

Per conoscere i segreti dell'Atmosfera e del Clima che cambia e le misure eseguite sulla vetta di Mt. Cimone una *piccola guida* che aiuta a percorrere il **Sentiero dell'Atmosfera** un itinerario didattico-ambientale che si snoda sulle pendici del monte più alto dell'Appennino settentrionale

In collaborazione con:  
**Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare**



Consiglio Nazionale delle Ricerche  
Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima

**Monte Cimone**



## **Il Sentiero dell'Atmosfera**



**Paolo Bonasoni, Paolo Cristofanelli e Angela Marinoni**

*Consiglio Nazionale delle Ricerche,*  *Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima, Bologna*

hanno collaborato:

**Francescopiero Calzolari, Tony Landi, Sandro Fuzzi, Fabrizio Roccato, Antonio Vocino\*, Antonio Proietti\*, Livia Vittori Antisari°, Leonardo Bartoli^ e Claudia Piacentini^**

*Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima, Bologna*

*\*Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare, Sestola (Mo)*

*°Università degli Studi di Bologna, Dipartimento di Scienze Agrarie*

*^ Parco del Frignano, Pievepelago (Mo)*



Se la Terra fosse una Mela .....	pag. 2
Osservatori di nubi .....	6
La montagna come un barometro .....	10
Effetto serra .....	14
I cambiamenti climatici .....	16
Gas ed aerosol che riscaldano l'atmosfera - <i>SLCF</i> .....	20
... quando soffia il vento del Sahara .....	24
Inquinamento e clima: impatto sanitario ed economico .....	26
Il naso e gli occhi del Cimone .....	30
Vegetazione montana e cambiamento del clima .....	34
Sopra il limite degli alberi per studiare suolo & clima ..	36
Le stazioni di ricerca in alta quota .....	40
Dal Cimone all'Everest .....	42
C'è una sola atmosfera .....	46
Mt. Cimone GAW-WMO Global Station .....	50
Tra storia e scienza .....	51
Credits e note .....	53
Il Rifugio <i>CAI Romualdi</i> e l'Osservatorio <i>CNR Vittori</i> ...	54
Il percorso: note tecniche, come arrivare .....	58

guida in colore gratuita nelle pagine della  
 IPCC 2007 e 2013

# L'ATMOSFERA

Se la terra fosse una mela, l'ATMOSFERA  
apparirebbe non più spessa della sua buccia

*"Fu la prima volta nella mia vita, che vidi l'orizzonte come una linea curva. Era delimitato da una sottile striscia di luce blu scura – la nostra atmosfera. Ovviamente, essa non era l'oceano di aria che io avevo sempre pensato che fosse tante volte nella mia vita. Fui terrorizzato dalla sua apparente fragilità."*

Ulf Merbold, astronauta

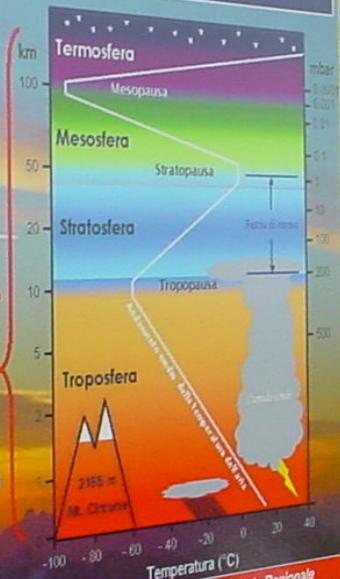
... come la buccia di una mela

Questa "buccia"

è una miscela di gas che circonda la Terra:  
**AZOTO (78%), OSSIGENO (21%), ARGON (0.9%), ANIDRIDE CARBONICA (0.01%), ozono, metano, vapore acqueo, ...**

In un piccolo strato di questa buccia, la **troposfera**, avvengono la maggior parte degli eventi meteorologici e dei processi che supportano la vita sulla terra.

Diametro terrestre: 12.746 km



1 Il Sentiero  
dell'Atmosfera



Consiglio  
Nazionale delle  
Ricerche



Parco  
Regionale  
del Frignano



Ufficio  
Generale per la  
Meteorologia



Agenzia Regionale  
Prevenzione e Ambiente  
dell'Emilia-Romagna

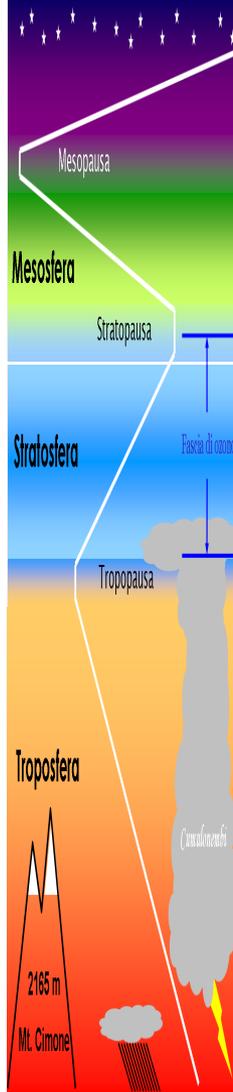
# Atmosfera

(*ἄτμός* "vapore" + *σφαῖρα* "sfera")

La fragilità dell'ATMOSFERA appare evidente dalle parole del primo astronauta europeo, **Ulf Merbold**, che partecipò alla missione STS-9 sullo Space Shuttle nel 1983.

***"Ciò che mi colpisce particolarmente è che non si vedono i confini degli Stati. Ho capito che le frontiere segnate sulle cartine sono nate nella testa degli uomini".***

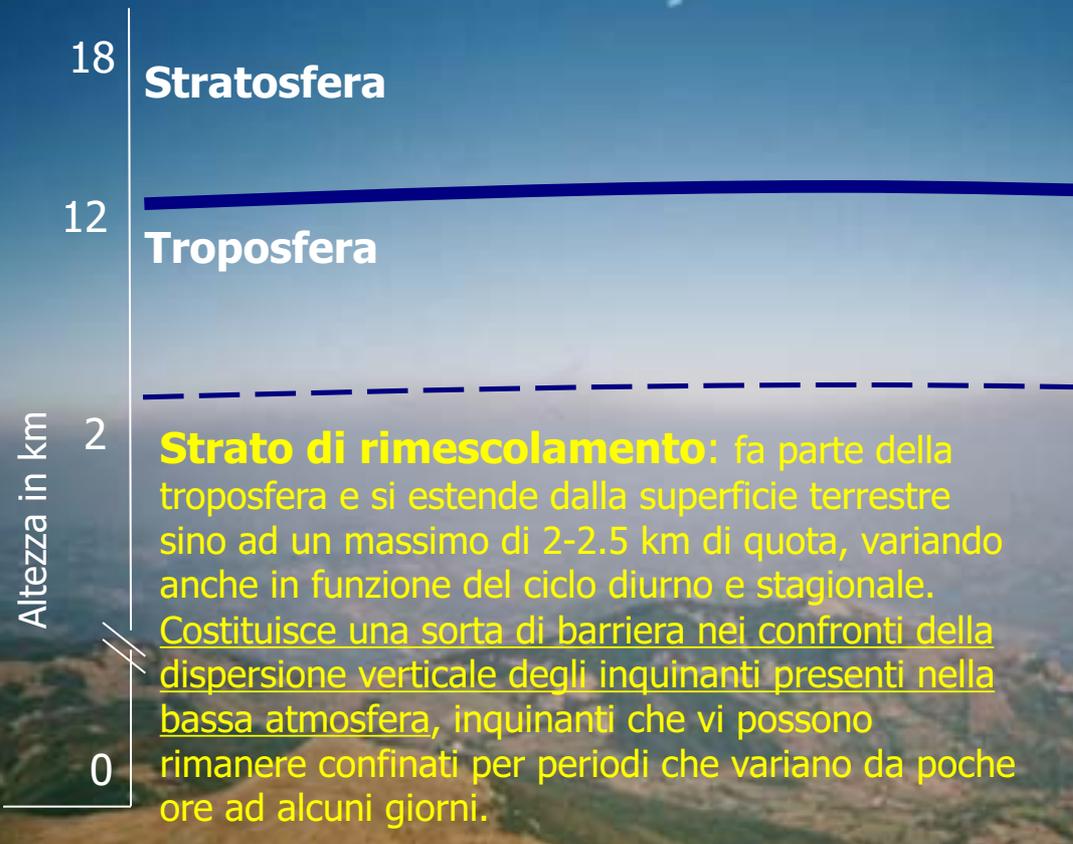
Come la fragile buccia protegge la mela, così l'ATMOSFERA racchiude e salvaguarda la vita del pianeta TERRA. Andandone ad alterare la composizione in modo diretto od indiretto, come avviene da diversi decenni, l'uomo e l'intero ecosistema terrestre risultano fortemente a rischio.



La parte dell'atmosfera compresa tra la superficie terrestre e l'altezza media di 12 km (8 km ai poli, 17 km all'equatore), si chiama **TROPOSFERA** (dal greco **tropos** = variazione, trasformazione). Contiene circa l'80% della massa dell'atmosfera. In essa si sviluppano le perturbazioni meteorologiche. E' caratterizzata da un elevato grado di rimescolamento delle masse d'aria e gli inquinanti possono permanervi per settimane.

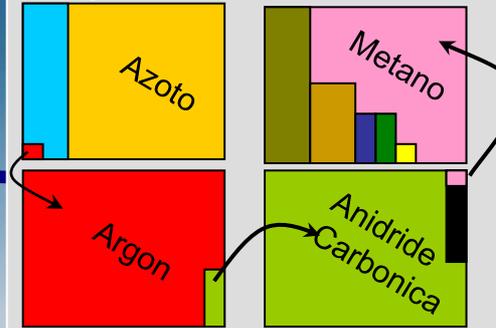
*La temperatura dell'aria in troposfera diminuisce con l'altezza, dal suolo fino alla tropopausa (regione atmosferica che divide la troposfera dalla stratosfera), di circa 0.6°C ogni 100 metri (gradiente termico verticale): in una giornata in cui si registrano 25°C in Pianura Padana, a Mt. Cimone (2165 m) la temperatura dell'aria sarà di circa 12°C.*

**STRATOSFERA:** contiene circa il 19% della massa dell'atmosfera. E' caratterizzata da un basso grado di rimescolamento delle masse d'aria.



I composti "minori" atmosferici sono presenti in concentrazioni bassissime che vengono espresse in **ppm** (parti per milione), **ppb** (parti per miliardo) o **ppt** (parti per trilione). Ad esempio la **CO<sub>2</sub>** è presente in concentrazioni superiori a **400 ppm (0.040%)**.

## Composizione dell'atmosfera



Composto	Formula	Volume %
<b>Azoto</b>	N <sub>2</sub>	78,08
<b>Ossigeno</b>	O <sub>2</sub>	20,95
Argon	Ar	0,934
Anidride carbonica	CO <sub>2</sub>	0,0400
Neon	Ne	0,0018
Elio	He	0,0005
Ossido di azoto	NO	0,0005
Metano	CH <sub>4</sub>	0,00017
Idrogeno	H <sub>2</sub>	0,00005
Protossido di Azoto	N <sub>2</sub> O	0,00003
Ozono	O <sub>3</sub>	0,000004

La **composizione e le proprietà chimico-fisiche dell'atmosfera** a Mt. Cimone sono studiate dal Consiglio Nazionale delle Ricerche anche grazie alla collaborazione con: Servizio Meteo dell'Aeronautica Militare, Università di Urbino, Università di Pavia, Università di Evora (P), Università di Bologna, ARPA Emilia-Romagna. Questo permette di eseguire le seguenti misure:

**Gas in traccia e climalteranti:** O<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, VOC, CFC-11, CFC-12, CFC-113, CFC-114, CFC-115, H-1211, H-1301, HCFC-22, HCFC-141b, CFC-142b, HCFC-124, HFC-125, HCFC-152a, HFC-134a, HFC-143a, C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>, CH<sub>3</sub>Cl, CH<sub>3</sub>Br, CHCl<sub>3</sub>, CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, SF<sub>6</sub>. Contenuto colonnare di NO<sub>2</sub> e O<sub>3</sub> (DOAS).



**Particolato atmosferico (aerosol):** PM<sub>10</sub> – PM<sub>1</sub>, black carbon, distribuzione dimensionale, coefficienti di assorbimento e di scattering, composizione chimica



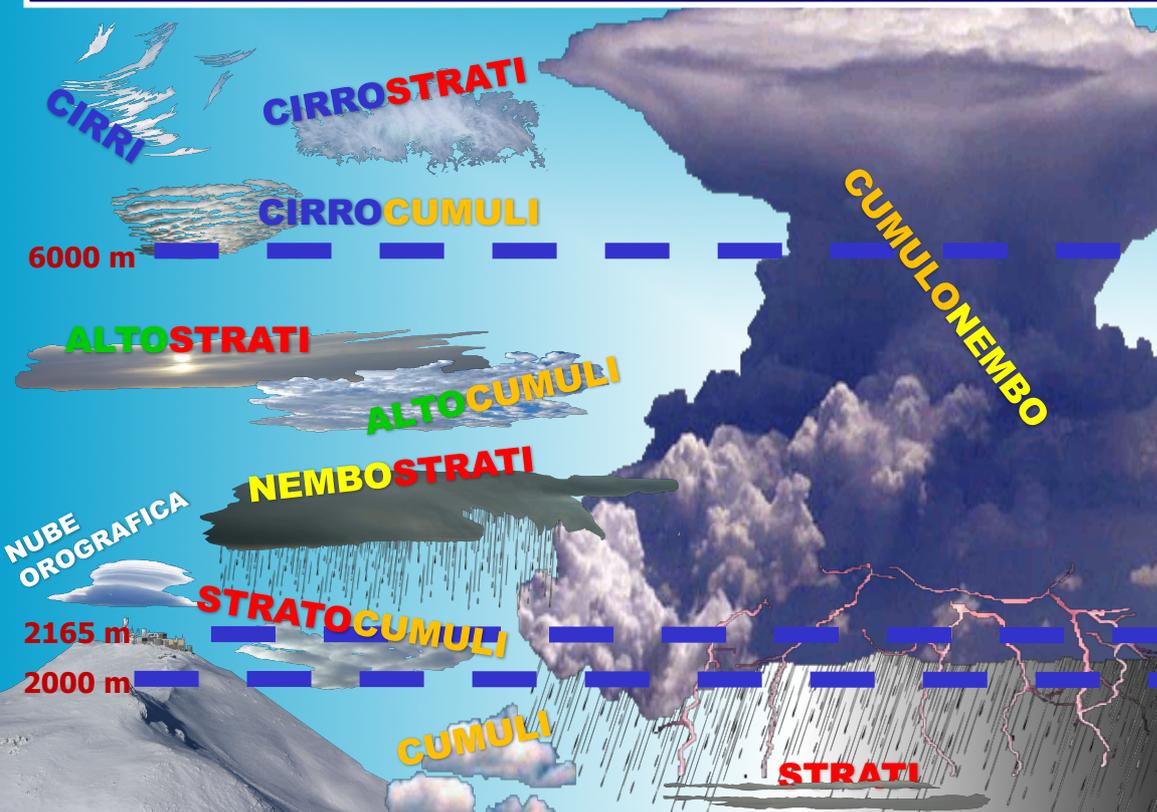
**Bioaerosol:** pollini e spore

**Radiazione solare:** globale, ultravioletta, multispettrale

**Parametri meteorologici:** pressione atmosferica, temperatura, umidità relativa, direzione ed intensità del vento.

# OSSERVATORI di NUBI

Le nubi si formano quando una massa d'aria ricca di vapore si raffredda



## TIPO di nube

**CIRRI** (da *cirrus* - riccio)  
**STRATI** (da *stratus* - strato)  
**CUMULI** (da *cumulus* - ammasso)

## QUOTA della nube

ALTE (sopra i 6000 m): **CIRRI**, **CIRROCUMULI**, **CIRROSTRATI**

MEDIE (tra 2000 e 6000 m): **ALTOSTRATI** e **ALTOCUMULI**.

BASSE (sotto i 2000 m): **CUMULI**, **STRATOCUMULI** e **STRATI**

## Nubi da PIOGGIA

**NEMBO**, da *nimbus* - pioggia  
**NEMBOSTRATI** e  
**CUMULONEMBO**: interessano diversi strati della troposfera

Fabrizio de André **Le nuvole**

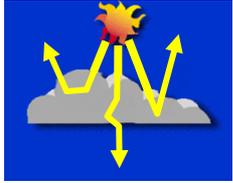
Vanno vengono  
ogni tanto si fermano  
e quando si fermano  
sono nere come il corvo  
sembra che ti guardano con malocchio  
Certe volte sono bianche  
e corrono  
e prendono la forma dell'airone  
o della pecora  
o di qualche altra bestia  
ma questo lo vedono meglio i bambini  
che giocano a corrergli dietro per tanti metri  
Certe volte ti avvisano con rumore  
prima di arrivare  
e la terra si trema  
e gli animali si stanno zitti  
certe volte ti avvisano con rumore  
Vanno vengono ritornano  
e magari si fermano tanti giorni  
che non vedi più il sole e le stelle  
e ti sembra di non conoscere più  
il posto dove stai  
Vanno vengono  
per una vera  
mille sono finte  
e si mettono lì tra noi e il cielo  
per lasciarci soltanto una voglia di pioggia.

Van Gogh Museum Amsterdam



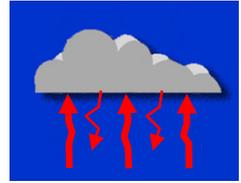
Vincent van Gogh *Aubers-sur-Oise*, 1890

# Nubi & Clima



**Riflettono** la radiazione solare incidente, **raffreddando** la superficie terrestre

**Assorbono** la radiazione infrarossa (IR) emessa dalla Terra riscaldando l'atmosfera ed **emettono** a loro volta radiazione IR



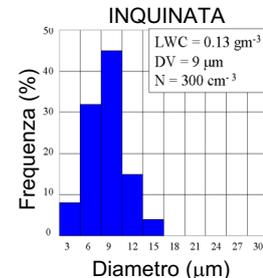
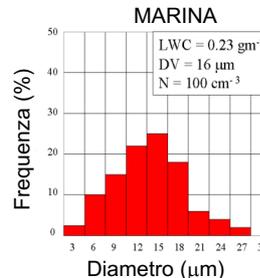
Le nubi quindi esercitano sul sistema Terra - atmosfera un effetto di **raffreddamento** e **riscaldamento** in funzione del **tipo di nube** e dell'altezza a cui si trovano.

