



UNIVERSITÀ DI PISA

Corso di Laurea in Informatica Umanistica
Relazione

**Datajournalism un ponte tra scienza e media:
Il caso del cambiamento climatico**

Candidato: Diego Sartorio

Relatore: Andrea Marchetti

Correlatore: Enrica Salvatori

Anno Accademico 2016-2017

INDICE

1 - Introduzione.....	3
1.1 - Data Journalism.....	6
1.2 - Ruolo dei Big-data nell'informazione di massa.....	8
1.3 - Data visualization.....	9
1.4 - Grafica d'informazione e report statistici.....	10
1.5 - Utilizzo di Database e DBMS.....	12
1.6 - Linguaggi.....	14
1.7 - Applicazioni web e librerie.....	18
1.8 - Raccolta dati.....	20
2 - Cambiamento Climatico come ciclo naturale.....	21
2.1 - Apporto energetico e feedback.....	22
2.2 - Soluzioni Adottate.....	25
Bibliografia.....	29
3 - Ruolo dell'uomo sul cambiamento climatico.....	31
3.1 - Origine dei gas serra.....	33
3.2 - Il surriscaldamento globale.....	34
3.3 - Ozonosfera e ghiacciai.....	38
3.4 - CFC: Ozono e temperature.....	43
Bibliografia.....	47

4 - Cambiamento climatico e i mari.....	50
4.1 - Il ciclo della CO2 e l'acidificazione dei mari.....	51
Bibliografia.....	56
5 - Conclusione.....	57
Bibliografia.....	62

1 - Introduzione

Dal XXI secolo, grazie all'avvento del Web, abbiamo accesso a una quantità sterminata di informazioni non facilmente selezionabili. I mass media tradizionali, tv, cinema, radio e giornali, hanno – ciascuno nel suo campo – potenzialità e limiti. Relativamente al tema dell'inquinamento ambientale e dei danni che questo provoca alla salute, si è assistito in passato a episodi di grave influenza sui mass media dei poteri forti. Un esempio noto del fenomeno fu la censura operata sulle notizie relative alla nocività del “piombo tetraetile”, presente nel carburante e in altri oggetti di uso comune che, essendo liposolubile, a contatto con la pelle umana si scioglie entrando nell'organismo.

L'Industria delle vernici all'inizio del '900 utilizzò la nascente industria pubblicitaria per convincere il consumatore che il piombo presente negli oggetti mostrati non fosse nocivo per i bambini (Immagine 1.1).



Immagine 1.1: Campagna pubblicitaria dell'Industria “Dutch Boy Paint”

Parallelamente l'autoritevolezza degli scienziati venne utilizzata per nascondere

un rischio sanitario e ambientale. Robert A. Kehoe¹, noto tossicologo americano, venne ingaggiato dalla General Motors per dare una veste innocua al piombo, facendolo passare per non nocivo anche se nelle fabbriche della Ethyl Corporation, DuPont, e Standard Oil ci furono 17 morti per avvelenamento nel 1920. Grazie al rapporto scritto da Kehoe sul piombo si tacque su esso per circa quaranta anni².

L'American Petroleum Institute finanziò gli studi riguardo il piombo al geochimico Clair Cameron Patterson il quale scoprì l'alta concentrazione di piombo negli oceani a basse profondità. Notando che nelle profondità oceaniche il livello di piombo era pressoché nullo, capì che l'inquinamento rilevato a diverse altitudini doveva essere stato causato di recente, altrimenti la concentrazione di piombo sarebbe stata più omogenea. Scoprì così che l'inquinamento era dovuto alle emissioni dell'industria petrolifera. Scrisse così una tesi sulla rivista "Science" e i suoi finanziatori cercarono di farlo licenziare dalla California Institute of Technology facendolo passare per un ciarlatano, ma il Governo, la Marina Militare e la International Science Foundation non lo lasciarono solo, continuando a finanziare i suoi studi³.

Edmund Muskie, capo commissione sull'inquinamento dell'aria e dell'acqua, nel 1966 tenne delle udienze sulla questione del piombo dopo aver letto i testi di Patterson. Convocò quindi sia Patterson che Kehoe per approfondire la questione. Kehoe sostenne che non ci fosse nessun pericolo e che non ci fosse nessun dato che potesse confutare la pericolosità del piombo nell'organismo, ma parallelamente Patterson, attraverso dati da lui raccolti, dimostrò la relazione tra aumento di piombo nell'atmosfera e concentrazione di piombo nell'organismo

¹ Pagina Wikipedia per Robert A. Kehoe https://en.wikipedia.org/wiki/Robert_A._Kehoe

² The Removal of Lead from Gasoline: Historical and Personal Reflections, Herbert L. Needleman, June 28, 1999 https://www.unc.edu/courses/2009fall/envr/230/001/Needleman_2000.pdf

³ Citazione del documentario del astrofisico Neil Degrasse Tyson - Cosmos: A Spacetime Odyssey

umano dovuto all'inquinamento atmosferico. Qui subentra il problema. Entrambi avevano ragione. I livelli di piombo rilevati nell'organismo non erano così pericolosi ma un continuo rilascio di questo elemento nell'atmosfera avrebbe contaminato qualsiasi essere vivente e quindi ogni alimento da noi consumato. Dopo 20 anni di dibattiti, il piombo venne bandito in America e i dati dimostrano un calo di concentrazione di piombo nel sangue (grafico 1.1).

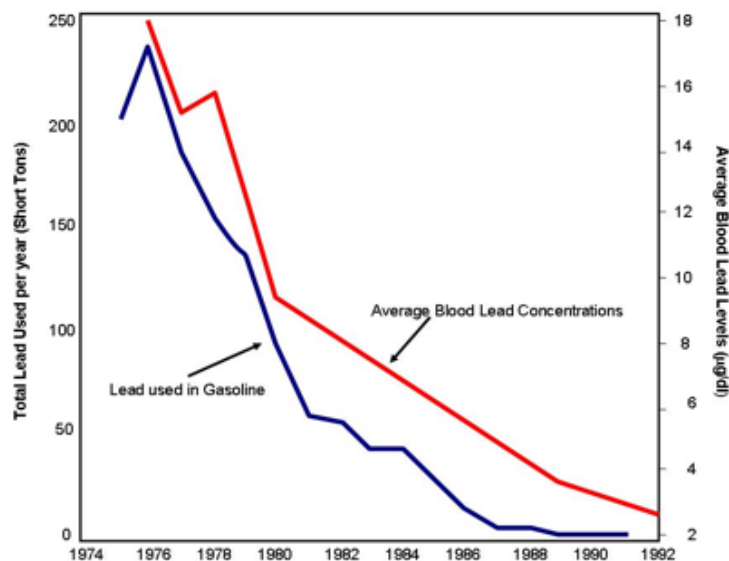


Grafico 1.1: Concentrazione di piombo nel carburante (blu) in relazione alla concentrazione di piombo nel sangue (rosso).

Ad oggi il piombo non è più un argomento di cronaca rilevante, pur essendoci ancora problemi legati ad esso. Ma il surriscaldamento globale lo è, come lo è il cambiamento climatico. E come allora, le comunità scientifiche e giornalistiche sono divise tra scettici, fraudolenti, negazionisti ed altri.

L'uomo anche stavolta è causa, in parte, dei problemi atmosferici studiati, non c'è dubbio. In quest'ambito la notizia più divulgata è l'incremento della CO₂ nell'atmosfera che causa un aumento delle temperature e quindi lo scioglimento dei ghiacciai con conseguente innalzamento degli oceani. Il problema mediatico

sta nel fatto che viene divulgato un problema ristretto, locale, piuttosto che studiare il complesso dei problemi che provocano il cambiamento climatico. Quest'ultimo è un approccio prettamente scientifico che non è del tutto covalente con il giornalismo, spesso improntato sui singoli eventi.

Il mondo digitale e l'accesso vasto all'informazione che consente ha però oggi profondamente mutato le considerazioni rispetto alla questione del piombo tetraetile che è stata sinteticamente riportata. E' possibile fare un diverso giornalismo sfruttando appieno i complessi dati che il mondo della scienza e le istituzioni e gli enti producono

Nella tesi qui proposta viene dunque utilizzato il metodo del datajournalism, al problema del cambiamento climatico cercando di capire come si dovrebbe procedere all'utilizzo dei dati scientifici e dei grafici sui diversi elementi del problema.

1.1 - Data Journalism

Con Data Journalism o giornalismo di precisione (in inglese: computer-assisted reporting, data driven journalism o database journalism, abbreviato in data journalism) si intendono quelle inchieste o quei lavori di approfondimento realizzati con gli strumenti della matematica, della statistica e delle scienze sociali e comportamentali, che sono applicate alla pratica del giornalismo. Tra gli strumenti più diffusi del data journalism troviamo i sondaggi, fogli di calcolo, documenti utili alla ricostruzione di un fatto e grafici per mostrare i risultati ottenuti dall'indagine.

Questo tipo di giornalismo offre numerosi benefici, legati soprattutto allo

sviluppo di tutte le tecnologie internet in continua espansione. Importanti sono state le innovazioni nel campo dell'interattività con chi usufruisce di questo tipo di informazione, potenziata dai mezzi di rappresentazione grafica dei dati, e soprattutto nella divulgazione di banche dati pubbliche (Open data) ad opera di sempre più numerosi enti, che, oltre alla pubblicazione dei risultati di dati e analisi statistiche, rendono fruibili a tutti enormi quantità di dati che possono essere impiegati per i più disparati scopi.

Nel mondo anglosassone, con il termine data journalism ci si riferisce sia ai tipi di inchieste giornalistiche che sono portate avanti con il rigore del metodo scientifico, sia a quelle che semplicemente richiedono un computer per accedere a grandi quantità di dati e il suo potere di calcolo per selezionare e poi confrontare le informazioni d'interesse.

Questo modo di fare giornalismo prende nome solo nel 1969 con la prima edizione del libro di Philip Meyer: Precision Journalism.

Tuttavia questo filone giornalistico fin dalla sua teorizzazione nel libro dell'autore statunitense viene generalmente chiamato negli Stati Uniti computer-assisted reporting e in qualche caso database journalism, anche se con quest'ultimo termine si tende soprattutto a porre l'attenzione sulle differenze in fase di ricerca delle notizie negli archivi.

Vi sono due importanti distinzioni da fare in base al tipo di supporto che si riceve dal mezzo informatico:

1. Computer-assisted reporting (CAR) - Oggi il termine si riferisce a ogni parte del processo di stesura di un articolo che comprenda l'uso di un computer: dalla ricerca di informazioni all'invio di email per effettuare sondaggi e ricerche.

2. Data-driven journalism - è quella branca, che si basa sull'utilizzo particolare di grandissime banche dati e di software per la loro analisi, oltre che sull'uso di programmi per il confronto, l'analisi e la visualizzazione dei dati.

1.2 - Ruolo dei big-data nell'informazione di massa

In uno scenario nel quale la digitalizzazione dei dati è ancora troppo spesso percepita come un sistema non ancora sufficientemente sfruttato dai media, l'utilizzo e la creazione di dati open source si profila come una grande occasione sia per l'informazione che per la democrazia, perché, oltre a creare nuovi strumenti di lavoro per i giornalisti, sta spingendo a nuove dinamiche collaborative con e tra i lettori, aumentando il coinvolgimento della società civile e la trasparenza delle fonti.

In Italia non ci sono, purtroppo, repository di dati pubblici altrettanto ricchi come il data.gov statunitense e il data.gov.uk britannico e norme che garantiscono l'accesso ai dati pubblici. Infatti, anche sotto l'aspetto giuridico, l'utilizzo e la diffusione di dati da parte di enti pubblici sono ancora molto limitati rispetto a ciò che permette il diritto britannico e statunitense.

I tool per il data journalism comprendono strumenti informatici utili per la raccolta dei dati in rete anche attraverso lo scraping (l'estrazione di dati da pagine web e documenti elettronici), la conversione di file da immagini o pdf in formati elaborabili come csv e xls, ma anche API (Application Programming

Interface), insiemi di procedure che permettono ai software di comunicare tra loro e software open source come Ruby e Python che permettono l'elaborazione, l'analisi statistica e l'uso di applicazioni ad hoc per la visualizzazione dei dati.

1.3 - Data visualization

Per Data visualization si intende la creazione e lo studio della rappresentazione visiva dei dati ed è equiparata in molti casi allo studio delle tecniche di comunicazione visiva.

Un obiettivo della visualizzazione dei dati è quello di comunicare informazioni in modo chiaro ed efficiente tramite grafici statistici e infografiche.

I dati numerici possono essere codificati usando punti, linee o barre per comunicare visivamente un messaggio quantitativo in modo rapido ed efficace, che consente agli utenti di analizzare dati e prove in maniera più intuitiva e rende i dati complessi più accessibili e comprensibili.

Gli utenti possono svolgere particolari compiti di analisi, come la realizzazione di confronti o lo studio della casualità dei dati.

La visualizzazione dei dati è approcciata sia come un'arte che come una scienza; vista come una branca della statistica descrittiva da parte di alcuni, ma anche come uno strumento di sviluppo teorico ormai fondamentale da altri.

La velocità alla quale dati vengono generati è aumentata e cresce

esponenzialmente col passare del tempo e dello sviluppo delle tecnologie che li raccolgono.

I dati creati dall'uso di internet e un numero sempre maggiore di sensori per misurazioni ambientali, ormai ampiamente diffusi, sono indicati come maggiori accrescitori di quelli che vengono definiti "Big Data".

L'elaborazione, l'analisi e la comunicazione di questi dati presentano una molteplicità di sfide etiche e analitiche che interessano e influenzano la Data visualization.

1.4 - Grafica di informazione e report statistici

La visualizzazione dei dati è strettamente legato alla grafica di informazione, alla visualizzazione scientifica o delle informazioni e all'analisi esplorativa dei dati statistici. Nel nuovo millennio, la visualizzazione dei dati è diventata un'area attiva di ricerca, insegnamento e sviluppo.

Per trasmettere in modo efficace le idee, sia la forma estetica che la funzionalità devono andare di pari passo, fornendo mezzi di approfondimento dei dati che spesso sono piuttosto radi e complessi, comunicando gli aspetti chiave in un modo più intuitivo.

Tuttavia, i progettisti spesso non riescono a raggiungere un equilibrio tra forma e funzione, creando splendide visualizzazioni di dati che non riescono a soddisfare il loro scopo principale.

Il professor Edward Tufte nel suo libro del 1983, *The Visual Display of*

Quantitative Information, definisce i principi per una disposizione grafica efficace con le seguenti regole alle quali dovrebbero sottostare i grafici progettisti:

- Mostrare sempre i dati;
- Indurre lo spettatore a riflettere sulla sostanza piuttosto che sulla metodologia, la progettazione grafica, la tecnologia di produzione o altro;
- Evitare di distorcere ciò che i dati rappresentano;
- Creare grandi raccolte di dati con coerenza;
- Incoraggiare l'occhio a comparare porzioni differenti di dati;
- Mostrare diversi livelli di dettaglio dei tuoi dati;
- Fornire uno scopo chiaro: descrizione, esplorazione, tabulazione o decorazione;
- Integrare i tuoi dati statistici con descrizioni verbali coerenti;

I grafici devono rivelare quelli che sono i calcoli statistici convenzionali applicati ai numeri durante il normale processo di analisi.

La mancata applicazione di questi principi può far risultare i grafici fuorvianti, che distorcono il messaggio o supportano conclusioni errate.

1.5 - Utilizzo di Database e DBMS

Per database si intende una collezione di dati organizzati e strutturati mediante schemi efficaci ed efficienti. Nascono dall'esigenza di gestire in maniera integrata e flessibile le informazioni, limitando i rischi di ridondanze e incoerenze.

Possono essere descritti come archivi che si basano su tecniche di modellazione e di gestione che facilitano agli utenti le interazioni con i dati con i quali andranno a lavorare.

Le caratteristiche fondamentali delle basi di dati sono:

- la grandezza, in quanto una base di dati può avere dimensioni maggiori della memoria centrale, prevedendo una eventuale memoria secondaria. Possono esistere basi di dati relativamente piccole, ma i sistemi di gestione devono permetterne la crescita, senza porre limiti che non siano causati dalle dimensioni fisiche dei dispositivi;
- la condivisione, che si basa sulla possibilità di accesso a dati comuni da parte di più utenti, così da eliminare la ridondanza e la produzione di inconsistenze;
- la persistenza, in quanto la loro esistenza non dipende dalla durata di esecuzione del programma che lo utilizza.

