

ARTICO

Viaggio interattivo al Polo Nord



**Consiglio Nazionale
delle Ricerche**

La mostra scientifica interattiva “Artico. Viaggio interattivo al Polo Nord”

è ideata e realizzata da



Unità Relazioni con il Pubblico e Comunicazione integrata
Dipartimento Scienze del Sistema Terra e Tecnologie per l’Ambiente
Istituto di Ricerca sugli Ecosistemi Terrestri
Istituto di Scienze Polari
Istituto per le Tecnologie Didattiche

La mostra

I cambiamenti climatici rappresentano oggi una sfida cruciale per il futuro del Sistema Terra e l'Artico è la regione del Pianeta in cui questi si manifestano più rapidamente che altrove. Il riscaldamento globale ha un enorme impatto sulle superfici coperte da ghiacci, in particolare sulla formazione e l'estensione del ghiaccio marino, sul ritiro dei ghiacciai terrestri e sullo scongelamento del permafrost. Questi fenomeni hanno conseguenze importanti sull'aumento delle superfici vegetate e della tundra, sulla vita degli animali e sull'intero ecosistema artico. Tutto ciò ha ricadute in termini economici, sociali e geopolitici che vanno ben al di là dei confini dell'Artico.

Per questo l'Artico può essere considerato un grande laboratorio naturale per studiare questi processi. Attraverso installazioni fisiche e multimediali, esperimenti interattivi, apparecchiature scientifiche, ricostruzioni in scala, documenti, oggetti e immagini suggestive la mostra guida il pubblico alla scoperta dell'Artico, delle sue peculiarità e dei fenomeni osservati.

Dopo la descrizione delle caratteristiche geografiche, con riferimenti alle scoperte e alle comunità indigene, viene illustrato il meccanismo che regola la distribuzione di energia sul Pianeta e come questo interessi le aree polari, come funziona l'aurora boreale, perché si vede il sole di mezzanotte e in cosa consiste la deplezione (comunemente chiamato 'buco') dell'ozono.

Il percorso della mostra prosegue mettendo a fuoco le principali attività di ricerca che l'Italia conduce in Artico e in particolare a Ny Ålesund, nelle Isole Svalbard, dove il Cnr gestisce la stazione di ricerca "Dirigibile Italia". Infine si illustra la struttura organizzativa degli organismi internazionali, di cui anche l'Italia fa parte, che gestisce la programmazione scientifica e politica in Artico. La mostra, che si avvale del contributo della rete scientifica nazionale del Cnr, è un'ottima occasione per capire le attività dei ricercatori italiani che operano in Artico.

La mostra è suddivisa in quattro aree: 'L'Artico nel sistema globale', 'La ricerca: osservare e comprendere il sistema Artico', 'Vulnerabilità e resilienza', 'La Governance in Artico'. Ognuna di esse è composta da pannelli illustrativi con testi, immagini, grafici, video ed *exhibit* interattivi.



In sintesi

Mostra interattiva sull'Artico e sulle attività di ricerca del Cnr
Aree scientifiche: fisica terrestre, biologia marina, ecologia
Allestimento: 23 pannelli luminosi, *exhibit*, prototipi e installazioni



Esigenze tecniche

Spazi: da 300 a 600 m², attacchi elettrici standard, acqua nelle vicinanze
Tempi allestimento: 3 giorni. Tempi disallestimento: 2 giorni
La mostra si avvale di animazione scientifica



Target

La mostra è rivolta a un pubblico di tutte le età e consigliata per scuole di ogni ordine e grado



Siamo stati a...

Preview: Genova, Palazzo Ducale, Festival della Scienza 2016
Foligno, Palazzo Brunetti Candiotti, Festa di Scienza e Filosofia 2017
Napoli, Futuro Remoto e Città della Scienza 2017
Milano, Università degli Studi Milano - Bicocca 2018
Venezia Mestre, Università Ca' Foscari 2018
Roma, Salone dello Studente 2018
Settimo Torinese, Ecomuseo del Freidano 2019
Roma, sede centrale Cnr, 2020

articomostroa.cnr.it

Materiali estratti dalla mostra interattiva
Artico. Viaggio interattivo al Polo Nord
articomostroa.cnr.it



Consiglio Nazionale
delle Ricerche



Il primo allestimento della mostra,
Palazzo Ducale, Genova 27 ottobre - 6 novembre 2016



L'Artico nel sistema globale

I cambiamenti climatici e il riscaldamento globale rappresentano oggi una sfida cruciale per il futuro del nostro pianeta. In questo contesto l'Artico riveste un ruolo di primaria importanza per le sue caratteristiche geografiche e per il suo ambiente ancora relativamente incontaminato ed è considerato dalla comunità scientifica internazionale come un vero e proprio laboratorio naturale per la ricerca e lo studio dei cambiamenti climatici.

Qui l'ecosistema, l'estensione dei ghiacci, la flora e la fauna e le popolazioni locali risentono sensibilmente degli effetti dell'attività umana, con conseguenze importanti in termini economici, sociali e geopolitici che vanno ben al di là dei suoi confini.

La ricerca scientifica in Artico ha quindi acquisito un ruolo fondamentale in ambito di prevenzione e studio dell'impatto dei cambiamenti climatici sull'ambiente e sulle popolazioni locali.

Le regioni artiche assumono un ruolo sempre più importante per l'accresciuta disponibilità delle considerevoli risorse minerarie presenti (gas e petrolio) e di nuove rotte marittime commerciali collegate inevitabilmente alla riduzione dell'estensione della calotta polare.

La comunità scientifica internazionale oggi è chiamata a individuare soluzioni sostenibili che tengano conto della complessità dei processi, delle interazioni, delle dinamiche e delle ricadute sul sistema globale delle scelte economiche e politiche dell'uomo.

È necessario intensificare e integrare le attività di osservazione e monitoraggio per migliorare la comprensione del sistema artico, la qualità delle previsioni dei modelli meteorologici e climatici e il ruolo delle regioni artiche nel sistema globale terrestre.



Materiali estratti dalla mostra interattiva
Artico. Viaggio interattivo al Polo Nord
articomostroa.cnr.it

La geografia dell'Artico

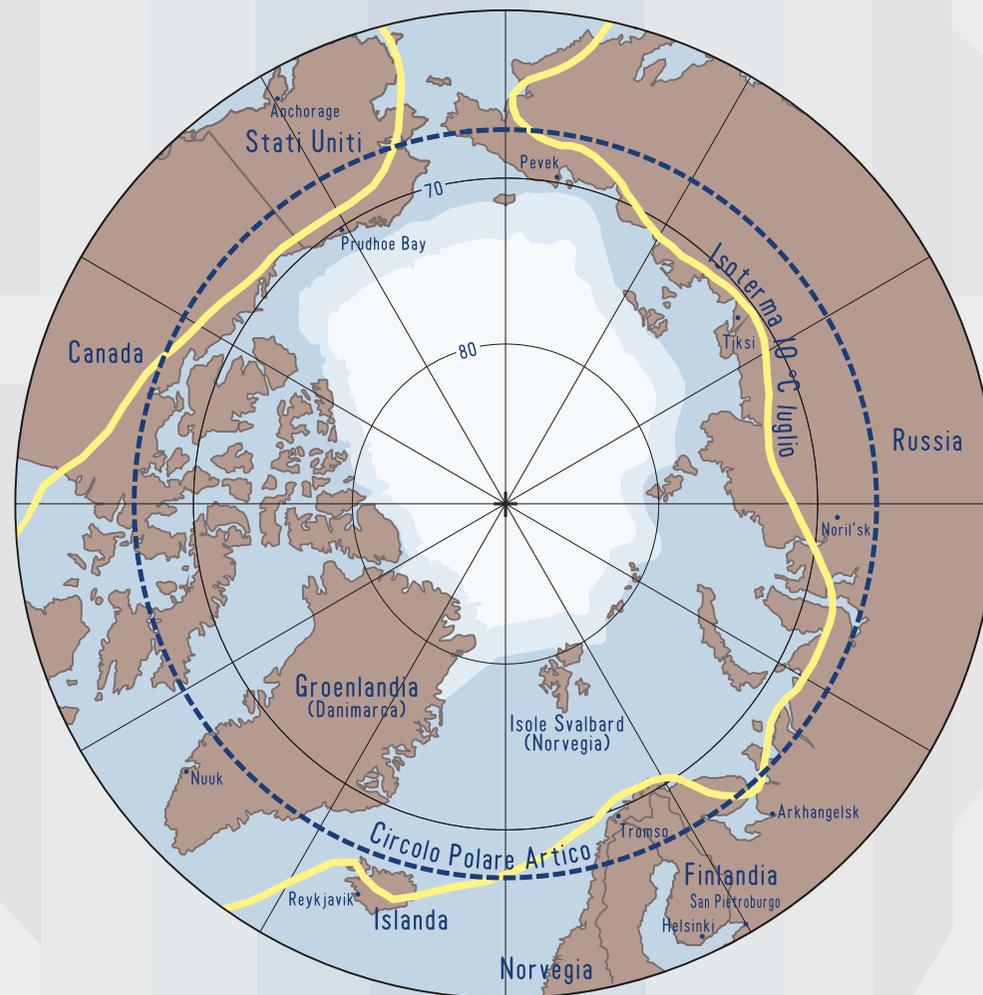
L'**Artico**, denominato anche Artide, è la regione della Terra che circonda il Polo Nord. Per Artico, dato che non ha un'estensione definita, si intende convenzionalmente la zona a nord del **Circolo Polare Artico**, ovvero al di sopra della latitudine $66^{\circ}33'39''$ Nord. In alternativa si può considerare l'Artico come la regione dove la temperatura media del mese di luglio non supera i 10°C .

Questa regione non è propriamente un continente, come l'Antartide, poiché è composta dal Mar Glaciale Artico e dai territori più settentrionali del continente asiatico e di quello americano. Le nazioni che fanno parte della **regione artica** sono: Canada, Danimarca (con Groenlandia e Isole Fær Øer), Finlandia, Islanda, Norvegia, Svezia, Russia e Stati Uniti.

La superficie ghiacciata del Mar Glaciale Artico, detta **calotta polare artica**, è un'area galleggiante in continua mutazione, fondamentale per il sistema climatico del nostro Pianeta. La sua estensione e il suo posizionamento variano in base alle stagioni e alle correnti marine, come anche per effetto dei recenti cambiamenti climatici globali.

Il **clima artico** è caratterizzato da lunghi inverni freddi e brevi estati fresche. Le temperature nel periodo invernale possono scendere sotto i -58°C per alcune zone, mentre nel periodo estivo oscillano dai -10 ai 10°C . In questo periodo, quando le condizioni climatiche liberano una parte dell'acqua dal ghiaccio, un'ampia area dell'Oceano Artico diventa navigabile.

In questa regione, a causa dell'inclinazione dell'asse di rotazione della Terra, durante la stagione estiva (ovvero da aprile a settembre) il Sole rimane sopra la linea dell'orizzonte in misura variabile a seconda della vicinanza al polo geografico; questo fenomeno prende il nome di **Sole di Mezzanotte**. Nei restanti mesi prevale l'oscurità che in inverno diventa totale e determina la cosiddetta "Notte Polare". Le zone interessate da attività di ricerca sono principalmente le Isole Svalbard, dove si trova la base di ricerca italiana "**Dirigibile Italia**" gestita dal **Cnr**, la Siberia, l'Alaska, la Groenlandia e l'arcipelago artico canadese.



Materiali estratti dalla mostra interattiva
Artico. Viaggio interattivo al Polo Nord
articomostra.cnr.it



ARTICO

Viaggio interattivo al Polo Nord

I popoli dell'Artico

Le popolazioni autoctone delle regioni artiche hanno sempre vissuto di caccia, pesca, raccolta o allevamento, utilizzando i materiali e le risorse dei territori a loro accessibili. La colonizzazione ha tuttavia portato la maggioranza di queste comunità ad abbandonare del tutto o in parte il proprio stile di vita originale. Anche se oggi alcune popolazioni stanno cercando di recuperare usanze e tradizioni, la civiltà degli allevatori di renne, dei cacciatori di mammiferi marini e dell'uomo in armonia con l'ambiente rischia di scomparire per sempre.

INUIT

Popolazione: circa 120.000
Lingua: inuit, inglese, francese, danese e altre

Gli Inuit, detti anche Eschimesi, sono gli abitanti originari delle regioni costiere artiche dell'America settentrionale e della punta nord-orientale della Siberia. Sono tradizionalmente dediti alla caccia, soprattutto di mammiferi marini, e alla pesca. Tipica abitazione degli Inuit del Canada e della Groenlandia era l'iglù, una capanna emisferica di blocchi di neve.



SAMI

Popolazione: circa 75.000
Lingua: sami, russo, svedese, finlandese, norvegese

I Sami, detti anche Lapponi, sono tradizionalmente nomadi allevatori di renne. Essi mantengono ancora oggi una forte identità culturale, pur usufruendo dei servizi che i diversi contesti statali forniscono loro.



ALEUTI

Popolazione: circa 18.000
Lingua: aleutina, inglese, russo

Gli Aleuti sono la popolazione indigena tipica delle Isole Aleutine. Malgrado le influenze esterne, essi hanno conservato uno stile di vita tradizionale fino all'inizio del XX secolo, pescando e cacciando mammiferi marini. Oggi gli Aleuti vivono essenzialmente di pesca commerciale e di caccia alle foche.

YUPIK

Popolazione: circa 24.000
Lingua: yupik, inglese, russo

Gli Yupik sono un popolo indigeno che vive prevalentemente lungo le coste dell'Alaska occidentale e spesso viene inserito, insieme agli Inuit, nel gruppo dei cosiddetti Eschimesi. Tradizionalmente presentano uno stile di vita e un'economia basata su caccia e pesca.



NENCY

Popolazione: circa 40.000
Lingua: nenec, russo

I Nancy sono una popolazione indigena russa e si dividono in diversi gruppi locali, geograficamente anche distanti tra loro. Il gruppo più numeroso è quello dei Nancy della tundra che occupa le zone più a nord e la cui attività principale consiste nell'allevamento di grandi mandrie di renne.



TUNGUSI

Popolazione: circa 90.000
Lingua: tunguso, russo, cinese

La denominazione "Tungusi" copre un gruppo di popoli o etnie che parlano o parlavano originariamente lingue tunguse, distribuito su un territorio molto ampio che comprende Siberia, Mongolia e Cina settentrionale. Sono tradizionalmente cacciatori e allevatori di renne. Qualche gruppo del sud alleva cavalli e cani da slitta.