E non è tutto...

Se da un lato le nubi sono in grado di modificare il clima, il clima è a sua volta in grado di influenzare la loro formazione e sviluppo, creando una dipendenza reciproca veramente difficile da prevedere e quantificare.

**Anche le emissioni dell'uomo possono modificare il tipo di nube che si forma in atmosfera e il suo effetto radiativo.** Infatti le goccioline che formano la nube sono generate dal vapore acqueo che condensa su particelle solide. In un ambiente pulito si formeranno poche goccioline grandi, mentre in un'atmosfera inquinata l'elevato numero di particelle in sospensione porterà alla formazione di molte goccioline più piccole.

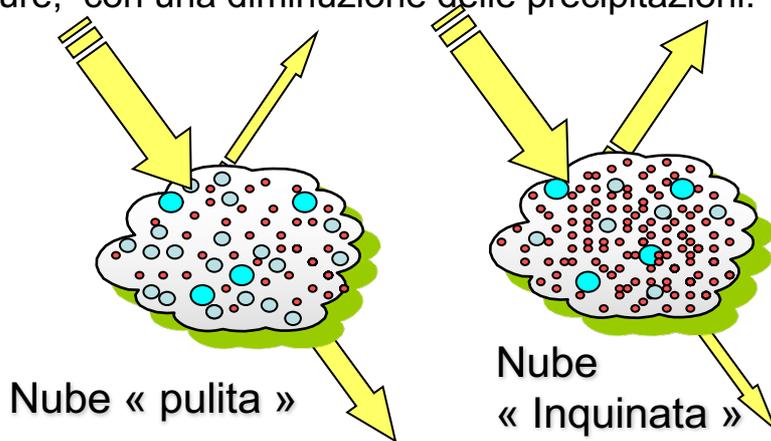
Così, ad esempio, una *nube marina* (rosso) rispetto ad una *nube "inquinata"* (blu) è formata da meno goccioline aventi però mediamente diametri dimensionali maggiori, come mostrato nella figura a lato.



LWC = contenuto in acqua liquida  
DV = diametro medio  
N = numero di goccioline

Una delle evidenze sperimentali dell'**effetto indiretto** degli aerosol sul bilancio radiativo della Terra (indiretto perché passa attraverso la formazione delle nubi), è la diminuzione del raggio delle goccioline d'acqua che formano le nubi. Questo rende le nubi stesse maggiormente riflettenti e più durature, con una diminuzione delle precipitazioni.

**Le nubi formate in atmosfere pulite** (ad esempio quelle marine) **lasciano filtrare più radiazione solare che arriva alla superficie terrestre, rispetto a nuvole formatesi da masse d'aria inquinate** (ricche di particolato) **che riflettono maggiormente la radiazione solare.**



Perché le nubi prendano forma, è necessario che le goccioline di cui esse sono formate siano generate attraverso processi di **condensazione**. Questo avviene grazie al cosiddetto "nucleo di condensazione" formato da minuscole particelle di polvere o di sabbia o da cristallini di sale, e di cui c'è abbondanza in troposfera.

La **condensazione** del vapore acqueo avviene a seguito di processi che favoriscono il sollevamento (ed il conseguente raffreddamento) dell'aria stessa:

**Convezione:** i raggi solari scaldano il suolo che a sua volta trasmette calore all'aria sovrastante che, diventando più calda e leggera, inizia a **sollevarsi** e raffreddarsi.

**Avvezione:** una massa di aria fredda che giunge in un'area occupata da aria più calda si incunea sotto l'aria calda che viene quindi **sollevata**.

# IL CLIMA

La montagna, come un barometro, misura l'impatto negativo delle attività dell'uomo sul clima della Terra

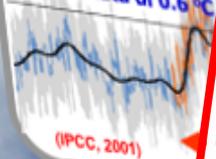
**IL KILIMANJARO** (Tanzania) con i suoi 5895 m è la più alta montagna africana: tra il 1912 e il 2000 ha perso l'82% della sua copertura di ghiacci, di cui il 55% nel solo periodo 1986 - 2000. L'immagine dal satellite LANDSAT mostra la copertura nell'anno 2000 (contorni neri), confrontata con il limite dei ghiacci nell'anno 1986 (linea gialla).



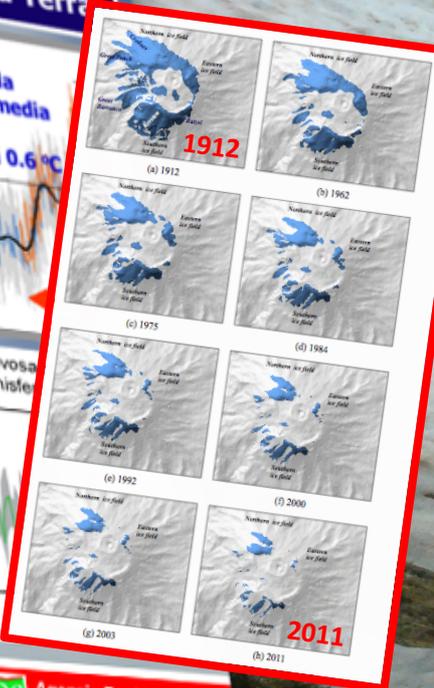
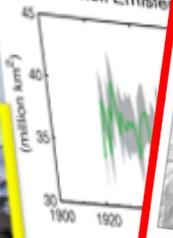
Il ghiacciaio **Furtwängler** (che ha perso un terzo del suo spessore tra il 2000 e il 2006) è un piccolo resto dell'enorme ghiacciaio che una volta coronava la cima del Kilimangiaro.



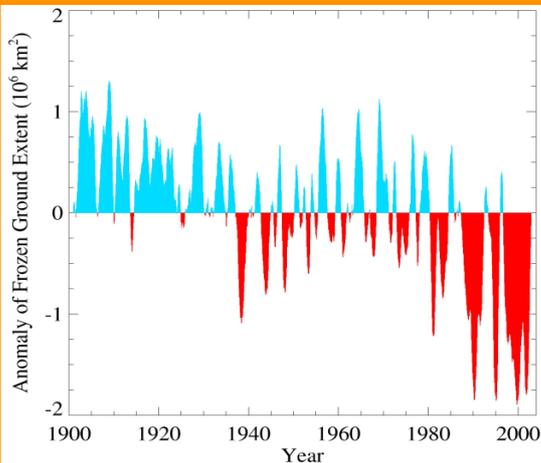
Durante il secolo scorso la **temperatura media del pianeta è aumentata di 0.6 °C**



Copertura nevosa nell'Emisfero



**Dal 1901 al 2002 nell'emisfero Nord, l'area dei terreni ricoperti di ghiaccio si è ridotta stagionalmente del 7%.**



“... la maggior parte del riscaldamento terrestre registrato negli ultimi 50 anni è dovuto all'aumento della concentrazione di gas ad effetto serra”

In Italia i ghiacciai dalla seconda metà del 1800 sono in fase di marcata contrazione che li ha portati a perdere circa il 40% della loro superficie e all'innalzamento di oltre 100 m del limite delle nevi “perenni”.

L'impressionante arretramento delle lingue glaciali avviene in pressoché tutti i ghiacciai del mondo.

Un esempio è Il **ghiacciaio dei Forni** (Alpi Centrali) il ghiacciaio vallivo italiano più esteso (~ 20 km<sup>2</sup>) che negli ultimi 150 anni si è ridotto del 36% ed è arretrato di circa 2 km



Le immagini del ghiacciaio dei Forni a fine '800 e nel 1941 (in alto), nel 1997 e 2007 (a destra) testimoniano la riduzione della massa glaciale col passare degli anni.



Distribuzione dei ghiacciai italiani (elaborazione M. Santilli)

I **ghiacciai** costituiscono la più grande riserva di acqua dolce - circa il 70% - del Pianeta. I 33,000 Km<sup>2</sup> dei ghiacciai dell'Himalaya, i più vasti dopo le regioni polari, alimentano alcuni tra i più grandi fiumi asiatici (Gange, Indo, Brahmaputra ...) e costituiscono la principale fonte di approvvigionamento idrico per oltre un miliardo di persone. Con il ritiro dei ghiacciai si sta riducendo una riserva idrica fondamentale. Inoltre i ghiacciai non sono solo un semplice simbolo della bellezza delle montagne, ma un elemento insostituibile che impedisce l'erosione dei pendii.

I ghiacciai montani e la copertura nevosa sono mediamente diminuiti in entrambi gli emisferi. La vasta diminuzione dei ghiacciai e delle calotte di ghiaccio ha contribuito all'innalzamento del livello del mare {4.6, 4.7, 4.8, 5.5}

## **HIMALAYA: il ghiacciaio Gangotri**

*Lungo 30.2 km e largo fino a 2.5 km, il **ghiacciaio Gangotri** è uno dei più vasti dell'Himalaya.*

*Dal 1780 è iniziato a regredire (immagine a lato), e dal 1971 ha*

*aumentato la velocità con cui si ritrae.*

*Negli ultimi 25 anni il ghiacciaio si è ritirato di oltre 850 m, di 76 m nel solo periodo 1996 - 1999.*



Benché nel passato la Terra sia andata incontro a mutamenti climatici rilevanti, quanto sta succedendo oggi merita una attenzione particolare poiché la temperatura media aumenta a ritmi particolarmente elevati, grosse quantità di inquinanti sono immesse in atmosfera ed è aumentata la frequenza con cui si susseguono fenomeni meteorologici estremi.

Sappiamo che **l'effetto serra** è legato alle proprietà di alcune molecole gassose: cosa succede **se aumentiamo la concentrazione** in atmosfera di queste specie che possono interagire con la radiazione infrarossa e **modificare gli scambi energetici?**  
Questo è ciò che abbiamo fatto negli ultimi due secoli!



**1° Rapporto IPCC (1990)**  
Fornisce il primo compendio generale sulla scienza del cambiamento climatico, sulle evidenze del riscaldamento del clima e sulle incertezze



**2° Rapporto IPCC (1995)**  
"Tutte le evidenze scientifiche disponibili suggeriscono una discernibile influenza delle attività umane sul clima globale"



**3° Rapporto IPCC (2001)**  
"Vi sono nuove e più solide evidenze scientifiche che la maggior parte del riscaldamento osservato negli ultimi 50 anni sia attribuibile alle attività umane"



**4° Rapporto IPCC (2007)\***  
"Il riscaldamento del sistema climatico terrestre è inequivocabile..."



**5° Rapporto IPCC (2013)**  
"È assodata l'influenza umana sul sistema climatico terrestre"

**E' fondamentale conoscere in dettaglio cosa sta accadendo:**



## IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE



IPCC é il Comitato Intergovernativo per i Cambiamenti Climatici, stabilito dall'Organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO) e dall'Agenzia delle Nazioni Unite per la Protezione dell'Ambiente (UNEP) per ottenere informazioni scientifiche, tecniche e socio-economiche rilevanti per la comprensione dei cambiamenti climatici, del potenziale impatto e delle possibili azioni di mitigazione ed adattamento.

**IPCC non svolge ricerca attiva ma effettua il "riassunto della conoscenza attuale"**

Ad esso lavorano diverse centinaia di ricercatori da tutti i Paesi.

**\*Nel 2007 IPCC ha vinto il Premio Nobel per la Pace.**

# EFFETTO SERRA

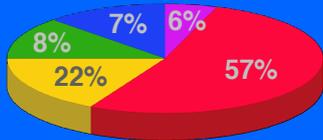
L'atmosfera agisce come una serra naturale che trattiene l'energia solare che si disperderebbe nello spazio

Alcuni gas, definiti "gas-serra" o "gas clima-alteranti",

hanno svolto un ruolo fondamentale per la crescita e lo sviluppo delle forme di vita che si sono succedute nei millenni mantenendo una temperatura media dell'aria alla superficie di circa **+15°C** anziché **-18°C** in assenza dell'atmosfera: senza di essi la terra sarebbe ghiacciata e priva di vita ...

**Contributo al riscaldamento globale da parte dei principali gas ad effetto serra**

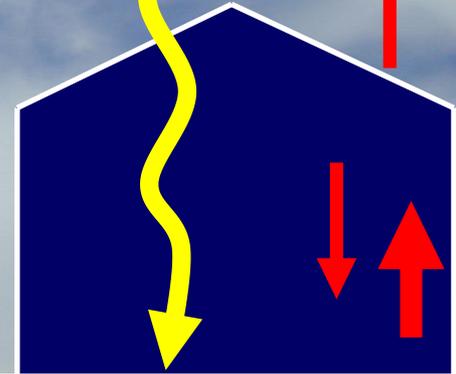
- CO<sub>2</sub>** Anidride carbonica
- CH<sub>4</sub>** Metano
- O<sub>3</sub>** Ozono
- CFC** Clorofluorocarburi
- HFC** Idrofluorocarburi
- PFC** Perfluorocarburi
- SF<sub>6</sub>** Esafluoruro di zolfo
- N<sub>2</sub>O** Protossido di azoto



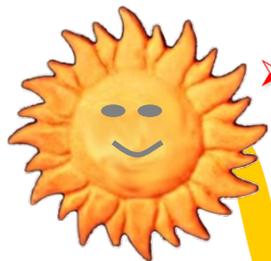
**Radiazione infrarossa**

**atmosfera**

.. ma negli ultimi decenni l'immissione in atmosfera di notevole quantità di gas inquinanti sta rompendo l'equilibrio climatico della terra.



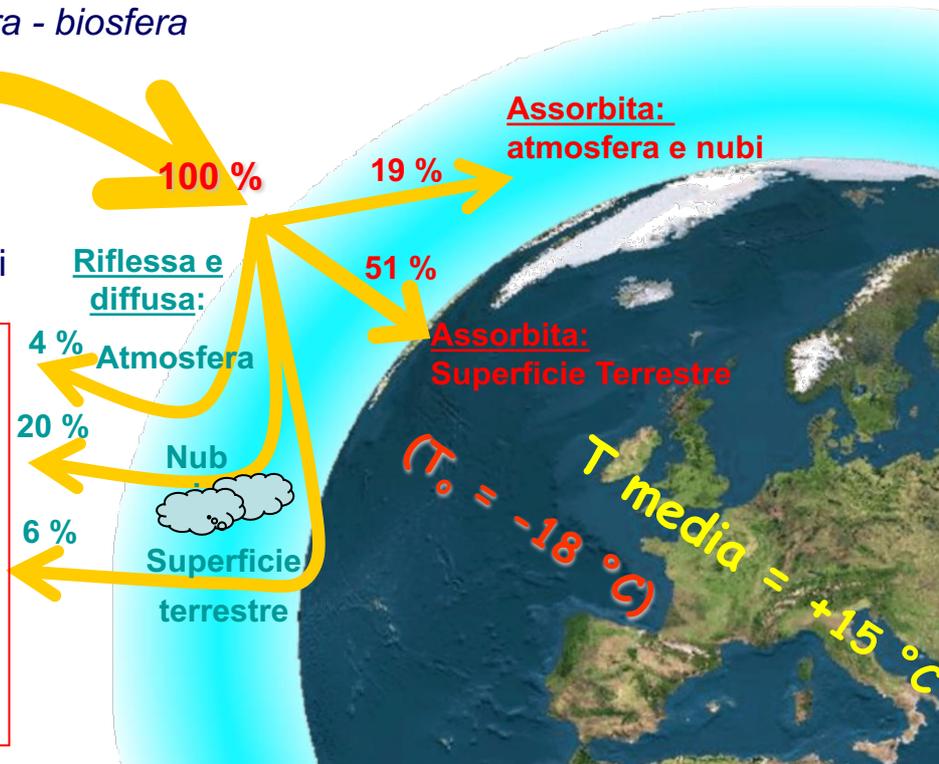
# La Terra ha come fonte primaria di energia il Sole, essenziale per la vita degli organismi



➤ **La radiazione solare** fornisce un flusso medio annuo in entrata di  $1367 \text{ W/m}^2$

➤ fornisce al sistema *terra - atmosfera* l'energia necessaria al compiersi dei processi fisici e chimici che regolano il comportamento del sistema *atmosfera - idrosfera - criosfera - litosfera - biosfera*

➤ fornisce la radiazione che viene trasformata in energia chimica dalle piante, nel processo della fotosintesi



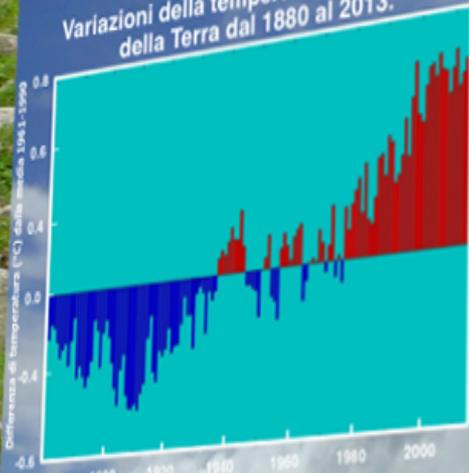
**L'effetto serra "naturale"**  
dovuto alla presenza  
dell'ATMOSFERA  
ha mantenuto una temperatura  
media dell'aria alla superficie  
della Terra di **+15 °C**;  
in assenza dell'atmosfera la  
temperatura alla superficie  
sarebbe di **-18°C**.

# I CAMBIAMENTI CLIMATICI

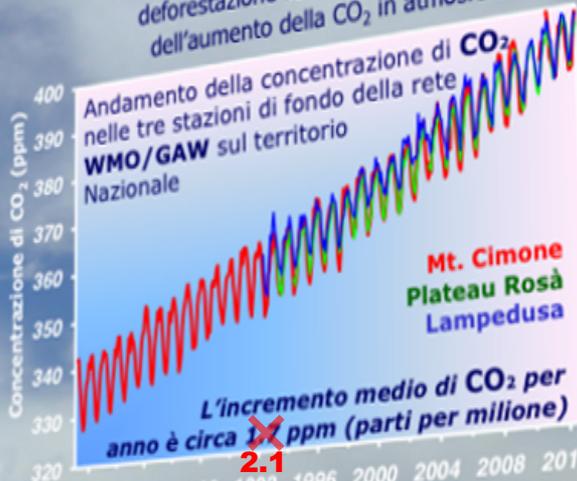
La concentrazione di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera è aumentata del 40% dal 1750.

