



# Educazione ai cambiamenti climatici

## Kit didattico per le scuole





FEE, Foundation for Environmental Education (Fondazione per l'Educazione Ambientale) è la più grande organizzazione mondiale di educazione ambientale, presente in 81 paesi dei 5 continenti. E' un'organizzazione internazionale non-profit fondata nel 1981, registrata come charity nel Regno Unito e con sede centrale a Copenaghen, Danimarca.

La FEE è riconosciuta dall'UNESCO come leader mondiale nel campo dell'educazione ambientale e dell'educazione allo sviluppo sostenibile.

I programmi internazionali FEE hanno il supporto e la partecipazione delle due agenzie dell'ONU: UNEP (Programma delle Nazioni Unite per l'ambiente) e UNWTO (Organizzazione Mondiale del Turismo) con cui la FEE ha sottoscritto un Protocollo di partnership globale. La fondazione FEE Italia ETS, costituita nel 1987, gestisce a livello nazionale i programmi: Bandiera Blu, Eco-Schools, Young Reporter for the Environment, Learning about Forests, Green Key e Spighe Verdi. Le attività della FEE Italia ETS sono certificate secondo la norma ISO 9001-2015.

Eco-Schools è il più grande programma di educazione ambientale e di educazione allo sviluppo sostenibile a livello mondiale, svolto da oltre 20 milioni di studenti in 73 paesi. Incoraggia i giovani a impegnarsi nel loro ambiente offrendo loro l'opportunità di proteggerlo attivamente. Il Programma infonde negli studenti un senso di responsabilità e coltiva una mentalità sostenibile che possono applicare quotidianamente. Inizia in classe, si espande alla scuola, alla famiglia e alla fine favorisce il cambiamento nella comunità in generale. Attraverso questo programma, i giovani sperimentano un senso di realizzazione nel poter avere voce in capitolo nelle politiche di gestione ambientale delle loro scuole, vengono guidati infine verso la certificazione e il prestigio che deriva dall'assegnazione dell' international Green Flag. Un percorso significativo verso il miglioramento dell'impronta ambientale della scuola, un cambiamento che porta inevitabilmente a un ambiente scolastico più sostenibile, meno costoso e più responsabile.

© Fondazione FEE Italia ETS, 2023

Fondazione FEE Italia ETS  
Via Tronto 20 | 00198 Roma  
06 8417752 | 06 8540901  
[info@feeitalia.org](mailto:info@feeitalia.org)  
[www.feeitalia.org](http://www.feeitalia.org)  
[www.eco-schools.it](http://www.eco-schools.it)

# Educazione ai cambiamenti climatici

Kit didattico per le scuole



# Educazione ai cambiamenti climatici - Kit didattico per le scuole

## **1** **L'ambiente intorno a noi** **8**

1.1 La Scala e il tempo	10
1.2 Gli esseri viventi e la loro classificazione	11
1.3 L'Ecosistema	13
1.3.1 I meccanismi di retroazione (o feedback)	13
1.3.2 I servizi ecosistemici	16
1.3.3 L'habitat	16
1.3.4 La rete trofica e il sistema ridondante	17
1.3.5 La Biomagnificazione e il bioaccumulo	18
1.4 La biodiversità	20
1.5 La componente abiotica	22
1.5.1 Il suolo	22
1.5.2 L'aria	24
1.5.3 L'acqua	25
Schede	26

## **2** **Il Clima** **30**

2.1 L'atmosfera	32
2.2 Il Meteo	34
2.3 Clima	35
2.4 I Cambiamenti climatici	38
2.5 L'effetto serra	43
2.5.1 I Gas serra	44
2.6 Le conseguenze dei cambiamenti climatici	48
Schede	49

## **3** **Le conseguenze dei Cambiamenti climatici sull'aria** **54**

3.1 L'aria	55
3.2 Gli eventi meteorologici estremi	55
3.3 Le ondate di calore	57
3.4 I cambiamenti nelle precipitazioni	58
3.5 Le trombe d'aria	60
Schede	61



## **4 Le conseguenze dei Cambiamenti climatici sul suolo**

**78**

4.1 La siccità	80
4.2 L'agricoltura e Il cambiamento delle fasce climatiche di coltivazione	84
4.3 Il rischio idrogeologico	87
4.3.1 Le frane	89
4.3.2 Le alluvioni	91
4.4 La desertificazione	92
4.5 Gli incendi	94
Schede	97

## **5 Le conseguenze dei Cambiamenti climatici sull'acqua**

**110**

5.1 L'inezia termica e il riscaldamento delle acque	112
5.2 L'acidificazione degli Oceani	114
5.3 La luce e l'albedo	116
5.4 I ghiacci e i cambiamenti climatici	117
5.4.1 La fusione dei ghiacci	117
5.4.2 L'innalzamento del mare	119
Schede	120

## **6 Come combattere i Cambiamenti climatici**

**132**

6.1 L'impronta ecologica	134
6.1.1 Cosa viene conteggiato nel calcolo dell'impronta ecologica	134
6.1.2 La carbon footprint	136
6.2 Cosa si può fare 1: La mitigazione	137
6.3 Cosa si può fare 2: L'adattamento	140
6.4 Cosa si può fare 3: L'economia circolare	142
6.5 Cosa si può fare 4: Sensibilizzare	144
6.5.1 Le fake news sui cambiamenti climatici e le fonti autorevoli	144
6.5.2 Come farsi difendere dalle fake news	146
6.6 Cosa si può fare 5: Agire	148
6.7 Cosa si può fare 6: Adeguare	155
Schede	157

## **Appendice**

**168**







# Prefazione

Il clima sta cambiando. Le disastrose conseguenze del cambiamento climatico si fanno chiaramente sentire in tutti i continenti attraverso eventi meteorologici estremi, aumento delle temperature, scioglimento dei ghiacciai, siccità, incendi e innalzamento dei mari, per citare solamente alcuni dei fenomeni che sempre più spesso sconvolgono il nostro pianeta. E ciò sta avvenendo ora, non in un futuro lontano e indefinito. Ciò rende urgente e indispensabile comprendere a fondo la questione climatica con tutte le sue implicazioni in modo da modificare di conseguenza il nostro comportamento, le nostre azioni e le nostre abitudini.

Il primo passo da compiere è sicuramente quello sulla strada della conoscenza. Senza di essa non è possibile agire. Per questo la scuola e gli insegnanti giocano un ruolo fondamentale: quello di accompagnare gli studenti nel percorso di acquisizione delle conoscenze, delle competenze, dei valori e degli atteggiamenti necessari ad essere agenti del cambiamento.

Nel 2015, le Nazioni Unite hanno adottato l'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile, una serie di 17 obiettivi da raggiungere entro il 2030, che affrontano sfide condivise a livello globale e locale. L'Agenda 2030 include un obiettivo specifico, il tredicesimo, sull'azione per il clima chiedendo a ciascuno Stato di "Adottare misure urgenti per combattere i cambiamenti climatici e le loro conseguenze". In particolare, il terzo sottopunto si rivolge specificamente alla necessità di "Migliorare l'istruzione, la sensibilizzazione e la capacità umana e istituzionale" nei confronti dei cambiamenti climatici, facendo emergere l'importanza fondamentale dell'educazione allo sviluppo sostenibile nella risposta al cambiamento climatico.

Partendo dalla semplice spiegazione del fenomeno, il presente kit didattico di educazione ai cambiamenti climatici, ne affronta le varie tematiche spiegando le conseguenze per il pianeta e definendo le azioni che ognuno di noi può concretamente svolgere e diffondere. La parte teorica è corredata da schede didattiche: concettuali, dimostrative e pratiche. Ogni sezione del manuale per gli insegnanti è arricchita da suggerimenti di video, applicazioni, siti web che permettono di approfondire gli argomenti trattati o di acquisire dati ed esplorare specifiche casistiche. L'educazione al cambiamento climatico, colonna portante dell'educazione ambientale e dell'educazione allo sviluppo sostenibile, è anche uno dei temi chiave del Programma Eco-Schools, il più diffuso programma di sostenibilità per la scuola a livello mondiale, svolto da oltre 20 milioni di studenti in 73 paesi degli 81 dove la FEE è presente. Eco-Schools da oltre 25 anni in continua crescita, attraverso il suo metodo dei sette passi fornisce agli studenti l'esperienza pratica di risoluzione dei problemi e gli consente di prendere decisioni informate intraprendendo azioni positive su questioni di sostenibilità nella vita reale.

Educazione ai cambiamenti climatici. Kit didattico per le scuole ha l'obiettivo di offrire alle scuole che seguono il programma di educazione ambientale e allo sviluppo sostenibile Eco-Schools e a tutte le scuole italiane un valido strumento di conoscenza e di azione affinché i cittadini di oggi, di tutte le età, abbiano ciò che gli serve per affrontare i cambiamenti climatici in atto con consapevolezza e competenza.