JAKUTI

Popolazione: circa 450.000
Lingua: sacha, russo

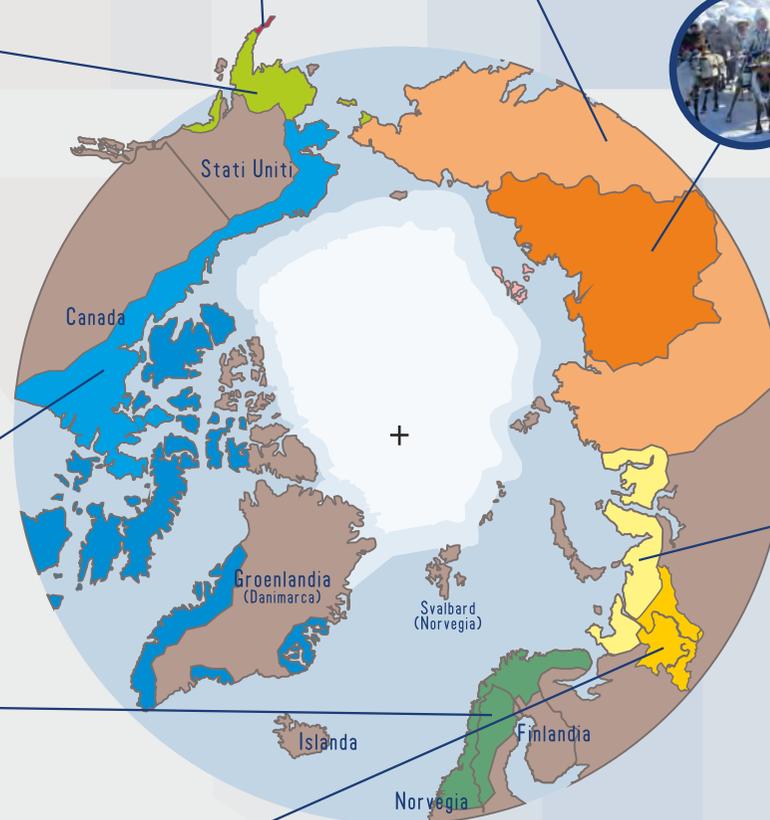
Gli Jakuti, detti anche Sacha, sono un gruppo etnico turcofono della Repubblica Sacha, in Siberia settentrionale. Sono divisi in due gruppi fondamentali in base a geografia ed economia. Gli Jakuti del nord sono storicamente cacciatori seminomadi e allevatori di renne, mentre gli Jakuti del sud si dedicano all'allevamento di bestiame, in particolare di cavalli e di bovini.



KOMI

Popolazione: circa 290.000
Lingua: komi, russo

I Komi, conosciuti anche come Sirieni, sono un gruppo etnico stanziatosi prevalentemente nella Repubblica dei Komi, in Russia. Tradizionalmente distribuiti lungo il bacino dei fiumi, vivevano in comunità in grandi famiglie di 30-40 persone e la loro economia era basata su caccia e pesca. A partire dal XVIII secolo sono state introdotte l'agricoltura e l'allevamento.



Materiali estratti dalla mostra interattiva
Artico. Viaggio interattivo al Polo Nord
articomostra.cnr.it

Le esplorazioni artiche

1596

L'olandese Willem Barents avvista e descrive per la prima volta la costa nord occidentale delle Svalbard

1607

L'inglese Henry Hudson, a bordo della nave "Hopewell", raggiunge gli 80°23' di latitudine Nord

1773

Costantin John Phipps, a bordo del vascello "Rachorse", raggiunge la latitudine di 80°48' Nord

1827

William Edward Parry, con una spedizione su slitte, arriva a 80°45' Nord

1893

Fridtjof Nansen, Premio Nobel per la Pace nel 1922, organizza una spedizione con slitte raggiungendo gli 86°14' Nord

1899

Luigi Amedeo di Savoia Duca degli Abruzzi, a bordo della nave "Stella Polare", conquista la latitudine di 86°34' Nord, mai raggiunta prima da nessuna spedizione

1909

L'americano Robert Peary afferma di avere raggiunto il Polo Nord in una spedizione di slitte, ma studi recenti dimostrano che vi si avvicinò solamente, arrivando a poche decine di miglia dalla meta

1926

Umberto Nobile, Roald Amundsen e Lincoln Ellsworth, a bordo del dirigibile "Norge", sorvolano per la prima volta nella storia il Polo Nord

1928

Nobile, a bordo del dirigibile "Italia", sorvola per la seconda volta il Polo Nord. Durante il viaggio di ritorno però il dirigibile precipita sulla banchisa polare

1948

Il sovietico Aleksandr Kuznecov atterra con un aereo nelle vicinanze e raggiunge il Polo Nord a piedi

1959

Il sommergibile americano "Skate" emerge al Polo Nord

1968

Ralph Plaisted conquista il Polo Nord in motoslitte ed è il primo viaggiatore su superficie a cui venne riconosciuta la certezza del risultato

Le esplorazioni artiche

Umberto Nobile e la conquista del Polo Nord in dirigibile

Gli anni 1926 e 1928 videro due straordinarie imprese Italiane, realizzate per mezzo di due dirigibili, "Norge" e "Italia", progettati, realizzati e comandati dall'Ing. Umberto Nobile, generale della Regia Aeronautica.

La spedizione del 1926, finanziata dal governo italiano e dal magnate americano Lincoln Ellsworth, fu organizzata dall'esploratore norvegese Roald Amundsen, già autore di grandi imprese fra le quali la conquista del Polo Sud nel 1911. Il 10 aprile il dirigibile "Norge" decollò dall'aeroporto di Ciampino a Roma per dirigersi verso la Baia del Re, nelle Isole Svalbard. Dopo varie soste per rifornimenti e cambi di equipaggio, raggiunse il Polo Nord il 12 maggio.

Nel 1928 Umberto Nobile ritentò l'impresa con il dirigibile "Italia", organizzando una vera e propria missione scientifica con scienziati ed equipaggio composto in gran parte da italiani. L'aeronave partì dall'aerodromo milanese di Baggio il 15 aprile e raggiunse la Baia del Re il 6 maggio. Furono eseguiti tre voli per l'esplorazione dell'Artico, durante i quali sono stati raccolti dati e informazioni, il cui contributo alla ricerca scientifica è tutt'oggi rilevante, soprattutto nel campo della meteorologia e geografia. Nell'ultimo volo, a causa delle avverse condizioni atmosferiche, il dirigibile "Italia" precipitò sulla banchisa. Parte dell'equipaggio fu trascinato via con l'involucro del dirigibile, che non fu più trovato. Per ripararsi Nobile e i sopravvissuti usarono la tenda da campo, colorata di rosso con l'anilina per essere visibili, che infatti divenne famosa come la "Tenda Rossa". La radio da campo Ondina 33, fornita direttamente da Marconi a Nobile, fu riparata e i segnali di S.O.S. furono casualmente intercettati da un radio amatore in Russia. Ciò consentì il recupero grazie a una operazione di salvataggio che coinvolse 6 nazioni, 22 aerei, 18 navi ed oltre 1500 uomini e nella quale perse la vita lo stesso Roald Amundsen, partito anche lui in soccorso di Nobile e del dirigibile "Italia".

Le ricerche terminarono il 12 luglio 1928 con il recupero degli ultimi superstiti da parte della nave rompighiaccio russa "Krossin".





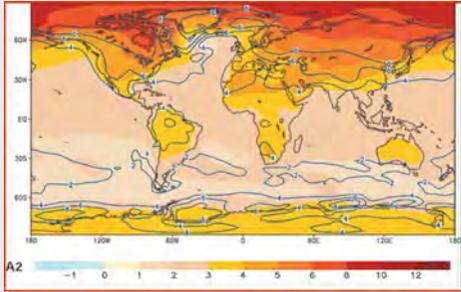
Il modello del Dirigibile Italia



ARTICO
Viaggio interattivo al Polo Nord

Il sistema climatico terrestre e l'Artico

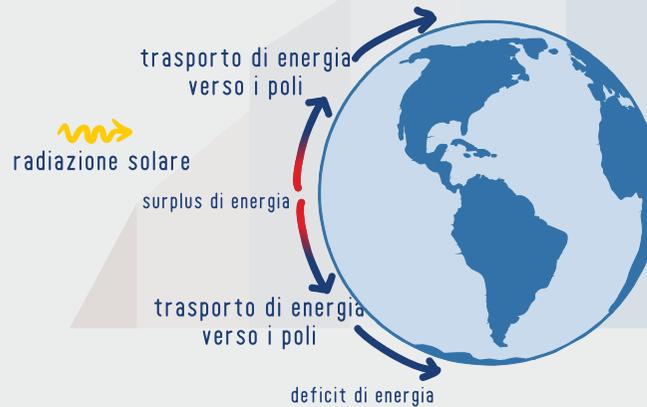
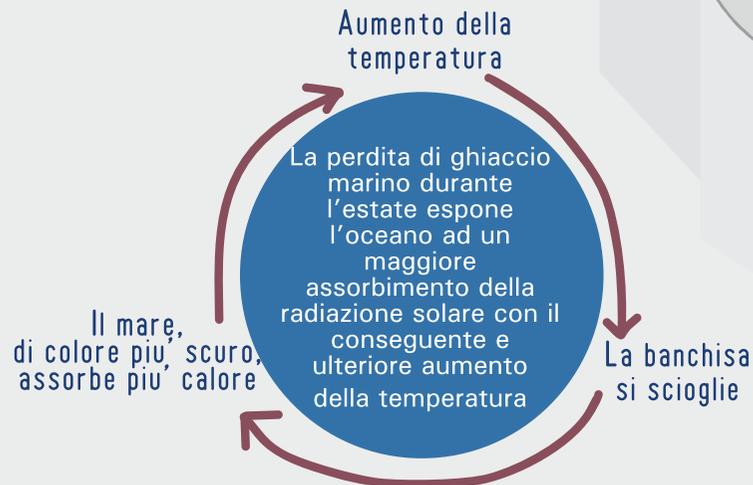
Il sistema climatico terrestre è un sistema complesso i cui componenti - atmosfera, idrosfera, criosfera, litosfera e biosfera - scambiano tra loro energia e materia. L'energia che guida il sistema climatico proviene dal Sole che riscalda maggiormente le regioni equatoriali rispetto a quelle polari. La circolazione atmosferica e le correnti oceaniche svolgono la funzione di ridistribuire il calore dalle zone più calde a quelle più fredde.



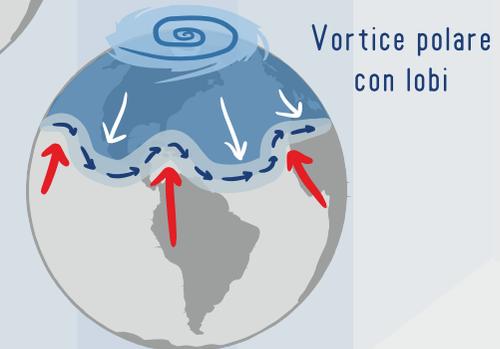
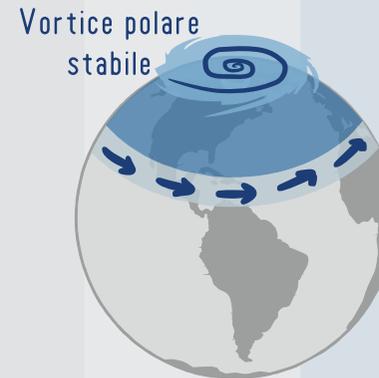
Previsione della variazione di temperatura della superficie terrestre relativa al periodo 2071-2100 rispetto alla media calcolata nel periodo di riferimento 1969-90

Le condizioni ambientali polari sono particolarmente sensibili ai cambiamenti climatici che risultano amplificati, più rapidi e più evidenti che in altre aree della Terra. In Artico l'aumento delle temperature negli ultimi cento anni è stato quasi il doppio rispetto alla media globale del Pianeta.

Durante l'autunno, il calore immagazzinato negli oceani viene rilasciato in atmosfera e questo **surplus di calore** contribuisce a modificare la circolazione atmosferica e ad aumentare la probabilità di eventi estremi, come alluvioni, uragani, ondate di gelo, ecc.



L'atmosfera polare è confinata in un moto vorticoso chiamato **vortice polare**. A causa del riscaldamento dell'atmosfera, in inverno il vortice diminuisce la velocità di rotazione determinando la formazione di lobi di masse di aria fredda che si staccano e si muovono verso le medie latitudini e si possono propagare negli Stati Uniti, in Siberia e in Europa, compresa l'Italia. Questo fenomeno può portare a situazioni paradossali, come quella avvenuta nel febbraio 2018, dove in Europa le temperature sono rapidamente scese di decine di gradi, mentre nel circolo polare artico le temperature erano addirittura sopra lo zero. È ormai evidente che ciò che accade in Artico non resta confinato all'Artico e i processi che avvengono in quella regione hanno forti implicazioni su tutto il Pianeta.



Materiali estratti dalla mostra interattiva Artico. Viaggio interattivo al Polo Nord
articomostra.cnr.it



Ghiaccio e livello dei mari

Il livello del mare è un indice molto sensibile del cambiamento climatico. Il riscaldamento globale ha infatti come conseguenza l'aumento della temperatura degli oceani e l'aumento del deflusso di acqua dolce nei mari per lo scioglimento dei ghiacci e delle calotte glaciali. Il livello del mare è aumentato negli anni precedenti e il suo tasso di crescita sta accelerando. Negli ultimi quattro anni è in costante crescita. L'espansione termica, ossia l'aumento del volume dell'acqua, il riscaldamento delle temperature dell'aria e la perdita di massa dalle calotte continentali hanno contribuito a questa crescita. Un terzo dell'aumento osservato è dovuto all'espansione termica. L'innalzamento del livello del mare produce un ulteriore effetto sul livello del mare: riduce la salinità e quindi la densità dell'acqua, rallentando il movimento delle masse d'acqua e il ricambio delle acque profonde. Questo ha un effetto sulla circolazione oceanica che si riflette sul clima e sul livello del mare in ogni regione e stagione.

Il cambiamento climatico in atto nella regione artica ha già avuto un effetto considerevole sul livello del mare. La diminuzione della calotta della Groenlandia, lo scioglimento dei ghiacci in Alaska e alle Svalbard, il riscaldamento del permafrost in Siberia e l'aumento del fusco di acqua dolce dai fiumi artici. La riduzione della neve e del ghiaccio marino, l'aumento del fusco di acqua dolce dai fiumi artici. La riduzione della neve e del ghiaccio marino, l'aumento del fusco di acqua dolce dai fiumi artici. La riduzione della neve e del ghiaccio marino, l'aumento del fusco di acqua dolce dai fiumi artici.

Un terzo di questa perdita è causato da un aumento della fusione della superficie. Gli anni più caldi hanno visto una perdita di ghiaccio che, se sommati, come fuso, trasportano il ghiaccio verso il mare. La perdita di ghiaccio è in parte compensata dal fatto che poco tempo fa si pensava la causa principale dell'aumento del fusco fosse la fusione degli ghiacci marini. Sono aumentati i ghiacci marini, è stato compreso che il fenomeno è dovuto alla diminuzione della pressione che si verifica in primavera nei fiumi artici. Ad aumentare della temperatura dell'aria e si scioglie, causando un abbassamento del livello del mare e influenzando la circolazione oceanica. Come risultato il livello del mare si abbassa, con questo mare in moto, la velocità più aumentata del livello del mare.



ARTICO

Viaggio interattivo al Polo Nord

Il riscaldamento globale i ghiacciai e il livello del mare

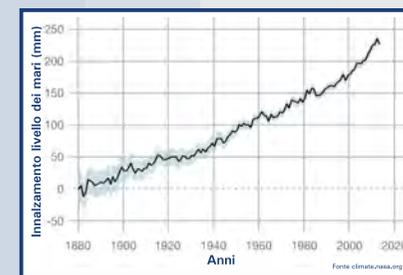
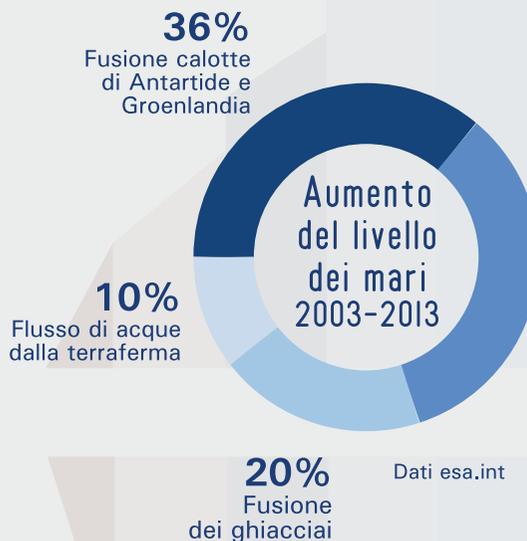
Il livello del mare è un indice molto sensibile del **cambiamento climatico**.

