

Programma di Ricerche in Artico (PRA)

2018-2020

1. ANALISI DI CONTESTO

a. Riferimenti normativi

Il Programma di Ricerche in Artico (PRA) è istituito dalla Legge 27 dicembre 2017, n. 205 (Legge di Bilancio 2018) al fine di realizzare gli obiettivi fissati dalla Strategia italiana per l'Artico, adottata nel 2015 dal Ministero degli affari esteri e della cooperazione internazionale, di assicurare la partecipazione italiana all'International Arctic Science Committee (IASC), al Sustaining Arctic Observing Networks (SAON) e al Ny Alesund Science Managers Committee (NySMAC), nonché di attuare gli impegni assunti dall'Italia con la dichiarazione congiunta dei Ministri della ricerca firmata alla prima Arctic Science Ministerial a Washington il 28 settembre 2016. Il PRA è approvato dai Ministeri MISE e MIUR ed è elaborato su base triennale dal Comitato scientifico per l'Artico di cui all'art. 1 commi 1173 e 1174 della stessa Legge di Bilancio 2018).

Il CNR è responsabile dell'attuazione operativa del Programma Annuale (PA) che deve indicare le attività di ricerca scientifica e tecnologica da svolgere in Artico, il supporto tecnico-logistico necessario, le risorse umane impegnate per le attività e la ripartizione delle spese. Il PA deve assicurare quote di partecipazione a favore dei soggetti, università, enti di ricerca pubblici e privati, selezionati attraverso bandi pubblici emanati dal CNR. I progetti di ricerca sono valutati e approvati sulla base dell'eccellenza scientifica, culturale e tecnica. Il fondo di dotazione istituito presso il MIUR, prevede la copertura finanziaria del PRA ed ha una disponibilità pari a 1 milione di euro per ciascuna delle annualità 2018, 2019 e 2020.

b. Il contesto internazionale e i contributi italiani

Data l'estrema rilevanza dei cambiamenti climatici e ambientali in Artico e l'impatto che questi possono avere sul clima globale e sulle medie latitudini, la comunità internazionale è attualmente molto attiva attraverso programmi, progetti e organismi diversi. Nel seguito ne citiamo alcuni, soprattutto dal punto di vista europeo. Molti altri programmi di ricerca sono sostenuti dagli stati artici extra-europei (in particolare USA, Canada e Russia).

Il **Consiglio Artico** (Arctic Council) è il principale forum intergovernativo che promuove la cooperazione, il coordinamento e l'interazione tra gli Stati artici, le comunità indigene artiche e gli altri abitanti dell'Artico sulle questioni comuni dell'Artico, in particolare lo sviluppo sostenibile e la protezione ambientale. L'Italia è, dal 2013, osservatore al Consiglio Artico.

Lo European Polar Board (**EPB**) è l'organismo di coordinamento a carattere bipolare (Artico e Antartide) e il progetto Horizon2020 **EU-Polarnet** è volto a disegnare una strategia per la ricerca polare europea nei prossimi 10 anni. L'iniziativa **Arctic Cluster** intende riunire sotto un unico ombrello i diversi progetti europei sull'Artico sostenuti dalla DG Ricerca della Commissione Europea. L'Italia partecipa con la CSNA (Commissione Scientifica Nazionale per L'Antartide) e partecipa a EU-Polarnet attraverso il CNR.

Tra i più importanti organismi scientifici vi è l'International Arctic Science Committee (**IASC**), organizzazione nata nel 1990 per iniziativa di istituzioni scientifiche degli stati artici e che si è evoluta sino a comprendere rappresentanti di 23 paesi, inclusa l'Italia. Pur senza l'ombrello di un trattato

internazionale, lo IASC è per l'Artico l'equivalente dello SCAR per l'Antartide. Al fine di identificare priorità e promuovere il coordinamento, dal 2012 lo IASC ha creato una struttura di Working Groups in aggiunta a "Task Force" su argomenti definiti ad hoc.

Rimanendo in un ambito pan-artico e multidisciplinare troviamo l'iniziativa **SAON** (Sustaining Arctic Observing Networks), eredità dello International Polar Year 2007-2009 e promossa dallo IASC e dal WMO. SAON è sostenuta a livello politico dell'Arctic Council. Su mandato politico (Science Ministerial di Washington 2016), in questi due anni SAON ha portato avanti un Arctic Observations Assessment Framework, allo scopo di meglio identificare le caratteristiche della rete osservativa necessarie a sostenere le necessità degli Sustainable Development Goals (in terminologia UN Environment). L'Italia, attraverso il CNR, contribuisce a SAON partecipando allo Science Board e ai lavori di due Comitati, per i dati (ADC - Arctic Data Committee) e per le osservazioni/networks (SAON-CON). In questa iniziativa il CNR è supportato da altre istituzioni tra cui l'INGV per il network di monitoraggio dell'alta atmosfera ionizzata ai fini dello *space weather* e applicazioni alla navigazione e posizionamento.

