

I cambiamenti climatici



Cosa sono i cambiamenti climatici?

In **climatologia** con i termini **cambiamenti climatici** o **mutamenti climatici** si indicano le variazioni del clima della Terra, ovvero variazioni a diverse scale spaziali (regionale, continentale, emisferica e globale) e storico-temporali (decennale, secolare, millenaria e ultramillenaria) di uno o più parametri ambientali e climatici nei loro valori medi:

- temperature** (media, massima e minima);
- precipitazioni**;
- nuvolosità**;
- temperature degli **oceani**;
- distribuzione e sviluppo di piante e animali.



I mutamenti climatici

Il mantenimento della temperatura della **biosfera terrestre**, riguardo i valori medi adatti alla vita, è dovuto principalmente all'azione combinata di cinque fattori:

- ❑ calore interno del pianeta;
- ❑ **irraggiamento solare**, che fornisce l'energia per l'effetto serra ed elementi correlati alle variazioni dell'attività solare e delle macchie solari;
- ❑ effetto delle correnti oceaniche e dell'evaporazione marina (e dei fenomeni a essa correlati);
- ❑ presenza dell'**atmosfera**, che attenua gli sbalzi di temperatura giornalieri e stagionali;
- ❑ **effetto serra** che amplifica l'effetto termico dell'irraggiamento solare.

La variazione quantitativa di uno o più di questi fattori può causare un riscaldamento globale o raffreddamento globale dell'**atmosfera** e della **superficie terrestre**.

A tali fattori naturali secondo la teoria del **riscaldamento globale** si aggiunge l'influenza dell'uomo che attraverso l'uso di **combustibili fossili** immette nell'atmosfera grandi quantità di CO₂, metano e altri **gas serra** aumentando l'azione dell'effetto serra e generando un **surriscaldamento climatico** che aumenta la temperatura media globale della Terra.

Cause dell'aumento delle emissioni

- ❑ **La combustione di carbone, petrolio e gas:** produce anidride carbonica e ossido di azoto.
- ❑ **Abbattimento delle foreste (deforestazione):** gli alberi aiutano a regolare il clima assorbendo CO₂ dall'atmosfera. Abbattendoli, quest'azione viene a mancare e la CO₂ contenuta nel legno viene rilasciata nell'atmosfera, alimentando in tal modo l'effetto serra.
- ❑ **Lo sviluppo dell'allevamento di bestiame:** i bovini e gli ovini producono grandi quantità di metano durante il processo di digestione.
- ❑ **I fertilizzanti azotati:** producono emissioni di ossido di azoto.
- ❑ **I gas fluorurati:** causano un potente effetto serra, fino a 23 000 volte più forte di quello provocato dalla CO₂. Fortunatamente, questi gas vengono emessi in quantità minori e la legislazione dell'UE ne prevede la graduale eliminazione.

Le conseguenze dei cambiamenti climatici

I mutamenti del clima interessano tutte le regioni del mondo, ma in modi e con intensità differenti. Per esempio, nell'Europa centro-meridionale si registrano ondate di calore, incendi delle foreste e siccità sempre più frequenti, mentre l'Europa del Nord sta diventando molto più umida e le alluvioni invernali non sono più un fenomeno raro. I Paesi in via di sviluppo, dove la popolazione spesso dipende dall'habitat naturale e ha poche risorse per far fronte al climate-change, sono i più colpiti.

Le **principali conseguenze**, dirette e indirette, dei cambiamenti climatici comprendono:

- danni alla biosfera;
- scioglimento dei ghiacci;
- l'innalzamento iniziale del livello degli oceani per espansione termica;
- alluvioni e inondazioni;
- piogge acide;
- desertificazione e deforestazione;
- disboscamento;
- aumento di incendi e siccità;
- l'eccessivo smaltimento dei rifiuti urbani.

In corrispondenza all'aumento della temperatura media, le modificazioni generali del clima potrebbero accentuarsi in modo drammatico: le estati si allungherebbero e gli inverni sarebbero più miti; gli uragani diverrebbero più frequenti e violenti e le piogge più abbondanti, ma meno regolari, i periodi di grande caldo più lunghi e torridi e i periodi di siccità sempre più gravi e diffusi.

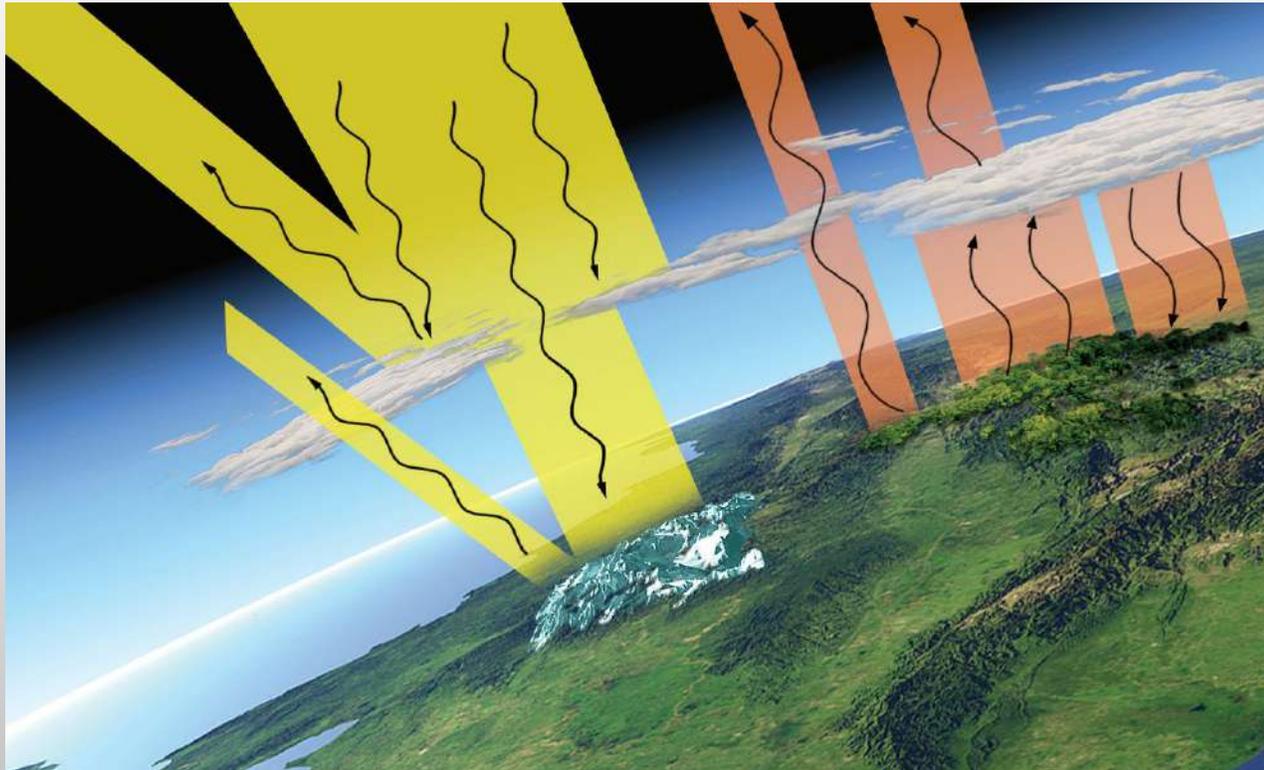
Tabella 4. Fonti ed effetti dei principali inquinanti atmosferici

INQUINANTE	FONTI	EFFETTI
Diossido di carbonio (CO₂)	Si forma nella combustione di sostanze contenenti carbonio (per ogni kg di carbonio si formano circa 3,5 kg di CO ₂).	<i>Sull'ambiente:</i> effetto serra.
Monossido di carbonio (CO)	Si forma nella combustione incompleta dei combustibili contenenti carbonio. La fonte principale sono gli autoveicoli . Il CO ha un'affinità per l'emoglobina del sangue 240 volte superiore a quella dell'ossigeno: quando viene inspirato, tende a fissarsi preferenzialmente all'emoglobina del sangue e impedisce la respirazione.	<i>Sulla salute:</i> tossico, riduce la capacità dell'emoglobina di trasportare l'ossigeno ai tessuti e può essere letale.
Diossido di zolfo o anidride solforosa (SO₂)	Si forma nella combustione del carbone e del petrolio, che contengono zolfo e suoi derivati come impurezze, e in altri processi industriali, specialmente metallurgici. Le centrali termoelettriche e gli impianti termici industriali sono le fonti principali.	<i>Sulla salute:</i> danni alle vie respiratorie (è presente nello smog invernale). <i>Sull'ambiente:</i> piogge acide.
Ossidi di azoto: monossido di azoto (NO) e diossido di azoto (NO₂)	Gli ossidi di azoto si formano nei processi di combustione a elevata temperatura, come nei motori degli autoveicoli e nelle centrali termoelettriche .	<i>Sulla salute:</i> danni alle vie respiratorie. <i>Sull'ambiente:</i> smog fotochimico; piogge acide; assottigliamento dello strato di ozono.
Idrocarburi	Provengono dalla combustione incompleta di benzina e nafta.	<i>Sulla salute:</i> danni alle vie respiratorie (contribuiscono allo smog fotochimico).
Metano (CH₄)	Si origina nei processi di decomposizione della materia organica; viene emesso dai vulcani. Le emissioni conseguenti all'attività umana sono legate all' allevamento (i bovini producono metano nei loro processi digestivi) e alla trasformazione in risaie di grandi superfici di territorio, con conseguente incremento dei processi di decomposizione.	<i>Sull'ambiente:</i> effetto serra; assottigliamento dello strato di ozono.
Clorofluorocarburi (CFC)	Sono composti derivanti dal metano e da altri idrocarburi, contenenti atomi di fluoro e di cloro; trovano vari impieghi (propellenti per bombole aerosol, fluidi per impianti frigoriferi, agenti espandenti per materie plastiche, solventi in elettronica); dal 2000 sono stati messi al bando e sostituiti con prodotti meno dannosi.	<i>Sull'ambiente:</i> assottigliamento dello strato di ozono; effetto serra.
Particelle sospese	Si tratta di particelle solide o liquide costituite da elementi o composti chimici provenienti da processi di combustione o da altre attività industriali (fonderie, cementifici, fabbriche di ceramiche) e agricole. Rimangono in sospensione per tempi più o meno lunghi nell'atmosfera. Possono contenere, oltre a particelle di carbone (fuliggine) o goccioline di catrame, metalli quali cadmio, cromo, mercurio, piombo, selenio (cioè metalli pesanti) e pesticidi.	<i>Sulla salute:</i> danni alle vie respiratorie, soprattutto a causa delle polveri fini. <i>Sull'ambiente:</i> diminuzione della trasparenza dell'aria; imbrattamento degli edifici.