Il riscaldamento globale ha infatti come conseguenze la fusione dei ghiacciai, la perdita di massa delle calotte continentali e l'espansione termica degli oceani, ossia il fenomeno per cui il volume di un liquido aumenta all'aumentare della temperatura. Ciascuno di questi fattori ha contribuito in maniera considerevole **all'innalzamento del livello degli oceani** osservato fino ad oggi. La fusione della banchisa polare non ha invece effetti sul livello del mare. Il ghiaccio galleggiante è costituito da acqua marina ghiacciata, pertanto la sua fusione non produce variazioni di volume.

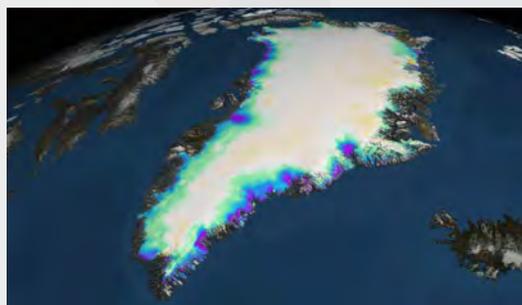
Nella regione artica un effetto considerevole sul livello del mare è dovuto alla **riduzione dalla calotta di ghiaccio** della Groenlandia, alla fusione dei ghiacciai in Alaska e alle Svalbard e allo scongelamento del permafrost in Siberia. Le osservazioni da terra, aereo e satellite confermano **la perdita di massa** dei ghiacciai. Un terzo di questa perdita è causato da un aumento della fusione della superficie. Gli altri due terzi sono dovuti all'accelerazione del movimento dei ghiacciai che scorrono come fiumi verso il mare, portando enormi masse di ghiaccio nell'oceano.



Arretramento dei ghiacciai nel fiordo di Ny Alesund



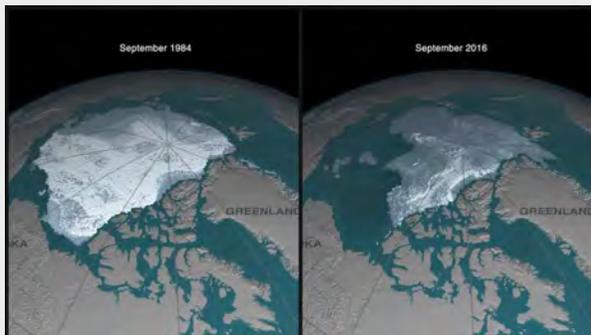
Il livello medio del mare è **aumentato** dall'inizio del '900 ad oggi e il suo tasso di crescita sta accelerando. Le misurazioni con i satelliti ci dicono che il livello medio del mare dal 1993 alla fine del 2019 è salito di circa 95 mm. Il **tasso di crescita** del livello del mare è attualmente di 3,3 mm all'anno.



Nella regione artica è la **Groenlandia** il territorio ricoperto di ghiaccio più a rischio. La sua calotta ghiacciata ha una massa pari a 3 miliardi di miliardi di kilogrammi. Dagli anni '70, quando il clima era più freddo, la perdita di ghiaccio è aumentata di circa 200 miliardi di tonnellate all'anno con picchi fino a 12,5 miliardi di tonnellate al giorno, come è successo il 1 agosto 2019. Se tutta la calotta della Groenlandia si sciogliesse potenzialmente il **livello globale del mare** aumenterebbe di 7,4 m.

Materiali estratti dalla mostra interattiva **Artico. Viaggio interattivo al Polo Nord**
articomostroa.cnr.it

Il ghiaccio marino: osservazioni e modelli di previsione



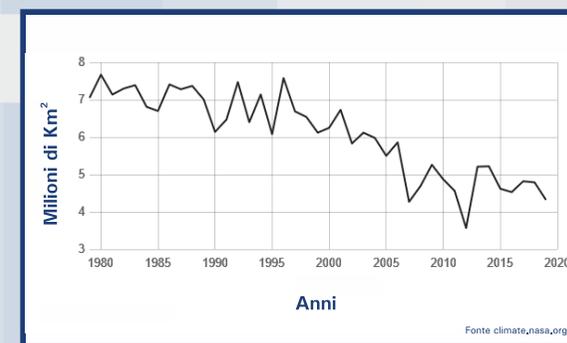
La calotta artica è una distesa di ghiaccio marino che galleggia sopra l'Oceano Artico e i mari adiacenti. L'estensione della superficie ghiacciata ha una variabilità stagionale nell'arco dell'anno: è maggiore durante la stagione fredda e minore durante l'estate. Negli ultimi decenni, a causa del riscaldamento globale, è stata osservata una marcata **riduzione** dell'estensione e dello spessore del ghiaccio marino nel Mar Glaciale Artico in tutte le stagioni con particolare evidenza nel mese di settembre.

Il cambiamento climatico si sta manifestando in Artico con velocità inaspettata e i **modelli di previsione** ancora non sono in grado di stimare correttamente l'andamento della riduzione della banchisa durante l'estate come invece risulta dalle osservazioni. Diversi progetti, tra cui il "Coupled Model Intercomparison Project" (CMIP5) o il programma "Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment" (CORDEX) sono impegnati a produrre le proiezioni degli scenari climatici futuri in Artico. Purtroppo, a causa della complessità del sistema artico e nonostante gli sviluppi della modellistica climatica negli ultimi 40-50 anni, non è ancora possibile passare dalla scala delle proiezioni a quella delle previsioni.

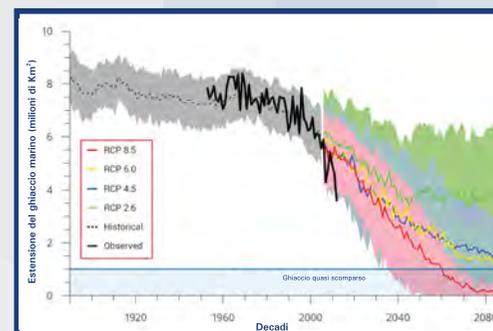
Il grafico mostra l'**andamento della diminuzione dell'estensione del ghiaccio marino** in Artico tra 1900 e il 2100 ottenuto utilizzando i più recenti modelli di proiezione climatica (CMIP5) e ipotizzando quattro diversi scenari di emissione di gas serra (RCP). Le linee colorate rappresentano i valori medi dell'estensione del ghiaccio marino in milioni di km². La linea nera tratteggiata indica il risultato medio delle simulazioni basate su ricostruzioni storiche fino al 2005.

La linea nera continua mostra i dati reali osservati nel periodo 1953-2012. Le bande colorate intorno ai valori medi simulati rappresentano l'incertezza della proiezione che cresce quanto più ci allontaniamo in avanti nel tempo.

Sicuramente però tutte le proiezioni, anche con margini di incertezza diversi, indicano un Artico quasi completamente privo di ghiaccio in estate prima della fine del secolo.



Il grafico mostra la variazione dell'estensione media del ghiaccio marino artico nel mese di settembre, derivata da osservazioni satellitari.



Materiali estratti dalla mostra interattiva
Artico. Viaggio interattivo al Polo Nord
articomostra.cnr.it

Osservare e comprendere il sistema artico

L'Artico è una regione particolarmente fragile in cui i cambiamenti ambientali avvengono a un ritmo più veloce che in altre regioni del Pianeta. Si parla infatti di "accelerazione artica" per descrivere le trasformazioni in corso che stanno portando alla fusione e alla rapida diminuzione dei ghiacci artici, con importanti conseguenze sul clima globale, sugli ecosistemi e sulla biodiversità.

I modelli climatici globali dimostrano che le regioni polari giocano un ruolo cruciale nel sistema climatico: ciò che accade nella regione artica ha un'influenza importante sul resto del sistema terrestre. D'altra parte in Artico il livello dei cambiamenti è tale da causare sempre più problemi alle infrastrutture, con rilevanti ricadute sociali ed economiche

Gli effetti di tali cambiamenti su scala globale impongono una maggiore consapevolezza da parte della politica e della pubblica opinione. E' necessario approfondire le conoscenze del sistema artico nel suo complesso su cui possano basarsi soluzioni affidabili e sostenibili.

Vi è un urgente bisogno di incrementare le osservazioni nell'Artico, con attività di monitoraggio coordinato volto a migliorare la qualità di previsione dei modelli meteorologici e climatici, la comprensione del sistema artico e del suo ruolo nel sistema Terra. L'entità dei cambiamenti ambientali e socio-economici osservati in Artico richiede un impegno significativo, volto soprattutto ad anticipare i cambiamenti e sviluppare azioni di adattamento, piuttosto che a cercare risposte postume.

Le osservazioni nelle zone polari dipendono fortemente dalla disponibilità di infrastrutture osservative adeguate, come stazioni di ricerca, navi rompighiaccio, piattaforme mobili (navi, aerei, satelliti), sia per osservazioni a lungo termine, sia per campagne di breve durata. Serve inoltre una modellistica complessa, in grado di rappresentare in modo realistico il gran numero di processi e di interazioni esistenti per fornire informazioni più tempestive alle popolazioni residenti in Artico e ai responsabili politici.

In questo ambito diventa sempre più forte la necessità di rafforzare e ampliare la collaborazione internazionale per mettere a sistema le diverse potenzialità osservative, il patrimonio di dati e le metodologie di analisi per migliorare la nostra capacità di prevedere i processi locali, regionali e globali.



Materiali estratti dalla mostra interattiva
Artico. Viaggio interattivo al Polo Nord
articomostra.cnr.it



ARTICO

Viaggio interattivo al Polo Nord

La ricerca italiana in Artico

Dopo la spedizione di Umberto Nobile nel 1928, l'Italia ha rilanciato la sua presenza in Artico nella seconda metà degli anni Novanta con la costruzione di una **stazione di ricerca scientifica** nel villaggio di Ny Ålesund, situato nelle Isole Svalbard, da cui erano partite le spedizioni alla scoperta del Polo Nord. Alla stazione, finanziata e gestita dal Consiglio Nazionale delle Ricerche (Cnr) e inaugurata nel **1997**, fu dato il nome di **"Dirigibile Italia"** in ricordo della missione di Umberto Nobile.

Ny-Ålesund, che fino al 1963 era stato un villaggio minerario, fu in seguito trasformato in una **Base di Ricerca Internazionale** e il Cnr divenne a pieno titolo membro della **Ny-Ålesund International Scientific Community (NISC)**. Oltre all'Italia sono presenti con basi proprie altre **11 nazioni** e ogni stazione ha designato un rappresentante nel Ny-Ålesund Science Managers Committee (NySMAC): un organismo di coordinamento internazionale per lo sviluppo di Ny-Ålesund come sito eccezionale per la ricerca in Artico, il monitoraggio a lungo termine e la promozione della cooperazione tra diversi gruppi di ricerca.

Ny-Ålesund, che è facilmente raggiungibile e accessibile, è ormai considerato un importante **supersito scientifico** dove è possibile studiare la complessità del sistema climatico e le interazioni tra le sue componenti in maniera continuativa. Il sito offre l'opportunità unica di poter effettuare osservazioni e misure continue alla superficie, nel suolo, sui ghiacciai, in atmosfera e nel mare con **diverse tecniche** e metodologie che si integrano e si completano in un quadro di **cooperazione internazionale**.



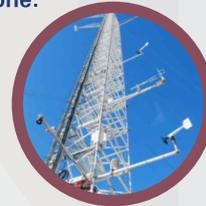
La stazione dirigibile Italia gestita dal Consiglio Nazionale delle Ricerche, è una struttura di circa **330 metri quadrati**, che comprende **laboratori e uffici** e può ospitare fino a **7 persone**.



Le ricerche che si svolgono alle Isole Svalbard presso la stazione italiana includono diverse discipline

- Chimica e fisica dell'atmosfera
- Oceanografia e Biologia marina
- Interazione Terra-Sole
- Geologia e geofisica
- Ecosistemi terrestri e Limnologia
- Ricerca tecnologica
- Glaciologia e Permafrost
- Biologia dell'uomo e medicina
- Paleoclima
- Studi ambientali

Alcune di queste ricerche vengono svolte in collaborazione con le altre nazioni presenti con l'obiettivo di integrare e accrescere le capacità osservative e il patrimonio di conoscenza.



Amundsen Nobile Climate Change Tower (CCT)



Laboratorio per lo studio degli aerosol di Gruvebadet (GAL)

Nel 2009 sono state realizzate tre importanti piattaforme osservative

Le piattaforme CCT e GAL sono state realizzate allo scopo di ricavare una completa descrizione del bilancio di energia e una migliore comprensione dei processi di scambio tra l'atmosfera e la superficie.

L'ancoraggio nel fiordo MDI è stato installato per misurare la composizione del particolato e le proprietà fisico-chimiche della colonna d'acqua nel fiordo su cui si affaccia Ny Ålesund (Kongsfjorden).



Ancoraggio nel fiordo Mooring Dirigibile Italia (MDI)

Materiali estratti dalla mostra interattiva **Artico. Viaggio interattivo al Polo Nord**
articomostra.cnr.it



ARTICO

Viaggio interattivo al Polo Nord

Il robot semisommersibile SHARK

Il veicolo autonomo semi-sommersibile Shark è stato utilizzato nell'estate 2015 nel corso di una campagna scientifica condotta nel fiordo Kongsfjord presso l'arcipelago delle Isole Svalbard.

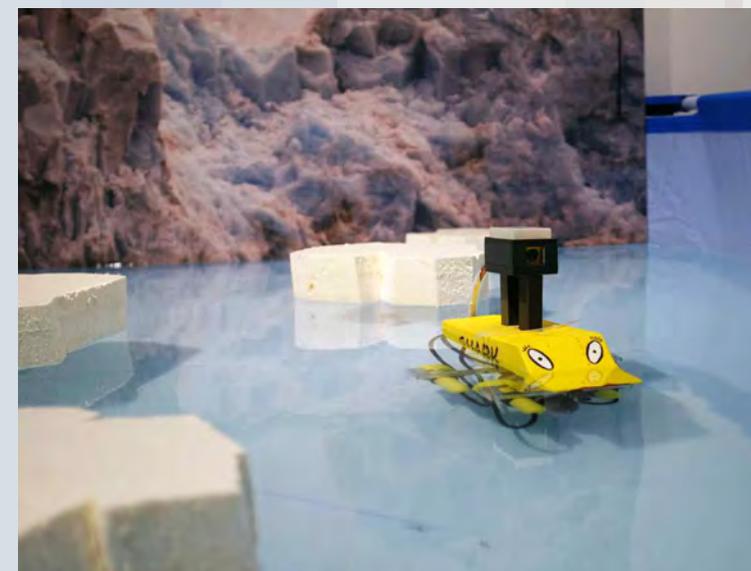
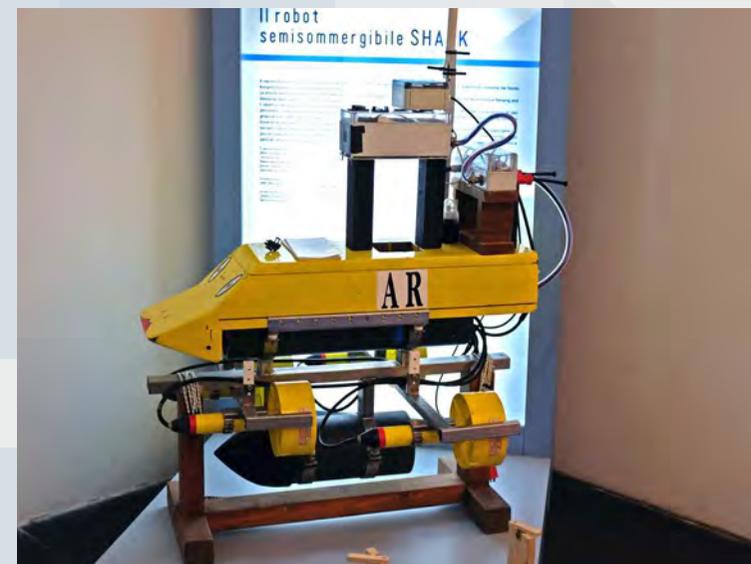
Le attività della Campagna sono state effettuate nell'ambito del Progetto di Ricerca UVASS (Unmanned Vehicles for Autonomous Sensing and Sampling) approvato dallo Svalbard Science Forum. L'obiettivo del progetto è quello di utilizzare veicoli robotici autonomi subacquei, di superficie, terrestri ed aerei per l'acquisizione di dati atmosferici, marini e glaciali in luoghi pericolosi, difficilmente accessibili o inaccessibili agli esseri umani (ad esempio in prossimità dei fronti dei ghiacciai che si affacciano sul mare).