I software per la gestione dei database sono indicati con il termine DBMS, acronimo di DataBase Management System.

Un sistema di gestione di basi di dati è un sistema software in grado di gestire collezioni di dati che siano grandi, condivise e persistenti, assicurando la loro

affidabilità e privacy.

Devono quindi avere le seguenti caratteristiche:

- garantiscono la privacy, ovvero ogni utente viene riconosciuto prima di poter eseguire azioni sui dati, in base a determinati meccanismi di autenticazione;
- garantiscono l'affidabilità, ovvero la capacità di conservare i contenuti nel caso di malfunzionamenti hardware o software;
- garantiscono la consistenza, ovvero i dati devono essere significativi e utilizzabili dalle varie applicazioni;
- sono efficienti, caratteristica che dipende dalle tecniche con cui viene implementato il DBMS e dalla bontà della progettazione della base di dati;
- sono efficaci, perché rendono produttive le attività che l'utente svolge con il loro ausilio.

L'architettura del DBMS si articola su tre livelli, a ognuno dei quali corrisponde uno schema:

- schema logico, che descrive la base di dati, basandosi sul modello logico adottato;
- schema interno, che costituisce la rappresentazione dello schema logico avvalendosi di strutture fisiche di memorizzazione;
- schema esterno, che può prevedere delle organizzazioni dei dati diverse da quelle dello schema logico.
- La distribuzione su più livelli è il meccanismo fondamentale che

permette ai DBMS di garantire l'indipendenza dei dati, distinta in fisica e logica:

- indipendenza fisica, permette l'interazione ad alto livello con il DBMS senza influire sulle descrizioni dei dati, lasciando invariata la struttura fisica;
- indipendenza logica, permette l'interazione con il livello esterno della base di dati senza alterare il livello logico.

Per poter gestire i dati, i DBMS si avvalgono di differenti tipologie di linguaggio:

- Data Definition Language, linguaggi di definizione dei dati, con cui i DBMS definiscono gli schemi e le autorizzazioni;
- Data Manipulation Language, linguaggi di manipolazione dei dati, con cui vengono interrogate e aggiornate le istanze delle tabelle;
- Query Language, con cui è possibile estrarre informazioni dal database mediante l'uso di un linguaggio standardizzato facile da apprendere.

1.6 - Linguaggi

Il progetto su cui si concentra questa relazione è stato sviluppato utilizzando i seguenti linguaggi:

- HTML;
- CSS;
- JavaScript;

- jQuery;
- PHP;
- SQL.

HTML

acronimo di HyperText Markup Language è il linguaggio di markup solitamente usato per la formattazione e impaginazione di documenti ipertestuali.

HTML ha come scopo quello di gestire i contenuti, specificandone allo stesso tempo la struttura grafica all'interno della pagina web da realizzare grazie all'utilizzo di tag diversificati.

Ogni tag (es. `<h1>` o `<p>`) specifica un ruolo dei contenuti che esso contrassegna (`<h1>` definirà le intestazioni mentre `<p>` i paragrafi).

I browser che leggono il codice mostrano all'utente formattazioni predefinite per ogni tag che incontrano.

Queste specifiche di formattazione possono essere tuttavia modificate dallo sviluppatore grazie all'utilizzo del CSS.

CSS

acronimo di Cascading Style Sheets è un linguaggio usato per definire la formattazione di documenti HTML, XHTML e XML.

Gli elementi presenti in un foglio di stile CSS sono strutturati secondo lo schema:


```
selettore{
    proprietà:valore;
};
```

I selettori possono essere:

- di tipo (ad esempio “body” o “h1”);
- di classe (come “.classe_1”);
- di identificatore (“#nome_identificatore”);
- di pseudo-classe (“p:first-child”);
- di pseudo-elementi (“p:first-line”);
- di gerarchia (“div > p”);
- di attributo (“a[title=Titolo]”).

JavaScript

è un linguaggio di scripting orientato agli oggetti e agli eventi, comunemente utilizzato nella programmazione Web lato client per la creazione di effetti dinamici interattivi tramite funzioni di script invocate da eventi innescati dall'utente che naviga sulla pagina.

PHP

acronimo ricorsivo di PHP: Hypertext Preprocessor è un linguaggio di scripting interpretato, originariamente concepito per la programmazione di pagine web dinamiche.

Uno dei principali utilizzi del PHP è quello di interfacciarsi con i database, attraverso l'inserzione di stringhe SQL.

SQL

acronimo di Structured Query Language creato per l'interrogazione e modifica di database.

I principali comandi con cui interagire con un database sono:

- SELECT: per estrarre i dati;
- INSERT: per inserire nuovi dati;
- UPDATE: per aggiornare i dati;
- DELETE: per eliminare dati.

I principali elementi di sintassi sono:

- FROM: a seguito del quale specificare il nome della tabella su cui effettuare l'interrogazione o modifica (utilizzato dai comandi SELECT e DELETE);
- WHERE: per specificare eventuali vincoli sui campi delle tabelle così da affinare l'interrogazione o selezione del record da modificare (utilizzato dai comandi SELECT, UPDATE e DELETE);
- INTO e VALUES: elementi del comando INSERT, per specificare rispettivamente la tabella (e i rispettivi campi) in cui inserire i dati e i valori che questi dovranno assumere;
- SET: elemento del comando UPDATE, a seguito del quale specificare quali valori devono assumere i campi da modificare.

SQL utilizza operatori che possono essere:

- di assegnazione;
- di confronto;
- stringa;
- aritmetici;
- condizionali;
- logici;
- tra bit.

1.7 - Applicazioni web e librerie

Nello sviluppo del progetto sono stati utilizzati alcune applicazioni web e librerie JavaScript.

phpMyAdmin

E' un'applicazione web scritta in PHP grazie alla quale è possibile gestire un database MySQL tramite browser: possiamo infatti creare, modificare, cancellare intere tabelle o singoli record.

In phpMyAdmin vi è la possibilità di importare database, in vari formati, tra cui CSV, SQL e XML.

jQuery

E' una libreria JavaScript per applicazioni web. Nasce con l'obiettivo di semplificare la selezione, la manipolazione, la gestione degli eventi e

l'animazione di elementi DOM in pagine HTML, nonché implementare funzionalità AJAX.

jQuery offre una vasta gamma di funzionalità, tra le quali ricordiamo:

- inserire o eliminare elementi nelle pagine HTML;
- manipolare lo stile degli elementi;
- gestire gli eventi (come ad esempio “.click”);
- aggiungere o modificare gli attributi degli elementi;
- gestire le chiamate asincrone grazie agli eventi AJAX o

l'interazione con file JavaScript per caricare un oggetto JSON. La selezione di un elemento HTML può avvenire in base al suo id (#id_elemento), alla classe di appartenenza (.classe), al valore di un attributo ([value = “val”]), ad una pseudo-classe (:first) e alla gerarchia degli elementi (sibling).

Highcharts

è una libreria scritta in puro javascript che offre una facile implementazione di grafici interattivi all'interno della propria applicazione web.

Highcharts offre un'ampia varietà di grafici. Come per esempio:

- grafici a linee;
- grafici a spline;
- grafici ad area;
- grafici a barre;
- grafici a torta;
- grafici a bolle;

Altre caratteristiche di questa libreria sono:

- **Compatibilità:** funziona con tutti i moderni browser, sia in versione desktop che mobile.
- **Codice aperto:** permette di scaricare il codice sorgente e applicare le proprie modifiche, per qualsiasi tipo di licenza utilizzata.
- **Stampa ed esportazione:** gli utenti possono stampare o esportare i grafici in un click e nei formati più conosciuti come PDF, PNG, JPG o SVG.
- **Caricamento di dati esterni:** i dati possono essere definiti nella configurazione locale, in file separati o persino in siti diversi da quello di destinazione.

I prerequisiti essenziali per l'utilizzo di questa libreria comprendono: conoscenza di base di JavaScript, HTML, CSS e qualsiasi editor di testo.

1.8 - Raccolta dati

Per la raccolta dati sono state prima studiate le banche dati dei principali enti di statistica e fornitori di dati open nazionali come ISTAT e LaMMA. Ma i dati nazionali e regionali non erano sufficientemente esaurienti in quanto prendevano in analisi un'area troppo ristretta, per cui sono passato alla raccolta di dati provenienti dagli Stati Uniti d'America ed Europa, i quali hanno enti governativi come l'ESA (European Space Agency) , NASA (North America Space Agency) , NSIDC (National Snow and Ice Data Center), NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) e molti altri.

Una volta raccolti i dati e adattati come documenti CSV, sono passato alla loro

visualizzazione per mezzo di Highcharts interfacciato attraverso il linguaggio di programmazione PHP il quale raccoglie i dati dal database MySQL.

2 - Cambiamento Climatico Come Ciclo Naturale

Il tempo o *tempo atmosferico* rappresenta l'insieme dei fenomeni che avvengono nell'atmosfera in un tempo relativamente breve a varie scale spaziali.⁴ Più in generale, con il termine "tempo" ci si riferisce all'andamento dei parametri atmosferici tipici quali temperatura, nuvolosità, insolazione, umidità, precipitazioni e venti⁵.

Il *clima* per definizione è lo stato medio del tempo atmosferico studiando varie scale spaziali come locale, nazionale, continentale e così via, rilevato in un arco di tempo relativamente lungo che oscilla da alcuni mesi a milioni di anni⁶.

Il clima si evolve nel tempo attraverso dinamiche interne, cioè processi naturali quali il ciclo della CO₂ oppure la creazione di nuvole, e dinamiche esterne come la radiazione solare, eruzioni vulcaniche oppure tramite processi indotti dagli umani che cambiano la composizione dell'atmosfera, come l'inquinamento. Esistono tre modi per i quali il bilanciamento radiativo⁷ (Fig 2.1) può essere sconvolto, tra cui:

1- Un'alterazione delle radiazioni solari che arrivano alla Terra, che possono verificarsi ad esempio attraverso un cambio della nostra orbita (Milankovitch

⁴ Definizione di Wikipedia per "Meteorologia": [https://it.wikipedia.org/wiki/Tempo_\(meteorologia\)](https://it.wikipedia.org/wiki/Tempo_(meteorologia))

⁵ Definizione di Wikipedia per "Tempo (metereologia)": [https://it.wikipedia.org/wiki/Tempo_\(meteorologia\)](https://it.wikipedia.org/wiki/Tempo_(meteorologia))

⁶ Definizione di Wikipedia per "Clima": <https://it.wikipedia.org/wiki/Clima>

⁷ Bilancio tra la radiazione assorbita e quella rilasciata dalla Terra.

[http://www.treccani.it/enciclopedia/bilancio-radiativo_\(Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica\)/](http://www.treccani.it/enciclopedia/bilancio-radiativo_(Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica)/)

cycles⁸⁾

2- Un'alterazione delle radiazioni solari riflesse, per esempio dalle nuvole, dalla vegetazione e dalle particelle sospese.

3- Un'alterazione delle radiazioni a onda lunga⁹ riflesse dalla Terra cambiando la concentrazione dei gas serra.

2.1 - APPORTO ENERGETICO E FEEDBACK

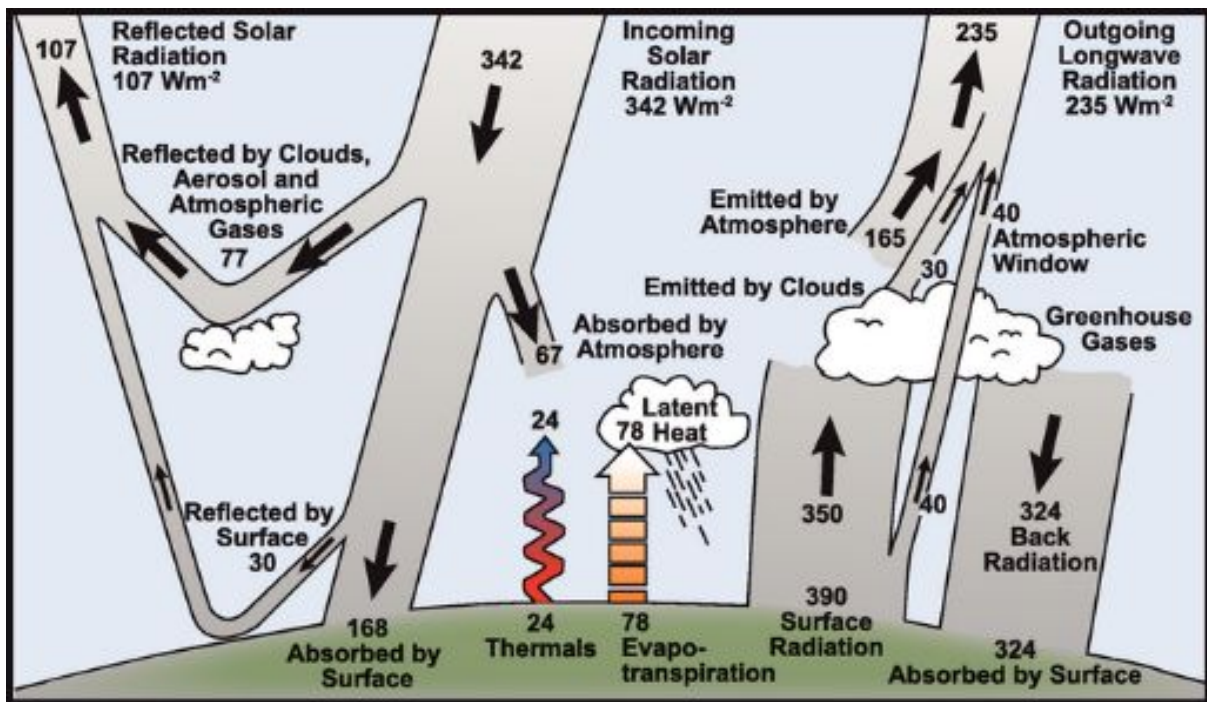


Fig. 2.1: Bilanciamento medio dell'energia della Terra annuale¹⁰

Le radiazioni solari entranti nell'atmosfera (Fig. 2.1) vengono in parte riflesse dalla superficie terrestre, quindi dalla vegetazione, neve, specchi d'acqua e

⁸ I cicli di Milanković sono gli effetti collettivi delle variazioni dei movimenti della Terra sul suo clima; https://en.wikipedia.org/wiki/Milankovitch_cycles

⁹ cioè il trasferimento radiativo, formato dall'insieme dei processi che avvengono nell'atmosfera e che determinano il trasferimento di radiazione dallo spazio alla superficie e viceversa

https://it.wikipedia.org/wiki/Trasferimento_radiativo

¹⁰Earth's Annual Global Mean Energy Budget Kiehl and Trenberth (1997)

http://climateknowledge.org/figures/Rood_Climate_Change_AOSS480_Documents/Kiehl_Trenberth_Radiative_Balance_BAMS_1997.pdf

strutture antropiche. Anche le particelle sospese nell'atmosfera riflettono le radiazioni solari, un esempio sono le polveri vulcaniche che possono anche persistere nell'atmosfera per lungo tempo fino a scendere nella troposfera e portate al suolo dalle precipitazioni. Parte dell'energia solare viene trattenuta dal suolo e dai mari, che rilasciano con il tempo l'energia collezionata trasferendola nell'atmosfera provocando fenomeni come il riscaldamento dell'aria a contatto con la superficie, l'evapotraspirazione, cioè la quantità d'acqua che passa dal terreno all'aria in forma di vapore¹¹ e attraverso le radiazioni a onde lunghe¹².

