

# 25 anni di Lampedusa, la sentinella d'Europa sul clima

L'Osservatorio Climatico ENEA a Lampedusa da 25 anni effettua ricerche e rende disponibili contributi ad infrastrutture di ricerca internazionali. Infatti, le prime misure di parametri atmosferici sono state avviate a dicembre 1997. La presenza di un Osservatorio permanente ha permesso di intensificare le misure dei parametri rilevanti per lo studio del clima, in particolare relativi all'incremento della concentrazione dei gas ad effetto serra e alle sue conseguenze.

DOI 10.12910/EAI2022-056

di Alcide di Sarra, Fabrizio Anello, Carlo Bommarito, Virginia Ciardini, Giorgia Cinelli, Lorenzo De Silvestri, Tatiana Di Iorio, Biagio Di Pietra, Paolo Grigioni, Antonio Iaccarino, Salvatore Marullo, Daniela Meloni, Francesco Monteleone, Giandomenico Pace, Salvatore Piacentino, Claudio Scarchilli, Damiano Sferlazzo

**L**e prime misure di parametri atmosferici effettuate presso l'Osservatorio Climatico ENEA a Lampedusa sono state avviate a dicembre 1997, 25 anni fa, subito dopo il completamento dei lavori di ristrutturazione di un'area acquisita da ENEA e precedentemente di proprietà della società telefonica. La presenza di un Osservatorio permanente di proprietà ENEA ha permesso di intensificare le misure di alcuni parametri rilevanti per lo studio del clima, in particolare della concentrazione di alcuni gas ad effetto serra, iniziate a Lampedusa 30 anni fa: infatti a maggio 1992 Paolo Chamard e Luigi Ciattaglia avviarono i primi campionamenti settimanali di aria per la determinazione di CO<sub>2</sub> [1], e successivamente CH<sub>4</sub> e altri composti, secondo protocolli e scale di riferimento concordati a livello internazionale, in modo da poter garantire un'alta accuratezza e la comparabilità delle misure su scala globale. Le attività dell'Osservatorio sono poi cresciute moltissimo, sempre rispettando questi obiettivi: da una parte garantire misure di alta qualità tracciabili a scale di riferimento internazionali, dall'altra fornire un quadro

**dettagliato dei molti parametri che giocano un ruolo importante nei processi climatici.** Gli sviluppi lungo queste linee hanno portato a costruire un laboratorio integrato, unico nel suo genere, che attualmente tiene sotto controllo tutti i principali parametri (le cosiddette "variabili climatiche essenziali") che permettono di descrivere l'evoluzione del clima, di identificare i fattori che lo regolano, sia legati a processi naturali che ad attività antropiche, e di studiare alcuni meccanismi ancora non ben compresi.

**Un punto di riferimento internazionale**

**Vari passaggi fondamentali hanno portato l'Osservatorio ad essere un punto di riferimento internazionale per le ricerche sul clima.** Tra questi abbiamo la realizzazione di campagne di misura internazionali, tra cui alcune con mezzi aerei nel 1999, 2004, 2008, 2013, e 2014 [ad es. 2], l'attivazione di misure di radiazione nel 2003, l'inserimento nella rete globale di campionamento della NOAA americana nel 2006, la installazione nel 2015 dell'Osservatorio Oceanografico [3], una boa strumentata in mare aperto per le misure oceanografiche.

L'Osservatorio di Lampedusa attualmente partecipa alle principali infrastrutture di ricerca ambientali Europee: Aerosol, Clouds and Trace Gases Research Infrastructure (ACTRIS), dedicata allo studio di particolato atmosferico e nubi, Integrated Carbon Observation System (ICOS), dedicata al ciclo del carbonio e, a livello nazionale, European Multidisciplinary Seafloor and water column Observatory (EMSO), indirizzata a fornire una infrastruttura per indagini sulla colonna d'acqua e sul mare. È inoltre in via di realizzazione, in collaborazione con il CNR, il sito della rete Europea Co-operative programme for monitoring and evaluation of the long-range transmission of air pollutants in Europe (che va anche sotto il nome di 'European Monitoring and Evaluation Programme', EMEP). Infine, sin dal 1992, Lampedusa contribuisce alla rete osservativa Global Atmosphere Watch dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale. Tramite le infrastrutture di Ricerca ACTRIS, ICOS ed EMSO l'Osservatorio di Lampedusa partecipa al grande Progetto Nazionale delle infrastrutture ambientali finanziato dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), Italian



Figura 1. Osservatorio Atmosferico di Lampedusa.