Claudio P. Mazza  
Presidente fondazione FEE Italia



# 1

## L'ambiente intorno a noi

### 1.1

#### La Scala e il tempo

### 1.2

#### Gli esseri viventi e la loro classificazione

### 1.3

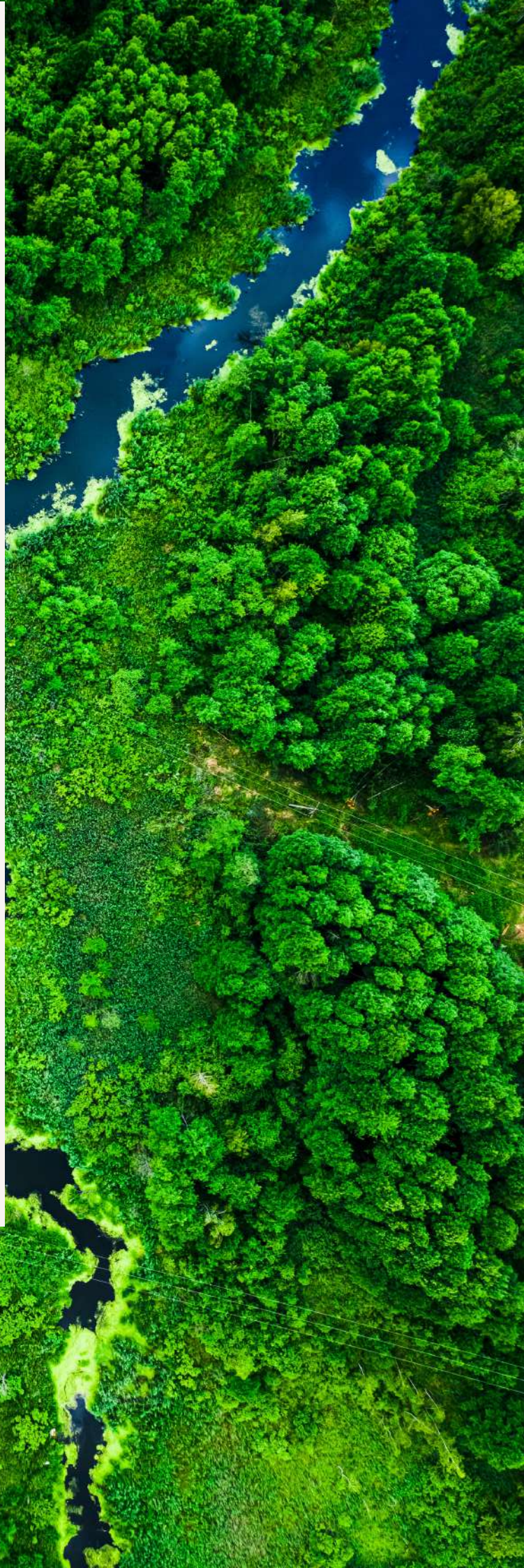
#### L'Ecosistema

### 1.4

#### La biodiversità

### 1.5

#### Il Clima





***“L’istruzione è l’arma più potente che abbiamo per cambiare il mondo”***

***Nelson Mandela***

Circa 200.000 anni fa faceva la comparsa sul pianeta terra la nostra specie, l’Homo sapiens. Ma non eravamo gli unici del genere Homo: per molto tempo, infatti, abbiamo convissuto con i nostri cugini (Homo heidelbergensis, Homo neanderthalensis e Homo floresiensis) che si sono sviluppati prima di noi. Dimentichiamo l’immagine, ormai superata, che raffigura l’evoluzione come una linea retta in cui le varie specie di

Homo si susseguono e pensiamo all’evoluzione come a un albero con diversi rami. La peculiarità dell’Homo è quella di avere il pollice opponibile che lo porta ad essere il più abile tra gli animali a modificare e manipolare l’ambiente circostante, ma non è certo l’unica specie in grado di compiere queste attività. Dobbiamo però riconoscere che l’uomo ha influenzato talmente tanto l’ambiente da portare gli scienziati a defi-

nire l’era in cui ci troviamo Antropocene, anche se purtroppo non è un’accezione positiva: l’aumento dell’effetto serra, l’aumento delle temperature sul pianeta Terra, i cambiamenti climatici, l’inquinamento atmosferico e no, stanno seriamente mettendo a repentaglio non solo la sopravvivenza di alcune specie animali e vegetali, ma anche quella degli stessi esseri umani.

Affronteremo quindi queste tematiche, ma prima analizzeremo alcuni concetti di base della biologia, dell’ecologia, della meteorologia, dell’oceanografia, e di altre scienze che ci permetteranno di comprendere meglio i fenomeni che andremo ad analizzare successivamente.



#### **APPROFONDIAMO**

Per un approfondimento sul tema dell’evoluzione umana si veda l’interessante mappa interattiva dello Smithsonian Museum [CLICCA QUI](#)



L'AMBIENTE INTORNO A NOI

LA SCALA E IL TEMPO

1.1 La Scala e il tempo

Il concetto di scala è molto importante, sia a livello spaziale che, come vedremo in seguito, a livello temporale. Gli stessi fenomeni possono essere osservati a differenti scale e i risultati che se ne ottengono sono decisamente differenti. Pertanto, è sempre importante osservare un fenomeno nella scala giusta. Ad esempio, i cambiamenti climatici si misurano su scale ampie, poiché per essere analizzati in maniera significativa è necessario osservarli in vaste aree geografiche e per lunghi periodi di tempo. Come abbiamo visto con la scala anche il tempo è un concetto fondamentale quando si parla di meccanismi che interessano il pianeta Terra. Questo perché i tempi del nostro pianeta si trovano su una scala completamente diversa da quella in cui siamo abituati

a pensare e a osservare empiricamente i fenomeni. Di seguito, infatti, possiamo vedere quali sono i principali periodi che vengono utilizzati per le classificazioni geologiche e paleontologiche. Se ad esempio analizziamo la definizione di Era che forse nell'immaginario collettivo è quella maggiormente conosciuta, ci accorgiamo che ha una durata di centinaia di milioni di anni! Per rendere meglio l'idea, prendiamo una delle Ere più brevi ma anche più conosciute, il mesozoico: dall'inizio dello sviluppo dei grandi rettili (i dinosauri) sulla Terra, fino alla loro estinzione trascorre un periodo di circa **168 MILIONI DI ANNI**. Infine, è importante considerare alcuni numeri: la Terra ha 4,5 miliardi di anni, l'acqua è presumibilmente comparsa circa un miliardo di anni dopo, e le prime forme di vita di cui si

ha certezza sono datate a 3,5 miliardi di anni. Si tratta di batteri già così complessi, per cui gli scienziati sono propensi a datare l'inizio della vita almeno a 4 miliardi di anni fa. Il pianeta Terra esiste da molto tempo e durante questo periodo di tempo ha attraversato moltissimi sconvolgimenti. In realtà, quelli che noi esseri umani consideriamo sconvolgimenti, nel resto del cosmo sono all'ordine del giorno. Il nostro pianeta è un pianeta ospitale per la vita, soprattutto umana, ma non siamo qui da molto e probabilmente, se continueremo così, non ci resteremo a lungo. Quello che è certo è che rappresentiamo davvero una piccola parte della storia della Terra, ed è solo compito nostro cercare di allungare la nostra permanenza su questo pianeta quanto più possibile.

Unità Geocronologiche	“Corrispondenza empirica” in anni
Eone	miliardi di anni
Era	centinaia di milioni di anni
Periodo	decine di milioni di anni
Epoca	milioni di anni
Età	migliaia di anni



## **1.2 Gli esseri viventi e la loro classificazione**

Iniziamo definendo alcuni concetti chiave della biologia che ci saranno utili nella trattazione successiva ovvero l'individuo, la popolazione, la specie. I singoli esseri viventi sono individui. Gli individui hanno tra loro delle somiglianze e delle differenze. Non dobbiamo pensare a somiglianze che possono esserci tra fratello e sorella, ma a categorie di caratteristiche.

Le scienze naturali classificano gli esseri viventi secondo la classificazione proposta nel XVII sec. da Linneo.

Questa si basa su sette categorie sistematiche ordinate secondo una gerarchia: dalla più generica alla più specifica. Queste categorie sono regno, phylum, classe, ordine, famiglia, genere e specie. Gli individui sono categorizzati secondo caratteristiche fisiche o evolutive comuni.

Facciamo un esempio partendo da un gruppo ampio come la classe. I mammalia (o mammiferi) sono una classe, e rientrano in questa classe tutte le specie che allattano la prole; quindi, esistono delle somiglianze, anche evolutive, tra un essere umano, un'orca e un piccolo pipistrello poiché sono tutti mammiferi.

Attenzione: le caratteristiche per la classificazione sono universali e basate su evidenze scientifiche. Ad esempio, non



possiamo affermare che per far parte della classe degli aves (uccelli) una caratteristica sia quella del volo, poiché ci sono numerosi esempi di uccelli che non volano, e mammiferi, come il pipistrello che invece volano. Una caratteristica comune a questa classe invece quella di avere le piume. Queste caratteristiche degli esseri viventi sono frutto dell'evoluzione, pertanto quando due individui fanno parte di uno stesso gruppo (chiamato gruppo tassonomico) come, ad esempio, un'orca e un essere umano si dice che sono evolutivamente più vicini rispetto a due individui che sono in due gruppi separati, ad esempio un'orca (che è un mammifero) e uno squalo (che è un pesce).

La tassonomia è la scienza che

studia la classificazione degli esseri viventi. Il padre della tassonomia è Linneo, e ha descritto moltissime specie vegetali e animali. Successivamente con l'avvento del microscopio si è passati a classificare anche i batteri e i microrganismi.

Mentre Linneo e i suoi successori si potevano basare solo sull'osservazione "macroscopica" degli organismi, le biotecnologie oggi ci permettono di classificare con ancora maggiore precisione le specie (soprattutto vegetali), grazie all'analisi del DNA. Arriviamo quindi al concetto di specie: la specie è quell'insieme di individui che sono tra loro interfecundabili e che danno prole feconda. Ovvero due animali per essere della stessa specie, si devono accoppiare e avere prole vita-

## L'AMBIENTE INTORNO A NOI

### GLI ESSERI VIVENTI E LA LORO CLASSIFICAZIONE

le, ma non è sufficiente, questa prole deve essere a sua volta in grado di riprodursi con successo. Spesso accoppiamenti di animali di specie diverse, che non avverrebbero mai in natura ma che avvengono in cattività, danno vita a ibridi come il mulo (asino e cavallo), il bardotto (cavallo e asina), il ligre (leone e tigre femmina), tigrone (leonessa e tigre maschio), ecc. Questi ibridi sono sterili per motivi genetici.

Pertanto, possiamo certamente affermare che mulo e cavallo non sono la stessa specie, così come leone e tigre. Per convenzione il nome della specie è in latino, si scrive in corsivo, ed è composto dal nome del genere in maiuscolo, seguito dal nome della specie, che può essere un sostantivo o un aggettivo, in minuscolo.

Esempio:

*Canis lupus* -> LUPO

*Canis lupus familiaris* -> CANE COMUNE (DI QUALSIASI RAZZA)

*Canis latrans* -> COYOTE

*Canis aureus* -> SCIACALLO

Infine, introduciamo il concetto di popolazione, ovvero un insieme di individui della stessa specie che vivono nello stesso periodo e nello stesso luogo. Questa definizione si basa sull'idea che gli individui della stessa popolazione si possano incontrare e avere dei rapporti. Pertanto, un passero che si trova in un parco a Roma farà parte della popolazione di

passeri di quel parco e della città, ma non farà parte della popolazione di passeri che si trovano a Parigi oppure che si trovavano nello stesso parco nel 1900.