Notiamo nel grafico 2.1 che mediamente in un anno la Terra rilascia una quantità di energia pari a 235 Watt per metro quadro, che equivarrebbe all'energia che emanerebbe un corpo con temperatura di -19° Celsius, cioè pari alla temperatura della Terra a altitudini sopra i cinque chilometri. Ma la media della temperatura in un anno è pari a 14° Celsius. Questa temperatura è dovuta all'energia che viene respinta verso la superficie dai gas serra come l'anidride carbonica, vapore acqueo, metano e ossido di diazoto. Anche le nuvole producono lo stesso effetto dei gas serra ma in modo differente. Localmente si nota come le nuvole raffreddino le giornate perché coprono le radiazioni solari, ma durante la notte si comportano come una serra, riflettendo le radiazioni a onda lunga, riscaldando così l'aria. L'uomo inoltre ha contribuito immettendo nell'atmosfera grandi quantità di CO₂, portando così la concentrazione del biossido di carbonio agli stessi livelli dell'epoca del Pliocene dove le temperature erano più alte di oggi. Questo comporta un maggior ritorno delle radiazioni provenienti dalla Terra e quindi un ulteriore riscaldamento¹³.

¹¹ Definizione di Wikipedia per "Evapotraspirazione": <https://it.wikipedia.org/wiki/Evapotraspirazione>

¹² Definizione di Wikipedia per "Radiazione ad onda lunga"
https://en.wikipedia.org/wiki/Outgoing_longwave_radiation

¹³ Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007 Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/faq-1-1.html

Se ciò accade la Terra attua una regolazione del clima, che può portare ad eventi climatici più estremi, come l'aumento delle temperature, maggiori piogge e venti più forti (*positive feedback*), o che attua una regolazione che diminuisce gli effetti suddetti (*negative feedback*)¹⁴. (Fig. 2.2)

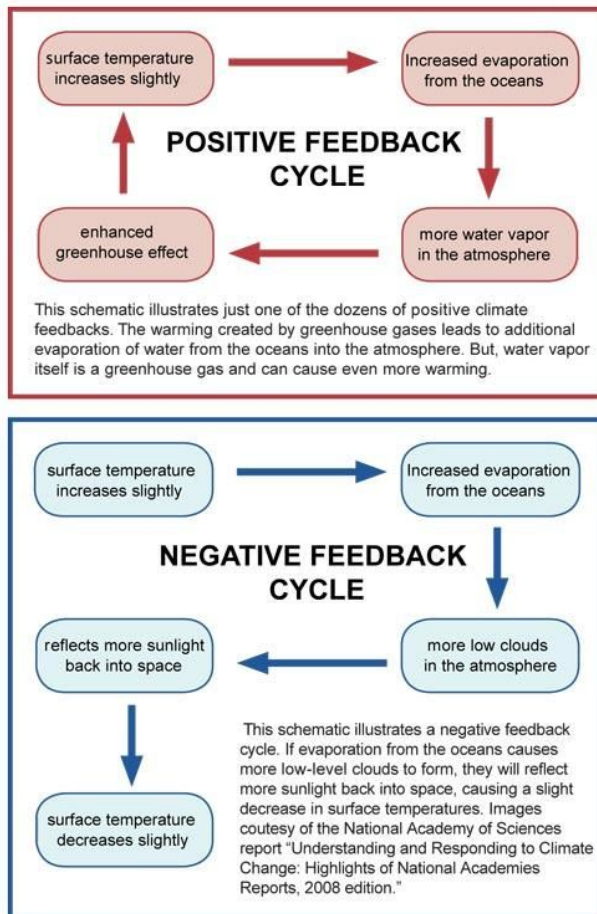


Fig.2.2: Infogrammi rappresentativi del positive e negative feedbacks¹⁵.

Un esempio di *positive feedback* nel surriscaldamento globale è l'aumento di vapore acqueo nell'atmosfera che provoca un ulteriore riscaldamento e eventi climatici più inclini alle catastrofi. Altro feedback positivo è l'*ice-albedo feedback* dove viene alterata la quantità di superficie bianca (*albedo*) come neve e ghiacciai. Questo comporta uno scioglimento più rapido, portando ad

¹⁴Definizione di Wikipedia per "feedback del cambiamento climatico": https://en.wikipedia.org/wiki/Climate_change_feedback

¹⁵University of Arizona, south-west climate change Network http://www.southwestclimatechange.org/figures/feedback_cycles

assorbire più energia solare grazie alle terre scoperte e quindi ad un'ulteriore innalzamento delle temperature¹⁶ che comporta lo scioglimento più rapido dei ghiacciai¹⁷.

Il *feedback negativo* viene illustrato con la legge di *Stefan-Boltzmann* dove si descrive la quantità di calore irradiato dalla Terra nello spazio, che cambia in relazione alla temperatura superficiale e atmosferica. Un esempio concreto sono le nuvole a bassa quota che riflettono la luce solare nello spazio raffreddando l'atmosfera (*feedback negativo*), aumentando così l'estensione dei ghiacciai (*albedo feedback*), mentre le nuvole ad alte altitudini riflettono le radiazioni provenienti dalla superficie terrestre riscaldandola, provocando così l'effetto opposto (*positive feedback*).

2.2 - Soluzioni adottate

Per poter precipitare al suolo il vapore acqueo nell'atmosfera necessita di particelle solide o liquide su cui potersi condensare. Queste particelle vengono chiamate nuclei di condensazione¹⁸ e costituiscono l'*aerosol*¹⁹.

Esempi di aerosol sono il biossido di zolfo creato dalle eruzioni vulcaniche, cristalli di sabbia desertica, cristalli salini oceanici oppure molecole rilasciate dagli alberi che fanno da nucleo di condensazione. Gli scienziati speculano che sia un modo utilizzato dagli alberi per creare un loro clima per regolare la quantità di sole e ombra²⁰.

Viene anche speculato che prima dell'era industriale la quantità di nuvole

¹⁶ Definizione di Wikipedia per "Ice-albedo feedback": https://en.wikipedia.org/wiki/Ice-albedo_feedback

¹⁷ Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007, http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch8s8-6-3-1.html

¹⁸ Definizione di Wikipedia per "Nucleo di condensazione": https://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_condensation_nuclei

¹⁹ Definizione di Wikipedia per "aerosol": <https://it.wikipedia.org/wiki/Aerosol>

²⁰ Cloud-seeding surprise could improve climate predictions. Nature International weekly journal of science, 25 Maggio 2016, Davide Castelvichi (podcast), <http://www.nature.com/news/cloud-seeding-surprise-could-improve-climate-predictions-1.19971>

nell'atmosfera fosse minore rispetto ad oggi. Questo perché la fuliggine creata dalle emissioni industriali facevano da nucleo di condensazione²¹.

La scoperta di questo fenomeno naturale ha portato all'ideazione di molti progetti per la gestione delle nuvole e controllo delle precipitazioni tramite la *geoingegneria*. Alcuni esempi:

- Con il progetto *Precipitation Enhancement Puglia* si vuole ottenere maggiori precipitazioni nella regione per migliorare il raccolto e fornire più acqua²².
- Il progetto americano *North Dakota Cloud Modification Project* (NDCMP)²³, come già intendeva fare il progetto *Skywater*²⁴, utilizza la tecnica di *cloud seeding* che consiste nell'irradiare ghiaccio secco e altri composti per aumentare le piogge e limitare i danni causati dalla grandine ai raccolti.
- In Cina invece si utilizza lo ioduro d'argento²⁵ per far condensare il vapore acqueo (Fig 2.3).

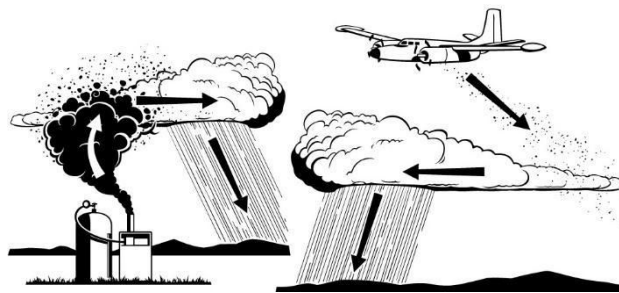


Fig. 2.3: Modi differenti per il Cloud Seeding: Irroramento (NDCMP), Generatori e Razzi(Cina)²⁶

²¹ Davide Castelvecchi, Nature podcast, 25 Maggio 2016

²² University Corporation for Atmospheric Research (UCAR) and the first director of the National Center for Atmospheric Research (NCAR), Precipitation Enhancement - Puglia, Italy

<http://www.ral.ucar.edu/projects/puglia/>

²³ State Water Commission & Office of the State Engineer, North Dakota Cloud Modification Project

<http://www.swc.state.nd.us/arb/ndcmp/>

²⁴ New Mexico Water Resources Research Institute, Project Skywater – A progress report, Archie M. Kahan

<http://www.wrri.nmsu.edu/publish/watcon/proc17/Kahan.pdf>

²⁵ Definizione di Wikipedia per "Ioduro di Argento": https://en.wikipedia.org/wiki/Silver_iodide

²⁶ Definizione di Wikipedia per "cloud seeding": https://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_seeding

Come riportato nella Fig. 2.4 si nota come gli aerosol immessi nell'atmosfera dall'uomo ebbero un effetto positivo sulla temperatura intorno gli anni

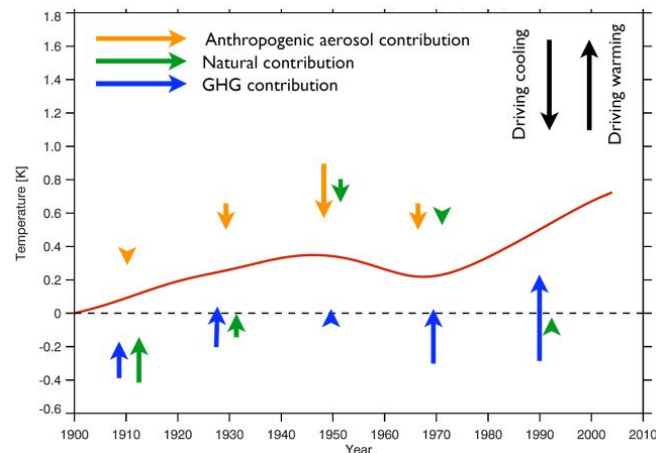


Fig 2.4: In giallo il contributo sulle temperature dovuto all'aerosol antropogenico, in verde il contributo naturale e in blu il contributo dei Gas Serra²⁷

1950 e 1970, periodo durante il quale vennero effettuati più esperimenti sulla modifica del clima²⁸.

Queste particelle, a differenza dei gas serra che creano un riscaldamento globale, si comportano come coperta termica su zone circoscritte aumentando l'albedo terrestre²⁹. Per questo l'emisfero settentrionale è più "schermato" dai raggi solari rispetto all'emisfero meridionale, perché più industrializzato³⁰. I solfati sono quindi causa del *global dimming*³¹, cioè l'oscuramento globale. I solfati che aumentano l'albedo terrestre contrastano il surriscaldamento dovuto ai gas serra (Fig. 2.5). Il loro contributo è di una radiazione negativa di 0.4

²⁷ National Centre for Atmospheric Science, The influence of man-made aerosol on global temperature over the last century

²⁸ WEATHER MODIFICATION, A.K.A CLOUD SEEDING, A TECHNOLOGY WHOSE TIME HAS COME, University of Arizona, 2010, <https://wrrc.arizona.edu/awr/sp10/clouds>

²⁹ Definizione di Wikipedia per "effetto Twomey": https://it.wikipedia.org/wiki/Effetto_Twomey

³⁰ Nasa, Atmospheric Aerosols: What Are They, and Why Are They So Important?, 1 Agosto 1996 <https://www.nasa.gov/centers/langley/news/factsheets/Aerosols.html>

³¹ Definizione di Wikipedia per "Oscuramento globale": https://it.wikipedia.org/wiki/Oscuramento_globale

W/m^2 a fronte dei $2.4 W/m^2$ dovuto all'effetto serra.

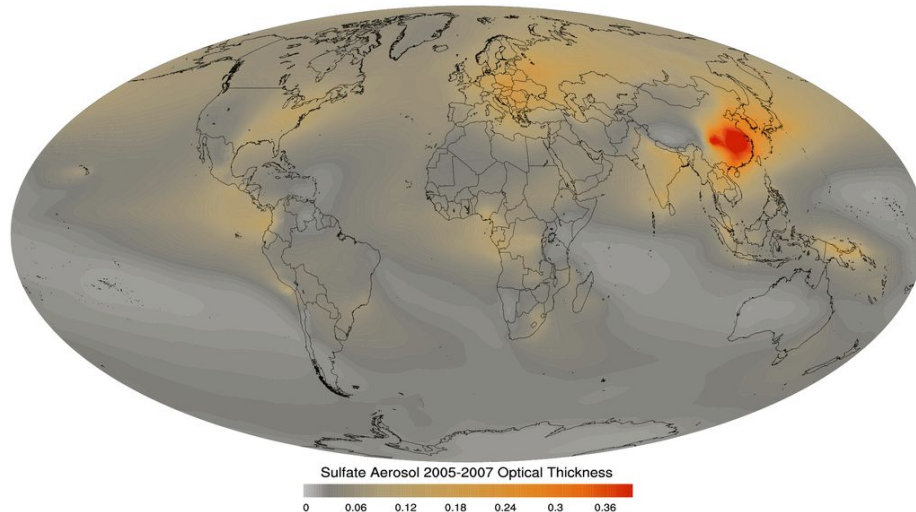


Fig. 2.5: Concentrazioni di polveri di solfato immessi dalla combustione di fossili. In arancio e rosso si mostra le zone con una profondità ottica minore, infatti la Cina essendo la nazione con più emissioni è anche quella con maggior rilascio di aerosol.

Vari studi effettuati sulle conseguenze che i solfati hanno sulla salute rivelano che lunghe e gravi esposizioni a vari tipi di solfati immessi nell'atmosfera, come il solfato di ammonio, idrogeno solfato di ammonio e acido solforico indicano, provocano un cambiamento nel funzionamento polmonare, in special modo con l'anidride solforosa si notano evidenti casi di alteramento respiratorio in soggetti già affetti da problemi respiratori³², mentre per soggetti sani non viene riscontrato nessuna condizione grave³³.

Alla lunga, come nel caso del piombo, potrebbero però insorgere problemi che ad oggi non sono stati rilevati.

³²Effects of inhaled acid aerosols on lung mechanics: an analysis of human exposure studies, Environmental Health Perspectives (EHP), US National Library of Medicine (NLM), National Institutes of Health (NIH), Novembre 1985, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1568489/>

³³ Controlled exposures of human volunteers to sulfate aerosols. Health effects and aerosol characterization, EHP, NLM, NIH, Agosto 1979, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/475153>

Bibliografia

-The Removal of Lead from Gasoline: Historical and Personal Reflections, Herbert L. Needleman, June 28, 1999,

https://www.unc.edu/courses/2009fall/envr/230/001/Needleman_2000.pdf

- Modeling of rainfall enhancement by seeding tropical convective clouds, Vlado Spiridonov and Mladjen Curic Republic, Hydrometeorological Institute of Macedonia, Skupi bb 1000 Skopje Institute of Meteorology, University of Belgrade, Belgrade, Serbia,

https://www.wmo.int/pages/prog/arep/wwrp/new/documents/MOD.Spiridonov_Macedonia_paper3.pdf

- Earth's Annual Global Mean Energy Budget Kiehl and Trenberth (1997),

http://climateknowledge.org/figures/Rood_Climate_Change_AOSS480_Documents/Kiehl_Trenberth_Radiative_Balance_BAMS_1997.pdf

- Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007 Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L.

https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/faq-1-1.html

- University of Arizona, south-west climate change Network,

http://www.southwestclimatechange.org/figures/feedback_cycles

- Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007,

http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch8s8-6-3-1.html

- Cloud-seeding surprise could improve climate predictions. Nature International weekly journal of science, 25 Maggio 2016, Davide Castelvecchi (podcast),

<http://www.nature.com/news/cloud-seeding-surprise-could-improve-climate-predictio>

ns-1.19971

- University Corporation for Atmospheric Research (UCAR) and the first director of the National Center for Atmospheric Research (NCAR), Precipitation Enhancement - Puglia, Italy, <http://www.ral.ucar.edu/projects/puglia/>
- State Water Commission & Office of the State Engineer, North Dakota Cloud Modification Project , <http://www.swc.state.nd.us/arb/ndcmp/>
- New Mexico Water Resources Research Institute, Project Skywater – A progress report, Archie M. Kahan, <http://www.wrri.nmsu.edu/publish/watcon/proc17/Kahan.pdf>
- National Centre for Atmospheric Science, The influence of man-made aerosol on global temperature over the last century, <https://www.ncas.ac.uk/index.php/en/climate-science-highlights/904-the-influence-of-man-made-aerosol-on-global-temperature-over-the-last-century>
- National Centre for Atmospheric Science, The influence of man-made aerosol on global temperature over the last century Nasa, Atmospheric Aerosols: What Are They, and Why Are They So Important?, 1 Agosto 1996, <https://www.nasa.gov/centers/langley/news/factsheets/Aerosols.html>
- WEATHER MODIFICATION, A.K.A CLOUD SEEDING, A TECHNOLOGY WHOSE TIME HAS COME, University of Arizona, 2010, <https://wrrc.arizona.edu/awr/sp10/clouds>
- Effects of inhaled acid aerosols on lung mechanics: an analysis of human exposure studies, Environmental Health Perspectives (EHP), Novembre 1985, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1568489/>
- Controlled exposures of human volunteers to sulfate aerosols. Health effects and aerosol characterization, EHP, NLM, NIH, Agosto 1979, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/475153>

3 - Ruolo dell'uomo sul cambiamento climatico

La comunità scientifica, date le differenze climatiche rispetto alle epoche passate, propone una nuova epoca chiamata *Antropocene*. Il termine deriva da *Anthropos* cioè "uomo" ed è considerata un'epoca dove l'attività umana inizia ad avere un ruolo significativo nella geologia e nell'ecosistema terrestre. Sono state proposte molte date dalla quale far iniziare l'epoca: ad esempio Paul J. Crutzen³⁴ ha suggerito intorno all'inizio del diciottesimo secolo³⁵, cioè durante la rivoluzione industriale. Da quel momento l'impatto sulla Terra dell'uomo è cresciuto esponenzialmente (Fig 3.1, Fig 3.2).

