

espressa dall'*International Council of Scientific Union (ICSU)* a conclusione dell'Anno Geofisico Internazionale, per promuovere e coordinare la ricerca scientifica in Antartide. L'Italia ha rappresentanti in ciascuno degli 8 gruppi di lavoro permanenti dello SCAR e in alcuni gruppi di specialisti.

La ricerca italiana ha riguardato in modo disciplinare e multidisciplinare quasi tutte le "opportunità" scientifiche offerte dall'Antartide.

Nel primo quinquennio la ricerca era organizzata su grandi aree disciplinari: Scienze della Terra, Oceanografia, Fisica dell'atmosfera, Cosmologia, Biologia e Medicina, Impatto ambientale, Ricerche tecnologiche.

A partire dal 1992 l'organizzazione è basata su cinque grandi settori interdisciplinari, a loro volta articolati in Aree Tematiche di ricerca: Evoluzione geologica del continente antartico e dell'Oceano meridionale, Global change, Osservatori ed informazioni geografiche, Metodologie e normative gestionali per la conservazione dell'ambiente, Robotica e sensoristica.

In ottemperanza a quanto previsto dalla legge n. 380 del 27 novembre 1991, molte delle ricerche sono state sviluppate nell'ambito di accordi internazionali; fra questi, anche per le loro rilevanti implicazioni logistico-economiche, sono da evidenziare: *Concordia Project*, *Cape Roberts Project (CRP)*, *Airborne Polar Experiment (APE)* e *International Trans-Antarctic Scientific Expedition (ITASE)*.

Il PNRA, nel corso di dodici anni ha maturato il coinvolgimento di circa 1.800 ricercatori delle Università e di Enti pubblici di ricerca, quali CNR, ENEA, ING, OGS e Stazione Zoologica A. Dohrn.

Le attività di ricerca hanno condotto alla produzione di circa 2.500 pubblicazioni. Pur con la difficoltà di applicare gli usuali parametri bibliometrici ad una produzione scientifica legata alle specificità di un territorio, dalle analisi svolte emerge che essa ha una larga penetrazione e visibilità fra la comunità scientifica antartica. A solo titolo di esempio, mentre la produzione scientifica italiana occupa mediamente il 2,8% del totale delle pubblicazioni scientifiche mondiali su riviste internazionali, quella svolta nell'ambito del PNRA rappresenta l'8,6% del totale mondiale delle pubblicazioni sull'Antartide.

Gli aspetti finanziari essenziali

I finanziamenti del PNRA nel periodo 1985-97 sono stati determinati dalle leggi 284 del 10 giugno 1985 e 380 del 27 novembre 1991. La legge 284/85 stanziava 230 miliardi che sono stati utilizzati per le campagne dal 1985 al 1992. I finanziamenti previsti dalla legge 380/91 ammontavano a 390 miliardi per il periodo 1991-96. Le leggi finanziarie del periodo 1992-96 hanno ridotto gli iniziali 390 miliardi a 307 miliardi ed esteso il periodo del loro utilizzo in modo tale da comprendere anche la campagna 1997-98.

Nel periodo in considerazione risultano essere stati impegnati, al 17/9/97, circa 483 miliardi, rispetto ad una disponibilità di 541 miliardi (dati da 537 miliardi di finanziamenti statali più altri 4 miliardi di altre entrate).

Per grandi voci la spesa è stata così suddivisa:

- 50 miliardi per la costruzione e operatività della Base;
- 81 miliardi per noleggio dei mezzi navali ed aerei per attività di supporto alla ricerca;
- 52 miliardi per trasporti, assicurazioni, indumenti speciali, telecomunicazioni, divulgazione;
- 49 miliardi per noleggio dei mezzi navali ed aerei direttamente impegnati in attività di ricerca;
- 25 miliardi per personale di supporto in spedizione (indennità, missioni);
- 25 miliardi per personale di ricerca in spedizione (indennità, missioni);
- 161 miliardi di funzionamento ed investimento per la ricerca scientifica;

- 18 miliardi di funzionamento ed investimento per la ricerca tecnologica;
- 21 miliardi per la ricerca nell'ambito degli accordi internazionali.

1.5. Risultati di 12 anni di PNRA

A dodici anni dall'inizio del PNRA le varie attività svolte ed i risultati conseguiti hanno consentito al Paese di integrarsi a pieno titolo nel contesto internazionale dell'Antartide, occupando una posizione di grande rilievo fra i paesi a più alto sviluppo tecnologico.

In sintesi i principali risultati conseguiti sono stati:

- ingresso dell'Italia nel sistema del Trattato antartico;
- ammissione dell'Italia allo SCAR;
- ruolo attivo dell'Italia nella gestione internazionale dell'Antartide;
- costruzione della Base scientifica italiana, capace di ospitare 80 persone, dotata di laboratori, officine e centri di calcolo, ed alla quale afferiscono reti di osservatori astronomici, meteorologici, climatologici, geofisici e mareografici;
- la Base italiana è inserita nella rete di previsione meteorologica mondiale facente capo alla *World Meteorological Organization* (WMO) così come gli osservatori sismologico e geomagnetico sono inseriti nella rete degli osservatori geofisici mondiali;
- sono stati prodotti numerosi articoli scientifici, carte tematiche, *data reports*, sono state sviluppate tecnologie e prototipi. Da una analisi del periodo 1992-94 risultano italiane l'8,65% delle pubblicazioni scientifiche mondiali sull'Antartide mentre la media nazionale delle pubblicazioni scientifiche mondiali è il 2,8%;
- a fianco delle pubblicazioni, che pur restano il prodotto primo della ricerca scientifica, il PNRA ha realizzato anche una serie di significativi altri "prodotti", quali oltre 20.000 km di linee sismiche, la sistematica raccolta di migliaia di reperti biologici e abiologici, la costituzione della Banca campioni ambientali antartici, la creazione di materiali di riferimento per calibrazioni interlaboratorio e le serie storiche di dati registrate dai vari osservatori;
- fra i risultati della ricerca tecnologica sono da annoverare lo sviluppo di robot di superficie e sottomarini, di vari tipi di sensori e di sistemi di gestione a distanza di esperimenti scientifici. Fra questi è da ricordata la realizzazione della Piattaforma Automatica Telecontrollata (PAT) che oltre a produrre energia elettrica durante l'inverno australe è in grado di gestire gli osservatori di Baia Terra Nova che possono anche essere interrogati in remoto dall'Italia;
- istituzione del Museo Nazionale dell'Antartide "Felice Ippolito" che ha fra l'altro il compito di conservare e valorizzare l'instimabile patrimonio di reperti, materiali e dati che il PNRA ha accumulato e che sarà quindi disponibile per studi futuri;
- la Banca Dati generale del PNRA "*South Pole*" è stata recentemente inserita come nodo della Banca Dati mondiale dell'Antartide;
- dall'iniziale approccio disciplinare si è passati a quello interdisciplinare dei progetti di ricerca e delle attuali Aree Tematiche, quale tappa intermedia verso una organizzazione sistematica indispensabile per la conduzione di programmi di ricerca a scala globale;
- si è sviluppato un sistema integrato ed interdisciplinare di reti di ricercatori e laboratori di ricerca di differenti enti che ha dimostrato capacità di operare in modo coordinato e che può costituire esempio per realtà diverse dall'Antartide, quali ad esempio il Mediterraneo;
- sono state create sia figure di ricercatori, sia settori di ricerca completamente nuovi nel panorama scientifico italiano. Il caso più emblematico è rappresentato dalla glaciologia nata dall'integrazione di ricercatori di estrazione geologica, fisica e chimica;