Specie, individui e popolazio-

ni interagiscono tra loro nello spazio (ovvero in un luogo specifico) e nel tempo (ovvero in un determinato momento) dando origine all'ecosistema, un altro importante concetto da introdurre e approfondire.



### 1.3 L'ecosistema

L'ecosistema è l'insieme di tutti gli esseri viventi (fattori biotici) e delle componenti fisiche (fattori abiotici) che interagiscono in un determinato ambiente costituendo un sistema autosufficiente e in equilibrio dinamico. La definizione può lasciare un po' perplessi, ma proviamo ad analizzarla attraverso un semplice esempio: lo stagno. Uno stagno costituisce un ecosistema semplice da definire, anche spazialmente. Fanno parte dell'ecosistema 'stagno' :

- L'acqua (componente abiotica) con i suoi parametri ben definiti di temperatura, pH, ossigeno nutrienti inorganici e organici (componente abiotica)
- Le rocce (componente abiotica)
- I suolo (componente abiotica).
- I microrganismi (bioma)
- Le alghe (bioma)
- Le piante acquatiche (bioma)
- Le uova o le larve degli insetti che ci si riproducono (bioma)
- Gli anfibi (bioma)
- I pesci che lo abitano e che si nutrono di altri pesci o di microrganismi (bioma)
- Gli uccelli o altri predatori che si nutrono degli esseri viventi dello stagno (bioma)

È interessante riflettere sul fatto che un ecosistema come un piccolo stagno possa ave-

re così tante componenti. Pensiamo quante componenti può avere una foresta o una montagna! Un ecosistema, inoltre, può essere definito a diverse scale: la foresta amazzonica è un ecosistema, ma lo è anche il tronco marcio di un albero caduto nel bosco. Tenzialmente in Ecologia si tende, per semplicità, a considerare gli ecosistemi dei sistemi chiusi, ma come abbiamo visto ciò non è propriamente vero: il nostro ecosistema ha rapporti con altri ecosistemi, ad esempio attraverso la predazione degli uccelli. È importante, quindi, riflettere sul fatto che spesso influenzare positivamente o negativamente un ecosistema può avere conseguenze negative anche su altri ecosistemi.

#### 1.3.1 I meccanismi di retroazione (o feedback)

Il meccanismo di retroazione, o feedback, in natura aiuta a conservare la condizione di equilibrio dell'ecosistema. Un feedback è un segnale proveniente da un processo in atto che amplifica o arresta tale processo, e perciò può essere di due tipi: positivo o negativo. Il feedback negativo è un segnale che arresta o riduce l'evento iniziale che lo ha innescato. È il feedback più diffuso per regolare gli equilibri naturali: quando alcune condizioni raggiungono un valore soglia

attivano determinati meccanismi che le mitigano, per questo viene definito negativo. È il tipo di feedback che permette l'equilibrio, ad esempio, in alcuni processi del nostro corpo, come il rilascio di insulina in presenza di zucchero, nelle dinamiche di popolazione e nella regolazione dei fenomeni meteorologici negli ecosistemi. Il feedback positivo è un segnale che va ad amplificare l'evento iniziale che lo ha innescato, è presente nei processi naturali, ma di norma innesca un ulteriore un feedback negativo di regolazione. Il feedback positivo è presente in quasi tutti i meccanismi che causano i cambiamenti climatici. Analizziamo questi meccanismi attraverso degli esempi concreti: L'evaporazione dell'acqua, la formazione delle nuvole e la regolazione delle temperature sono un esempio di feedback negativo.

L'aumento naturale delle temperature causa una maggiore evaporazione di acqua dal suolo, dai mari e dai bacini lacustri incrementando, di conseguenza, la concentrazione di vapore acqueo nell'atmosfera.

Con la formazione delle nuvole si innesca un feedback negativo poiché, riflettendo i raggi solari, abbassano la temperatura e pertanto mitigano l'evento che ha permesso l'aumento



## L'AMBIENTE INTORNO A NOI

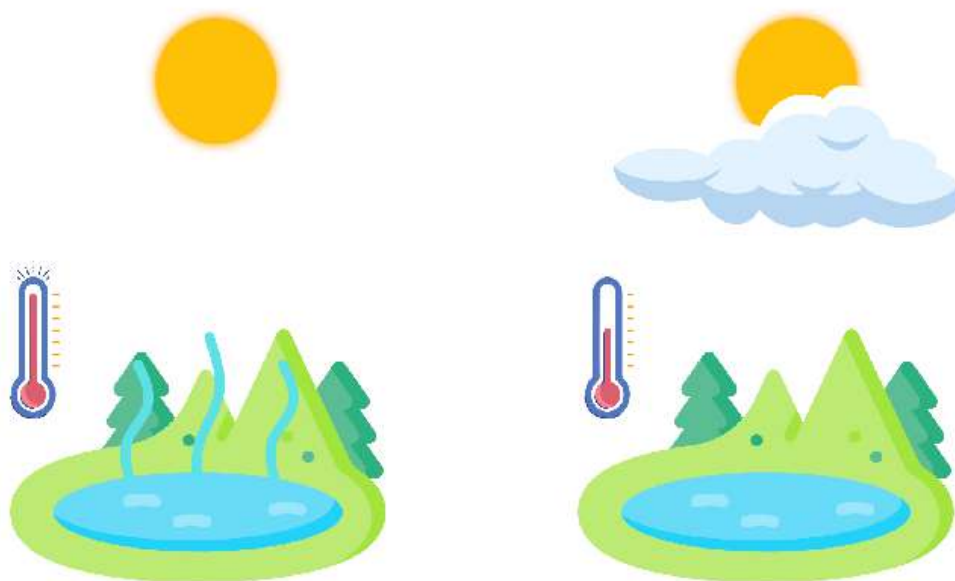
### L'ECOSISTEMA



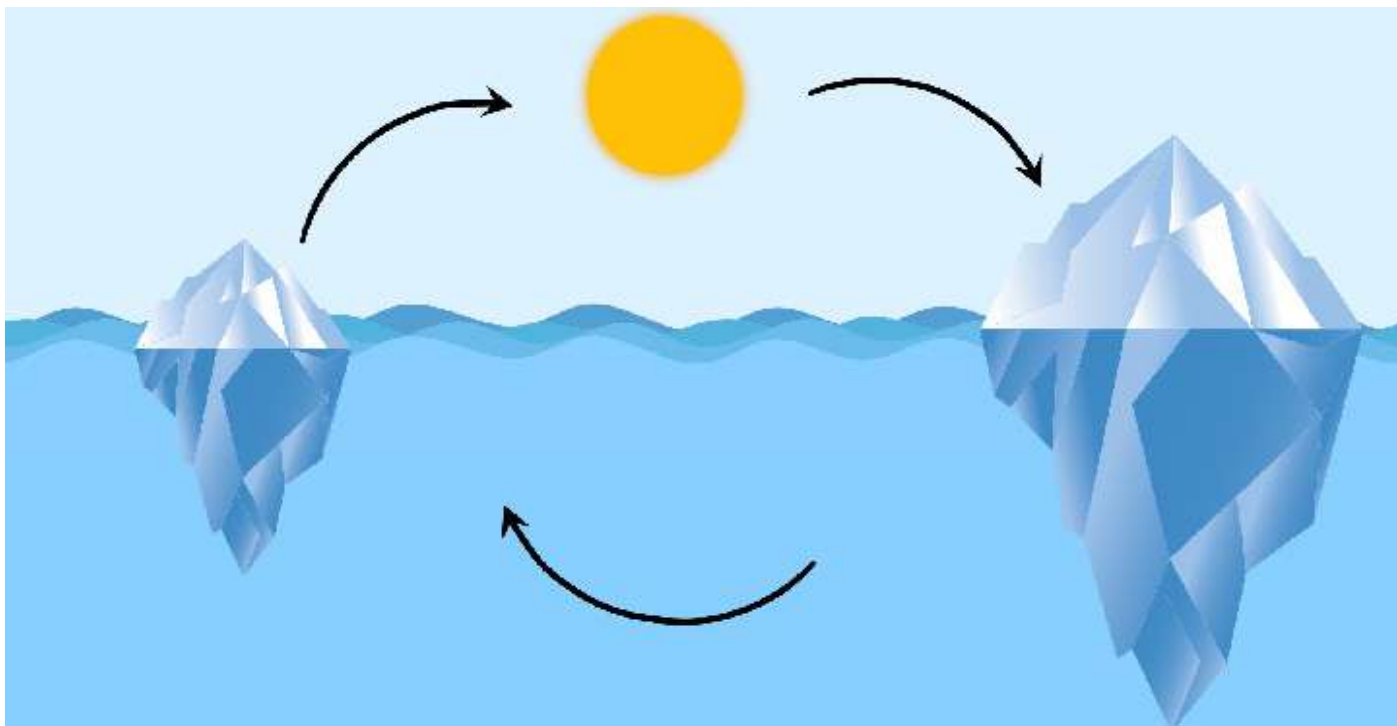
di evaporazione. Un esempio di feedback positivo (legato ai cambiamenti climatici) riguarda lo scioglimento dei ghiacci e le temperature del mare. Il ghiaccio riflette i raggi del Sole in maniera maggiore rispetto all'acqua (grazie al suo colore bianco) e quindi contrasta

il riscaldamento dei mari. Con l'aumento delle temperature però i ghiacci fondono e la superficie riflettente diminuisce. A questo punto la quantità di raggi solari che prima veniva riflessa dal ghiaccio viene assorbita dall'acqua contribuendo all'aumento delle tempera-

ture, accrescendo il fenomeno di riscaldamento dei mari e di scioglimento dei ghiacci. Non solo, il ghiaccio diventa acqua e quindi aumenta la massa di liquido che assorbe più energia solare. Questo è un esempio classico di feedback positivo.