L'enorme consumo di combustibili fossili e la deforestazione sono la principale causa dell'aumento della CO<sub>2</sub> in atmosfera.

Variazioni della temperatura superficiale della Terra dal 1880 al 2013.



Dalla fine del 1800 ad oggi la temperatura media globale dell'aria è aumentata di circa 0.8 °C



L'incremento medio di CO<sub>2</sub> per anno è circa ~~1.7~~ 2.1 ppm (parti per milione)

Le misure di CO<sub>2</sub> eseguite a Mt. Cimone dal CAMM costituiscono la più lunga serie storica "in condizioni di fondo" in Europa e sono significative dello stato di salute del pianeta.

Il Sentiero dell'Atmosfera



Consiglio Nazionale delle Ricerche



Parco Regionale del Frignano



Servizio Meteorologico Aeronautica Militare



Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente dell'Emilia-Romagna

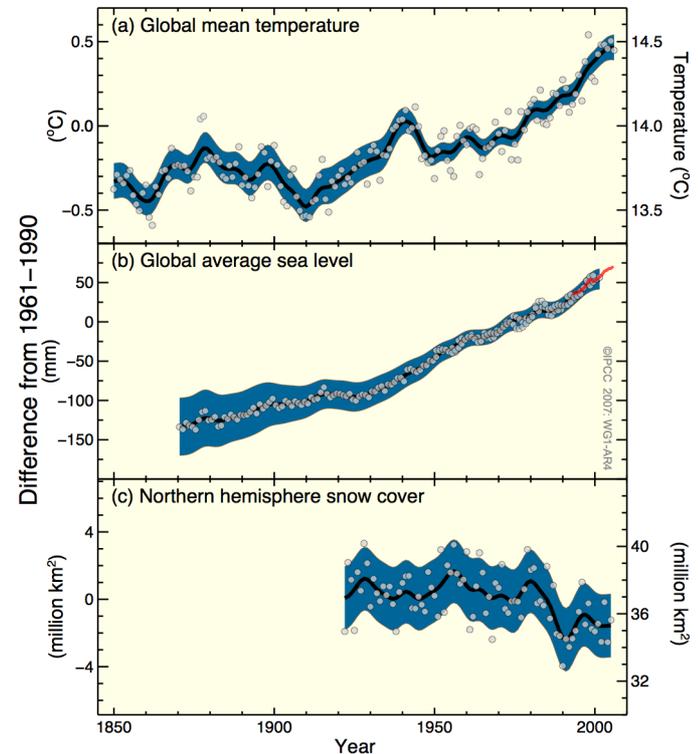
Nel 2004, all'inaugurazione del Sentiero, l'incremento annuo di CO<sub>2</sub> era di 1.7 ppm (vedi cartello) nel 2014 questo valore è salito a 2.1 ppm

Il riscaldamento del sistema climatico è inequivocabile, come è ora evidente dalle osservazioni dell'aumento delle temperature medie globali dell'aria e delle temperature degli oceani, dello scioglimento diffuso di neve e ghiaccio, e dell'innalzamento del livello del mare medio globale (Figura a lato) {3.2, 4.2, 5.5}.



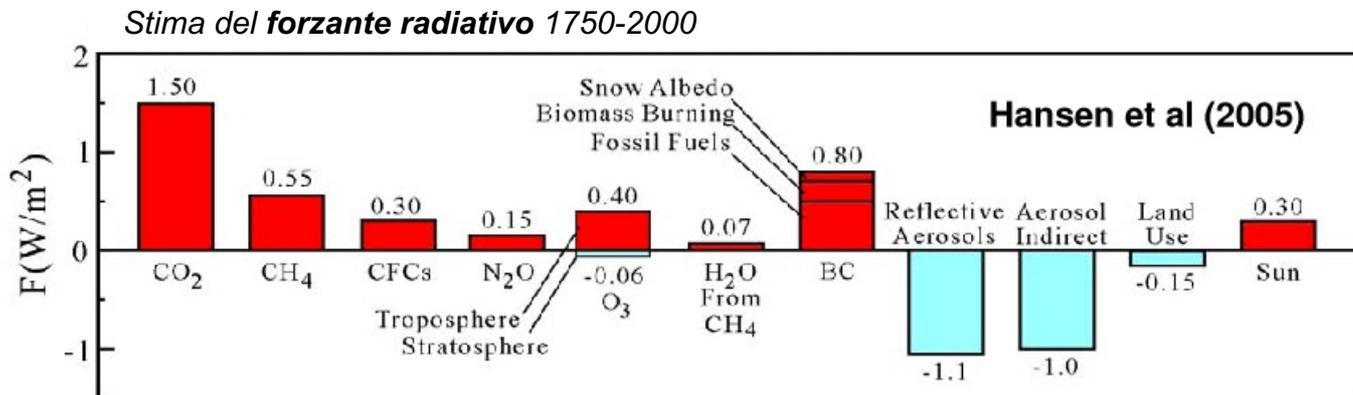
Undici degli ultimi dodici anni (1995-2006) si classificano fra i più caldi mai registrati da quando si hanno misure globali di temperatura alla superficie (dal 1850). Il trend lineare della temperatura media globale aggiornato per gli ultimi 100 anni (1906-2005) è pari a  $+0.74^{\circ}\text{C}$ , quindi maggiore del corrispondente trend per gli anni 1901-2000 ( $+0.6^{\circ}\text{C}$ ) riportato nel precedente rapporto (IPCC, 2003). Il trend di riscaldamento lineare per gli ultimi 50 anni ( $+0.13^{\circ}\text{C}$  per decennio) è quasi il doppio di quello per gli ultimi 100 anni. L'aumento totale della temperatura dal 1850-1899 al 2001-2005 è di  $0.76^{\circ}\text{C}$ .{3.2}

Variazioni della temperatura, del livello del mare e della copertura nevosa dell'emisfero Nord



I cambiamenti nell'atmosfera delle quantità di gas ed aerosol ad effetto serra, della radiazione solare e delle proprietà della superficie terrestre alterano il bilancio energetico del sistema climatico. Questi cambiamenti sono espressi in termini di **forzante radiativo**, che viene usato per valutare come i fattori antropici e naturali influenzino la tendenza al riscaldamento o al raffreddamento del clima globale.

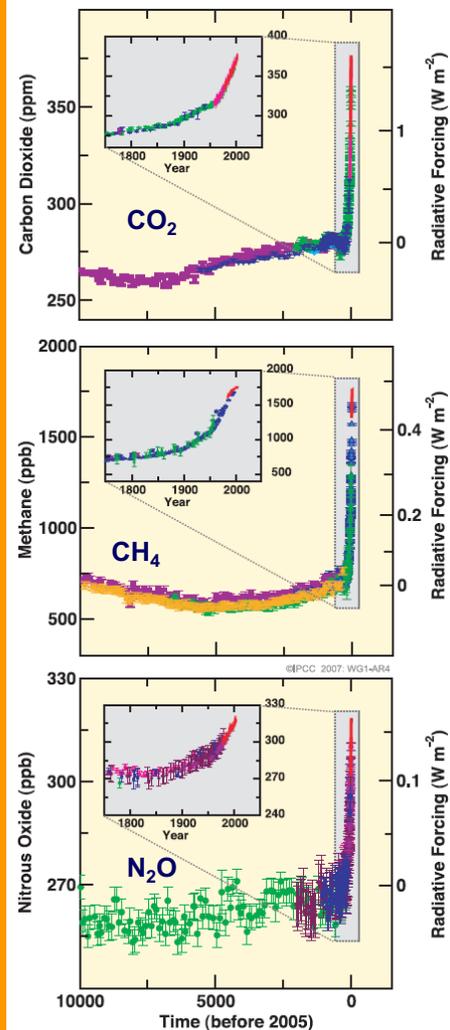
Il **forzante radiativo (radiative forcing)** è la misura dell'influenza che un fattore ha nell'alterare il bilancio di energia in entrata e in uscita nel sistema *Terra - atmosfera* ed è un indice dell'importanza del fattore stesso come un potenziale meccanismo di cambiamento climatico. I forzanti positivi tendono a riscaldare la superficie mentre quelli negativi tengono a raffreddarla. In questo rapporto i valori dei forzanti radiativo sono relativi al 2005 rispetto alle condizioni pre-industriali stimate al 1750 e sono espressi in  $W\ m^{-2}$ .



Con la parola **CLIMA** intendiamo l'insieme delle condizioni meteorologiche e ambientali “tipiche” di un certo periodo (paleoclima, era glaciale, clima del presente, clima del futuro) in una certa area del nostro pianeta (clima continentale, clima temperato, clima tropicale, ...).

Le concentrazioni globali in atmosfera di anidride carbonica, metano e protossido di azoto sono notevolmente aumentate come risultato dell'attività umana dal 1750 e attualmente superano i valori pre-industriali, come dimostrato dall'analisi delle carote di ghiaccio che rappresentano molte migliaia di anni (Figura a lato). L'incremento globale della concentrazione di anidride carbonica è principalmente dovuto all'uso di combustibili fossili ed a cambiamenti di uso del suolo, mentre gli incrementi di metano e protossido di azoto sono principalmente dovuti all'agricoltura. {2.3, 6.4, 7.3}

*Figura a lato: concentrazioni atmosferiche di anidride carbonica, metano e protossido di azoto degli ultimi 10000 anni (pannelli grandi) e dal 1750 (pannelli interni piccoli). Le misure provengono da carote di ghiaccio (i simboli con colori differenti si riferiscono a studi diversi) e campioni atmosferici (linee rosse). I corrispondenti forzanti radiativi sono mostrati sull'asse destro dei pannelli grandi.*



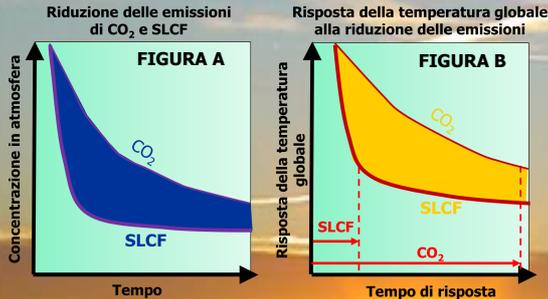
# Gas ed aerosol che riscaldano l'atmosfera

## FORZANTI CLIMATICI A VITA BREVE

Le Forzanti Climatiche a Vita Breve, in *inglese* **Short Lived Climate Forcers – SLCF** sono i composti atmosferici – gas o aerosol - in grado di esercitare un effetto sul clima, ma su scale molto più brevi rispetto a quelli della molecola dell'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>).

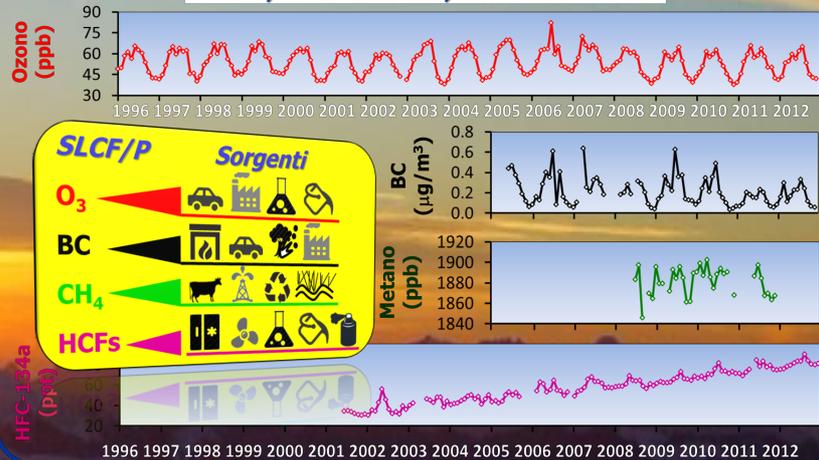
Tempi di vita\* dei composti clima-alteranti (SLCF) a vita breve

Ozono	~ settimane	Il *tempo di vita di un composto atmosferico è il periodo in cui la concentrazione iniziale diminuisce di circa il 37%
Black carbon	~ settimane	
Metano	~ 10 anni	
HFCs	~ 15 anni	
Anidride carbonica	~ 100 anni	



Riducendo le emissioni degli SLCF, si ridurrebbero le loro concentrazioni in tempi molto più brevi rispetto alla CO<sub>2</sub> (figura A). Si otterrebbe così una riduzione dell'aumento di temperatura (figura B) in tempi più brevi rispetto a quella che si avrebbe agendo sulla sola CO<sub>2</sub>, con effetti positivi sul clima, sulla qualità dell'aria e di conseguenza sulla salute della popolazione, della vegetazione e dell'ambiente

A Mt. Cimone si eseguono misure continue dei principali SLCF: **ozono, black carbon, metano e HFCs**



# 5° Rapporto IPCC

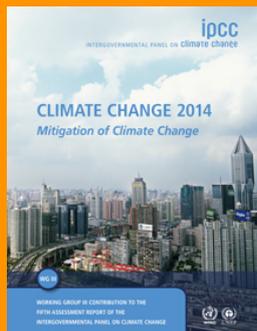
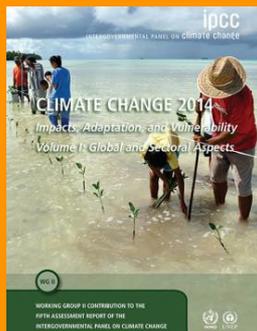
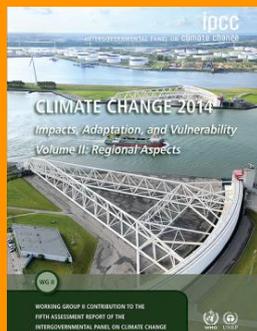
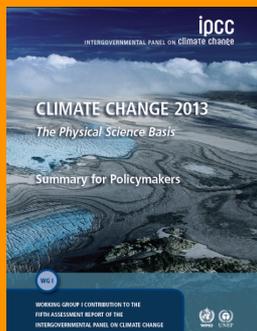
ipcc

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE



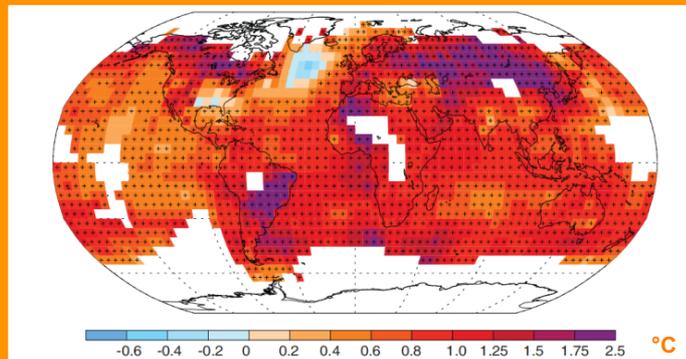
- 4 volumi: ca. 6000 pagine
- Durata della preparazione: ca. 4 anni
- Pubblicazioni scientifiche esaminate: ca. 30.000

- Autori principali: ca. 850 scienziati da 70 Paesi
- Hanno contribuito: ca. 1200 scienziati da 54 Paesi
- Scienziati revisori dei testi: ca. 3500 da 84 Paesi



## Il riscaldamento del clima della Terra è

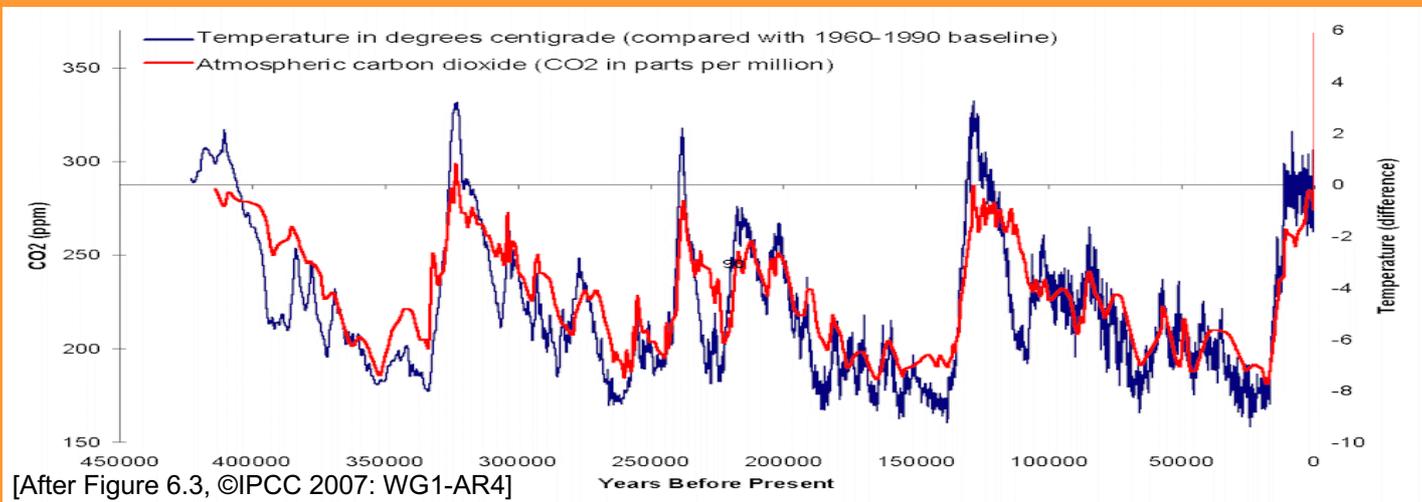
Cambiamento della temperatura 1901-2012



INEQUIVOCABILE

E' provata l'influenza delle attività dell'uomo sul sistema climatico terrestre

<http://www.ipcc.ch/>



Nella storia del pianeta Terra si sono alternati in modo naturale **periodi freddi (glaciazioni)** a **periodi temperati (periodi interglaciali)** con variazioni di temperatura media dell'ordine di una decina di gradi centigradi. Il susseguirsi di ere glaciali non è casuale ma è 'forzato' da diverse cause: i cambiamenti dell'orbita terrestre e della radiazione solare incidente, la disposizione fisica dei continenti sulla superficie terrestre, la composizione dell'atmosfera, ... L'attuale periodo interglaciale è in atto da quasi 11000 anni. Attualmente, rispetto al passato, l'uomo 'forza' il sistema in un nuovo modo. Gli aumenti di CO<sub>2</sub> sono oggi principalmente dovuti all'uso dei combustibili fossili al punto che la CO<sub>2</sub> non ha mai raggiunto i livelli odierni in quasi un milione di anni.