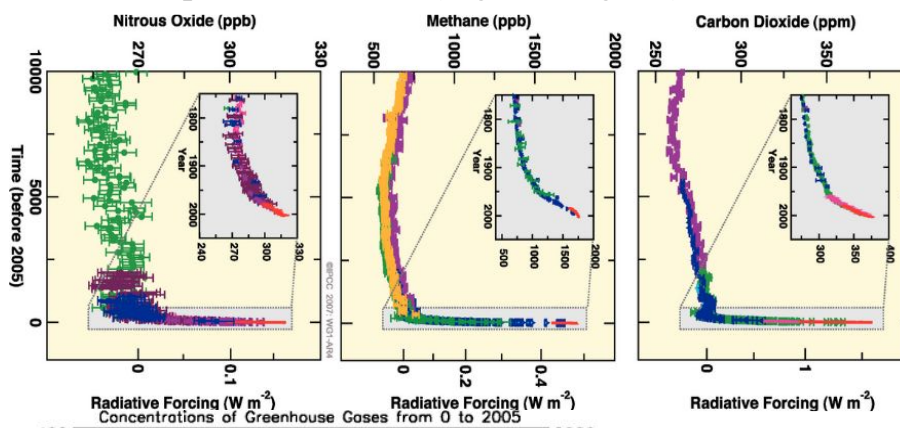


Fig. 3.1: Rappresentano rispettivamente il livello di l'ossido di diazoto, Metano e Anidride Carbonica a partire da 10.000 anni fa fino al 2005.

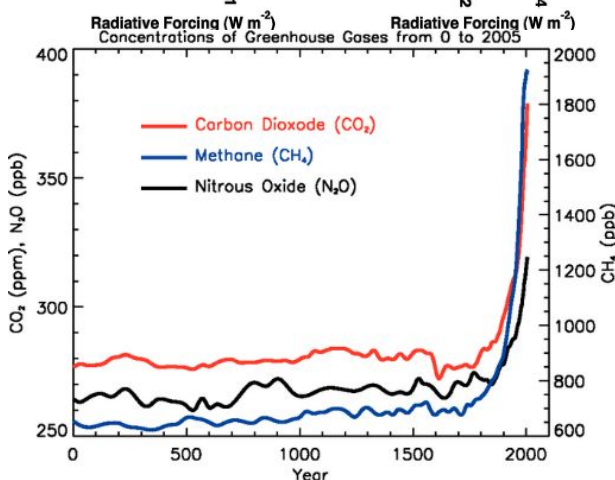


Fig. 3.2: Altro grafico rappresentante il livelli dei predominanti Gas Serra. Ppb significa parti per miliardo, mentre ppm significa parti per milione.³⁶

³⁴Informazioni ricavate dalla pagina Wikipedia dedicata a Paul Crutzen:

https://it.wikipedia.org/wiki/Paul_Crutzen

³⁵Geology of mankind, Paul J. Crutzen, Nature Vol.415 3 Gennaio 2002, <https://goo.gl/Fw7uL7>

³⁶ IPCC, Climate Change 2007: Working Group I: The Physical Science Basis, FAQ2.1: How do Human Activities Contribute to Climate Change and How do They Compare with Natural Influences, <https://goo.gl/MQtQIT?>

L'attività umana dai tempi della rivoluzione industriale, ha provocato una massiccia emissione di vari Gas Serra come l'anidride carbonica (CO₂), il metano (CH₄), l'ossido di azoto (N₂O) e di alocarburi, cioè composti con più di un atomo di carbonio³⁷ e fluorurati.³⁸

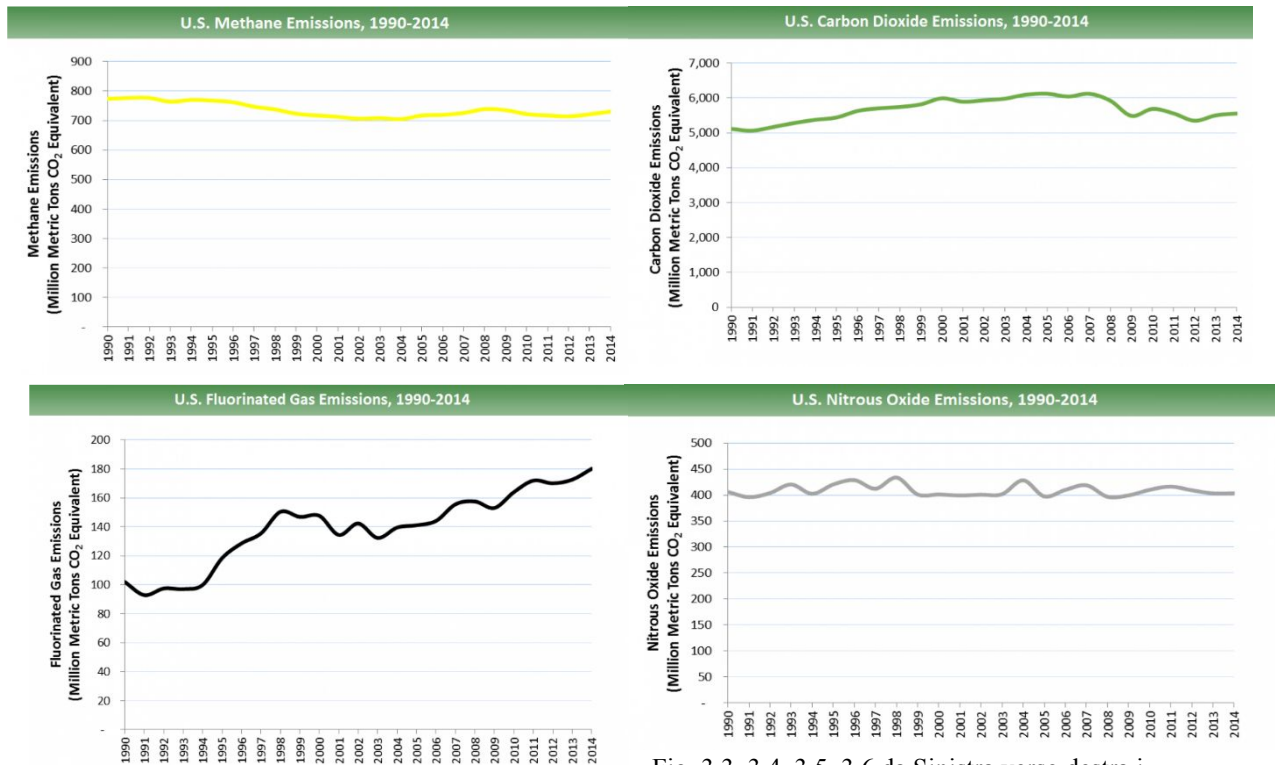


Fig. 3.3, 3.4, 3.5, 3.6 da Sinistra verso destra i principali gas serra cioè CH₄, CO₂, fluorurati, N₂O. Emissioni in milioni di metri cubi negli Stati Uniti d'America a partire dal 1990 fino al 2014.

La concentrazione di CO₂ di norma sarebbe 280 ppm [basato sul livello relativo a prima dell'era industriale] e ad oggi è di circa 403 ppm. Ma negli ultimi venticinque anni il livello dei gas serra si sono mantenuti pressoché costanti, tranne una ricaduta della CO₂ tra il 2008 e il 2009 dovuta alla crisi economica di

³⁷Informazioni ricavate dalla pagina Wikipedia sugli Idrocarburi <https://en.wikipedia.org/wiki/Halocarbon>

³⁸EPA, Overview of Greenhouse Gases, <https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases>

allora³⁹ (Fig.3.4).

Abbiamo invece un trend in risalita per i fluorurati⁴⁰ (Fig 3.5), in particolare per gli idrofluorocarburi che sostituirono i clorofluorocarburi (CFC) essendo quest'ultimi ritenuti responsabili dell'esaurimento dello ozono (O₃).^{41,42}

3.1 - Origine dei gas serra

I gas come il metano e il vapore acqueo, pur essendo chimicamente diversi, sono correlati. Sebbene l'aumento di concentrazione dei gas serra causi un incremento di temperatura e quindi di vapore acqueo, l'impatto che l'azione umana ha sulla presenza di quest'ultimo nell'atmosfera è irrilevante. Il metano rilasciato da attività agricole, discariche e gas naturali, una volta arrivato nella stratosfera, avvia un processo chimico di distruzione che porta alla creazione di una piccola percentuale di vapore acqueo⁴³.

Gli alocarburi vengono immessi prevalentemente dall'uomo ed esistono minimi processi naturali che siano in grado di produrre tali composti. Più avanti verrà inoltre descritto uno studio condotto dall'Università di Waterloo in Canada, il quale riporta che il vero responsabile dell'aumento delle temperature è in realtà correlato a questo Gas serra.

La N₂O è immessa nell'atmosfera attraverso processi naturali ma viene anch'essa introdotta dall'uomo attraverso uso di fertilizzanti e l'uso di combustibili fossili similmente a quanto accade per la CO₂.

³⁹ Independent, Recession did not lower CO2 emissions, 5 Dicembre 2011, <https://goo.gl/9yLseZ>

⁴⁰ Pagina Wikipedia sui fluorurati, https://en.wikipedia.org/wiki/Fluorinated_gases

⁴¹ Pagina Wikipedia sui Clorofluorocarburi <https://en.wikipedia.org/wiki/Chlorofluorocarbon>

⁴² Pagina Wikipedia sul Protocollo di Montreal https://en.wikipedia.org/wiki/Montreal_Protocol

⁴³ IPCC, Climate Change 2007: Working Group I: The Physical Science Basis, FAQ 2.1

L'anidride carbonica oltre ad essere in aumento per via dell'estremo utilizzo di carburanti fossili, sta aumentando nell'atmosfera anche per colpa della deforestazione.

3.2 - Il surriscaldamento globale

Ad oggi si vanno diffondendo posizioni negazioniste circa il cambiamento climatico, circa l'aumento delle temperature ed opinioni secondo cui l'uomo non abbia responsabilità su questi cambiamenti. Questi processi climatici sono da sempre esistiti e come abbiamo visto sino ad ora si può ipotizzare che l'uomo abbia in realtà una parte nel processo di aumento delle temperature medie globali. Ma in che misura?

Nell'*Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) nella sezione "Concept of Radiative Forcing"⁴⁴ del rapporto "Climate Change 2007: The Physical Science Basis", viene discusso il forzante radiativo e di come utilizzarlo per determinare l'impatto dei gas serra e altri elementi sul clima globale. Il *Forzante Radiativo* è la misura di un fattore (come l'aumento di un gas serra nell'atmosfera) nell'alterazione del bilancio tra energia entrante ed energia uscente nel sistema terra-atmosfera⁴⁵, più specificatamente si tratta dell'alterazione tra l'energia solare entrante e l'uscente radiazione infrarossa che causa una divergenza dal suo stato ottimale.

L'unità per rappresentare il forzante radiativo è il Watt per metro quadrato e qualora il valore fosse positivo indicherebbe un effetto riscaldante sul clima

⁴⁴ IPCC, Climate Change 2007: Working Group I: The Physical Science Basis, FAQ 2.2: Concept of Radiative Forcing <https://goo.gl/t800qA>

⁴⁵ Pagina Wikipedia sul Forzante Radiativo https://it.wikipedia.org/wiki/Forzante_radiativo

mentre se il valore fosse negativo vi sarebbe un effetto raffreddante.⁴⁶

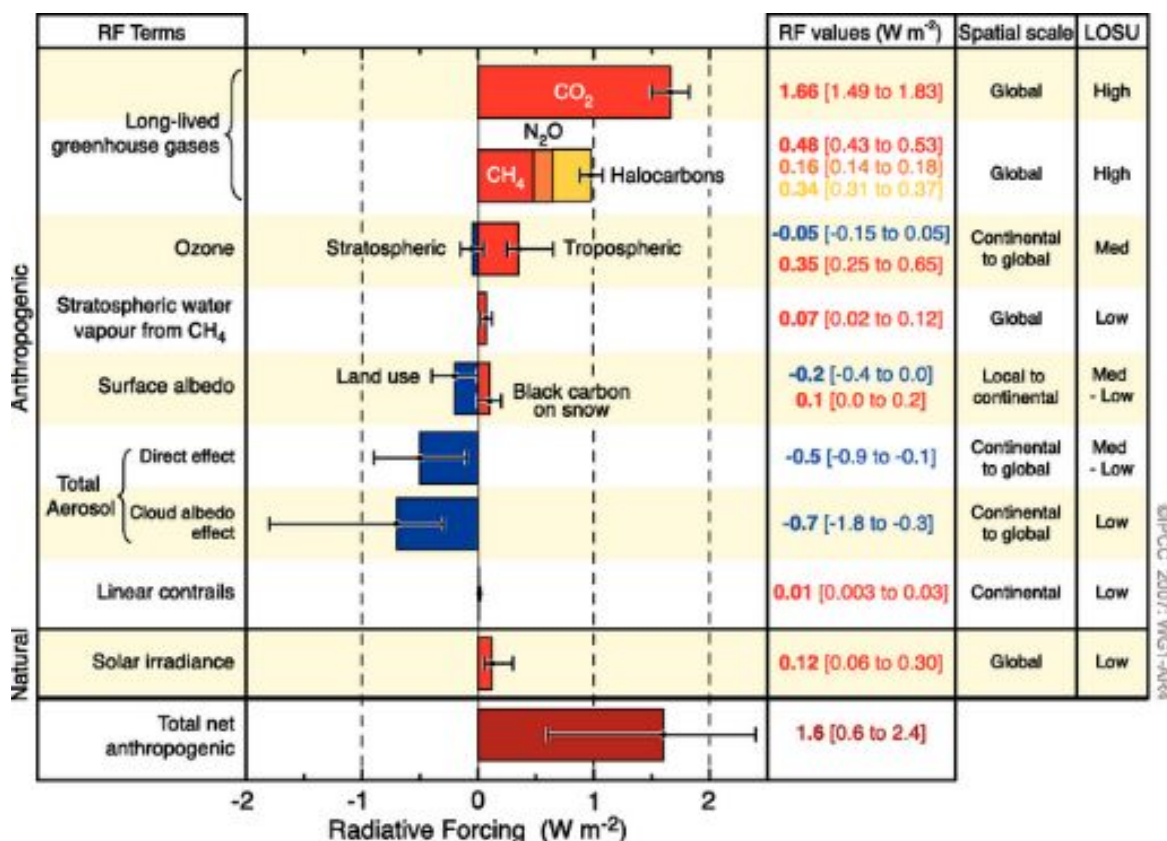


Fig. 3.7: Il grafico rappresenta il FR dal 1750 fino al 2005. Nei processi naturali non vengono considerate le eruzioni vulcaniche perchè di impatto irrilevante rispetto agli altri valori rappresentati. LOSU significa *Level of Scientific Understanding*⁴⁷.