- tramite il PNRA si è provveduto ad un profondo rinnovamento delle attrezzature scientifiche di molti laboratori italiani che, opportunamente coordinati, costituiscono l'ossatura del sistema ricerca antartico sul territorio nazionale;
- sono state sviluppate collaborazioni internazionali con paesi di consolidata tradizione antartica (USA, Germania, Gran Bretagna, Nuova Zelanda, Francia, Australia, Argentina, Cile, Russia) in tutti i settori scientifici e per il supporto logistico alle attività di ricerca. Il PNRA è inserito di molte ricerche nei grandi programmi cornice mondiali, come IGBP, WCRP e WOCE; partecipa attivamente ai programmi cornice sull'Antartide, come CS-EASIZ, ANTOSTRAT, LIRA, ANTIME, ecc.;
- il PNRA partecipa, spesso con ruolo trainante, in progetti di ricerca internazionale, quali:
 - **Concordia** - programma multidisciplinare da sviluppare sul *plateau* polare in località Dome-C, dove è anche prevista la costruzione di una stazione permanente franco-italiana, Concordia Station;
 - **EPICA** - programma finanziato dalla UE per l'esecuzione di perforazioni nel ghiaccio della calotta antartica, per studi dell'evoluzione climatica degli ultimi 500.000 anni;
 - **APE** - accordo italo-russo per l'utilizzo di un aereo stratosferico per ricerche sulla deplezione della fascia d'ozono;
 - **CRP** - progetto di perforazione di sedimenti marini per lo studio dell'evoluzione climatica degli ultimi 40 milioni di anni;
 - **ITASE** - programma che prevede l'esecuzione di traverse sul *plateau* polare per studi sulla evoluzione climatica degli ultimi 200 anni;
- l'Italia è stata sede di importanti incontri internazionali di tipo politico, scientifico e logistico.

1.6. Conclusione

Si ritiene opportuno sottolineare alcune tappe principali nella loro scansione temporale:

- 1) fino al 1985 l'Italia è completamente "assente" dalle questioni politico-giuridiche riguardanti l'Antartide;
- 2) a seguito della legge n. 284 del 10 giugno 1985, vengono inviate spedizioni, viene costruita la Base e avviato il programma di ricerca; l'Italia inizia la fase di "inseguimento" delle altre nazioni di consolidata tradizione antartica;
- 3) con l'inizio degli anni '90, anche sotto la spinta della legge n. 380 del 27 novembre 1991, conclusa la fase di inseguimento, inizia la fase di "collegamento": le ricerche sempre più sono svolte nell'ambito di Programmi e Progetti internazionali, il Paese gioca un ruolo di crescente importanza, finalmente paritario con quello dei paesi a più alto sviluppo tecnologico, nel Sistema del Trattato;
- 4) le nuove norme che il Ministro dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica è delegato ad emanare, ai sensi della legge n. 266 del 7 agosto 1997, dovranno prefigurare compiti e obiettivi per una presenza italiana che sia "trainante" nella politica e nella scienza antartiche degli anni 2000.

2. Consuntivo delle attività scientifiche e di supporto

Questo capitolo descrive le attività scientifiche e di supporto svolte in Antartide ed in Italia, ed i principali risultati scientifici conseguiti nel periodo 1985-97.

2.1. Attività e risultati scientifici

Il Programma Nazionale di Ricerche in Antartide (PNRA) si prefigge l'obiettivo fondamentale di approfondire le conoscenze sull'ambiente antartico, la sua evoluzione ed i suoi effetti sul clima globale e sulle sue modificazioni attraverso lo sviluppo di avanzate metodologie di indagine scientifica e di nuove tecnologie.

Per raggiungere questo obiettivo, il PNRA ha inteso sviluppare le potenzialità scientifiche nazionali attraverso la realizzazione di uno stretto coordinamento fra Università ed Enti di ricerca nazionali anche orientato ad una razionale utilizzazione delle risorse economiche ed umane disponibili. Una analoga strategia è stata adottata nei riguardi della organizzazione interna del PNRA, che recentemente ha puntato ad un maggior coordinamento delle risorse raggruppando tutto lo spettro delle attività scientifiche e tecnologiche in 19 Aree Tematiche di ricerca (17 scientifiche e 2 tecnologiche) coordinate a livello nazionale e definite negli obiettivi e nei costi.

Sul piano internazionale è stato dato il massimo impulso agli sforzi tesi a favorire un maggiore coordinamento della ricerca italiana con le problematiche scientifiche evidenziate dai grandi programmi, quali l'*International Geosphere Biosphere Programme* (IGBP), il *World Climate Research Programme* (WCRP) ed il *World Ocean Circulation Experiment* (WOCE). Ciò ha comportato lo sviluppo delle relazioni internazionali con l'adesione dell'Italia ad alcuni grandi progetti scientifici multilaterali e con la cooperazione logistico-operativa con i Programmi di ricerche antartici degli altri Paesi. Grazie a questo impegno, l'Italia ha accresciuto notevolmente il suo prestigio in tutte le sedi internazionali antartiche, dal Trattato Antartico allo *Scientific Committee of Antarctic Research* (SCAR) e agli Organismi di coordinamento polare europeo.

Fra le principali ricadute di carattere generale del PNRA va segnalata la costituzione Museo Nazionale dell'Antartide "Felice Ippolito" quale consorzio fra le sedi universitarie di Genova (Biologia), Siena (Scienze della Terra) e Trieste (Storia dell'esplorazione), nonché una capillare diffusione dell'informazione attraverso mostre itineranti.