**Esempio di feedback negativo.** *L'aumento delle temperature causa una maggiore evaporazione di acqua dai laghi incrementando la concentrazione di vapore acqueo nell'atmosfera. Con la formazione delle nuvole si innesca un feedback negativo poiché, riflettendo i raggi solari, abbassano la temperatura e pertanto abbassano le temperature.*



**Esempio di feedback positivo.** Con l'aumento delle temperature i ghiacci fondono e la superficie riflettente bianca diminuisce. La quantità di raggi solari che prima veniva riflessa dal ghiaccio viene assorbita dall'acqua contribuendo all'aumento delle temperature, accrescendo il fenomeno di riscaldamento dei mari e di scioglimento dei ghiacci. Il ghiaccio diventa acqua e quindi aumenta la massa di liquido che assorbe più energia solare.





#### 1.3.2 I servizi ecosistemici

I servizi ecosistemici sono tutti quei servizi che l'ecosistema compie "gratuitamente" e in maniera spontanea e che devono essere preservati a tutti i costi, poiché l'uomo non è in grado di riprodurli, oppure può riprodurli ma con grande sforzo e con costi elevati.

Il Millennium Ecosystem Assessment, un Progetto di ricerca delle Nazioni Unite, che si occupa di descrivere e valutare le modifiche ecosistemiche ha individuato 4 categorie di servizi ecosistemici:

- Servizi di supporto alla vita: sono quei servizi essenziali allo sviluppo della vita sulla terra. un esempio concreto è la fotosintesi clorofilliana operata dalle piante. Questo processo fisiologico permette, attraverso l'utilizzo della luce, di trasformare l'anidride carbonica in ossigeno, essenziale per la vita.

- Servizi di approvvigionamento: sono quei servizi che permettono all'uomo di ottenere le materie prime per il proprio sostentamento e per la produzione di beni. Alcuni esempi sono la produzione di legno e delle fibre naturali, ma anche l'impollinazione da parte degli insetti è un servizio ecologico di approvvigionamento, poiché da tale processo dipendono molte piante domestiche utilizzate nell'industria alimentare.

- Servizi di regolazione: sono quei servizi che permettono agli ecosistemi di mantenersi in una condizione di equilibrio. Il terreno, ad esempio, compie un servizio di filtraggio dell'acqua piovana che la rende potabile.

- Servizi culturali: sono quei servizi che permettono agli esseri umani un arricchimento non materiale ricreativo, spirituale, estetico. Alcuni ecosistemi, ad esempio, sono sfruttati dagli esseri umani a scopi ricreativi, come ad esempio le spiagge o le piste da

sci.

I servizi ecosistemici sono fondamentali per il corretto funzionamento degli ecosistemi per moltissime attività umane, e quando vengono compromessi i costi economici e sociali per ripristinarli sono elevatissimi.



#### **Dimostriamo: come agisce la fotosintesi**

Vedi la scheda a fine capitolo

#### 1.3.3 L'habitat

L'habitat è una parte di ecosistema e rappresenta le condizioni ambientali necessarie a una determinata specie per sopravvivere. Fa riferimento quindi ai fattori abiotici con cui una specie interagisce. Facciamo un esempio: l'habitat di un albero di quercia è definito da:

- Irraggiamento solare
- Temperatura
- Clima



- Presenza di acqua (nel suolo, nelle vicinanze, come vapore acqueo nell'aria, sotto forma di precipitazioni ecc)

- Composizione e caratteristiche morfologiche del suolo

L'insieme di individui di specie diverse che vivono nello stesso habitat è detto comunità.

#### 1.3.4 La rete trofica e il sistema ridondante

Un elemento fondamentale relativo all'ecosistema è costituito dalle relazioni di energia e materia tra le diverse componenti del bioma, che rappresentano la cosiddetta rete alimentare o rete trofica. Questa si costruisce attraverso relazioni di predazione tra i diversi organismi dell'ecosistema, definiti nodi

della rete.

Ora analizziamo insieme questa immagine che rappresenta i rapporti di predazione all'interno di un bosco.

Possiamo notare che ci sono diversi animali che predano, e quindi mangiano, più di una specie, come la poiana e la volpe, ma anche il topo campagnolo! Questi animali sono detti generalisti. Altri animali invece si nutrono esclusivamente di una specie, come ad esempio la vipera che preda solamente le rane, la chiocciola che si nutre solo di primule e il lombrico che si nutre di foglie, e questi sono detti specialisti.

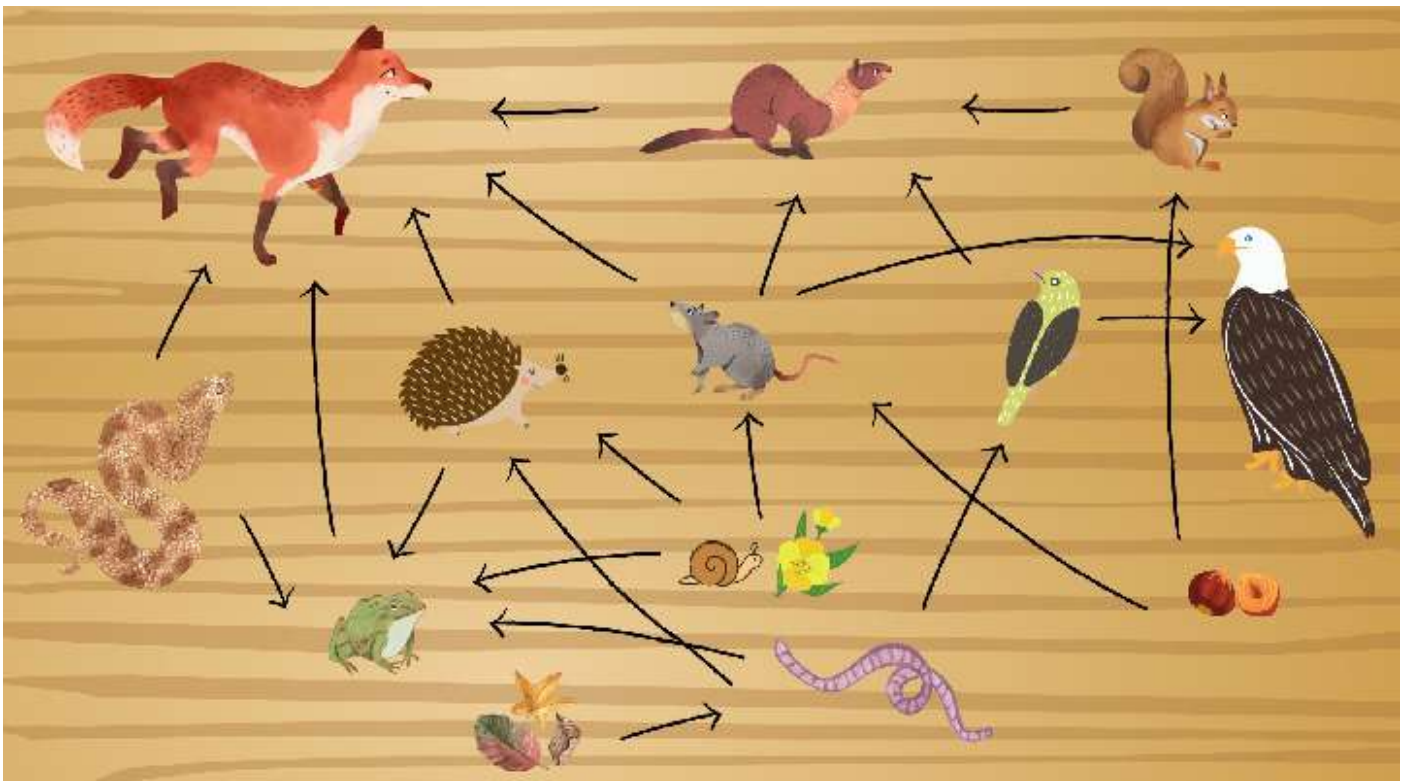
Nella rete trofica è presente la competizione interspecifica: la competizione tra specie diver-

se per il controllo delle risorse. L'aquila e la volpe, ad esempio, sono due competitori perché entrambe si nutrono del topo campagnolo. Esiste anche un altro tipo di competizione che è la competizione intraspecifica, ovvero tra individui della stessa specie. Se ci sono poche lumache e molte primule non ci sarà competizione, ma se le primule sono poche e le lumache sono tante, qualcuna rimarrà senza mangiare e soprattutto le primule finiranno!



**Ragioniamo: le relazioni della rete trofica alla perdita di specie**

Vedi la scheda a fine capitolo



**Esempio di rete trofica dell'ecosistema bosco.** Ogni essere vivente è legato ad un altro da rapporti di predazione e formano un network di relazioni attraverso cui fluisce l'energia

#### 1.3.5 La Biomagnificazione e il bioaccumulo

La rete trofica ci permette di introdurre un concetto scientifico abbastanza recente, e purtroppo legato all'inquinamento: la biomagnificazione. Il meccanismo è molto semplice: se vengono introdotti degli inquinanti che si accumulano nei tessuti degli organismi nell'ecosistema, la concentrazione di questi inquinanti all'interno degli individui crescerà all'aumen-

tare del livello della rete trofica, questo perché chi si trova a livelli più alti, consuma più risorse contaminate.