Sempre il WMO ha avviato negli ultimi anni l'iniziativa bi-polare **Polar Prediction Project (PPP)**, con attività intensive durante lo **Year of Polar Prediction (YOPP)**, attualmente in corso. PPP ha lo scopo di migliorare la capacità previsionale in Artico, combinando campagne osservative intensive ed analisi modellistiche. Varie iniziative nazionali contribuiscono allo YOPP, sia in Artide che in Antartide. Una nuova campagna intensiva di YOPP in Artide è prevista per il periodo Febbraio-Marzo 2020; questa campagna sarà realizzata anche a supporto del Programma Multidisciplinary drifting Observatory for the Study of Arctic Climate (MOSAIC), un esperimento internazionale dedicato al clima Artico. A questi esperimenti internazionali si aggiungono vari progetti portati avanti su scale temporali estese da vari Paesi (ad es. il Programma tedesco Arctic Amplification: Climate Relevant Atmospheric and Surface Processes, and Feedback Mechanisms, (AC)³).

Ricordiamo anche l'iniziativa **GEO CRI** del Group on Earth Observations (GEO), organizzazione internazionale composta da più di novanta stati membri e altrettante organizzazioni internazionali, cui l'Italia fornisce un contributo rilevante. L'Italia è inoltre entrata dal 2018 a far parte del *Arctic Regional Ocean Observing System (ROOS)*, un nodo di EuroGOOS - the European Global Ocean Observing System, di cui OGS è rappresentante italiano grazie ai mooring oceanografici mantenuti al largo delle Svalbard in collaborazione con CNR e con l'Istituto Idrografico della Marina. L'Arctic ROOS promuove il mantenimento e lo sviluppo di sistemi di misura e previsione della circolazione oceanica, caratteristiche delle masse d'acqua, ghiaccio marino e parametri biologici/chimici.

Ricordiamo inoltre la International Bathymetric Chart of the Arctic Ocean (IBCAO) approvata tra gli altri dal Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC) e dal International Arctic Science Committee (IASC), a cui l'Italia contribuisce con dati e con un membro del comitato Editoriale attraverso OGS. Anche la European Climate Research Alliance (**ECRA**) ha una specifica, e molto attiva, Collaborative Research Action sul tema dei cambiamenti e della stabilità del clima artico. L'Italia, specialmente il CNR e l'ENEA, partecipano alle attività di ECRA.

In chiave World Meteorological Organization (**WMO**), l'Italia ha rappresentanti nell'attuale Expert Group dedicato alle aree polari e alle alte montagne (**EC-PHORS**), gruppo che supporta l'Executive Committee del WMO e che sovrintende allo sviluppo e implementazione del Global Cryospheric Watch (GCW).

Il network europeo **INTERACT** è dedicato agli ecosistemi e alla biodiversità artica. L'Italia partecipa a INTERACT attraverso il CNR e l'accesso alla stazione Dirigibile Italia.

Il progetto **iCUPE** (integrative and Comprehensive Understanding on Polar Environments), ha come obiettivo principale quello di sintetizzare i dati sperimentali ottenuti sia da campagne di misura in campo sia da satellite. Il Progetto **Nunataryk** ha lo scopo di determinare l'impatto della fusione del permafrost e del conseguente rilascio di sostanze contaminanti nelle aree costiere. Sono anche numerose le attività di carotaggio glaciale in Artico (in particolare in Groenlandia ma non solo) per lo studio del paleoclima, e alle Svalbard per misurare nuovi traccianti climatici e per studiare l'effetto del riscaldamento artico nel segnale preservato all'interno degli archivi glaciali. Citiamo in particolare le iniziative **ReCAP**, **EastGRIP** e **NEEM**, archivi climatici unici per capire i cambiamenti del periodo attuale. In ambiente marino l'Italia ha partecipato alla crociera di perforazione CORIBAR proposta da OGS e condotta a bordo della nave Tedesca Merian utilizzando la torre di perforazione sottomarina MeBo.

Infine, per la parte infrastrutturale, iniziative e programmi internazionali importanti sono **SIOS** (Svalbard Integrated Arctic Earth Observing System) e l'Integrated Infrastructure Initiative (I3) **ARICE** (Arctic Research Icebreaker Consortium). Il CNR ha recentemente firmato il MoU di SIOS diventando uno dei membri fondatori. Il contributo italiano prestato allo sviluppo del progetto è ben esemplificato dal fatto che l'Italia partecipa nel Board of Directors di SIOS attraverso il CNR e ha recentemente contribuito al primo rapporto annuale *State of Environmental Science in Svalbard (SESS)* con il progetto pilota SOA (Spitsbergen Oceanic and Atmospheric interaction) coordinato da OGS sull'integrazione dei dati oceanografici e atmosferici e con il progetto LAS (The Lower Atmosphere above Svalbard) coordinato dal CNR.