La **concentrazione di CO<sub>2</sub> a Mt. Cimone**, così come le concentrazioni misurate a **Mauna Loa (Hawaii)** e nelle altre stazioni di fondo presenti sulla Terra, hanno **superato nell'anno 2015 la soglia dei 400 ppm**, con incrementi annuali medi di circa 2.11 ppm.

**Il CLIMA determina lo sviluppo degli organismi animali e vegetali, influenzando anche le attività economiche delle popolazioni che vi abitano, le loro abitudini e la loro cultura**

## CLIMA & QUALITÀ DELL'ARIA: DUE FACCE DELLA STESSA MEDAGLIA

- Qualità dell'aria e cambiamenti climatici sono due facce della stessa medaglia poiché molti composti inquinanti sono anche clima-alteranti
- ... ma vengono ancora trattati troppo spesso separatamente dai decisori.
- Le emissioni di inquinanti antropici e naturali modifica la composizione dell'atmosfera e il suo bilancio radiativo, influenzando clima e qualità dell'aria.
- La riduzioni di gas ad effetto serra porta benefici anche alla qualità dell'aria.
- I principali gas serra provengono in realtà dalle stesse sorgenti degli inquinanti atmosferici e una strategia di riduzione coordinata potrebbe costituire un modo efficace per garantire benefici ad entrambi i settori



*Report Research findings in support of EU air quality review, 2013*

### Il clima come bene comune

*23. Il clima è un bene comune, di tutti e per tutti. **L'umanità è chiamata a prendere coscienza della necessità di cambiamenti di stili di vita, di produzione e di consumo, per combattere questo riscaldamento o, almeno, le cause umane che lo producono o lo accentuano.** E' vero che ci sono altri fattori (quali il vulcanismo, le variazioni dell'orbita e dell'asse terrestre, il ciclo solare), ma numerosi studi scientifici indicano che la maggior parte del riscaldamento globale degli ultimi decenni è dovuta alla grande concentrazione di gas serra (biossido di carbonio, metano, ossido di azoto ed altri) emessi soprattutto a causa dell'attività umana.*

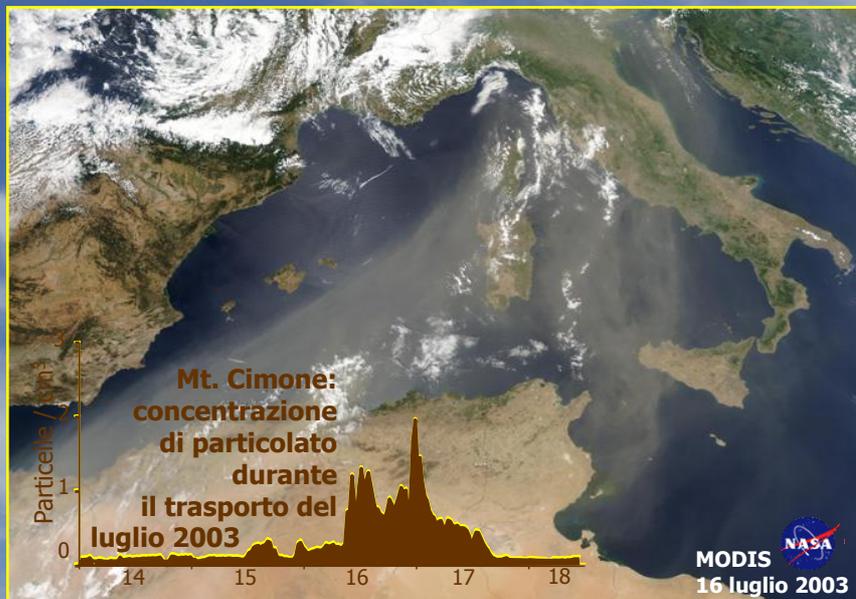
*dalla LETTERA ENCICLICA LAUDATO SI' 24 maggio, 2015*

*Franciscus*

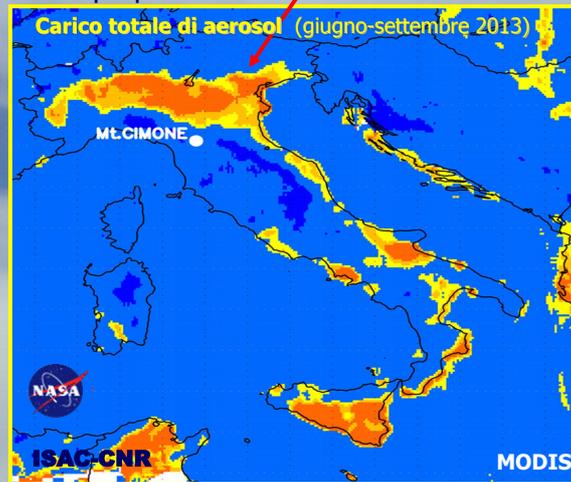
# PARTICOLATO

Particelle solide o liquide che si trovano in atmosfera, originate dalla natura o dall'uomo

Quando soffia il vento dal Sahara ... grandi quantità di particolato (sabbia, aerosol minerale) possono raggiungere il continente americano o l'Europa.



Quando l'inquinamento si forma e si accumula ... grandi quantità di "polveri fini" (PM10, materiale particolato più piccolo di 10 micrometri) di origine antropica possono ricoprire vaste aree, come la Pianura Padana. Il particolato influenza il clima riflettendo e/o assorbendo la radiazione solare e modificando anche le proprietà delle nubi.



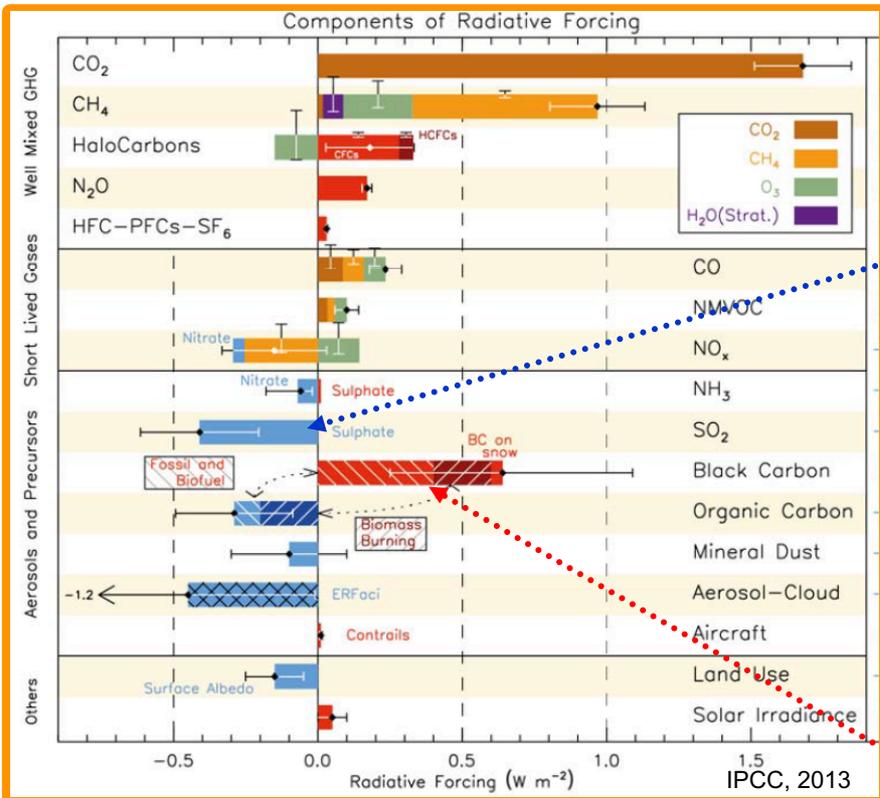
A Mt. Cimone, ogni anno il CNR osserva e identifica in media 18 eventi di trasporto di masse d'aria provenienti dal Sahara e ricche di sabbia.

## Il particolato atmosferico o AEROSOL ha diverse sorgenti:

- **Naturali:** vulcani, spray marino, polveri desertiche, fumo, pollini. ...
- **Antropiche:** combustione (combustibili fossili), emissioni da autoveicoli (pneumatici, freni, manto stradale), processi industriali (raffinerie, industria chimica, cementifici), agricoltura (fertilizzanti e anticrittogamici). **Viene poi rimosso da processi di deposizione secca e deposizione umida** (nebbie, precipitazioni).



Eruzione Pinatubo, 1991



I contributi antropici agli aerosol (solfati, carbonio organico, nero fumo, nitrati e polveri) insieme producono un **effetto di raffreddamento (forzante negativo)**, con un forzante radiativo diretto totale di  $-0.27$  [da  $-0.77$  a  $0.23$ ]  $\text{Wm}^{-2}$  ed un forzante indiretto dovuto all'albedo delle nuvole di  $-0.55$  [da  $-0.25$  a  $-0.05$ ]  $\text{Wm}^{-2}$ . Gli aerosol influenzano anche il tempo di vita delle nubi e le precipitazioni. {assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5\_SPM\_FINAL}

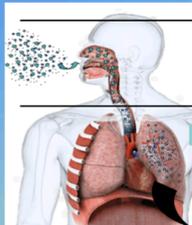
In alcuni casi quando gli aerosol (es. black carbon / nero fumo) assorbono la radiazione solare producono un effetto di **riscaldamento (forcing positivo)**. 25

# Inquinamento atmosferico e cambiamenti climatici:

## impatto sanitario ed economico

Attraverso i nostri polmoni passano 12.000 litri di aria al giorno.

I nostri polmoni rappresentano al contempo per il nostro organismo la prima difesa dagli inquinanti atmosferici e la loro via di deposizione e di penetrazione all'interno del nostro corpo



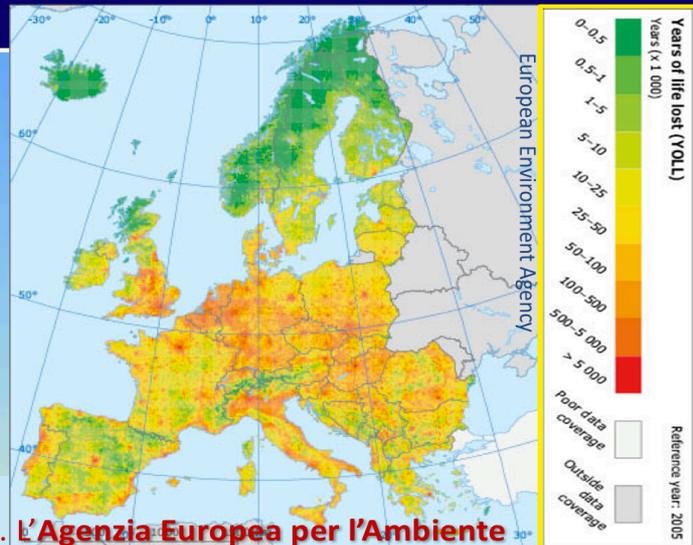
*I sintomi di una breve esposizione all'aria inquinata sono le irritazioni delle vie respiratorie e l'insufficienza respiratoria.*

*Esposizioni prolungate aumentano il rischio di tumore ai polmoni e possono determinare decessi per cause respiratorie, cardiache e circolatorie.*

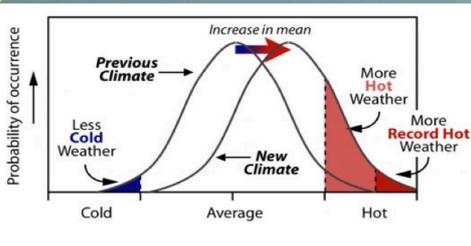
### L'inquinamento atmosferico

peggiora il nostro stato di salute e la nostra qualità della vita.

stima in circa **9 mesi** la riduzione media della speranza di vita in Europa dovuta all'inquinamento atmosferico. Tale stima arriva a **36 mesi** considerando le regioni più inquinate come la Pianura Padana.



### L'Agenzia Europea per l'Ambiente



Nei prossimi decenni è previsto un aumento delle temperature, sia nei valori medi che in quelli estremi, che potranno favorire il ripetersi di ondate di calore con danni per uomo e ambiente

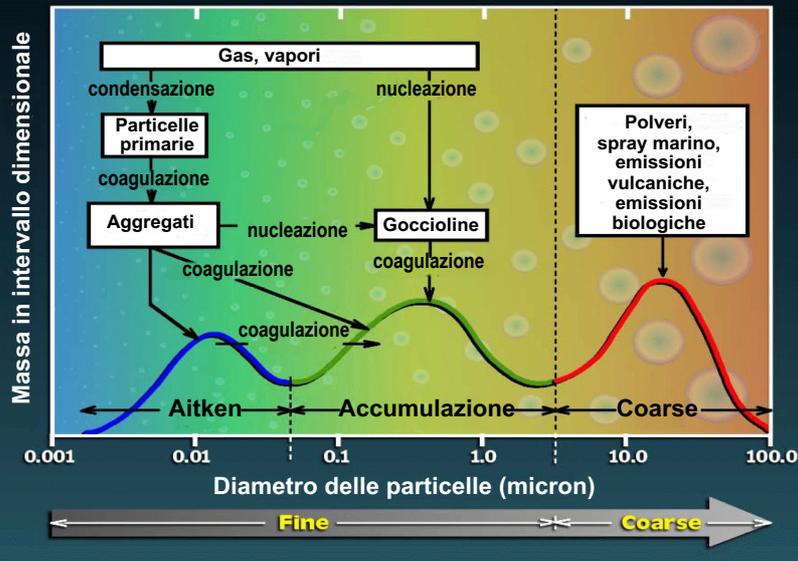
**L'inquinamento atmosferico rappresenta un rilevante problema sanitario a cui si accompagna un importante impatto economico, stimato in circa 80 miliardi di euro l'anno** (cifra che include spese per assistenza sanitaria, consumo di farmaci e assenze dal lavoro).



## DIMENSIONI

Sulla base del loro “diametro aerodinamico” le particelle atmosferiche sono suddivise in:

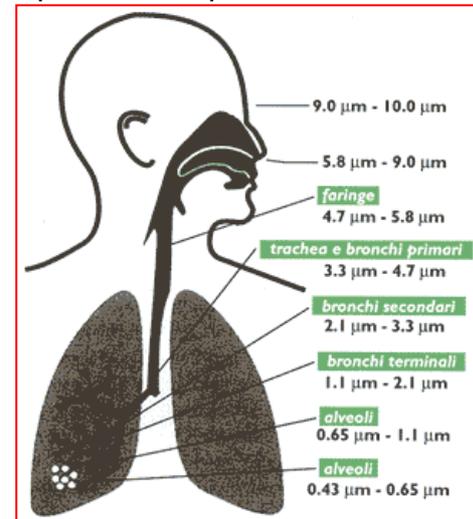
- Particelle di Aitken (10-100 nm): generalmente costituite dai prodotti della condensazione di vapori ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_x$ , prodotti di combustione, composti organici volatili).
- Particelle di Accumulazione (100 nm-1  $\mu\text{m}$ ): formate per coagulazione di particelle di Aitken o condensazione di gas su particelle preesistenti (nucleazione eterogenea).
- Particelle grossolane (coarse) (> 1  $\mu\text{m}$ ): principalmente prodotte da processi meccanici



Fra i vari inquinanti atmosferici, le particelle in sospensione sono risultate l'indicatore di qualità dell'aria più spesso associato ad effetti negativi sulla salute dell'uomo:

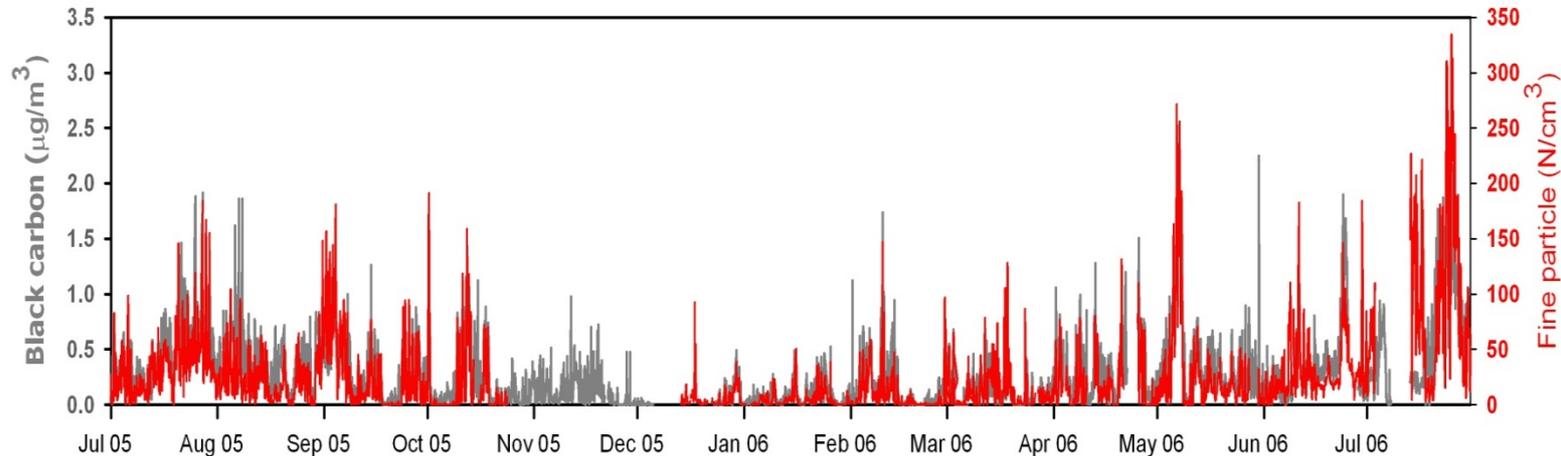
**malattie respiratorie (asma, tosse, bronchiti, ...), malattie cardiovascolari, aumento complessivo della mortalità**

Tali effetti sono sia a breve termine (acuti) sia a lungo termine (cronici). Più il particolato è fine, più penetra in profondità nelle vie respiratorie e quindi, la sua dimensione, oltre alla sua composizione, è uno dei fattori che più ne determinano la pericolosità per la salute umana.