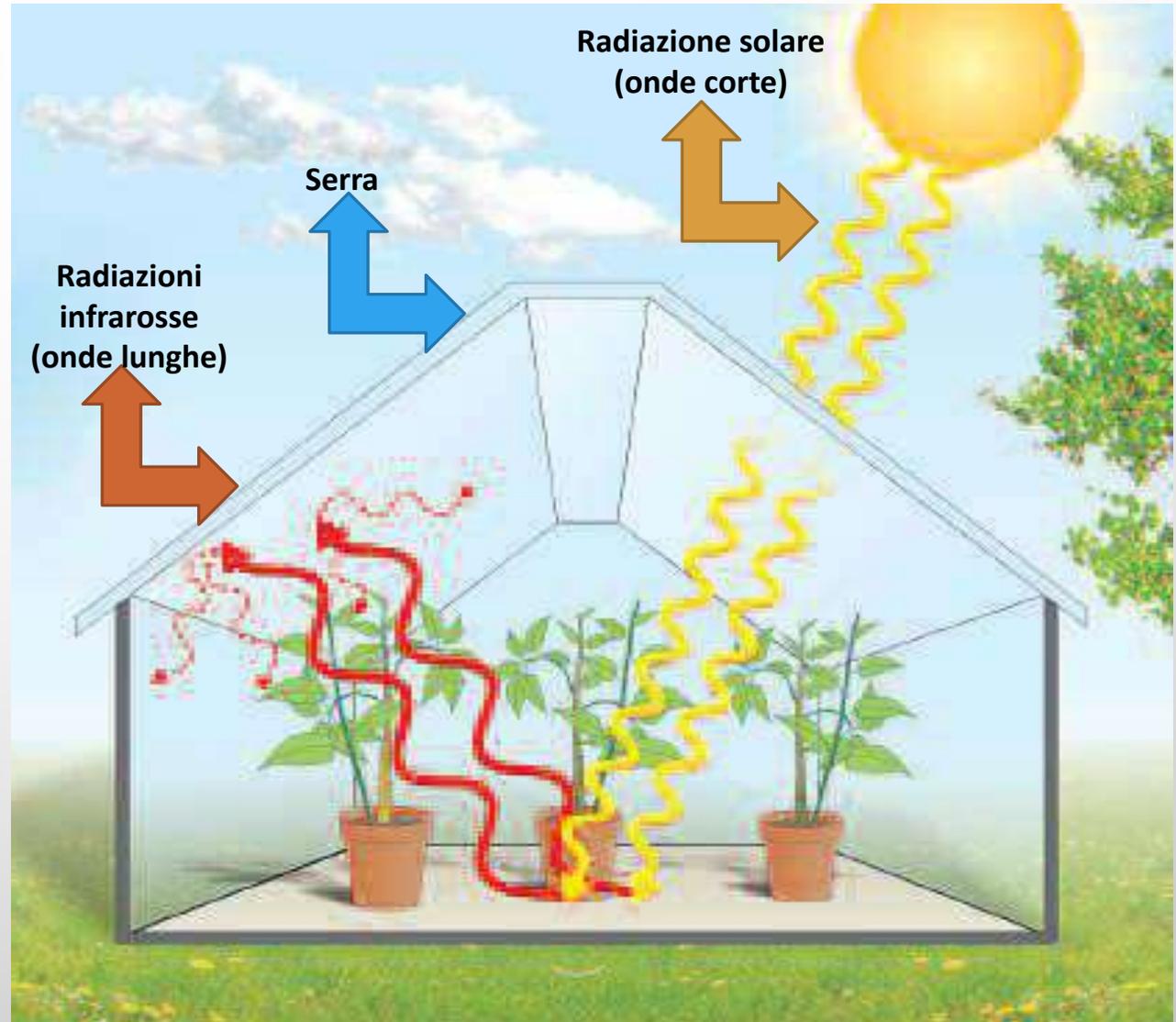
L'effetto serra

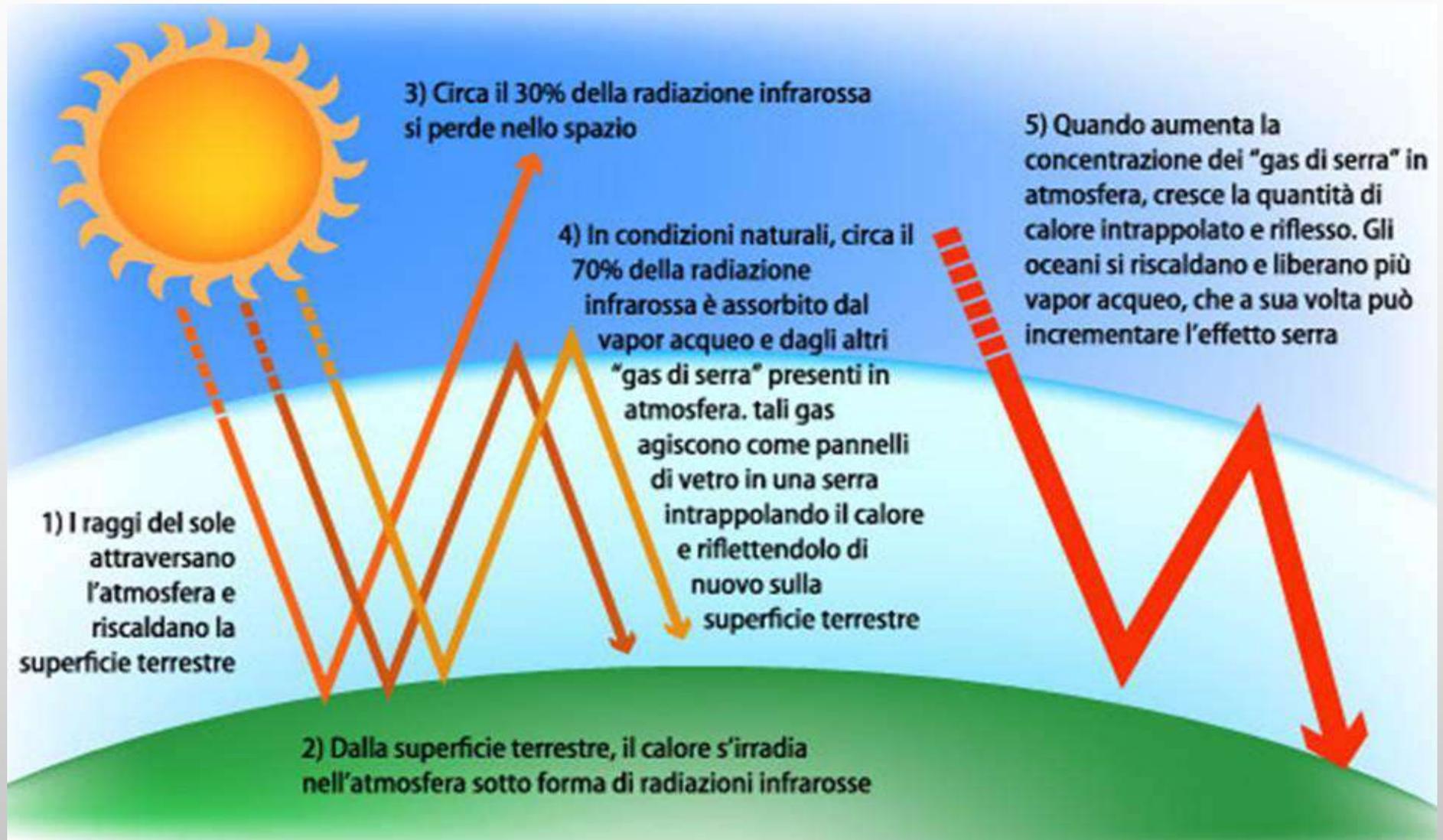
L'**effetto serra** è il fenomeno naturale che consente all'atmosfera di trattenere sotto forma di energia termica parte dell'energia proveniente dal Sole.