L'Italia, attraverso il CNR, partecipa al consorzio ARICE. In aggiunta a ciò, OGS è stata chiamata a contribuire allo Scientific Liaison Panel. CNR, PNRA e OGS hanno anche partecipato ai progetti Europei ERICON Aurora Borealis per lo studio di un rompighiaccio da ricerca Europeo e EUROFLEETS per il coordinamento di navi ricerca Europee (tra cui OGS Explora, l'unica nave da ricerca italiana con capacità oceaniche e "classe ghiaccio" per poter navigare e acquisire dati anche in ambienti polari). All'interno di EUROFLEETS, OGS ha coordinato due spedizioni scientifiche in Artico, a bordo delle navi G.O Sars e Polarstern. Questo evidenzia come l'intero sistema degli Enti di Ricerca italiani sia coinvolto in modo significativo nello sviluppo delle infrastrutture scientifiche in Artico e nel processo di loro integrazione. Dal punto di vista più operativo, ricordiamo anche la libera associazione degli "operatori" artici **FARO** (Forum of Arctic Research Operators) in cui l'Italia è al momento presente con il CNR in quanto gestore della stazione artica Dirigibile Italia. Infine, citiamo le molteplici attività al Thule High Arctic Atmospheric Observatory (**THAAO**) alla base aerea di **Thule**, cui l'Italia partecipa attraverso ENEA, INGV e Università di Roma e Firenze. Le attività sono principalmente inserite nella rete di misura globale Network for the Detection of Atmospheric Composition Change (**NDACC**), dedicata alle osservazioni del sistema climatico.

L'attuale importanza della ricerca in Artico è sottolineata dal fatto che la Comunità Europea ha emesso numerosi bandi dedicati a diversi aspetti della ricerca in Artico, e altri bandi saranno resi pubblici nel prossimo futuro. A molti di questi progetti partecipano istituzioni italiane. **EU-PolarNet**, il più grande consorzio sulle ricerche e le infrastrutture di ricerca polari, è un'azione di coordinamento e supporto della Commissione Europea che ha come scopo quello di definire le priorità e coordinare le ricerche europee in Artico. EU-PolarNet ha presentato a Davos cinque *White Paper* che costituiscono la spina dorsale del futuro programma di ricerca europeo sulle aree polari, coprendo cinque aree tematiche di interesse: i) The coupled polar climate system: global context, predictability and regional impacts; ii) Footprints on Changing Polar Ecosystems: Processes, Threats,

Responses and Opportunities for Future Generations; iii) Managing resource use, conservation, and human impacts of the Polar Regions; iv) The Road to the Desired States of Social-ecological Systems in the Polar Regions; v) Advancing operational informatics for Polar Regions. Da questi documenti, la Commissione Europea trarrà ispirazione nell'implementazione del futuro Horizon Europe 2021-27 per quanto riguarda le aree polari.

c. La ricerca Italiana in Artico

L'attività di ricerca italiana in Artico si struttura all'inizio degli anni 90, come naturale conseguenza della nascita di una comunità polare legata al Programma Nazionale di Ricerche in Antartide (PNRA). È in quegli anni che vengono avviate attività in due basi dedicate a misure di lungo periodo indirizzate principalmente allo studio del clima: la stazione di **Ny Alesund** sulle isole Svalbard e la stazione di **Thule** in Groenlandia, ambedue sopra i 75°N. L'Italia si è quindi dotata di una nave "classe ghiaccio", l'OGS Explora, che ha condotto undici campagne di ricerca nell'ambito del PNRA e cinque campagne Artiche, una delle quali sotto l'egida dell'International Polar Year (IPY) del 2008.