2.1.1. Le spedizioni scientifiche

Le spedizioni italiane in Antartide sono iniziate nel 1985. La prima di queste è stata autorizzata dalla legge n. 284 del 10 giugno 1985, con norma transitoria (art. 7). Tutte quelle successive e ogni altra attività del PNRA sono state effettuate a seguito dell'approvazione da parte del CIPE del "Programma Pluriennale di Ricerche Scientifiche e Tecnologiche".

I risultati raggiunti durante le prime due spedizioni hanno portato all'ammissione dell'Italia nel gruppo dei Membri Consultivi del Trattato Antartico nel corso della riunione ordinaria dell'ottobre 1987 a Rio de Janeiro. Nel settembre 1988 l'Italia è divenuta membro dello SCAR, in occasione della sua XX riunione di Hobart.

Sono state ad oggi effettuate dodici spedizioni (la tredicesima è in corso). Queste sono di seguito descritte nei loro elementi essenziali e sinteticamente riassunte nella tabella 2.1.

Tabella 2.1. - Riepilogo persone e mezzi coinvolti nelle spedizioni in Antartide

Spedizione	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Anno	85-86	86-87	87-88	88-89	89-90	90-91	91-92	92-93	93-94	94-95	95-96	96-97
Personale	38	71	141	161	242	245	96	33	225	340	205	203
Navi	Polar Queen	Finnpolaris	Finnpolaris OGS-Explora Polar Queen	Barken OGS-Explora	Barken OGS-Explora Cariboo	Italica OGS-Explora Cariboo	Italica OGS-Explora		Italica OGS-Explora Strakhov	Italica OGS-Explora	Italica Gelendzhik	Italica OGS-Explora
Elicotteri	2 Squirrel	2 Squirrel	4 Squirrel	3 Squirrel Bell 212	4 Squirrel	4 Squirrel	2 Squirrel	1 Squirrel	3 Squirrel Bell 212	4 Squirrel	2 Squirrel	3-4 Squirrel
Aerei					Hercules C-130	Hercules C-130			Hercules C-130	Hercules C-130	Hercules C-130 Twin Otter	Hercules C-130 Twin Otter

I spedizione (1985-86): ha portato all'individuazione del sito idoneo alla realizzazione della Base italiana Terra Nova (BTN) ed all'impostazione delle prime ricerche scientifiche. Come nave appoggio e per il trasporto del personale è stata usata la M/N Polar Queen.

II spedizione (1986-87): ha visto la costruzione della Base e un notevole sviluppo delle attività scientifiche, con le funzioni di appoggio e di trasporto del personale svolte dalla M/N Finnpolaris.

III spedizione (1987-88): le strutture della Base sono state migliorate e sono state incrementate notevolmente le attività scientifiche in generale e nel settore dell'oceanografia in particolare.

Le principali attività svolte sono state infatti:

- ricerche oceanografiche a bordo della M/N Polar Queen;
- ricerche interdisciplinari aventi come base la Stazione italiana di BTN e come appoggio la M/N Finnpolaris;
- ricerche geofisiche nell'Oceano Pacifico meridionale e nel Mare di Ross, condotte dalla N/R OGS-Explora;
- ricerche naturalistiche nella Terra del Fuoco;
- esperienza LIDAR presso la Base americana Amundsen-Scott al Polo Sud.

IV spedizione (1988-89): ha accelerato l'espansione della Base, mentre le attività scientifiche sono state ampiamente sviluppate in vari settori, soprattutto in quello delle Scienze della Terra, secondo le seguenti linee principali:

- ricerche multidisciplinari aventi come base la Stazione BTN, con l'appoggio della M/N Barken;
- ricerche geofisiche a mare condotte dalla N/R OGS-Explora nell'Oceano Pacifico Meridionale e nel Mare di Ross;
- ricerche LIDAR presso la base americana Amundsen-Scott (Polo Sud) e quella francese Dumont d'Urville;
- campagna oceanografica a bordo della R/N Polarstern, nell'ambito del programma europeo EPOS, curato dall'Alfred Wegener Institut di Bremerhaven;
- ricerche di biologia evoluzionistica in area subantartica;
- ricerche faunistiche e biogeografiche nella Terra del Fuoco.

V spedizione (1989-90): ha avuto dimensioni maggiori rispetto a quelle degli anni precedenti, non solo per le ricerche intraprese, ma anche per la sua durata e per il numero di persone impegnate in Antartide. È stato usato per la prima volta un Hercules C-130 per il trasporto del personale alla Base americana di McMurdo, con prosecuzione in elicottero per BTN. Ciò ha reso possibile l'apertura anticipata della Base italiana (1° novembre), con notevoli vantaggi per tutte le attività scientifiche in Antartide. Queste si possono riassumere come segue:

- ricerche multidisciplinari a BTN, con l'appoggio della M/N Barken;
- campagna di geofisica a mare con la N/R OGS-Explora;
- campagna oceanografica nel Mare di Ross con la N/R Cariboo.

VI spedizione (1990-91): ha visto, oltre alle ricerche a BTN svolte con l'appoggio della M/N Italiana:

- una campagna di geologia marina nel Mare di Ross e una campagna oceanografica nello Stretto di Magellano, condotte a bordo della N/R Cariboo;
- ricerche geofisiche in mare lungo la Penisola Antartica, nell'Oceano Pacifico sudoccidentale e nel Mare di Ross con la N/R OGS-Explora,
- ricerche etologiche nella Terra del Fuoco;

- attività scientifiche varie presso Basi e/o navi straniere.

Nel corso di questa spedizione ha avuto luogo il primo atterraggio del C-130 dell'Aeronautica Militare sul ghiaccio marino della Tethys Bay nei pressi di BTN, anche se solo *touch and go*, per lo scarico di materiale.

VII spedizione (1991-92): è stata caratterizzata dalle sole attività essenziali, poiché il Programma Esecutivo 1991-92 è stato concepito per costituire un ponte fra il primo e il secondo Programma Pluriennale. La spedizione ha avuto come compito primario quello di assicurare il rispetto degli accordi internazionali, la manutenzione degli osservatori scientifici permanenti e la continuità nella raccolta della serie storica di dati e campioni. La campagna, ha visto l'utilizzazione della M/N Italica.

VIII spedizione (1992-93): con questa Spedizione è stato avviato il Piano Quinquennale 1992-96. Essa ha risentito della situazione politico-economica determinatasi in Italia ed è stata pertanto effettuata con obiettivi di carattere indispensabile a causa delle limitate risorse finanziarie.

