere a tali quesiti sarà necessario intraprendere misure in situ e osservazioni dirette lungo transetti che vanno dalla costa alla piana abissale, lungo il margine continentale, integrati con dati satellitari o rilevati da strumenti autonomi, su aree più ampie e per lunghi intervalli temporali.

Ulteriore potenziale campo di sviluppo è anche l'identificazione, il censimento ed il monitoraggio della componente biologica strettamente legata alla morfologia del substrato ed alla distribuzione delle diverse masse d'acqua (bioregionalizzazione).

L'Oceano Meridionale svolge anche un ruolo chiave anche nel regolare il ciclo globale del carbonio. La CO₂ viene scambiata tra l'oceano e l'atmosfera in modo molto variabile nello spazio e nel tempo. Il livello di CO₂ sulla superficie dell'oceano (pCO₂) ed il livello di CO₂ in atmosfera è controllato dalla combinazione dei processi fisici e biologici che muovono CO₂ dall'oceano superiore a quello profondo e viceversa. Questi processi sono chiamati "pompa fisica" e "pompa biologica". Di regola la pompa biologica agisce sempre per ridurre i livelli di pCO₂ nel mare superficiale.

La pompa biologica si riferisce al ciclo biologico del carbonio all'interno dell'oceano. Si tratta di un processo complesso che opera su scale temporali da ore a mesi, e dipende dai processi fisici di miscelazione e trasporto oceanico.

A causa delle sostanze nutritive apportate mediante la risalita di correnti profonde nelle aree di divergenza superficiale, l'Oceano Meridionale è potenzialmente quello biologicamente più produttivo al

mondo, anche se la sua produttività è in realtà limitata dalla scarsa disponibilità di micronutrienti come il ferro. Come risultato l'Oceano Meridionale è classificato come *High Nutrient Low Chlorophyll* (HNLC).

Attraverso la fotosintesi, il fitoplancton estrae CO₂ dall'atmosfera (sia naturale che antropica) e la immette nelle acque oceaniche e sui fondali marini o nel sottosuolo, attraverso la deposizione e l'affondamento della materia organica in decomposizione.

La pompa fisica descrive il ruolo dei processi dinamici e termodinamici che causano la distribuzione di carbonio disciolto tra l'oceano superficiale e l'oceano profondo. La risalita di acque intermedie relativamente calde porta in superficie nutrienti disciolti e anche anidride carbonica (CO₂), e rilascia questo gas in atmosfera. Le acque fredde delle regioni polari che vengono poi deviate verso le medie latitudini, assorbono CO₂ dall'atmosfera, prima di affondare nuovamente. Questi processi complementari, rendono l'Oceano Meridionale, sia una sorgente che un recettore (*source and sink*) di CO₂ atmosferica.

Per quantificare l'influenza dei gas serra di emissione antropica sui cambiamenti climatici è essenziale quantificarne la sorgente e lo stoccaggio e identificarli dai gas emessi da processi naturali. Le misure dei processi *source and sink* che avvengono nelle regioni polari, il rilevamento della biomassa del fitoplancton e l'affinamento dei modelli matematici di produzione per le aree circumpolari e, soprattutto, per l'Oceano Meridionale potranno contribuire significativamente alle conoscenze sulle tendenze future della concentrazione atmosferica di CO₂ e del conseguente impatto sul clima globale.

Il principale programma scientifico internazionale promosso dallo SCAR e dallo SCOR e sostenuto anche dal WCRP è il *Southern Ocean Observing System* (SOOS). SOOS evidenzia la necessità di integrare dati storici, ripetere ed implementare analisi in situ, utilizzare strumenti per rilievi su ampia scale e costruire e mantenere serie complete di dati che coprono lunghi intervalli temporali.

5.1.5 Relazioni Sole-Terra e space weather

La Terra si trova immersa nel flusso continuo di protoni ed elettroni provenienti dal Sole, chiamato vento solare. Fortunatamente siamo protetti da questo flusso di radiazioni da una sorta di "scudo" rappresentato dalla magnetosfera, lo spazio entro il quale il campo magnetico terrestre fa risentire la propria azione. Tuttavia, a causa della peculiare forma del campo, Artide ed Antartide si comportano come due finestre attraverso le quali il vento solare può raggiungere direttamente l'alta atmosfera terrestre. Le aurore polari, le tempeste magnetiche e ionosferiche sono due evidenti e ben noti fenomeni naturali generati dall'interazione fra il vento solare e gli ioni dell'alta atmosfera. Una dinamica che dimostra come il campo magnetico terrestre "reagisce" ai cambiamenti che il Sole con la sua attività produce nel vento solare e nel campo magnetico interplanetario.

Osservazioni e ricerche sull'interazione tra vento solare, campo magnetico terrestre e ionosfera, vengono dall'analisi dei dati degli osservatori geomagnetici, ionosferici, aurorali e riometrici. Il monitoraggio di questi parametri fisici contribuisce, inoltre, ai programmi internazionali di climatologia e meteorologia spaziale, un campo noto internazionalmente come *space weather*. Questo termine indica l'insieme delle condizioni ambientali dello spazio circumterrestre, determinate dall'interazione tra vento solare e campo magnetico interplanetario, con il sistema magnetosfera-ionosfera. Conoscere e monitorare le condizioni dello *space weather* è fondamentale in quanto i satelliti artificiali, la navigazione aerea, la radiopropagazione e, in generale, tutti i sistemi tecnologici, sia satellitari che terrestri, subiscono gli effetti dell'alterazione delle cosiddette condizioni normali standard che potremmo definire di 'quiete'. In un mondo nel quale la tecnologia e le telecomunicazioni sono pervasive nella nostra quotidianità, la conoscenza dell'evoluzione dello *space weather* costituisce un elemento indispensabile.

Attività di osservazione sistematica, come il radar Super-DARN, la magnetometria (campo totale e componenti), i sondaggi ionosferici verticali, la riometria, le osservazioni aurorali, ed anche l'analisi dei segnali GPS che provengono dagli appositi satelliti, permetteranno nel triennio in oggetto, di contribuire con dati essenziali allo studio delle condizioni dello spazio circumterrestre, alla conoscenza della dinamica magneto-ionosferica e quindi anche allo *space weather*. Importanti sinergie sono possibili tra le osservazioni di satelliti di nuova generazione dedicati allo studio del Sole e del suo impatto sullo *space weather* (quali ad esempio la missione *Solar Orbiter*, recentemente approvata dall'ESA) e l'osservazione da terra da siti privilegiati in territorio artico e antartico. In questo senso, va sottolineata la possibilità di eseguire dalle nostre postazioni in Antartide osservazioni continue del Sole, fondamentali per studi ad alta risoluzione dell'attività e delle oscillazioni solari, importantissime per la comprensione della fisica della nostra stella.

5.1.6 L'Universo sopra l'Antartide

L'atmosfera al di sopra del plateau antartico è particolarmente fredda e secca, e relativamente poco turbolenta. Questo permette osservazioni astronomiche in bande altrimenti fortemente assorbite dal vapor d'acqua, e contaminate dalle sue fluttuazioni. Sono quindi particolarmente avvantaggiate le osservazioni nelle bande millimetrica, sub-millimetrica e infrarossa. Queste bande permettono osservazioni dell'universo freddo (emissione da polveri, atomi e molecole nel mezzo interstellare a temperature tra 3 e 100 K) e dell'Universo primordiale (fondo cosmico a microonde, sua emissione di corpo nero a 2.725K, misure di dettaglio di anisotropia e polarizzazione).

Dopo le *survey* dei satelliti Planck ed Herschel (iniziate nel 2009 e in via di completamento), ed in parallelo allo sviluppo del grande interferometro ALMA (*Atacama Large Millimeter/submillimeter Array*) e dei grandi telescopi sub-millimetrici, come CCAT (*Cornell Caltech Atacama Telescope*) e SPT (*South Pole Telescope*) già operante, la ricerca in queste bande necessita di strumenti di estrema precisione, che migliorino la sensibilità delle *survey* in termini di risoluzione angolare e/o di sensibilità alla polarizzazione.

La comunità cosmologica osservativa è particolarmente attiva in due campi: misure di anisotropia CMB (*Cosmic Microwave Background*) a piccola scala, e misure di dettaglio della polarizzazione CMB.

Nel primo caso ci si concentra sull'effetto SZ (Sunyaev-Zeldovich): si usa il fondo cosmico a microonde come uno sfondo lontanissimo e brillante, e si osservano le strutture cosmiche in controluce. I fotoni del CMB, quando attraversano un ammasso di galassie o un superammasso di galassie, acquistano energia dagli elettroni liberi ivi presenti. La variazione è indipendente dalla distanza dell'ammasso, e quindi si possono osservare gli ammassi più lontani, nello spazio e nel tempo, che non sarebbero osservabili tramite misure nel visibile o in raggi X. Sono stati così scoperti i più grandi ammassi di galassie e le prime strutture di questo tipo mai formatesi nell'universo. SPT sta ora conducendo un *survey* sistematico, dimostrando quanto l'ambiente antartico sia favorevole a queste misure.

Nel secondo caso, si utilizza il fatto che in generale la radiazione elettromagnetica acquista un debole grado di polarizzazione quando il mezzo da cui viene diffusa è disomogeneo. E' ciò che avviene, ad esempio, per la luce blu proveniente dal sole, che viene diffusa dagli atomi dell'alta atmosfera terrestre. Nel caso dei fotoni CMB, il plasma primordiale dal quale sono diffusi è debolmente disomogeneo, per due motivi. Sono presenti le perturbazioni di densità che formeranno la gerarchia di strutture cosmiche (e la conseguente polarizzazione dei fotoni CMB è stata già misurata da missioni come BOOMERanG e WMAP). Inoltre, nel plasma primordiale sarebbero presenti onde gravitazionali di enorme lunghezza d'onda, se davvero fosse avvenuto nell'universo primordiale il fenomeno dell'inflazione cosmica. Anche queste produrrebbero polarizzazione con un *pattern* ben preciso, di tipo rotazionale, chiamato dagli specialisti *B-modes*. Il fenomeno dell'inflazione cosmica è l'unico finora proposto che può risolvere molti dei problemi del paradigma cosmologico standard. Non solo: l'inflazione cosmica è il fenomeno ad energia maggiore potenzialmente disponibile per studiare la fisica, ed avviene ad energie che non possono essere ricreate in un laboratorio terrestre. Poterne osservare le conseguenze è quindi fondamentale sia per la cosmologia che per la fisica fondamentale.

Le condizioni ambientali e atmosferiche presso la stazione Concordia a Dome C presentano caratteristiche uniche dal punto di vista astronomico. Il contenuto di vapore acqueo precipitabile (<0.5mm) è a livello dei migliori siti del pianeta, mentre la velocità media dei venti (circa 3 m/s) è più bassa di ogni altro sito di alta qualità. Inoltre l'elevata quota barometrica, l'estremo isolamento (ideale per evitare le sempre più invadenti interferenze RF) e l'orizzonte piatto (che minimizza effetti di diffrazione della radiazione del terreno) consentono osservazioni di altissima qualità anche nella banda microonde. L'assenza del Sole nella lunga notte antartica e l'utilizzo di strumentazione opportunamente automatizzata consente di eseguire osservazioni prolungate e su larga scala, impossibili in altri ambienti terrestri.

La strategia scientifica del triennio dovrebbe quindi favorire, in piena sintonia con il programma AAA dello SCAR, l'installazione e l'esecuzione di misure nell'infrarosso e a lunghezze d'onda centimetriche e millimetriche, realizzate preferibilmente da collaborazioni internazionali, che possano garantire il successo di tutte le fasi dell'esperimento, dal progetto alla pubblicazione dei risultati. Alcune attività propedeutiche svolte nello scorso triennio dovrebbero passare ora alla fase di installazione ed esecuzione degli esperimenti: in particolare gli esperimenti BRAIN/QUBIC e IRAIT dovranno passare dalla fase preparatoria alla fase operativa e si dovrebbero inoltre analizzare in dettaglio i piani scientifici e manageriali per l'uso ottimizzato di COCHISE. Per le nuove proposte, si dovrebbe mantenere una apertura a ricevere studi più particolareggiati su esperimenti che sfruttino le eccezionali qualità atmosferiche e ambientali di Dome C come sede delle ricerche.

Nello studio dell'evoluzione del sistema solare è da tenere in dovuta considerazione il contributo che può derivare dalle meteoriti che, in Antartide, sono ben conservate e particolarmente abbondanti a seguito dei meccanismi glaciali che le concentrano nelle cosiddette "trappole".

5.1.7 Evoluzione, adattamento e biodiversità

Dal punto di vista biologico, l'Antartide e l'Oceano Meridionale rappresentano una zona unica per lo studio delle comunità biologiche, della divergenza evolutiva e dei fenomeni di adattamento ad ambienti estremi. In Antartide, le ricerche nell'ambito delle scienze della vita hanno riguardato principalmente la biodiversità, l'adattamento, la struttura e funzione degli ecosistemi, inclusa la comprensione degli effetti dei cambiamenti climatici passati e presenti (e di quelli che si ipotizzano nel futuro) su questi, e l'effetto della luce, del freddo e dell'isolamento su organismi ed ecosistemi, sia nel continente che nell'Oceano Meridionale.