A Ny Alesund è il CNR a promuovere le attività, anche grazie al coordinamento/partecipazione ad alcuni progetti europei, mentre a Thule è l'Università Sapienza di Roma insieme a ENEA e INGV a installare i primi strumenti. L'apertura della stazione Dirigibile Italia a Ny Alesund nel 1997, sostenuta economicamente da un Progetto Speciale del CNR, crea le condizioni perché il sito di Ny Alesund diventi una sede privilegiata per le attività italiane. A Thule la presenza ENEA/Sapienza è stata affiancata da INGV nel 2006 per misura e studio dell'impatto di selezionati parametri atmosferici sul bilancio energetico e sulla temperatura al suolo e per studi in stratosfera e mesosfera, con particolare enfasi sulla distruzione di ozono. Successivamente è intervenuta l'Università di Firenze per studi sugli aerosol. A Ny Alesund l'impegno del CNR ha permesso di dotare la stazione Dirigibile Italia di importanti piattaforme osservative, esaltando il carattere multidisciplinare della ricerca in Artico. Grazie a queste piattaforme il CNR e l'Italia forniscono contributi significativi al monitoraggio del sistema climatico nelle matrici aria, mare, criosfera e biosfera, e allo studio dei processi di interazione tra le varie componenti che contribuiscono alla "Arctic Amplification". Alle attività a lungo termine, a Ny Alesund si affiancano notevoli attività di ricerca di respiro annuale o pluriennale, rivolte ad un ampio spettro di tematiche: dalla fisica e chimica dell'atmosfera alle scienze marine (oceanografia e biologia), dallo studio degli ecosistemi terrestri alla criosfera e alla geologia, dallo studio dei fenomeni in alta atmosfera (aureole, scintillazioni ionosferiche) allo studio del clima e paleoclima e della contaminazione ambientale. Le attività a Ny Alesund coinvolgono non solo personale CNR, ma anche personale di altri Enti di Ricerca quali INGV e INAF, e ricercatori di molte università, quali Perugia, Firenze, Venezia, Uninsubria, Roma Sapienza, con ciò dimostrando il carattere di "hub" per la ricerca nazionale in Artico che la stazione CNR Dirigibile Italia rappresenta.

Il Thule High Arctic Atmospheric Observatory è una infrastruttura internazionale con una forte partecipazione nazionale. Le attività italiane svolte a THAAO sono indirizzate a studiare sia i principali fattori e processi che regolano il bilancio energetico della radiazione, e quindi il clima in Artico, sia i fenomeni chimico-fisici connessi alle variazioni di ozono.

Altre importanti attività italiane in Artico sono:

- Il programma High North dell'Istituto Idrografico della Marina (IIM), di durata quinquennale, che ha realizzato le spedizioni 2017 e 2018 condotte grazie alla disponibilità della nave Alliance della NATO da parte della Marina Militare Italiana (MM). Tali campagne scientifiche sono organizzate

dall'IIM con il concorso del Centro Ricerche Nato (CRME) e coinvolgono ricercatori OGS, CNR, INGV ed ENEA. È ritenuta opportuna un'azione di coordinamento tra i centri di ricerca afferenti al Programma di Ricerca in Artico e la MM per una gestione ottimizzata delle risorse disponibili, anche in termini di eventuali finestre di impiego nave ma soprattutto per una condivisione di progetti e programmi futuri.

- L'acquisto di una nuova nave Italiana come infrastruttura di ricerca scientifica per sostenere la ricerca italiana nelle aree polari e il supporto per la base antartica italiana è in fase di attuazione da parte di OGS. Al momento l'acquisto è in corso tramite una procedura di gara europea.

- Le attività di geologia e geofisica marina, studi paleoclimatici e paleomagnetici condotte da OGS e a cui collabora INGV nella zona del margine meridionale della piattaforma continentale dell'arcipelago delle Svalbard con ripetute campagne della nave OGS Explora e di altre infrastrutture marine internazionali all'interno tra gli altri dei progetti EGLACOM, CORIBAR, MELTSTORM, PREPARED, DEFROST, BURSTER e EDIPO. Questi studi hanno contribuito alla mappatura del fondo marino nell'ambito IBCAO e allo studio dei sistemi deposizionali glaciali e hanno generato numerose pubblicazioni in collaborazione con altri enti e università italiane.

- Le attività di studio della circolazione profonda dinamiche piattaforma/scarpata continentale attraverso l'uso di *mooring* oceanografici lungo la costa ovest dell'arcipelago continuativamente dal 2014, promosse da CNR con le prime misure iniziate nel 2010 e ora coordinate da OGS in collaborazione con Università e Enti italiani e stranieri. La manutenzione dei *mooring* è stata condotta utilizzando navi straniere (G.O. SARS, Helmer Hanssen, Polastern) anche grazie al supporto EUROFLEETS e recentemente con la nave Alliance tramite il programma HighNorth (2017-2019) dell'IIM.

- Le attività di studio del ghiaccio marino e dei processi di formazione di ghiaccio (pancake ice). Queste attività, che coinvolgono il CNR e l'Università di Ancona, si avvantaggiano grandemente delle osservazioni con tecnica SAR fornite dalla costellazione CosmoSkyMed di ASI. Anche ASI, soprattutto attraverso la partecipata E-GEOS, conduce attività di ricerca su queste tematiche.

- In Groenlandia, in aggiunta alle attività di lungo periodo a Thule, la partecipazione alle attività di perforazione della calotta glaciale da parte del CNR e delle Università di Venezia e di Milano (iniziative ReCAP e EastGRIP), la partecipazione da parte di INGV alle attività di ricerca della dinamica sul fronte dei ghiacciai di outlet tramite analisi integrata di dati geofisici (in questo ultimo caso partecipando al network GLISN - Greenland Ice Sheet monitoring Network, all'analisi di dati di rilevamento satellitare e dati RES (Radio Echo Sounding), le attività di biologia marina sostenute economicamente dal PNRA (Università di Siena e di Genova) e logisticamente da Istituti norvegesi.