Le **particelle fini (modo accumulazione)** e la frazione carboniosa assorbente del particolato (che viene chiamata black carbon) sono buoni indicatori del grado di inquinamento di una massa d'aria. In particolare il **black carbon** è originato da tutti i processi di combustione ed è abbastanza inerte (viene quindi trasportato con poche modificazioni). Esiste anche la possibilità che nuove particelle ultrafini si formino da vapori di gas inquinanti (processo di nucleazione). Queste tendono poi a crescere in diametro nel tempo.

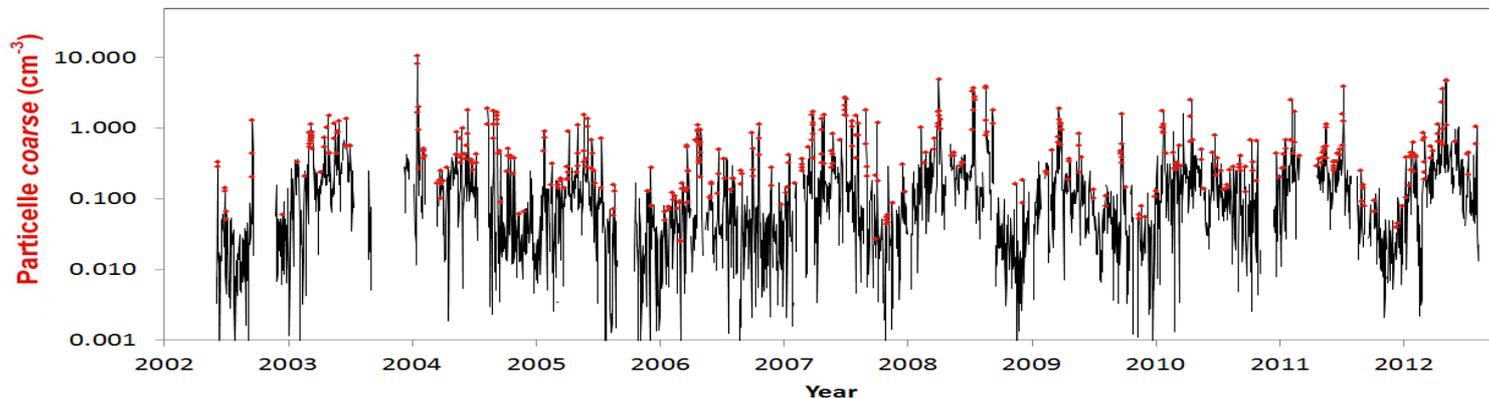
Le particelle fini sono misurate a Mt. Cimone da un contatore ottico (laser) dal 2002, il black carbon dal 2005 con una tecnica che misura l'attenuazione della trasmittanza delle particelle accumulate su un filtro (PSAP-MAAP). Come si vede dall'andamento delle concentrazioni di particelle fini e black carbon (2005-2006) ai valori di fondo si sovrappongono episodi di inquinamento, più frequenti e intensi in estate. La maggior parte di questi eventi sono dovuti al trasporto di masse d'aria inquinata dalla pianura Padana (strato di rimescolamento), altri al trasporto dal centro Italia e dall'Europa continentale.



Concentrazioni di **particelle fini** e **black carbon** per il periodo luglio 2005 – settembre 2006 a Mt. Cimone.

Le **particelle più grandi (coarse)** sono buoni indicatori del trasporto di polveri minerali all'interno di una massa d'aria. In particolare, la sabbia dei deserti può essere sollevata e trasportata in atmosfera per migliaia di chilometri. Oltre all'impatto che l'aerosol minerale ha sul clima, non meno rilevante risulta il contributo ai livelli di inquinamento misurati dalle reti di rilevamento della qualità dell'aria.

Mt. Cimone rappresenta uno dei primi rilievi montuosi incontrati dalle masse d'aria, spesso ricche di **sabbia Sahariana**, che dal Nord Africa si spingono verso l'Europa. Le misure in continuo della distribuzione dimensionale dell'aerosol nel periodo agosto 2002 – settembre 2012, unitamente all'analisi delle traiettorie, ha permesso al CNR di identificare **474 giorni di trasporto di aerosol minerale dal Nord Africa** (in media circa 47 giorni/anno). In Emilia-Romagna, l'analisi dei dati registrati dalle centraline ARPA di rilevamento della qualità dell'aria ha evidenziato che in occasione di alcuni degli eventi identificati a Mt. Cimone sono stati registrati incrementi di PM10 anche al di sopra della soglia consentita dalla normativa vigente.



Concentrazioni di particelle **grossolane (coarse)** per il periodo agosto 2002 – settembre 2012 a Mt. Cimone. I punti **rossi** identificano gli **eventi di trasporto di sabbia dal Sahara**.



# Il **naso** e gli **occhi** del Cimone per studiare l'**INQUINAMENTO**

NO<sub>x</sub> (ossidi di azoto, NO ed NO<sub>2</sub>), VOC (composti organici volatili), SO<sub>2</sub> (anidride solforosa) e particolato atmosferico (tra cui il black carbon), sono tra i principali inquinanti analizzati a Mt. Cimone. In presenza di NO<sub>x</sub> e VOC, l'intensa radiazione solare favorisce la produzione di O<sub>3</sub> (ozono).

Black carbon

O<sub>3</sub>

SO<sub>2</sub>

NO<sub>x</sub>

VOC

particolato



## Visto da Mt. Cimone:

l'inquinamento spesso rimane confinato sotto i 2000-2500 m di quota (*strato di rimescolamento*) ed, osservando la pianura padana da Mt. Cimone, è facile notare questo strato di colore grigio scuro.

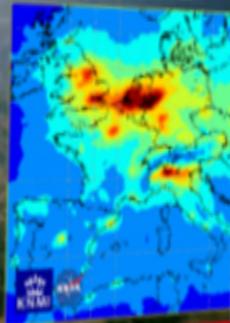
*A Mt. Cimone, durante l'estate, si osservano i massimi valori mensili di ozono (62 ppb) e di black carbon (318 ng/m<sup>3</sup>) a causa dell'efficiente trasporto di inquinamento dalla Pianura Padana e da altre zone Europee: l'inquinamento non conosce confini*

*L'ozono arriva a Mt. Cimone anche a causa di processi naturali: in media, ogni anno, 36 giorni sono influenzati da trasporto di masse d'aria ricche di ozono provenienti dalla stratosfera.*

## Visto da satellite: AURA - OMI

A Mt. Cimone, misure DOAS rivelano che 37 giorni/anno sono soggetti ad elevati valori di NO<sub>2</sub>.

La macchia giallo-rossastra che copre la pianura padana rivela la elevata concentrazione di NO<sub>2</sub> in trappola misurata dal satellite.



Il Sentiero dell'Atmosfera



Consiglio Nazionale delle Ricerche



Parco Regionale del Frignano



Servizio Meteorologico Aeronautica Militare



Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente dell'Emilia-Romagna

# L'INQUINAMENTO ATMOSFERICO

Ecco nel dettaglio alcuni degli inquinanti che influenzano negativamente la **QUALITA' DELL'ARIA**

della **Pianura Padana** e di molte città.

## Biossido di Azoto

Gas dall'odore acre, giallo-bruno ed attivo chimicamente. Inquinante secondario/primario con tempi di permanenza in atmosfera da ore a giorni. Ha un ruolo chiave nella formazione fotochimica dell'ozono.

Sorgenti: traffico veicolare, attività industriali, riscaldamento, combustioni ad alte temperature.

Sorgenti:

traffico veicolare ed attività industriali. Presente in elevate concentrazioni nei fumi delle sigarette.

## Ozono

Gas dall'odore pungente, molto attivo chimicamente. Inquinante secondario con tempi di permanenza in atmosfera da ore a settimane.

Sorgenti: trasporto dalla stratosfera.

In troposfera, principalmente prodotto da reazioni fotochimiche in presenza di suoi precursori ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{VOC}$ ).



## L'impatto

ambientale di una sostanza dipende dalle sue proprietà chimico-fisiche e dalla quantità che viene emessa in atmosfera.



## Monossido di Carbonio

Gas incolore, inodore e con bassa reattività chimica. Inquinante primario con tempo di permanenza in atmosfera da 1 a 4 mesi. Ha un ruolo importante nella formazione fotochimica dell'ozono.



## Benzene

Gas cancerogeno, dall'odore dolciastro.

Inquinante primario della famiglia dei

VOC (Volatil Organic Compounds, Composti Organici Volatili). Ha un tempo di

permanenza in atmosfera di alcuni giorni.

Sorgenti: traffico veicolare, incendi e combustione incompleta di idrocarburi in genere.

# Quando l'inquinamento arriva in montagna...

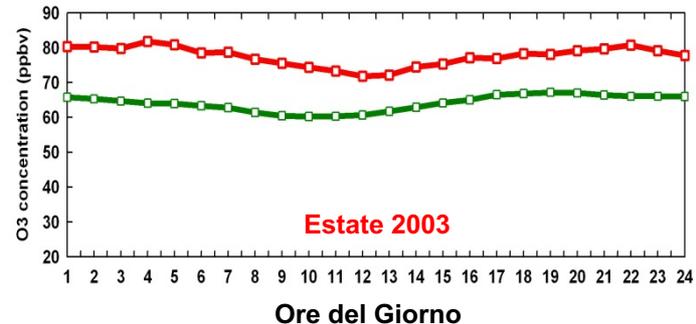
Normalmente, rispetto a quanto avviene nelle nostre città, l'aria "respirata" in montagna è estremamente pulita. Tuttavia, soprattutto nei periodi estivi e durante particolari condizioni meteorologiche, l'inquinamento che si forma ed accumula nelle aree pianeggianti (nello **strato di rimescolamento**) può essere trasportato e raggiungere aree di alta montagna.

Quando masse d'aria inquinate giungono a Monte Cimone, nel periodo estivo si registrano incrementi delle concentrazioni di ozono ed altri inquinanti gassosi oltre ad un consistente aumento di materiale particolato.

Masse d'aria "pulite"

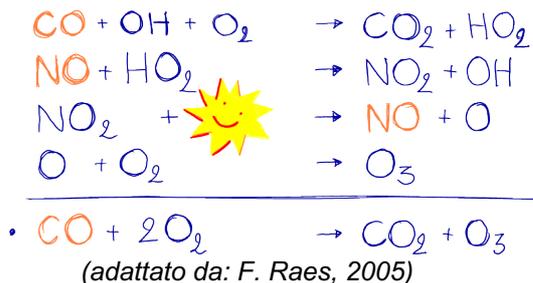
Durante episodi di inquinamento registrati a Mt. Cimone, i filtri su cui si campiona l'aerosol atmosferico (PM10) assumono una colorazione **bruna** rispetto alla normalità dei filtri, solitamente chiari (non inquinati). Il filtro in alto è stato campionato in "condizioni pulite", quello in basso quando masse d'aria inquinate hanno raggiunto il sito di misura.

Masse d'aria "inquinata"



A Mt. Cimone, nei giorni di inquinamento registrati durante l'estate, in media la concentrazione di **ozono** **aumenta di circa il 10%** rispetto a quanto registrato nelle normali **condizioni di fondo**.

Gli **inquinanti primari** (es. CO, NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, particelle) sono emessi direttamente dalle attività umane. Gli **inquinanti secondari** (es. O<sub>3</sub>, HSO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub>, particelle) sono il risultato di complesse reazioni chimico-fisiche che coinvolgono alcuni degli inquinanti primari.



*Produzione fotochimica dell'ozono*  
 la molecola di CO (inquinante *primario*) può reagire con l'ossigeno (O<sub>2</sub>) ed il radicale OH favorendo la produzione di O<sub>3</sub> (inquinante *secondario*) grazie alla "rottura" della molecola di NO<sub>2</sub> ad opera della radiazione solare

Foglie di Pioppo Giallo e Soia: appaiono evidenti le tipiche lesioni da stress indotte da lunghe esposizioni ad elevate concentrazioni di ozono.

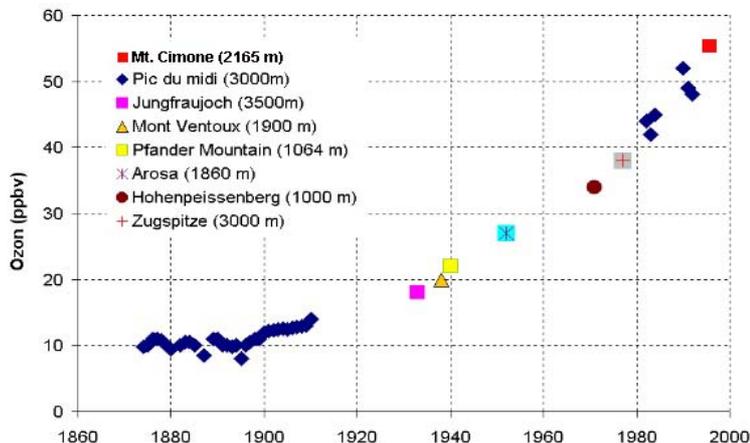


## L'ozono troposferico

Sino a circa 150 anni fa, i livelli di ozono in troposfera erano determinati da **processi naturali**: fulmini e intrusioni di masse d'aria dalla stratosfera.

Rispetto ad allora i livelli di ozono registrati in Stazioni di montagna sono passati da circa 25 a circa 55 ppbv. Questo a causa dei fenomeni di produzione fotochimica legata all'aumento delle **emissioni di precursori** dell'ozono (CO, VOC, NO, NO<sub>2</sub>) dovute alle **attività umane**. Tale fenomeno risulta particolarmente preoccupante per due motivi:

- 1) nella media ed alta **troposfera** l'ozono è un **efficiente gas-serra** (vedi cartello 4);
- 2) alla **superficie** ove noi viviamo, elevate concentrazioni di ozono hanno **ricadute negative sulla salute umana e sugli ecosistemi**.

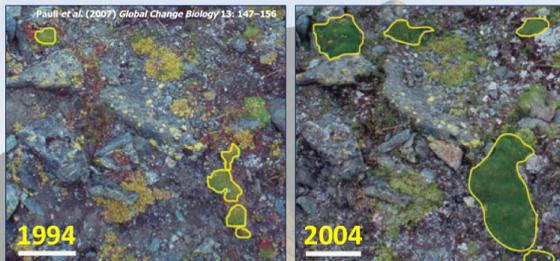


Livelli medi di ozono troposferico registrati presso varie stazioni montane a partire dal 1870 (adattato da: Valérie Gros, MPI Mainz)

# Cambiamenti climatici e inquinamento minacciano la **VEGETAZIONE MONTANA**

Le montagne più elevate dell'Appennino Settentrionale ospitano numerose specie alpine che durante le glaciazioni sono migrate verso Sud.

L'aumento della temperatura del Pianeta modifica l'**habitat montano** e favorisce la **risalita in quota** di specie maggiormente competitive.



Riduzione di copertura di *Silene acaulis* registrata tra il 1994 ed il 2004 dal progetto GLORIA.

L'Università di Pavia, in collaborazione con l'ISAC-CNR, conduce studi sull'impatto del cambiamento climatico sulla flora d'alta quota dell'Appennino.

In seguito alle **ondate di calore**, la capacità riproduttiva delle piante montane dell'Appennino Settentrionale si riduce e gli apparati vegetativi subiscono danni (disseccamento).



Nel periodo 1960 – 2011, sono state osservate **13 ondate di calore** a Mt. Cimone, **tutte negli ultimi 20 anni**.

**L'intensificazione di questi fenomeni e l'aumento delle concentrazioni di inquinanti potrebbero compromettere la sopravvivenza delle piccole popolazioni appenniniche di flora d'alta quota.**

Gli **ecosistemi montani** sono ricchi di **biodiversità** fortemente minacciata dal cambiamento climatico in atto. I principali fattori di rischio per la biodiversità montana sono:

**l'incremento di temperatura**, che provoca: spostamento altitudinale delle specie, riduzione degli habitat idonei, cambiamenti fenologici, fenomeni di asincronia nella riproduzione;

**l'incremento di CO<sub>2</sub>** in atmosfera e di conseguenza nei cicli biogeochimici: effetti sulla fisiologia (fotosintesi, respirazione, crescita delle piante, efficienza nell'utilizzo di acqua, composizione dei tessuti, metabolismo); aumento dei nutrienti;

**aumento di eventi estremi**: erosione con riduzione di habitat o soppressione di specie rarissime, superamento delle soglie di adattamento delle specie (siccità, precipitazioni, temperatura ).



*In Europa, sulle vette delle montagne, il numero di specie vegetali sta crescendo e il trend appare in forte accelerazione.*

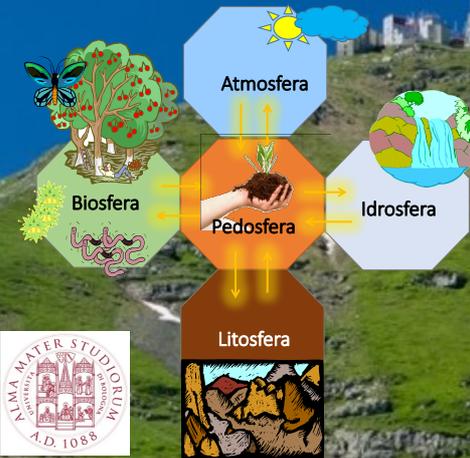
*Nel decennio 2007-2016 il numero di specie è aumentato di 5 volte rispetto a 50 anni fa, 1957-1966, e risulta ben correlato con l'aumento delle temperature, facendo prevedere un rischio estinzione delle specie meno competitive.*



**Il Giardino Botanico Alpino Esperia** situato in prossimità di Passo del Lupo e non lontano dal Lago della Ninfa, a quota 1500 m, "introduce" al **Sentiero dell'Atmosfera**. Da decenni è curato dal **CLUB ALPINO ITALIANO, C.A.I.** Il Giardino ha finalità divulgative e ospita **flora Appenninica, Alpina** e specie introdotte da altri ambienti montani, come l'**Himalaya**. Facilmente fruibile ad ogni età, parte dei suoi percorsi sono agevoli e quindi percorribili da tutti i visitatori. Tra le tante specie si possono individuare quelle, come **Geranium argenteum**, adattate all'alta quota e fortemente minacciate dal **Cambiamento Climatico**.