- Il nome deriva per similitudine con quanto avviene nelle serre per la coltivazione di ortaggi e frutta.
- La figura mostra che le radiazioni elettromagnetiche che arrivano sulla superficie terrestre vengono in parte riflesse (a sinistra nella figura) e in parte riemesse dalla Terra stessa sotto forma di radiazioni infrarosse (a destra nella figura). Queste radiazioni, prima di disperdersi nello spazio, vengono in buona parte assorbite dalle molecole di alcuni gas presenti nell'atmosfera.



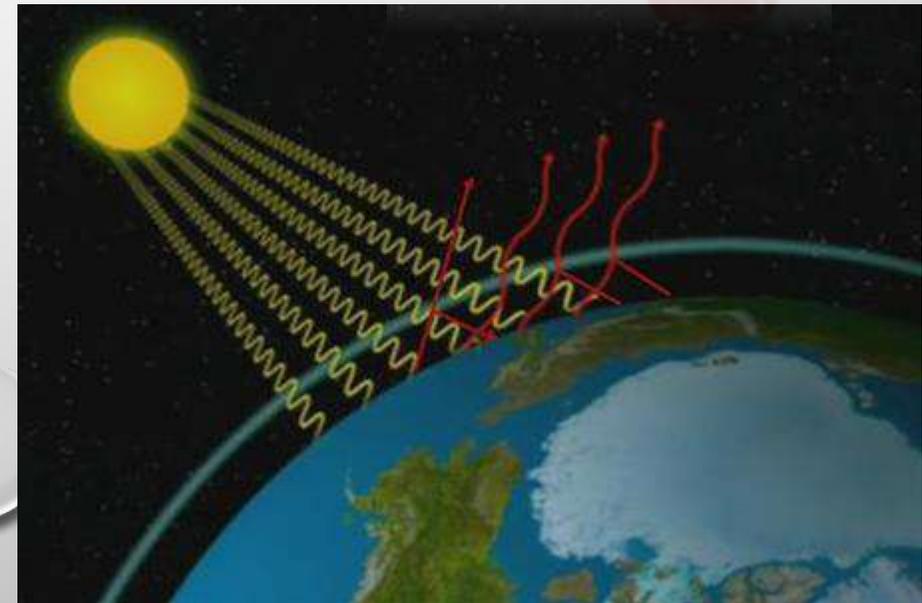
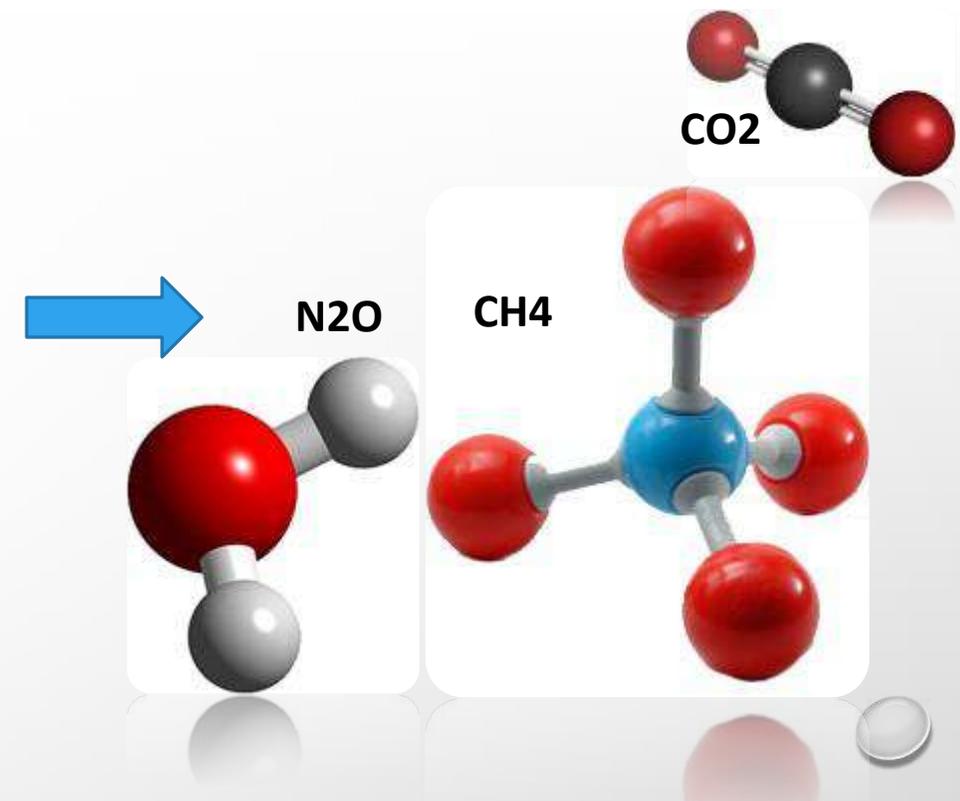
In una serra le pareti di vetro, che si lasciano attraversare dalle radiazioni solari a onde corte, trattengono i **raggi infrarossi** a onde lunghe emessi dagli oggetti che si trovano al suo interno: ecco perché si accumula calore e la temperatura interna si porta a valori più elevati rispetto all'ambiente esterno. Lo stesso accade nell'atmosfera, per l'azione svolta dai gas serra.





Una radiazione elettromagnetica viene assorbita quando la sua frequenza è la stessa di quella di un moto interno alla molecola con cui interagisce; nel caso della frequenza delle radiazioni infrarosse i movimenti interessati sono quelli vibrazionali degli atomi nelle molecole.

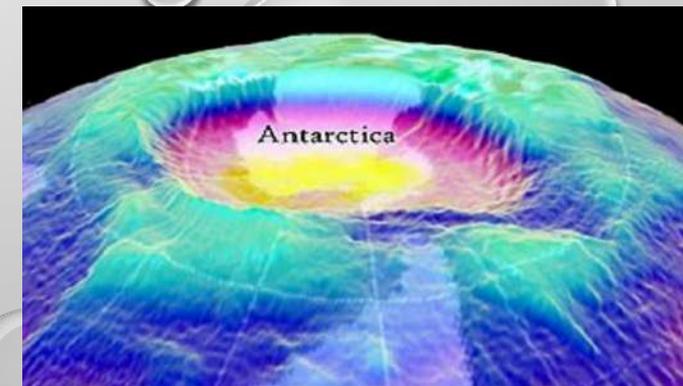
- Le molecole che presentano moti vibrazionali con frequenza simile a quella delle radiazioni infrarosse, e che quindi assorbono maggiormente tali radiazioni, sono quelle di anidride carbonica (CO₂), metano (CH₄), diossido di azoto (N₂O), vapore acqueo (H₂O);
- Questa energia assorbita aumenta i moti vibrazionali delle molecole, che acquistano quindi energia cinetica che viene trasmessa attraverso gli urti anche alle altre molecole presenti nell'atmosfera. Il risultato è un aumento dell'energia termica e quindi della temperatura dell'atmosfera.
- Questo è il fenomeno dell'**effetto serra** che consente alla Terra di trovarsi a una temperatura media di circa 15 °C. In assenza dell'effetto serra, la dispersione di calore nelle zone non illuminate dal Sole sarebbe molto veloce e la temperatura media si abbasserebbe a valori di circa - 20 °C, proibitivi per la vita.
- Oggi quasi tutti gli scienziati concordano nel ritenere che la **causa** principale dell'incremento dell'effetto serra è dovuta al **continuo aumento della concentrazione di CO₂ nell'atmosfera**.
- Dall'inizio della Rivoluzione industriale la concentrazione è mediamente aumentata del 30-35%; solamente negli ultimi 50 anni la concentrazione è addirittura passata da 315 a 380 ppm, con un incremento del 20%. Questo aumento sembra essere la causa principale del **surriscaldamento del pianeta** e delle **variazioni climatiche**.



L'assottigliamento dello strato di ozono

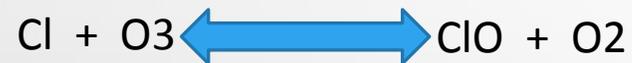
La maggior parte dei **raggi ultravioletti** in arrivo con la radiazione solare è intercettata, prima che raggiunga la superficie terrestre, dalle molecole gassose di ozono (O₃), particolarmente concentrato nella stratosfera, in una fascia tra i 25 e i 40 km di altezza, detta **strato di ozono**.