Sebbene negli ultimi anni si siano fatti notevoli progressi, la biologia e l'ecologia dell'Antartide sono ancora ampiamente inesplorate. L'Antartide, per la presenza di ecosistemi semplici, quali quelli microbici, fornisce modelli di studio unici per chiarire le interazioni, gli adattamenti, i processi di speciazione e i meccanismi evolutivi in condizioni estreme. Uno degli sviluppi più importanti riguarda senza dubbio le acquisizioni sulla biodiversità marina e terrestre. L'Antartide sta subendo un cambiamento significativo a causa dei mutamenti climatici, della diminuzione dell'ozono stratosferico, dell'introduzione di specie alloctone, del trasporto di contaminanti, dell'aumentata pressione per turismo, ricerca scientifica e sfruttamento delle risorse. Una mole crescente di dati indica come gli organismi e gli ecosistemi antartici stiano rispondendo ai cambiamenti climatici e il censimento della vita marina in Antartide (*CAML, Census of Antarctic Marine Life*) costituisce un contributo fondamentale per la valutazione dei possibili cambiamenti futuri. Un analogo censimento per le specie terrestri non è ancora disponibile e questo rappresenta una priorità per gli studi biologici. In queste regioni, le scienze della vita hanno una lunga tradizione nello studio dell'adattamento, della struttura e delle funzioni degli ecosistemi e nella fisiologia degli organismi unici che le abitano. Nell'ambito del proseguimento di tali ricerche si potrà introdurre la possibilità di ampliare gli studi in aree geografiche diverse da quelle dove insistono le basi italiane e protrarre le osservazioni oltre il tradizionale periodo estivo. E' auspicabile l'applicazione delle nuove metodologie biologiche, soprattutto 'omiche', oggi a disposizione.

In particolare, si ritiene opportuno promuovere ricerche, sia di biologia marina che terrestre, nell'ambito di aree tematiche di riferimento quali l'adattamento biologico, i meccanismi e i risultati degli adattamenti agli ambienti estremi - aprendo la possibilità alla ricerca e alla caratterizzazione di biomolecole di interesse biomedico e/o ambientale. L'approfondimento delle conoscenze sui meccanismi evolutivi e sulla biodiversità, con particolare riguardo alla relazione con i cambiamenti climatici, passati e futuri, e l'inquinamento, si otterrà anche promuovendo l'integrazione tra le ricerche nel settore bio-ecologico, geologico-glaciologico, oceanografico e climatologico. Incrementi notevoli di conoscenza si potranno ottenere coinvolgendo in progetti comuni aree tematiche diverse, ma complementari, su temi quali l'evoluzione biologica e geologica e lo studio dei fondali marini. Rappresentano quindi priorità:

- il censimento delle specie terrestri;
- lo studio dell'adattamento, della struttura e delle funzioni degli ecosistemi terrestri e marini;
- lo studio dell'adattamento biologico degli organismi agli ambienti estremi, i suoi meccanismi e risultati;
- ricerche di biologia marina e terrestre in riferimento alla caratterizzazione di biomolecole di interesse biomedico e/o ambientale;
- ricerche di biologia marina che, dal nanoplancton ai mammiferi, compresi gli endoparassiti, forniscano conoscenza sulla valutazione e tutela delle risorse marine, anche su scala globale;
- l'integrazione tra le ricerche nel settore bio-ecologico, geologico-glaciologico, oceanografico e climatologico;
- è opportuno l'ampliamento delle ricerche ad aree diverse dalle zone limitrofe alle basi italiane e l'uso di nuove metodologie biologiche, soprattutto "omiche".

In tale quadro l'iniziativa internazionale *Census of Antarctic terrestrial life, limits of life, environmental changes* si propone di stabilire una rete internazionale per lo studio complessivo della biodiversità terrestre in Antartide, mediante l'utilizzo di tecniche tradizionali e l'uso estensivo delle tecniche omiche di ultima generazione, con approcci molecolari, bioinformatici e ecoinformatici. Il *range* degli organismi interessati va dai microrganismi ai grandi mammiferi. Lo studio delle caratteristiche ecologiche dei gruppi e delle specie presenti e scelte come rappresentative, consentirà di indicare i parametri entro i quali

queste potranno sopportare i cambiamenti climatici. L'individuazione e la misurazione di dati macro-, micro- e nano-climatici nel triennio fornirà indicazioni sulle condizioni e sui limiti di esistenza della vita in Antartide.

Infine, un tema importante riguarda le prospettive euristiche dell'esplorazione biologica dei laghi subglaciali, anche in collaborazione con la glaciologia. I laghi subglaciali antartici rappresentano ambienti eccezionali, con analogie con ambienti extraterrestri, che offrono potenzialità di studi innovativi in campo biologico, glaciologico, paleoclimatico e geologico, nonché di sviluppi tecnologici. La recente perforazione del lago Vostok apre nuove prospettive di ricerca. Il pericolo di contaminare questi ambienti richiede controlli rigorosissimi sulle tecniche di perforazione, campionamento e stoccaggio dei campioni e lo sviluppo di nuove metodologie, che possono essere traslate per l'esplorazione di corpi extraterrestri. Un altro motivo di interesse nasce dall'evidenza che alcuni laghi subglaciali presenti sotto la calotta occidentale sono in connessione fra loro (accentuando i rischi di contaminazione) e con il mare.

La comunità scientifica (*Expert Group su Advancing Technological and Environmental stewardship for subglacial exploration in Antarctica - ATHENA*), ha individuato alcune linee prioritarie di ricerca orientate ad una grande collaborazione internazionale:

- controllo e valutazione della contaminazione chimica e biologica dei sistemi previsti per l'accesso ed il campionamento di acqua e sedimenti nei laghi subglaciali;
- caratterizzazione biogeochimica dei sistemi subglaciali antartici, sia per quanto riguarda il ghiaccio di accrescimento, che gli eventuali campioni di acqua e sedimenti che si renderanno disponibili, per meglio comprendere le condizioni che possono aver consentito l'adattamento di organismi viventi in ecosistemi estremi;
- ricerca di organismi viventi o loro tracce con metodi classici e molecolari;
- sviluppo di nuovi protocolli di analisi chimica e biochimica, anche in situ, per la caratterizzazione di questi ambienti.

5.1.8 L'Uomo in ambienti estremi

Per quanto riguarda le ricerche in ambito biomedico, gli aspetti conoscitivi riguardano principalmente le informazioni su effetti biologici, psicologici e sociologici. In particolare, il settore di biomedicina sembrerebbe al momento comprendere tanto tematiche legate ad aspetti prettamente naturalistici e/o di ecologia e biologia evoluzionistica, quanto aspetti legati alla medicina e alla salute, con particolare riguardo alla prevenzione di stati patologici, sia acuti che cronici: questi ultimi anche con effetti a distanza che potrebbero riguardare il personale italiano e non, che permane in ambiente antartico. Le tematiche legate alla prevenzione e al monitoraggio della salute andrebbero rinvigorite. Alcuni aspetti riguardano senz'altro l'adattamento fisiologico al clima, le eventuali contromisure da adottare sia nella fase di preparazione alla partenza e al viaggio, sia della permanenza in Antartide, sia durante la fase di monitoraggio dopo il rientro; la dieta; la valutazione dell'affaticamento muscolare sotto stress; gli effetti del ritmo circadiano e delle sue disregolazioni in funzione della latitudine e dei tempi di acclimatazione.

Un aspetto particolarmente interessante riguarda infine la permanenza in unità sociali numericamente assai limitate, per periodi prolungati, in condizione di confinamento e di parametri ambientali "estremi". Tutto ciò ha anche relazioni con la medicina spaziale. Tale insieme di fattori induce cambiamenti omeostatici in alcuni importanti sistemi regolatori neuroendocrini, responsabili della risposta adattativa fisiologica dell'organismo. Sarebbe dunque opportuno promuovere un cluster di ricerche su queste tematiche, che coniughi gli aspetti di misurazione di parametri psicologici con la valutazione dei livelli salivari ed ematici (potrebbero anche essere considerate altre matrici biologiche quali urine, capelli ecc.) per il monitoraggio di biomarcatori della risposta allo stress e predittivi di patologie.

L'identificazione di nuovi biomarker della risposta fisiologica in relazione all'esposizione ad ambienti estremi rappresenta dunque una priorità. Parallelamente ai classici ormoni dello stress, le neurotrofine sono indicatori importanti di una aumentata vulnerabilità del sistema nervoso e della capacità di rispondere al contesto stressante.

Un ulteriore aspetto riguarda infine il problema delle zoonosi emergenti. In condizioni climatiche estreme, dove la coevoluzione tra specie animali locali e umana mette entrambe a rischio di sviluppare zoonosi potenzialmente dannose; il problema acquisisce particolare rilevanza nel caso di uccelli e mammiferi polari potenzialmente vulnerabili a infezioni umane.

Le esposizioni ripetute, di breve e/o lunga durata, a condizioni climatiche estreme è nota per interferire con la risposta fisiologica, aumentando la vulnerabilità a quegli stessi fattori stressanti che si possono

comunemente incontrare in ambienti temperati. E' quindi importante implementare il biomonitoraggio *in situ* mediante valutazione di parametri fisiologici e/o clinici, anche rendendo più consistenti le procedure combinate per la riservatezza nell'acquisizione e conservazione dei dati.

5.1.9 Contaminazione ambientale

I processi che contribuiscono al cambiamento della qualità dell'ambiente globale sono numerosi e complessi. Il continente antartico presenta una serie di caratteristiche uniche che lo rendono un ambiente privilegiato per questo tipo di indagini: i processi che avvengono in questo continente influenzano e vengono influenzati da cambiamenti che intervengono nelle regioni tropicali e temperate. In questo continente, il contributo antropico ha un peso relativamente limitato e questo consente di differenziare in maniera più agevole i contributi derivanti dalle attività antropiche dai processi naturali.

L'evoluzione nelle caratteristiche ambientali che intervengono in Antartide sono influenzati dai processi che avvengono nel resto del globo e i cambiamenti intervenuti sono registrati nella composizione di alcune matrici conservative presenti nel continente antartico (ghiaccio continentale, sedimenti marini). Un'attenta valutazione della composizione di queste matrici consente di discriminare i cambiamenti ambientali precedenti da quelli successivi alla rivoluzione industriale e, d'altra parte i cambiamenti osservati prima che siano diventati evidenti i contributi umani aiutano a comprendere la risposta del sistema ambientale globale alle sollecitazioni indotte da particolari processi ambientali.

E' noto che cambiamenti climatici influenzano il trasporto di specie chimiche attraverso l'atmosfera, i processi fisici, chimici e biologici che intervengono negli oceani, gli scambi alle interfacce aria/acqua, acqua/sedimento. Ci sono ipotesi secondo le quali gli inquinanti organici volatili e semivolatili immessi in zone temperate e tropicali raggiungono le aree polari attraverso un meccanismo di trasporto così detto *cold condensation*, la mobilità di questi composti pertanto dipende dalla ripartizione tra i diversi sistemi coinvolti.

Nell'Oceano Meridionale sono presenti le più estese aree con caratteristiche *High Nutrient Low Chlorophyll* legate alla carenza di micronutrienti, quali ad esempio il ferro, che impediscono una produzione primaria commisurata alla concentrazione di nutrienti. Cambiamenti nel clima producono effetti sulla dispersione di microcomponenti, sia organici che inorganici, e sui cicli biogeochimici che ne regolano la distribuzione tra le componenti antartiche.

Un adeguato monitoraggio di parametri chimici, fisici e biologici nell'atmosfera, in acqua di mare, nella neve e nei ghiacci nonché lo studio lungo profili verticali in matrici conservative consentono di ricostruire alcuni dei meccanismi che regolano il trasporto a livello globale ed i cicli di microcomponenti compresi gli inquinanti ubiquitari in condizioni climatiche estreme.

In questo contesto lo studio della contaminazione delle aree polari rappresenta un significativo indicatore ed un utile strumento per studiare gli effetti dell'antropizzazione globale del Pianeta per cui risultano fondamentali, i seguenti obiettivi:

- determinazione degli inquinanti emergenti;
- approfondimento dei processi di contaminazione chimica da elementi e composti antropogenici;
- studio degli effetti dei cambiamenti globali sulla qualità delle principali matrici antartiche;
- monitoraggio delle evoluzioni ambientali attraverso la continuazione della raccolta di serie storiche di dati;
- bioaccumulo;
- analisi, valutazione e confronto con i dati di contaminazione artica e con dati derivanti dagli organismi preposti alla valutazione dell'impatto delle basi scientifiche in zone polari.

Tali ricerche si pongono in un quadro di grande interesse internazionale, infatti il crescente problema dell'inquinamento a livello globale ha fatto sì che la valutazione della contaminazione ambientale in ambienti polari rivesta una sempre maggiore importanza. Le peculiari caratteristiche ecologiche delle aree polari le rendono particolarmente sensibili al degrado derivante dall'inquinamento chimico; in questo contesto la comunità scientifica internazionale organizza una serie di conferenze con cadenza biennale su *Contaminants in Freezing Ground and Cold Ecosystems*, la prossima sarà organizzata nel 2014 a Melbourne.

I più importanti paesi coinvolti in ricerche scientifiche sia in Artico che in Antartide hanno implementato protocolli e attivato progetti di ricerca per valutare gli effetti derivanti dalla contaminazione ambientale, sia derivanti dalle attività locali che dalla dispersione a livello globale.

5.1.10 Paleoclima

I processi climatici che avvengono nelle regioni polari non sono ancora del tutto conosciuti, ma è chiaro che hanno ed hanno avuto in passato, un ruolo fondamentale nel regolare il bilancio energetico e quindi la dinamica del clima globale.