- Le attività rivolte allo studio dei processi di scongelamento del permafrost seguito dalla decomposizione del carbonio nelle regioni ad alta latitudine, processi in grado potenzialmente di liberare grandi quantità di gas a effetto serra in atmosfera. Tali ricerche, in collaborazione con ricercatori svedesi e russi sono condotte dal CNR nell'Oceano siberiano artico orientale (ESAO).

Alle attività finora elencate, occorre aggiungere quelle che si legano a specifiche collaborazioni (spesso a livello di singolo ricercatore/gruppo) e la partecipazione a numerosi progetti europei.

Questo quadro vivace, articolato ma anche frammentato troverà una maggiore coerenza grazie al Programma di Ricerca in Artico (PRA), che ha lo scopo di fornire valore aggiunto alle ricerche in corso mediante risorse aggiuntive e sinergia fra le diverse attività, favorendo una azione di governo delle diverse iniziative individuali e permettendo di consolidare la stabilità, la continuità e

l'armonizzazione della ricerca italiana in Artico. Il PRA costituirà anche un importante volano per le attività di ricerca strategica, per gli sviluppi tecnologici e per l'innovazione applicata all'ambiente e alle problematiche artiche.

2. SCENARI E PROSPETTIVE

L'Artico è l'area del nostro pianeta dove l'aumento delle temperature è più rapido. In particolare, negli ultimi cinquant'anni la temperatura media nelle regioni artiche è aumentata molto di più (da 2 a 3 volte) rispetto alla temperatura media globale. Con una catena di effetti associati al riscaldamento, negli ultimi decenni la quantità di ghiaccio marino nella regione polare artica è diminuita fortemente, sia in copertura totale sia in spessore. Analogamente, la copertura dei ghiacciai terrestri nell'area polare dell'emisfero nord diminuisce di più di 100 miliardi di tonnellate all'anno. Le osservazioni satellitari mostrano che tra il 1996 ed il 2005 il deficit del bilancio di massa della calotta polare che ricopre la Groenlandia è più che raddoppiato, soprattutto a causa del grande aumento nella velocità di scorrimento dei ghiacciai verso il mare nella fascia latitudinale fino a 70° N. Le ricerche sulla dinamica della fusione dei ghiacciai continentali indicano la possibilità di fenomeni di instabilità, che possono comportare inaspettati collassi verso il mare delle masse ghiacciate. In molte regioni artiche, la temperatura del permafrost (il suolo perennemente ghiacciato delle regioni polari e delle alte quote montane) è aumentata di almeno 2-4 °C negli ultimi decenni, portando a fenomeni termocarsici (abbassamento del livello del suolo). La fusione del permafrost può liberare metano, un potente gas serra, con effetto di una ulteriore amplificazione del riscaldamento climatico globale. Tutto questo caratterizza la "Arctic Amplification", ovvero l'amplificazione del riscaldamento globale in area artica, legata all'accoppiamento e la retroazione tra processi che investono la criosfera, l'atmosfera e la circolazione oceanica, e sono non totalmente compresi. In conseguenza, le popolazioni che vivono in Artico sono ora soggette a pressioni ambientali e climatiche intense, che modificano le risorse disponibili e si sommano alle pressioni derivanti dall'inquinamento o associate alle grandi discussioni internazionali sull'utilizzo delle risorse artiche. L'aumento della variabilità delle condizioni meteorologiche in Artico ha ulteriori effetti rilevanti, con una diminuzione di predicibilità e conseguenti effetti negativi sulla pianificazione delle attività sia tradizionali che industriali.

Il forte riscaldamento sta modificando in molti e complessi modi la circolazione atmosferica e oceanica artica, con possibili cambiamenti nella stabilità e intensità del vortice polare, cambiamenti nella struttura verticale dell'atmosfera e dell'oceano, modifiche nell'interazione fra circolazione nei fiordi e oceano aperto. L'effetto dell'aerosol (particolato) atmosferico complica il quadro, modificando la struttura e le proprietà fisiche e chimiche dell'atmosfera, con impatti sui bilanci di radiazione e sulla formazione e caratteristiche delle nubi nelle aree polari. Il ciclo idrologico artico, che collega atmosfera, idrosfera e criosfera, risente di tutti questi cambiamenti e può a sua volta portare a significative modifiche nella dinamica del clima artico. In aggiunta, il trasporto di inquinanti atmosferici e marini è un ulteriore aspetto della complessa problematica dei cambiamenti ambientali in Artico.