- ❑ L'ozono si forma continuamente a partire dall'ossigeno: nella stratosfera l'ossigeno è presente sia come molecole biatomiche (O₂) sia, in parte, come singoli atomi (O), che derivano dalla dissociazione di molecole di O₂ quando queste assorbono un certo tipo di raggi UV (detti UV-C, molto energetici) che ne spezzano i legami chimici.
- ❑ Gli **atomi di ossigeno** sono **molto reattivi**: se un atomo incontra una molecola di ossigeno si combina immediatamente con questa formando una molecola triatomica di ozono.
- ❑ A sua volta l'ozono è sensibile all'azione di un altro tipo di raggi UV (detti UV-B, leggermente meno energetici degli UV-C); quando ne viene colpito li assorbe dissociandosi in una molecola di ossigeno e in un atomo di ossigeno. L'atomo di ossigeno non appena incontra un'altra molecola di ossigeno si combina con essa come nella reazione iniziale e il **ciclo si ripete**.
- ❑ In tal modo l'ozono da un lato viene distrutto e dall'altro si riforma incessantemente; questo meccanismo consente di mantenere, mediante un **equilibrio naturale tra ozono e ossigeno**, una **barriera protettiva** contro i raggi UV biologicamente nocivi.
- ❑ A partire dal 1976-1977, gli scienziati hanno osservato che lo strato di ozono si stava assottigliando. Negli anni seguenti si è rilevato che, a causa di una combinazione di fattori meteorologici, in particolare sopra l'Antartide, l'ozono si era talmente ridotto da far parlare di **"buco dell'ozono"**.



La causa di questa diminuzione è stata attribuita ad alcune sostanze gassose: i **clorofluorocarburi (CFC)**, composti contenenti fluoro, cloro e carbonio, ampiamente usati (senza restrizioni fino al 1987) come fluidi refrigeranti nei frigoriferi e nei condizionatori, come propellenti nelle bombolette spray e come agenti per la produzione di materie plastiche espanse.

I CFC che si liberano come gas nell'atmosfera, a causa della loro **stabilità**, vi persistono a lungo e diffondono fino alla stratosfera. Qui, le molecole di CFC, quando vengono colpite da raggi UV si decompongono, liberando atomi di cloro (Cl), molto reattivi, che sono in grado di distruggere l'ozono trasformandolo in ossigeno e dopo essersi uniti a un atomo di ossigeno, formando ossido di cloro (ClO):



L'ossido di cloro tende a reagire con gli atomi di ossigeno riformando un atomo di cloro e una molecola di ossigeno:

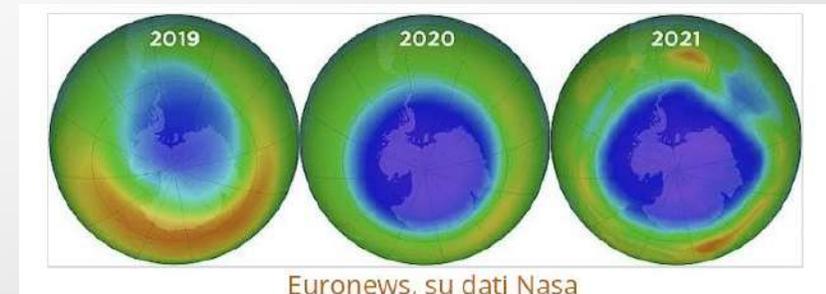


L'atomo di cloro ritorna in ciclo distruggendo un'altra molecola di ozono inizia così una reazione a catena: poiché un solo atomo di cloro può distruggere decine di migliaia di molecole di ozono.

La grave minaccia rappresentata dai CFC ha indotto i Paesi industrializzati a sottoscrivere un accordo internazionale che, a partire dal 1987, ha imposto

una graduale riduzione del loro uso, fino alla loro definitiva messa al bando nel 2000, tranne alcune eccezioni. Nel frattempo sono stati messi a punto prodotti sostitutivi poco dannosi o pressoché innocui per l'ozono.

Nei primi anni del Duemila, gli scienziati hanno constatato che il buco dell'ozono ha iniziato gradualmente a restringersi e ci sono fondate speranze che nel giro di circa 50 anni l'ozono si ricostituirà e il buco si chiuderà..



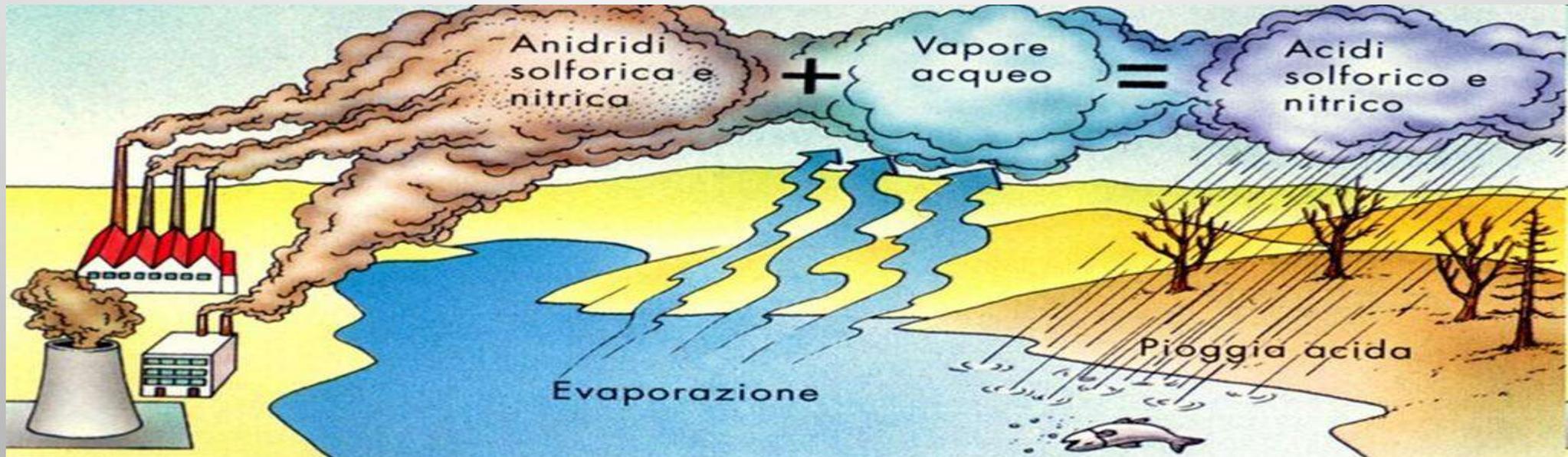
Le piogge acide

Nei processi di combustione, oltre al **diossido di azoto (NO₂)**, si produce in molti casi un altro grave inquinante atmosferico: il **diossido di zolfo o anidride solforosa (SO₂)**:

- ❑ questo gas si forma quando si bruciano carbone o combustibili derivati dal petrolio, come l'olio combustibile e la nafta;
- ❑ si può ridurre o eliminare in partenza lo zolfo dal combustibile grezzo attraverso opportuni processi di desolforazione, oppure si può eliminare l'SO₂ che si forma con tecniche di depurazione dei fumi.

Si tratta di interventi costosi che spesso per ragioni economiche vengono disattesi.

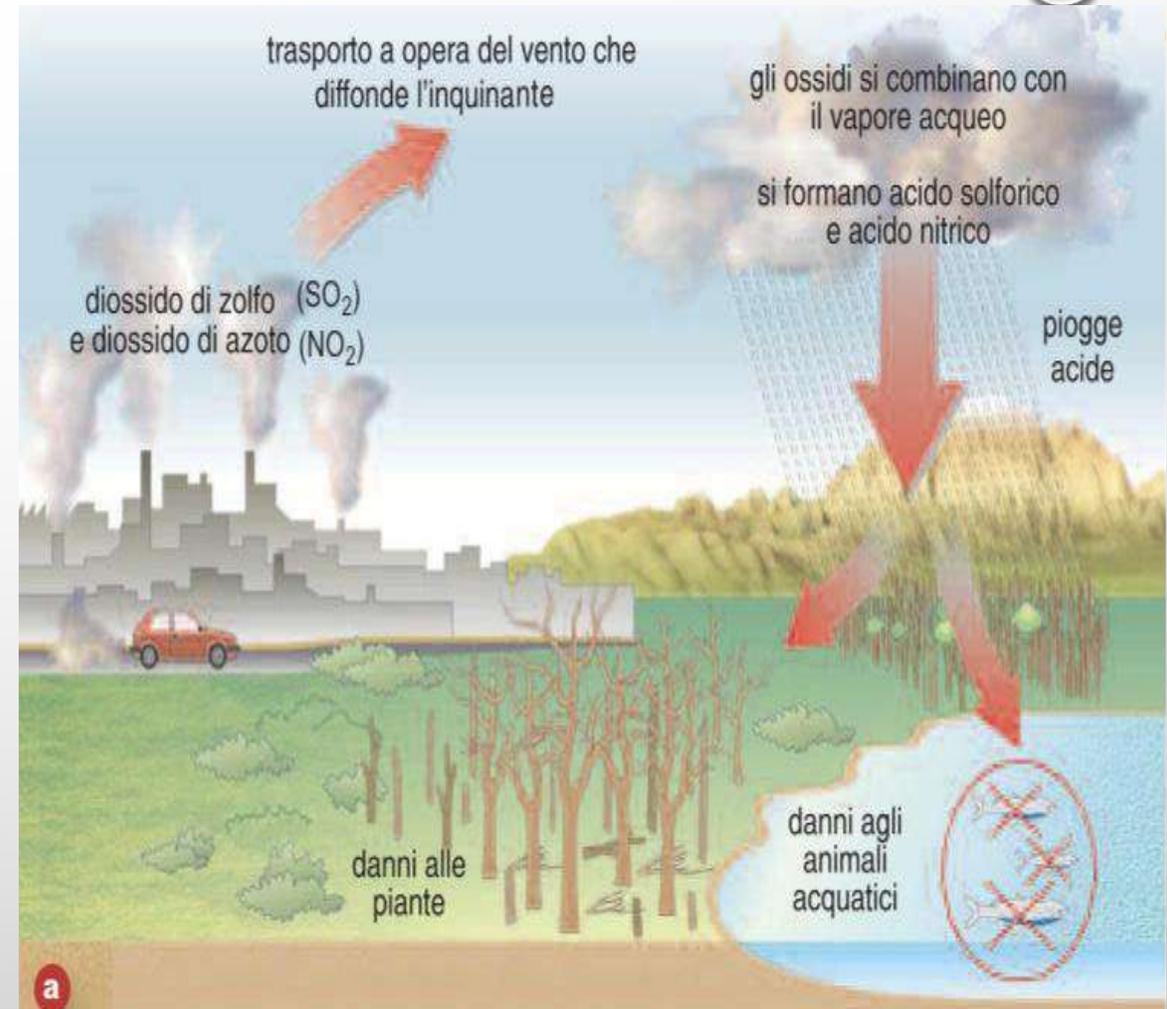
- ❑ In Europa, tra le nazioni colpite dalle piogge acide, figurano i Paesi scandinavi, l'Olanda, la Svizzera e l'Austria: va segnalato che gran parte degli inquinanti atmosferici arrivano in queste regioni provenendo dalle aree industrializzate dell'Inghilterra, della Germania e dei Paesi dell'Europa orientale, in quanto la circolazione atmosferica ignora i confini nazionali (si parla infatti di inquinamento transfrontaliero).
- ❑ Anche in Italia il fenomeno delle piogge acide ha raggiunto nel recente passato livelli preoccupanti: le regioni più danneggiate sono state la Lombardia e il Piemonte.