Durante la campagna scientifica, Shark è riuscito, facendosi strada in un labirinto di iceberg di piccole e medie dimensioni, a raggiungere e a toccare il ghiacciaio Kronebreen. Lungo il percorso Shark ha raccolto 8 bottiglie d'acqua marina utilizzando un campionatore montato su un piccolo natante a traino ed ha registrato i dati provenienti da un sensore CTD (Conductivity, Temperature and Depth) prima di ritornare sano e salvo all'imbarcazione di appoggio. I dati raccolti sono stati utilizzati per condurre ricerche scientifiche in ambito climatico e microbiologico.

Il veicolo Shark è stato progettato, realizzato ed operato nel Kongsfjorden dal personale del Cnr-ISSIA (Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Studi sui Sistemi Intelligenti per l'Automazione) – U.O.S. Genova - Gruppo di ricerca "Field and Interaction Robotics" Responsabile: Gabriele Bruzzone, componenti: Marco Bibuli, Giorgio Bruzzone, Luca Caviglione, Davide Chiarella, Roberta Ferretti, Mauro Giacomelli, Angelo Odetti, Andrea Ranieri, Edoardo Spirandelli, Enrica Zereik.

Il campionamento e le analisi dei dati microbiologici sono stati svolti in collaborazione con Cnr-IAMC (Maurizio Azzaro, Gabriella Caruso e Giuseppe Zappalà).

Le attività del progetto UVASS sono state supportate dal progetto premiale ARCA (ARctic present Climate change and pAst extreme events), finanziato dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca.



Materiali estratti dalla mostra interattiva
Artico. Viaggio interattivo al Polo Nord
articomostra.cnr.it

Gli strati dell'atmosfera

Troposfera
0-20 km

Stratosfera
20-50 km

Mesosfera
50-80 km

Termosfera
80-500 km

Esosfera
500-2000 km

L'atmosfera terrestre è l'involucro di gas che avvolge il pianeta Terra e permette che ci sia la vita, così come la conosciamo noi. È costituita da strati che si caratterizzano per la loro composizione e per il gradiente termico verticale, ossia l'andamento della temperatura con l'aumentare della quota.

Troposfera

È lo strato di atmosfera più vicino alla superficie terrestre ed è quello più importante per lo sviluppo della vita sul Pianeta.

È composta per il 78% da azoto, per il 21% da ossigeno e per la restante parte da argon, anidride carbonica e tracce di altri elementi. A tali gas si aggiunge il vapore acqueo, la cui percentuale è piuttosto variabile e può arrivare fino al 6%. Il suo spessore varia da circa 10 chilometri sopra ai poli a 20 chilometri in prossimità dell'equatore. Nella troposfera la temperatura diminuisce salendo verso l'alto di circa 0,6°C ogni 100 metri. In questo strato avvengono i **fenomeni atmosferici**, quali il vento, la formazione delle nuvole e le precipitazioni.

Stratosfera

Questo strato si estende fino a 50 chilometri di altezza e il profilo di temperatura cresce con la quota. I gas sono molto più rarefatti rispetto a quelli della troposfera e anche il vapore acqueo è pressoché assente. Ai poli si possono osservare nubi madreperlacee formate da cristalli di ghiaccio e polveri. Questo strato è importante per la presenza intorno ai 25 chilometri di uno **strato di ozono**, che ha la proprietà di assorbire la radiazione ultravioletta nociva per la vita sulla Terra.

Mesosfera

In questo strato, che si estende dai 50 fino agli 80 chilometri di quota, la temperatura ritorna a diminuire con l'aumentare dell'altezza. Una caratteristica fondamentale della mesosfera è l'estrema **rarefazione degli elementi**. È in questo strato che hanno origine le **stelle cadenti**: i piccoli frammenti meteorici che lo attraversano e bruciano prima di raggiungere la Terra, lasciando scie luminose.

Termosfera

La temperatura in questo strato, che si estende oltre i 500 chilometri, cresce con la quota.

Nella termosfera è presente una zona, detta **ionosfera**, caratterizzata dalla presenza di particelle cariche, che si formano per la scissione degli elementi gassosi da parte dei raggi cosmici provenienti dalle altre stelle e dal Sole. In questo strato si sviluppano le **aurore polari**. Nella parte più alta della termosfera orbitano numerosi satelliti artificiali e la base spaziale internazionale.

Esosfera

Rappresenta lo strato più esterno dell'atmosfera e non ha un vero limite superiore, sfumando progressivamente verso lo spazio interplanetario.

I pochi **elementi gassosi** sono molecole leggere come idrogeno e elio presenti in percentuali estremamente basse.



L'exhibit Aurore polari



La troposfera, lo strato limite e la Climate Change Tower

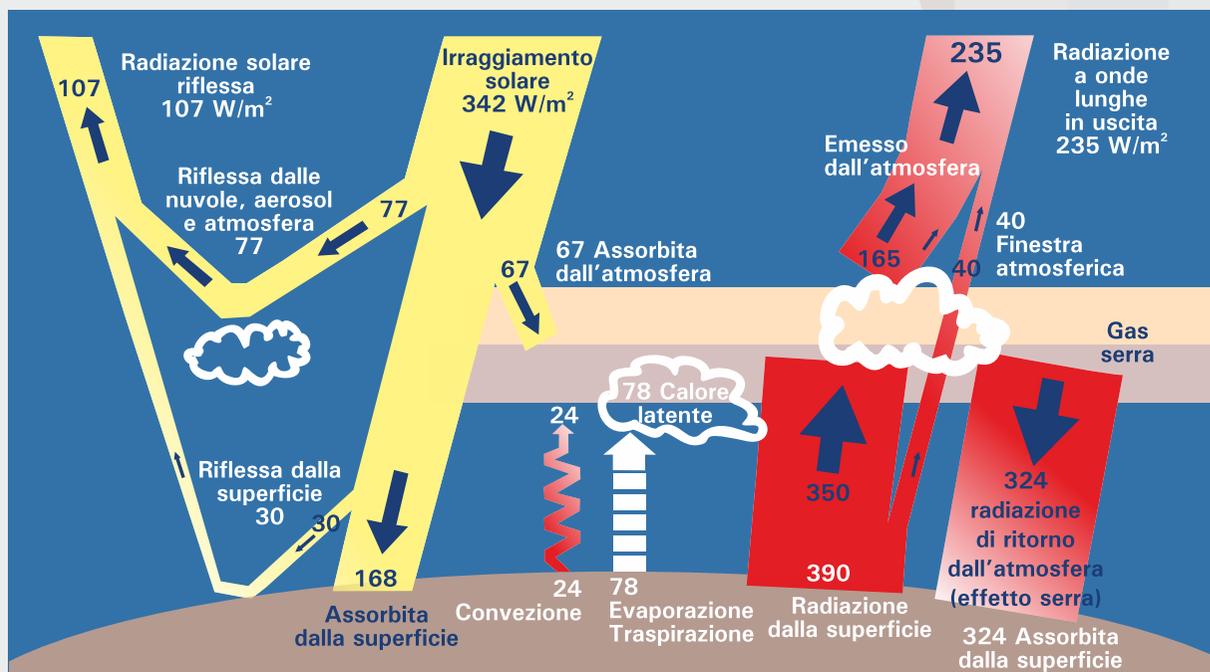
La troposfera è suddivisa in due strati principali: lo strato limite e l'atmosfera libera.

Lo strato limite è la parte della troposfera direttamente influenzata dalla superficie terrestre e può raggiungere altezze variabili tra 1 e 3 chilometri. Generalmente la temperatura decresce con la quota. Nello strato limite si svolge gran parte della vita sul Pianeta e hanno luogo le principali attività umane. In questo strato, attraverso moti prevalentemente verticali e turbolenti, avvengono gli scambi di calore, di umidità e di energia tra la superficie e l'atmosfera libera. Qui si forma la nebbia, si diffondono e disperdono gli inquinanti, si generano i venti e si formano le nubi.

L'atmosfera libera è quella parte di atmosfera in cui diminuisce l'effetto dell'interazione con la superficie terrestre, il vento cresce con la quota e la temperatura diminuisce costantemente di circa 6°C ogni 1000 metri.

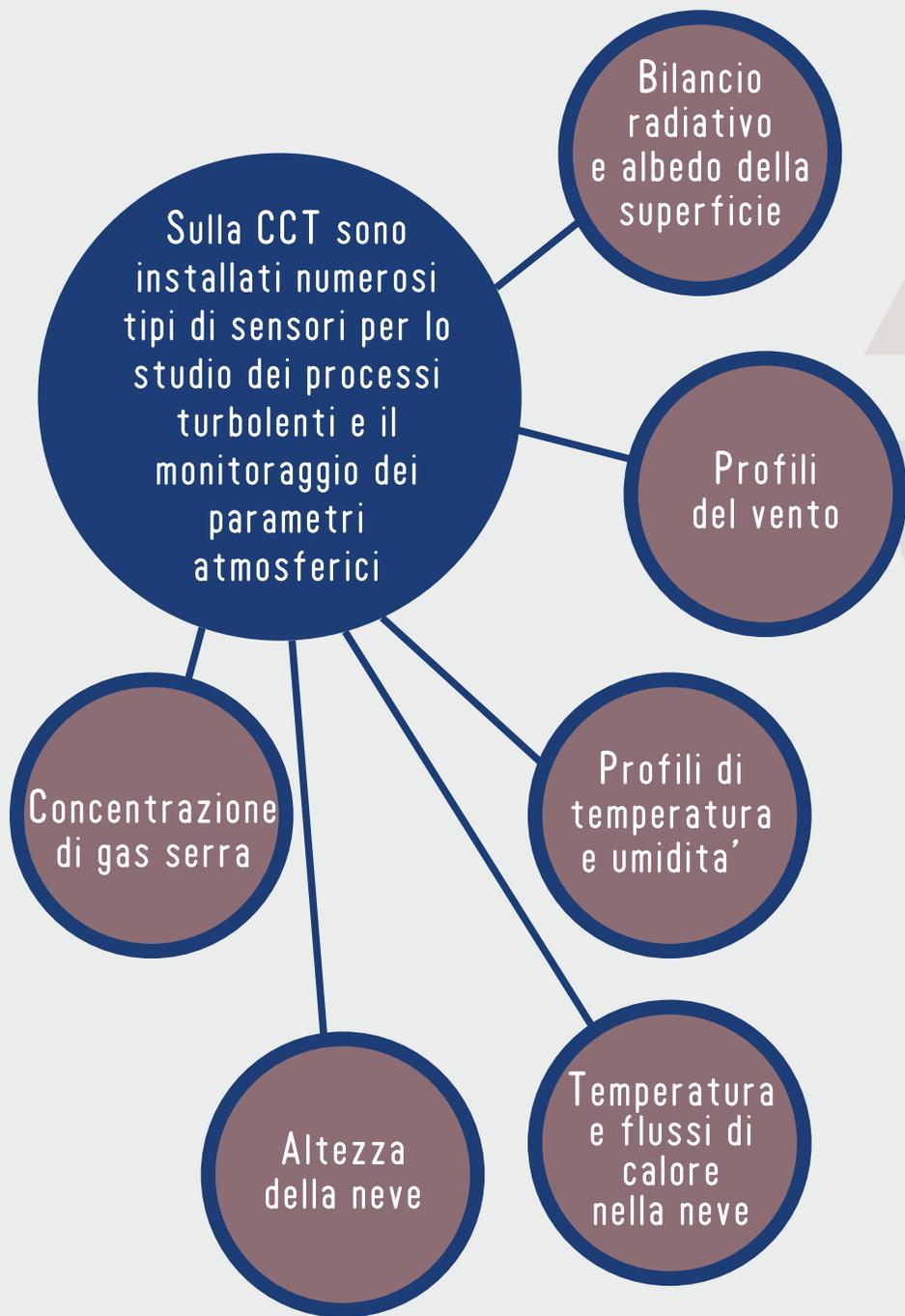


Bilancio energetico medio/globale



Il **motore principale** di tutti i processi che avvengono nella troposfera è il Sole, la cui energia in forma di radiazione raggiunge la superficie terrestre e determina le condizioni per il loro sviluppo. Dei 342 Watt/m² circa che entrano, indicativamente 235 Watt/m² interagiscono con l'atmosfera e la superficie e vengono emessi verso lo spazio in forma di **radiazione termica**. Se questa radiazione viene intrappolata dall'eccesso di gas atmosferici che assorbono la radiazione termica (anidride carbonica, metano, vapore acqueo) si determina il cosiddetto **effetto serra** che causa l'aumento del

La troposfera, lo strato limite e la Climate Change Tower



Lo strato limite atmosferico in Artico è caratterizzato da **condizioni di forte stabilità** che inibiscono i moti verticali atti a trasferire energia dalla superficie verso l'atmosfera libera. Studiare la variabilità dei parametri atmosferici richiede quindi misure continue e accurate. A questo scopo il Cnr ha installato a Ny Ålesund, a circa 1 chilometro dalla stazione Dirigibile Italia, una torre strumentata alta 34 metri, denominata "**Amundsen - Nobile Climate Change Tower**" (CCT).

La CCT è un elemento fondamentale per studiare, in maniera integrata, le diverse componenti del **sistema climatico** e le loro interazioni, i processi di scambio tra la superficie e i primi metri dello strato limite e poterne stimare la variabilità su lunghi intervalli temporali.





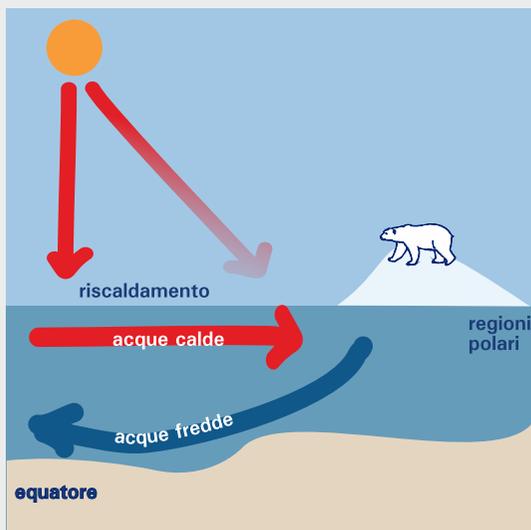
ARTICO

Viaggio interattivo al Polo Nord

Cascate di acqua sul fondo dell'oceano

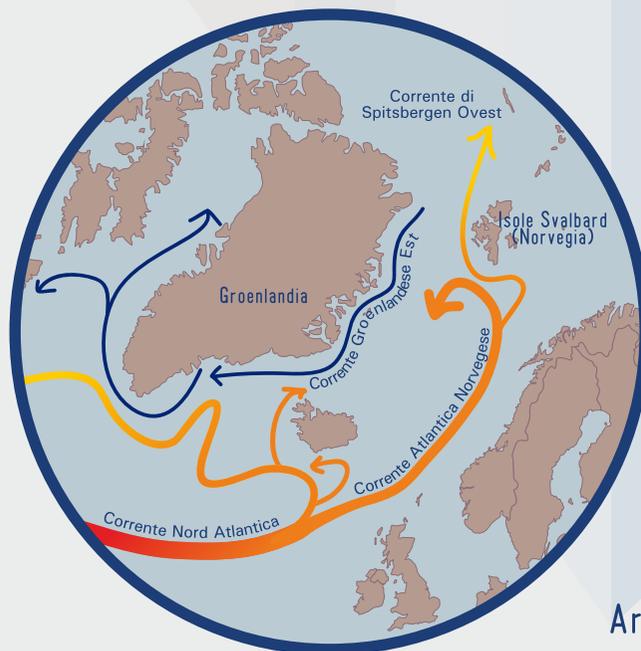
Il mare non è un corpo d'acqua immobile, ma è in **continuo movimento** per la presenza delle correnti, generate e influenzate dai venti, dalla rotazione terrestre e, soprattutto, dalla temperatura e dalla salinità dell'acqua.