La Fig. 3.7 rappresenta i principali agenti del forzante radiativo nel cambiamento climatico. Analizzando il grafico notiamo che il totale del forzante radiativo è di $1.6 W/m^2$, con un range che oscilla tra gli 0.6 e i $2.4 W/m^2$, per cui, essendo il valore complessivo positivo, si può evincere che la forza radiativa è in eccesso, riscaldando così il pianeta.

I processi antropogenici non hanno solo un'azione riscaldante, ma anche raffreddante. Ciò nonostante, i gas serra immessi hanno una forzante radiativa

⁴⁶ Atmospheric and Oceanic Sciences, University of Colorado, Global Warming and Radiative Forcing, 14 Febbraio 2008, <http://atoc.colorado.edu/~seand/headinacloud/?p=204>

⁴⁷ IPCC, Climate Change 2007: Working Group I: The Physical Science Basis, FAQ 2.1

positiva più significativa.

I gas serra sono per natura sono già presenti nell'atmosfera ma tramite i processi antropici ne sono stati immessi una quantità tale che i processi naturali di riciclo necessiteranno molto tempo per far tornare il loro valore naturale ⁴⁸. La *US Enviromental Protection Agency* (EPA) ha calcolato tale tempo e utilizza un indicatore chiamato “Global Warming Potential” (GWP), il quale viene impiegato per comparare l’impatto dei gas serra. Questo valore si basa su quanta energia verrebbe assorbita da una tonnellata di gas in un periodo definito (cento anni). L’EPA prende come gas serra di riferimento l’anidride carbonica per comparare il GWP degli altri gas, perché in natura la CO₂ è presente in maggior volume rispetto agli altri gas. La GWP della CO₂ dunque è di 1 e il tempo per tornare a valori ottimali dipende dal suo ciclo naturale che può arrivare fino a 200 anni⁴⁹. Il secondo gas maggiormente presente nell’atmosfera è il Metano (CH₄) e la durata di una tonnellata di questo gas è di circa 12 anni. Rispetto all’anidride carbonica ha vita breve ma ha una GWP 25 volte quella della CO₂, per cui trattiene molta più energia ed ha quindi un impatto maggiore sul surriscaldamento. Anche l’Ossido di Nitrato (N₂O) ha un GWP che supera di 298 volte quello della CO₂. Inoltre questo gas impiega 114 anni per tornare a valori naturali. Ma il problema maggiore deriverebbe dai Fluorinati, la cui durata può variare da 1 a 50.000 anni, a seconda del composto chimico immesso. Anche il loro GWP varia oscillando tra 12 e 22.800 volte (Tab. 3.1).

⁴⁸ EPA, Understanding Global Warming Potential, <https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials>

⁴⁹ Carbon Dioxide Information Analysis Center, Atmospheric Lifetime of Different Greenhouse Gases, <http://chartsbin.com/view/2407>

Tab.3.1: Diversi fluorurati con relativa durata e GWP.

Formula Chimica	Durata nell'atmosfera per tornare a valori ottimali	GWP
HFCs (idrofluorocarburi)	1-270 anni	12- 14.800
PFCs (perfluorocarburi)	2.600-50.000 anni	7.390-12.200
NF3 (trifluoruro di azoto)	740 anni	17.200
SF6 (esafluoruro di zolfo)	3.200 anni	22.800
⁵⁰ CFCs (clorofluorocarburi)	55-140 anni	4.000-8.500

Inoltre il vapore acqueo, considerato anch'esso un gas serra, non ha un decadimento come gli altri gas e per questo non ha un valore GWP preciso. Dunque per quanto descritto si nota che l'anidride carbonica non è il gas serra con più potenziale per il riscaldamento globale. I più problematici sono i composti a base di fluoro e tra i fluorurati i più dannosi vi sono i CFCs che pur avendo una GWP più bassa rispetto agli altri, sono i responsabili della deplezione dell'Ozono nell'atmosfera.

⁵⁰ Dati ottenuti tramite <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/hats/publicn/elkins/cfcs.html> , https://it.wikipedia.org/wiki/Global_Warming_Potential

3.3 - Ozonosfera e ghiacciai

L'Ozono (O_3) è una molecola velenosa per l'uomo e si crea in forma naturale solo nella stratosfera da una molecola di Ossigeno Molecolare (O_2) e una di Ossigeno (O). Questo processo crea dell'energia sotto forma di calore andando così a riscaldare la stratosfera. L'ozono creatosi va dunque a creare uno strato di gas che copre l'intero pianeta chiamato Ozonosfera. Quest'ultima trattiene parte dell'energia che arriva dal sole, in particolare le radiazioni ultraviolette di tipo A (5%), B (95%), C (100%), cioè onde ad alta frequenza pericolose per la salute di ogni specie vivente sul pianeta⁵¹.

Ma dal 1970 venne rilevata una diminuzione di circa il 4% della concentrazione dell'ozono e una maggiore diminuzione di esso nel periodo primaverile intorno ai poli⁵². In particolare la diminuzione del suddetto gas fu molto evidente al polo sud che raggiunse il suo picco nel 2006. (Fig. 3.8)

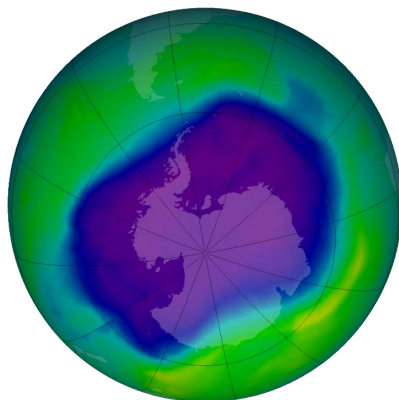


Fig. 3.8: Immagine del più grande buco nell'Ozono registrato. 21-30 Settembre 2006⁵³.

Questo porterebbe a credere che il buco nell'ozono contribuisca allo scioglimento dei ghiacciai poiché non vi sarebbe più alcun blocco ai raggi ultravioletti. Ma non è così, dato che il ghiaccio, la neve e i mari li riflettono

⁵¹ Pagina Wikipedia sulla Ozonosfera <https://it.wikipedia.org/wiki/Ozonosfera>

⁵² Pagina Wikipedia sull'esaurimento dell'ozono https://en.wikipedia.org/wiki/Ozone_depletion

⁵³ NASA and NOAA Announce Ozone hole is Double Record Breaker, 19/10/2006
https://www.nasa.gov/vision/earth/lookingatearth/ozone_record.html

efficacemente. L'ozono come già detto si trova nella stratosfera, cioè quello strato che si trova sopra la troposfera, quella nella quale viviamo. Il pensiero comune è che all'aumentare dell'altitudine la temperatura diminuisce, e questo è vero solo nello strato in cui ci troviamo, ma nella stratosfera le temperature arrivano da un minimo di -50 gradi Celsius ad un massimo di -2.5 gradi alle alte altitudini. Questo è dovuto all'ozono che produce e trattiene energia attraverso i suoi processi chimici. Dunque la diminuzione dell'ozono porta come conseguenza una diminuzione delle temperature nella stratosfera cambiando così l'interazione con lo strato sottostante, creando ad esempio venti più o meno forti⁵⁴. Questa, insieme al cambiamento delle dinamiche oceaniche e la trasformazione delle nevi in ghiacciai, sono le teorie proposte dalla NASA per spiegare l'aumento dell'estensione dei ghiacciai in Antartide.⁵⁵

Solitamente l'aumento dei ghiacciai viene proposta come teoria contro il cambiamento climatico e il surriscaldamento globale, ma questo non implica in alcun modo che le temperature medie globali non stiano aumentando e che non sia in atto un cambiamento climatico. Infatti al polo nord notiamo come i ghiacciai si stiano ritirando al doppio della velocità rispetto al polo sud.⁵⁶

Inoltre nel 2016 anche i ghiacciai del polo sud si sono ritirati rispetto alla media (Calcolata dall'estensione dei ghiacciai misurata dal 1981 al 2010). (Fig. 3.9, 3.10)

⁵⁴ Weather climate, Atmospheric layers <http://www.weather-climate.org.uk/02.php>

⁵⁵ NASA, What's Holding Antarctic Sea Ice Back From Melting?, Adam Voiland, <https://goo.gl/i119I8>

⁵⁶ NASA, Antarctic Sea Ice Reaches New Record Maximum, 7 Ottobre 2014, Kate Ramsayer, <https://goo.gl/uXUBSs>

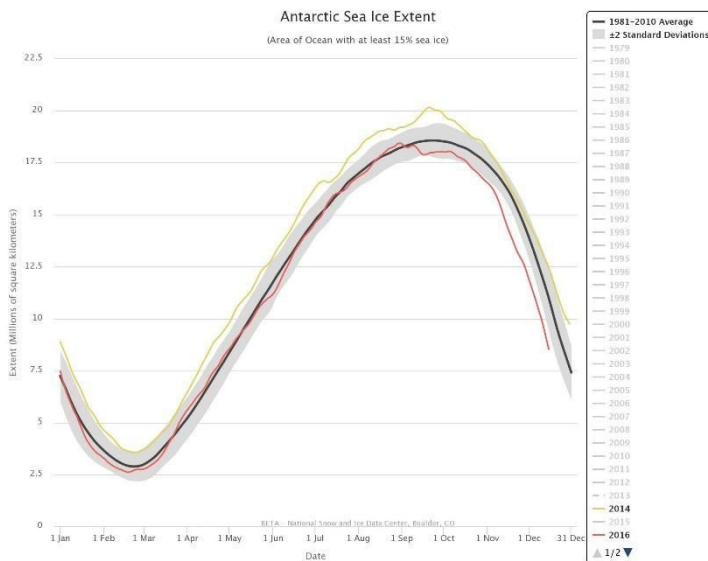


Fig.3.9: rappresenta l'estensione dei ghiacciai al Polo Sud (Antartide). Gli anni 2014 e 2016 sono degli anni con record opposti, il primo per estensione maggiore rispetto alla media e l'altro per la minore.

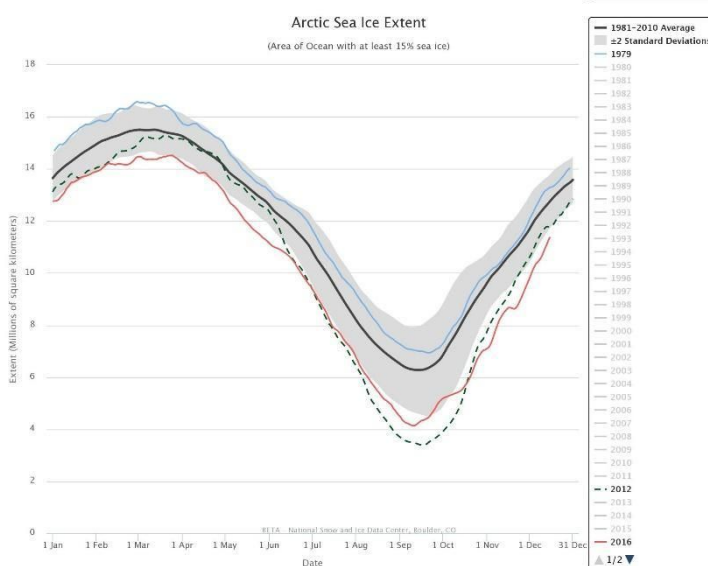


Fig. 3.10: rappresenta l'estensione dei ghiacciai al Polo Nord (Artico) e l'anno con il record per la minore estensione dei ghiacciai tra Settembre e Ottobre fu il 2012 mentre il 2016 è l'anno avente il record per la minore estensione generale durante tutto l'anno⁵⁷.

Pur essendosi ritirati in

larga misura rispetto agli anni precedenti, i ghiacciai in Antartide rimangono nella norma dato che un evento simile è plausibile. La spiegazione è rintracciabile negli studi sulle correnti oceaniche ed i venti che, non rimanendo costanti, possono cambiare il decorso dei ghiacciai durante l'anno. Inoltre il buco dell'ozono sopra il polo Sud sta gradualmente riducendosi e potrebbe comportare un cambio nell'interazione tra strati atmosferici. Ma il recupero dell'ozono totale in antartica sarà tra almeno 80 anni e altri 50 saranno necessari per poter avere dei valori accettabili di concentrazione dell'ozono

⁵⁷ Amid higher global temperatures, sea ice at record lows at poles, Brandon Miller, 20 Novembre 2016, <https://goo.gl/s29Zre>

(Fig. 3.11)⁵⁸.

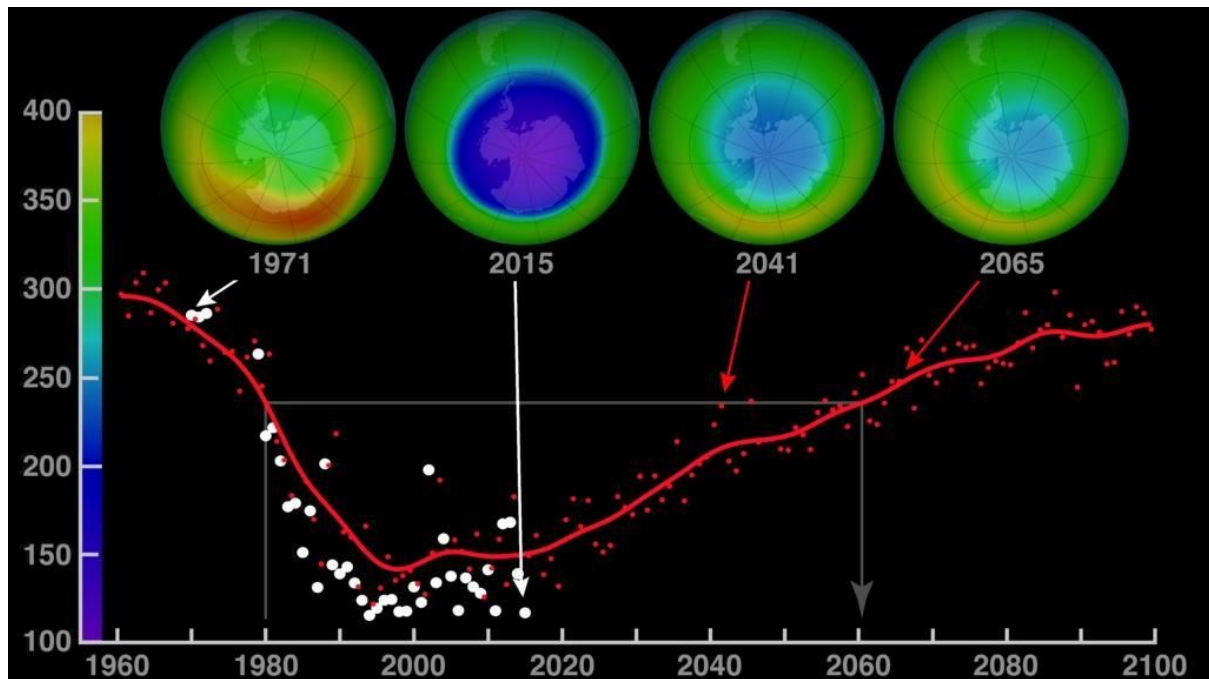


Fig. 3.11: I punti bianchi nel grafico sono i dati rilevati tramite i satelliti della NASA fino al 2015 nel periodo di Ottobre che è il periodo nel quale si nota la distruzione annuale dell'ozono dovuta ai CFC⁵⁹. Il resto è la previsione futura in relazione con il calo dei CFC nell'atmosfera grazie al "Montreal Protocol" e il trend attuale.

60

Il buco nell'ozono non è presente nell'artico. Ciò è dovuto al fatto che i venti stratosferici che creano un vortice al polo sud, intrappolando l'ozono in un'area circoscritta, non si presentano nel circolo polare settentrionale, tuttavia la diminuzione dell'ozono in tal regione può avvenire comunque (Fig. 3.12).