Alla scala dei milioni di anni, il clima globale è governato dai processi geodinamici che determinano il riassetto delle masse continentali e modificano la circolazione oceanica e atmosferica globale.

Alla scala delle centinaia e migliaia di anni invece le variazioni del clima sono fondamentalmente legate a cicli astronomici che determinano fasi di crescita e contrazione delle calotte polari, modificano il livello del mare di centinaia di metri, influenzano la stratificazione degli oceani, la distribuzione del calore e delle precipitazioni alle varie latitudini e l'habitat degli organismi polari e la biodiversità. Il ghiaccio nelle regioni polari si è accumulato a partire da circa 35 milioni di anni fa in Antartide e molto più tardi, circa 3,5 milioni di anni fa, nell'Atlantico settentrionale e nella regione artica. La transizione da una Terra *greenhouse* ad una situazione *icehouse* e la storia degli ultimi 35 milioni di anni di processi glaciale e glacio-marini sono conservati nei sedimenti periantartici, mentre la storia più recente è perfettamente archiviata nel ghiaccio continentale.

Le carote di ghiaccio artiche (NEEM) ed antartiche (EPICA, TALDICE) e le perforazioni in sedimenti marini (*Cape Roberts* - CRP, *Antarctic Geological Drilling* - ANDRILL e *International Ocean Discovery Program* - IODP) hanno evidenziato cambiamenti ciclici del clima alla scala delle decine di migliaia di anni a carattere bipolare.

La perforazione EPICA ha anche evidenziato il diretto legame fra temperatura e concentrazioni di "gas serra" in atmosfera, ed ha dimostrato che, negli ultimi 800.000 anni il contenuto di CO₂ in atmosfera non ha mai raggiunto i valori attuali. Il confronto dei record climatici ottenuti dalle carote di ghiaccio con quelli ricavati dallo studio dei sedimenti marini si è dimostrato fondamentale per meglio comprendere i meccanismi legati alla sensibilità climatica del nostro pianeta.

Le perforazioni di sedimenti marini effettuate dai programmi ANDRILL e IODP hanno ricavato informazioni fondamentali che documentano variazioni dell'estensione dei ghiacci legate ai cicli astronomici già dal Miocene e della copertura del ghiaccio marino per gli ultimi 10.000 anni. ANDRILL inoltre ha fornito la prova diretta di assenza prolungata di ghiaccio, sia continentale che marino, in un sito costiero del Mare di Ross, durante un periodo caldo, intorno a 1 milione di anni fa, quando la calotta antartica era molto simile a quella attuale. Lo scenario evidenziato da ANDRILL suggerisce che il ritiro della calotta antartica potrebbe ripetersi ancora in un contesto climatico, particolarmente caldo, come quello ipotizzato dai modelli per il prossimi 100 anni, secondo l'IPCC 2007 e ribadito nell'IPCC 2013.

Queste ricerche hanno anche messo in luce che i diversi componenti del sistema climatico (atmosfera, litosfera, idrosfera, criosfera, biosfera) interagiscono in maniera complessa e per lo più in modo non-lineare, a causa della presenza di effetti di retroazione e di effetti soglia.

La ricerca in campo paleoclimatico del prossimo decennio dovrà quindi mirare a scoprire, studiare e confrontare altri archivi con elevata risoluzione temporale, in diverse aree delle regioni polari sia nell'interno della calotta che lungo il suo bordo, nelle zone sia continentali che marine costiere o distali oceaniche profonde, per verificare la variabilità ambientale dell'impatto dei cambiamenti climatici avvenuti in passato, al fine di comprendere la velocità e le modalità di reazione dei vari comparti ai cambiamenti climatici in atto. Il futuro della ricerca polare sarà quindi indirizzato alla raccolta dati mediante perforazioni che possano guidare e garantire il recupero di serie stratigrafiche complete e dettagliate.

Dopo i brillanti risultati delle perforazioni di ghiaccio europee EPICA e NEEM la comunità scientifica mondiale degli *ice core*, coordinata nell'ambito di *International Partnership in Ice Core Sciences* (IPICS), ha individuato alcune linee prioritarie di ricerca da svolgere nel prossimo decennio e orientate a:

- estendere la registrazione degli eventi climatici e atmosferici registrati dagli archivi glaciali a periodi più antichi di un milione di anni;
- ampliare la copertura geografica delle osservazioni paleoclimatiche comprendendo siti chiave finora inesplorati e che forniscano in dettaglio informazioni sugli ultimi 40.000 anni ;
- focalizzare l'attenzione su periodi climatici d'importanza fondamentale, quali per esempio gli ultimi due millenni e verificare la sensibilità climatica alla forzante antropica;
- confrontare tra loro periodi interglaciali e metterli in relazione con il periodo attuale per verificare la risposta della calotta antartica alle variazioni climatiche.

La comunità scientifica mondiale dei sedimenti marini sarà impegnata nell'attuazione della perforazioni del substrato sotto la *Ross Ice Shelf*, e sul margine continentale sia antartico (Mare di Ross,

dell'Amundsen Sea, della Penisola Antartica, Mare di Weddell, margine del Wilkes Land, del Totten Glacier, e del Conrad Rise-Bud Coast), che artico (Mare di Barents, Lomonosov Ridge, Beaufort Sea e Chukchi Plateau) nell'ambito dei programmi di perforazione profonda (ANDRILL ed IODP) e superficiale (SHALDRIL e MeBo). Gli obiettivi sono datare e ricavare informazioni ambientali sulle fasi più significative dell'evoluzione della calotta glaciale nel mare di Ross e lungo il margine orientale ed occidentale antartico e artico.

Il programma SCAR che coordinerà le azioni internazionali finalizzate a studi paleoclimatici integrando le due comunità dei sedimenti marini e delle carote di ghiaccio è PAIS (*Past Antarctic Ice Sheet Dynamics*) successore di ACE. Obiettivo di PAIS è studiare in particolare le aree vulnerabili, lungo transetti dalla costa alle zone abissali, del margine occidentale ed orientale della calotta antartica, per fornire informazioni sulle modalità e velocità di transizione, sulle soglie climatiche in cui avvengono i cambiamenti di stato ambientali (dove la cronologia lo permette, mediante il link con le carote di ghiaccio).

5.1.11 Problematiche e rischi ambientali

La mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici è tra gli obiettivi prioritari di Orizzonte 2020 e dei maggiori programmi di ricerca internazionali, per un'oculata valutazione degli impatti economici e della vulnerabilità del sistema sociale. Strumenti fondamentali per raggiungere tali obiettivi sono il monitoraggio delle variazioni climatiche e ambientali in atto e la documentazione di mutazioni climatiche e ambientali, avvenute in epoche passate: informazioni tutte indispensabili per elaborare proiezioni climatiche affidabili.

Nell'ultimo secolo vi è stato un consistente incremento degli eventi naturali estremi, calamitosi che hanno avuto un impatto significativo sulla società. È opinione comune nella comunità scientifica che il cambiamento climatico in atto comporti anche una significativa modifica delle condizioni ambientali, con aumento della pericolosità di eventi naturali sulle attività antropiche a diversi livelli (eventi climatici estremi, inondazioni, siccità, uragani, eccetera). Anche alla scala decennale tuttavia i trend climatici sono difficili da prevedere e difficile è capire quali sono i forzanti interni o esterni, naturali ed antropici, e la rapidità del cambiamento ambientale ad essi connesso.

E' fuori di dubbio che i cambiamenti in corso nelle regioni polari abbiano influenza a scala globale, come ad esempio l'effetto dell'aumento della fusione dei ghiacci polari sull'innalzamento del livello marino e sulla modificazione della circolazione oceanica sia superficiale che profonda.

La riduzione della copertura glaciale e del permafrost prevista dall'IPCC 2013, sta avendo e avrà un crescente impatto sugli ecosistemi marini e terrestri. In risposta al riscaldamento regionale potranno verificarsi imponenti rilasci di idrati di metano – attualmente sequestrati nelle sequenze sedimentarie - con conseguenze climatiche globali – dato il potente effetto serra di questo gas - e locali, per esempio sulla stabilità delle scarpate sottomarine.

I più grandi movimenti di massa di sedimento conosciuti sul pianeta (non connessi ad attività vulcanica), appartengono alle aree polari e i loro effetti, quali la generazione di onde di tsunami, causano situazioni di rischio anche in aree remote trans-oceaniche (*far field impact*).

La consapevolezza, recentemente acquisita, della rilevanza sociale ed economica dei *submarine geohazard* impone approfonditi studi sui processi sedimentari e sulla loro interazione con l'ambiente fisico, chimico e biologico negli oceani polari. La comprensione dei processi sedimentari polari e dei *natural hazards* richiede un approccio integrato che comprende osservazioni di laboratorio, studi sul campo e modellazione.

Fra gli effetti del riscaldamento locale sono già adesso evidenti quelli sulla stabilità delle infrastrutture (costruzioni, strade, delle condotte di gas, delle discariche di raccolta di rifiuti etc).

I cambiamenti ambientali condurranno alla minaccia e all'estinzione di molte specie viventi, a modifiche della distribuzione e dei *pattern* di migrazione, ma per quanto riguarda in particolare la regione artica, determineranno anche nuove opportunità per il turismo, attività di pesca e di estrazione e trasporto di petrolio e gas ed imporranno la pianificazione di strategie di adattamento delle popolazioni residenti.

A seguito della riduzione del ghiaccio artico già nei prossimi anni si potrebbe assistere ad un aumento del traffico marittimo con apertura di nuovi scenari di opportunità per attività economiche ma al tempo stesso si dovranno prevedere adeguati controlli sulla gestione del mare, sui sistemi di soccorso, servizi di *search and rescue* ed una più stretta cooperazione internazionale.

In questo contesto le ricerche dovranno tendere a mettere in luce le più significative ricadute dei *trend* climatici in ambiente biologico, fisico ed oceanografico in Antartide. Si dovranno inizialmente individuare

le componenti più sensibili del sistema polare ed enucleare i *trend* più significativi e procedere successivamente alla valutazione dei dati fenomenologici allo scopo di individuare le possibili mitigazioni degli effetti nonché evidenziare le eventuali opportunità. Nelle varie tematiche rientrano ad esempio lo studio della degradazione del permafrost ed il conseguente rilascio di gas-serra, gli effetti dei cambiamenti climatici sulla biodiversità e sulla circolazione oceanica con i conseguenti effetti.

Il programma dello SCAR che studia i rischi ambientali connessi alle variazioni climatiche in atto ed è mirato a fornire informazioni per migliorare previsioni future è AntClim21 i cui obiettivi si pongono in collegamento con altri programmi come IPICS, SOOS, PAIS, AntEco, AnT-ERA, EG-PPE, EG-ISMASS.

5.1.12 Tecnologia: innovazione e sperimentazione

Gli avanzamenti delle ricerche nelle aree polari sono fortemente correlati con la disponibilità di strumenti di osservazione e di indagine diretta a elevato contenuto tecnologico. Infatti, qui ciascun tipo di osservazione di lungo termine o di misura puntuale richiede soluzioni molto specializzate in risposta non solo alle condizioni ambientali/climatiche estreme, ma anche alla capacità di operare per lunghi periodi di tempo senza intervento umano, o anche in completo automatismo sia in riferimento a sistemi fissi che mobili. Le sfide tecnologiche che necessitano e perciò producono innovazione tecnologica riguardano principalmente i materiali speciali, l'affidabilità del funzionamento in un ampio intervallo di condizioni ambientali, la miniaturizzazione, la sensoristica, anche per gli studi micro - e nano climatici, la robotica, le telecomunicazioni, l'elaborazione dati, l'ingegnerizzazione e, non da ultimo, il contenimento dei costi.

Un ulteriore ampio settore di ricerca e innovazione in rapida crescita riguarda le biotecnologie soprattutto in riferimento alla scoperta e l'utilizzo di biomolecole trovate negli ambienti polari, che possono trovare utilizzazione in medicina o nella cosmetica, o anche in processi fondati sulla biocatalisi e come biocarburanti. Ad esempio particolare interesse rivestono i microrganismi e gli enzimi isofunzionali attivi a basse temperature, che possono trovare impiego nell'industria alimentare, nel biorisanamento e nel restauro, oppure le sostanze antiossidanti.

Le ricerche nelle aree polari divengono perciò anche un "propulsore" di ricerca e sviluppo tecnologico, generando molteplici intese tra il sistema ricerca e le imprese; nella maggioranza dei casi queste intese hanno le caratteristiche per trasformarsi da un semplice rapporto del tipo committente-fornitore, a una alleanza che vede il soggetto di impresa-fornitore di tecnologia diventare anch'esso "beneficiario" dei prodotti innovativi, in termini di brevetti e trasferibilità al mercato.

La rassegna delle idee raccolte per la definizione delle presenti linee strategiche di ricerca polare ha messo in evidenza come molte iniziative si prestino a sviluppare stretti rapporti di collaborazione o evidenti potenzialità di partenariato con il sistema delle imprese, per lo sviluppo tecnologico congiunto di sistemi innovativi di indagine diretta o di processo produttivo.

Per grandi gruppi, le proposte riguardano sistemi osservativi marini, geofisici, geochimici, vulcanologici, criosferici, astronomici; microsensoristica ambientale e tecnologie per l'osservazione dello spazio e lo studio della bassa, media ed alta atmosfera; veicoli autonomi di tipo AUV, USV, e ROV; campionatori di fondo marino; biotecnologie e sistemi energetici da fonti rinnovabili e tecnologie avanzate di supporto alla logistica.