Questi ultimi due fattori influiscono sulla **densità** dell'acqua e sono proprio le diverse densità degli strati oceanici che ne determinano il movimento. L'acqua calda ha una densità minore e risale mentre l'acqua fredda affonda. La densità dell'acqua cresce anche all'aumentare della concentrazione di sali minerali.

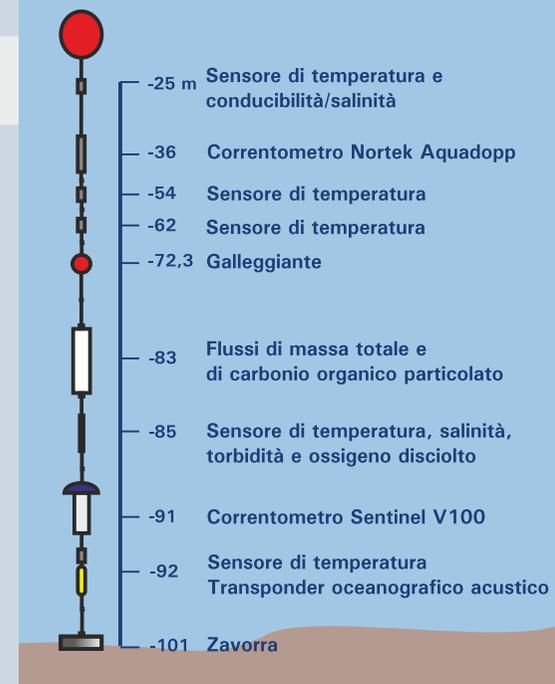


Una delle principali correnti che interessano la regione artica è la Corrente di Spitsbergen Ovest, che risale lo stretto di Fram e genera intrusioni calde all'interno dei fiordi artici delle Isole Svalbard, tra cui il Kongsfjorden. Qui il Consiglio Nazionale delle Ricerche ha installato il sistema di misura sottomarino permanente di questa vena d'acqua calda chiamato **Mooring Dirigibile Italia** (MDI). I dati raccolti servono a stabilire la quantità di calore che è trasferita tramite l'oceano dall'equatore fino ai Poli, un aspetto fondamentale del bilancio di calore del nostro Pianeta.

Le correnti oceaniche trasportano calore dall'equatore ai Poli e operano come un motore per il clima globale. Il principio fondamentale è il seguente: l'acqua si raffredda ai poli interagendo con l'atmosfera e cade verso le fosse oceaniche; l'acqua calda superficiale dell'equatore viene richiamata verso i poli creando correnti, come la famosa **Corrente del Golfo**, che scalda le coste del Nord Europa. Uno dei pericoli del riscaldamento globale risiede nel rallentamento di questo meccanismo: se i Poli si scaldano diventano motori meno efficienti e tutto il resto della circolazione diventa meno efficiente, perdendo il suo ruolo di mitigatore del clima.



Schema del Mooring Dirigibile Italia



Materiali estratti dalla mostra interattiva
Artico. Viaggio interattivo al Polo Nord
articomostra.cnr.it

Artico: un ecosistema a rischio

L'ecosistema artico presenta un delicatissimo equilibrio tra animali, vegetali e ambiente. È popolato da organismi estremamente specializzati che sono particolarmente vulnerabili ai cambiamenti climatici.

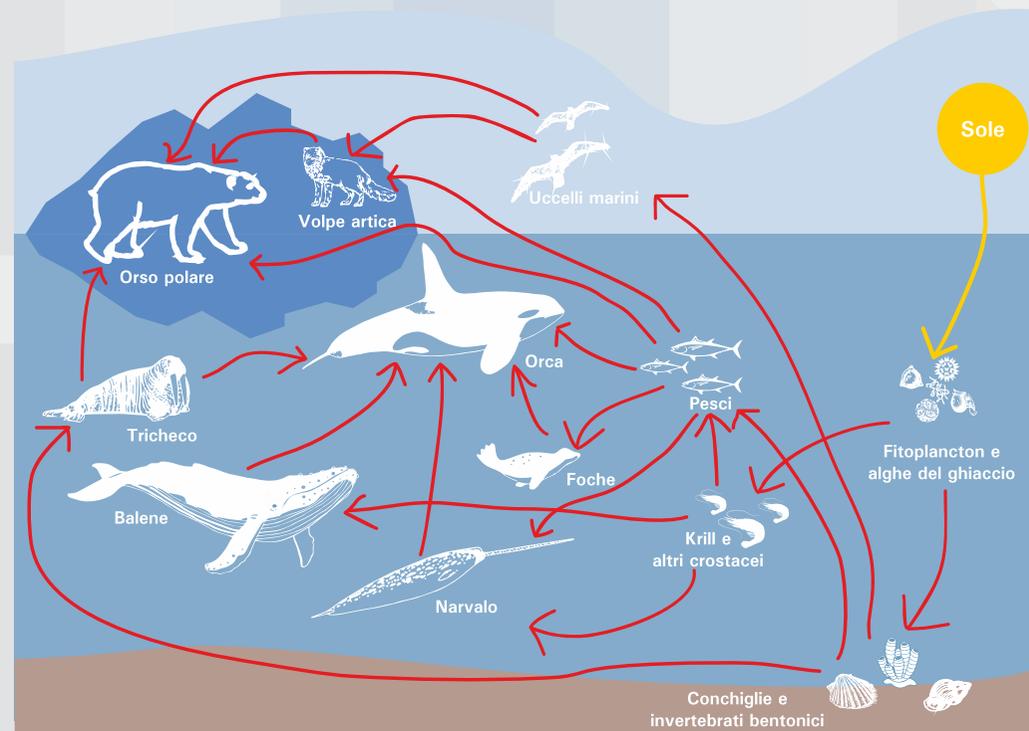
L'ecosistema marino

Il Mar Glaciale Artico è il più piccolo e il meno profondo dei cinque bacini oceanici presenti sulla Terra. Qui vivono molti organismi, da batteri microscopici, plancton e alghe, a grandi animali come balene, foche e orsi polari. In primavera e in estate numerosi uccelli migrano in Artico per approfittare del cibo disponibile.

Alla base della **rete alimentare artica** c'è il fitoplancton, costituito da batteri e alghe microscopiche.



Credits: Andrew Thurber, Deep sea and polar biology



Poiché l'Oceano Artico è coperto di ghiaccio per la maggior parte dell'anno, alcune **microalghe** si trovano anche all'interno o sulla superficie sommersa del ghiaccio. In questo caso si parla di alghe del ghiaccio. Durante il tardo inverno e la primavera, grandi comunità di queste alghe fioriscono all'interno e sulla superficie del ghiaccio marino. Quando il ghiaccio si scioglie, le alghe vengono rilasciate nelle acque, alimentando il plancton e i piccoli pesci, a loro volta nutrimento per tutti gli organismi più grandi. La riduzione di spessore del **ghiaccio marino**, così come i tempi del suo scioglimento in primavera e del congelamento in autunno, possono influenzare la produttività delle comunità algali e, di conseguenza, gli organismi che se ne nutrono, provocando drammatici cambiamenti in tutto l'ecosistema.

Artico: un ecosistema a rischio

Le piante sentinelle del cambiamento climatico

Il paesaggio artico offre anche una certa varietà di **ecosistemi terrestri**, dai Monti Brooks nell'America del Nord, all'enorme calotta ghiacciata della Groenlandia, alla tundra della Siberia settentrionale. Nonostante siano presenti alcune foreste vicino al Circolo Polare Artico, la flora artica è generalmente limitata a piante erbacee, muschi e licheni. Poiché non possono spostarsi, le piante devono per forza adattarsi alle condizioni climatiche e ambientali del posto in cui sono nate e cresciute. Questo le rende molto utili per studiare gli impatti del cambiamento climatico, soprattutto in aree soggette a condizioni estreme come quelle polari. Per questo i ricercatori del Cnr hanno installato aree di monitoraggio della **biodiversità vegetale**. Inoltre, sono in corso misure dei flussi di anidride carbonica che permettono di quantificare l'andamento dei processi di fotosintesi e respirazione delle piante e il loro contributo al controllo della quantità di anidride carbonica in atmosfera.



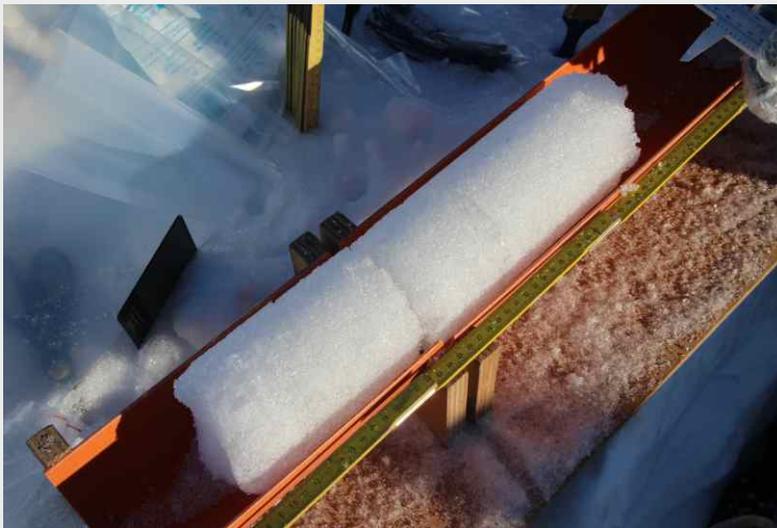
Misure dei flussi di anidride carbonica su *Cassiopea tetragona*, una delle specie arbustive più caratteristiche della vegetazione artica.

In viaggio nel tempo per scoprire come e' cambiato il clima

L'Artico: un mondo a nord del mondo dove l'uomo è un ospite e dove l'ambiente è duro, selettivo e ostile. Ma se la presenza dell'uomo è difficile, il risultato delle sue attività, siano esse locali che provenienti da altre zone del Pianeta, può facilmente influenzare queste aree remote. E' perciò importante riconoscere l'impatto delle attività umane sull'ambiente artico, sia per valutare la diffusione globale delle sostanze contaminanti, sia per comprendere meglio le variazioni nel tempo di tali sostanze e il loro impatto sul clima.

Per fare questo tipo di studi è necessario avere una qualche testimonianza che si preservi nel tempo e che ci consenta di 'leggere' la storia climatica e ambientale del Pianeta. La neve rappresenta pienamente questo tipo di testimonianza: un archivio ambientale importante che può consentirci di misurare l'impatto delle attività umane e non solo. In Artico, dove la neve si mantiene anno dopo anno con scarsa fusione o addirittura nulla, campionare la neve da una trincea o prelevare una carota di ghiaccio significa fare un viaggio indietro nel tempo. Studiare la composizione chimica degli strati di neve e ghiaccio ci consente di definire le variazioni delle condizioni climatiche del passato e di vedere il sorgere e il variare della contaminazione indotta dall'uomo sull'atmosfera.

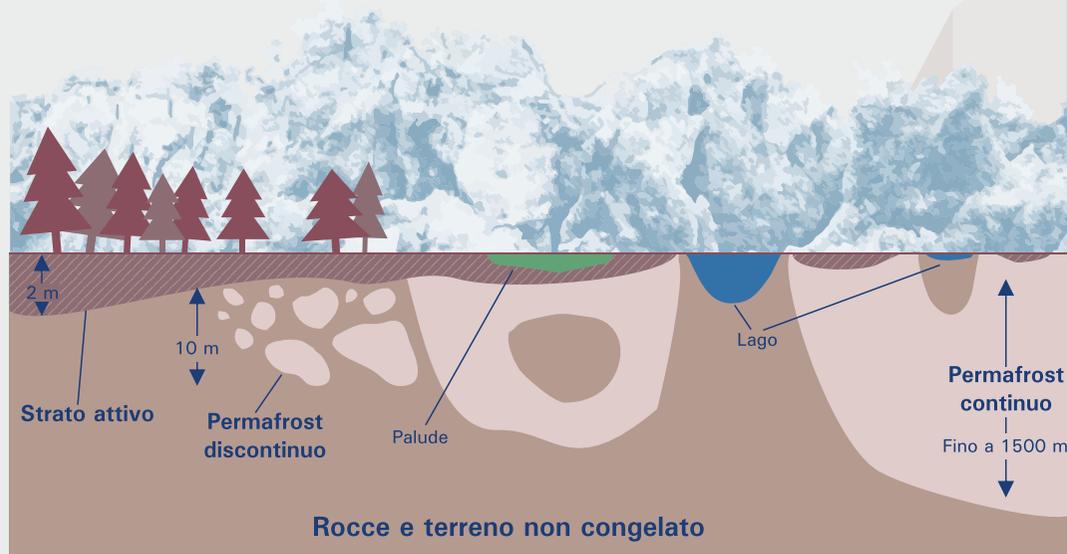
Ma anche la natura fa la sua parte: eruzioni vulcaniche, grandi incendi, eventi atmosferici estremi possono essere riconosciuti in questi archivi ambientali e dare indicazioni sulla circolazione atmosferica globale. Le carote di ghiaccio, che arrivano molto più in profondità di una trincea, permettono di andare indietro nel tempo per migliaia e migliaia di anni, aprendoci una finestra sulle variazioni climatiche occorse nel passato e consegnandoci un termine di confronto per studiare e comprendere i cambiamenti climatici in atto.



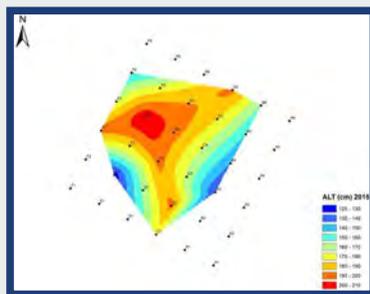
Materiali estratti dalla mostra interattiva
Artico. Viaggio interattivo al Polo Nord
articomostra.cnr.it

Degradazione del permafrost artico

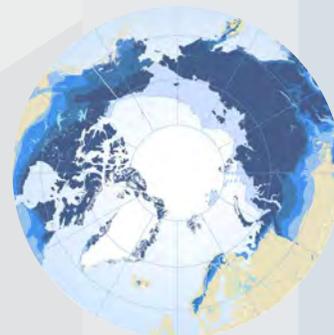
Il permafrost è un suolo congelato che mantiene una temperatura inferiore a 0° C per almeno due anni consecutivi. Da qui la parola permafrost: "perma" + "frost", ovvero "permanentemente gelato". Lo strato superficiale del permafrost, chiamato **strato attivo**, può scongelare temporaneamente durante l'estate, consentendo alle piante di crescere e agli animali di trovare cibo.



Lo spessore dello strato attivo e la temperatura del permafrost sono considerati **indicatori climatici** da parte dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale. A Ny-Ålesund i ricercatori del Cnr hanno predisposto una griglia sul terreno di 50x50 metri, in cui vengono **costantemente monitorati** la temperatura e lo spessore dello strato attivo, che risultano molto variabili anche a brevi distanze. Sempre per monitorare la temperatura del permafrost è stata realizzata una perforazione profonda 50 metri nella quale la temperatura viene misurata a diverse profondità.