Integrated Environmental Research Infrastructures System (ITINERIS). La Figura 2 mostra una foto dell'Osservatorio Oceanografico con il profilo dell'isola sullo sfondo, con evidenziate schematicamente i principali meccanismi di regolazione del clima che vengono studiati a Lampedusa. Nel funzionamento del clima sono coinvolte interazioni complesse che riguardano scambi ed equilibri tra processi fisici (trasferimento della radiazione solare e infrarossa, trasporto delle masse d'aria e marine; scambi di energia e materia tra i diversi comparti), chimici (reazioni e variazioni di composizione dell'aria e dell'acqua), biologici (interazioni con vegetazione terrestre e acquatica); i diversi processi sono poi tra di loro interconnessi, e regolati da numerosi meccanismi di retroazione, che possono produrre amplificazioni delle perturbazioni di partenza. In particolare, a Lampedusa vengono studiati gli effetti prodotti

da modificazioni della composizione (gas ad effetto serra, inquinanti, particolato, nubi) e struttura dell'atmosfera e dell'oceano sul bilancio della radiazione [ad es. 4], e dell'energia; gli scambi di energia [ad es. 5] e materia, in particolare di vapor d'acqua e  $\text{CO}_2$ , che avvengono tra oceano ed atmosfera. Questi processi sono alla base del funzionamento del clima e presentano connessioni fortissime con il ciclo idrologico, la qualità dell'aria e delle acque ed i processi di trasporto.

La Figura 3 mostra l'evoluzione delle medie mensili di alcune delle grandezze che vengono misurate all'Osservatorio Atmosferico. È evidente la crescita di  $\text{CO}_2$ , passata in 30 anni da circa 350 ppm (parti per milione) a circa 420 ppm. La variazione di  $\text{CO}_2$  (ed altri gas serra) influenza direttamente il bilancio della radiazione, ed indirettamente attraverso interazioni complesse e meccanismi di retroazione gli andamenti delle altre variabili e

i meccanismi di regolazione del clima [ad es. 6].

#### Cambiamenti climatici nell'area del Mediterraneo

**I dati di Lampedusa sono quindi molto importanti per la comprensione dei meccanismi climatici in particolar modo nel Mediterraneo, che è una regione particolarmente sensibile alle variazioni del clima [ad es. 6].** Lampedusa è infatti una piccola isola (superficie di circa  $20 \text{ km}^2$ ), lontana da zone continentali (la regione continentale più vicina è la Tunisia, a oltre 120 km di distanza) e poco influenzata dagli effetti diretti prodotti dalla vegetazione e dalle emissioni antropiche. Grazie a queste condizioni sono stati ad esempio studiati gli effetti regionali delle emissioni legate alle attività industriali continentali, al traffico navale, agli incendi, all'attività dell'Etna.