□ In molti Paesi le centrali termoelettriche e vari impianti industriali utilizzano questi tipi di combustibili che scaricano nell'atmosfera grandi quantità di SO_2 e NO_2 . Nell'atmosfera, il diossido di zolfo si trasforma in **triossido di zolfo (SO_3)**; questo gas e il diossido di azoto arrivano a contatto con le goccioline di acqua in sospensione nelle nubi, dopo essere stati trasportati dai venti anche a grandi distanze dai luoghi di emissione. Sia l' NO_2 che l' SO_3 reagiscono con l'acqua trasformandosi, rispettivamente, in acido nitrico (HNO_3) e acido solforico (H_2SO_4): in questo modo le gocce diventano soluzioni diluite di questi acidi.

□ Raggiungendo il suolo con le precipitazioni, esse costituiscono le **piogge acide**, così chiamate perché hanno un'acidità da 10 fino a oltre 100 volte superiore a quella della pioggia "normale", che è debolmente acida per la presenza di acido carbonico, derivato dal diossido di carbonio. In certi casi possono arrivare a essere acide come il succo di limone o l'aceto.

- Le piogge acide producono vari **effetti negativi**:
- corrodono i manufatti in metallo, i monumenti e le costruzioni in marmo;
 - sono dannose per gli organismi viventi: sono colpite in particolare le foreste, a causa delle indebolite difese delle piante che non resistono più all'attacco degli organismi patogeni e gli ambienti lacustri, dove molte specie acquatiche, soprattutto pesci, soccombono all'aumento di acidità.



- b.** le piante, specialmente le conifere, nelle zone più colpite dalle piogge acide possono perdere completamente le foglie e morire.
- c.** Particolare del Partenone, il più famoso monumento di Atene, che nel corso dell'ultimo secolo ha subito danni da corrosione dovuti anche alle piogge acide.



b



c

Dibattito sul riscaldamento globale

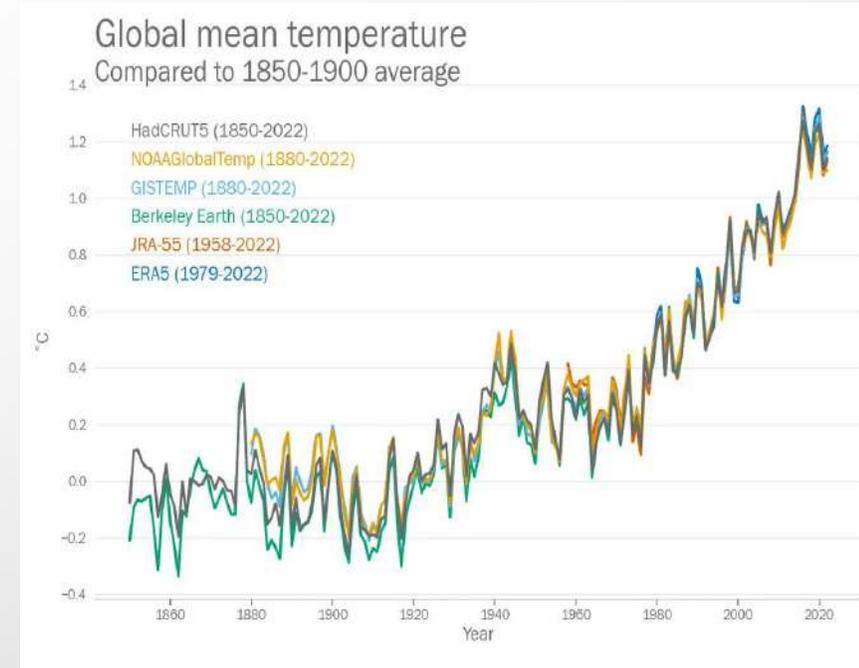
Gli scienziati discutono molto sull'entità del riscaldamento che si sarebbe verificato negli ultimi 100 anni e che sembra confermato da una serie di indizi climatologici:

- ❑ le stime non sono concordi e indicano aumenti della temperatura media tra 0,5 e 1 °C all'incirca;
- ❑ non tutti gli studiosi, comunque, vedono come responsabili solo i gas serra: secondo alcuni, le cause di questo innalzamento termico potrebbero collegarsi a variazioni naturali connesse ai cicli di attività solare o a fluttuazioni climatiche ancora da chiarire.



Più segnali forniscono l'indicazione che la possibilità che la Terra si stia riscaldando non è solo ipotetica, ma rappresenta un problema reale, che va valutato nelle sue conseguenze:

- ❑ attualmente ci troviamo in un **periodo interglaciale**, iniziato 12000 anni fa: in questo periodo la Terra si è andata progressivamente riscaldando e ciò ha favorito l'avvento delle grandi civiltà antiche (come quelle del bacino mediterraneo);
- ❑ all'incirca a partire dalla fine dell'Ottocento, la temperatura media della Terra mostra, una tendenza abbastanza costante all'aumento; la parte più consistente di questo incremento si è registrato a partire dagli anni 1950-1960.
- ❑ parallelamente all'aumento della temperatura, si è osservata una crescita progressiva della concentrazione di diossido di carbonio (CO₂) nell'atmosfera, particolarmente pronunciata negli ultimi 50 anni;
- ❑ dato per appurato lo stretto collegamento tra l'aumento della concentrazione atmosferica di CO₂ e degli altri gas serra e l'incremento della temperatura media terrestre, rimane comunque da stabilire con maggiore precisione quanto vi contribuisce l'attività umana rispetto ad altre possibili cause naturali.