La campagna è stata sviluppata secondo due direttive preferenziali:

1. le attività a BTN, con la partecipazione di personale scientifico (per il prelievo dei dati raccolti dagli osservatori rimasti in funzione durante l'inverno, la manutenzione e il ripristino degli osservatori scientifici permanenti) e di personale logistico (per le attività di supporto tecnico-logistiche e la salvaguardia del patrimonio);
2. le attività scientifiche presso le Basi straniere, allo scopo di garantire la continuità degli accordi di collaborazione scientifica internazionale.

IX spedizione (1993-94): è stata articolata e complessa, con attività a BTN, presso altre Basi e/o navi straniere e con due campagne a mare su navi di ricerca.

Per la prima volta l'Hercules C-130 dell'Aeronautica Militare ha trasportato direttamente a BTN il personale logistico e scientifico, effettuando in totale nove voli da Christchurch alla Base, dove si sono svolte le principali attività scientifiche. Numerosi ricercatori hanno inoltre svolto la propria attività presso Basi e/o navi straniere.

È stata effettuata la prima traversa sul *plateau* antartico nell'ambito dell'accordo italo-francese per la realizzazione di un programma di ricerche in località Dome-C. Sono state effettuate due traverse con partenza da Cape Prud'homme (vicino alla Base francese Dumont d'Urville) per verificare le potenzialità dei mezzi impiegati e per trasportare materiali e carburante destinati alla costruenda Base invernale Concordia (la seconda traversa è stata interrotta a causa delle avverse condizioni meteorologiche), mentre un gruppo italiano ha percorso 300 km sul *plateau* per verificare la possibilità di raggiungere Dome-C anche da BTN.

La N/R OGS-Explora ha effettuato una campagna di geofisica nel Mare di Ross.

Con la nave di ricerca Strakhov è stata effettuata una campagna geofisica congiunta italo-russa nell'Atlantico meridionale per lo studio del Punto Triplo di Bouvet.

X spedizione (1994-95): è stata la più complessa fra tutte quelle finora attuate dal PNRA, sia per il numero dei partecipanti, che per quello delle campagne realizzate e dei mezzi e delle navi utilizzati.

Le ricerche si sono svolte:

- a BTN, dove la Base ha operato per più di quattro mesi;
- a bordo della M/N Italica, per due campagne oceanografiche nel Mare di Ross e due nello Stretto di Magellano;
- a bordo della N/R OGS-Explora per quattro campagne di geofisica marina lungo la Penisola Antartica, nell'Arco di Scotia e lungo la costa meridionale cilena (due campagne);
- all'imboccatura atlantica dello Stretto di Magellano (campagna a terra);

- nello Stretto di Magellano per la campagna congiunta cileno-tedesco-italiana per una serie di studi relativi alla struttura dei popolamenti in acque costiere nell'area di Punta Arenas;
- alla Base americana Amundsen-Scott al Polo Sud;
- alla Base americana McMurdo per lo studio delle caratteristiche delle nubi;
- alla Base neozelandese Scott per l'effettuazione di misure di ozono con spettrofotometro Brewer;
- alla Base argentina Esperanza per l'effettuazione di misure presso la stazione sismometrica;
- alla Base argentina Jubany per la misura in continuo della anidride carbonica atmosferica;
- alla Base francese Dumont d'Urville per la manutenzione del LIDAR e per la traversa a Dome-C e l'allestimento del campo a Cape Prud'homme;
- a bordo della R/N Nathaniel B. Palmer per l'acquisizione di un grigliato di sismica ad alta risoluzione nel Mare di Ross;
- nell'ambito della spedizione geologica internazionale EUROSACK 1994-95.

A causa delle cattive condizioni meteorologiche, è stata effettuata una sola traversa verso Dome-C, nel corso della quale sono stati recuperati i mezzi lasciati lungo il percorso durante la spedizione precedente.

XI spedizione (1995-96): è stata caratterizzata, oltre che dalle attività scientifiche multidisciplinari svolte a BTN, anche da una intensa attività presso Basi e/o navi straniere. Sono state inoltre effettuate una campagna oceanografica a bordo della M/N Italica nel Mare di Ross e una campagna di geologia marina a bordo della R/N Gelendzhik al Punto Triplo di Bouvet.

A BTN è stato usato per la prima volta un aereo leggero Twin Otter che ha supportato con esito positivo le attività scientifiche, logistiche (con trasporto di materiali e personale) e di soccorso.

Per la prima volta sono stati trasferiti da BTN a Dome-C con l'aereo sei ricercatori per lo studio della qualità del sito e per l'individuazione del punto ottimale per la perforazione prevista dal programma internazionale di ricerca *European Project for Ice Coring in Antarctica* (EPICA).

Da Cape Prud'homme sono invece partite due traverse che hanno trasportato a Dome-C materiale logistico e dato supporto alle attività scientifiche.

XII spedizione (1996-97): pur avendo il tipico carattere interdisciplinare delle precedenti campagne, è stata prevalentemente dedicata alle Scienze della Terra.

Alla campagna hanno partecipato complessivamente 203 persone equamente ripartite fra componente scientifica e tecnico-logistica. Per le varie operazioni sono state utilizzate due navi (Italica e OGS-Explora), due aerei (Hercules C-130 della Aeronautica Militare Italiana e Twin Otter equipaggiato con sci) e quattro elicotteri.

L'impegno principale ha avuto, come del resto in tutte le altre spedizioni, il fulcro operativo a Baia Terra Nova, che è stata aperta il 23 ottobre 1996 ed è rimasta in funzione sino al 13 febbraio 1997.

A Dome-C le attività svolte hanno riguardato l'installazione del campo che sarà di supporto alla costruzione della Base e alle attività scientifiche (di astrofisica e di perforazione della calotta glaciale). Il trasporto di personale, materiali e combustibile è avvenuto a più riprese con voli di Twin Otter da BTN e con traverse da Dumont d'Urville. Il campo è attualmente in grado di ospitare 35 persone con le condizioni necessarie per la vita ed il lavoro a temperature di -50 °C.

Nell'ambito del progetto *International Trans-Antarctic Scientific Expedition* (ITASE) una traversa ha raggiunto Talos Dome, eseguendo rilievi e raccogliendo campioni lungo tutto il percorso sia all'andata che al ritorno.

Di rilievo inoltre l'impegnativo campo per ricerche geologiche-geofisiche al Mt. Jackman nel Lanterman Range.

Infine alcuni ricercatori hanno svolto attività presso altre Basi o nell'ambito di Spedizioni di altri paesi.