Spessore dello strato attivo nella griglia di Ny-Ålesund



- Permafrost continuo
- Permafrost discontinuo
- Permafrost sporadico
- Chiazze isolate
- Permafrost sottomarino

Il permafrost si trova sulla terraferma e in alcune aree sotto il fondo dell'oceano. Copre quasi **23 milioni** di chilometri quadrati nell'emisfero settentrionale, pari a circa un sesto delle terre emerse del Pianeta.



Materiali estratti dalla mostra interattiva **Artico. Viaggio interattivo al Polo Nord**
articomostra.cnr.it



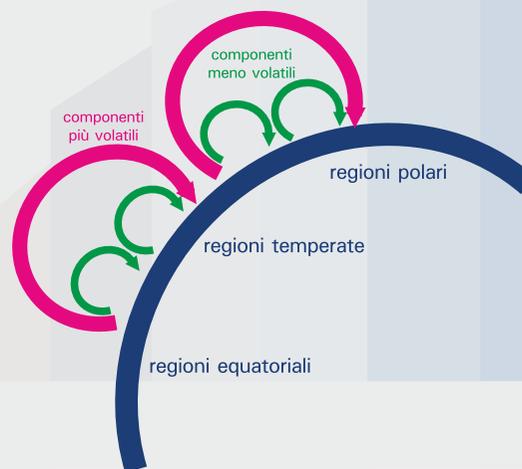
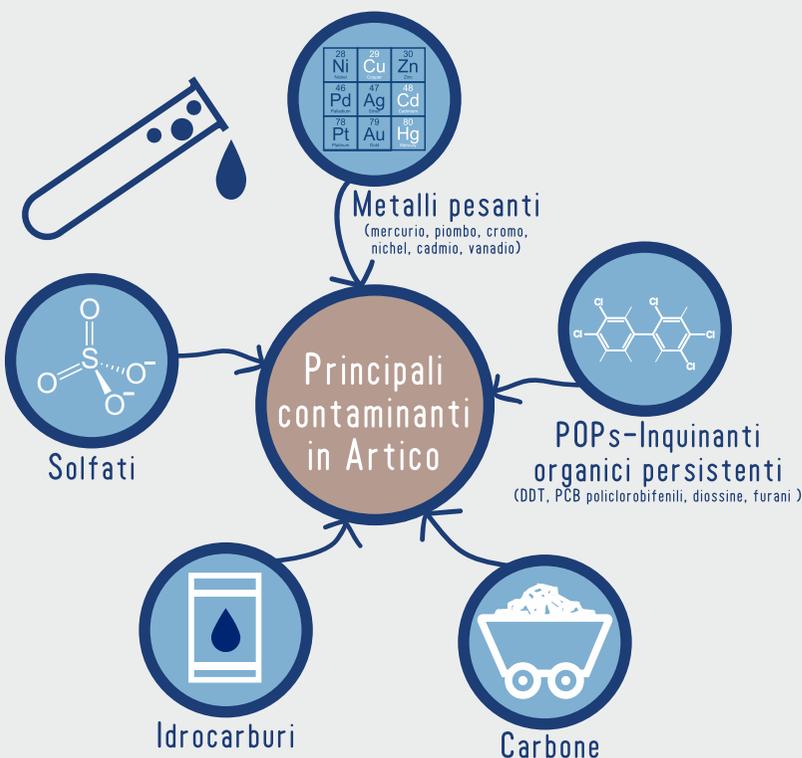
ARTICO

Viaggio interattivo al Polo Nord

Inquinamento chimico in Artico

L'Artico non è una fonte rilevante di contaminanti ambientali. Tuttavia, anche questa regione remota della Terra non è immune dagli effetti dell'inquinamento. I contaminanti chimici, residui di prodotti dell'attività industriale, dell'urbanizzazione, degli incendi in Europa, Asia e Nord America vengono rilasciati nell'aria e nel mare e trasportati verso nord nella regione polare attraverso le correnti oceaniche e la circolazione atmosferica.

La rottura del vortice polare artico tra febbraio e marzo apre la strada all'arrivo di inquinanti in misura tale da generare il fenomeno noto come **arctic haze**. Si tratta di una foschia di colore rossastro, che compare nei mesi primaverili in atmosfera alle alte latitudini, dovuta all'inquinamento atmosferico prodotto dalle attività umane.

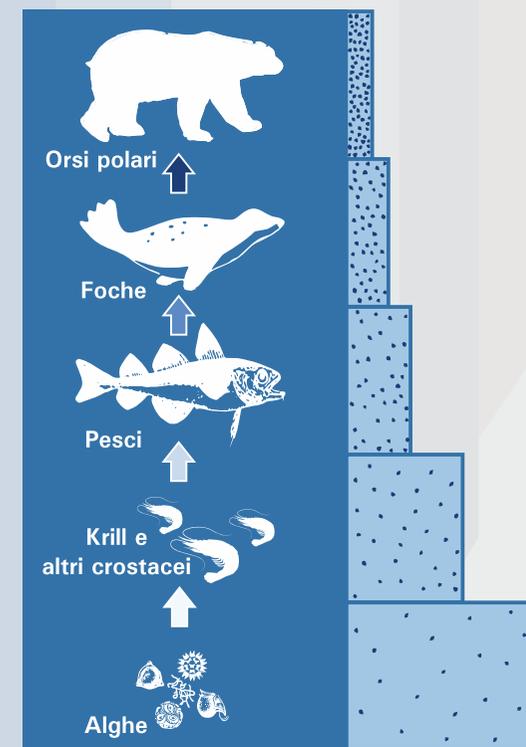


Alcuni elementi altamente inquinanti come i cosiddetti POPs (Persistent Organic Pollutants) possono arrivare in Artico anche da zone molto distanti attraverso il fenomeno noto come **"effetto cavalletta"**. In seguito a ripetuti processi di evaporazione, condensazione e deposizione questi **inquinanti volatili** si spostano dalle basse alle alte latitudini, compiendo un movimento 'a balzi'.

A causa delle particolari condizioni ambientali in Artico, come la luce solare ridotta, l'estesa copertura di ghiaccio e le basse temperature, **i contaminanti si degradano molto più lentamente** che nei climi più caldi, depositandosi sulla neve e concentrandosi nel ghiaccio.

In primavera, quando il ghiaccio si scioglie, le tossine vengono riversate nel mare e assorbite dalle alghe che fioriscono in questo periodo. Le sostanze tossiche, in particolare i POPs e i metalli pesanti, entrano così nella **catena alimentare**, passando dalle alghe al plancton, ai pesci e, quindi, alla fauna più grande. Man mano che mangiano prede contaminate, gli animali al vertice della catena alimentare, come orsi polari, foche e balene, accumulano livelli sempre più elevati di tossine nei loro tessuti adiposi.

Anche gli Inuit del Canada e della Groenlandia, che cacciano la foca e l'orso polare, hanno livelli più elevati di contaminanti nel sangue e nel latte materno rispetto agli abitanti delle aree più meridionali.



Materiali estratti dalla mostra interattiva Artico. Viaggio interattivo al Polo Nord
articomostra.cnr.it

Laboratorio atmosferico **Gruvebadet**, dedicato allo studio della composizione atmosferica e in particolare dell'aerosol. Il laboratorio, aperto nel 2010 dal Cnr, è situato nell'edificio che una volta ospitava le **docce dei minatori** di Ny-Ålesund. Da qui deriva il nome: Gruve = miniera, badet = bagno in norvegese



ARTICO

Viaggio interattivo al Polo Nord

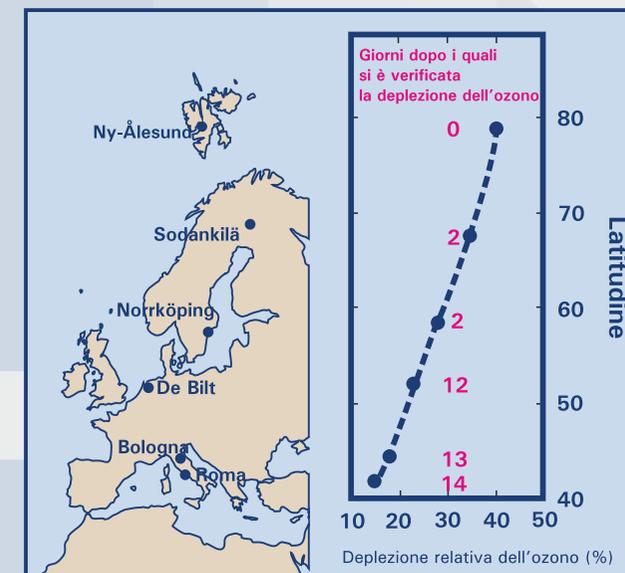
La stratosfera, lo strato di ozono e il processo di deplezione

Anche la **stratosfera** ha un ruolo fondamentale per la vita del Pianeta. Infatti, questo strato si caratterizza per la presenza dell'**ozono**, un gas minore concentrato tra 15 e 30 chilometri di altezza, che grazie alla sua capacità di assorbimento della radiazione nella banda spettrale dell'ultravioletto (UV) fornisce uno scudo rispetto alle componenti UV-C e in parte UV-B, dannose per gli organismi viventi sulla Terra. Ma l'assorbimento della radiazione comporta il riscaldamento di questo strato di atmosfera per cui, fino a 50 chilometri di quota, la temperatura cresce con l'altezza.

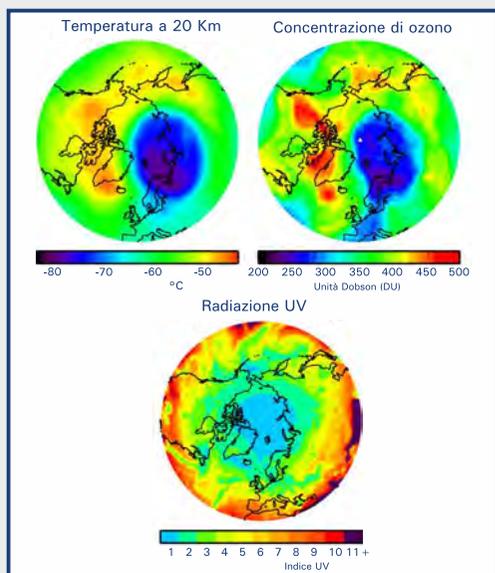


L'ozono (O_3) è un gas molto instabile le cui molecole sono costituite da tre atomi di ossigeno che si combinano attraverso una serie di reazioni fotochimiche. La **concentrazione totale di ozono** in atmosfera (TOC) è il risultato di un gran numero di queste reazioni e di processi dinamici. L'andamento stagionale di tale concentrazione è caratterizzato, alle medie e alte latitudini dell'emisfero nord, da un massimo primaverile di circa 400 DU (unità Dobson) e un minimo autunnale di 270-300 DU. La distribuzione dell'ozono a livello globale è determinata dai processi di trasporto di masse d'aria con una maggiore concentrazione di ozono dalle regioni tropicali alle medie latitudini e alle zone polari.

Nelle regioni polari, le particolari caratteristiche termodinamiche della troposfera e della stratosfera favoriscono la formazione, durante l'inverno, dei **vortici polari**. All'interno di questi vortici le reazioni chimiche e i processi dinamici sono in grado di causare una riduzione significativa (**deplezione**) dell'ozono atmosferico che dipende dalla stabilità del vortice stesso. Ad esempio il vortice polare in Antartide è molto stabile e la deplezione è molto ampia. In Artico, viceversa, il vortice è meno stabile e di conseguenza la riduzione di ozono è meno consistente.



C'è stato però un anno, nel 2011, il cui il vortice polare in Artico è stato così forte e stabile da creare un'apprezzabile riduzione dell'ozono. Le immagini satellitari indicano come, a partire dai tipici 400 DU, i valori di TOC nel mese di marzo siano calati sino a un livello di circa 280 DU, ovvero oltre il 40% in meno. Le osservazioni hanno dimostrato come questa riduzione **non sia rimasta confinata in Artico**. A Roma, ad esempio, la diminuzione della concentrazione di ozono pur avvenendo circa due settimane più tardi ha determinato una riduzione del 15%. A tale riduzione corrisponde un aumento di quasi il 21% della radiazione UV che la nostra pelle può assorbire. In Artico l'aumento della radiazione UV assorbita è stato invece pari a circa l'85%. Quanto accaduto nel 2011, e in misura minore ripetutosi negli anni successivi, conferma la necessità di un costante monitoraggio dell'ozono presente nelle regioni polari.



La concentrazione di ozono in Artico misurata il 2 aprile 2011. All'interno del vortice polare le temperature sono più fredde e l'ozono è fortemente ridotto

Materiali estratti dalla mostra interattiva
Artico. Viaggio interattivo al Polo Nord
articomostra.cnr.it



ARTICO

Viaggio interattivo al Polo Nord

Artico: una regione contesa

I cambiamenti climatici e la riduzione del ghiaccio polare hanno trasformato la regione artica da zona dimenticata a nuova area di conquista e frontiera di sviluppo economico per il commercio mondiale. Il valore geopolitico della regione artica è da imputare a due questioni in particolare: **le risorse naturali** e **le rotte navali**.



Risorse naturali

Si ritiene che l'Artico posseda il 30% delle riserve di gas naturale e il 15% delle riserve petrolifere globali non ancora scoperte, che ospiti oltre il 15% delle risorse ittiche globali e, infine, che disponga di **ingenti scorte di minerali**, compresi quantitativi non trascurabili delle cosiddette terre rare, divenute accessibili e sfruttabili grazie al miglioramento delle tecniche e delle tecnologie estrattive.



Rotte navali

L'assottigliamento e la riduzione della calotta glaciale rende sempre più concreta l'ipotesi di uno sfruttamento commerciale delle due vie marittime artiche, attualmente utilizzabili solo per poche settimane nella stagione estiva. Si tratta del **passaggio a nord-ovest**, attraverso l'arcipelago artico canadese, e del **passaggio a nord-est**, lungo le coste della Siberia. Ciò ha spinto i paesi artici ad avanzare richieste di sovranità su territori internazionali. Canada, Danimarca e Russia sostengono si tratti delle loro acque territoriali: rivendicandone la sovranità legittimerebbero la riscossione di pedaggi.