A causa delle aumentate temperature, si assiste a una espansione verso nord dell'areale di diverse specie, incluse specie arbustive la cui espansione può modificare le interazioni clima-vegetazione con una possibile amplificazione dell'aumento delle temperature. Si osserva anche una espansione verso nord di insetti erbivori, con conseguenti episodi di defoliazione delle foreste più settentrionali della Fennoscandia. Si osservano anche modifiche nella fenologia di diverse specie, incluso un anticipo nel periodo di fioritura e di comparsa degli insetti e possibili effetti di *mismatch* fra diverse componenti dell'ecosistema. L'arrivo primaverile degli uccelli migratori nelle regioni subartiche è anticipato, ma questo non riesce comunque a compensare l'anticipo della stagione primaverile, portando a un declino nell'abbondanza di diverse specie. Infine, l'aumento delle temperature sta rapidamente modificando le interazioni fra suolo (permafrost), vegetazione e atmosfera, influenzando la dinamica dei processi fisici, chimici, idrologici, geologici e biologici che sostengono gli ecosistemi terrestri.

La comprensione del sistema climatico nell'area artica non può prescindere dall'utilizzare le osservazioni del clima attuale anche come "vincolo" delle simulazioni numeriche (tramite tecniche statistiche, quali l'assimilazione dei dati per esempio) e validare i risultati ottenuti dagli stessi modelli a varie scale spaziali e temporali (con dati attuali e passati della circolazione, dei margini continentali e delle calotte polari). A tal scopo è di fondamentale importanza sviluppare sinergie tra i gruppi impegnati nella raccolta di dati e osservazioni e i gruppi che si occupano di modellistica per simulare e analizzare i processi polari. In particolare, i processi all'interfaccia neve-atmosfera e ghiaccio-oceano pongono grandi sfide dal punto di vista osservativo e interpretativo.

L'analisi degli archivi paleoclimatici ottenuti da carote di ghiaccio e di sedimento marino risulta cruciale per ricostruire il clima passato e la sua variabilità, con particolare riferimento alla dinamica delle calotte glaciali, alle transizioni glaciale-interglaciale e alla possibile presenza di *tipping point* del sistema climatico. In questo contesto, è essenziale condurre nuove campagne di carotaggio e misura combinate a rilievi geofisici e batimetrici, analisi di laboratorio e simulazioni numeriche della variabilità climatica del passato.

È infine cruciale ricordare che gli effetti del rapido riscaldamento dell'Artico non si fermano alle alte latitudini. La frase "ciò che succede in Artico non è confinato nell'Artico" ben rappresenta il ruolo giocato dalle regioni ad alte latitudini nel clima globale. I processi che avvengono nelle regioni artiche hanno un forte impatto sulle condizioni climatiche delle medie latitudini, specialmente in Europa: la variabilità del vortice polare artico si riflette in irruzioni di aria polare e nella possibilità di una maggiore variabilità e imprevedibilità del "tempo atmosferico" alle nostre latitudini, come sperimentato in alcuni degli ultimi inverni anche in Italia. L'Artico rappresenta dunque, oltre che un ambiente di estrema rilevanza da proteggere e preservare per le generazioni future, anche un "*hot spot*" del cambiamento climatico che determina le condizioni climatiche alle medie latitudini del nostro emisfero.

Le prospettive di ricerca riguardano quindi i principali processi e impatti associati con il rapido riscaldamento delle regioni artiche, con particolare attenzione ai cambiamenti nella circolazione atmosferica e oceanica, ai bilanci di radiazione ed energia, al ciclo idrologico, alla deglaciazione (permafrost, ghiacci continentali e marini, copertura nevosa), al carico di inquinanti, alla risposta

degli ecosistemi e della biodiversità, alle interazioni fra biosfera e geosfera, incluse le caratteristiche geologiche e geomorfologiche di base dell'Artico e la dinamica della Critical Zone, agli effetti di retroazione dei cambiamenti artici sul clima dell'emisfero boreale, e gli impatti che i cambiamenti in corso hanno sulle popolazioni che vivono e operano in Artico. A questo scenario si aggiungono le ricerche sulle variazioni secolari dell'alta atmosfera ionizzata e sue interazioni con l'atmosfera neutra che possono fornire una importante indicazione sulla percentuale di origine naturale del cambiamento globale rispetto alle cause di origine antropica.