# Sopra il *limite degli alberi* per studiare il **SUOLO** e il **CLIMA**

La **PEDOSFERA** rappresenta l'interfaccia tra **atmosfera**, **idrosfera**, **litosfera** e **biosfera**



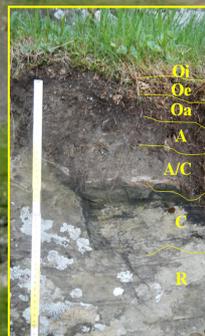
Università di Bologna

Il **SUOLO** si forma ed evolve in funzione di **clima**, **litologia**, **morfologia** e caratteri **biotici** in intervalli variabili di **tempo (FATTORI DELLA PEDOGENESI)** e dal loro interagire si attivano processi chimico-fisici differenti da luogo a luogo.

Nella fase di formazione del suolo, il fattore clima mediante il variare delle temperature e delle acque meteoriche incide sia sulla disgregazione ed alterazione delle rocce sia sulla colonizzazione delle diverse componenti della biosfera (flora, macro-microfauna, microorganismi) portando a caratteristiche chimico-fisiche e biochimiche diverse lungo il profilo.

## Come leggere il SUOLO

Il **SUOLO** si «legge» verticalmente, dalla superficie in profondità, in un **PROFILO** lungo il quale si distinguono più livelli, detti **ORIZZONTI**, spesso distinguibili in funzione del colore e di alcuni caratteri chimico-fisici (struttura, porosità, radici, contenuto di sabbia, limo e argilla, carbonio organico ed inorganico).



Gli orizzonti del suolo vengono indicati con lettere codificate dai Sistemi Tassonomici Internazionali

- O - orizzonti organici
- A - orizzonti organo-minerali
- E - orizzonti di lisciviazione o perdita di elementi
- B - Orizzonti di accumulo o di alterazione
- C - orizzonti minerali derivati dalla disgregazione e/o alterazione della roccia (substrato pedogenetico)
- R - roccia da cui si origina il suolo (roccia madre)

Il ruolo cruciale svolto dai **SUOLI** nel ciclo del carbonio è riconosciuto dalle convenzioni su desertificazione, cambiamento climatico, biodiversità. Il **protocollo di Kyoto** sottolinea che il **SUOLO** svolge una funzione importante per l'immagazzinamento del carbonio, che deve essere tutelata e, se possibile, rafforzata. Alcune pratiche di gestione del **SUOLO** consentono il sequestro del carbonio nei terreni agricoli e forestali e in tal modo possono mitigare gli effetti dovuti ai cambiamenti climatici.

Il **SUOLO** è il comparto ambientale che costituisce la più grande riserva di carbonio organico negli ecosistemi terrestri. Globalmente la quantità di carbonio immagazzinata nei **SUOLI** è pari a circa quattro volte quella presente nella vegetazione. La diminuzione del contenuto di carbonio organico nei suoli è considerata una minaccia ed un elemento di degrado del suolo stesso, ("Strategia tematica per la protezione del suolo" della Commissione Europea).





Il concomitante agire del **CLIMA** sulla **LITOSFERA** e sulla **BIOSFERA** porta alla formazione ed evoluzione del **SUOLO**, che viene definito come *lo strato superiore della crosta terrestre che si genera attraverso lunghi processi fisico-chimici e biochimici*. L'insieme di questi processi prende il nome di **PEDOGENESI**: dal greco Πέδον (suolo) e γένεσις (nascita).

Il **SUOLO** è un corpo vivente estremamente complesso e variabile nelle sue forme.

Il **SUOLO** è un corpo vivente estremamente complesso e variabile. Poiché la sua formazione ed evoluzione è un processo estremamente lento, il suolo può essere considerato essenzialmente come una risorsa primaria NON RINNOVABILE.

Un centimetro di suolo può formarsi in 1000 anni.

Le MINACCE quali **erosione, perdita di C organico, inquinamento, compattamento ed impermeabilizzazione**) portano velocemente al suo **DEGRADO**.



Il **SUOLO** è considerato un importante **SERBATOIO DI CARBONIO** e la sostanza organica ha un ruolo importantissimo nella sua fertilità e nel sequestro di Carbonio dall'atmosfera svolgendo importanti funzioni chimiche, fisiche e biologiche.



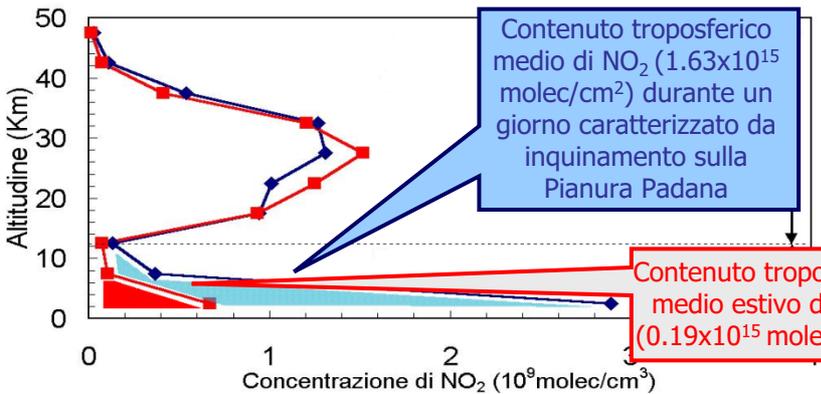
Il **Telerilevamento**, in inglese **Remote Sensing**, è utilizzato per studiare anche la composizione dell'atmosfera e permette di ricavare informazioni qualitative e quantitative mediante misure di radiazione elettromagnetica, emessa, riflessa, trasmessa o assorbita dai composti atmosferici (gas o aerosol) che si intende studiare. Gli strumenti per il telerilevamento possono operare con base al suolo o essere installati su satelliti. Gli spettrometri alloggiati sui satelliti registrano l'intensità di luce che viene assorbita dalle molecole dei composti presenti in atmosfera. Il **GOME** (*Global Ozone Monitoring Experiment*) è uno spettrometro che misura la radiazione nel campo spettrale UV-IR.

**COPERNICUS Sentinel-5** esegue il monitoraggio delle concentrazioni di gas in traccia e degli aerosol nell'atmosfera per supportare i servizi operativi che coprono applicazioni in tempo quasi reale di qualità dell'aria, monitoraggio del protocollo di qualità dell'aria e monitoraggio del protocollo climatico. Lo strumento Sentinel-5 / UVNS è un sistema a spettrometro ad alta risoluzione che opera nell'intervallo infrarosso ultravioletto a corto raggio con 7 diverse fasce spettrali.

## Spettroscopia ad assorbimento ottico differenziale DOAS

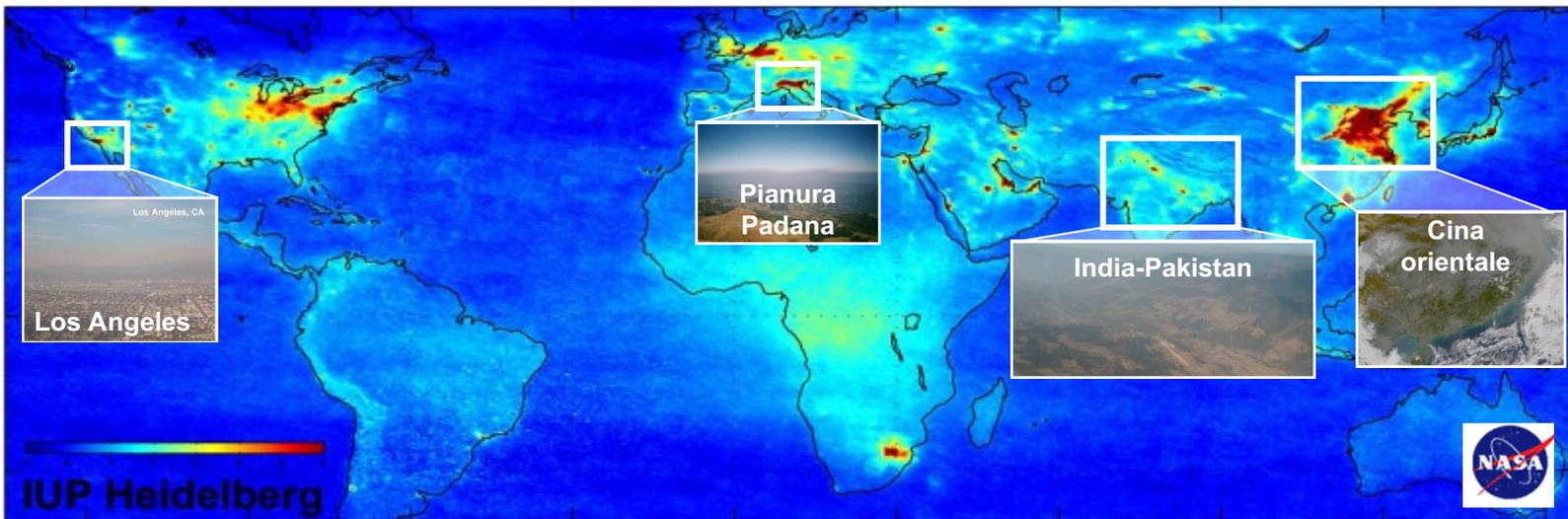
Differential Optical Absorption Spectroscopy è una tecnica che sfrutta l'assorbimento da parte dei composti atmosferici della luce emessa da una sorgente naturale (es. il sole) o artificiale (una lampada) per rilevarne la concentrazione dei gas. Misure eseguite in alta montagna sono usate anche per validare i dati forniti dai satelliti.

Mt. Cimone – Misure DOAS



Dal 1993 è in funzione a Mt. Cimone un sistema DOAS che esegue misure di NO<sub>2</sub> ed O<sub>3</sub> permettendo di definire il suo contenuto troposferico e stratosferico.

Il sensore *GOME*, posto sul satellite europeo ERS-2, permette di misurare la concentrazione di  $\text{NO}_2$ , uno dei principali inquinanti antropici presente in troposfera, evidenziando le aree del Pianeta maggiormente inquinate (definite come “*hot spots*”, punti caldi).

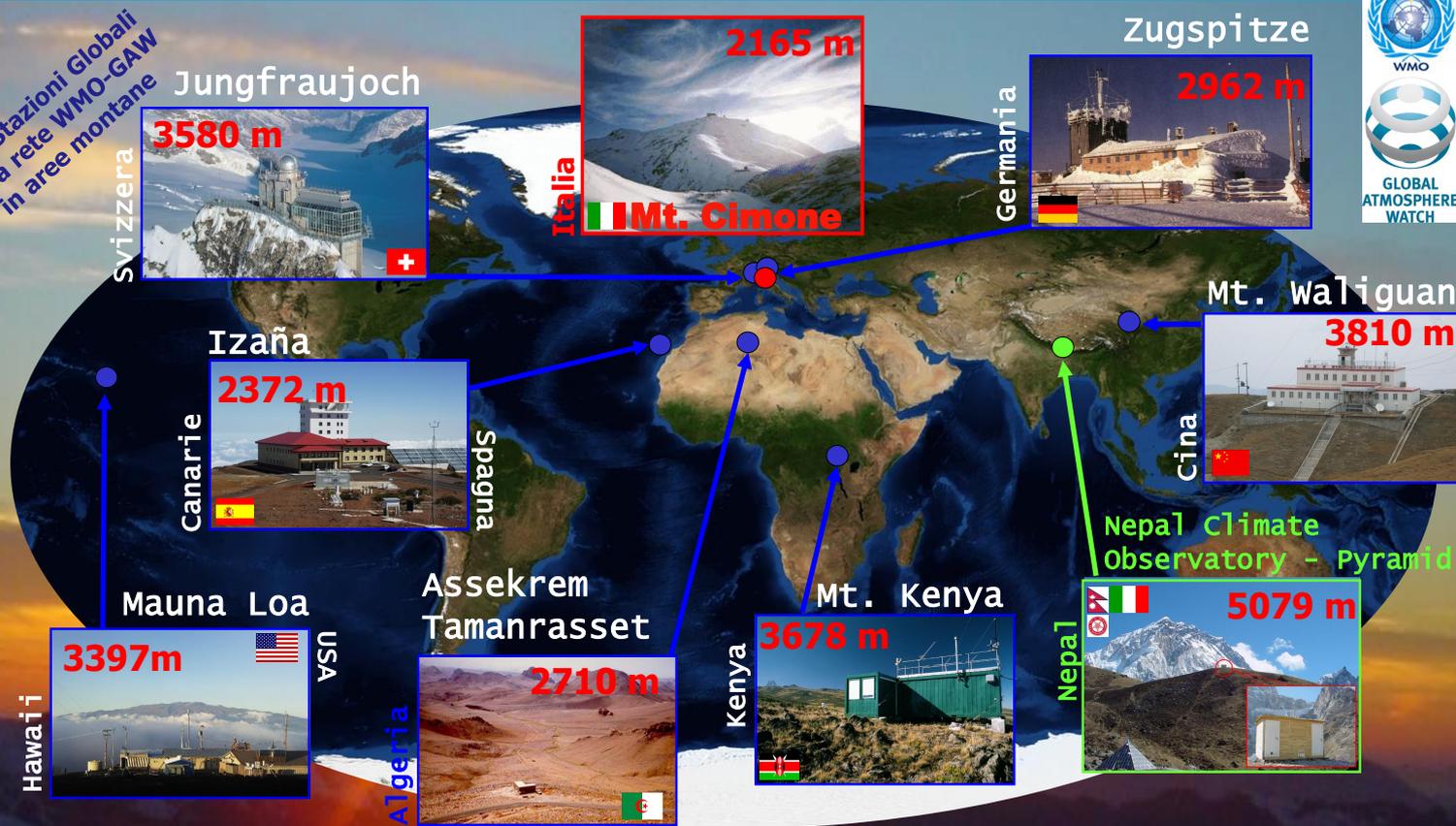


L'inquinamento è ormai un male che accomuna la maggior parte delle aree del nostro Pianeta. Questo è testimoniato dall'esistenza di vaste regioni inquinate caratterizzate da dense **Atmospheric Brown Clouds - Nubi Atmosferiche Brune** così dette per la colorazione dovuta alla presenza di elevate quantità di aerosol e gas inquinanti antropogenici.

Queste nubi di inquinanti possono poi influenzare la qualità dell'aria in zone molto distanti dal luogo ove esse si formano, viaggiando per migliaia di chilometri: si parla allora di **Inquinamento transforntaliero o intercontinentale**.

# Le stazioni di ricerca poste in quota forniscono **occhi** e **naso** ideali per lo studio dell'inquinamento e dei mutamenti climatici

Le 9 Stazioni Globali della rete WMO-GAW in aree montane



Per monitorare e studiare la composizione dell'atmosfera ed i cambiamenti cui essa va incontro, la scienza necessita di **stazioni di ricerca** che eseguano misure in aree remote e non inquinate per fornire informazioni precise ed aggiornate.



Per questo motivo, nel 1989 l'**Organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO – World Meteorological Organization)** promosse il programma **GAW** per:

- monitorare le condizioni dell'atmosfera di fondo e l'influenza su essa degli inquinanti,
- determinare il loro andamento nel tempo
- studiare le interazioni tra clima ed ambiente atmosferico.

Oggi sono **31 le Stazioni globali** della rete GAW ed oltre 400 le Stazioni regionali che misurano la composizione chimica dell'atmosfera ed i parametri meteorologici.



Stazioni globali della rete GAW-WMO

## **GAW - Global Atmospheric Watch**

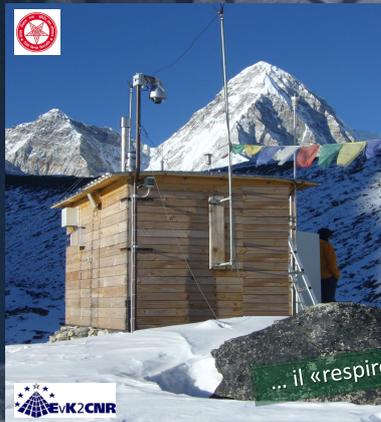
È un programma della **Organizzazione Meteorologica Mondiale** per valutare lo "stato di salute" dell'atmosfera e per supportare corrette politiche ambientali.



**Monte Cimone è una delle 31 "GAW global stations", l'unica in Italia.**

Essa è composta dall'**Osservatorio climatico CNR "Ottavio Vittori"** e dall'**Osservatorio meteorologico dell'Aeronautica Militare**. Anche il **Nepal Climate Observatory - Pyramid**, a 5079 m di quota in Himalaya è una stazione globale del GAW.