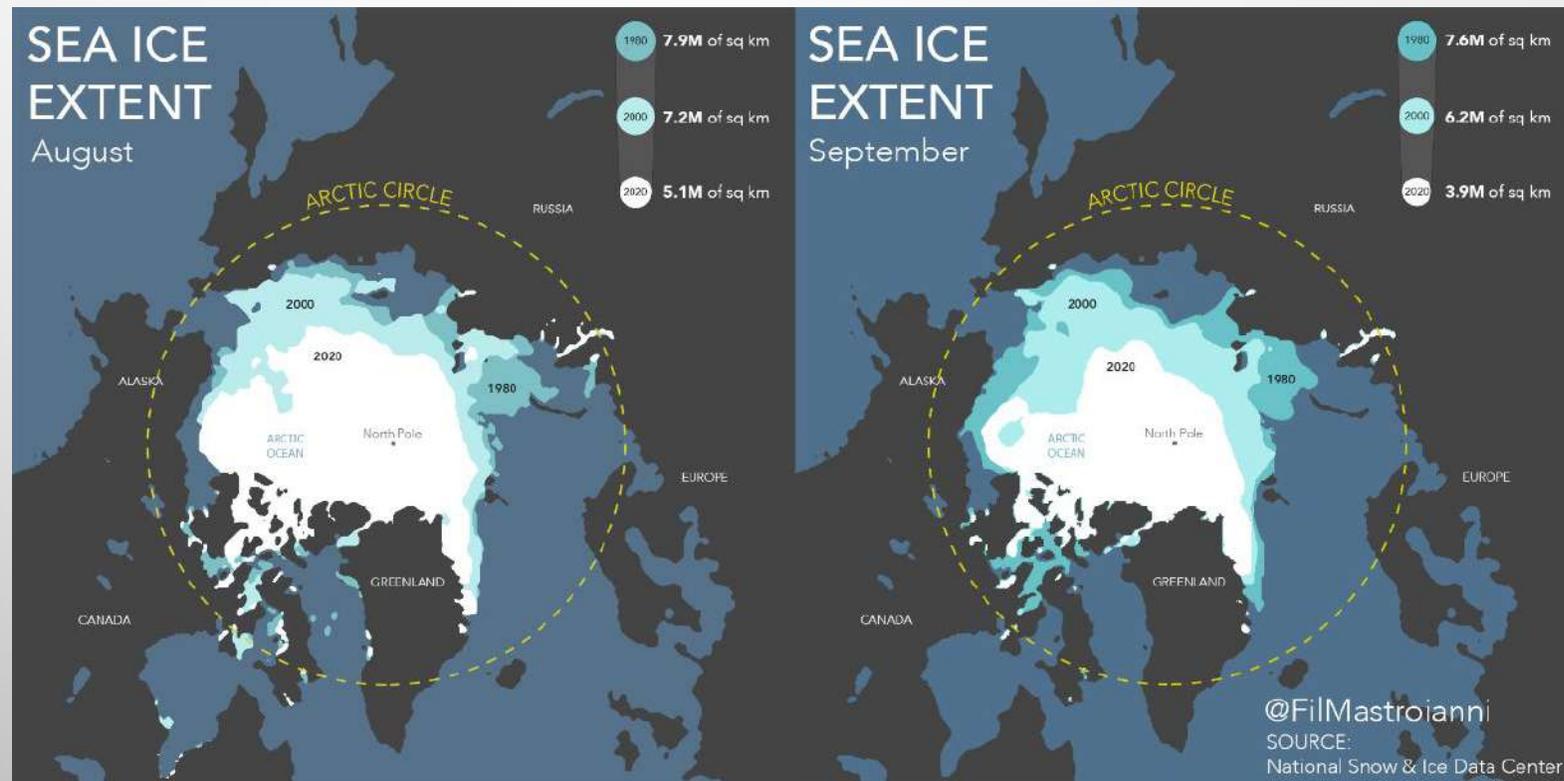


Lo scioglimento dei ghiacciai

Un fenomeno seguito con apprensione riguarda il ritmo di aumento della temperatura media registrato ai Poli, che negli ultimi 50 anni si è rivelato più accentuato che nel resto del pianeta, raggiungendo valori di 2-3 °C. Ciò ha innescato un rilevante processo di **fusione dei ghiacci**: alcuni scienziati temono che procedendo di questo passo, tra circa vent'anni in Antartide potrebbe non esserci più ghiaccio marino durante l'estate; nell'Artico il ghiaccio della calotta si è già in parte assottigliato e ritirato.

- Le conseguenze climatiche possono essere gravi perché le zone polari sono i naturali refrigeratori della Terra contribuendo in modo significativo al giusto equilibrio termico.

Le due immagini permettono di confrontare come, nel giro di soli due anni, i ghiacci della calotta artica si siano drammaticamente ridotti. La linea colorata rappresenta i margini dell'estensione media della calotta nello stesso periodo appena pochi decenni fa.



Addio al primo ghiacciaio dell'Islanda

Le immagini satellitari, pubblicate dalla NASA, mostrano come la progressiva scomparsa del ghiacciaio dal 1986 a oggi, a causa delle temperature sempre più alte che minacciano circa 400 ghiacciai islandesi.:

- ❑ in un secolo l'Okjökull è passato da un'estensione di 16 chilometri con uno spessore di 50 metri nel 1890 fino a coprire nel 2014 un'area di un chilometro quadrato, con uno spessore ridotto a una quindicina di metri;
- ❑ oggi dall'alto si vedono sporadiche macchie bianche, simili alle chiazze di ghiaccio sempre più rare d'estate in alta quota anche su Alpi e Dolomiti.



In che modo i cambiamenti climatici affliggono gli orsi polari?

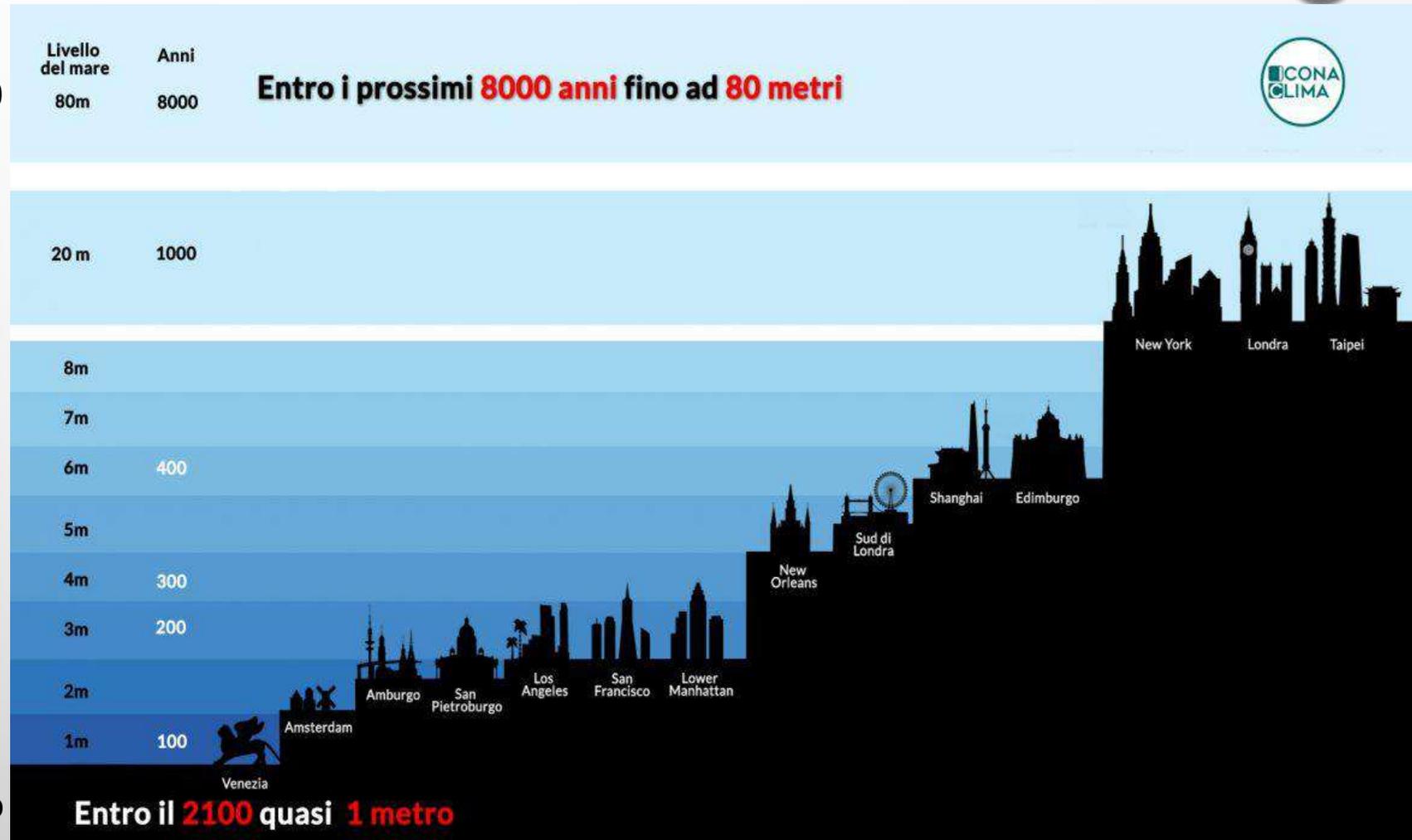
- ❑ **Superfici ghiacciate ridotte:** gli orsi sono così costretti a vivere in un territorio sempre più ridotto e poco idoneo alle loro esigenze;
- ❑ **spostamenti pericolosi:** gli spostamenti avvengono sono sempre più difficili e pericolosi, fra lastroni di ghiaccio spesso molto distanti tra loro;
- ❑ **difficoltà a cacciare:** gli orsi hanno grande difficoltà a reperire il cibo, il che li costringe a lunghi mesi di digiuno e scarso accumulo di grasso, necessario per la sopravvivenza;
- ❑ **conflitti con l'uomo:** la ricerca del cibo li spinge verso i territori abitati dall'uomo, esponendoli a grandi rischi e pericoli;
- ❑ **mortalità dei cuccioli:** gli orsi denutriti e poco sani hanno un tasso di riproduzione più basso e nelle femmine si riduce la capacità di dare il giusto nutrimento ai cuccioli. Gli scienziati, infatti, hanno scoperto che spesso i cuccioli non sopravvivono alle difficoltà del clima artico sia per la mancanza di cibo sia perché le madri che li allattano non hanno immagazzinato abbastanza grasso e sono denutrite.