Allo stesso tempo, il fatto di essere

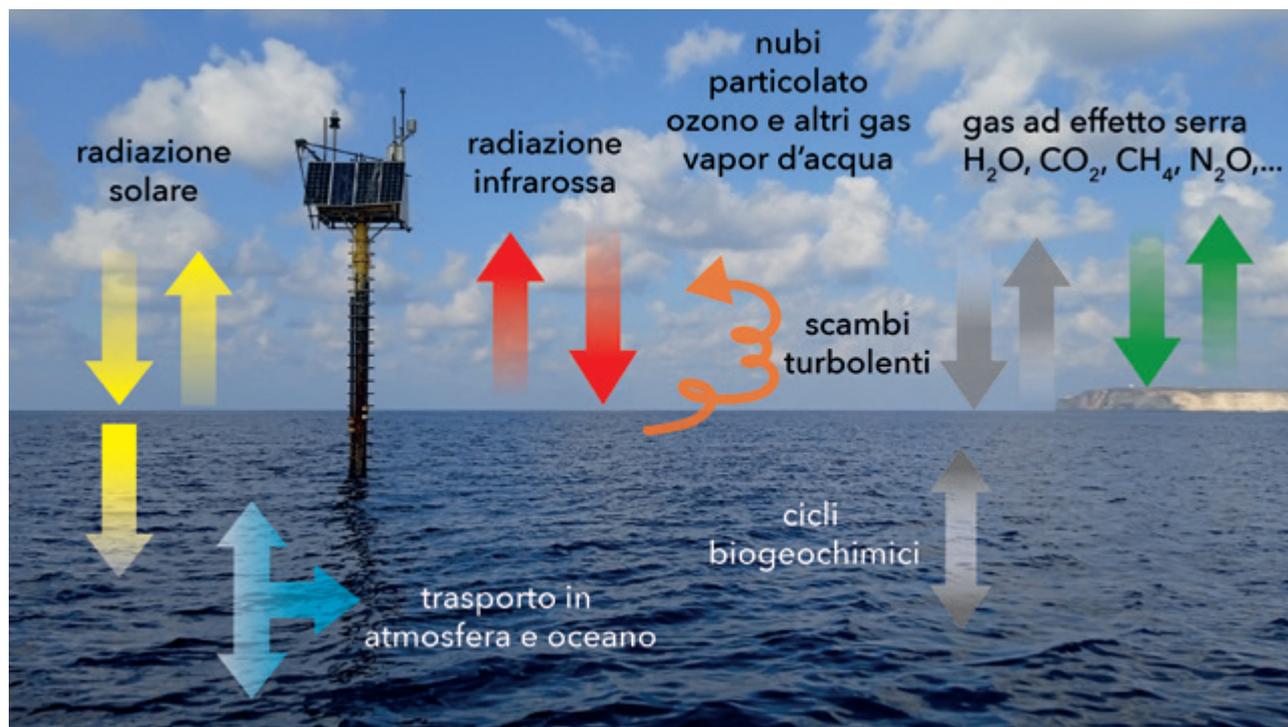


Figura 2. L'Osservatorio Oceanografico di Lampedusa con il profilo dell'estremità occidentale dell'isola (sulla destra). Con le frecce sono mostrati i principali processi ed interazioni relativi al funzionamento del clima che vengono studiati presso l'Osservatorio Climatico. Si riconoscono le componenti del bilancio energetico superficiale (radiazione, flussi turbolenti) ed i fattori in grado di influenzarli (come nubi, particolato atmosferico, componenti atmosferici e marini); gli scambi atmosfera-oceano (frecce grigie) e atmosfera-vegetazione (frecce verdi) di vapor d'acqua e  $CO_2$ , e la ripartizione delle specie del carbonio in atmosfera e nell'oceano, risultato di complessi equilibri biogeochimici alla base degli studi sul ciclo del carbonio (freccia grigia in mare). Ed infine i meccanismi di trasporto, che redistribuiscono su scala regionale e globale specie chimiche, energia. Le attività osservative e di indagine su particolato e nubi afferiscono alla infrastruttura Europea ACTRIS, quelle sul ciclo del carbonio alla infrastruttura Europea ICOS.

una isola di piccole dimensioni, essenzialmente piatta, lontana da continenti, quindi su un fondo marino uniforme, con condizioni di cielo sereno molto frequenti, rende il sito ottimale per la verifica e la validazione delle osservazioni dallo spazio. Anche su questi aspetti sono attive linee di ricerca, grazie alla disponibilità di una ottima caratterizzazione sia dell'oceano che dell'atmosfera, fondamentale per la cosiddetta "correzione atmosferica" delle misure dallo spazio.

**In aggiunta agli studi svolti da ENEA, i dati di Lampedusa sono disponibili a tutta la comunità scientifica attraverso banche dati internazionali.** A dimostrazione dell'importanza scientifica del sito e dei dati raccolti, abbiamo censito oltre 230 articoli scientifici

internazionali con revisione (ma di molti studi non si ha notizia) nei quali sono utilizzate le misure dell'Osservatorio ENEA di Lampedusa. L'Osservatorio ospita inoltre strumenti di altre istituzioni (ad es. CNR e di varie Università) che contribuiscono agli studi sul clima.

Negli ultimi anni l'Osservatorio Climatico è diventato anche sede di ulteriori attività di ricerca, sia condotte da ENEA sul risparmio energetico e su sistemi di accumulo di energia da fotovoltaico, sia da altre Istituzioni (ad es. un sismografo della rete nazionale ed una antenna per misure di scintillazioni ionosferiche dell'INGV). **Lampedusa è quindi una infrastruttura di ricerca di una comunità scientifica allargata, situata in una posizione**

**particolarmente rilevante per vari settori disciplinari.**

Gli sviluppi futuri dell'Osservatorio rimangono legati alla necessità di mantenere nel tempo osservazioni integrate tracciabili di alta qualità per lo studio del clima. Nei prossimi mesi verrà completata la realizzazione di un sito per la misura degli scambi di  $CO_2$  tra vegetazione ed atmosfera; con l'aggiunta di questo sistema Lampedusa sarà l'unico sito della rete ICOS a coprire tutti e tre i comparti (atmosfera, oceano, vegetazione) ed a fornire un quadro completo degli scambi e degli equilibri in corso.