Nella grande maggioranza dei casi i soggetti fornitori di tecnologia sono piccole e medie imprese: particolarmente interessante il coinvolgimento dei Distretti Tecnologici che già si fondano sulla partnership pubblico-privato e sulla partecipazione diretta degli Enti di ricerca, come nel caso delle tecnologie marine.

I benefici per le ricerche nelle aree polari riguardano non solo l'avanzamento delle conoscenze scientifiche, ma anche il possibile contenimento dei costi delle campagne di ricerca attraverso l'impiego dei sistemi osservativi automatici che non richiedono l'intervento umano per lunghi periodi e i veicoli autonomi sia di superficie che aerei.

Sul fronte dell'innovazione e della competitività del sistema produttivo, la trasferibilità dei prodotti "guarda" all'ampio mercato del monitoraggio e controllo dell'ambiente nei suoi diversi comparti, la sorveglianza di obiettivi sensibili, la sicurezza e la difesa, nonché l'ampissima area delle biotecnologie e della medicina. e alle potenzialità degli organismi polari facilmente coltivabili in laboratorio, da sottoporre a screening per la produzione di nuove biomolecole di interesse applicativo, come ad esempio metaboliti bioattivi, acidi grassi insoliti e sostanze anticongelanti. La potenzialità delle biomolecole può essere

verificata anche *in silico*. Nell'ottica della partnership pubblico-privato in termini di mutuo beneficio dei prodotti delle ricerche, ma anche di condivisione dei costi di R&S, si ritiene appropriato il modello di cofinanziamento del tipo *public procurement*, già adottato con successo dagli USA come "motore" di innovazione nel sistema produttivo. In sintesi, il finanziamento pubblico dovrebbe coprire i costi di costruzione dei prototipi dei dispositivi o delle macchine, ma non - ad esempio - i costi della loro progettazione, cioè il costo *in kind* sostenuto dalle imprese.

Considerati gli interessi scientifici e in progetti in corso di sviluppo in ambito pubblico e industriale, si considera prioritario lo sviluppo di:

- sistemi osservativi dell'ambiente e del fondo marino, inclusi i veicoli autonomi di superficie e di profondità;
- strumenti di osservazione dello spazio e dell'alta atmosfera;
- biotecnologie, in prevalenza orientate alla produzione di farmaci o di catalizzatori.

Data la complessità della tematica e la necessità di rafforzare l'alleanza fra comunità scientifica e mondo produttivo, MIUR e CSNA comporranno un tavolo di lavoro con la partecipazione delle imprese più significative allo scopo di approfondire le scelte dei settori di indagine.

5.2 Sistema degli osservatori permanenti

Ogni programma nazionale antartico ha il compito di raccogliere con sistematicità e continuità e diffondere dati di natura fisica e chimica sull'ambiente antartico.

Sono considerati osservatori permanenti quelle strutture che svolgono attività di raccolta di osservazioni e di dati di interesse generale, nazionale ed internazionale, che implica la standardizzazione della raccolta dei dati, l'automatizzazione dei sistemi osservativi e la trasmissione in tempo reale. La responsabilità della conduzione, manutenzione periodica della strumentazione, dei sistemi di conservazione e della diffusione dei dati dovrà essere affidata a un'entità con personalità giuridica (ente pubblico di ricerca, università, etc.) che ne assicurerà la continuità nel tempo e ne proporrà il responsabile. Il responsabile dell'osservatorio permanente sarà impegnato a produrre un rapporto annuale e un rapporto finale alla conclusione del quinquennio di attività.

Nel 2013 si è concluso il quinquennio di attività dei seguenti osservatori permanenti costituiti nell'ambito del Programma esecutivo annuale 2009:

presso la stazione Mario Zucchelli a Baia Terra Nova

- Osservatorio di geomagnetismo e elettromagnetismo (INGV)
- Osservatorio geodetico nella Terra Vittoria settentrionale (Università di Modena e Reggio Emilia)
- Osservazioni in alta atmosfera e climatologia spaziale (INGV)
- Osservatori sismologici permanenti (INGV)
- Osservatorio meteo-climatologico (ENEA)

presso la stazione Concordia a Dome C

- Osservatorio di flussi di radiazione solare ed infrarossa (sito BSRN) (CNR)
- Osservatorio meteo-climatologico (ENEA)
- Osservatorio di geomagnetismo e elettromagnetismo (INGV)
- Osservatori sismologici permanenti (INGV)
- Osservatorio alta atmosfera (INGV)

nel Mare di Ross

- Osservatorio marino (Università Parthenope di Napoli)

nel Mare di Scozia

- Rete di osservatori sismologici a larga banda (OGS)

E' in fase di completamento l'installazione dell'Osservatorio di climatologia spaziale (INAF-IAPS).

Nel 2014 il MIUR emanerà un bando per il rinnovo degli osservatori permanenti sopra elencati e l'eventuale costituzione di nuovi osservatori permanenti. Nel corso del 2014 dovrà essere realizzato il portale degli osservatori e dovranno essere identificati i *data center* idonei a garantire la raccolta, la conservazione e l'accesso ai dati.

5.3 Potenziamento dell'internazionalizzazione

La collaborazione internazionale è nello spirito della ricerca polare: permette lo sviluppo di progetti di ricerca di dimensioni e interessi sopranazionali; consente risparmi e razionalizzazioni dell'uso dei mezzi di supporto infrastrutturale e logistico. Sviluppare la collaborazione internazionale, se prima era un'opportunità adesso, in tempi di crisi economica globale, è diventata una esigenza per tutti i programmi nazionali polari.

Collaborazioni a carattere logistico-operativo

Di seguito vengono esemplificate alcune tipologie di collaborazioni.

Consorzi internazionali per la progettazione, costruzione di infrastrutture

Si tratta di collaborazioni regolate da accordi intergovernativi, interministeriali o fra agenzie polari (esempio: Stazione Concordia fra Francia e Italia).

Consorzi/accordi per l'utilizzazione/gestione comune/coordinata di stazioni polari, mezzi navali e aerei

Si tratta di accordi fra agenzie e/o organismi polari tendenti a ottimizzare l'utilizzo comune di stazioni (esempi: Concordia con IPEV-Francia eventualmente da allargare ad altri paesi), e di mezzi aerei/aeroporti (esempi: con NSF-USA, Antarctica New Zealand, KOPRI-Corea) e navali in aree polari (esempi: con KOPRI-Corea, BGR e AWI Germania).

Collaborazioni a carattere scientifico

Le tre priorità individuate da "Orizzonte 2020" trovano ampia corrispondenza con alcune delle tematiche scientifiche del Programma Nazionale di Ricerche in Antartide. La possibile partecipazione del PNRA riguarda in particolare la priorità "Sfide per la società" per gli obiettivi specifici: (e) azioni per il clima, efficienza delle risorse e materie prime; (c) energia sicura, pulita ed efficiente; (d) trasporti intelligenti, verdi e integrati; e per la parte relativa alla ricerca marina e marittima dell'obiettivo (b) sicurezza alimentare agricoltura sostenibile, ricerca marina e marittima nonché bioeconomia.

Lo sviluppo di collaborazioni internazionali ha come presupposto la partecipazione attraverso rappresentanze nazionali ad organismi quali lo *Scientific Committee on Antarctic Research*, l'*International Arctic Science Committee* e l'*European Polar Board*.

Lo *Scientific Committee on Antarctic Research* (SCAR) ha promosso una serie di programmi a carattere multidisciplinare (AntEco, Ant-ERA, AntClim21, PAIS, AAA) che costituiscono le priorità per la scienza antartica (*SCAR Strategic Plan 2011-2016 Antarctic Science and Policy Advice in a Changing World* - www.scar.org). Analoga iniziativa ha condotto l'European Polar Board in una prospettiva bipolare per favorire la collaborazione europea (*EPB Strategic Position Paper – European Research in the Polar Regions* - www.esf.org).

La possibilità di partecipare ai bandi della Commissione Europea per "Orizzonte 2020" e/o promuovere iniziative scientifiche internazionali a carattere internazionale nel contesto delle priorità SCAR e/o EPB spesso presuppone la costituzione di accordi di collaborazione formali sia pur temporalmente limitati alla durata del progetto.

Esempi di tipologie di accordi di collaborazioni sono:

Grandi programmi/progetti di ricerca internazionali

Si tratta di programmi/progetti di ricerca promossi da gruppi di più paesi e regolati da accordi sottoscritti da agenzie/organismi polari (esempi: ANDRILL, QUBIC, IPICS, IODP).

Ricerche che utilizzano piattaforme fisse e mobili di altri paesi

Per la conduzione di progetti di interesse comune di due o più gruppi di ricerca da realizzarsi a partire da piattaforme di altri paesi (esempi: CORIBAR, WISSARD, EU/FP7 Eurofleets) dovranno essere stipulati accordi fra agenzie e/o organismi polari. Tale tipologia di accordo può essere adottata anche per favorire la mobilità di ricercatori, specialmente giovani, non solo presso piattaforme polari, ma anche in laboratori di altri paesi attraverso accordi fra istituti di ricerca basati su interessi scientifici comuni.

Sistemi internazionali di archivi di campioni e banche dati

Lo SCAR ed altri organismi internazionali promuovono lo sviluppo di accordi fra agenzie e/o organismi polari nazionali tendenti a conservare dati e campioni al fine di ridurre l'impatto sul territorio antartico, evitare duplicazioni e garantirne la disponibilità alle future generazioni di ricercatori (esempi: Antarctic SDLS, Banche campioni ambientali, geologici, biologici, etc.). In questo contesto è da evidenziare

l'iniziativa sorta dalla collaborazione fra *action group*, *ECA* (*Environmental Contamination in Antarctica*) e *AGAFS* (*Antarctic Fuel Spills*) per il coordinamento della rete per il controllo ed il monitoraggio della qualità dell'ambiente antartico, anche allo scopo di definire le linee di valutazione del rischio connesso alle attività in campagna.

5.4 Tipologia delle attività di ricerca

Al fine di potenziare le collaborazioni scientifiche internazionali le priorità scientifiche nazionali dovranno essere perseguite attraverso tipologie di attività di ricerca innovative e flessibili.

Progetti di ricerca condotti in ambito di accordi scientifici internazionali

Si tratta di progetti di ricerca promossi da gruppi di ricerca internazionali, valutati da *panel* internazionali, e condotti nell'ambito di accordi formalizzati fra agenzie e/o organismi polari, di durata pluriennale (esempi: ANDRILL, QUBIC).

Progetti di ricerca condotti nell'ambito di iniziative scientifiche internazionali

Si tratta di progetti condotti da gruppi di ricerca nazionali che contribuiscono ad iniziative internazionali quali ad esempio i programmi promossi dallo *Scientific Committee on Antarctic Research*, IODP, IPICS, Eurofleets, anche di durata pluriennale.

Progetti di ricerca nazionali

Si tratta di progetti promossi da ricercatori italiani e condotti da due o più unità di ricerca, anche in collaborazione con ricercatori di altri paesi, della durata massima di due anni.

Esperimenti di lungo periodo

Si tratta di progetti promossi da ricercatori italiani e condotti da due o più unità di ricerca, anche in collaborazione con ricercatori di altri paesi, che implicano la raccolta sistematica di dati la cui significatività scientifica impone osservazioni e/o misure per un periodo superiore a due anni

5.5 Specificità e diversificazione dei bandi pubblici per nuove proposte di ricerca

I bandi nazionali per la presentazione di proposte di ricerca sono emanati dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (MIUR) su indicazione della Commissione Scientifica Nazionale per l'Antartide (CSNA). I bandi, in continuità con quanto avviato con il bando PNRA 2013 (vedasi allegato A), avranno carattere specifico e diversificato in termini di tematiche scientifiche, infrastrutture operative, tipologia di attività, opportunità scientifiche nazionali ed internazionali. I bandi relativi ad attività presso la stazione Mario Zucchelli avranno, di norma, cadenza biennale, quelli relativi ad attività da svolgere in mare saranno emanati a seguito dell'esito di chiamate per espressioni di interesse tese ad indentificare interessi scientifici e fabbisogno di mezzi navali idonei.

Per quanto riguarda le attività presso la stazione Concordia la cadenza del bando è annuale e viene effettuato in maniera coordinata con l'Istituto polare francese (IPEV).

Bandi *ad hoc* su specifiche tematiche scientifiche e/o tecnologiche o di opportunità per esempio per la partecipazione a iniziative internazionali saranno pubblicati se e quando necessario su indicazione della CSNA.

I bandi per la istituzione di nuovi osservatori permanenti vengono pubblicati di norma ogni due anni in concomitanza con la verifica biennale degli osservatori già istituiti (vedi anche capitolo 5.2).

5.6 Il processo meritocratico di valutazione e selezione delle attività di ricerca

La selezione delle attività di ricerca scientifica e tecnologica verrà effettuata sulla base del merito scientifico e della compatibilità economica e operativa. Le proposte, raccolte a seguito dei bandi emanati dal MIUR (vedi capitolo 5.5), saranno sottoposte ad un processo di valutazione curato dalla CSNA che, per gli aspetti del merito scientifico si avvale di *referee* esterni. L'esito del processo di valutazione viene reso pubblico dal MIUR. I coordinatori delle proposte ammesse al finanziamento saranno invitati a formulare un progetto definitivo coerente con le risorse finanziarie e i supporti logistici e infrastrutturale che saranno messi a disposizione.