⁵⁸ BBC News, 'Healing' detected in Antarctic ozone hole, Matt McGrath, 30 Giugno 2016, www.bbc.com/news/science-environment-36674996

⁵⁹ National Science Foundation, Why the Ozone Hole?, From Investigating the Ozone Hole by Rebecca L. Johnson, <https://www.nsf.gov/about/history/nsf0050/arctic/ozone.htm>

⁶⁰ NASA, The Antarctic Ozone Hole Will Recover, 4 Giugno 2015, NASA's Goddard Space Flight Center Figure produced by Eric R. Nash, NASA/GSFC SSAI and Paul A. Newman, NASA/GSFC, <https://svs.gsfc.nasa.gov/30602>

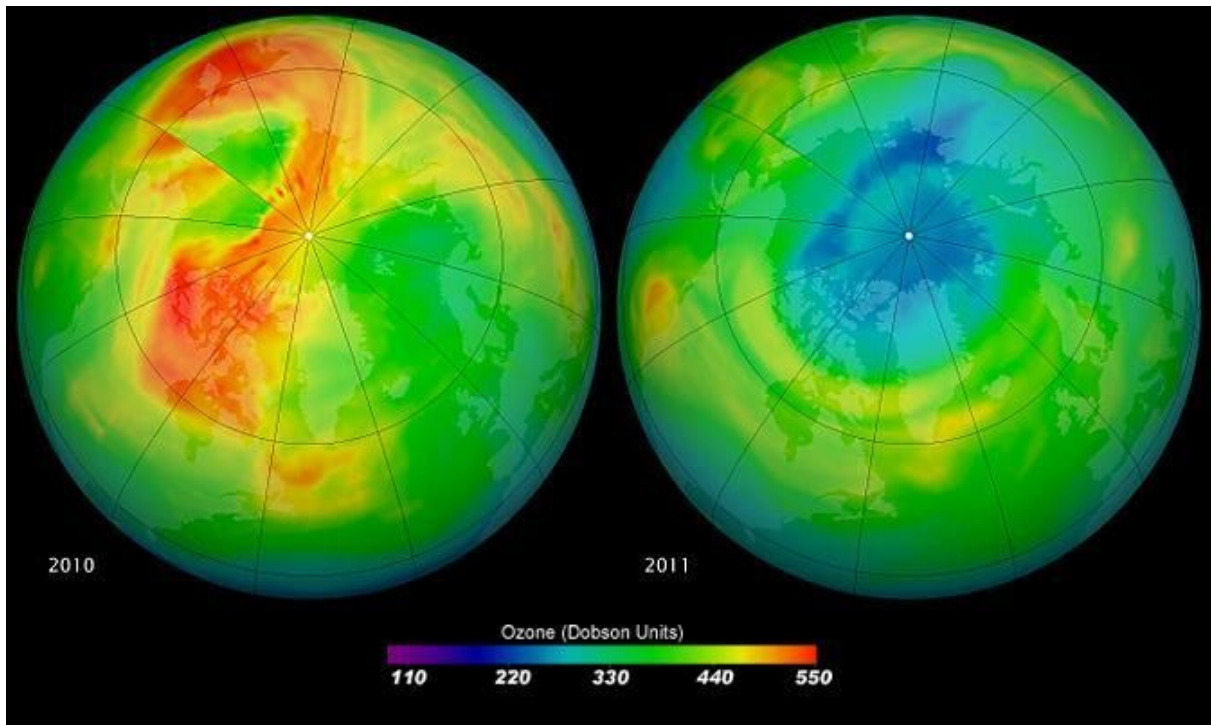


Fig. 3.12: Tra Marzo 2010 e Marzo 2011 c'è stata una diminuzione del 20% della concentrazione dell'ozono sopra il circolo polare artico ⁶¹.

Inoltre la situazione dell'ozono al polo Nord è meno preoccupante rispetto al polo Sud e durante l'anno l'esaurimento dell'O₃ dura molto meno. Ciononostante durante 2011 si vennero a creare delle condizioni atmosferiche favorevoli per una raccolta dell'ozono in un'area limitata similmente a quanto accade in antartica grazie ad un vortice, facendo in modo che non potesse entrare altro O₃ e distruggendo così quello già presente grazie all'energia solare e ai CFC.

⁶¹ NASA, NASA Pinpoints Causes of 2011 Arctic Ozone Hole, Maria-Jose Vinas, <https://www.nasa.gov/topics/earth/features/2011-ozone-hole.html>

3.4 - CFC: Ozono e temperature

Fino ad ora sono stati menzionati più volte i clorofluorocarburi (CFC) come responsabili della diminuzione dell'ozono. Ma cosa sono esattamente?

Il CFC è un composto contenente esclusivamente carbonio, cloro e fluoro ed è volatile come il metano, propano e altri. Il composto venne sintetizzato da Thomas Midgley nell'Aprile del 1930 e, l'anno successivo, il composto comunemente conosciuto come Freon⁶² cominciò ad essere utilizzato prettamente come fluido refrigerante, propellente e solvente. Ma il 16 Maggio 1985 la rivista *Nature* pubblicò uno studio⁶³ nel quale i CFC vengono indicati come i responsabili della diminuzione dell'ozono nell'antartica. Questo perché i clorofluorocarburi sono composti da cloro (Cl), il quale si scorpora dalla molecola del CFC per mezzo della radiazione solare andandosi a legare con una molecola di ossigeno (O) sottratta dall'ozono (O₃) creando così una molecola di monossido di cloro (ClO) e liberando ossigeno (O₂). Questo processo di distruzione non si ferma, in realtà una sola molecola di cloro può distruggere migliaia di molecole di ozono dato che il monossido di cloro quando incontra un'altra molecola di ossigeno si scinde, liberando di conseguenza una molecola di cloro libera di distruggere un'altra molecola di ozono, creando così un ciclo catalitico del cloro. Per questo motivo, grazie al Protocollo di Montreal nel 1990 vennero banditi i CFC e i suoi derivati⁶⁴, sostituiti con gli HFC, i quali hanno la stessa funzione commerciale e industriale ed un potere distruttivo dell'ozono

⁶² Nome del brand dell'azienda DuPont <https://en.wikipedia.org/wiki/Chlorofluorocarbon>

⁶³ CIESIN, Large losses of total ozone in Antarctica reveal seasonal ClO_x/NO_x interaction, J. C. Farman, B. G. Gardiner & J. D. Shanklin, www.ciesin.org/docs/011-430/011-430.html

⁶⁴ HCFC, HALON e HBFC https://it.wikipedia.org/wiki/Protocollo_di_Montr%C3%A9al

pari a zero, data la mancanza del cloro nella sua composizione⁶⁵.

Tuttavia, come abbiamo visto nella Tab. 3.1, i CFC e gli HFC sono dei potentissimi gas serra, molto più pericolosi della CO₂.

Uno studio condotto dal professore di fisica e astronomia Qing-Bin Lu dell'Università di Waterloo in Ontario, mette in relazione il variare della concentrazione dei suddetti gas con l'andatura della temperatura media globale, istituendo un nesso anche con il ciclo undecennale dell'ozono e del sole. Questa teoria è conosciuta con il nome di *cosmic-ray-driven electron-reaction* (CRE).

L'ozono non ha una concentrazione stabile e fissa durante gli anni, ma è altalenante e segue un suo ciclo. Questo ciclo è in parte combaciante con il ciclo del sole⁶⁶ il quale modifica la sua attività e conseguentemente cambia la quantità di O₃ prodotto dalle sue radiazioni⁶⁷. L'uomo, introducendo i CFC, ha distrutto l'ozono, ma essendo i clorofluorocarburi dei potenti gas serra, hanno contribuito maggiormente all'aumento delle temperature. Seguendo il grafico del professor Q.B. Lu si nota come i suoi calcoli seguono in maniera lineare le temperature osservate (Fig. 3.13).

⁶⁵ Ozone Hole Organization, Clorofluorocarbons, www.ozone-hole.org.uk/05.php

⁶⁶ viene calcolata in base al numero di macchie solari che compaiono sulla sua superficie.
https://it.wikipedia.org/wiki/Ciclo_undecennale_dell'attivit%C3%A0_solare

⁶⁷ The evolution of ozone with changing solar activity Authors D. K. Chakrabarty, P. Chakrabarty, January 1982, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/GL009i001p00076/abstract>

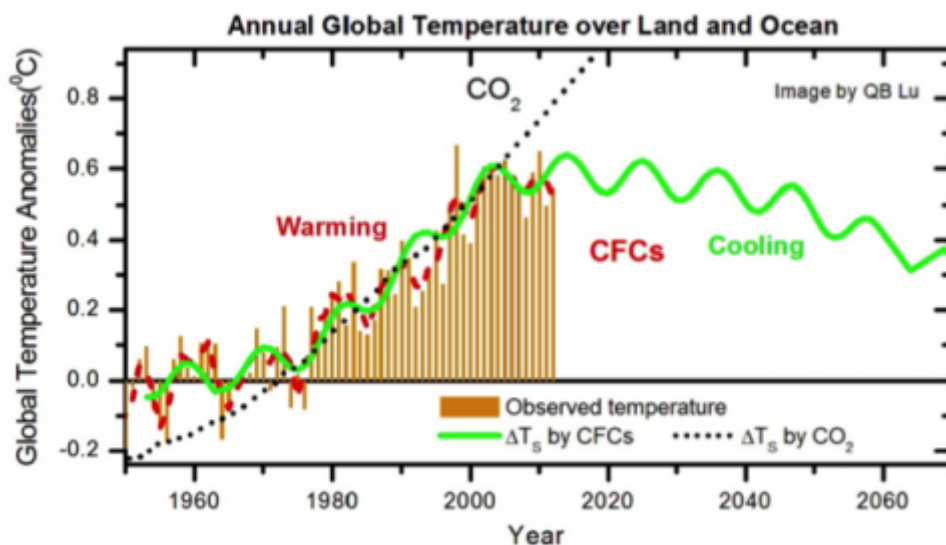


Fig. 3.13: In arancio abbiamo le temperature osservate negli anni a partire dal 1950 ai 2015. I punti neri rappresentano il trend delle temperature in relazione all'anidride carbonica, mentre in verde abbiamo il trend della temperatura media in relazione della concentrazione dei CFC e del ciclo dell'ozono e del sole.

Inoltre la teoria che si basa sull'aumento delle temperature in relazione all'aumento della CO₂ ha una correlazione intorno allo 0 (-0.04), mentre la sua teoria ha una correlazione di circa 0.97, dove il massimo è 1. Infatti come riportato nella Fig. 3.14, la relazione tra la concentrazione dell'anidride carbonica e la temperatura durante l'era pre-CFC è completamente sfalsata, mentre l'altra è quasi direttamente proporzionale.

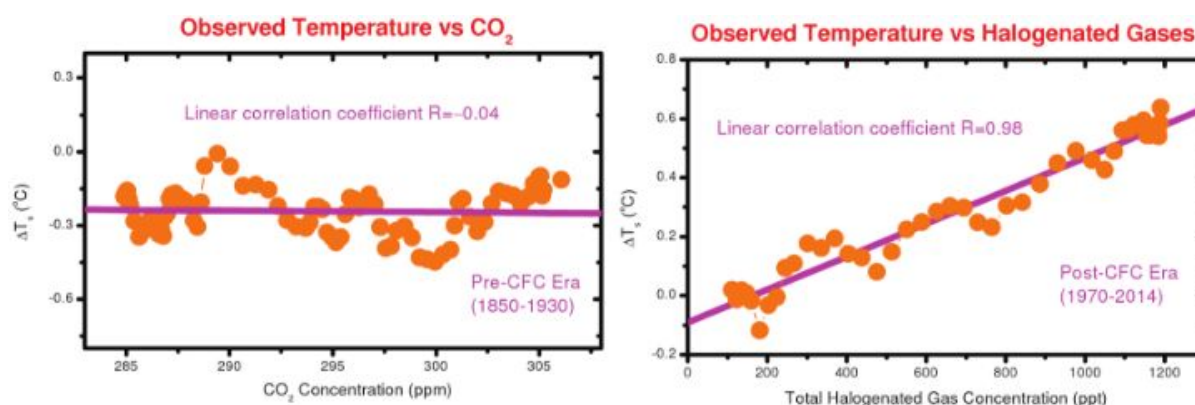


Fig. 3.14: A sinistra la relazione tra temperature misurate e concentrazione dell'anidride carbonica; A destra relazione tra concentrazione dei gas alogenati (CFC) e temperatura.

Gli idrocarburi, pur avendo sostituito i composti a base di cloro, restano comunque dei potenti gas serra che a seconda della tipologia utilizzata hanno un potenziale di surriscaldamento molto più alto rispetto agli altri maggiormente rilasciati.

Infatti durante l'incontro annuale per revisionare il Montreal Protocol tenutosi il 15 Ottobre 2016 in Ruanda, 150 paesi hanno accordato l'eliminazione completa progressiva degli HFC, che sono i gas più pericolosi dopo l'anidride carbonica e il metano.^{68,69,70}

⁶⁸ Waterloo University, Global warming caused by CFCs, not carbon dioxide, study says, Q. B. LU, 30 Maggio 2013, <https://uwaterloo.ca/news/news/global-warming-caused-cfcs-not-carbon-dioxide-study-says>

⁶⁹ Q.B. LU, Int. J. Mod. Phys. B, COSMIC-RAY-DRIVEN REACTION AND GREENHOUSE EFFECT OF HALOGENATED MOLECULES: CULPRITS FOR ATMOSPHERIC OZONE DEPLETION AND GLOBAL CLIMATE CHANGE <http://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/S0217979213500732>

⁷⁰ World Scientific, CFC most likely major driver of climate change, not CO2: Expert, Q.B. LU <http://www.worldscientific.com/page/pressroom/2015-07-15-01>

Bibliografia

- Geology of mankind, Paul J. Crutzen, Nature Vol.415 3 Gennaio 2002, <https://goo.gl/Fw7uL7>
- IPCC, Climate Change 2007: Working Group I: The Physical Science Basis, FAQ2.1: How do Human Activities
- Contribute to Climate Change and How do They Compare with Natural Influences, <https://goo.gl/MQtQIT?>
- EPA, Overview of Greenhouse Gases, <https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases>
- Independent, Recession did not lower CO2 emissions, 5 Dicembre 2011, <https://goo.gl/9yLseZ>
- IPCC, Climate Change 2007: Working Group I: The Physical Science Basis, FAQ 2.1
- IPCC, Climate Change 2007: Working Group I: The Physical Science Basis, FAQ 2.2: Concept of Radiative Forcing <https://goo.gl/t800qA>
- Atmospheric and Oceanic Sciences, University of Colorado, Global Warming and Radiative Forcing, 14 Febbraio 2008, <http://atoc.colorado.edu/~seand/headinacloud/?p=204>
- EPA, Understanding Global Warming Potential, <https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials>
- Carbon Dioxide Information Analysis Center, Atmospheric Lifetime of Different

Greenhouse Gases, <http://chartsbin.com/view/2407>

- Earth System Research Laboratory Global Monitoring Division Datas
<https://www.esrl.noaa.gov/gmd/hats/publicatn/elkins/cfcs.html>

- NASA and NOAA Announce Ozone hole is Double Record Breaker, 19/10/2006
https://www.nasa.gov/vision/earth/lookingatearth/ozone_record.html

- Weather climate, Atmospheric layers
<http://www.weather-climate.org.uk/02.php>

- NASA, What's Holding Antarctic Sea Ice Back From Melting?, Adam Voiland,
<https://goo.gl/i119I8>

- NASA, Antarctic Sea Ice Reaches New Record Maximum, 7 Ottobre 2014, Kate Ramsayer, <https://goo.gl/uXUBSs>

- Amid higher global temperatures, sea ice at record lows at poles, Brandon Miller, 20 Novembre 2016, <https://goo.gl/s29Zre>

- BBC News, 'Healing' detected in Antarctic ozone hole, Matt McGrath, 30 Giugno 2016, www.bbc.com/news/science-environment-36674996

- National Science Foundation, Why the Ozone Hole?, From Investigating the Ozone Hole by Rebecca L. Johnson,
<https://www.nsf.gov/about/history/nsf0050/arctic/ozone.htm>