Innalzamento del livello del mare

Un aumento della temperatura media di soli 2 °C, che si potrebbe verificare intorno al 2050, farebbe innalzare di 30 cm il livello degli oceani:

- se l'aumento di temperatura dovesse proseguire arrivando a toccare i 4 °C e facendo innalzare il livello di 60 cm, molte regioni costiere verrebbero in parte sommerse: per esempio, le regioni pianeggianti agricole e i delta dei grandi fiumi in India, Cina e Bangladesh, dove avviene gran parte della produzione mondiale di riso, sarebbero invase dalle acque;
- inoltre, sarebbero seriamente minacciate città come Venezia, New York, Londra e Sidney;
- molte piccole isole dell'oceano Pacifico e dell'oceano Indiano potrebbero venire parzialmente sommerse dall'acqua.



Sale il livello del Mediterraneo

Nel corso delle **ere geologiche** il livello del mare ha sempre subito delle oscillazioni:

- ❑ tutte queste oscillazioni possono essere connesse a cause astronomiche, climatiche o geologiche; si tratta della sommatoria di variazioni che interessano l'intero globo a cui vanno sommate variazioni locali che differiscono, anche sensibilmente, da settore a settore.
- ❑ Secondo uno studio del **Climate Central**, pubblicato su **Nature Communications**, l'innalzamento del livello dei mari potrebbe mettere in pericolo circa 150 milioni di persone, cioè coloro che vivono in territori che potrebbero essere sommersi dalle acque entro il 2050;
- ❑ i **quattro diversi contributi** che concorrono all'attuale sollevamento di livello dei mari italiani sono:
 - lo scioglimento dei ghiacci;
 - il riscaldamento superficiale delle acque;
 - l'isostasia (fenomeno di equilibrio gravitazionale che si verifica sulla Terra tra la litosfera e la sottostante astenosfera);
 - i movimenti tettonici verticali.
- ❑ L'**Italia** è un paese geologicamente "vivo" dove vulcani, terremoti e bradisismi si manifestano con grande frequenza anche in aree costiere. A scala locale i **movimenti geofisici** costieri indotti dalla situazione geologica locale costituiscono una componente da tenere presente nel computo delle variazioni relative del livello marino. Questi movimenti geofisici possono, infatti, sollevare o abbassare le coste italiane.
- ❑ L'aumento del **livello del mare** è una variabile legata al riscaldamento globale, che dipende da due fattori:
 - gli oceani si espandono per il 60% a causa della **fusione dei ghiacciai terrestri** ;
 - per il 40% a causa dell'**espansione termica**, cioè per il calore assorbito.

L'Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (ENEA), sostiene che il pericolo per le città costiere è davvero elevato: poiché se il tasso di emissioni di **gas serra** a livello globale rimarrà quello attuale, senza miglioramenti e impegni concreti, città costruite su un livello medio del mare molto basso o quelle soggette a una subsidenza importante come **Venezia** sono destinate a scomparire. I ghiacciai si fondono a una velocità inimmaginabile, più la **temperatura media** del Pianeta sta sale, più gli oceani continuano ad accumulare calore.

L'Enea ha diffuso una mappa del sollevamento del mare nei porti italiani. In base alle ultime rilevazioni, l'innalzamento del mare nei principali porti dell'Italia nel 2100 è stimato intorno a 1 metro ed i picchi si avranno a:

- Venezia (+1,064 metri),
- Napoli (+1,040 metri),
- Cagliari (+1,033 metri),
- Palermo (+1,028 metri),
- Brindisi (+1,028 metri).

Per tentare di affrontare il problema degli **effetti** dell'innalzamento del mare sulle attività economiche, ENEA ha sottoscritto un **protocollo d'intesa** che prevede un'ampia collaborazione in altri settori, come:

- l'uso efficiente delle risorse,
- il recupero dei rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE),
- la riqualificazione energetica.



La desertificazione

Uno dei principali fenomeni che causano la perdita di vaste aree di suolo coltivabile è noto col nome di **desertificazione**.

- ❑ Questo fenomeno, talvolta provocato da fattori climatici, come prolungati periodi di **siccità**, che consiste nella trasformazione di suoli agrari in distese aride simili a deserti, è spesso determinato dall'azione dell'uomo, soprattutto laddove le piogge sono scarse o irregolari.
- ❑ Negli ultimi decenni la desertificazione ha colpito 21 Paesi africani; la crisi ha avuto un massimo negli anni 1984 e 1985, provocando l'emigrazione di 10 milioni di persone. Ogni anno, nel mondo, viene trasformata in deserto una superficie pari a quella dell'Austria.
- ❑ Una causa delle maggiori cause è dovuta al **pascolo eccessivo**, praticato soprattutto in Africa dai pastori nomadi che spostano continuamente le mandrie alla ricerca di nuovi pascoli da sfruttare.
- ❑ Un'altra causa importante è imputabile all'**errata attuazione** di pratiche agricole e di sistemi di irrigazione. Per esempio, l'irrigazione condotta in modo inadeguato può provocare la **salinizzazione** dei suoli: se si somministra acqua in eccesso a un terreno poco permeabile, l'acqua non viene completamente assorbita ed evapora, depositando alla superficie del suolo i sali che contiene; questi formano uno strato che rende sterile il terreno.



La deforestazione

La **deforestazione** interessa attualmente soprattutto le foreste tropicali, specialmente in aree come il Brasile (Amazzonia), il Messico, lo Zaire e l'Indonesia (Borneo).

- ❑ Ogni giorno ampie estensioni di foreste tropicali sono tagliate o bruciate per ricavare terreni agricoli o da pascolo, nonché legname;
- ❑ la deforestazione mediante l'uso del fuoco è un metodo praticato nella cosiddetta agricoltura itinerante diffusa nei Paesi tropicali che prevede lo sfruttamento del terreno così ottenuto per qualche anno e il suo abbandono una volta divenuto improduttivo.
- ❑ Questi tipi di intervento sono connessi alla rapida espansione delle popolazioni, spesso povere e all'aumento dei loro fabbisogni di cibo e di legname da costruzione; tuttavia, a queste esigenze di sopravvivenza si sovrappongono spesso ragioni dettate dal puro profitto economico.
- ❑ La distruzione del manto vegetale mette allo scoperto il sottile strato superficiale di humus, che viene dilavato dalle forti piogge stagionali: il suolo non più protetto dagli alberi diventa soggetto a una rapida erosione e ben presto perde la sua **fertilità**.
- ❑ La distruzione delle foreste, oltre alla perdita di suolo fertile, favorisce:
 - le **inondazioni**, poiché le piogge confluiscono nei fiumi senza trovare barriere nel manto di vegetazione;
 - causa **modificazioni climatiche**, poiché si riduce l'umidità atmosferica a cui contribuiscono le piante stesse;
 - ne consegue una **diminuzione della piovosità**, che accelera ancora di più l'inacidimento del terreno.



La deforestazione dell'Amazzonia

La **foresta amazzonica** è un patrimonio naturale inestimabile da cui dipende l'intera esistenza del nostro Pianeta. Con un'estensione di **6,7 milioni di Km quadrati**, l'Amazzonia abbraccia 9 paesi diversi del Sud-America: Bolivia, Brasile, Colombia, Ecuador, Guyana, Perù, Suriname, Venezuela e Guyana francese. E' una delle aree naturali più importanti del nostro Pianeta, un vero e proprio regno di biodiversità. La principale causa che minaccia la sopravvivenza del *polmone verde* del nostro Pianeta è la **deforestazione**: solo nel territorio brasiliano si sta perdendo una superficie di foresta pluviale equivalente a oltre **tre campi da calcio al minuto**. Storicamente in questa regione una delle tecniche utilizzate per espandere le aree per le coltivazioni, gli allevamenti e le miniere è l'utilizzo del **fuoco**. L'utilizzo scorretto del fuoco provoca però nella gran parte dei casi **incendi**, difficili da gestire. Secondo l'Istituto nazionale di ricerche spaziali del Brasile (INPE) solo da quest'anno gli incendi in Brasile sono aumentati dell' **83%** rispetto allo stesso periodo del 2018, mentre sono circa 73mila i roghi registrati in tutta la foresta amazzonica.

Se l'Amazzonia dovesse scomparire, scomparirebbe anche il nostro futuro. Poiché essa assorbe da **150 a 200 miliardi di tonnellate di carbonio** e rappresenta uno dei pilastri fondamentali del nostro equilibrio climatico. Senza le foreste pluviali si rischia di perdere: fra il 17 e il 20% di risorse di acqua per il Pianeta; un numero pari a 6,7 milioni di km quadrati di territori boschivi; la perdita del 10% di tutta la biodiversità mondiale e la perdita di habitat per 34 milioni di persone.



Il disboscamento e la difesa del suolo

Il suolo è costantemente soggetto all'**erosione**: tende cioè a venire asportato, in particolare per azione dell'acqua e questo fenomeno fa parte della dinamica esogena della Terra che concorre all'incessante rimodellamento "geomorfologico" del paesaggio terrestre.