Stazione Mario Zucchelli a Baia Terra Nova, nel Mare di Ross, sullo sfondo il profilo del vulcano Monte Melbourne



Stazione italo-francese Concordia nella notte dell'inverno australe

6. Infrastrutture di supporto

6.1 Infrastrutture di supporto e operatività in Antartide

Per l'esecuzione delle attività di ricerca saranno disponibili diversi supporti infrastrutturali e logistici sia in Antartide sia in Italia.

Le stazioni scientifiche

La **stazione Mario Zucchelli** a Baia Terra Nova nel Mare di Ross consente lo svolgimento di attività esclusivamente durante l'estate australe ed ha una recettività di circa 70 persone. Presso la stazione sono disponibili laboratori da ricerca, mezzi aerei, mezzi marini minori, infrastrutture mobili per traverse e attrezzature per campi remoti per attività distanti dalla base.

La **stazione franco-italiana Concordia** in località Dome C sul plateau polare, operativa durante tutto l'anno, consente lo svolgimento di attività tecnico-scientifiche a circa 50 persone durante l'estate australe e a 16 persone durante il periodo invernale. Presso la stazione sono installati diversi osservatori permanenti e disponibili laboratori da ricerca e mezzi per spostamenti di superficie.

I mezzi di trasporto e di ricerca

Per il supporto alle basi antartiche è necessario provvedere al noleggio di **una nave cargo** con cadenza biennale. Qualora siano disponibili servizi tecnico-logistici e adeguati laboratori, tale nave potrà essere utilizzata per eventuali campagne di raccolta di dati e campioni nel Mare di Ross.

Per la realizzazione dei progetti di esplorazione geofisica e geologica marina, biologica e ecologica marina e oceanografica fisica e chimica si dovrà ricorrere all'utilizzo di **navi da ricerca** dotate di idonee attrezzature per rilievi e di laboratori per trattamento di campioni e dati.

Per consentire l'apertura della stazione Mario Zucchelli e l'inizio delle attività scientifiche sin dal mese di ottobre anche presso la stazione Concordia, annualmente si farà ricorso al noleggio di un **aereo da trasporto intercontinentale**.

Per assicurare le connessioni tra le stazioni Mario Zucchelli e Concordia e per il supporto di attività di ricerca distanti dalla stazione Mario Zucchelli sarà necessario disporre di **mezzi aerei leggeri** (aerei attrezzati di sci ed elicotteri).

Per far fronte alle esigenze della ricerca e per ridurre lo *human footprint* (vedasi le raccomandazioni del Trattato Antartico), si dovrà operare in modo da ridurre il fabbisogno energetico da fonti fossili. Questo obiettivo potrà essere raggiunto attraverso la riduzione dei consumi dei mezzi di trasporto (mezzi terrestri, aerei e navali), l'aumento dell'efficienza energetica e l'integrazione del sistema di produzione dell'energia tradizionale delle stazioni con impianti basati su fonti rinnovabili (eolico, solare, etc.). Lo sviluppo, la pianificazione e la condivisione a livello internazionale delle infrastrutture potrà contribuire in maniera sostanziale alla diminuzione dei consumi. Un ulteriore sforzo è richiesto per applicare le migliori tecnologie disponibili nel campo della gestione dei rifiuti e della depurazione delle acque.

Grandi Infrastrutture di Campagna

Il sistema delle Grandi Infrastrutture di Campagna (GIC), costituito con la finalità di favorire l'utilizzo comune di infrastrutture installate sia presso le stazioni scientifiche antartiche sia su piattaforme mobili, dovrà essere verificato dal punto di vista dell'efficienza della strumentazione e adeguatamente potenziato.

Un gruppo di lavoro *ad hoc*, costituito dal MIUR, provvederà alla ricognizione e alla verifica dello stato di efficienza delle infrastrutture di campagna, mirata a realizzare un graduale aggiornamento e un possibile potenziamento. Saranno stipulati accordi con i responsabili della manutenzione e gestione delle attrezzature per assicurarne la funzionalità e la fruibilità da parte della comunità scientifica.

Risorse umane

La conduzione delle ricerche nel triennio 2014-2016 sarà garantita dal personale scientifico e tecnico delle università e degli enti di ricerca impegnati nei progetti di ricerca da attuare. Il personale tecnico ed amministrativo impegnato nel garantire il funzionamento delle stazioni antartiche e delle loro infrastrutture sarà selezionato sulla base di specifiche esigenze e competenze.

Il dettaglio delle risorse umane effettivamente impegnate nelle piattaforme operanti in Antartide nelle diverse spedizioni (stazione M. Zucchelli, stazione Concordia, navi italiane, navi e stazioni di altri paesi) sarà definito in fase di programmazione esecutiva annuale da CNR e ENEA.

Quadro sintetico

Con la finalità di massimizzare l'utilizzo delle risorse in una cornice di finanziamenti limitati, la strategia per la conduzione delle attività di ricerca nelle regioni polari prevede:

- il presidio stagionale della stazione costiera M. Zucchelli e annuale della stazione Concordia a Dome C in Antartide;
- la modulazione delle attività di ricerca articolata su cicli biennali;
- il mantenimento e lo sviluppo di accordi di collaborazione con paesi come Francia, USA, Nuova Zelanda, Corea del Sud, Germania, Australia e Argentina per il reciproco supporto logistico e la condivisione e lo sviluppo delle risorse e delle infrastrutture polari;
- il sostegno dello sviluppo di collaborazioni scientifiche internazionali a "geometria variabile" che favoriscano la partecipazione di gruppi italiani a ricerche presso spedizioni e/o su piattaforme fisse e mobili di altri paesi;
- l'utilizzo di navi da ricerca per campagne marine di tipo fisico e chimico, biologico-ecologico e geologico-geofisico in diverse aree dell'Oceano Meridionale, nell'Oceano Artico e nell'Atlantico settentrionale, in contesti di collaborazioni internazionali che prevedano anche la condivisione dei costi.

Nell'allegato C è esemplificato lo schema delle attività prioritarie delle campagne a modulazione biennale.

6.2 Infrastrutture di supporto alla ricerca in Italia

Il Museo Nazionale dell'Antartide Felice Ippolito

Il Museo Nazionale dell'Antartide (<http://www.mna.it/>), previsto dalla legge 380/1991 e istituito con decreto ministeriale nel 1996, è organizzato come centro interuniversitario fra Genova, Siena e Trieste. Provvede alla conservazione e catalogazione dei reperti raccolti durante le spedizioni ed al mantenimento delle relative banche dati e del *Geographic Information System* (GIS). I reperti sono conservati presso i *sorting center* delle sue tre sedi (materiale biologico – Università di Genova, materiale geologico – Università di Siena, documentazione storica e materiale sedimentologico – Università di Trieste) e delle sedi associate (microbiologia – Università di Messina, glaciologia – Università di Milano Bicocca, lichenologia – Università di Trieste, micologia – Università della Tuscia, Banca Campioni Ambientali Antartici – Università di Genova, sedimentologia – ISMAR CNR Bologna).

Per garantire la funzionalità dei *sorting center* è fondamentale porre in essere le azioni necessarie a far sì che la documentazione relativa alla consistenza e alla natura dei materiali raccolti in Antartide e i reperti vengano consegnati tempestivamente al Museo. Le modalità di raccolta, conservazione e accesso a reperti e campioni saranno regolamentate sulla base delle proposte del gruppo di lavoro *ad hoc*, costituito dal MIUR.

Presso i centri di documentazione del Museo è raccolta la letteratura (monografie e periodici) relativa alle regioni polari, la cartografia generale e tematica, oltre ad altro materiale documentario quali immagini da satellite, foto aeree, diapositive, audiovisivi.

Il Museo promuove la divulgazione della scienza antartica attraverso le sue sedi espositive, mostre itineranti, materiale educativo e divulgativo e il sito web. Il Museo, con altre istituzioni coinvolte nel PNRA, concorre alle attività di diffusione dei risultati scientifici. In occasione del 30° anniversario dell'istituzione del PNRA che cade nel triennio in oggetto, sono da prevedere iniziative mirate alla divulgazione e diffusione dei risultati della ricerca italiana in Antartide.

Il Sistema Interlaboratorio Antartico

Il Sistema Interlaboratorio Antartico (SIA) costituisce una rete di laboratori, attrezzati con grandi strumentazioni, a disposizione della comunità nazionale. Si tratta di una piattaforma tecnologica finalizzata all'esecuzione di ricerche avanzate, caratterizzate dall'ottenimento di dati sperimentali altamente specifici ed affidabili.

Un gruppo di lavoro *ad hoc*, costituito dal MIUR, effettuerà la ricognizione e la verifica dello stato di efficienza della strumentazione, mirata a realizzare un graduale aggiornamento e un possibile potenziamento. Saranno stipulati accordi con i responsabili della gestione dei nodi di coordinamento per assicurare la funzionalità dei laboratori e la fruibilità delle apparecchiature all'intera comunità scientifica polare.

Sistema di raccolta e diffusione dei dati

La strategia e la *policy* dovranno tendere ad incoraggiare il rilascio dei metadati e dei dati e a favorire il loro utilizzo, minimizzando quindi il ricorso a ulteriori misure e/o campionature in Antartide. Un gruppo di lavoro *ad hoc*, costituito dal MIUR, produrrà una proposta di realizzazione di un portale nazionale e una serie di *data center* tematici/disciplinari e di fabbisogno finanziario per il funzionamento dei sistemi per la raccolta e gestione dei metadati e dei dati del PNRA.

I responsabili dei progetti di ricerca finanziati dal PNRA dovranno rendere disponibili ai competenti *data center* i metadati entro sei mesi dalla conclusione delle attività in campagna e i dati entro due anni dalla conclusione del progetto. Le modalità del rilascio dei dati saranno opportunamente regolamentate e riportate nel modulo delle proposte di attività che dovrà prevedere anche le conseguenze del mancato rispetto di queste disposizioni.



Aereo intercontinentale in atterraggio sul ghiaccio marino prospiciente la stazione Mario Zucchelli a Baia Terra Nova

7. Organismi nazionali ed internazionali

7.1 Organismi nazionali

Il decreto interministeriale del 30 settembre 2010 individua e definisce i compiti dei seguenti organismi nazionali:

- Commissione Scientifica Nazionale per l'Antartide (CSNA), costituita presso il MIUR
- Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR)
- Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (ENEA)

7.2 Organismi internazionali

Gli organismi internazionali ai quali l'Italia ha aderito e alle attività dei quali è strategico garantire la partecipazione sono:

- *Scientific Committee on Antarctic Research (SCAR)* e *Council of Managers of National Antarctic Programmes (COMNAP)* al fine di coordinare la programmazione delle attività nazionali in Antartide con le agenzie scientifiche e logistiche di altri paesi;
- *European Polar Board (EPB)*, al fine di coordinare le attività scientifiche nazionali in aree polari con le agenzie dei paesi europei;
- *Antarctic Treaty Consultative Meeting (ATCM)*, al fine di garantire la gestione del continente antartico attraverso il sistema del Trattato Antartico con azioni di supporto al Ministero degli Affari Esteri, anche partecipando alle riunioni dell'ATCM e del CCAMLR;
- *Steering Committe* e *Scientific Council* del progetto franco-italiano Concordia, al fine di armonizzare le attività scientifiche e la conduzione della omonima stazione.



Distacco di iceberg dal fronte di una lingua glaciale

8. Previsione del fabbisogno finanziario

Quella polare è *big science*. L'incidenza dei costi tecnico-logistici ed infrastrutturali può raggiungere e superare l'80% del costo del singolo esperimento. In ciò la ricerca polare, e quella antartica in particolare, trova significative analogie con quella spaziale.

Per lo svolgimento delle attività delineate nei capitoli 4 e 5, e sintetizzate nel capitolo 6 e negli allegati B e C, è stimato un fabbisogno complessivo di 74 milioni di Euro. L'allegato D riporta l'analisi del fabbisogno finanziario per il triennio. Si evidenzia che le più rilevanti voci di spesa riguardano l'operatività in Antartide (58,05 milioni di Euro) e il finanziamento della ricerca, inclusa la partecipazione ad importanti iniziative internazionali (12,95 milioni di Euro).

La voce ricerca (12,95 milioni di Euro) comprende i costi stimati per finanziare le attività dei progetti scientifici e tecnologici selezionati mediante bandi annuali emanati dal MIUR per complessivi 10,5 milioni di Euro (priorità 5.1); il funzionamento e la gestione degli osservatori (priorità 5.2 e 5.5) (300 mila Euro riferiti al solo 2016); i costi relativi (2,25 milioni di Euro) agli investimenti e alle attività preparatorie per la partecipazione alle iniziative internazionali ritenute strategiche per il PNRA (QUBIC, ANDRILL, IPICS, IODP), che troveranno attuazione in anni successivi al 2017 (capitolo 4.1) (vedi Allegato D).

La previsione di spesa per il funzionamento e le attività delle infrastrutture in Italia (capitolo 6.2) assomma a complessivi 2,450 milioni di Euro. Tale cifra si compone di: 1,2 milioni di Euro per le attività di raccolta e conservazione dei reperti e di divulgazione del Museo Nazionale dell'Antartide; di 1 milione di Euro per il Sistema Interlaboratorio Antartico (SIA) (relativo agli anni 2015 e 2016) e di 250 mila Euro per il sistema di raccolta e di diffusione dei dati (vedi Allegato D).