# Quota 5079 dal Cimone all'Everest per studiare la Atmospheric Brown Cloud: il Nepal Climate Observatory - Pyramid



Realizzato dall'Istituto ISAC del Consiglio Nazionale delle Ricerche di Bologna in collaborazione con EvK2CNR e CNRS, dal 2006 esegue misure della composizione della atmosfera; esse sono effettuate in collaborazione con l'Università di Urbino, l'ENEA, IIA, il CNRS ed il Nepal Academy of Science and Technology nell'ambito del progetto UNEP ABC

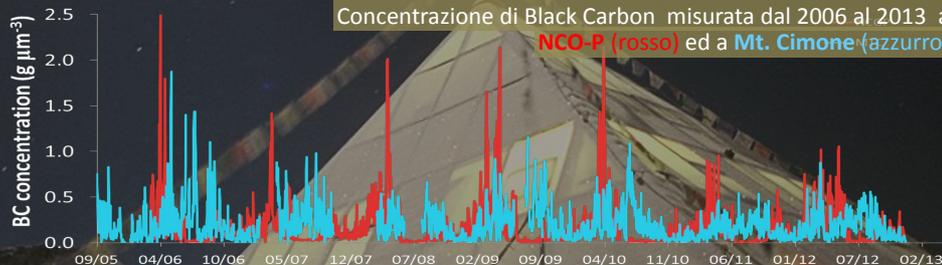
A quota 5079 m in Himalaya, ai piedi dell'EVEREST e vicino alla Piramide EvK2CNR, nel 2006 è nato dall'esperienza maturata all'Osservatorio CNR di Mt. Cimone, il **Nepal Climate Observatory – Pyramid (NCO-P)**, una delle 29 stazioni globali del programma

**Global Atmosphere Watch.**

Esso rappresenta un punto di forza per il monitoraggio della grande nube di inquinanti, la **Atmospheric Brown Cloud**



... il «respiro della valle» aiuta l'inquinamento a risalire verso le alte quote ed i ghiacciai



Sulle vette himalayane episodi di inquinamento acuto interessano il 9.1% dei giorni, concentrati nel periodo pre-monsonico (primavera), stagione in cui si verifica il 56% degli episodi con un aumento di BLACK CARBON del 352% e dell'OZONO del 29%. Questi composti, definiti Short-Lived Climate Forcers/Pollutants (SLCF/P), sono in grado di assorbire la radiazione solare e IR, riscaldare l'atmosfera e favorire la fusione dei ghiacciai.



**Ai piedi dell'EVEREST in Himalaya**, vicino alla Piramide Ev-K2-CNR, a quota 5079 m nel 2006 è nato un **laboratorio** che rappresenta un punto di forza per il monitoraggio della la grande nube di inquinanti chiamata **Asian Brown Cloud** e dell'atmosfera che per parte dell'anno ricopre questa parte del continente asiatico.

Messo a punto al CNR-ISAC di Bologna in collaborazione con il CNRS nell'ambito del progetto **SHARE - STATIONS AT HIGH ALTITUDE FOR RESEARCH ON THE ENVIRONMENT** a cui partecipa anche l'Università di Urbino, questa Stazione di Ricerca è parte dei progetti

**ABC-UNEP, GAW-WMO, AERONET-NASA CEOP-HE**



**Lat.N 27°57' Lon.E 86°48'**

**Altezza 5079 m slm**

# Uno degli effetti più evidenti della presenza di aerosol in atmosfera è la formazione delle cosiddette “Atmospheric Brown Clouds”



**Himalaya** a sud dell'Everest



**Los Angeles**, 27/12/2002



**Mare Arabico**, 25/3/1999



**Alpi svizzere**, Febbraio 2003



**Oceano Indiano** 24/2/1999



**Sud Cina**, 24/12/2002

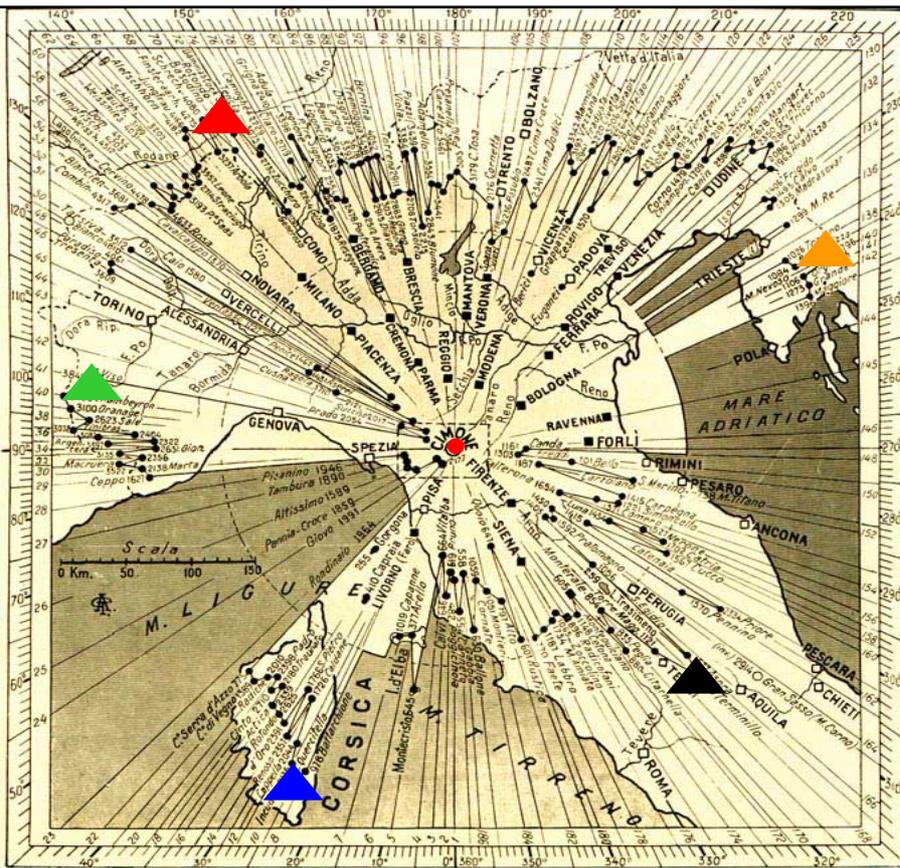
**Asian Brown Cloud – ABC:**  
**una nube spessa fino a 3 km dal colore  
brunastro formata da aerosol e gas  
inquinanti che ricoprono l'Asia  
meridionale.**

Le conseguenze dirette e indirette delle ABCs implicano: cambiamenti del clima a scala regionale e globale, impatti sugli ecosistemi e sul ciclo dell'acqua, sulla salute umana e sulla agricoltura (es. una riduzione della produzione di riso).



**ASIA:** oltre il 60% della popolazione mondiale, quasi 4 miliardi di persone

**Mt. Cimone gode di un orizzonte completamente libero. E' un occhio sulla pianura padana che si estende dalle Alpi al Mare, sino ai punti estremi:**



- a ovest il Monviso
- a nord le Alpi Bernesi
- a est il Mt. Nevoso in Istria
- a sud il Terminillo
- a sud il Mt. Quercitella in Corsica

Misure atmosferiche eseguite in aree montane, considerate rappresentative di vaste aree geografiche, forniscono informazioni circa le **variazioni su breve e lungo termine** delle concentrazioni dei **gas clima-alteranti** e degli aerosol atmosferici. Permettono di valutare l'incidenza di **eventi estremi di inquinamento** quando gli inquinanti, spesso confinati al suolo nello strato di rimescolamento, vengono trasportati in quota, come spesso accade sulla Pianura Padana

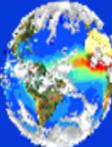
**E' in atmosfera**  
 che le orme  
 degli uomini compaiono prima  
 e più chiaramente che altrove:

cattiva qualità dell'aria nelle  
 città, buco dell'ozono grande  
 quanto un continente,  
 influenza crescente dei gas ad  
 effetto serra ...

c'è una sola atmosfera,  
 non facciamola morire!

**Monte Cimone**

**Il Sentiero  
 della  
 Atmosfera**





**Il Sentiero dell'Atmosfera**

Consiglio Nazionale delle Ricerche    Servizio Meteorologico Aeronautica Militare   Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente dell'Emilia-Romagna

# I cambiamenti dello stile di vita possono ...

- **I cambiamenti dello stile di vita e dei tipi di comportamento possono** contribuire alla mitigazione dei cambiamenti climatici in tutti i settori. Anche le pratiche di gestione possono avere un ruolo positivo.
- **I cambiamenti nello stile di vita possono** ridurre le emissioni di **GHG**. I cambiamenti negli stili di vita e nei tipi di consumo che puntano sulla conservazione delle risorse possono contribuire allo sviluppo di un'economia a basse emissioni di carbonio che sia equa e sostenibile [4.1, 6.7].
- **I programmi di educazione e formazione possono** aiutare a superare le barriere del mercato all'accettazione dell'efficienza energetica, soprattutto se associate ad altre misure.
- **I cambiamenti del comportamento, delle tipologie culturali e delle scelte dei consumatori e l'uso di tecnologie possono** produrre considerevoli riduzioni delle emissioni di CO<sub>2</sub> relativamente all'energia usata negli edifici [6.7].



**GHG = Greenhouse Gases = Gas ad Effetto Serra**

- La gestione della domanda di trasporto, che include la pianificazione urbanistica (che può ridurre la domanda di trasporto), la divulgazione di informazioni e di tecniche di educazione (che può ridurre l'utilizzo di autovetture e portare ad un efficiente stile di guida) può aiutare la mitigazione di GHG [5.1].
- Nell'industria, gli strumenti di gestione che includono la formazione dello staff, i sistemi incentivanti, i *feedback* regolari, la documentazione delle pratiche esistenti, possono aiutare a superare le barriere dell'organizzazione industriale, a ridurre l'uso di energia e le emissioni di GHG [7.3].

我与自然  
I'm With Nature  
Je Suis Pour La Nature  
أنا مع الطبيعة



UNEP - Programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente



**Not just another day!**

**World Environment Day**, commemorated each year on 5 June, is about you and me. It is one of the principal vehicles through which the United Nations stimulates world wide awareness of the environment and enhances political attention and action. **World Environment Day** is also a multi-media event which Inspires thousands of journalists to write and report enthusiastically and critically on the environment.

## **Giornata Mondiale dell'Ambiente: non solo una giornata in più!**

La **Giornata Mondiale dell'Ambiente**, celebrata ogni anno il 5 giugno, riguarda te e me. È uno dei veicoli principali attraverso cui l'Organizzazione delle Nazioni Unite stimola a livello globale la consapevolezza verso l'ambiente accrescendo l'attenzione e l'azione politica. La **Giornata Mondiale dell'Ambiente** è anche un evento multimediale che ispira e stimola migliaia di giornalisti per scrivere e riferire con entusiasmo ed in modo critico sull'ambiente.

Dal 1974 l'UNEP celebra la **GIORNATA MONDIALE DELL'AMBIENTE**

World Environment Day 5 June 2001



World Environment Day - 5 June 2003  
Water - Two Billion People are Dying for It!



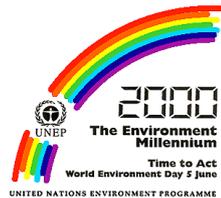
United Nations Environment Programme  
Division of Communications & Public Information  
World Environment Day

General Information  
Around the World  
Host Countries  
Home  
Contact us

World Environment Day 5 June  
*Give earth a chance*  
General Information

WHEN DID IT ALL BEGIN - World Environment Day was established by the United Nations General Assembly in 1972 to mark the opening of the Stockholm Conference on the Human Environment. Another resolution, adopted by the General Assembly the same day, led to the creation of UNEP.

HOW CAN YOU CELEBRATE WORLD ENVIRONMENT DAY - World



United Nations Environment Programme  
Chinese Español Français Русский

WORLD ENVIRONMENT DAY • 5 June 2006  
DESERTS AND DESERTIFICATION

About WED 2006  
Information Material  
Around the World  
Register your Activity  
Photo Gallery  
Related Links  
Previous Themes  
Host Countries/Cities  
Contact Us  
Deserts and Desertification  
(Flash Web animation)

DON'T DESERT DRYLANDS!



World Environment Day  
5 June 2007  
MELTING ICE - A HOT TOPIC?

My name is Samuel Eto'o. My career as a football player takes me from one continent to the other and I spend a lot of time in planes. I realize that air travel is a major source of greenhouse gas emissions and I call on all frequent flyers like myself to offset their emissions. Let's work hard-in-hard to curb carbon emissions.

La **Stazione GAW/WMO di Mt. Cimone** è l'unica «Stazione Globale» presente sul territorio Nazionale.

Essa è composta dall'Osservatorio Meteo del **Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare – Centro Aeronautica Militare di Montagna** e dell'Osservatorio Climatico Italiano "O. Vittori" del **Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima**, che si trova in quello che in passato era il «Rifugio Gino Romualdi» del CAI di Modena.

# Stazione Globale WMO/GAW Monte Cimone

2165 m s.l.m. Lat. 44°11' Nord  
Lon. 10°42' Est



**GAW** Global  
Atmospheric  
Watch

È un programma della **Organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO)** per valutare lo "stato di salute" dell'atmosfera e per supportare corrette politiche ambientali. Al **GAW** aderiscono **80** Nazioni con **29** stazioni globali e oltre **400** stazioni regionali.

## Enti che svolgono attività di ricerca:

Servizio Meteorologico Aeronautica Militare (C.A.M.M. Monte Cimone), Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima del CNR, Istituto sull'Inquinamento Atmosferico del CNR, Università di Urbino.

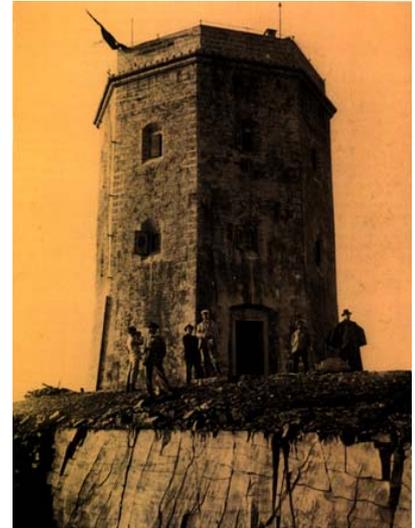


## CIMONE: tra storia e scienza

- 1569 – Prima storica salita documentata dal conte Guidinello Montecuccoli, feudatario dei luoghi.
- 1655 – Primo studio scientifico a Mt. Cimone di tipo geodetico: i padri gesuiti Riccioli e Grimaldi raggiungono la vetta per determinarne l'altezza che venne stabilita in 1154 e  $\frac{1}{4}$  passi bolognesi, corrispondenti a 2197 m.
- 1671 – La prima applicazione scientifica vede l'utilizzo da parte dello scienziato Geminiano Montanari di un barometro come altimetro: per la prima volta in Italia si impiega un barometro per misurare l'altezza di un monte, Mt. Cimone, ripetendo l'esperimento di Pascal sul Puy de Dome del 1648.
- 1726 - Sale la vetta Francesco III, duca di Modena che lascia inciso il ricordo nell'arenaria, ancora visibile.
- 1816 – Giuseppe Carandini, comandante del Genio Militare di Modena, guida la costruzione di una piccola ma robusta Piramide in grado di accogliere 3 persone. Ospita studiosi e scienziati fino al 1828 per eseguire rilevamenti geografici e topografici, tra cui una nuova mappa del Ducato di Modena.
- 1817 – Brioschi, direttore dell'Osservatorio di Napoli, esegue alcuni studi a Mt. Cimone che gli permettono di affermare che il Mare Tirreno ed il mare Adriatico sono allo stesso livello.
- 1823 – La piccola Piramide posta sulla vetta permette al padre Giovanni Inghirami, grande cartografo, di eseguire studi sul Gran Ducato di Toscana.
- 1875 – Il marchese Federico Carandini pubblica la prima guida su Mt. Cimone: *"Una salita al Cimone"*.
- 1888 – Viene costruita sulla vetta una torre ottagonale, dedicata a Geminiano Montanari, grazie all'avvocato Francesco Parenti e all'astronomo Pietro Tacchini, direttore dell'Osservatorio Centrale di Meteorologia di Roma. Sono eseguiti studi sulle scariche elettriche, sui fulmini e sul sole.
- 1904 – Su progetto dell'Ing. Alfredo Galassini viene costruita sulla cima la chiesetta dedicata alla "Madonna della neve" a ricordo della prodigiosa nevicata estiva del 5 agosto 352 sul colle romano dell'Esquilino, ove poi sorgerà la basilica di Santa Maria Maggiore.

## 1881 – La Torre Osservatorio

Nel **1881** si posò la prima pietra della **Torre Osservatorio** (terminata nel 1888): era alta 14 m e con un perimetro esagonale di 38,40 m. Venne intitolata al fisico modenese **Geminiano Montanari**. La frequentazione di scienziati contribuì a favorire lo svolgimento di ricerche sull'atmosfera. Nella torre funzionarono un **termoigrografo** (strumento in grado di registrare temperatura ed umidità relativa dell'aria) e un **eliofanografo** (per la misura della durata giornaliera della luce solare). La torre iniziò il suo declino dal 1922 e fu lasciata cadere durante la seconda guerra mondiale.



## L'Osservatorio dell'Aeronautica Militare

Le moderne **osservazioni meteorologiche** sul Cimone iniziano nel **1937** quando l'**Aeronautica Militare** costruì la prima installazione per le telecomunicazioni e le osservazioni meteo. Queste attività, abbandonate durante la II Guerra Mondiale, ripresero nel **1946** e da allora proseguono fino ai nostri giorni. Nel **1954** Ottavio Vittori, uno dei fondatori della fisica dell'atmosfera in Italia, diviene comandante dell'Osservatorio Meteo; iniziano gli studi sulla formazione della grandine e successivamente quelli sulla nebbia. Nel 1979 prendono l'avvio le misure di CO<sub>2</sub> che costituiscono la più lunga serie in Europa.



- Pagina 11 “Ghiacciaio dei Forni” Immagini di Vittorio Sella, Ardito Desio e Claudio Smiraglia.
- 12 Immagine da satellite tratta da: NASA Earth Observatory <http://earthobservatory.nasa.gov>
- 13 1°, 2°, 3°, 4°, 5° Rapporto IPCC [www.scienzainrete.it](http://www.scienzainrete.it)
- 18 Hansen, J. et al. 2005: Efficacy of climate forcings. J. Geophys. Res., doi:10.1029/2005JD005776.
- 33 Disegni da F. Raes “L’Aria”. Report EUR 21746IT (2005). Grafico da Accent, <http://www.accent-network.org/>, modificato da ISAC-CNR. Immagini tratte dal sito web U.S. National Park Service ([http://www.nps.gov/en/naturescience/gaseous\\_pollutants.htm](http://www.nps.gov/en/naturescience/gaseous_pollutants.htm)) e dal “Quaderno della Ricerca N. 24: Danni da ozono troposferico sulle culture erbacee intensive”, Regione Lombardia.
- 38 Immagine European Space Agency, <http://www.esa.int/>
- 39 Immagine “tropospheric NO<sub>2</sub>” - Università di Heidelberg adattata da ISAC-CNR con immagini tratte da Ramanathan et al., 2007 (vedi ref. pag.24) e MODIS Rapid Response Project at NASA/GSFC. (<http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/photo>).
- 44 Immagini da: Ramanathan et al. “Atmospheric brown clouds”, J. Geophys. Res., 112, 2007. MODIS Rapid Response Project NASA/GSFC (<http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/photo>)
- 48-49 Immagini da UNEP: Giornate Mondiali dell’Ambiente. <http://www.unep.org/wed/>
- 52 Immagine storica da C. Balboni, E. Balboni, L. Gherardi: “2000 anni di un 2000 il monte Cimone”, Cooperativa E’Scamadul, Sestola, 1989.  
Le altre immagini, foto e grafici sono ISAC-CNR.