- Passaggio a Nord-Ovest (NWP)
- Passaggio a Nord-Est (NEP)

- limite delle 200 miglia nautiche
- - - - - confini offshore da accordi bilaterali

Rivendicazioni territoriali (oltre le 200 miglia nautiche)

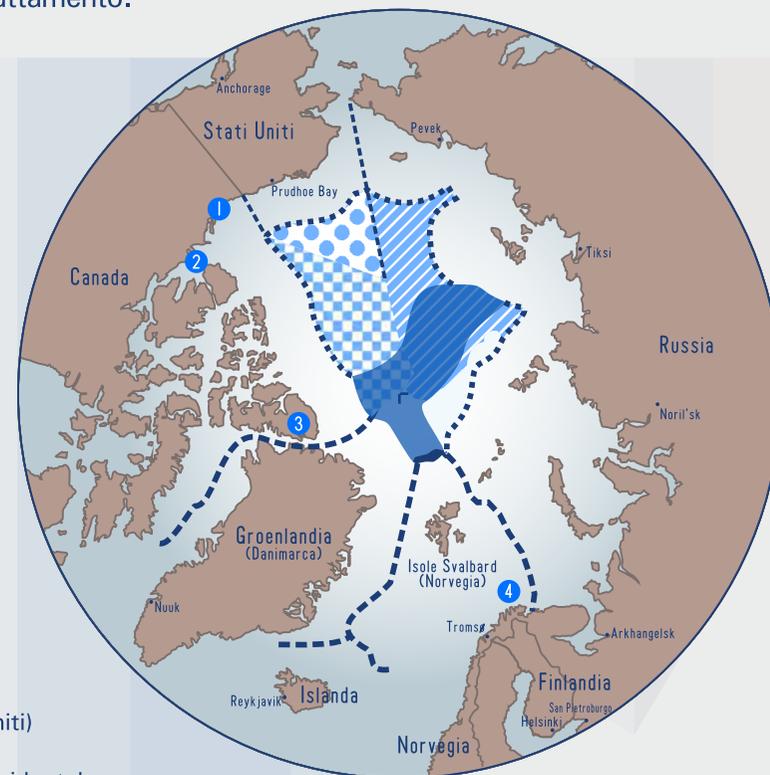
- Stati Uniti
- Canada
- Russia
- Danimarca
- Norvegia
- Non rivendicato

Dispute territoriali in corso

- 1 Delimitazione frontiera tra Alaska (Stati Uniti) e Canada nel Mare di Beaufort
- 2 Controllo e gestione via marittima nord-occidentale (tra Stati Uniti e Canada)
- 3 Sovranità sull'isolotto di Hans tra Groenlandia (Danimarca) e Canada
- 4 Delimitazione della frontiera tra Russia e Norvegia nel Mare di Barents

Molti Stati vorrebbero inoltre estendere la propria zona di influenza oltre i confini regolati dalle convenzioni internazionali, rivendicando porzioni di Artico in base ai limiti delle piattaforme continentali sottomarine.

L'Artico è percepito come un **frontiera geopolitica**, dove tanto gli Stati che vi si affacciano, quanto quelli più lontani coltivano progetti di sfruttamento.



Materiali estratti dalla mostra interattiva
Artico. Viaggio interattivo al Polo Nord
articomostroa.cnr.it



ARTICO

Viaggio interattivo al Polo Nord

Il Consiglio Artico



"Arctic Contaminants Action Programme" (ACAP): ha l'obiettivo di prevenire gli effetti negativi e ridurre l'inquinamento nell'ambiente artico. ACAP incoraggia azioni a livello nazionale per ridurre le emissioni e altri rilasci di sostanze

"Arctic Monitoring and Assessment Programme" (AMAP): monitora l'ambiente artico, gli ecosistemi e le popolazioni e fornisce consulenza scientifica ai governi per affrontare gli effetti negativi dei cambiamenti climatici

"Conservation of Arctic Flora and Fauna" (CAFF): affronta la conservazione della biodiversità artica per garantire la sostenibilità delle risorse biologiche

"Emergency Prevention, Preparedness and Response" (EPPR): si occupa di proteggere l'ambiente artico dalla minaccia o dall'impatto di un rilascio accidentale di sostanze inquinanti o di radionuclidi

"Protection of the Arctic Marine Environment" (PAME): è il punto focale delle attività del Consiglio Artico per la tutela e l'uso sostenibile dell'ambiente marino artico

"Sustainable Development Working Group" (SDWG): ha il compito di promuovere lo sviluppo sostenibile della regione artica, proteggendo e migliorando l'ambiente, le economie, la cultura e la salute delle comunità artiche

Al contrario dell'Antartide, l'Artico non è disciplinato da uno specifico trattato internazionale. La sua regolamentazione legale è soggetta alle varie sovranità che si affacciano sui mari territoriali nel quadro giuridico internazionale della "Convenzione delle Nazioni Unite sul diritto del mare" (UNCLOS) e da altri trattati internazionali specifici. Il Consiglio Artico è la principale organizzazione intergovernativa, nata nel 1996, per promuovere la cooperazione tra gli Stati artici, le comunità indigene e la popolazione dell'Artico sui temi dello sviluppo sostenibile e della tutela ambientale nella regione.



Artico. Viaggio interattivo al Polo Nord

Gruppo di progetto del Consiglio Nazionale delle Ricerche

Unità Relazioni con il Pubblico e Comunicazione integrata

Daniela Gaggero, Francesca Messina, Filippo Sozzi

Dipartimento Scienze del Sistema Terra e Tecnologie per l'Ambiente

Roberto Azzolini, Simona Longo

Istituto di Ricerca sugli Ecosistemi Terrestri

Enrico Brugnoli

Istituto di Scienze Polari

Angelo Viola, Vito Vitale

Istituto per le Tecnologie Didattiche

Rosa Bottino, Augusto Chiocciariello

Contributi scientifici

Consiglio Nazionale delle Ricerche:

Istituto per lo Studio degli Impatti Antropici e Sostenibilità in ambiente marino

Giuseppa Buscaino

Istituto di Scienze Polari

Maurizio Azzaro, Jacopo Gabrieli, Federico Giglio, Mauro Mazzola, Clara Turetta

Istituto di Scienze Marine

Stefano Aliani

Istituto di Ingegneria del Mare

Gabriele Bruzzone, Massimo Caccia, Angelo Odetti

Università Ca' Foscari Venezia

Carlo Barbante

Università degli Studi dell'Insubria

Nicoletta Cannone, Mauro Gugliemin

Università degli Studi di Firenze

Roberto Udisti, Rita Traversi

Si ringrazia Fabio Trincardi (già Direttore CNR - DSSTTA) per il fondamentale contributo nell'evoluzione dei contenuti della mostra nel corso degli anni

Servizi a cura di Cnr - Unità Relazioni con il Pubblico e Comunicazione integrata

Responsabile

Francesca Messina

Progettazione scientifica exhibit e formazione personale animazione

Luca Balletti, Filippo Sozzi

Design exhibit e progetto grafico

Daniela Gaggero

Sito web

Gloria Cavallini

Realizzazione exhibit e allestimenti Laboratorio di falegnameria scientifica

Filippo Novara, Alberto Ravazzolo

Laboratorio di elettronica e meccanica

Manuele Gargano

Organizzazione e logistica

Patrizia Cecchetto

Segreteria esecutiva

Stefania Sacconi

Gestione amministrativa

Simone Corso, Francesca Lupi

Supporto editing

Giorgia Piermarini

Contributi Video Web Tv - Ufficio Stampa del Cnr

Marco Ferrazzoli, Anna Capasso, Piero Stufara

Segreteria tecnico amministrativa del Dipartimento Scienze del sistema Terra e Tecnologie per l'Ambiente del Cnr

Paolo Braico, Alessandro Cirioni, Angelo Domesi, Emiliano Liberatori

Sito web - Cnr Istituto per le Tecnologie Didattiche

Mauro Tavella

Risorse educative - Cnr Istituto per le Tecnologie Didattiche

Augusto Chiocciariello

Si ringrazia

Giorgio Bruzzone, Andrea Felici, Francesca Gorini, Claudia Mazzantii, Pierpaolo Orrico

Emanuela Guadalupi (CNR - Unità Logistica) per il fondamentale apporto nella gestione delle procedure di acquisto nella fase iniziale di produzione della mostra

Materiale multimediale concesso da

Francisco Ardini, Riccardo Bono, Laura Caiazza, David Cappelletti, Pier Francesco Cardillo, Marco Casula, Fabio Ceccato, Vincenzo Di Stefano, Fabio Ferlazzo, Mauro Giacomelli, Fabio Giardi, Marco Maggiore, Francesco Malafasi, Luigi Mazari, Mauro Mazzola, Torben Kirchgeorg, Fabio Palmieri, Giuseppe Pellegrino, Stefano Poli, Rosamaria Salvatori, Edoardo Spirandelli, Andrea Spolaor, Vittorio Tulli, Paolo Verzone, Angelo Viola

Traduzioni

Barbara Pernati, CNR - Ufficio Programmazione e Grant Office

La mostra è dedicata a **Angelo Pietro Viola** per il suo impegno nella progettazione della mostra e per la sua dedizione nella presentazione degli exhibit al mondo della scuola e al pubblico generico

Materiali estratti dalla mostra interattiva
Artico. Viaggio interattivo al Polo Nord

articomostroa.cnr.it



Consiglio Nazionale
delle Ricerche



Il gruppo di progetto all'inaugurazione della mostra,
Palazzo Ducale, Genova 27 ottobre - 6 novembre 2016

Contributi scientifici all'edizione di Bologna

Museo Civico Archeologico

16 gennaio - 2 marzo 2025

A cura di

Vito Vitale, CNR - Istituto di Scienze Polari

Gabriela Carrara, CNR - Area Territoriale di Ricerca di Bologna

Daria Guidetti, Istituto Nazionale di Astrofisica

Stefano Urbini, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Materiale multimediale concesso da

Istituto Nazionale di Astrofisica

Andrea Cicchetti - Coordinatore radar "MARSIS"

Daria Guidetti - Coordinatrice progetto "Sorvegliati Spaziali"

Stefano Massetti - Coordinatore radar "SuperDARN" e "Ny-Ålesund all-sky camera"

Monia Negusini

Roberto Orosei

Alberto Paolo Pellizzoni - Coordinatore progetto "Solaris"

Pierguido Sarti

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Achille Zirizzotti

Materiali estratti dalla mostra interattiva
Artico. Viaggio interattivo al Polo Nord
articomostra.cnr.it

Radio e attività nelle regioni polari

L'isolamento e l'impossibilità di comunicare a distanza hanno rappresentato **un limite cruciale** per le esplorazioni polari, causando sfide drammatiche per molte spedizioni prima dell'introduzione della radio, soprattutto nelle situazioni di emergenza.

Le esperienze di Salomon August Andrée e di Ernest Henry Shackleton ne sono esempi emblematici.



Salomon August Andrée
Foto Gösta Florman, 1896



Salomon August Andrée e Knut Frænkel fotografati da Nils Strindberg, terzo membro della spedizione



Ernest Henry Shackleton
Foto Frank Hurley, 1914



Nave Endurance con cui Shackleton effettuò la sua esplorazione fotografata nel 1915. Foto Frank Hurley



"La scialuppa "James Caird" trascinata dagli uomini". Olio su stoffa da tappezzeria, cm 230 x 134 (particolare). Dalla collezione "Fortitudo", dipinto di Paola Folicaldi Suh

Nella primavera del 1916, dopo mesi intrappolati sulla banchisa polare (*pack*) e una difficile traversata di quindici giorni su una scialuppa di salvataggio dall'Isola dell'Elefante alla Georgia del Sud, **Ernest Shackleton** e i suoi compagni avevano quasi raggiunto le basi baleniere, ma si trovarono bloccati sul lato opposto dell'isola. Senza la possibilità di comunicare via radio, ma anche senza mappa, tende e sacchi a pelo, furono costretti a percorrere a piedi 50 km fino alla stazione baleniera, con chiodi nelle scarpe come ramponi. La radio avrebbe potuto evitare anche la pericolosa traversata in scialuppa di 1.500 km dalla latitudine 61° S alla 54° S, una delle più ardue imprese marittime mai compiute.

L'11 luglio 1897, lo svedese **Salomon August Andrée** partì dalle Isole Svalbard con un pallone aerostatico con due compagni, puntando a raggiungere lo stretto di Bering in trenta giorni e passando vicino al Polo Nord.

Tuttavia, il volo durò solo due giorni, tre ore e trenta minuti e terminò con un atterraggio morbido su un'isola dell'arcipelago delle Svalbard. Nonostante ciò, i tre esploratori, privi di radio, morirono, tentando invano di comunicare tramite boe e piccioni viaggiatori. Il loro ultimo campo, con diari e strumenti, fu ritrovato solo nel 1930.

Non sorprende quindi che l'invenzione e lo sviluppo della radio abbiano segnato un cambio epocale per le spedizioni polari. Dagli esperimenti di **Guglielmo Marconi** del 1895, radiotelegrafia e radiofonia si svilupparono rapidamente e gli esploratori polari si resero subito conto dell'utilità della radio per comunicare: consentiva di aumentare la sicurezza delle spedizioni e ridurre significativamente i tempi di trasmissione delle notizie.

Nel 1911, durante la spedizione australiana di **Sir Douglas Mawson**, fu impiegato per la prima volta un operatore radio in Antartide, che negli anni '20, divenne stabile anche nelle spedizioni artiche.

La radio ha quindi reso realizzabili **nuove e audaci imprese**, come stazioni d'osservazione su banchise mobili, la possibilità di trascorrervi un intero inverno (prima *drifting station* russa del 1936), garantendo supporto agli aviatori.



Materiali estratti dalla mostra interattiva
Artico. Viaggio interattivo al Polo Nord
Approfondimento Edizione di Bologna. articomostra.cnr.it

Foto: "Parabola" di Angelo Domesi
La foto fa parte del contest fotografico del CNR
"Obiettivo Scienza"



ARTICO

Viaggio interattivo al Polo Nord

Il salvataggio degli uomini della tenda rossa

Nel preparare le spedizioni artiche del 1926 e del 1928, **Umberto Nobile** prestò una grandissima attenzione alle comunicazioni. D'altra parte, la radio aveva avuto uno sviluppo importante e dimostrato molte volte la sua utilità nel salvare vite umane a partire dalla tragedia del Titanic.



Umberto Nobile



Il dirigibile "Italia". Foto Georg Pahl Bundesarchiv, Bild 102-05738 / Georg Pahl / CC-BY-SA 3.0

Trent'anni erano trascorsi dalle boe e dai piccioni viaggiatori di Andrée. Il dirigibile, rispetto a un pallone aerostatico, deve la sua propulsione orizzontale a un motore funzionante ad elica, ed è quindi molto più manovrabile. Ma allo stesso tempo è lassù nell'aria, alla mercé degli eventi meteorologici, sostenuto in volo dallo stesso principio di Archimede. La sua stabilità è pur sempre influenzata dal peso e, a causa delle dimensioni, il ghiaccio può sbilanciarlo, oltre che portarlo in basso. Alla sicurezza, nei pensieri di Nobile, si aggiungeva l'idea di far seguire da vicino la spedizione: una diretta *ante-litteram*. Un piano accurato di comunicazione fu messo a punto con una nave appoggio, ovvero un'unità navale progettata per fornire supporto logistico e operativo ad altre navi e strumenti sofisticati caricati a bordo.

Tra le dotazioni di emergenza vi era la radio da campo ad onde corte modello **Ondina 33-s**, progettata e costruita in Italia. Fu questa radio, unita all'abilità tecnica del radiotelegrafista, a dare una speranza a superstiti al naufragio del Dirigibile Italia. Finiti sul pack il 24 giugno 1928 cominciarono a lanciare ogni due ore messaggi di S.O.S. verso la nave appoggio alle Isole Svalbard. Ma a dispetto di questo, per ben dieci giorni questi tentativi non ebbero esito.

Il radiotelegrafista **Giuseppe Biagi** cercò tenacemente di contattare la nave appoggio "Città di Milano": puntò l'antenna della radio da campo nella sua direzione, rispettò gli orari convenuti. Potevano ascoltare le comunicazioni relative ai tentativi di ricerca, ma non riuscivano a farsi sentire. Solo il 3 giugno, inaspettatamente, il radioamatore russo **Nicolaj Schmidt** captò un frammento del messaggio di S.O.S. da molto più lontano e da un'altra direzione.

Nel tempo questo ha generato molti racconti, verità, miti e leggende che si sono rinnovate, talvolta arricchite di sempre nuovi particolari, fino ai nostri giorni. Resta il fatto che il salvataggio della "**tenda rossa**" dimostrò in maniera clamorosa la grande utilità pratica dei radiotelegrafi ad onde corte, di cui parlarono tutti i periodici, le radio e i cinegiornali del mondo.