Per l'operatività in Antartide sono previsti complessivi 58,05 milioni di Euro. Tale voce comprende le spese per il noleggio dei mezzi navali (12,2 milioni di Euro) e aerei (12,7 milioni di Euro), per la conduzione e manutenzione delle stazioni Mario Zucchelli e Concordia (complessivamente 12,6 milioni di Euro), le spese di missione e indennità del personale in Antartide (12 milioni di Euro); le spese per il potenziamento e funzionamento del sistema delle Grandi infrastrutture di campagna (GIC) (1 milione di Euro); le spese da sostenere in Italia per l'organizzazione delle campagne (4,45 milioni di Euro). Sono inoltre comprese spese per la riqualificazione energetica e la manutenzione straordinaria delle stazioni pari a 3,1 milioni di Euro (vedi Allegato D).

Le spese preventivate per gli organismi nazionali ed internazionali assommano a 550 mila Euro e riguardano il funzionamento e i rimborsi spese per i componenti della CSNA, le quote associative annuali a SCAR ed EPB, le spese di missione delle delegazioni nazionali inviate ai meeting annuali del COMNAP e dell'ATCM e a quelli biennali dello SCAR.

Tabella – Previsione di fabbisogno finanziario per il triennio 2014-2016 (in migliaia di Euro – kE).

	2014	2015	2016	Totale
Finanziamento delle attività di ricerca Bandi per nuove proposte di ricerca, gestione osservatori permanenti, iniziative internazionali	4.400	3.750	4.800	13.050
Infrastrutture in Italia MNA, SIA, raccolta e diffusione dati	450	1.000	1.000	2.450
Infrastrutture e operatività in Antartide Mezzi aerei e navali, conduzione e manutenzione ordinaria e straordinaria delle stazioni scientifiche, GIC e personale in Antartide	17.950	21.900	18.200	57.950
Organismi nazionali ed internazionali CSNA, SCAR, EPB, COMNAP, ATCM	200	150	200	550
TOTALE COMPLESSIVO	23.000	26.800	24.200	74.000

La presente previsione dei fabbisogni finanziari non include i costi connessi con le scelte strategiche illustrate nel capitolo 4.2 relative ai trasporti intercontinentali (aerei e marittimi) e l'eventuale costruzione dell'aviosuperficie nell'area di Baia Terra Nova.

Allegati

al

Programma Nazionale di Ricerche in Antartide

Triennio 2014-2016

Allegato A: Esito del bando PNRA 2013	41
Allegato B: Cronogramma schematico per la programmazione strategica del PNRA	43
Allegato C: Linee ed indirizzi per i PEA da attuare nel triennio 2014-2016	45
Allegato D: Analisi dei fabbisogni finanziari nel triennio 2014-2016.....	49
Allegato E: Glossario, acronimi e siti internet	51

Allegato A

Esito del bando PNRA 2013

Il bando PNRA 2013, emanato dal MIUR nel marzo 2013, era articolato su tre linee di intervento, per complessivi 6,85 milioni di Euro:

- A) Progetti di ricerca in Antartide presso le stazioni Concordia e Mario Zucchelli e su nave nel Mare di Ross, in connessione con lo sviluppo delle campagne antartiche
- B) Progetti da svolgersi in Italia su dati e materiali raccolti in precedenti campagne e/o per lo sviluppo di soluzioni tecnologiche innovative
- C) Progetti di ricerca da svolgere su piattaforme fisse e mobili di altri paesi e/o nell'ambito di iniziative internazionali

Ha raccolto 172 proposte di attività di ricerca fra le quali sono state selezionate 89.

Sono state presentate 172 proposte di cui

- 95 per la linea A
- 56 per la linea B
- 21 per la linea C.

Sono state ammesse al finanziamento 89 proposte di cui

- 56 per la linea A
- 22 per la linea B
- 11 per la linea C.

Articolate per piattaforme in Antartide le proposte ammesse al finanziamento della linea A sono così ripartite:

- 14 presso la stazione Concordia
- 36 presso la stazione Mario Zucchelli
- 6 sulla nave da ricerca.

Per la linea C, articolate per regione polare, le proposte ammesse al finanziamento sono così ripartite:

- 8 in Antartide
- 3 in Artide.

Per istituzione di appartenenza del coordinatore scientifico, le proposte ammesse al finanziamento sono così ripartite:

- 48 università - 31(A) 12(B) 5(C) = 54%
- 24 CNR - 18(A) 5(B) 1(C) = 27%
- 5 INGV 1(A) 3(B) 1(C) = 6%
- 4 OGS - 1(A) 1(B) 2(C) = 4%
- 2 ENEA - 1(A) 1(C) = 2%
- 2 ISPRA - 2(A) = 2%
- 2 CMCC - 1(B) 1(C) = 2%
- 1 ISS - 1(A) = 1%
- 1 INAF - 1(A) = 1%

Le risorse finanziarie disponibili per la linea A, come da bando, sono di Euro 4.550.000; la ripartizione delle assegnazioni per voce di spesa è stata:

- Euro 1.133.000 per strumentazione da installare in Antartide
- Euro 1.024.100 per spese di personale
- Euro 2.326,900 per spese di funzionamento dei progetti
- Euro 14.000 non utilizzati.

Le risorse finanziarie disponibili per la linea B, come da bando, sono di Euro 1.300.000; la ripartizione delle assegnazioni per voce di spesa è stata:

- Euro 464.304 per spese di personale
- Euro 835.696 per spese di funzionamento dei progetti.

Le risorse finanziarie disponibili per la linea C, come da bando, sono di Euro 1.000.000; la ripartizione delle assegnazioni per voce di spesa è stata:

- Euro 117.000 per strumentazione da installare in Antartide
- Euro 275.000 per spese di personale
- Euro 501.300 per spese di funzionamento dei progetti
- Euro 106.700 per costi logistico-operativi.

Le risorse finanziarie destinate al personale assommano a complessivi Euro 1.763.404, di cui Euro 882.000 per la stipula di contratti ai coordinatori non strutturati di età inferiore a 40 anni.

Allegato B

Cronogramma schematico per la programmazione strategica del PNRA

Anno 2014

Al momento della conclusione della predisposizione del presente programma triennale e del suo invio al Ministro sono ancora da realizzare le seguenti azioni che avrebbero dovuto essere effettuate prima della fine di maggio 2014

- comunicazione da parte del MIUR del budget 2014 e proiezione triennale;
- emanazione da parte del MIUR di un bando pubblico per osservatori permanenti, esperimenti di lungo periodo e opportunità internazionali;
- emanazione di un bando pubblico da parte del MIUR per attività in mare con nave da ricerca appositamente noleggiata (campagna 2014-2015 o campagna 2015-2016) a seguito della chiamata per espressioni di interesse per attività in mare;
- presentazione del PEA 2014 al Ministro (CNR);
- redazione del Piano operativo della campagna 2014-15 (ENEA e CNR).

Oltre alle azioni precedentemente elencate sono da prevedere

- settembre: emanazione di un bando pubblico per attività presso le piattaforme italiane in Antartide (stazioni Mario Zucchelli, Concordia e nave oceanografica) per l'anno 2015 e seguenti;
- ottobre: chiusura bando pubblico per proposte di attività in Antartide 2015 e avvio processo di valutazione del merito scientifico (CSNA);
- ottobre: inizio della spedizione antartica 2014-15;
- dicembre: conclusione del processo di valutazione delle proposte del bando pubblico per proposte di attività in Antartide 2015 (CSNA).

Anno 2015

- gennaio: presentazione dei progetti definitivi del bando 2014
- febbraio: conclusione della campagna estiva in Antartide ed inizio winter-over a Concordia
- febbraio: comunicazione del budget 2015 e proiezione triennale
- marzo: indirizzi e linee strategiche della CSNA per il PEA 2015
- marzo: avvio delle azioni preparatorie per la predisposizione del PEA 2015 e della campagna 2015-16 (CNR e ENEA)
- aprile: presentazione del PEA 2015 al Ministro (CNR)
- maggio: parere della CSNA sul PEA 2015
- giugno: conclusione della redazione del Piano operativo della campagna 2015-16 (ENEA e CNR)
- giugno: pubblicazione del bando congiunto franco-italiano per attività presso la stazione Concordia (MIUR e IPEV) per l'anno 2016 e seguenti
- giugno: emanazione di un bando pubblico da parte del MIUR per proposte di attività in Antartide 2016
- luglio: presentazione al Ministro del programma triennale per il periodo 2016-2018
- inizio settembre: chiusura bando 2015 Concordia ed avvio del processo di valutazione congiunta (IPEV e CSNA)
- agosto: conclusione del mandato della CSNA 2011-2015; costituzione della CSNA 2015-2019 (MIUR)
- settembre: chiusura bando pubblico per proposte di attività in Antartide 2016 e avvio processo di valutazione del merito scientifico (CSNA)
- ottobre: inizio della spedizione antartica 2015-16
- inizio novembre: conclusione della valutazione delle proposte Concordia e *ranking* congiunto (Consiglio scientifico IPEV e CSNA)
- novembre: conclusione del processo di valutazione delle proposte del bando pubblico per proposte di attività in Antartide 2016 (CSNA)

Anno 2016

- gennaio: presentazione dei progetti definitivi del bando 2015
- febbraio: conclusione della campagna estiva in Antartide ed inizio winter-over a Concordia
- febbraio: comunicazione del budget 2016 e proiezione triennale
- marzo: indirizzi e linee strategiche della CSNA per il PEA 2016
- marzo: avvio delle azioni preparatorie per la predisposizione del PEA 2016 e della campagna 2016-17 (CNR e ENEA)
- aprile: eventuale emanazione di un bando pubblico da parte del MIUR per attività in mare con nave da ricerca appositamente noleggiata (campagna 2016-2017)
- aprile: presentazione del PEA 2016 al Ministro (CNR)
- maggio: parere della CSNA sul PEA 2016
- giugno: conclusione della redazione del Piano operativo della campagna 2016-17 (ENEA e CNR)
- giugno: pubblicazione del bando congiunto franco-italiano per attività presso la stazione Concordia (MIUR e IPEV) per l'anno 2017 e seguenti
- giugno: emanazione di un bando pubblico da parte del MIUR per proposte di attività in Antartide 2017
- inizio settembre: chiusura bando 2017 Concordia ed avvio del processo di valutazione congiunta (IPEV e CSNA)
- settembre: chiusura bando pubblico per proposte di attività in Antartide 2017 e avvio processo di valutazione del merito scientifico (CSNA)
- ottobre: inizio della spedizione antartica 2016-17
- inizio novembre: conclusione della valutazione delle proposte Concordia e *ranking* congiunto (Consiglio scientifico IPEV e CSNA)
- novembre: conclusione del processo di valutazione delle proposte del bando pubblico per proposte di attività in Antartide 2017 (CSNA)

Anno 2017

- gennaio: presentazione dei progetti definitivi del bando 2016
- febbraio: conclusione della campagna estiva in Antartide ed inizio winter-over a Concordia

Allegato C

Linee ed indirizzi per i PEA

PEA 2014-2015

Il PEA 2014 dovrà perseguire alcuni obiettivi fondamentali, quali:

1. implementare, con una significativa partecipazione di ricercatori in campagna, i progetti di ricerca selezionati a seguito del bando 2013, che prevedono attività nel secondo anno, presso le due piattaforme disponibili in Antartide (stazione Mario Zucchelli, stazione Concordia), in aree extra-antartiche e presso piattaforme di altri paesi;
2. ottemperare a quanto previsto dai principali accordi internazionali ed in particolare all'impegno intergovernativo con la Francia per mantenere attiva durante tutto l'anno la stazione italo-francese Concordia per consentire attività di ricerca e/o di raccolta dati da osservatori permanenti;
3. garantire la continuità dell'acquisizione delle serie storiche di dati presso gli osservatori permanenti che abbiano superato il vaglio del bando 2014; avviare le possibili attività di *long term experiment*, e di nuovi osservatori;
4. garantire la salvaguardia e la manutenzione del patrimonio infrastrutturale e strumentale del PNRA in Antartide;
5. garantire il funzionamento delle infrastrutture di supporto alla ricerca in Italia (MNA, SIA, banche dati); avviare la costituzione del sistema di raccolta e diffusione dei dati;
6. consentire il funzionamento degli organismi nazionali;
7. consentire la partecipazione alle attività degli organismi internazionali;
8. prevedere bandi coordinati con l'Istituto Polare Francese (IPEV) per la conduzione di attività di ricerca presso la stazione Concordia per le campagne 2015/16 e 2016/17;
9. prevedere un bando pubblico per la raccolta di proposte di ricerca da avviare nell'ambito della campagna 2015/16;
10. prevedere la conclusione dei progetti avviati nel 2009 o 2010 non ancora completamente attuati (2010/A2.06, 2009/A2.02).