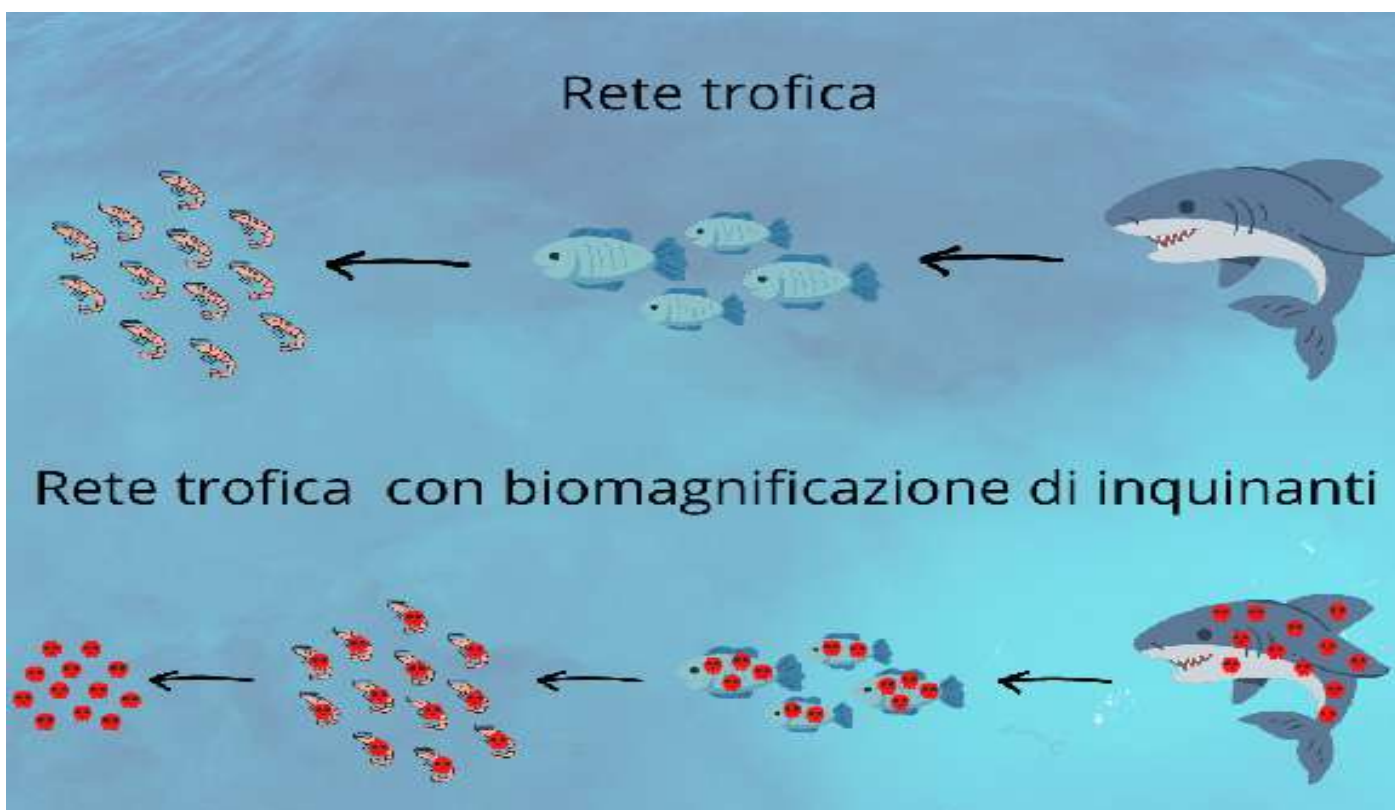
La concentrazione è importantissima perché spesso le leggi riportano dei limiti di concentrazione sotto i quali queste sostanze non sono considerate nocive per gli organismi, compreso quello umano.

Un esempio famoso di biomagnificazione è quello che avvenne con il DDT.

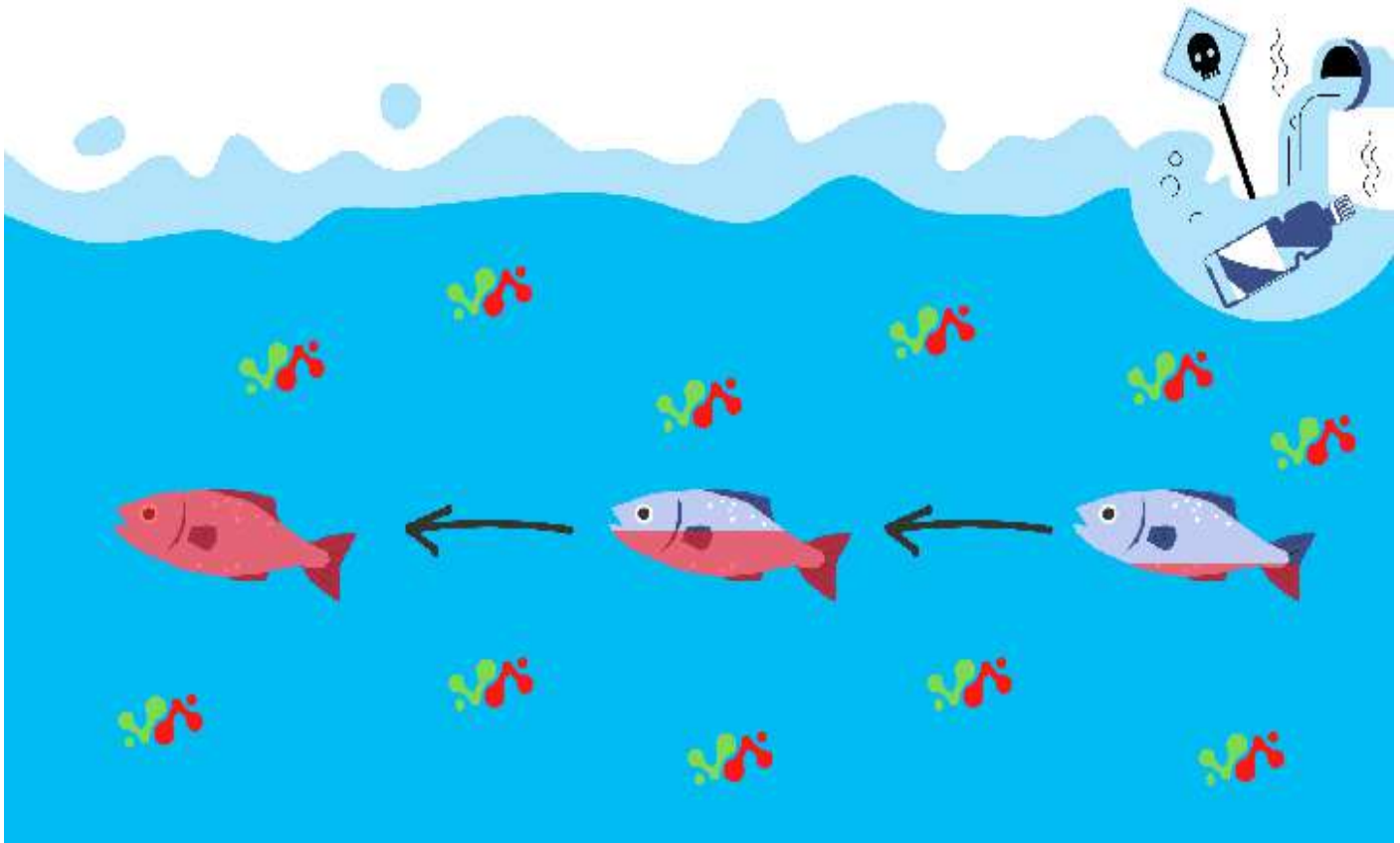
Negli anni '70 nel Nord America si fece largo uso di que-

sto pesticida per contrastare le zanzare e la malaria. Vennero rilasciate in acqua quindi delle concentrazioni di pesticida studiate appositamente per questi organismi (0,000004 ppm).

Qualche anno dopo si incominciò a notare che molti uccelli avevano difficoltà nella calcificazione del guscio delle uova. In questi uccelli si trovarono delle concentrazioni di DDT milioni di volte più grandi di quelle presenti in acqua, fino a 6 ppm!



**Funzionamento della biomagnificazione.** Quando sono presenti nell'ambiente degli inquinanti questi si accumulano nei tessuti degli organismi nell'ecosistema. La concentrazione di questi inquinanti nei tessuti degli individui cresce all'aumentare del livello della rete trofica perché chi si trova a livelli più alti, consuma più risorse contaminate.



**Funzionamento del bioaccumulo.** *Quando sostanze inquinanti non degradabili vengono immesse nell'ecosistema, con il passare del tempo si accumulano nei tessuti degli organismi che vi sono esposti.*

Il bioaccumulo invece è un meccanismo differente ma con risultati simili: in questo caso l'accumulo non avviene nella rete trofica ma a livello del singolo individuo che, esposto a sostanze che non si degradano, finisce per accumularle nei tessuti. Oltre a danneggiare l'organismo risulta ovviamente ulteriormente dannoso per il suo predatore. Quindi il bioaccumulo può anche andare ad amplificare la biomagnificazione.



### APPROFONDIAMO

Per un approfondimento sulle sostanze che contaminano le acque e sui limiti di legge italiani relativi alle acque potabili si possono consultare le tabelle riportate dall'ARPA. [CLICCA QUI](#)





## L'AMBIENTE INTORNO A NOI

### LA BIODIVERSITA'

#### 1.4 La Biodiversità

La biodiversità è definita come la ricchezza di specie di un determinato ambiente. Può essere riferita al pianeta Terra, oppure solamente a un determinato ecosistema, e anche in questo caso la scala di osservazione è variabile.

La ricchezza in specie è determinante per il funzionamento di un ecosistema poiché ogni specie svolge un ruolo specifico all'interno della rete trofica. La diminuzione del numero di specie può avere effetti disastrosi per un ecosistema, non solo per le altre specie ad essa collegate, ma anche per tutte le altre.

Le minacce alla biodiversità sono molte:

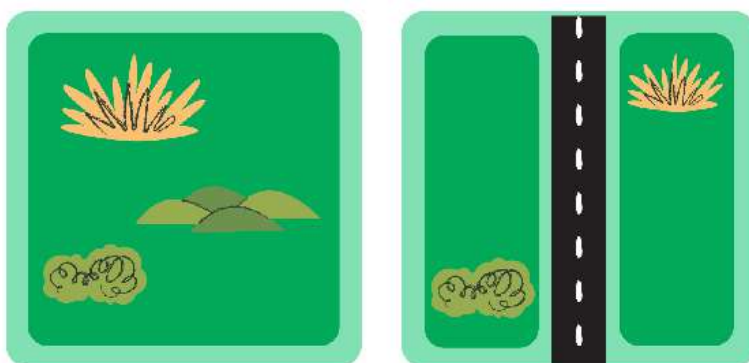
- **La degradazione dell'ha-**

**bitat:** essendo l'habitat un insieme di condizioni che consentono a una specie di sopravvivere, se le condizioni cambiano quella determinata specie può non essere più in grado di sopravvivere. Ad esempio, se aumenta la temperatura e/o diminuiscono le precipitazioni (situazione tipica della desertificazione) alcune specie di piante non saranno più in grado di crescere, con conseguenze a cascata su tutta la rete trofica.