Per ottenere una visione integrata e risposte articolate a queste domande è necessario offrire un coordinamento delle ricerche, sostenendo quelle più innovative e significative per permettere un'aumentata conoscenza dell'ambiente artico nelle sue molteplici caratteristiche fisiche, chimiche, climatiche, biologiche, geologiche e geofisiche. Allo stesso tempo, è importante garantire la continuità di serie storiche e di misure di lungo periodo necessarie per la descrizione dell'evoluzione e la variabilità del sistema, e la comprensione dei processi. Parallelamente, è necessario sviluppare un sistema di archivi e portali che permettano l'accesso libero e facilitato ai dati e ai risultati scientifici ottenuti in questo programma di ricerca, nelle ricerche precedenti e in quelle che verranno, e sviluppare modelli numerici che permettano di comprendere le molteplici interazioni fra le componenti del "sistema Artico", stimare gli effetti dei cambiamenti in corso e contribuire allo sviluppo di scenari climatici e ambientali futuri per l'Artico. È infine fondamentale sostenere e ampliare l'interazione con tutte le componenti della comunità scientifica internazionale attiva sull'Artico, favorendo e aumentando la partecipazione a progetti europei e iniziative internazionali.

Parallelamente alle attività di ricerca, sarà necessario sviluppare attività di disseminazione, divulgazione e formazione permanente rivolta a diversi tipi di pubblico, con particolare riferimento alle scuole e ai cittadini, per illustrare l'importanza degli ambienti artici, le attività di ricerca in corso e le ricadute sociali ed economiche dei cambiamenti dell'ambiente artico. Al riguardo si segnala l'impegno sinora dimostrato dalla SIOI e, in particolare, l'organizzazione negli ultimi tre anni di un Master in Sviluppo sostenibile, geopolitica delle risorse e studi artici e lo scorso anno di una "youth simulation" dei lavori del Consiglio Artico, denominata "One Arctic". Saranno quindi sviluppate attività espositive, conferenze, e prodotti multimediali specificamente dedicati ai cambiamenti dell'ambiente artico e agli aspetti sociali ed economici che questi cambiamenti comportano.

3. OBIETTIVI DEL PRA 2018-2020

In linea con le indicazioni provenienti dalla comunità scientifica internazionale e il quadro generale illustrato precedentemente, i principali temi e obiettivi scientifici per il PRA saranno:

1) La comprensione quantitativa dei complessi processi responsabili della “Arctic Amplification”, ovvero i motivi per cui l’Artico si sta scaldando a un ritmo molto più veloce del resto del pianeta. Saranno da considerare tutti gli aspetti del sistema climatico artico, privilegiando un approccio integrato che affronti i cambiamenti della criosfera, dell’atmosfera neutra e ionizzata, dell’oceano, della biosfera e delle loro interazioni anche con gli aspetti geologici e geomorfologici e del georischio (frane, tsunami, stabilità).

2) La caratterizzazione dei cambiamenti della composizione, della dinamica, della stabilità e della struttura verticale dell’atmosfera e della colonna d’acqua dei mari artici, inclusi il rilievo batimetrico e i cambiamenti nella circolazione oceanica, dei fiordi e le interazioni fra circolazione costiera e oceanica, i cambiamenti nel ciclo idrologico artico, e considerando anche l’analisi dei possibili effetti dei cambiamenti che avvengono in Artico sulle condizioni meteorologiche alle medie latitudini.

3) I cambiamenti degli ecosistemi artici, sia marini sia terrestri, e le relative conseguenze sulla dinamica e distribuzione delle popolazioni animali e vegetali, sulle interazioni suolo-vegetazione-atmosfera, sui cambiamenti della fenologia e sulla biodiversità nel contesto dell’attuale rapida deglaciazione continentale e marina. L’effetto degli inquinanti sull’ecosistema e più in generale sull’ambiente artico, e lo sviluppo di approcci che permettano di ridurre le conseguenze negative.

4) Le ricostruzioni paleoclimatiche ottenute dall’analisi integrata di dati geochimici, geologici e geofisici dell’ambiente marino e delle carote di ghiaccio, che includano la simulazione numerica dei processi paleoclimatici artici e in particolare la dinamica glaciale durante transizioni climatiche.

5) Gli effetti dei cambiamenti climatici e ambientali sul benessere, sulla salute e sulla sicurezza delle popolazioni che vivono in Artico, nonché sullo sviluppo sostenibile della regione e la preservazione delle culture tradizionali indigene, sia per la mutata disponibilità di risorse, sia per l’aumentata variabilità ambientale, sia per l’effetto degli inquinanti.