Il PEA 2014 dovrà altresì prevedere alcune attività/azioni specifiche quali:

11. consentire l'attuazione delle attività di ricerca presso campi remoti supportati a partire dalla stazione Zucchelli, previste dai seguenti progetti selezionati a seguito del bando 2013: (2013/AZ1.01, 2013/AZ2.02, 2013/AZ2.03, 2013/AZ2.04, 2013/AZ2.07, 2013/AZ1.12, 2013/AZ1.17, 2013/AZ2.08, 2013/AZ1.19);
12. dare seguito all'esito della chiamata di espressione di interesse per attività in mare mediante
1) l'identificazione della nave da ricerca geologico-geofisica, idonea ad operare nel Mare di Ross e
2) l'emanazione di un bando competitivo per la partecipazione alla crociera scientifica ed il finanziamento delle ricerche sui dati ed i materiali che verranno raccolti;
13. avviare le opportune iniziative per definire gli interventi strategici in termini di trasporti marittimi ed aerei verso e dall'Antartide, inclusa la eventuale aviosuperficie nell'area della stazione Zucchelli, anche mediante la stipula di accordi preliminari con i potenziali partner stranieri.

Il PEA dovrà inoltre prevedere adeguate risorse finanziarie per consentire il noleggio di una nave da ricerca geologico-geofisica e l'emanazione del connesso bando pubblico per la raccolta di proposte di ricerca in mare e l'emanazione di un bando pubblico per la raccolta di proposte di attività presso le piattaforme italiane in Antartide (stazioni Mario Zucchelli, Concordia e nave oceanografica) per l'anno 2015 e seguenti.

PEA 2015-2016

Perseguirà due obiettivi fondamentali.

- 1) dare attuazione alla seconda campagna di ricerca in Antartide del PNRA 2014-2016 conducendo attività sia in Antartide, sia in aree artiche, sia in Italia. In particolare le azioni da perseguire sono:

- implementare, con una significativa partecipazione di ricercatori in campagna, i progetti di ricerca selezionati a seguito del bando 2014;
- ottemperare a quanto previsto dai principali accordi internazionali ed in particolare mantenere l'impegno intergovernativo con la Francia per mantenere attiva durante tutto l'anno la stazione italo-francese Concordia per consentire attività di ricerca e/o di raccolta dati da osservatori permanenti;
- garantire l'acquisizione delle serie storiche di dati presso gli osservatori permanenti installati in Antartide, avviare il potenziamento degli osservatori permanenti specialmente presso la stazione Concordia;
- provvedere al noleggio di una nave cargo/oceanografica e/o all'utilizzo congiunto con compartecipazione dei costi di navi di altri paesi;
- proseguire l'adeguamento e la manutenzione della stazione Mario Zucchelli;
- garantire la salvaguardia e la manutenzione del patrimonio infrastrutturale e strumentale del PNRA (GIC) e provvedere ad eventuali nuove acquisizioni;
- garantire il funzionamento delle infrastrutture di supporto alla ricerca in Italia (MNA, Sistema diffusione dati, SIA) e provvedere ad eventuali nuove acquisizioni strumentali;
- consentire il funzionamento degli organismi nazionali;
- consentire la partecipazione alle attività degli organismi internazionali.

2) Con le finalità di selezionare nuovi progetti di ricerca e/o di attività osservative si dovranno prevedere:

- l'emanazione di uno o più bandi nazionali (bandi 2015) per la raccolta di proposte di attività di ricerca secondo gli indirizzi forniti dalla Commissione Scientifica Nazionale per l'Antartide.
- l'emanazione di un bando congiunto fra PNRA e Istituto Polare Francese IPEV (bando 2015) per la raccolta di proposte di ricerca e per il potenziamento e la conduzione degli osservatori permanenti presso la stazione Concordia a partire dal 2016.

PEA 2016-2017

Perseguirà due obiettivi fondamentali.

1) Con la finalità di dare attuazione alla terza campagna di ricerca in Antartide del PNRA 2014-2016 sono da prevedere attività sia in Antartide, sia in aree artiche, sia in Italia, in particolare le azioni da perseguire sono:

- implementare, con una significativa partecipazione di ricercatori in campagna, i progetti di ricerca selezionati a seguito dei bandi 2014 e 2015;
- ottemperare a quanto previsto dai principali accordi internazionali ed in particolare mantenere l'impegno intergovernativo con la Francia per mantenere attiva durante tutto l'anno la stazione italo-francese Concordia per consentire attività di ricerca e/o di raccolta dati da osservatori permanenti;
- garantire l'acquisizione delle serie storiche di dati presso gli osservatori permanenti installati in Antartide, avviare il potenziamento degli osservatori permanenti specialmente presso la stazione Concordia;
- provvedere all'eventuale noleggio di una nave da ricerca e/o all'utilizzo congiunto con compartecipazione dei costi di navi di altri paesi;
- proseguire fino alla conclusione l'adeguamento e la manutenzione della stazione Mario Zucchelli;
- garantire la salvaguardia e la manutenzione del patrimonio infrastrutturale e strumentale del PNRA (GIC) e provvedere ad eventuali nuove acquisizioni;
- garantire il funzionamento delle infrastrutture di supporto alla ricerca in Italia (MNA, Sistema diffusione dati, SIA) e provvedere ad eventuali nuove acquisizioni strumentali;
- consentire il funzionamento degli organismi nazionali;
- consentire la partecipazione alle attività degli organismi internazionali ed in particolare al 34° SCAR 2016 in Malesia.

- 2) Con le finalità di selezionare nuovi progetti di ricerca e/o di attività osservative si dovranno prevedere:
- l’emanazione di uno o più bandi nazionali per la raccolta di proposte di attività di ricerca (bandi 2016) secondo gli indirizzi forniti dalla Commissione Scientifica Nazionale per l’Antartide;
 - l’emanazione di un bando congiunto fra PNRA e Istituto Polare Francese IPEV (bando 2016) per la raccolta di proposte di ricerca e per il potenziamento e la conduzione degli osservatori permanenti presso la stazione Concordia a partire dal 2017.

Allegato D

Analisi del fabbisogno finanziario nel triennio 2014-2016

Nella previsione del fabbisogno triennale di 74 milioni di Euro, per lo svolgimento delle attività delineate nei capitoli 4 e 5, e sintetizzate nel capitolo 6 e negli allegati B e C, le più rilevanti voci di spesa riguardano l'operatività in Antartide (58,05 milioni di Euro) e il finanziamento della ricerca, inclusa la partecipazione ad iniziative internazionali (12,95 milioni di Euro).

La voce ricerca comprende i costi stimati per finanziare le attività dei progetti scientifici e tecnologici selezionati mediante bandi annuali emanati dal MIUR per complessivi 10,4 milioni di Euro nel triennio (priorità 5.1); per il funzionamento e la gestione degli osservatori (priorità 5.2 e 5.5) è previsto un finanziamento di 300 mila Euro riferito al 2016 in quanto questa attività negli anni 2014 e 2015 verrà finanziata con lo specifico bando PNRA 2014. Pur non essendo destinata al finanziamento dei gruppi di ricerca, nel programma triennale viene prevista una significativa quantità di risorse (2,25 milioni di Euro) per sostenere i costi relativi agli investimenti e alle attività preparatorie per la partecipazione alle iniziative internazionali (capitolo 4.1).

La previsione di spesa per il funzionamento e le attività delle infrastrutture in Italia (capitolo 6.2) assomma a complessivi 2,45 milioni di Euro. Tale cifra si compone di 1,2 milioni di Euro (400 mila Euro all'anno) per il Museo Nazionale dell'Antartide (da definire nel dettaglio a seguito della verifica dei reperti e campioni che saranno effettivamente raccolti nel corso delle campagne), di 1 milione di Euro per il Sistema Interlaboratorio Antartico (SIA) negli anni 2015 e 2016 (subordinatamente alla verifica in corso e alle determinazioni del MIUR sulle proposte del gruppo di lavoro *ad hoc*). Per l'anno 2014, l'eventuale ripresa delle attività del SIA potrà essere coperta con le risorse destinate a tale scopo, ma non utilizzate, nei PEA 2010, 2012 e 2013 (pari a 600.000 Euro). Per il sistema di raccolta e di diffusione dei dati (da verificare e dettagliare in fase di pianificazione annuale) sono previsti 250 mila Euro.

Per l'operatività in Antartide sono previsti complessivi 58,05 milioni di Euro. Tale voce comprende le spese per il noleggio dei mezzi navali e aerei, per la conduzione e manutenzione delle stazioni Mario Zucchelli e Concordia, le spese di missione e indennità del personale in Antartide e le spese per il potenziamento e funzionamento del sistema delle Grandi infrastrutture di campagna (GIC). Il noleggio della nave cargo, fondamentale per il rifornimento delle stazioni, è previsto nel triennio per la campagna 2015-2016 con un impegno di circa 6 milioni di Euro. Per il noleggio di una nave da ricerca da utilizzare nel Mare di Ross per l'esecuzione dei progetti selezionati a seguito di apposito bando sono previsti 3 milioni di Euro sia nel 2014 sia nel 2016. Per i trasporti aerei è prevista una spesa di 12,7 milioni di Euro quasi equamente ripartita nei tre anni. Per la conduzione delle stazioni scientifiche è prevista una spesa complessiva di 12,6 milioni di Euro, ripartita equamente nei tre anni. Per gli adempimenti in Italia connessi con l'organizzazione delle campagne antartiche sono previsti complessivi 4,45 milioni di Euro. Per il potenziamento del sistema delle grandi infrastrutture di campagna è previsto un investimento di 1 milione di Euro riferito agli anni 2015 e 2016, subordinatamente alla verifica in corso e alle determinazioni del MIUR sulle proposte del gruppo di lavoro *ad hoc*. Per l'anno 2014 l'eventuale ripresa delle attività del GIC potrà essere coperta con le risorse destinate a tale scopo, ma non utilizzate, nei PEA 2010, 2012 e 2013 (pari a 750.000 Euro). Per le missioni e indennità del personale impegnato nelle campagne in Antartide sono previsti complessivi 12 milioni di Euro, equamente ripartiti nei tre anni.

Per il funzionamento e la partecipazione alle attività degli organismi nazionali ed internazionali sono previsti complessivamente 550 mila Euro di cui 300 mila Euro, equamente ripartiti nel triennio, per gli organismi nazionali e 250 mila Euro per gli organismi internazionali che riguardano le quote associative annuali a SCAR ed EPB, le spese di missione delle delegazioni nazionali inviate ai meeting annuali dell'EPB, COMNAP e dell'ATCM e a quelli biennali dello SCAR che nel triennio in oggetto si svolgeranno nel 2014 (Nuova Zelanda) e 2016 (Malesia).

	2014	2015	2016	Totale
<i>Ricerca</i>				
Bandi per nuove proposte e altre iniziative scientifiche	3.900	3.000	3.500	10.400
Osservatori permanenti	0	0	300	300
Iniziative internazionali di lungo periodo	500	750	1.000	2.250
				12.950
<i>Infrastrutture in Italia</i>				
Museo Nazionale dell'Antartide	400	400	400	1.200
Sistema interlaboratorio antartico (SIA)	0	500	500	1.000
Sistema di raccolta e diffusione dei dati	50	100	100	250
				2.450
<i>Infrastrutture e operatività in Antartide</i>				
Mezzi navali	3.000	6.200	3.000	12.200
Mezzi aerei	4.300	4.200	4.200	12.700
Conduzione delle stazioni M. Zucchelli e Concordia	4.200	4.200	4.200	12.600
Adempimenti in Italia	1.450	1.500	1.500	4.450
Manutenzione straordinaria delle stazioni	1.000	1.300	800	3.100
Grandi infrastrutture in campagna (GIC)	0	500	500	1.000
Missioni e indennità personale in Antartide	4.000	4.000	4.000	12.000
				58.050
<i>Organismi nazionali e internazionali</i>				
Organismi nazionali	100	100	100	300
Organismi internazionali	100	50	100	250
				550
	23.000	26.800	24.200	74.000