XIII spedizione (1997-98): questa spedizione, tuttora in corso, ha visto l'apertura della Base fin dal 15/10/97. La Spedizione si svolge su 3 periodi di attività con ricambio di personale scientifico e logistico, viene data priorità alle ricerche oceanografiche.

È previsto l'impiego della nave cargo-oceanografica oltre che per il trasporto del personale anche per l'effettuazione di una campagna oceanografica.

Per quanto riguarda gli accordi internazionali è previsto l'impiego dell'aereo leggero per supporto ai progetti EPICA ed ITASE. Nell'ambito della collaborazione italo-francese è previsto il montaggio della zona giorno del campo di perforazione per il programma EPICA a Dome-C e la predisposizione delle azioni per il prossimo montaggio della Base Concordia.

Il progetto Cape Roberts ha visto l'esecuzione del primo carotaggio interrotto dopo 150 metri di perforazione a causa della rottura della banchisa conseguente alle avverse condizioni meteo marine. Per quel che riguarda il progetto APE proseguono i test della strumentazione dell'aereo stratosferico in preparazione di una futura campagna antartica.

2.1.2. L'organizzazione della ricerca scientifica

Il PNRA opera sulla base di Programmi quinquennali, predisposti e aggiornati ogni tre anni dalla CSNA e sottoposti alla approvazione del CIPE, previo parere del CNST.

All'inizio di ogni Programma quinquennale, la CSNA lancia un "*call for proposal*" nei confronti della comunità scientifica nazionale. Le proposte sono valutate dalla CSNA e dal CNR, anche avvalendosi di esperti esterni.

Le proposte accettate vengono coordinate in Progetti di ricerca che a loro volta vengono inseriti nell'ambito di più vaste Aree Tematiche.

La CSNA, in collaborazione con ENEA e CNR, predispone i Programmi Esecutivi Annuali (PEA), che vengono sottoposti all'esame del Comitato Consultivo Interministeriale per l'Antartide e successivamente approvati dal Ministro dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica.

L'ENEA, in qualità di Ente attuatore, oltre alla organizzazione delle spedizioni, provvede alla acquisizione delle attrezzature scientifiche da installare in Antartide o presso laboratori nazionali, e a finanziare i gruppi di ricerca nazionale attraverso accordi di collaborazione.

Le ricerche scientifiche e tecnologiche svolte all'interno del PNRA, nel corso degli anni sono state organizzate in modi differenti.

Nel periodo della prima (legge n. 284 del 10 giugno 1985) le ricerche sono state suddivise in 7 settori:

1. Cosmogeofisica e Cosmogeochimica,
2. Fisica dell'atmosfera e Climatologia,
3. Scienze della Terra e Materie prime,
4. Oceanografia,
5. Biologia e Medicina,
6. Impatto ambientale,
7. Ricerche Tecnologiche.

Successivamente (nel periodo relativo alla legge n. 380 del 27 novembre 1991) le ricerche sono state organizzate in 5 Settori di ricerca:

1. Evoluzione geologica del Continente Antartico e dell'Oceano Meridionale
2. Global Change
3. Osservatori ed informazioni geografiche
4. Metodologie e normative gestionali per la conservazione dell'ambiente
5. Robotica e sensoristica

Questi sono a loro volta articolati su 19 Aree Tematiche (si veda la figura 2.1.), che attualmente coordinano 70 progetti di ricerca che vedono impegnate 285 unità operative.

- 1. Evoluzione geologica del Continente Antartico e dell'Oceano Meridionale**
 - 1a. Evoluzione geologica del Continente Antartico
 - 1.b-c. Margini della Placca Antartica e Bacini Periantartici
- 2. Global Change**
 - 2a.1. Glaciologia e paleoclima
 - 2b.1. Fisica e chimica dell'Atmosfera Antartica
 - 2b.2. Interazioni mare-ghiaccio-atmosfera
 - 2b.3. Ecologia e biogeochimica dell'Oceano Meridionale
 - 2c.1. Meccanismi fisiologici, biochimici e molecolari dell'adattamento
 - 2c.2. Ecofisiologia e ecotossicologia
 - 2c.3. Aspetti ecologici e genetici di differenziamento delle popolazioni
 - 2c.4. Cicli biogeochimici dei contaminanti
 - 2c.5. Biologia umana e medicina
- 3. Osservatori ed informazioni geografiche**
 - 3a. Osservatori geofisici e geodetici
 - 3b. Relazioni Sole-Terra
 - 3c. Ricerche astrofisiche
 - 3d. Telerilevamento, GIS e banche dati
- 4. Metodologie e normative gestionali per la conservazione dell'ambiente**
 - 4a. Studi giuridici, storici e geografici
 - 4b. Protezione ambientale
- 5. Robotica e sensoristica**
 - 5a. Robotica e telescienza
 - 5b. Sensoristica

Figura 2.1. - Settori ed Aree Tematiche di ricerca del PNRA

La figura 2.2. riporta la distribuzione sul territorio nazionale delle sedi di coordinamento delle Aree Tematiche. Di queste, 9 sono sedi universitarie, 4 CNR, 3 ENEA, 1 OGS, 1 ING e 1 Ministero della Difesa.



Figura 2.2. - Sedi del Coordinamento delle Aree Tematiche

La figura 2.3. riporta la distribuzione sul territorio nazionale delle 285 unità operative sulla base della ubicazione dei responsabili delle unità operative stesse. L'Università ha 148 responsabili di uu.oo. (pari al 52%), il CNR di 75 (26%), l'ENEA 24 (8,4%), l'ING 10 (3,5%), l'OGS 7 (2,5%), mentre 21 responsabili di uu.oo. appartengono ad altri enti (si veda la figura 2.4.)

LEGENDA:

- SEDI CON 57 U.O.
- SEDI CON 16-25 U.O.
- ▲ SEDI CON 4-15 U.O.
- SEDI CON 1-3 U.O.