4. AZIONI

Il Programma di Ricerche in Artico prevede le seguenti azioni:

- 1) Bandi aperti di ricerca: si prevede di aprire nel primo e nel secondo anno due bandi per ricerche specifiche nell'ambito dei temi generali indicati nel precedente capitolo, coordinate da personale di Enti Pubblici di Ricerca o dell'Università. È previsto un cofinanziamento da parte delle istituzioni proponenti, che sarà specificato nei bandi. Le proposte con un coordinatore o coordinatrice di età inferiore a 40 anni alla data del bando riceveranno un punteggio aggiuntivo, come sarà specificato nei bandi. L'attività di ricerca proposta dovrà avere durata triennale (per i bandi del primo anno) o biennale (per i bandi del secondo anno). Gli obiettivi delle proposte dovranno essere chiari, realizzabili, verificabili e coerenti con gli obiettivi generali del PRA. Saranno particolarmente benvenute proposte di ricerca che coniughino attività sperimentali, modellistica numerica e interpretazione quantitativa dei processi. Di particolare rilevanza saranno i collegamenti con i programmi di ricerca internazionali pianificati per i prossimi anni e le possibili ricadute delle attività proposte, con particolare attenzione alle esigenze delle popolazioni che vivono in Artico.
- 2) Bandi aperti destinati a: (a) sostegno di specifiche attività di misura e monitoraggio in campo, con particolare riferimento agli osservatori di lungo periodo; (b) sviluppo di sensori, (c) implementazione di nuove strumentazioni, infrastrutture permanenti e piattaforme mobili di ricerca in Artico. Le proposte dovranno riferirsi ai temi generali indicati negli obiettivi del PRA e includere la documentazione di una comprovata esperienza nella misura e monitoraggio dell'ambiente polare.
- 3) Realizzazione di una infrastruttura dati che, mediante un sistema di server, archivi e portali con accesso aperto ai dati e ai risultati, permetta di raccogliere, armonizzare e distribuire i dati climatici e ambientali ottenuti dalla ricerca italiana in Artico. Per l'esperienza maturata nel coordinamento dei progetti NextData, Ritmare, ECOPOTENTIAL, LifeWatch, l'infrastruttura sarà realizzata dal CNR DSSTTA in collaborazione con gli altri Enti di Ricerca rappresentati nel CSA.
- 4) Attività di disseminazione sui cambiamenti dell'ambiente artico e sulle ricerche in corso, sui risultati scientifici e sugli impatti sociali ed economici che i cambiamenti in Artico stanno generando. Le attività di disseminazione saranno coordinate dal CNR, gestore del PRA, in collaborazione con tutti gli altri Enti di Ricerca rappresentati nel CSA.
- 5) Attività di alta formazione coordinata dal CNR in collaborazione con gli altri Enti di ricerca rappresentati nel CSA, mediante il supporto al dottorato di ricerca in Scienze Polari realizzato in convenzione con Università individuate attraverso manifestazioni di interesse.
- 6) Sostegno alla partecipazione italiana ai Working Group del Consiglio Artico e supporto alla presenza italiana nelle principali organizzazioni e programmi internazionali in base alle strategie definite dal CSA.

5. BUDGET

Con riferimento agli obiettivi ed alle azioni sopra descritte, nel seguito è riportata la ripartizione della dotazione del PRA 2018-2020, da confermare a tempo debito per il 2019 e 2020.

	2018 (kEuro)	2019 (kEuro)	2020 (kEuro)
Bandi aperti di ricerca	710	660	0
Bandi per sostegno a infrastrutture	0	200	700
Infrastruttura dati	15	60	150
Disseminazione	5	30	50
Dottorato Scienze Polari	240	0	0
Sostegno presenza italiana in organismi e programmi internazionali e partecipazione a CSA	30	50	100

PROGRAMMA ANNUALE 2018

1. Formulazione di bandi aperti per proposte di ricerca di durata triennale, ciascuno per un massimo di 200.000,00 Euro, coerenti con gli obiettivi scientifici indicati nel capitolo 3, "Obiettivi del PRA 2018-2020". Le proposte saranno valutate da esperti esterni, nazionali e internazionali, nominati dal CNR, sentito il CSA.
2. Disegno progettuale di un sistema di archivi e portali per l'accesso libero ai dati, da effettuarsi presso il DSSTTA con il contributo degli altri Enti di Ricerca rappresentati nel CSA.
3. Attività di disseminazione a cura del DSSTTA sui cambiamenti dell'ambiente artico e sulle ricerche in corso.
4. Attività di alta formazione coordinata dal CNR in collaborazione con gli altri Enti di Ricerca componenti il CSA, mediante il supporto al dottorato di ricerca in Scienze Polari realizzato in convenzione con Università individuate attraverso manifestazioni di interesse.
5. Supporto alla partecipazione di esperti nazionali a organizzazioni internazionali che operano su temi di ricerca in Artico, favorendo in particolare la partecipazione ai Working Group del Consiglio Artico.

Budget

	2018 (kEuro)
Bandi aperti per progetti di ricerca di durata triennale	710
Sostegno attività di misura in Artico, con particolare riferimento alle Svalbard	0
Disegno e sviluppo iniziale dell'infrastruttura dati e risultati	15
Disseminazione	5
Formazione, incluso il sostegno a Dottorati di Ricerca	240
Sostegno alla partecipazione italiana in organismi e programmi internazionali, con particolare riferimento al Consiglio Artico	30