- **La distruzione dell'habitat:** se al posto di una foresta costruiamo un quartiere residenziale, per quanto possiamo "sforzarci" di riempire il quartiere di parchi e giardini, non potremmo mai ricreare l'habitat originario che è andato irrimediabilmente distrutto (oltretutto una parte è occupata

dalle costruzioni e dalle infrastrutture).

- **La frammentazione dell'habitat:** gli habitat sono soggetti al cosiddetto effetto margine, fenomeno per il quale la zona perimetrale ha una "qualità" inferiore, essendo maggiormente soggetta a influenze esterne. Effettivamente se pensiamo a un bosco frequentato da turisti domenicali per il pic-nic, sicuramente risulteranno maggiormente disturbati gli animali e le piante che si trovano al margine del bosco, dove l'impatto antropico è maggiore, piuttosto che al centro. Pertanto, se un habitat viene frammentato, ad esempio se in mezzo al nostro bosco facciamo passare una strada, non otteniamo due habitat uguali al precedente, ma ne otteniamo due con un effetto margine maggiore.



**Esempio di frammentazione dell'habitat.** La superficie complessiva del quadrato rappresenta l'habitat, la parte verde scura è un habitat di buona qualità, mentre la parte verde chiara rappresenta il margine di scarsa qualità. Se nell'habitat costruiamo una strada, frammentandolo, quello di scarsa qualità (verde chiaro) aumenta di superficie, mentre quello di buona qualità (verde scuro) la diminuirà.

- **L'inquinamento:** come abbiamo visto agisce sulla perdita di biodiversità, andando ad alterare i meccanismi di sopravvivenza dei singoli individui.

- **I cambiamenti climatici:** agiscono su scala globale anche per quanto riguarda la degradazione degli habitat.

- **Il sovrasfruttamento delle risorse:** avviene a causa dell'uomo e non è una "novità" del nostro tempo. Anche nell'antichità la caccia per cibarsi, ma anche per intrattenimento ha rischiato di portare all'estinzione alcune specie. Se la caccia in ogni caso, al giorno d'oggi, costituisce una parte residuale del problema, la pesca è ancora un grosso problema, a tutte le scale. Basti pensare che nei nostri mari in alcuni periodi dell'anno si è dovuto imporre il fermo pesca per permettere alle specie ittiche di riprodursi. Anche il sovrasfruttamento delle foreste, dei giacimenti minerali, delle zone con giacimenti petroliferi rappresentano sia un problema ecologico, che sociale ed economico.

- **L'introduzione di specie aliene:** questo punto merita una riflessione molto accurata. Gli ecosistemi sono caratterizzati dalle reti trofiche e che la perdita di una o più specie può causare delle alterazioni. Ovviamente questo vale anche per l'introduzione di altre specie. Quando le specie vengono

introdotte a causa dell'uomo sono particolarmente invasive e si adattano meglio di quelle locali, dette autoctone, competendo con loro sull'uso delle risorse: il disastro ecologico è dietro l'angolo. Le specie aliene invasive, infatti, non hanno sul posto predatori naturali e allo stesso tempo sono più brave ad utilizzare le risorse rispetto alle specie autoctone, portandole all'estinzione, proliferando in pochissimo tempo. Spesso queste specie sono state più o meno rilasciate intenzionalmente nell'ecosistema. Esempi celebri di specie aliene invasive sono:

- o Il pesce siluro: un grande pesce originario dell'Europa orientale, molto vorace, che ha trovato un habitat nei nostri laghi e fiumi, dove sta decimando la fauna ittica autoctona.

- o Il Gambero rosso della Louisiana: anche detto gambero killer, si è diffuso. Insieme ad altre specie alloctone nei nostri fiumi e laghi e sta completamente sostituendo i gamberi di acqua dolce locali, attualmente inseriti nelle liste rosse IUCN (Unione Internazionale per la Conservazione della Natura) con lo stato di "endangered" (in pericolo. Per capire l'entità della minaccia che corre questa specie ricordiamo che dopo la categoria "in pericolo" si trova la categoria "gravemente minacciata", dopodiché sono presenti le diverse classificazio-

ni di estinzione (estinta nella regione, estinta nell'ambiente selvatico, estinta).

- o Il panace di Mategazza: è una pianta originaria del Caucaso. Si è diffusa partendo dal Nord Italia. Contiene una linfa che, rilasciata con il solo tocco della pianta, è in grado di rendere la pelle umana fotosensibile e provocare gravi ustioni se associata alla luce solare.

- o I cinghiali slavi: si tratta di una razza di cinghiali importata nel Lazio per scopi venatori che si è rivelata essere estremamente più prolifica della razza autoctona di cinghiale maremmano. L'aumento della popolazione ha spinto gli animali a migrare verso grandi città come ad esempio Roma, in cerca di sostentamento, provocando ovviamente diversi danni.

Questi sono solo alcuni dei numerosi esempi di specie alloctone tra le tante presenti in Italia che in questo momento stanno minacciando la nostra flora e fauna. Ne possiamo nominare velocemente altre come le nutrie, i procioni, i parrocchetti dal collare, la vespa velutina, lo scoiattolo grigio, il fico degli ottentotti, le alghe marine Caulerpa, ecc.



**Ragioniamo: Quali specie invasive sono presenti sul nostro territorio?**

Vedi la scheda a fine capitolo





#### 1.5 La componente Abiotica

Abbiamo a lungo parlato della componente biotica degli ecosistemi analizzando le specie, gli individui, le comunità e le minacce alla loro esistenza. Ma esiste anche una componente abiotica dell'ecosistema che è ugualmente importante. Essa è composta dall'insieme di caratteristiche fisiche e chimiche, come luce, suolo, acqua, clima (temperatura e precipitazioni), aria, rocce ecc.

Nella nostra trattazione spesso parleremo delle interazioni tra componenti biotiche e abiotiche; quindi, vediamo le principali componenti che possiamo incontrare in un ecosistema: suolo, aria e acqua.

##### 1.5.1 Il suolo

Anche se nell'immaginario collettivo l'idea di suolo richiama

direttamente quella di terra, in questo ambito questi due termini non sono sinonimi. Il suolo è composto da diversi elementi: componenti, organiche e inorganiche, come minerali, ma anche acqua e aria. Il suolo si trova nello strato più superficiale della crosta terrestre ed è molto sottile. I fattori che intervengono nella formazione del suolo e ne determinano le caratteristiche vengono detti fattori pedogenetici e sono:

- Clima (temperatura e umidità)
- Organismi viventi
- Rilievo (pendenza ed esposizione)
- Partenza (roccia madre dalla quale si è originato il suolo)
- Tempo di formazione del suolo

Così come tutte le componenti dell'ecosistema, un'alterazione nella composizione del suolo ha effetti a catena su tut-

to l'ecosistema.

Ma vediamo come si forma un suolo: si parte innanzitutto dalla roccia madre che viene esposta per qualche motivo naturale (una frana, un terremoto, ecc). Questa roccia avrà quindi una determinata esposizione, dovuta al rilievo: sarà più o meno pendente e avrà una certa esposizione ai fattori meteorologici, come la pioggia, il vento, ecc. Questi fattori esercitano un'erosione sulla roccia, disgregandola in diverse porzioni che possono quindi rimanere sul posto, essere trasportati dal vento, cadere più a valle per effetto della forza di gravità o della pioggia.

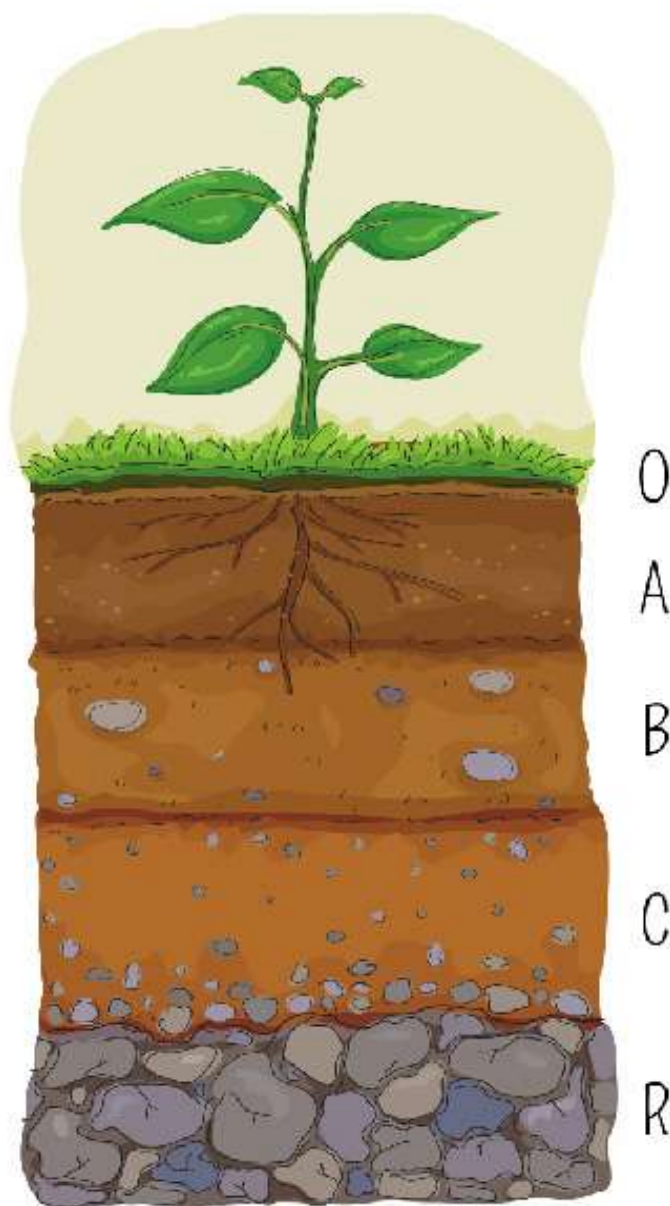
Questi detriti rappresentano la parte minerale del suolo e a seconda del loro diametro vengono classificati in pietre (> di 2 mm), sabbia (tra 2 mm e 0,05 mm), limo (tra 0,05 mm e 0,002 mm) e argilla (<0,002

mm). Un terreno può essere composto da diverse percentuali di tutti questi elementi, e l'abbondanza di ognuno ne determina le caratteristiche peculiari.