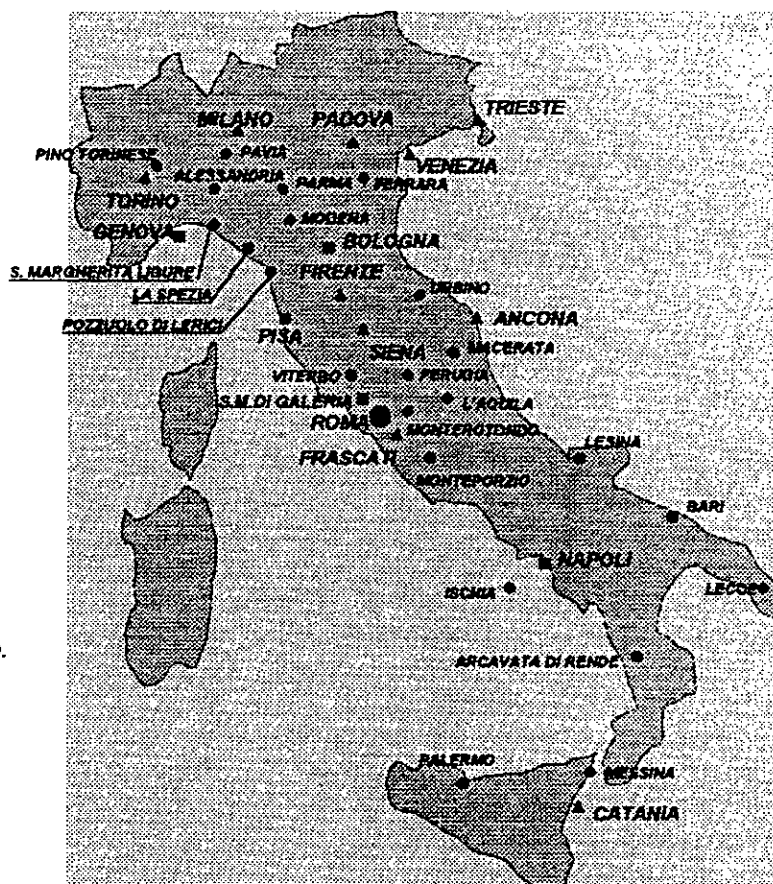


Figura 2.3. - Sedi delle Unità Operative

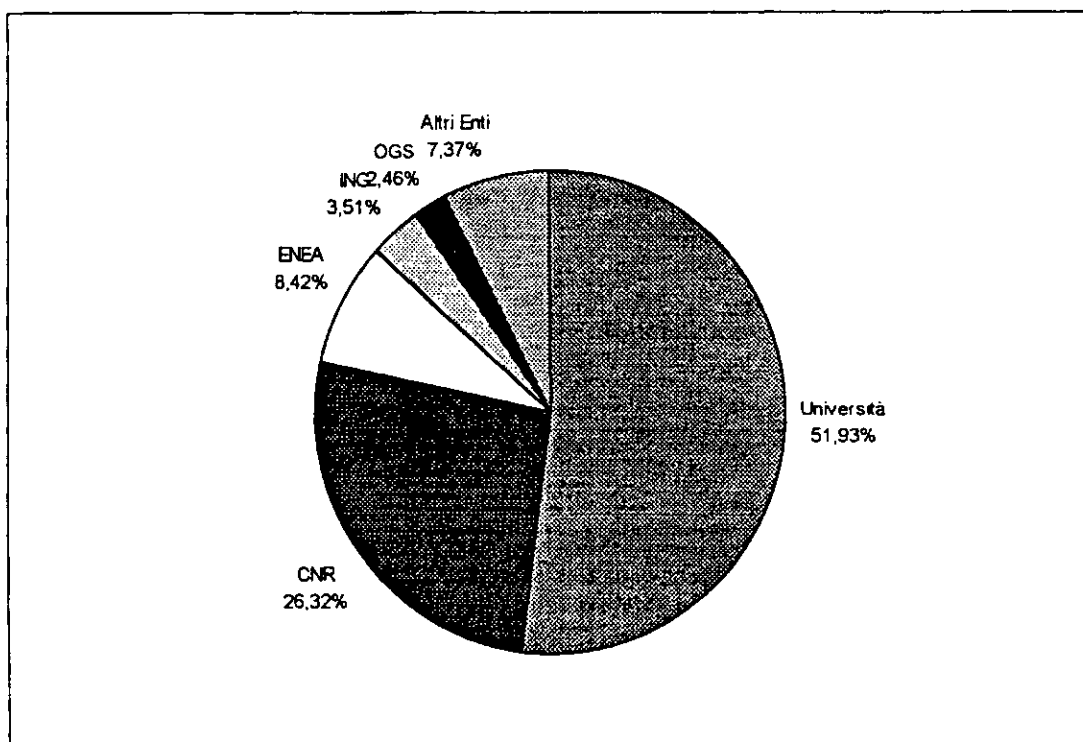


Figura 2.4. - Ente di appartenenza dei responsabili delle unità operative

La tabella 2.2. riporta la situazione attuale per quanto riguarda il numero delle unità operative e dei ricercatori coinvolti nelle varie Aree Tematiche. Come si può vedere operano all'interno del PNRA 1.877 ricercatori, per lo più a tempo parziale; l'analisi dei mesi/uomo dedicati al PNRA conduce a stimare un impegno a tempo pieno equivalente a 610 unità.

Tabella 2.2. - Unità operative e ricercatori coinvolti in ogni Area Tematica

Area Tematica	Numero unità operative	Ricercatori coinvolti
Evoluzione geologica del Continente Antartico	29	206
Margini della Placca Antartica e Bacini Periantartici	11	101
Glaciologia e paleoclima	36	259
Fisica e chimica dell'Atmosfera Antartica	36	189
Interazioni mare-ghiaccio-atmosfera	12	71
Ecologia e biogeochimica dell'Oceano Meridionale	31	197
Meccanismi fisiologici, biochimici e molecolari dell'adattamento	11	85
Ecofisiologia e ecotossicologia	13	101
Aspetti ecologici e genetici di differenziamento delle popolazioni	10	113
Cicli biogeochimici dei contaminanti	17	117
Biologia umana e medicina	3	27
Osservatori geofisici e geodetici	18	80
Relazioni Sole-Terra	11	57
Ricerche astrofisiche	12	71
Telerilevamento, GIS e banche dati	11	60
Studi giuridici, storici e geografici	5	46
Protezione ambientale	4	25
Robotica e telescienza	7	35
Sensoristica	8	37
<i>Totale</i>	285	1.877

Dei 1.877 ricercatori attualmente impegnati nel PNRA, 1.008 (54%) appartengono alle università, 470 (25%) al CNR, 101 (5,4%) all'ENEA, 55 all'ING (2,9%), 42 all'OGS (2,2%), 160 (8,5%) appartengono ad altri Enti e 41 (2,2%) sono ricercatori esteri (si veda la figura 2.5.).