**I dati raccolti a Lampedusa sono necessari per controllare l'evoluzione del clima della terra e delle sue variabili; per verificare se e come le**

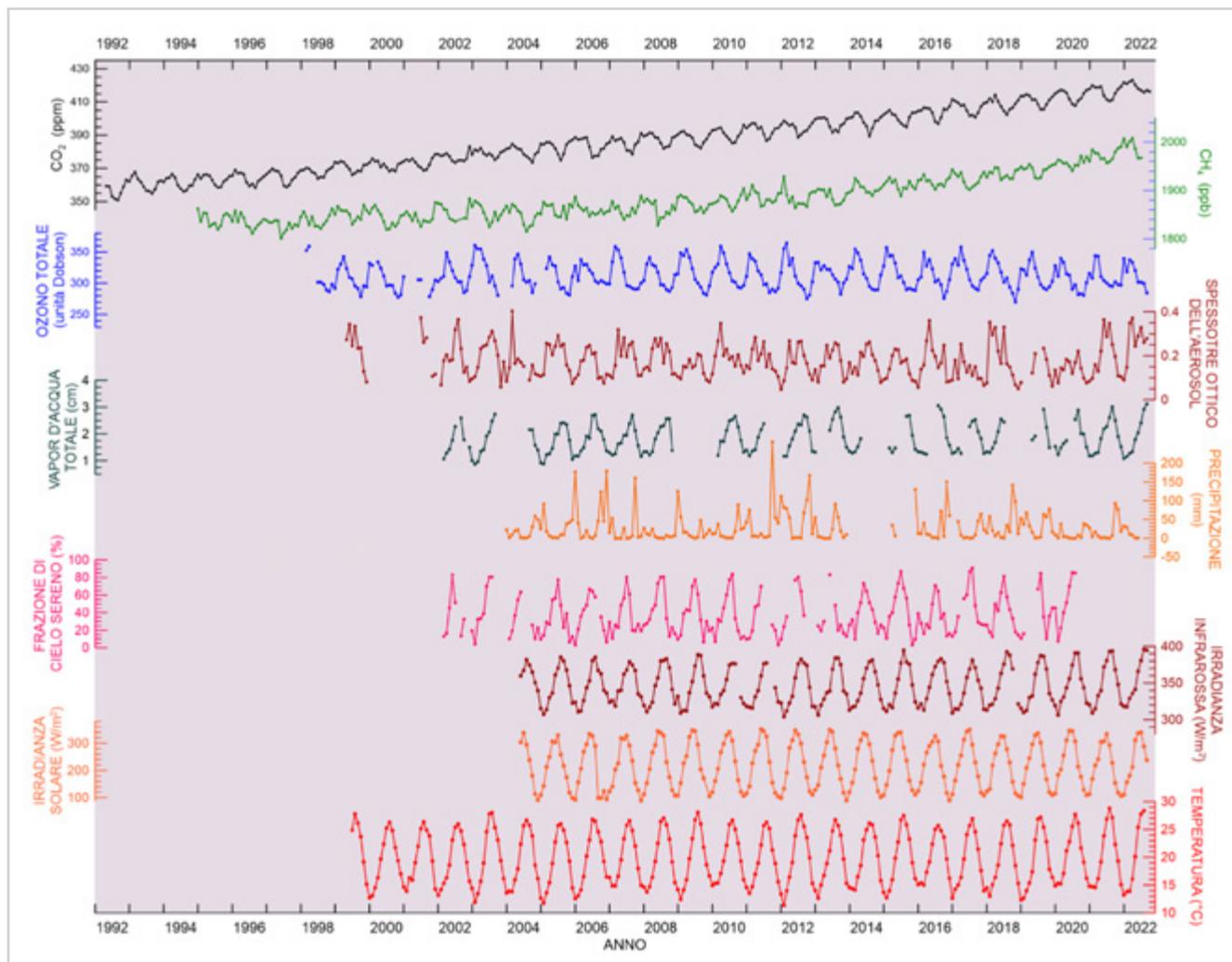


Figura 3. Serie temporale della media mensile di alcuni dei parametri osservati a Lampedusa nel periodo 1992-2022. Si nota la crescita rapidissima di CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>, i principali gas ad effetto serra influenzati dalle attività antropiche. L'incremento di questi gas, insieme alle variazioni di vapor d'acqua, delle nubi, di ozono, della temperatura dell'atmosfera e della superficie, influenzano il bilancio della radiazione infrarossa; le variazioni di nubi, particolato, ozono ed altri gas, e delle caratteristiche della superficie influenzano il bilancio della radiazione solare. La temperatura dell'aria vicino alla superficie è il risultato del bilancio della radiazione e degli scambi turbolenti ed il trasporto. Alcune delle variazioni che compaiono nel grafico sono dovute a processi naturali, anche se interazioni indirette possono modificarli. La crescita di CO<sub>2</sub> è totalmente ascrivibile alle attività umane, mentre quella del metano è il risultato di contributi naturali ed antropici.