- NASA, The Antarctic Ozone Hole Will Recover, 4 Giugno 2015, NASA's Goddard Space Flight Center Figure produced by Eric R. Nash, NASA/GSFC SSAI and Paul A. Newman, NASA/GSFC, <https://svs.gsfc.nasa.gov/30602>

- NASA, NASA Pinpoints Causes of 2011 Arctic Ozone Hole, Maria-Jose Vinas, <https://www.nasa.gov/topics/earth/features/2011-ozone-hole.html>

- CIESIN, Large losses of total ozone in Antarctica reveal seasonal ClO_x/NO_x interaction, J. C. Farman, B. G. Gardiner & J. D. Shanklin , www.ciesin.org/docs/011-430/011-430.html

- Ozone Hole Organization, Chlorofluorocarbons, www.ozone-hole.org.uk/05.php

- The evolution of ozone with changing solar activity Authors D. K. Chakrabarty, P. Chakrabarty, January 1982, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/GL009i001p00076/abstract>

- Waterloo University, Global warming caused by CFCs, not carbon dioxide, study says, Q. B. LU, 30 Maggio 2013, <https://uwaterloo.ca/news/news/global-warming-caused-cfcs-not-carbon-dioxide-study-says>

- Q.B. LU, Int. J. Mod. Phys. B, COSMIC-RAY-DRIVEN REACTION AND GREENHOUSE EFFECT OF HALOGENATED MOLECULES: CULPRITS FOR ATMOSPHERIC OZONE DEPLETION AND GLOBAL CLIMATE CHANGE <http://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/S0217979213500732>

- World Scientific, CFC most likely major driver of climate change, not CO₂: Expert, Q.B. LU <http://www.worldscientific.com/page/pressroom/2015-07-15-01>

4 - Cambiamento climatico e i mari

Come già menzionato in precedenza, i gas immessi nell'atmosfera dall'attività umana come l'anidride carbonica e il metano hanno un loro ciclo naturale e nell'arco di migliaia di anni la loro concentrazione cambia in concomitanza al cambiamento delle temperature (Fig. 4.1)

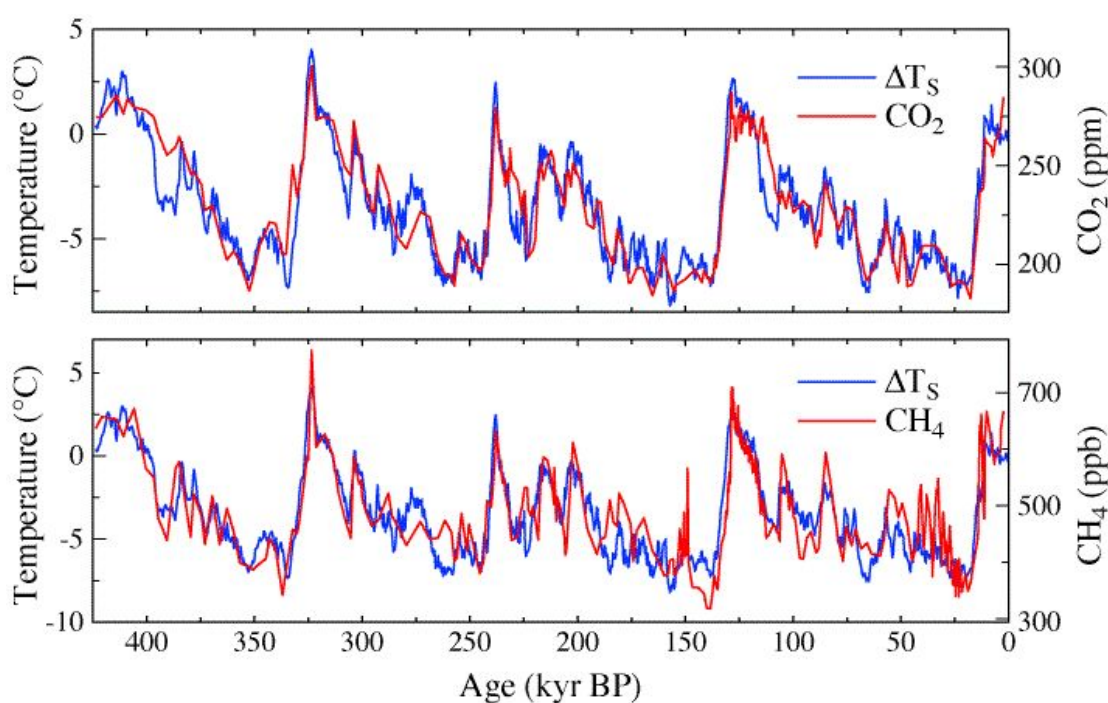


Fig. 4.1: Vstok ice data. Trend delle temperature (rosso) in relazione al trend dell'anidride carbonica (sopra) e metano (sotto). Come si nota la temperatura e i gas serra vanno di pari passo, ma all'intorno dell'anno zero vediamo come le linee si distacchino per colpa dell'introduzione dell'inquinamento.⁷¹

Oggi questo processo naturale è stato sovvertito dall'attività umana e così il naturale riciclo nell'atmosfera di questi gas perpetua nel tempo.

Il ciclo naturale di riciclaggio del metano si basa su processi chimici complessi

⁷¹ NASA, Goddard institute for space studies, Trial of the Century — Act II By James Hansen — February 2006, rev. February 2007 http://www.giss.nasa.gov/research/briefs/hansen_12/

che avvengono nell'atmosfera mentre l'anidride carbonica ha un ciclo più semplice e descrittivo.

4.1 - Il ciclo della CO₂ e l'acidificazione dei mari

La CO₂ ha un ciclo lento e uno veloce (Fig.4.2). Il ciclo lento è composto da reazioni chimiche, movimenti tettonici, incendi e piogge, che fanno in modo che il carbonio si sposti tra il suolo, gli oceani, rocce e atmosfera. Questo processo può durare tra i 100 e i 200 milioni di anni e circa $10^{13}/10^{14}$ grammi di carbonio passano attraverso questo processo durante un anno.⁷²

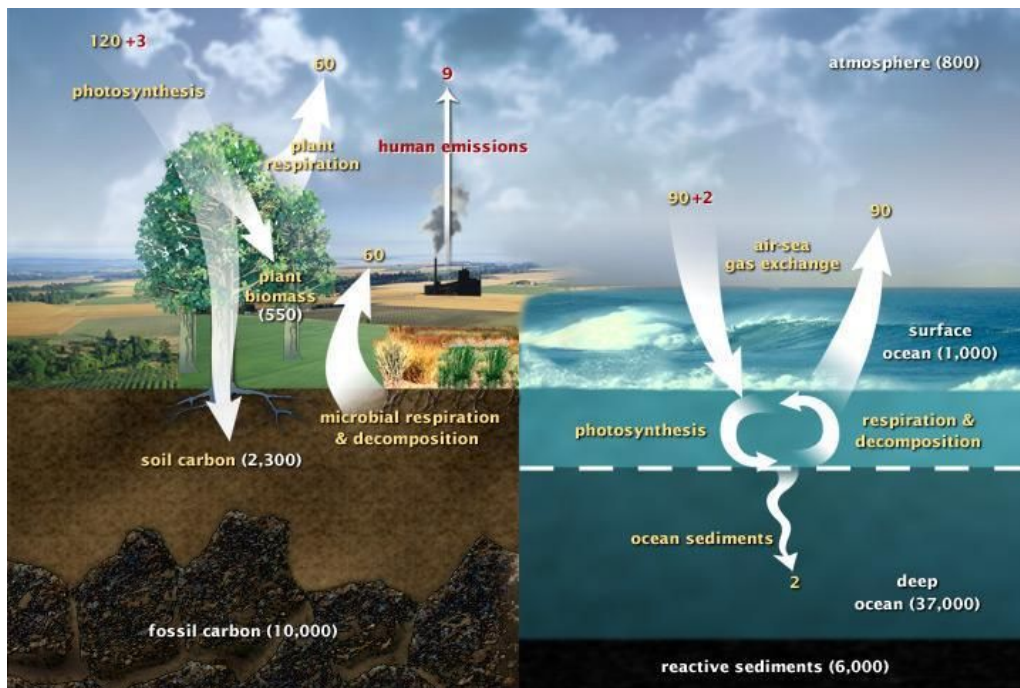


Fig. 4.2: Ciclo veloce della CO₂. In giallo il flusso naturale, in rosso il contributo umano, in bianco invece abbiamo il carbonio sedimentato.

Al contrario, dal ciclo veloce passano tra i 10^{15} e 10^{17} grammi di carbonio ogni

⁷² NASA, Earthobservatory, The Slow Carbon Cycle, <http://earthobservatory.nasa.gov/Features/CarbonCycle/page2.php>

anno e avviene per mezzo della vita nella biosfera, quindi attraverso la fotosintesi delle piante, i moti oceanici e tutti i processi biochimici. Durante l'anno, date le stagioni, si ha un diversa concentrazione dell'anidride carbonica nell'atmosfera (Fig. 4.3)⁷³.

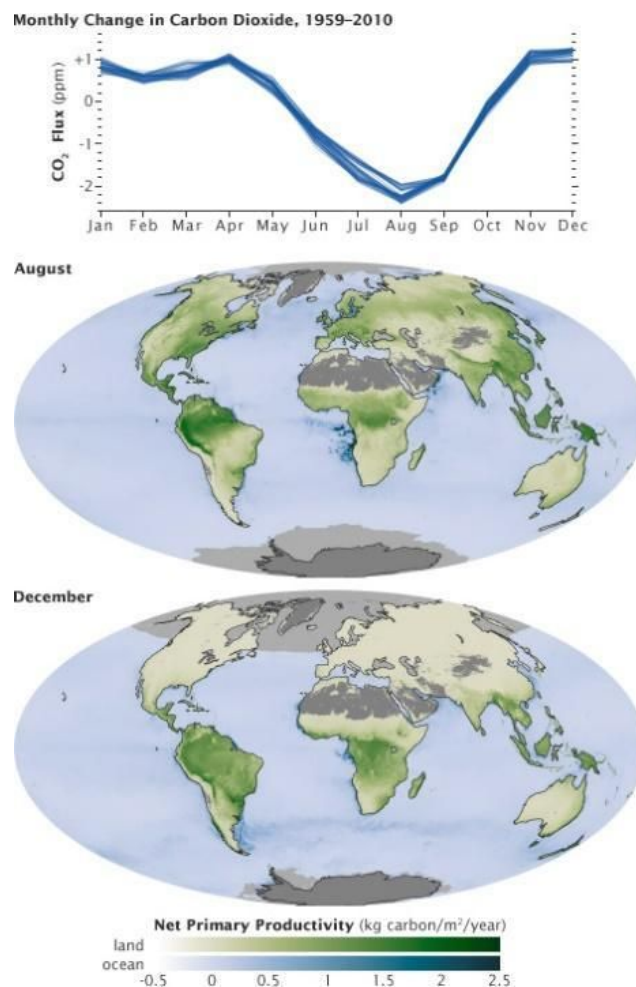


Fig. 4.3: Ciclo co2 durante l'anno. Vediamo come il picco per la minore concentrazione è ad Agosto, in concomitanza con il periodo di maggiore fioritura in tutto il globo e anche gli oceani, per i loro movimenti, nel solito periodo sciolgono molto carbonio.

Questi processi regolano il bilancio di carbonio nell'atmosfera ma l'uomo immette circa 10^{15} grammi di carbonio l'anno. Questo surplus viene usato in parte dalle piante per una crescita più rigogliosa e veloce (infatti più alta è la

⁷³ NASA, Earthobservatory, The Fast Carbon Cycle, <http://earthobservatory.nasa.gov/Features/CarbonCycle/page3.php>

concentrazione di anidride carbonica nell'ambiente, più è rapida la crescita di piante) e in parte viene sciolta negli oceani. In essi gli effetti della CO₂ sono diversi rispetto a quelli nell'atmosfera.

Aumentare la concentrazione di anidride carbonica negli oceani porta alla sua acidificazione la quale abbassa il suo Ph, naturalmente intorno al valore 8 (Fig. 4.4).

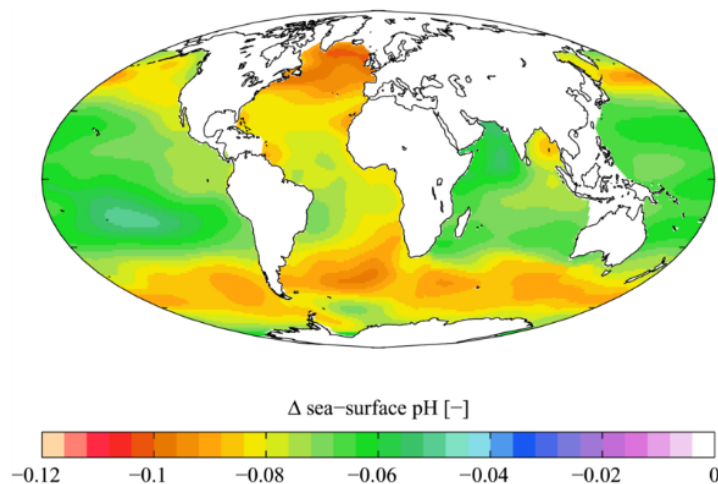


Fig. 4.4: Variazione del Ph dall'inizio dell'era industriale. Dati Global Ocean Data Analysis Project.⁷⁴

Questo crea un pericolo per la flora e la fauna marina che sono molto suscettibili a questa variazione, come ad esempio i coralli che si sono molto indeboliti a causa della variazione di Ph (Fig. 4.5).



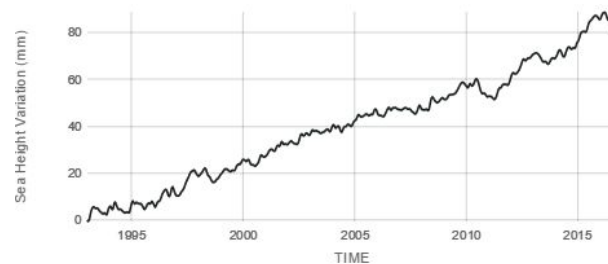
Fig. 4.5: A sinistra un corallo sano, a destra solita specie di corallo ma distrutto dall'acidificazione⁷⁵.

⁷⁴ Pagina Wikipedia sulla acidificazione degli Oceani. https://en.wikipedia.org/wiki/Ocean_acidification

⁷⁵ Teach Ocean Science, How does climate change affect coral reefs? <https://goo.gl/tGnr8L>

Inoltre se diminuissero i coralli, diminuirebbero anche le specie animali che abitano in simbiosi con essi.

Gli oceani, oltre ad acidificarsi sempre di più, stanno aumentando la loro altezza media globale. Dal 1993 è stato calcolato l'innalzamento medio ed ad oggi gli oceani si sono alzati in media di 81.1mm, mentre dal 1870 al 2000 l'innalzamento medio è stato di circa 200 mm (Fig. 4.6).



Source: climate.nasa.gov

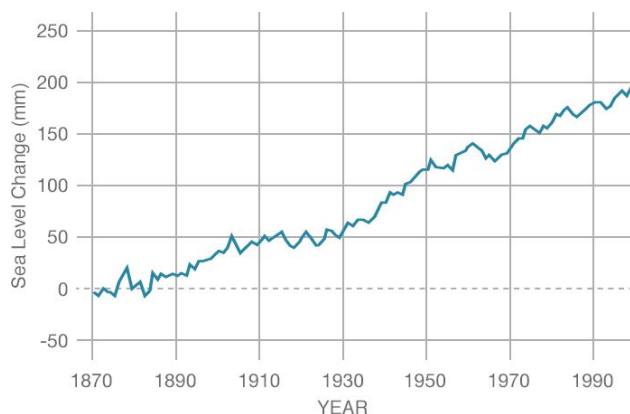


Fig. 4.6: Misurazioni sul livello del mare durante gli anni^{.76}.

Questo è dovuto a due fattori: il primo è lo scioglimento dei ghiacciai, il secondo è la dilatazione dell'acqua all'aumento della sua temperatura. L'aumento delle temperature è più evidente nei mari chiusi, come nel Mediterraneo.