Questo processo avviene in **modo graduale**, quasi inavvertibile, ma a volte il suolo viene coinvolto in eventi improvvisi, come i movimenti franosi: sono facilitati dalle acque piovane che si infiltrano in rocce poco coerenti agendo da lubrificante, riducendo l'attrito con la sottostante base rocciosa; spesso, tuttavia, a questi eventi contribuisce l'**opera dell'uomo**, ad esempio con l'**abbattimento degli alberi**.

L'Italia risulta particolarmente esposta alle frane, poiché presenta un paesaggio prevalentemente montuoso e geologicamente giovane: specialmente nell'Appennino sono presenti rocce sedimentarie argillose, facilmente soggette a franamento. Questo rischio è aggravato dagli interventi di disboscamento a cui sono state sottoposte molte zone montane, soprattutto nella seconda metà del secolo scorso.

Le foreste e i boschi proteggono il suolo dalle piogge violente, perché le foglie frenano la caduta dell'acqua, facendola penetrare lentamente nel sottosuolo. Inoltre, le radici tengono imbrigliato il terreno.

In assenza di manto boschivo, l'acqua delle piogge, oltre a provocare frane e smottamenti, va a ingrossare rapidamente torrenti e fiumi, provocando anche inondazioni.

Nel caso di piogge abbondanti e prolungate, ciò può favorire, come spesso accade, disastrose inondazioni.



Esempio di una zona disboscata con conseguenti gravi alterazioni del suolo.

La difesa del suolo

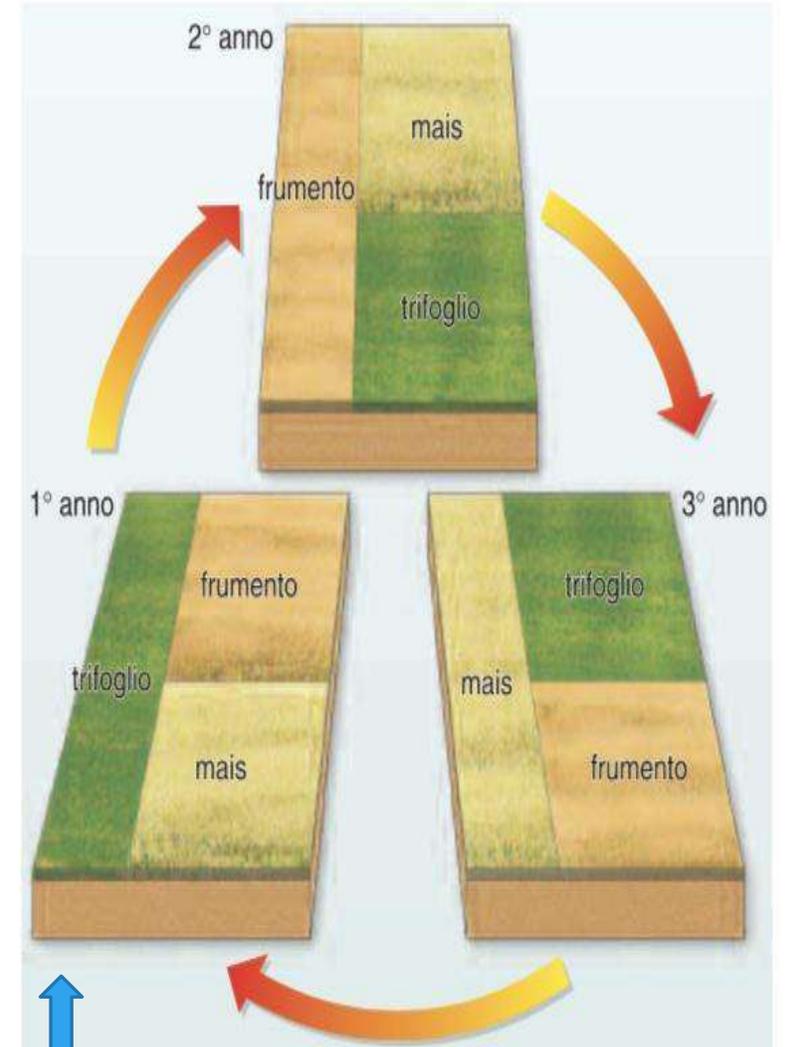
La difesa del suolo si può attuare in vari modi:

- evitando la distruzione delle aree boschive;
- effettuando rimboschimenti gradualmente;
- creando barriere di alberi frangivento e di protezione contro frane, valanghe e slavine;
- praticando un taglio razionale degli alberi;
- ricorrendo più frequentemente, nella coltivazione dei terreni agrari, a tecniche che consentano un minore impiego di fertilizzanti, come la **rotazione delle colture**, oltre che a un uso più ampio di concime naturale, come il letame;
- cercando di limitare il più possibile l'uso di pesticidi, sia ricorrendo alla lotta biologica, che consiste nel combattere gli insetti dannosi inserendo nell'ambiente i loro nemici naturali, sia introducendo organismi geneticamente modificati o OGM, per esempio piante rese più resistenti ai parassiti con tecniche di ingegneria genetica.

La **rotazione delle colture** è una tecnica che ha lo scopo di rigenerare il terreno e farlo tornare fertile. Se si coltiva la stessa specie vegetale per più anni sullo stesso terreno, si esauriscono i sali minerali di cui la pianta ha bisogno. Il terreno diverrà sempre meno fertile e i raccolti diminuiranno.

Si ricorre allora alla pratica di "avvicendare" sullo stesso appezzamento di terreno, in anni successivi colture diverse con differenti esigenze "nutritive".

Nella **rotazione triennale**, possono venire alternate coltivazioni a frumento e a mais con il trifoglio o erba medica, che sono due leguminose. Queste sono in grado di arricchire il terreno di sostanze azotate per la presenza nelle loro radici di batteri capaci di "fissare" l'azoto atmosferico e restituirlo al terreno sotto forma di sali.



Esempio di rotazione triennale delle colture (mais, trifoglio e frumento).

Lo smaltimento dei rifiuti solidi urbani

Nel nostro Paese i rifiuti solidi urbani (RSU), che comprendono la comune spazzatura domestica, la maggior parte viene smaltita in discariche controllate.

- ❑ Una discarica controllata è in genere una grande buca nel terreno, impermeabilizzata con teli in materiale plastico per ridurre il rischio di infiltrazioni sotterranee. I rifiuti vengono disposti in cumuli compattati di circa 2 metri di spessore, ricoperti con materiale inerte.
- ❑ Nella massa dei rifiuti avvengono dei processi di **fermentazione** che producono, oltre a sostanze gassose, un miscuglio di sostanze liquide tossiche chiamato **percolato**: il rivestimento impermeabile ha proprio lo scopo di impedire che il percolato, filtrando attraverso il terreno, vada a contaminare le falde idriche.
- ❑ Quando una discarica è esaurita si procede alla copertura con materiale impermeabile e terreno di riporto su cui sono piantati alberi. Questi tipi di impianti, se costruiti in modo idoneo e sottoposti a corretta manutenzione e controllo, non pongono particolari problemi riguardo al rischio di inquinamento del suolo.
- ❑ Il vero problema è purtroppo rappresentato dalle numerose discariche **abusive presenti** sul territorio italiano, la cui individuazione impegna costantemente le autorità preposte alla tutela dell'ambiente.
 - Queste discariche non sono attrezzate per isolare dal terreno i prodotti della decomposizione dei rifiuti;
 - sono esposti alla pioggia e come aggravante spesso contengono rifiuti pericolosi, come solventi, metalli pesanti e i più svariati residui tossici di lavorazioni industriali.
 - Spesso vaste estensioni di terreno sono contaminate e richiedono complesse operazioni di bonifica, ma soprattutto c'è il pericolo reale che vengano inquinate la falde idriche sotterranee.

L'Agenda 2030 - ONU

L'**Agenda 2030** per lo Sviluppo Sostenibile è un programma d'azione per le persone, il pianeta e la prosperità sottoscritto nel settembre 2015 dai governi dei 193 Paesi membri dell'**ONU**.

Essa ingloba **17 Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile – Sustainable Development Goals, SDGs** – in un grande programma d'azione per un totale di 169 «target» o traguardi.

L'avvio ufficiale degli Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile ha coinciso con l'inizio del 2016, guidando il mondo sulla strada da percorrere nell'arco dei prossimi 15 anni: i Paesi, infatti, si stanno impegnando a raggiungerli entro il 2030.

L'Agenda comprende:

- 1) Povertà zero,
- 2) Fame zero,
- 3) Salute e benessere,
- 4) Istruzione di Qualità,
- 5) Uguaglianza di genere,
- 6) Acqua pulita e igiene,
- 7) Energia pulita e accessibile,
- 8) Lavoro dignitoso e crescita economica,
- 9) Industria innovazione e infrastrutture,
- 10) ridurre le disuguaglianze,
- 11) Città e comunità sostenibili,
- 12) Consumo e produzione responsabili,
- 13) Agire per il clima,
- 14) La vita sott'acqua,
- 15) La vita sulla terra,
- 16) Pace giustizia e istituzioni forti,
- 17) Partnerships per gli obiettivi