politiche di riduzione delle emissioni vengano implementate, e per capire come il sistema climatico, con le sue complessità, risponde. A livello nazionale, le misure dei gas serra e dei parametri climatici sono un mezzo per verificare l'attuazione delle poli-

tiche di mitigazione ed adattamento ai cambiamenti del clima, ed in particolare del Piano Nazionale Energia e Clima (PNIEC), della Strategia di lungo termine per la riduzione delle emissioni dei gas a effetto serra (LTS), e degli aspetti legati alla transizione

ecologica compresi nel PNRR. Queste politiche sono fondamentali per una gestione sostenibile e consapevole delle transizioni che è necessario operare in questo periodo critico della storia umana sulla terra.

Per info: [alcide.disarra@enea.it](mailto:alcide.disarra@enea.it)



#### Riferimenti

1. P. Chamard, F. Thiery, A. di Sarra, L. Ciattaglia, L. De Silvestri, P. Grigioni, F. Monteleone, and S. Piacentino (2003), “Interannual variability of atmospheric CO<sub>2</sub> in the Mediterranean: Measurements at the island of Lampedusa”, *Tellus*, 55B, 83-93.
2. D. Meloni, D., A. di Sarra, G. Brogniez, C. Denjean, L. De Silvestri, T. Di Iorio, P. Formenti, J. L. Gómez-Amo, J. Gröbner, N. Kouremeti, G. Liuzzi, M. Mallet, G. Pace, and D. M. Sferlazzo (2018), “Determining the infrared radiative effects of Saharan dust: a radiative transfer modelling study based on vertically resolved measurements at Lampedusa”, *Atmos. Chem. Phys.*, 18, 4377–4401.
3. A. di Sarra, C. Bommarito, F. Anello, T. Di Iorio, D. Meloni, F. Monteleone, G. Pace, S. Piacentino, and D. Sferlazzo (2019), “Assessing the quality of shortwave and longwave radiation observations over the ocean: one year of high time resolution measurements at the Lampedusa Oceanographic Observatory”, *J. Atmos. Ocean. Technol.*, 36, 2383-2400.
4. M. Mallet, F. Dulac, P. Formenti, P. Nabat, J. Sciare, G. Roberts, J. Pelon, G. Ancellet, D. Tanré, F. Parol, A. di Sarra, L. Alados, J. Arndt, F. Auriol, L. Blarel, T. Bourriane, G. Brogniez, P. Chazette, S. Chevaillier, M. Claeys, B. D’Anna, C. Denjean, Y. Derimian, K. Desboeufs, T. Di Iorio, J.-F. Doussin, P. Durand, A. Féron, E. Freney, C. Gaimoz, P. Goloub, J. L. Gómez-Amo, M.-J. Granados-Muñoz, N. Grand, E. Hamonou, I. Jankowiak, M. Jeannot, J.-F. Léon, M. Maillé, S. Mailler, D. Meloni, L. Menut, G. Momboisse, J. Nicolas, T. Podvin, V. Pont, G. Rea, J.-B. Renard, L. Roblou, K. Schepanski, A. Schwarzenboeck, K. Sellegri, M. Sicard, F. Solmon, S. Somot, B. Torres, J. Totems, S. Triquet, N. Verdier, C. Verwaerde, J. Wenger, and P. Zapf (2016), “Overview of the Chemistry-Aerosol Mediterranean Experiment/Aerosol Direct Radiative Forcing on the Mediterranean Climate (ChArMEx/ADRIMED) summer 2013 campaign”, *Atmos. Chem. Phys.*, 16, 455-504.
5. S. Marullo, J. Pitarch, M. Bellacicco, A. G. di Sarra, D. Meloni, F. Monteleone, D. Sferlazzo, V. Artale, and R. Santoleri (2021), “Air-sea interaction in the central Mediterranean Sea: assessment of reanalysis and satellite observations”, *Remote Sens.*, 2021, 13, 2188. <https://doi.org/10.3390/rs13112188>, 2021
6. V. Ciardini, G.M. Contessa, R. Falsaperla, J. L. Gómez-Amo, D. Meloni, F. Monteleone, G. Pace, S. Piacentino, D. Sferlazzo, and A. di Sarra (2016), “Global and Mediterranean climate change: a short summary”, *Annali Ist. Super. Sanità*, 52, 325-337.