Il Mediterraneo non presentava specie ittiche tropicali e dopo aver aperto il

⁷⁶ NASA, Sea level measurements <http://climate.nasa.gov/vital-signs/sea-level/>

canale di Suez, grazie alla salinità del Mar Rosso, le specie aliene non si riversarono nel mediterraneo. Ma, una volta dissolto il sale presente nel Mar Rosso, poterono passare e grazie all'aumento delle temperature delle acque sono riuscite a proliferare. Infatti le specie aliene vengono ritrovate maggiormente nella parte orientale del mediterraneo, quella colpita più dalla tropicalizzazione (Fig.4.7).

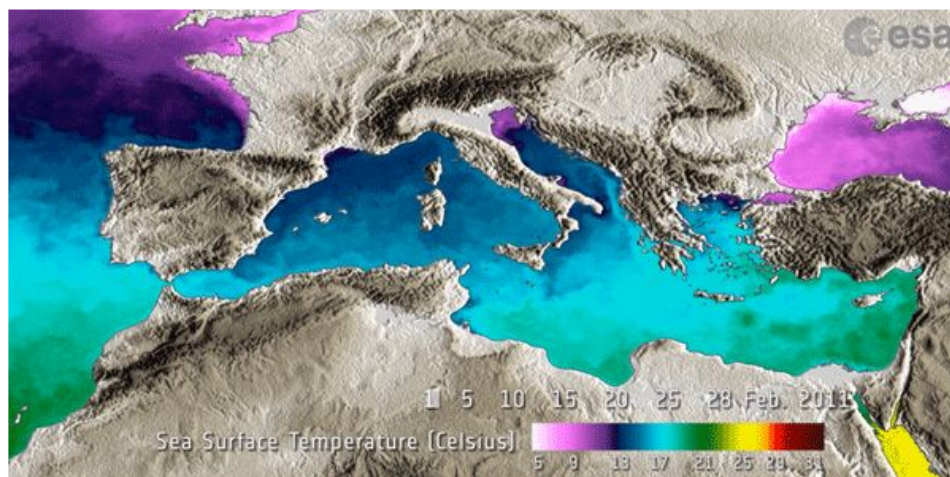


Fig. 4.7: Misurazioni delle temperature nel bacino del Mediterraneo (ESA- European Space Agency). Si nota come nella sezione orientale orientale le temperature si aggirano intorno ai 21 gradi centigradi⁷⁷.

⁷⁷ Geolounge, Underwater Global Warming, 19/09/2014, <https://www.geolounge.com/underwater-global-warming/>

Bibliografia

- Geolounge, Underwater Global Warming, 19/09/2014,
<https://www.geolounge.com/underwater-global-warming/>
- NASA, Sea level measurements <http://climate.nasa.gov/vital-signs/sea-level/>
- Teach Ocean Science, How does climate change affect coral reefs?
http://www.teachoceanscience.net/teaching_resources/education_modules/coral_reefs_and_climate_change/how_does_climate_change_affect_coral_reefs/
- NASA, Earthobservatory, The Fast Carbon Cycle,
<http://earthobservatory.nasa.gov/Features/CarbonCycle/page3.php>
- NASA, Goddard institute for space studies, Trial of the Century — Act II By James Hansen — February 2006, rev. February 2007
http://www.giss.nasa.gov/research/briefs/hansen_12/
- NASA, Earthobservatory, The Slow Carbon Cycle,
<http://earthobservatory.nasa.gov/Features/CarbonCycle/page2.php>

5 - CONCLUSIONE

Data la complessità della materia trattata in questo elaborato, sarebbe necessario un ulteriore approfondimento in altra sede. Per ogni problema esistono una moltitudine di problematiche che si creano per via della precarietà e sensibilità del nostro pianeta. Problemi come il naturale processo di inversione polare e il cambio dell'orbita non sono stati trattati o approfonditi perché indipendenti dall'intervento dell'uomo.

Tutto quello che si può fare per cercare di risolvere i problemi legati al surriscaldamento globale e al cambiamento climatico è legato a regolamentazioni come quelle istituite durante il COP15 e il COP21.

Il COP15 tenutosi a Copenaghen tra il 7 e il 18 Dicembre 2009 ha avuto come centro di dibattito la diminuzione della produzione di anidride carbonica per mantenere il riscaldamento globale sotto i 2 gradi centigradi rispetto alla media delle temperature dell'era pre-industriale. Ma da allora la situazione è rimasta pressoché invariata per l'America e la Cina. La diminuzione dei gas serra per questi paesi è dovuta soprattutto per il rallentamento della loro economia, piuttosto che per i piani attuati per limitare l'inquinamento. Al contrario in Europa durante questi anni abbiamo avuto modo di vedere delle nazioni, come la Germania e il Portogallo, utilizzare solo energia rinnovabile al cento per cento per alcuni giorni^{78 79}.

L'Europa però è ancora lontana dall'essere un continente che usa esclusivamente energia rinnovabile e al momento l'europa fornisce circa il 20

⁷⁸ The Guardian ,Portugal runs for four days straight on renewable energy alone, 18/05/2016
<https://www.theguardian.com/environment/2016/may/18/portugal-runs-for-four-days-straight-on-renewable-energy-alone>

⁷⁹ Bloomberg, Photographer: Krisztian Bocsi/Bloomberg Germany Just Got Almost All of Its Power From Renewable Energy, 16/05/2016
<https://www.bloomberg.com/news/articles/2016-05-16/germany-just-got-almost-all-of-its-power-from-renewable-energy>

per cento di energia rinnovabile (Fig. 5.1).

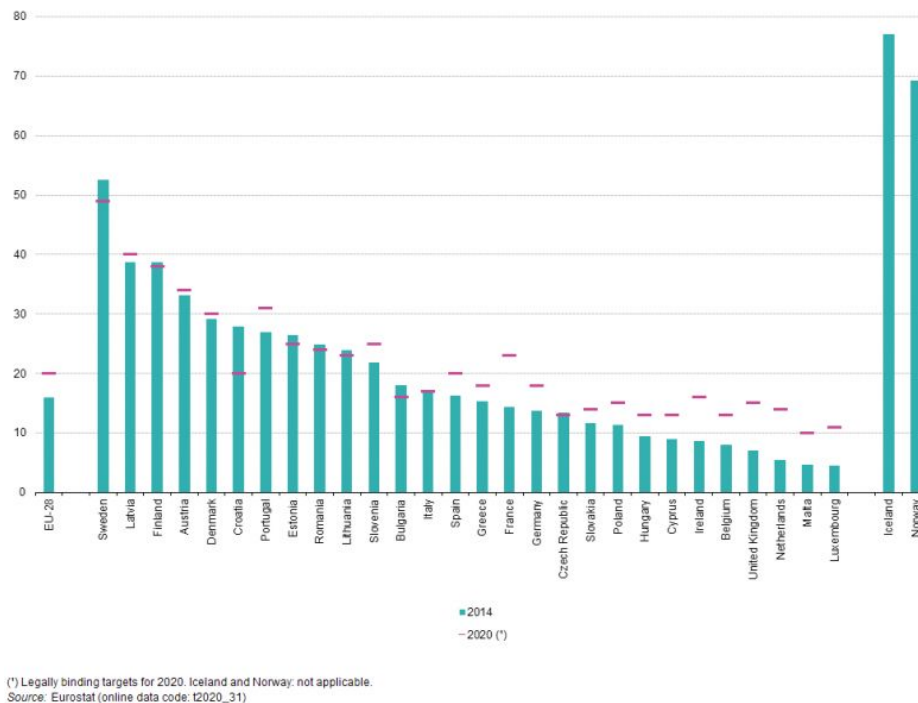


Fig. 5.1: Percentuale di uso delle energie rinnovabili in tutta Europa. In rosso la percentuale prevista per il 2020.

80

Il COP21, come il COP15, prevede che i paesi coinvolti nell'accordo mantengano un livello di inquinamento tale che non faccia superare la soglia dei 2 gradi. Importante fu il protocollo di Montreal del Gennaio 1989 per la riduzione dei gas CFC per ovviare al problema della diminuzione dell'ozono e ogni anno il protocollo viene revisionato.

⁸⁰ Europa, Eurostat, Share of renewables in gross final energy consumption, 2014 and 2020 (%) YB16
[http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Share_of_renewables_in_gross_final_energy_consumption_2014_and_2020_\(%25\)_YB16.png](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Share_of_renewables_in_gross_final_energy_consumption_2014_and_2020_(%25)_YB16.png)

Molto è stato e verrà fatto per risolvere i problemi climatici e molto è stato divulgato dai media riguardante questi eventi (Fig. 5.2).

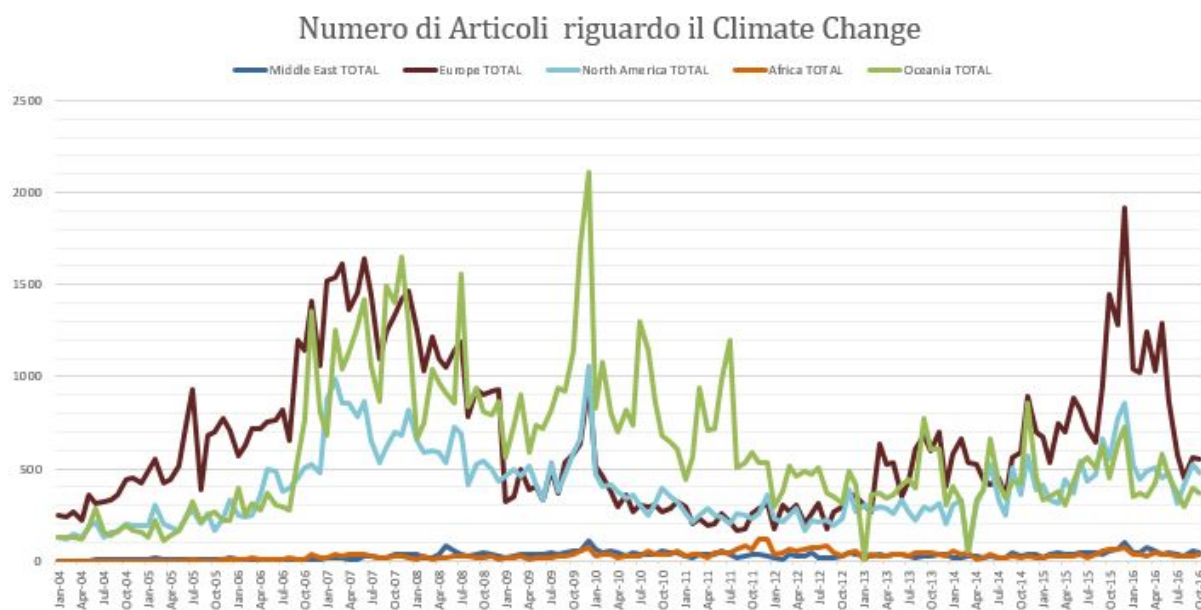


Fig. 5.2: Grafico rappresentante i numeri di articoli scritti riguardo al climate change dal Gennaio 2004 ad oggi. I picchi sono in corrispondenza del COP15 e COP21 e tra il 2006 e il 2009 si è avuto un grande numero di articoli grazie all'evento IPCC (International Panel of Climate Change) .

Quindi risulta difficile credere che il cambiamento climatico abbia un insufficiente divulgazione, dato l'interesse dimostrato per questi eventi.

Ma i media trovano difficoltà nel mantenere vivo l'interesse dell'opinione pubblica e dei lettori riguardo tale argomento. Alan Rusbridger, editore del The Guardian, sostiene che i media stiano fallendo nel divulgare la questione.

Durante il World Resources Forum 2015 (WRF) tenutosi a Davos, il giornale indipendente Pro Journo chiese ai partecipanti quale fossero i problemi legati alla divulgazione dei media e come poterli migliorare. Thomas Gotting, un partecipante del WRF, rispose che gli argomenti legati all'ambiente hanno una priorità inferiore rispetto ad altri argomenti ad impatto commerciale e

divulgativo maggiore. Guardando il grafico si nota come dopo l'incontro IPCC sia in Europa che negli USA ci sia stato un calo notevole di articoli sull'argomento. Secondo Jocelyn Blériot della Ellen MacArthur Foundation, tra il 2009 e il 2015, eccezion fatta per il COP15, non ci furono degli eventi internazionali di importanza rilevante durante tale periodo i media si erano maggiormente preoccupati di scrivere riguardo la crisi economica.

Nel corso del WRF15 è stato dichiarato che i media danno la stessa importanza sia alle dimostrazioni scientifiche sia alla minoranza che va contro questi studi. Già nel 2014 la BBC venne criticata dai membri del parlamento inglese per aver dato il solito peso a fatti scientifici e alle opinioni dei più ⁸¹.

Inoltre, molti partecipanti della WRF notarono un impoverimento della qualità degli articoli riguardanti il cambiamento climatico. Il direttore di Circular Future, Arthur ten Wolde, dichiara che “i media sono commerciali, come tali devono creare un dibattito nel giro di breve tempo per poter guadagnare maggiormente. Perciò necessitano che i lettori/spettatori siano in parte degli scettici e in parte pro-cambiamento climatico. In questo modo si ha un dibattito che fa credere che non ci sia un reale consenso sul cambiamento climatico, quando in realtà c'è”⁸².

Il problema dei media è quello di non coinvolgere direttamente il lettore/spettatore. Infatti molti articoli danno l'impressione che gli eventi disastrosi derivanti dal cambiamento climatico o dal surriscaldamento globale siano molto lontani da loro, dando così un'impressione di alienazione al problema. In più gli articoli sono perlopiù negativisti, cioè parlano sempre dei

⁸¹ Carbonbrief, BBC climate coverage singled out for criticism by cross-party parliamentary committee, 02/04/2014
<https://www.carbonbrief.org/bbc-climate-coverage-singled-out-for-criticism-by-cross-party-parliamentary-committee>

⁸² Circular future, 09/01/2016, http://circular-future.eu/?page_id=133

problemi e mai di soluzioni, questo porta il lettore a stancarsi e a non cambiare atteggiamento sull'argomento.

Per ovviare al problema si deve cambiare lo stile giornalistico applicato all'argomento. Un esempio sono i giornali privati olandesi, i quali in mancanza di dati esatti su cui costruire un articolo, coinvolgono dieci studenti per assicurare un maggiore approfondimento.

Colin Paul di Act on Climate, assicura che i giornali che riportano articoli che riguardano soluzioni efficaci di aziende o privati contro il surriscaldamento globale, hanno un impatto altamente positivo sui lettori. Gli articoli dovrebbero spiegare in maniera creativa cosa sta accadendo e cercare di non geolocalizzare un problema ma di renderlo parte del tutto. Questo è ciò che sostiene anche Florian Ramseger, specialista del sito web Tableau, sito per la visualizzazione di dati scientifici per il datajournalism.

Il datajournalism può dunque fare da ponte tra il giornalismo e la ricerca, si possono visualizzare dati locali e dati globali per creare un collegamento tra i due e cercare un nesso tra vari problemi. Questo aiuterebbe i giornalisti a creare degli articoli più adatti alla divulgazione e aiuterebbe inoltre i ricercatori a studiare eventi locali.

Bibliografia

- Carbonbrief, BBC climate coverage singled out for criticism by cross-party parliamentary committee, 02/04/2014

<https://www.carbonbrief.org/bbc-climate-coverage-singled-out-for-criticism-by-cross-party-parliamentary-committee>

- Europa, Eurostat, Share of renewables in gross final energy consumption, 2014 and 2020 (%) YB16

[http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Share_of_renewables_in_gross_final_energy_consumption,_2014_and_2020_\(%25\)_YB16.png](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Share_of_renewables_in_gross_final_energy_consumption,_2014_and_2020_(%25)_YB16.png)

- Bloomberg, Photographer: Krisztian Bocsi/Bloomberg Germany Just Got Almost All of Its Power From Renewable Energy, 16/05/2016

<https://www.bloomberg.com/news/articles/2016-05-16/germany-just-got-almost-all-of-its-power-from-renewable-energy>

- The Guardian ,Portugal runs for four days straight on renewable energy alone, 18/05/2016

<https://www.theguardian.com/environment/2016/may/18/portugal-runs-for-four-days-straight-on-renewable-energy-alone>