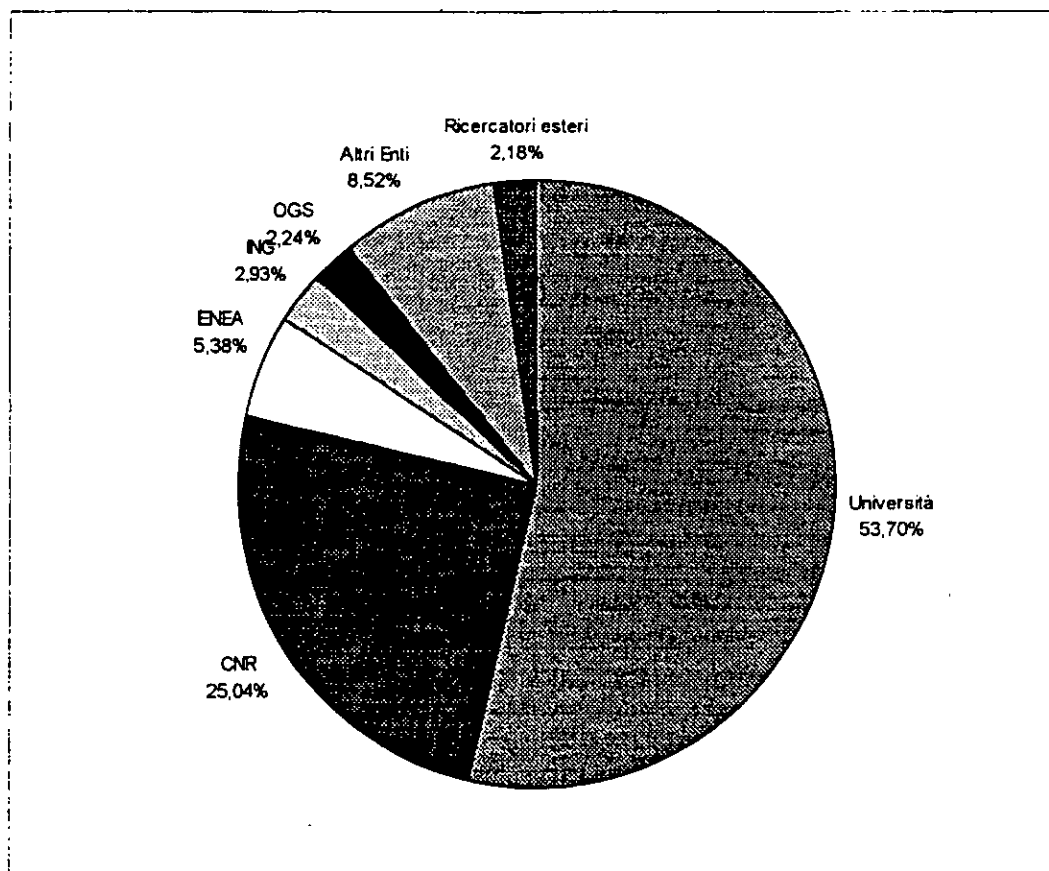


Figura 2.5. - Distribuzione, per Ente di appartenenza, dei ricercatori coinvolti nel PNRA

Il PNRA è un programma nazionale di ricerca che lega, in un sistema integrato a rete, un gran numero di persone e competenze all'interno del sistema pubblico di ricerca. Nel corso di 12 anni, dall'iniziale impostazione disciplinare si è passati a quella interdisciplinare delle attuali Aree Tematiche, quale tappa intermedia verso uno sviluppo sistemico indispensabile per la conduzione di programmi di ricerca a scala globale. Si è sviluppato un sistema integrato ed interdisciplinare di reti di laboratori di ricerca e di ricercatori e tecnici appartenenti a differenti enti, che ha dimostrato capacità di operare in modo coordinato superando così la logica degli specifici interessi di Ente. Sono state create sia figure di ricercatori, sia settori di ricerca completamente nuovi nel panorama scientifico italiano. Tramite il PNRA si è provveduto ad un profondo rinnovamento delle attrezzature scientifiche di molti laboratori italiani, che, opportunamente coordinati, costituiscono l'ossatura del sistema ricerca antartico sul territorio nazionale.

2.1.3. Risultati dell'attività di ricerca scientifica e tecnologica

Le attività scientifiche del PNRA sono attualmente organizzate in cinque settori articolati in 19 Aree Tematiche di ricerca (si veda la figura 2.1.).

Di seguito sono riportate le acquisizioni scientifiche di maggior rilievo; la documentazione integrale è disponibile presso il Progetto Antartide dell'ENEA.

Ricerche scientifiche

Il settore *Scienze della Terra* che, nel quinquennio 1986-91, era coordinato nell'unico "polo" Scienze della Terra e Materie Prime, è adesso articolato in tre Aree Tematiche - Evoluzione geologica del Continente Antartico, Bacini periantartici e margini della placca antartica, Glaciologia e paleoclima - e, pro-parte, nell'Area Tematica Osservatori geofisici.

Le ricerche sui basamenti cristallini della Terra Vittoria settentrionale e dello Shackleton Range hanno condotto alla ricostruzione dell'evoluzione paleozoica del margine pacifico del supercontinente Gondwana. In particolare, è stato riconosciuto che tale margine è stato attivo dal tardo Proterozoico fino al Devoniano in conseguenza della prolungata convergenza della zolla litosferica paleo-pacifico con il cratone est-antartico, determinando processi di subduzione ed accrezione di microcontinenti. Il processo di convergenza ha prodotto il grandioso Orogene di Ross che si estende dall'Australia attraverso l'Antartide sino al Sud Africa, caratterizzato da deformazione sin-metamorfica e diffuso plutonismo.

Le ricerche geologiche e geofisiche a terra ed a mare hanno contribuito alla comprensione della struttura e dei processi litosferici che hanno accompagnato la frammentazione del supercontinente Gondwana e quindi all'isolamento ambientale e climatico dell'Antartide e alla conseguente glaciazione cenozoica. Gli studi, svolti prevalentemente nell'ambito del programma LIRA e dei progetti internazionali GITARA ed ACRUP, hanno in particolare evidenziato le strette relazioni temporali e genetiche fra il sollevamento delle Transantarctic Mountains, la formazione dei *rift* dei mari di Ross e di Weddell ed i processi vulcanici che hanno, fra l'altro, condotto allo sviluppo di apparati ancora attivi, come il Mt. Erebus, Mt. Melbourne e Mt. Rittmann.

I dati sismostratigrafici acquisiti nel Mare di Ross utilizzando la nave OGS-Explora hanno contribuito in maniera sostanziale alla ricostruzione della storia geologica di questo bacino sedimentario ed hanno permesso di formulare progetti di ricerca internazionali, quali il Progetto Cape Roberts di campionamento, mediante perforazione, dei sedimenti del Mare di Ross. Il PNRA è sede di riferimento, nell'ambito SCAR, della *Seismic Library* per il Mare di Ross.