Successivamente intervengono gli organismi pionieri quali i licheni, le alghe, i muschi, i batteri o addirittura le piante, che incominciano a svolgere le loro attività vitali su questi substrati. Man mano che gli organismi viventi colonizzano i detriti e muoiono, si decompongono e arricchiscono il terreno con resti organici. La componente organica del terreno è l'humus, ricco di sostanze nutritive che ne determinano la fertilità. L'acqua pian piano penetra tra questi strati, trasportando le sostanze dallo strato superficiale agli strati più profondi.

Si innesca quindi un circolo virtuoso che permette l'aumento dello spessore e della composizione del suolo e quindi la colonizzazione da parte di esseri viventi di dimensioni maggiori, come le talpe, i lombrichi e altri animali scavatori, che con la loro azione aiutano a far penetrare l'aria tra i diversi strati del suolo.

Il rilievo del territorio è importante per capire il suolo poiché un versante montuoso, ad esempio, avrà un suolo molto sottile, perché la pendenza fa cadere a valle la maggior parte della materia che depositandosi forma un suolo spesso e ricco. La formazione del suolo è molto lenta, ci possono volere anche 1000 anni perché cresca di 2-3 cm.



**Gli strati del suolo.** Il suolo è composto da 6 strati di grandezza e composizione diverse tra loro. Ogni strato possiede diverse proprietà.

Abbiamo visto che il suolo ha una formazione a strati, ognuno di essi ha le sue peculiarità ed è chiamato orizzonte. Iniziando dal fondo troviamo:

- **Orizzonte R:** è costituito da roccia (per questo orizzonte R), ovvero quella che roccia madre. Può essere di diversa

origine, come arenaria, basalto, calcare, granito, ma anche sedimenti marini e fluviali.

- **Orizzonte C:** sono presenti detriti disgregati della roccia madre ed è uno strato abbastanza regolare, grazie alla sua profondità.

- **Orizzonte B:** è un orizzonte



## L'AMBIENTE INTORNO A NOI

### LA COMPONENTE ABIOTICA

più chiaro rispetto a quello superiore poiché il suo contenuto in materia organica è nettamente inferiore, e rappresenta l'ultimo strato che viene colonizzato dalle radici.

- **Orizzonte E:** non visibile in figura, è un piccolo strato tra A e B che si presenta di colore molto più chiaro rispetto ad entrambi poiché qui l'eluviazione (ovvero quando nutrienti solubili vengono trasportati negli orizzonti più profondi) delle sostanze dovuta all'acqua è massima.

- **Orizzonte A:** è la parte più fertile del suolo, viene colonizzata dalle radici in ampia misura ed è formato da minerali e composti organici ben mescolati tra loro a formare l'humus, che dà al terreno le proprietà fertili.

- **L'Orizzonte O:** è costituito quasi esclusivamente da materiale organico a diversi stadi di decomposizione, per questo viene chiamato orizzonte O. È caratterizzato dalla quasi totale assenza di materiale minerale ed è lo strato più superficiale.

#### 1.5.2 L'aria

La crosta terrestre, come quella di tutti gli altri pianeti, è circondata da un involucro di gas, che avvolge la terra e la segue nei suoi movimenti grazie all'attrazione gravitazionale: questa è definita atmosfera. L'atmosfera verrà approfondita nel dettaglio nel capitolo sul clima, di seguito verrà accennata la composizione, alcune funzioni fondamentali e l'importanza dell'effetto serra naturale.

La composizione dell'atmosfera è variata nel corso della storia del pianeta, poiché è ovviamente molto sensibile alle immissioni di gas che ne possono alterare velocemente la composizione. Attualmente la composizione è del 78% in Azoto, 21% di Ossigeno, e il restante 1% da vari altri Gas, tra cui la CO<sub>2</sub> che si attesta sullo 0,03%.

Anche l'atmosfera ha diversi strati, ognuno di questi ha una sua peculiare composizione ed è sede di specifiche manifestazioni (ad esempio bisogna ricordare che nell'atmosfera

ha luogo una parte del ciclo dell'acqua e dei fenomeni meteorologici).

Lo strato di gas che circonda il nostro pianeta ha anche un'importante funzione nel difenderci dalle radiazioni provenienti dallo spazio. L'ozonosfera è uno strato dell'atmosfera che ha il compito di filtrare la maggior parte delle radiazioni dannose per gli organismi. Ricordiamo che i raggi UVa e UVb, ovvero le tipologie di raggi che vengono filtrate dall'atmosfera, sono talmente dannose per gli esseri viventi che vengono utilizzati in determinate condizioni per la sterilizzazione (ad esempio per gli strumenti dei laboratori o per potabilizzare l'acqua). L'ozonosfera prende il nome dal gas preponderante che qui si trova, l'ozono, che è una molecola formata da tre atomi di ossigeno. Pertanto, quando si parla di assottigliamento dello strato di ozono o di buco nell'ozono si fa riferimento a questo strato e alla compromissione della sua importante funzione di filtraggio. La composizione dell'atmosfera

	Temperature Medie max	Temperature Medie min	Temperatura media	Temperature assolute max	Temperature Assolute min
<b>Clima normale nel 1956</b>	17.3	9	13.2	35	-9
<b>Clima senza effetto serra nel 1956</b>	-18.3	-26	-35.2	0	-44

ra permette, inoltre, il manifestarsi dell'effetto serra che, è importante specificarlo, di per sé non è un fenomeno negativo per la vita sulla Terra. Anzi in condizioni normali, senza questo effetto serra si stima che le temperature sulla Terra sarebbero circa 35 gradi più basse.

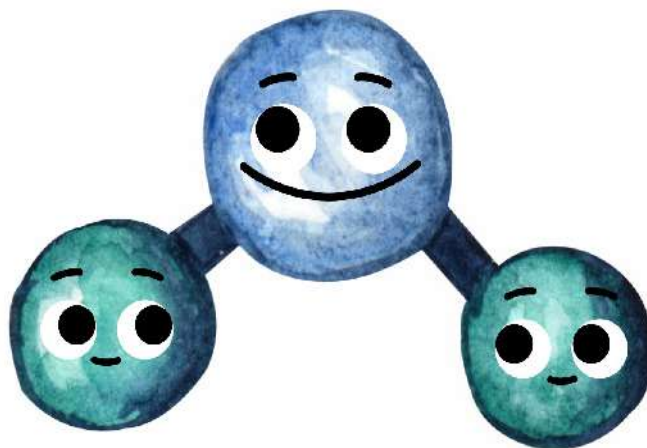
Facciamo un piccolo esempio con le temperature di Pistoia:

Ora immaginiamo di vivere su un pianeta in cui a Pistoia, in pieno centro Italia, nel giorno più caldo dell'estate si registrano 0 gradi. Probabilmente, come è successo con altri pianeti, non sarebbe possibile viverci.

Anche per l'atmosfera e per i suoi meccanismi, l'equilibrio è fondamentale: l'effetto serra è importantissimo per le temperature del pianeta terra, ma perturbare questo meccanismo rischia di avere gravi conseguenze per tutti gli esseri viventi.

### 1.5.3 L'acqua

L'acqua, una molecola costituita da tre atomi, due di idrogeno e uno di ossigeno. In un bicchiere di acqua (allo stato liquido) ci sono moltissime molecole, tenute insieme da un legame chimico particolare, detto legame ad idrogeno, che è possibile solo grazie alla struttura tipica della molecola. L'acqua a temperatura ambiente è liquida, ma a temperature più alte, in particolare a circa 100 gradi, l'acqua passa da liquido a gas, il vapore acqueo, e que-



**La molecola dell'acqua.** *Il legame degli atomi di idrogeno con la molecola di ossigeno crea un angolo di 105°. In tal modo i tre atomi hanno una posizione peculiare che è alla base delle caratteristiche fisico-chimiche dell'acqua.*

sto processo è detto ebollizione.

Avrete però notato che l'acqua liquida può diventare vapore acqueo anche a temperature più basse. In realtà basta semplicemente lasciare un bicchiere con un po' di acqua per qualche giorno per non trovarla più. In questo caso però non si parla di ebollizione ma di evaporazione: nell'evaporazione sono solo le molecole di acqua sulla superficie che passano da liquide a vapore, mentre nell'ebollizione, per esempio, quando facciamo bollire l'acqua per la pasta, il passaggio di stato interessa l'intero volume.

Infine, l'acqua a 0 gradi passa al suo stato solido, diventando ghiaccio. Il passaggio di una

sostanza da solido a liquido di solito prevede una riduzione di volume perché le molecole dei solidi sono "ingabbiate" in un reticolo più stretto del rispettivo liquido. Sempre per le peculiarità delle molecole di H<sub>2</sub>O, però con il congelamento il volume aumenta in quanto si forma un reticolo cristallino in cui le maglie sono più separate tra loro: ecco perché se congelate una bottiglia di plastica piena fino all'orlo di acqua troverete il tappo esploso, o la bottiglia gonfia.