"Marconi-Franklin Multiple Tuner, questo dispositivo permetteva una sintonia multipla migliorando la qualità del segnale ricevuto. Questo dispositivo, inventato e brevettato nel 1907 era all'avanguardia e installato sulle navi più importanti del periodo (Milano, Museo Nazionale della Scienza e della



Umberto Nobile con l'inseparabile Titina
Foto archivio Swedish National Museum of Science and Technology



La tenda rossa



La spedizione di salvataggio svedese nel 1928
Foto archivio Swedish National Museum of Science and Technology



ARTICO
Viaggio interattivo al Polo Nord

Non si è più fuori dal mondo

Oltre a migliorare la sicurezza delle operazioni nelle aree estreme, consentire interventi di soccorso e fornire aggiornamenti in **tempo reale** sull'andamento delle spedizioni, la radio ha avuto un impatto enorme sull'approccio di chi decideva di avventurarsi nelle **zone remote del mondo**.



Francobollo statunitense da 3 centesimi per l'Anno Geofisico

La radio e la comunicazione senza fili in generale hanno rivoluzionato il modo di partecipare e di vivere una spedizione polare. Questo è particolarmente vero in Antartide, luogo da sempre considerato al di fuori del mondo, che la radio ha reso più accessibile, soprattutto dopo la Seconda guerra mondiale. Ad esempio, durante l'*International Geophysical Year* del 1957, ha avuto un ruolo insostituibile nel supportare il morale di chi era stato chiamato a fare un grande sforzo per collocare sul continente antartico sei-sette stazioni osservative americane.

Il rapido sviluppo della comunicazione senza fili negli ultimi cento anni ci permette oggi di comunicare con chi si trova in Antartide come se si trovasse a pochi chilometri di distanza. Oggi, chi si trova in Antartide può utilizzare i *social network*, tra cui *WhatsApp*.

In soli quarant'anni, i partecipanti alle spedizioni italiane sono passati da **costosissime comunicazioni satellitari** (undici dollari al minuto nel 1988) e difficili comunicazioni tramite stazioni radio ad onda corta (Roma Radio), a comunicare grazie a **ponti radio e canali satellitari** a prezzi da telefonia della Nuova Zelanda (*Jabba card*), fino a d arrivare, ultimamente, a poter comunicare tramite i **normali strumenti della telefonia** che usiamo quotidianamente a casa nostra.

Oltre alla frequenza, stabilità e costo, è ancora più sorprendente lo sviluppo della quantità di informazioni che possiamo trasferire. Dai primi semplici segnali in codice Morse, siamo rapidamente passati a suoni, voce e musica. Poi alla parola scritta, con tecnologie diventate obsolete nel giro di pochi decenni, come il fax. Successivamente, con Internet e i satelliti, **ai suoni e alle parole si sono aggiunte le immagini**. La nuova rivoluzione di *Starlink*, con il suo notevole abbassamento dei costi, sta completamente trasformando anche la comunicazione scientifica, rendendo non più un miraggio la disponibilità di enormi quantità di dati in tempo reale.



Un ufficiale della US Navy alla Williams Air Operating Facility, in Antartide, usa una radio amatoriale per contattare la famiglia e gli amici durante l'inverno del 1956
(US Navy/Commons)



Festeggiamento dopo l'attraversamento all'arrivo alla Base Scott
Foto Archives New Zealand from New Zealand, CC BY 2.0



Gatto delle nevi utilizzato per la spedizione transantartica del Commonwealth (1955-1958).
Foto Susan Gerbic, Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International license

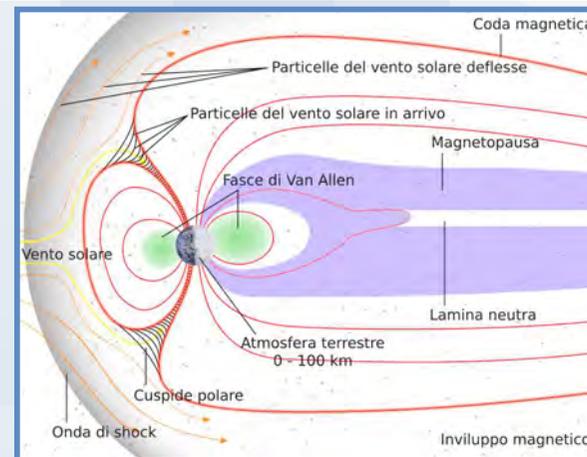
Foto: "Stazione meteo autosufficiente" di Angelo Domesi
La foto fa parte del contest fotografico del CNR
"Obiettivo Scienza"



Aurore polari

L'aurora, sia boreale che australe a seconda dell'emisfero in cui si verifica, è uno spettacolo mozzafiato visibile tipicamente a latitudini superiori a 75° Nord e Sud. Questo **fenomeno luminoso** è causato dal vento solare: un flusso di particelle cariche e campo magnetico emesso dal Sole. Quando queste particelle penetrano il campo magnetico terrestre, riescono a raggiungere l'atmosfera nelle zone polari. Qui, le particelle solari eccitano atomi di ossigeno e azoto che, nel processo di diseccitazione, emettono luce di diversi colori: rosso per gli strati più alti (250-400 km), verde a 100-200 km di quota e blu a quote inferiori (80 km).

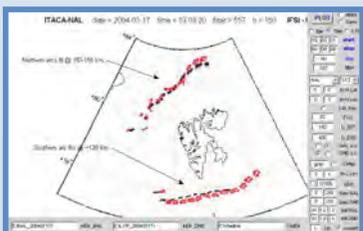
Durante i periodi di intensa attività solare, come quelli che stiamo sperimentando dalla fine del 2023, le aurore possono risultare particolarmente spettacolari e visibili anche a **latitudini molto più basse**, come è avvenuto in Italia a novembre 2023, a maggio e ottobre 2024.



La *Light Sensitive Cabin*, a Ny-Ålesund, ospita la *all-sky camera* aurorale

Ny-Ålesund è un luogo privilegiato per lo studio delle aurore, dato che qui si manifestano anche le cosiddette "aurore diurne", generate da particelle solari che arrivano direttamente dal Sole, anziché, come avviene per la maggior parte delle aurore, dalla parte opposta dopo essere state accumulate nel campo magnetico terrestre.

Dal 1999 una *all-sky* camera automatizzata e molto sensibile, gestita dall'Istituto Nazionale di Astrofisica - INAF/IAPS, osserva il cielo da ottobre a marzo, acquisendo immagini *all-sky* alle lunghezze d'onda tipiche delle aurore (rosso, verde e blu), offrendo quindi una finestra affacciata sull'interazione tra vento solare e magnetosfera terrestre. La camera è inserita nella rete internazionale "MIRACLE", che si estende lungo la penisola scandinava per studiare fenomeni aurorali su scale medio-grandi.



Archi aurorali registrati dalle *all-sky camera* di Ny-Ålesund e Longyearbyen

Non avete visto le aurore italiane del 2023 e 2024?

Con l'app gratuita "Sorvegliati Spaziali" del progetto omonimo potete crearle attorno a voi in realtà aumentata. L'app è disponibile per iOS e Android e offre varie esperienze 3D sulla Difesa Planetaria, tra cui la simulazione dell'aurora e anche il suo ascolto, grazie alla trasformazione in suoni delle onde radio emesse. Inoltre, sul sito sorvegliatispaziali.inaf.it è possibile consultare bollettini quotidiani e mensili dell'attività solare.



SCARICA L'APP



Aurora in realtà aumentata tramite la app del progetto **Sorvegliati Spaziali**

Materiali estratti dalla mostra interattiva **Artico. Viaggio interattivo al Polo Nord**
Approfondimento Edizione di Bologna. articomostra.cnr.it

Foto: Vittorio Tulli



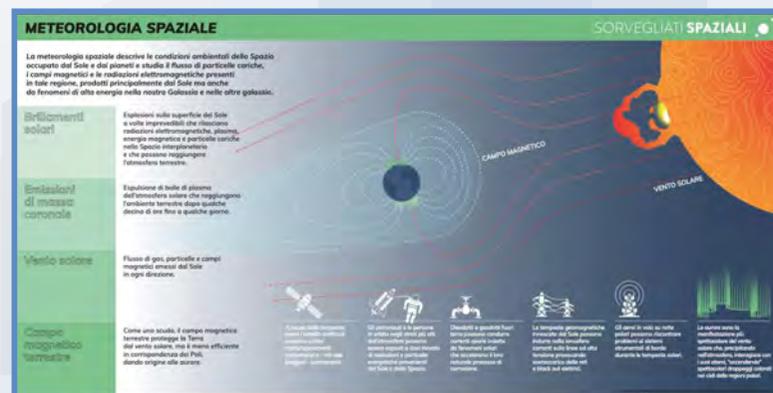
ARTICO

Viaggio interattivo al Polo Nord

Meteorologia spaziale

La meteorologia spaziale è una disciplina nuova che descrive le condizioni ambientali del Sistema Solare. Studia flussi di particelle, campi magnetici e radiazioni elettromagnetiche prodotti dall'attività solare, ma anche da fenomeni di alta energia nella nostra galassia e in altre. Include **aurora polari** e **tempeste geomagnetiche** che possono avere ripercussioni dirette sulle attività umane.

Oltre che di interesse scientifico, il monitoraggio del meteo spaziale è di **pubblica utilità** ed è effettuato da terra e dallo spazio, per elaborare modelli e previsioni. Strategico è quello nelle aree polari nella banda radio. Sebbene le previsioni meteorologiche spaziali siano attualmente meno affidabili di quelle terrestri a breve termine, sono in fase di **rapido sviluppo**, anche grazie a tecniche avanzate come l'intelligenza artificiale.



Radar Dcn in Antartide



“Solaris” è una **rete permanente di radiotelescopi** in fase di completamento, progettata per monitorare il Sole a frequenze radio alte. La rete sarà principalmente situata in Antartide, presso le stazioni Mario Zucchelli e Concordia. Grazie alle condizioni atmosferiche favorevoli e alla lunga visibilità del Sole durante l'estate antartica, sarà possibile effettuare osservazioni per oltre venti ore al giorno, garantendo un monitoraggio solare continuo. Le operazioni per studi di astrofisica e applicazioni di meteorologia spaziale inizieranno nel 2025/2026.

Oltre alle stazioni antartiche, il programma prevede una sede sulle Alpi, presso la Stazione di ricerca CNR Testa Grigia (3.500 m) e nelle regioni artiche della Scandinavia, per assicurare un monitoraggio quasi 24 ore su 24 del Sole durante tutto l'anno.

I radar “SuperDARN” e il progetto “Solaris” sono gestiti dall'Istituto Nazionale di Astrofisica, grazie ai fondi PNRA.

I radar ionosferici “**SuperDARN**” (*SuperDual Auroral Radar Network*) formano una rete internazionale dedicata al monitoraggio e allo studio del **vento solare** e dei fenomeni di meteorologia spaziale nella magnetosfera e nella ionosfera terrestre e operano dalle medie latitudini fino alle calotte polari in entrambi gli emisferi.

La copertura è stata completata nell'emisfero meridionale grazie all'installazione in Antartide, presso la base italo-francese **Concordia**, dei radar *Dome C East* (DCE) nel 2013 e *Dome C North* (DCN) nel 2019, dove rappresentano le più estese e complesse installazioni presenti: ciascun radar è dotato di sedici antenne per la fila ricetrasmittente e di quattro per la fila interferometrica.



Il programma Solaris: dallo sviluppo dei prototipi a Milano, alle Alpi, fino in Antartide e Scandinavia

Materiali estratti dalla mostra interattiva **Artico. Viaggio interattivo al Polo Nord**
Approfondimento Edizione di Bologna. articomostra.cnr.it

Esplorare l'invisibile con le onde radio

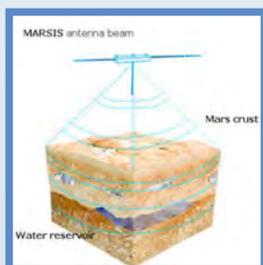
Radio Echo Sounding (RES)

Un sistema RES è un radar che sfrutta la penetrazione delle onde radio nel ghiaccio e permette di ottenere informazioni sulla morfologia del fondo roccioso, lo spessore del ghiaccio e la possibile presenza di laghi subglaciali all'interfaccia ghiaccio/roccia.

Per questi motivi è diventato uno strumento fondamentale anche nell'esplorazione spaziale.

Un RES può essere montato su un aereo per coprire grandi distanze o sotto un elicottero per rilievi di dettaglio. In Antartide, questo strumento può contribuire alla sicurezza dei percorsi di movimentazione del personale e dei materiali, poiché è in grado di 'vedere' e identificare i crepacci anche sotto una spessa coltre di neve.

Nel corso delle campagne del PNRA dal 1995 ad oggi, il gruppo INGV-IRES ha acquisito oltre 36 mila km di linee sulla calotta est dell'Antartide. Questo ha permesso di definire la morfologia del continente 'sepolto', scoprire trenta nuovi laghi subglaciali, identificare uno dei cinque punti di spessore di ghiaccio più elevato (4755 m) e supportare diversi programmi internazionali di perforazioni su ghiaccio a scopo paleoclimatico come "EPICA", "TALDICE" e "Beyond EPICA-OI".



Il radar **MARSIS** esplora il sottosuolo di Marte.

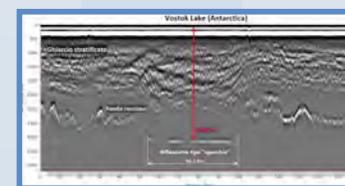
Mars Advanced Radar For Subsurface And Ionosphere Sounding (MARSIS)

"MARSIS" è un radar RES che orbita intorno a Marte a bordo della sonda europea *Mars Express*. Questo strumento ha permesso di rilevare acqua liquida a un chilometro e mezzo di profondità sotto la calotta polare meridionale di Marte.

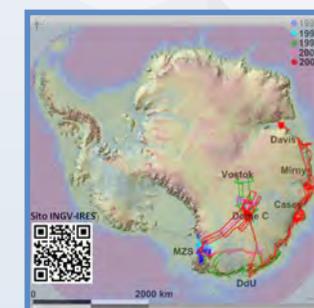
Nonostante Marte sia oggi un deserto gelido e sterile, in passato c'erano fiumi e laghi sulla sua superficie, e questo suggerisce che potrebbe aver ospitato forme di vita simili a quelle terrestri. Analogamente all'Antartide, un lago subglaciale su Marte potrebbe contenere un ecosistema simile a quello a cui si sono adattate numerose specie di microorganismi terrestri, rappresentando un sito ideale per la ricerca di vita extraterrestre.

Misure di vapore acqueo tramite segnali GNSS (Global Navigation Satellite Systems)

I segnali radio, attraversando l'atmosfera, subiscono un ritardo che dipende dalla quantità di vapore acqueo presente lungo il percorso. Questo ritardo può essere misurato tramite strumenti GNSS per stimare la quantità di vapore acqueo, contribuendo così al calcolo del bilancio energetico globale e al monitoraggio del clima terrestre. Grazie al loro ridotto consumo energetico, i ricevitori GNSS possono essere facilmente installati in aree remote in Artico e in Antartide. La validità dei risultati ottenuti ha permesso l'uso di questi strumenti in studi meteorologici e climatici, nonché per lo studio dell'effetto serra.



Esempio di radargramma registrato nella zona del lago subglaciale Vostok



Voli RES effettuati dal gruppo INGV-IRES nell'ambito delle campagne di misura del PNRA dal 1995 al 2003



Operazioni di rifornimento durante il volo di acquisizione RES del ghiacciaio David (2010).



Stazioni GNSS in Antartide (©Italian Geodetic Observatory in Antarctica - PNRA)



Stazioni GNSS in Antartide (©Italian Geodetic Observatory in Antarctica - PNRA)

Materiali estratti dalla mostra interattiva **Artico. Viaggio interattivo al Polo Nord**

Approfondimento Edizione di Bologna. articomostra.cnr.it

Stazione GNSS permanente a
"Inexpressible Island",
Antartide (©Italian Geodetic
Observatory in Antarctica - PNRA)



ARTICO

Viaggio interattivo al Polo Nord