Nei mari della Penisola Antartica sono stati eseguiti rilievi geofisici finalizzati alla ricostruzione di dettaglio della successione neogenica. Questi rilievi hanno messo in evidenza accumuli sedimentari prodotti dalle correnti costiere profonde e riflessioni parallele al fondo marino (*Bottom Simulating Reflectors*), che testimoniano la presenza di gas idrati. Sulla base di questi risultati è stata formulata la proposta di una campagna di ricerca nell'ambito del programma ODP; la campagna, attualmente in corso (Leg 178 dell'ODP), è coordinata congiuntamente da un ricercatore italiano e da un ricercatore inglese.

Nel campo della geologia marina sono anche stati studiati i margini della zolla antartica, in particolare i punti tripli di convergenza di tre zolle litosferiche, come ad esempio il Punto Triplo di Macquarie Ridge e quello di Bouvet (quest'ultimo in collaborazione con l'Accademia Russa delle Scienze), evidenziando la velocità con la quale le zolle si stanno allontanando e individuando i motori del movimento. Per quanto riguarda la giunzione di Bouvet è stata evidenziata la sua grande variabilità negli ultimi 10 milioni di anni che ha determinato la progressiva espansione della zolla antartica.

Notevoli sono stati i risultati acquisiti in relazione agli studi di geomorfologia, geologia glaciale e paleoclimatologia, soprattutto per quanto concerne la ricostruzione della geometria della calotta est-antartica tra il David e l'Aviator Glaciers durante la massima espansione glaciale cenozoica e durante l'ultima espansione avvenuta nel tardo Wisconsin; la ricostruzione della curva di emersione della costa della Terra Vittoria per il tardo Pleistocene e l'Olocene basata su oltre 100 misure C-14; il riconoscimento che, sulla base di misure di bilancio di massa e topografiche, due ghiacciai costieri sono in fase di lento ritiro.

Per quanto riguarda gli studi glaciologici e paleoclimatici il nuovo progetto ha posto come priorità la partecipazione ai progetti internazionali Concordia Project ed ITASE. Il Concordia Project coordina anche il progetto europeo EPICA che prevede una perforazione di circa 3.000 m di ghiaccio per studi paleoclimatici di dettaglio degli ultimi 500.000 anni. Fra i principali risultati conseguiti vanno ricordati la valutazione della velocità di flusso e di distacco di *iceberg* dalle piattaforme e lingue glaciali e la raccolta di un elevato numero di meteoriti in una peculiare trappola glaciologica presso Frontier Mountain.

Le varie ricerche hanno condotto alla realizzazione di una ricca documentazione cartografica geologica, geofisica, geomorfologica e glaciologica di corredo alle pubblicazioni scientifiche. Un'altra importante attività cartografica è rappresentata dalla produzione di carte tematiche alla scala 1:250.000 della Terra Vittoria settentrionale e del Mare di Ross. A tutt'oggi sono stati pubblicati i fogli geologici Mt. Murchison e Coulman Island e sono stati completati i rilevamenti dei fogli Mt. Joyce, Relief Inlet, Reeves Névé, Freyberg Mountains, Sequence Hills e Mt. Melbourne; è stato pubblicato il foglio geomorfologico-glaciologico Mt. Melbourne ed è stato completato il rilevamento del foglio Mt. Murchison; sono stati pubblicati i rilievi aeromagnetici corrispondenti ai fogli Mt. Melbourne, Mt. Joyce, Relief Inlet, Reeves Névé. È stato prodotto l'atlante delle *facies* sismostratigrafiche del Mare di Ross.

Nel settore degli studi sulla *atmosfera*, l'obiettivo principale delle attività è stato quello di caratterizzare la composizione, la struttura e la dinamica della troposfera, nelle sue varie componenti (strato limite planetario, meteorologia e climatologia, radiazione e nubi, gas-serra e costituenti minori), e della stratosfera antartica, sia a scala regionale (area di Ross) che a grande scala. Questo risultato è stato raggiunto attraverso la graduale installazione di osservatori permanenti, successivamente collegati alle reti di osservazione globale, con lo svolgimento di specifiche campagne di misura e con l'utilizzo di modelli numerici spesso originali. Gli osservatori permanenti principali sono stati collocati, oltre che nella Base Italiana, anche in altre basi antartiche (Belgrano II - Argentina; Dumont d'Urville - Francia; Scott - Nuova Zelanda; Jubany - Cile; McMurdo - USA; Amundsen-Scott - USA), ed in aree subantartiche (Ushuaia - Argentina; Lauder - Nuova Zelanda), così da avere un quadro sinottico dei fenomeni di grande rilievo.

Fra i risultati salienti, si è potuta caratterizzare la circolazione costiera dei bassi strati dell'atmosfera, i cui studi hanno generato l'avvio del progetto internazionale FROST, la costituzione di un sistema di previsioni meteorologiche a mesoscala che è parte integrante della rete di previsione meteorologica globale. Una serie di simulazioni numeriche spiegano l'insorgenza di importanti fenomeni meteorologici dovuti all'effetto dell'oceano, del ghiaccio marino e delle condizioni orografiche locali.

Un importante segmento di attività è stato rivolto alla caratterizzazione delle proprietà ottiche dell'atmosfera che consentono di valutare i processi di scambio radiativo ed il bilancio energetico dell'atmosfera. In questo ambito è stata sviluppata una nuova generazione di strumenti e di modelli analitici e numerici, che hanno consentito di misurare da terra il flusso di radiazione solare diretta e quello di radiazione diffusa dai vari punti del cielo, consentendo di caratterizzare gli aerosol atmosferici ed il loro effetto sui bilanci di energia. Accanto a questi studi, riguardanti le proprietà fisiche ed ottiche degli aerosol, ne sono stati sviluppati altri il cui scopo è stato quello di determinarne la distribuzione nel tempo, la composizione chimica e l'origine. In questo contesto, si è potuto distinguere il contributo delle aree marine antartiche, prevalente per la parte "grossa", da quello dei continenti che è invece prevalente per la parte "fine", riuscendo così a distinguere l'influenza delle aree industrializzate; si è potuto anche disegnare un quadro approfondito degli scambi di CO₂ fra oceano ed atmosfera, premessa necessaria per valutare l'efficienza dell'Oceano Antartico come luogo di "seppellimento" di questo importante gas serra.