IPCC, 2007: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp, doi:10.1017/CBO9781107415324.

Il **25 giugno 1939** viene inaugurato dal CAI di Modena il Rifugio sul Monte Cimone, intitolato alla memoria del sotto-tenente **Gino Romualdi**. Viene costruito su progetto dell'Ing. L. Giorgi, direttore dei lavori negli anni 1938-39, al posto delle esistenti capanne-ricovero del Cimone, di cui sono visibili ancora oggi alcune tracce sulle rocce adiacenti l'Osservatorio CNR.

**Gino (Luigi) Romualdi** nasce il 5 marzo 1897 a Modena. Durante la prima Guerra Mondiale è sottotenente del 6° Reggimento Alpini "Vicenza". Muore il 16 febbraio 1918 nell'ospedaletto da campo n. 169 per le ferite riportate in combattimento. Medaglia d'Argento al V.M. è sepolto nel Cimitero di S. Cataldo a Modena.

**1943** Per le note vicende dell'8 settembre, il custode-gestore del Romualdi, Gaetano Menetti (detto Nino) di Sestola, trasporta a Sestola brande, masserizie e attrezzature varie... che vanno però distrutte durante un bombardamento. Menetti è il primo addetto civile a servizi di comunicazioni meteo nella casermetta della Aeronautica del Cimone in periodo pre-bellico. **29 Giugno 1947** il CAI di Modena re-inaugura il Rifugio che si raggiunge percorrendo la «direttissima», sentiero CAI 441. **1950** tutta l'area sommitale viene dichiarata *ope legis* Zona Militare. **1954**, ottobre, l'Aeronautica Militare (AM) requisisce il Rifugio che cessa la sua originaria funzione e diviene parte integrante delle proprie strutture.

**1981** Ottavio Vittori Direttore dell'Istituto FISBAT-CNR di Bologna stipula con l'AM una convenzione che permette al CNR l'uso a scopi scientifici dei locali del Rifugio Romualdi. **1991** Iniziano le attività di ricerca alla Stazione CNR della quale, nel **1994**, Paolo Bonasoni diviene responsabile. **1995-96** Il Rifugio viene ristrutturato dal CNR che affida la direzione a Maurizio Caleca, esecuzione lavori Ditta Cesarino Magera e Pio Giambi.

Il **15 luglio 1998** il CNR intitola la Stazione di ricerca ad **Ottavio Vittori**. Direttore dell'Istituto è Claudio Tomasi. Presidente del CNR è Lucio Bianco. Direttore del Centro Aeronautico Militare di Montagna dell'Aeronautica è Tiziano Colombo. **Ottavio Vittori**, è uno degli scienziati che più ha contribuito allo sviluppo della fisica dell'atmosfera nel nostro Paese. Ufficiale dell'Aeronautica Militare durante la II Guerra Mondiale, dal 1951 opera presso l'OSSMA Mt. Cimone divenendone Direttore nel 1954. Nel 1970 lascia l'Aeronautica ed entra al CNR dove nel 1976 diviene il primo Direttore dell'Istituto per lo studio dei fenomeni fisici e chimici della bassa e alta atmosfera - FISBAT, di Bologna. Muore a Bologna nel 1993.

**2011** L'Osservatorio CNR "Ottavio Vittori", unitamente a quello AM, diviene una delle 29 Stazioni Globali nell'ambito del programma Global Atmospheric Watch del WMO, a cui aderiscono 80 Nazioni. Presidente del CNR è Luciano Maiani, Direttore dell'Istituto è Cristina Sabbioni.





**Il Consiglio Nazionale delle Ricerche - CNR** è la più grande struttura pubblica di ricerca in Italia, fondata nel 1923. Ha operato in passato come consulente di Governo in materia di ricerca e dal 1989 è un Ente di ricerca, con la missione di realizzare progetti di ricerca, promuovere l'innovazione e la competitività del sistema industriale nazionale, l'internazionalizzazione del sistema di ricerca nazionale, e di fornire tecnologie e soluzioni ai bisogni emergenti nel settore pubblico e privato.

Obiettivi che vengono raggiunti attraverso un patrimonio di risorse umane che conta oltre 8000 dipendenti, la metà dei quali è rappresentata da ricercatori e tecnologi. Circa 4000 sono i giovani ricercatori impegnati in attività di ricerca post-dottorato presso i laboratori dell'Ente, mentre un contributo importante arriva dalle collaborazioni, anche internazionali, con i ricercatori delle Università e delle imprese, rafforzando così il sistema nazionale della ricerca.

<https://www.cnr.it/>



**L'Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima - ISAC** tramite un approccio multidisciplinare combina capacità scientifiche e tecnologiche nei settori della meteorologia, della climatologia, della dinamica dell'atmosfera, della composizione chimica e dell'osservazione della terra, **promuovendo e sviluppando una comprensione scientifica integrata dell'atmosfera e dei suoi processi**, realizzando ricerca fondamentale, sperimentale, modellistica e valutazioni di impatto.

**L'ISAC è il principale Istituto del CNR per la ricerca nelle Scienze dell'Atmosfera**

ed è organizzato in sette unità territoriali: Bologna, Roma, Lecce, Torino, Lamezia Terme, Padova, Cagliari.

Le attività di ricerca afferiscono a otto gruppi:

- Hot spot climatici: osservazioni e sviluppo tecnologico
- Studio e modellistica dei processi dinamici e turbolenti in atmosfera
- Dinamica e variabilità del clima: processi, ricostruzioni, scenari e impatti
- Variabilità, cambiamenti e predicibilità del clima
- Fisica delle nubi e delle precipitazioni
- Sorgenti, trasformazione e deposizione di composti antropici e naturali ed interazioni qualità dell'aria-clima
- Integrazione di osservazioni e modelli operativi per la valutazione dell'impatto dei costituenti atmosferici su ambiente, salute e clima
- Osservazioni del mare da satellite e studio dell'ecosistema marino
- Rischi naturali, ambientali e antropici del patrimonio culturale.



<http://www.isac.cnr.it/>



## Centro Aeronautica Militare di Montagna – C.A.M.M. di Monte Cimone



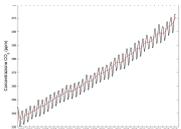
La Stazione meteorologica dell'Aeronautica Militare opera a 2.165 m sul monte Cimone dal 1° settembre 1937 quando alle 04.30 trasmette il primo bollettino della sua storia. Dal 1945 svolge compiti di osservazioni meteo e assistenza alla navigazione aerea unendo nord e centro Italia nelle telecomunicazioni.

Il 1° gennaio 1948 diviene **Osservatorio Scientifico Sperimentale di Meteorologia Aeronautica** (O.S.S.M.A.).

Fino a metà **anni '50** il personale effettuava lunghe turnazioni in condizioni ambientali proibitive; in vetta si giungeva solo a piedi con qualunque condizione meteo, non vi era acqua potabile e l'elettricità veniva prodotta da gruppi elettrogeni. Viveri e attrezzature venivano portati da Sestola, a spalla, dai famosi "portatori del Cimone". Poi vennero elettricità e acqua, si costruirono le gallerie interne alla montagna, si realizzarono una cabina-rotovia per raggiungere la vetta dall'interno e la strada che conduce a Pian Cavallaro. Finisce l'era dei "pionieri".

Negli **anni '60**, sotto la guida del Col. Vittori parte l'attività scientifica con studi sulla fisica del ghiaccio, nebbia e visibilità. Nel **1975** iniziano le misure di **ozono stratosferico** e le analisi chimiche delle precipitazioni; nel marzo

**1979** quelle di concentrazione di **anidride carbonica** di fondo in atmosfera che costituiscono la seconda serie storica al mondo in continuo dopo quella di Mauna Loa (Hawaii) e prima in Europa. Dal **2015** si misura un altro gas serra, il **metano**. Si misurano inoltre radiazione solare, torbidità atmosferica e radiazioni UV.



Il 1° marzo 1989 l'Ente assume l'attuale denominazione di **Centro Aeronautica Militare di Montagna**.

Nel 2011 l'Organizzazione Meteorologica Mondiale riconosce l'osservatorio di Mt. Cimone, A.M. e CNR, come stazione globale: prima ed unica in Italia, tra poche altre al mondo.



*Al fianco delle attività di monitoraggio ambientale quelle di **meteorologia classica per assistenza alla navigazione aerea, climatologia e aspetti previsionistici**. 165.000 tra rilevamenti, misure strumentali ed osservazioni a vista per 28.000 bollettini e report meteo-climatici trasmessi ogni anno, con temperature fino a oltre -20° e percepite di -45°, venti che arrivano a 200km/h e due terzi dell'anno nella nebbia.*



Dal 2004 partecipa con CNR e Parco del Frignano al progetto del Sentiero dell'Atmosfera.



[www.meteoam.it](http://www.meteoam.it)

Centro A.M. di Montagna Monte Cimone, via delle ville 40, 41029 Sestola, tel. 0536 62512, [aerocamm@am.difesa.it](mailto:aerocamm@am.difesa.it)

**L'Ente di Gestione per i Parchi e la Biodiversità Emilia Centrale** è la struttura pubblica istituita sulle province di Modena e Reggio Emilia per la gestione dei Parchi Regionali dell'Alto Appennino Modenese, dei Sassi di Roccamalatina e della Riserva Naturale delle Casse di Espansione Fiume Secchia; l'Ente ha sede legale ed amministrativa a Modena (Viale Martiri della Libertà n.34, tel 059.209311) mentre le attività operative si sviluppano presso le sedi storiche dislocate nelle tre aree protette, rispettivamente a Pievepelago (Via Tamburù n.8, tel. 0536.72134) Guiglia (Via Pieve di Trebbio n.1287 – Roccamalatina, tel. 0536.795721) e Rubiera (Via Fontana n.2, tel. 0522.627902). Per informazioni [www.parchiemiliacentrale.it](http://www.parchiemiliacentrale.it)

### **Il Parco del Frignano**

Il Parco Regionale dell'alto Appennino Modenese, più comunemente noto come **Parco del Frignano**, comprende l'intero crinale appenninico modenese dominato dal **Monte Cimone** (m. 2165), la vetta più elevata dell'Appennino settentrionale e punto d'arrivo del **Sentiero dell'Atmosfera**, che ospita l'Osservatorio Climatico "O. Vittori" del **Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima (CNR-ISAC)** e la Stazione del **Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare**. L'area protetta si estende per circa 15.000 ettari nei Comuni di Fanano, Fiumalbo, Frassinoro, Montecreto, Pievepelago, Riolunato e Sestola, offrendo ambienti molto diversificati e di notevole valore naturalistico, che spaziano dai 600 metri s.l.m. sino agli oltre 2000 metri delle vette di crinale. Il territorio è caratterizzato da una complessa struttura geo-morfologica ed è impreziosito da laghi, torrenti, torbiere e vaste praterie di alta quota, in cui trovano habitat ideale numerose specie di flora e di fauna molto rare e preziose per la biodiversità.

### **Flora e fauna**

Il Parco presenta una ricchissima biodiversità, impreziosita da numerose specie protette sia di flora che di fauna selvatica. Nell'ambiente vegetale, che si differenzia notevolmente in rapporto alla quota altitudinale, spiccano le vaste faggete, i boschi misti di conifere e le ampie distese di prateria d'alta quota, dove cresce una eccellente varietà di mirtillo nero. Fra le specie faunistiche più tipiche sono da ricordare il lupo, il capriolo, il cervo, l'istrice, il cinghiale, la marmotta, l'arvicola delle nevi mentre nei cieli volano gheppi, falchi, gufi, sparvieri e non è raro scorgere il maestoso volo dell'aquila reale.

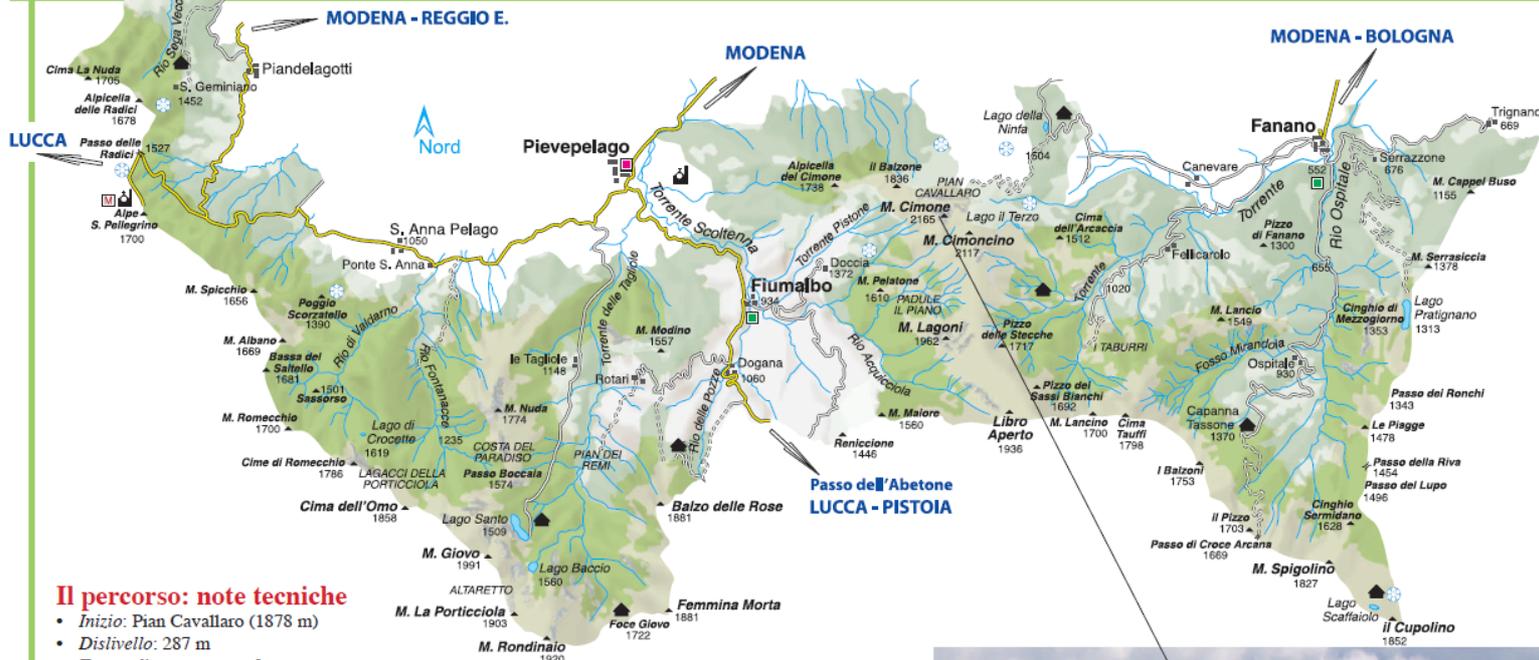
### **Storia e cultura**

Numerose ed importanti sono le testimonianze storico-artistiche, fra cui spiccano le antiche strade transappenniniche quali la Via Romea, la Via Vandelli, la Via Ducale e la Via Bibulca, i ponti e le pievi disseminati su tutto il territorio e le caratteristiche capanne celtiche, singolari edifici rurali in pietra con facciata a gradoni; le "capanne", costruite nei secoli scorsi, sono testimonianze della cultura celtica tramandate sino ai nostri giorni, di cui si possono osservare esempi tuttora ben conservati nei pressi di Doccia (Fiumalbo) e Sant'Andrea Pelago (Pievepelago).

### **Sport, tempo libero e servizi**

Il Parco del Frignano costituisce senz'altro un luogo privilegiato per trascorrere momenti di semplice svago ed osservazione dell'ambiente così come per praticare molteplici attività a contatto con la natura sia nel periodo estivo quanto in quello invernale: escursionismo a piedi, a cavallo o in bicicletta sull'articolata rete di sentieri CAI e lungo i percorsi tematici del Parco, nordic walking, orienteering, arrampicata sportiva, parapendio, ciaspole, sci alpinistico, sci di fondo ... e naturalmente il **Sentiero dell'Atmosfera** per conoscere dove nascono le misure per studiare il clima ed i suoi cambiamenti.

# Il territorio del Parco Regionale dell'Alto Appennino Modenese



## Il percorso: note tecniche

- **Inizio:** Pian Cavallaro (1878 m)
- **Dislivello:** 287 m
- **Tempo di percorrenza:** 2 ore
- **Difficoltà:** Impegnativo per il dislivello e l'altitudine
- **Periodo consigliato:** primavera, estate e autunno
- **Fonti:** Rifugio Ninfa e Fontana Bedini
- **Punti di ristoro:** Sestola, Pian del Falco, Lago della Ninfa

## Il percorso: come raggiungerlo

Raggiunta Sestola seguire le indicazioni per Pian del Falco - Passo del Lupo - Lago della Ninfa.

Arrivati al bivio Lago della Ninfa / Passo del Lupo due sono le alternative:

- 1) raggiungere il Parcheggio del Lago della Ninfa e salire a Pian Cavallaro lungo la strada militare chiusa da una sbarra (5 km), oppure seguire il sentiero il sentiero CAI 441, che parte dal Rifugio Ninfa
- 2) andare a Passo del Lupo e imboccare il sentiero CAI 449.