Allegato D

Glossario, acronimi e siti internet

- AAA:** *Antarctic Astronomy and Astrophysics*, iniziativa promossa dallo *Scientific Committee on Antarctic Research* per coordinare le attività astronomiche in Antartide (www.phys.unsw.edu.au/JACARA/AAA_SRP_webpage/index.html).
- ACE:** *Antarctic Climate Evolution*, programma internazionale e multidisciplinare, promosso dallo *Scientific Committee on Antarctic Research* (www.csam.montclair.edu/earth/eesweb/scar_ace/).
- ALMA:** *Atacama Large Millimeter / submillimeter Array* (<http://www.almaobservatory.org/>) Interferometro millimetrico e submillimetrico internazionale nel deserto di Atacama (Cile).
- ANDRILL:** *Antarctic geological Drilling*, è una collaborazione multinazionale che comprende oltre 200 ricercatori di cinque nazioni (Germany, Italy, New Zealand, the United Kingdom and the United States) con la finalità di raccogliere il record stratigrafico dalle sequenze sedimentarie dei margini dell'Antartide. Sinora ha realizzato due perforazioni nel Mare di Ross (www.andrill.org).
- Antarctic SDLS:** *Antarctic Seismic Data Library System*, iniziativa promossa dallo *Scientific Committee on Antarctic Research* per garantire accesso a tutti i dati di sismica multi-canale raccolti a sud di 60° S (slds.ogs.trieste.it/).
- AGCS:** *Antarctica and the Global Climatic System*, programma internazionale e multidisciplinare, promosso dallo *Scientific Committee on Antarctic Research* (www.antarctica.ac.uk/met/SCAR_ssg_ps/AGCS.htm).
- AntEco:** *State of the Antarctic Ecosystem*, programma internazionale e multidisciplinare, promosso dallo SCAR (www.scar.org/researchgroups/progplanning/ - AntEco).
- AnT-ERA:** *Antarctic Thresholds - Ecosystem Resilience and Adaptation* programma internazionale e multidisciplinare, promosso dallo SCAR (www.scar.org/researchgroups/progplanning/ - AnT-ERA).
- AntClim21:** *Antarctic Climate Change in the 21st Century* programma internazionale e multidisciplinare, promosso dallo SCAR che sostituisce il programma analogo PACE (www.scar.org/researchgroups/progplanning/ - AntClim21).
- APE:** *Airborne Polar Experiment* è un programma internazionale (Italia, Russia, svizzera, Germania, Finlandia, Svezia e Regno Unito) attivo dal 1993 al 2000, promosso dall'*European Science Foundation* e finanziato dalla Commissione Europea e dall'Agenzia Spaziale Italiana per lo studio della climatologia dell'ozono stratosferico in Antartide (ape.ifac.cnr.it/).
- Base Artica Dirigibile Italia:** La base artica Dirigibile Italia è una stazione di ricerca multidisciplinare situata a Ny-Ålesund (78°55' N, 11°56' E), nell'arcipelago norvegese di Spitzbergen (nelle Isole Svalbard). La base è gestita dal Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) e le attività di ricerca sono coordinate da Polarnet. La base è stata inaugurata nel 1997 e da allora gestisce e supporta numerosi progetti di ricerca nazionali e internazionali (www.polarnet.cnr.it/index.php?option=com_content&task=view&id=162&Itemid=58).
- BOOMERanG:** *Balloon Observations Of Millimetric Extragalactic Radiation and Geophysics* (<http://oberon.roma1.infn.it/boomerang>) esperimento che ha misurato nel 1998 e nel 2003 l'anisotropia e la polarizzazione del CMB tramite voli stratosferici circumantartici.
- BRAIN:** *Background RAdiation INterferometer*, esperimento installato presso la base di Concordia. Ha realizzato le misure preliminari all'esperimento QUBIC.
- Cape Roberts Project:** progetto internazionale attivo fra il 1994 ed il 2000 basato su un accordo fra USA, Nuova Zelanda, Italia, Germania, Australia e Regno Unito per la realizzazione di perforazioni di sequenze sedimentarie per ricostruzioni paleoclimatiche *off-shore* di Cape Roberts, lungo la costa della Terra Victoria meridionale (www.victoria.ac.nz/geo/croberts/).

- CCAT:** *Cornell Caltech Atacama Telescope* (<http://www.ccatobservatory.org>) Grande telescopio millimetrico e submillimetrico da installare sul Cerro Chajnantor (5600 m slm) nel deserto di Atacama (Cile).
- CMB:** *Cosmic Microwave Background*, fondo cosmico di microonde, prodotto nelle prime fasi dell'evoluzione dell'universo.
- CNR:** Consiglio Nazionale delle Ricerche.
- COCHISE:** *Cosmological Observations at Concordia with High-sensitivity Instrument for Source Extraction*, Osservatorio millimetrico da 2.6 m di diametro installato presso la base Concordia.
- Concordia Project:** Progetto franco-italiano per la conduzione di ricerche multi-disciplinari sul plateau polare a Dome C in Antartide che include la gestione della omonima stazione scientifica. Iniziato con un accordo siglato nel 1993 è adesso parte di un accordo intergovernativo fra Francia e Italia sottoscritto nel 2005.
- CSNA:** Commissione Scientifica Nazionale per l'Antartide, costituita presso il MIUR ai sensi del DM 30/09/2010 (www.csna.it).
- Dome C:** località sul plateau polare antartico a oltre 3000 metri di quota dove Francia e Italia conducono congiuntamente il progetto e la stazione Concordia.
- EBA:** *Evolution and biodiversity in the Antarctic*, programma internazionale e multidisciplinare, promosso dallo SCAR (www.eba.aq/).
- EG-ATHENA:** *SCAR Expert Group (2010-2012) on Advancing Technological and Environmental stewardship for subglacial exploration in Antarctica*.
- EG-BHU:** *SCAR Expert Group on Human Biology and Medicine* (<http://www.medicalantarctica.org/>).
- EG-PPE:** *SCAR Expert Group on Permafrost and Periglacial Environments*.
- ENEA:** Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile
- EPB:** *European Polar Board*, comitato di esperti dell'*European Science Foundation* (www.esf.org/research-areas/european-polar-board-epb.html). Dell'EPB fanno parte le agenzie e gli operatori polari di 22 paesi.
- EPC:** *European Polar Consortium* è un consorzio di 25 organizzazioni di 19 paesi europei (per l'Italia il MIUR) per il coordinamento delle attività di ricerca polare, finanziato dalla Commissione europea nell'ambito della famiglia dei progetti ERA-NET.
- EPICA:** *European Project for Ice-Coring in Antarctica*, iniziativa promossa da ESF e co-finanziata dalla Commissione Europea e condotta da gruppi di ricerca di 10 paesi europei per la realizzazione di due perforazioni profonde della calotta glaciale est-antartica per ricostruzioni paleoclimatiche. Una è stata realizzata a Dome C e l'altra nella Dronning Maud Land. EPICA ha ricevuto il premio Cartesio 2008 per l'eccellenza della ricerca europea. (www.esf.org/index.php?id=855).
- ERICON AB:** *European Research Infrastructure Consortium Aurora Borealis* è un consorzio europeo a cui partecipano 15 organizzazioni di 10 paesi europei (per l'Italia il PNRA e il CNR), finanziato dalla Commissione europea nell'ambito della iniziativa ESFRI, per lo studio di fattibilità propedeutico alla costruzione della nave da ricerca rompighiaccio Aurora Borealis (www.eri-aurora-borealis.eu/).
- GIC:** Sistema delle grandi infrastrutture di campagna
- IASC:** *International Arctic Science Committee*, comitato dell'ICSU per il coordinamento delle ricerche in Artide (www.arcticportal.org/iasc/).
- ICSU:** *International Council for Science*: organizzazione non-governativa fondata nel 1931 per promuovere attività scientifica internazionale a beneficio dell'umanità. Fra le maggiori iniziative promosse dall'ICSU sono da ricordare: l'*International Geophysical Year* (1957-1958), l'*international Geosphere-Biosphere Programme* (IGBP) e recentemente, in concorso con il WMO, l'*International Polar Year* 2007-2008.

- ICESTAR:** *Interhemispheric Conjugacy in Solar-Terrestrial and Aeronomy Research*, programma internazionale e multidisciplinare, promosso dallo *Scientific Committee on Antarctic Research* (scar-icestar.org/).
- INGV:** Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.
- IODP:** *International Ocean Discovery Program* <http://www.iodp.org/>.
- IPCC:** *Intergovernmental Panel on Climate Change*, organismo internazionale indipendente per l'analisi e la valutazione dei cambiamenti climatici globali (<http://www.ipcc.ch/>).
- IPI:** *International Polar Initiative*, promossa da WMO e ICSU per sviluppare una strategia di intervento nelle regioni polari nei prossimi venti anni.
- IPICS:** *International Partnership in ice coring science*, organismo internazionale della comunità delle perforazioni in ghiaccio promosso da IGP-PAGES (past Global Change), SCAR e IASC (www.pages-igbp.org/ipics).
- IPY:** *International Polar Year*, iniziativa promossa da ICSU e WMO per la conduzione di progetti di ricerca internazionali nelle regioni polari nel periodo marzo 2007 – febbraio 2009 (www.ipy.org, www.annopolare.it).
- IRAIT:** *International Robotic Antarctic Infrared Telescope*, telescopio infrarosso installato a presso la base Concordia (http://astro.fisica.unipg.it/dome_c_news.htm).
- MNA:** Museo Nazionale dell'Antartide *Felice Ippolito* costituito con DM 2 maggio 1996 in attuazione della legge n. 380 1991 (www.mna.it).
- NEEM:** *North Greenland Eemian Ice Drilling* è un progetto internazionale di ricerca su carote di ghiaccio perforate in Groenlandia nord-occidentale.
- OGS:** Istituto Nazionale per l'Oceanografia e la Geofisica Sperimentale.
- Orizzonte 2020:** Programma quadro di ricerca e innovazione, promosso dalla Commissione Europea per il periodo 2014-2020 (<http://ec.europa.eu/research/horizon2020>).
- PAIS:** *Past Antarctic Ice Sheet Dynamics* programma internazionale e multidisciplinare, promosso dallo *Scientific Committee on Antarctic Research* mirato alla comprensione della dinamica delle calotte glaciali nei periodi di riscaldamento globale avvenuti nel passato (www.scar.org/researchgroups/progplanning/-AntClim21).
- PNR:** Programma di ricerca nazionale; è lo strumento mediante il quale il Governo italiano fissa le strategie e le priorità pluriennali della ricerca nazionale. L'ultimo PNR si riferisce al triennio 2011-2013.
- PNRA:** Programma Nazionale di Ricerche in Antartide istituito con legge 284/1985; promosso e controllato dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca.
- Polar Climate Project:** iniziativa promossa dall'*European Polar Consortium* per lo sviluppo di progetti fra almeno tre partner europei per la conduzione di ricerche climatiche nelle regioni polari, finanziati da agenzie nazionali (per l'Italia il PNRA) (www.esf.org/research-areas/european-polar-board-epb/polarclimate.html).
- QUBIC:** *Q & U Bolometric Interferometer for Cosmology*, Interferometro bolometrico internazionale per misure di polarizzazione CMB dalla base Concordia (<http://www.qubic-experiment.org/>).
- ROV:** *Remotely Operated Underwater Vehicle*, veicolo sottomarino a controllo remoto; trasportato nel punto di interesse e guidato via cavo da un'imbarcazione, è dotato di telecamere e sensori per l'osservazione dell'ambiente marino e la misura di molteplici parametri; lo stesso cavo è usato per la trasmissione dei dati.
- SALE:** *Subglacial Antarctic Lake Environments*, programma internazionale e multidisciplinare, promosso dallo *Scientific Committee on Antarctic Research* (scarsale.tamu.edu/).
- SCAR:** *Scientific Committee on Antarctic Research*, comitato dell'ICSU per il coordinamento delle ricerche in Antartide (<http://www.scar.org>).

SERCE: *Solid Earth Response and Cryosphere Evolution*, programma internazionale e multidisciplinare, promosso dallo *Scientific Committee on Antarctic Research* e mirato a comprendere le relazioni tra tettonica e criosfera (www.scar.org/researchgroups/progplanning/ - SERCE).

SIA: Sistema interlaboratorio antartico

Stazione Mario Zucchelli: La Stazione Mario Zucchelli (SMZ) è stata costruita a partire dal 1986, sulla costa di Baia Terra Nova (74°42' Sud e 164°07' Est), e poggia su una scogliera di roccia granitica di una piccola penisola della Terra Vittoria settentrionale, tra le lingue dei ghiacciai Campbell e Drygalski.

Stazione Concordia: costruita e gestita pariteticamente da Francia e Italia nell'ambito di un accordo di cooperazione per la costruzione siglato nel 1993. Nel 2005 si è realizzata la prima stagione invernale iniziata l'8 febbraio e conclusasi l'8 novembre dello stesso anno. Si trova sul plateau antartico nel sito denominato Dome C (75°06' Sud e 123°21' Est) ad un'altezza di circa 3.233 m ed a circa 1.200 km dalla Stazione Mario Zucchelli a Baia Terra Nova e a 1.100 km dalla stazione francese di Dumont d'Urville (www.concordiabase.eu).

Super-DARN: *Super Dual Auroral Radar Network*, radar da installare presso la base di Concordia, parte di un network internazionale di radar per lo studio dell'alta atmosfera e della climatologia spaziale (<http://superdarn.jhuapl.edu/>).

TALDICE: *Talos Dome Ice Core Project*, iniziativa multinazionale europea (Francia, Regno Unito, Germania, Svizzera) a leadership italiana per la realizzazione di una perforazione profonda della calotta glaciale nell'area di Talos Dome nella Terra Vittoria settentrionale per ricostruzioni paleo-climatiche (www.taldice.org).

Trattato sull'Antartide: firmato a Washington il 1 Dicembre 1959 da 12 stati e entrato in vigore il 23 Giugno 1961. La finalità principale del Trattato è di assicurare "*in the interests of all mankind that Antarctica shall continue forever to be used exclusively for peaceful purposes and shall not become the scene or object of international discord.*" L'Italia partecipa alle riunioni dell'*Antarctic Treaty Consultative Meetings* attraverso il Ministero degli Affari Esteri.

UAV: *Unmanned Aerial Vehicle*, aeromobile a pilotaggio remoto; viene usato per riprese fotografiche da bassa quota e per la misura di parametri ambientali, oltrechè per videosorveglianza.

USV: *Unmanned surface vehicle*, natante a controllo remoto; radiocomandato dalla costa o da un'imbarcazione di servizio e dotato di molteplici sensori, è usato per osservazioni dell'ambiente in aree costiere o lagunari.

WMAP: *Wilkinson Microwave Anisotropy Probe*, esperimento da satellite lanciato dalla NASA nel 2001, che ha misurato anisotropia e polarizzazione CMB in tutto il cielo (<http://map.gsfc.nasa.gov/>).

WMO: *World Meteorological Organization*, agenzia delle Nazioni Unite per il monitoraggio (voice) dello stato ed il comportamento dell'atmosfera terrestre, le sue interazioni con gli oceani, il clima che produce e la conseguente distribuzione delle risorse idriche (www.wmo.ch).