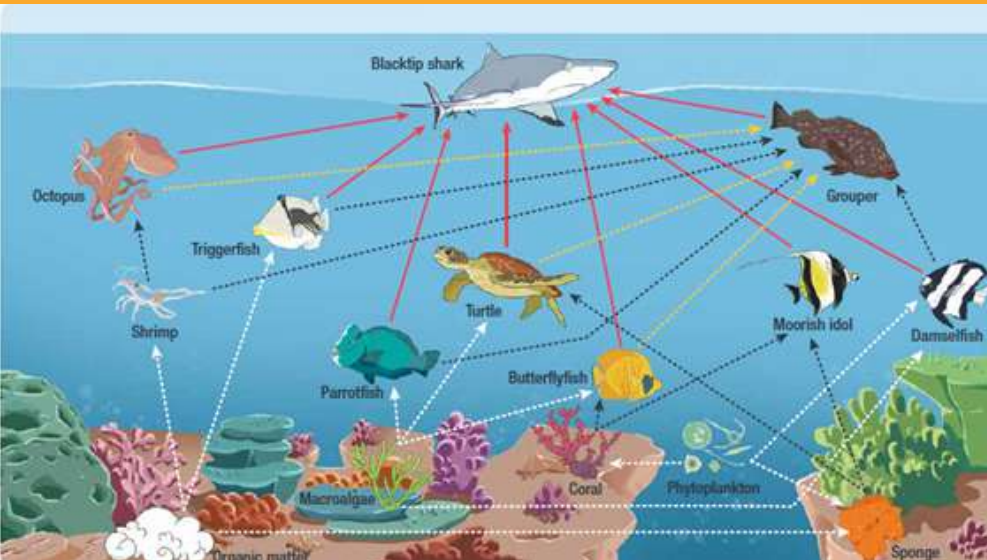
L'acqua sul nostro pianeta esiste nei 3 stati, solida, liquida e areiforme. È la presenza di acqua liquida però che, come tutti ben sappiamo, ha contribuito allo sviluppo della vita sulla Terra.





## RAGIONIAMO

## LA REAZIONE DELLA RETE TROFICA ALLA PERDITA DI SPECIE



**Esempio di rete trofica dell'ecosistema mare.** Come nell'ecosistema del bosco anche nell'ecosistema mare sono presenti diverse reti trofiche in cui gli individui (nodi) sono collegati da rapporti predatore-preda. Fonte: OCE, 2020.

Puoi dividere la classe in diversi gruppi o fare questa attività tutti insieme. Partendo dall'immagine del capitolo, incomincia togliendo un animale dalla rete trofica e chiedi agli studenti di immaginare cosa potrebbe succedere agli altri animali collegati. Di seguito alcune domande per guidarti nella riflessione.



### DOMANDE

- I predatori, se ce ne sono, hanno qualcosa da mangiare?
- \* I predatori, se ce ne sono, aumentano o diminuiscono?
- Le prede, se ce ne sono, aumentano o diminuiscono?
- La competizione aumenta o diminuisce? Attenzione: non fermarti al primo livello ma segui tutta la catena trofica.
- Dopo aver fatto queste considerazioni immagina le implicazioni a livello ambientale della scomparsa di una specie.

Ora prova a fare lo stesso esercizio ma con reti trofiche sempre più complesse



# RAGIONIAMO

## LA REAZIONE DELLA RETE TROFICA ALLA PERDITA DI SPECIE

Ricerca le specie  
invasive presenti sul tuo  
territorio

1

**ELENCO DELLE SPECIE  
ESOTICHE INVASIVE**  
rilevanti nell'Unione  
Europea



**SPECIE ESOTICHE INVASIVE**  
Ministero dell'ambiente e  
della sicurezza energetica

2

3

**ISSG**  
Global Invasive Species  
Database



**DATABASE**  
Italiano delle specie  
invasive esotiche

4

5

**LIFE ASAP**  
Specie aliene invasive  
rilevanti nell'Unione Europea  
Elenco, descrizione e  
schede di identificazione



Quante specie invasive hai identificato?

- Sapevi che non erano specie tipiche del tuo territorio?
- Sono pericolose per l'uomo o per la biodiversità?
- Da quanto tempo sono presenti sul territorio?
- Sono entrate a far parte della cultura o dell'economia del territorio?





# DIMOSTRIAMO

## COME AGISCE LA FOTOSINTESI



Attraverso due semplicissimi esperimenti la fotosintesi clorofilliana.

### **Esperimento 1: la produzione di ossigeno delle foglie**

Inserite le foglie nei due barattoli riempiti d'acqua e chiudeteli. Metteteli uno al buio e uno alla luce per almeno un'ora. Una volta ripresi osservateli bene: nel barattolo al sole si saranno sviluppate delle bollicine: si tratta dell'ossigeno che la pianta ha prodotto, mentre nel barattolo al buio non sarà cambiato fondamentalmente nulla.

### **Esperimento 2: la produzione di ossigeno delle piante acquatiche**

Una variante in scala più grande dell'esperimento precedente si può condurre con un piccolo acquario per pesci con alcune piante acquatiche (ovviamente senza pesci che consumerebbero l'ossigeno prodotto). Una volta posizionate le piante e messo l'aquario al sole potrete fin da subito osservare le piccole bollicine di ossigeno che incominciano a formarsi in prossimità delle foglie. Purtroppo, i misuratori di ossigeno disciolto vengono utilizzati prevalentemente a livello industriale e pertanto hanno dei costi proibitivi, ma, nel caso aveste a disposizione di un misuratore di ossigeno potrete cimentarvi in diverse misurazioni.

## OCCORRENTE

### Esperimento 1:

- due foglie fresche di medie dimensioni
- due barattoli non eccessivamente grandi rispetto alle foglie
- acqua

### Esperimento 2

- un piccolo acquario pieno
- piante acquatiche







# 2

## Il clima

### 2.1

#### L'atmosfera

### 2.2

#### Il meteo

### 2.3

#### Il clima

### 2.4

#### I Cambiamenti climatici

### 2.5

#### L'Effetto Serra

### 2.6

#### Le conseguenze dei cambiamenti climatici

***“Credo che avere la terra e non rovinarla  
sia la più bella forma d’arte  
che si possa desiderare”***

***Andy Warhol***

Il clima della Terra, così come la composizione della sua atmosfera, non è immutabile. Nel corso del tempo è cambiato più volte. Ad esempio, durante il carbonifero, il quinto dei sei periodi in cui è divisa l'era paleozoica (circa 360-300 milioni di anni fa), i livelli di ossigeno nell'atmosfera erano talmente elevati da permettere un incredibile sviluppo dimensionale di alcuni insetti: certe specie di libellule, ora estinte, avevano le dimensioni di un'aquila, mentre il più grande artropode mai esistito sulla Terra, *Arthropleura*, un antenato dei millepiedi, poteva raggiungere le dimensioni di una piccola automobile (circa 2,6 metri).

Successivamente, a causa di alcuni cambiamenti verificatisi nella composizione dell'atmosfera, e in particolare con la diminuzione dei livelli di ossigeno, le dimensioni raggiunte da questi animali non dotati di polmoni non erano più sostenibili ed essi andarono via via estinguendosi lasciando spazio ad altre specie meglio che meglio si adattavano alle mutate condizioni atmosferiche.

Un altro esempio di drastico cambiamento climatico avvenuto nel passato è quello che ha portato all'estinzione di massa dei dinosauri. Le due ipotesi maggiormente accreditate attualmente sono quella dell'impatto di un grande asteroide sulla Terra, che avrebbe provocato un repentino abbassamento delle temperature, oppure una serie di continue e prolungate eruzioni vulcaniche che, con l'immissione di gas in atmosfera, hanno contribuito al cambiamento delle temperature. Qual che sia la causa scatenante, sicuramente l'estinzione è legata a un cambiamento climatico.

L'estinzione è un processo fondamentale per l'evoluzione, perché permette ad altre specie più adatte ai nuovi ambienti di prendere il sopravvento. Così, dopo l'estinzione dei dinosauri (e del loro ecosistema) è giunto il momento dei mammiferi, tra cui l'essere umano. Affermare che i cambiamenti climatici ci siano sempre stati nella storia della Terra è corretto e lo è anche affermare che tali cambiamenti siano naturali.

Tuttavia, come hanno mostrato gli esempi citati, essi non sono mai privi di conseguenze per gli esseri viventi. Il cambiamento climatico porta alterazioni all'ambiente e gli esseri viventi che lo abitano potrebbero non essere più in grado di sopravvivere e di riprodursi nel nuovo ambiente finendo per estinguersi. Cosa significa questo? Significa che il cambiamento climatico non è tanto un problema per l'ambiente in sé quanto per la vita che lo abita.

Nel corso di questo capitolo parleremo di clima e di cambiamenti climatici definendo i concetti necessari a comprendere e ad analizzare le problematiche principali. Partendo dalla definizione di atmosfera (il luogo in cui avvengono i cambiamenti climatici), di meteo (l'insieme dei fenomeni che avvengono nell'atmosfera) e di clima (l'andamento dei fenomeni che hanno luogo nell'atmosfera) descriveremo il clima dei diversi ambienti terrestri, definiremo i cambiamenti climatici e le loro conseguenze sulla vita degli esseri viventi.



#### 2.1 L'atmosfera

Tutti i pianeti, inclusa la Terra, sono circondati da un involucro gassoso detto atmosfera composto da diversi gas trattenuti dalla forza di gravità e dal campo magnetico terrestre. Ciò porta l'atmosfera ad avere una composizione disomogenea che convenzionalmente viene divisa in fasce dette sfere: troposfera, stratosfera, mesosfera, termosfera, esosfera. La conoscenza e lo studio dell'atmosfera sono di fondamentale importanza nella trattazione dei cambiamenti climatici poiché è proprio nell'atmosfera che avvengono le maggiori perturbazioni dell'equilibrio climatico.

La composizione dell'atmosfera varia a seconda della distanza dal terreno. La maggior parte della massa dell'atmosfera è contenuta nel primo strato, in particolare nei primi 10 km. L'atmosfera è composta dal 78,08% di azoto (N), dal 20,95% di ossigeno (O), dallo 0,93% di argon (Ar), dallo 0,03% di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) e dallo 0,01% da altri gas (neon, elio, kripton, xenon, idrogeno, ozono, anidride solforosa, ammoniac, ossido di carbonio).

Ogni strato, grazie alla sua composizione specifica ha diverse proprietà e finalità, ma in generale l'atmosfera assolve molteplici funzioni: agisce come filtro per le radiazioni nocive presenti nello spazio, è sede dei fenomeni meteorolo-

gici, vi si svolgono alcune parti dei cicli del carbonio e dell'acqua, contribuisce all'effetto serra che permette delle temperature adatte allo sviluppo della vita e, infine, contribuisce a modellare la superficie terrestre. Vediamo nello specifico i diversi strati dell'atmosfera.

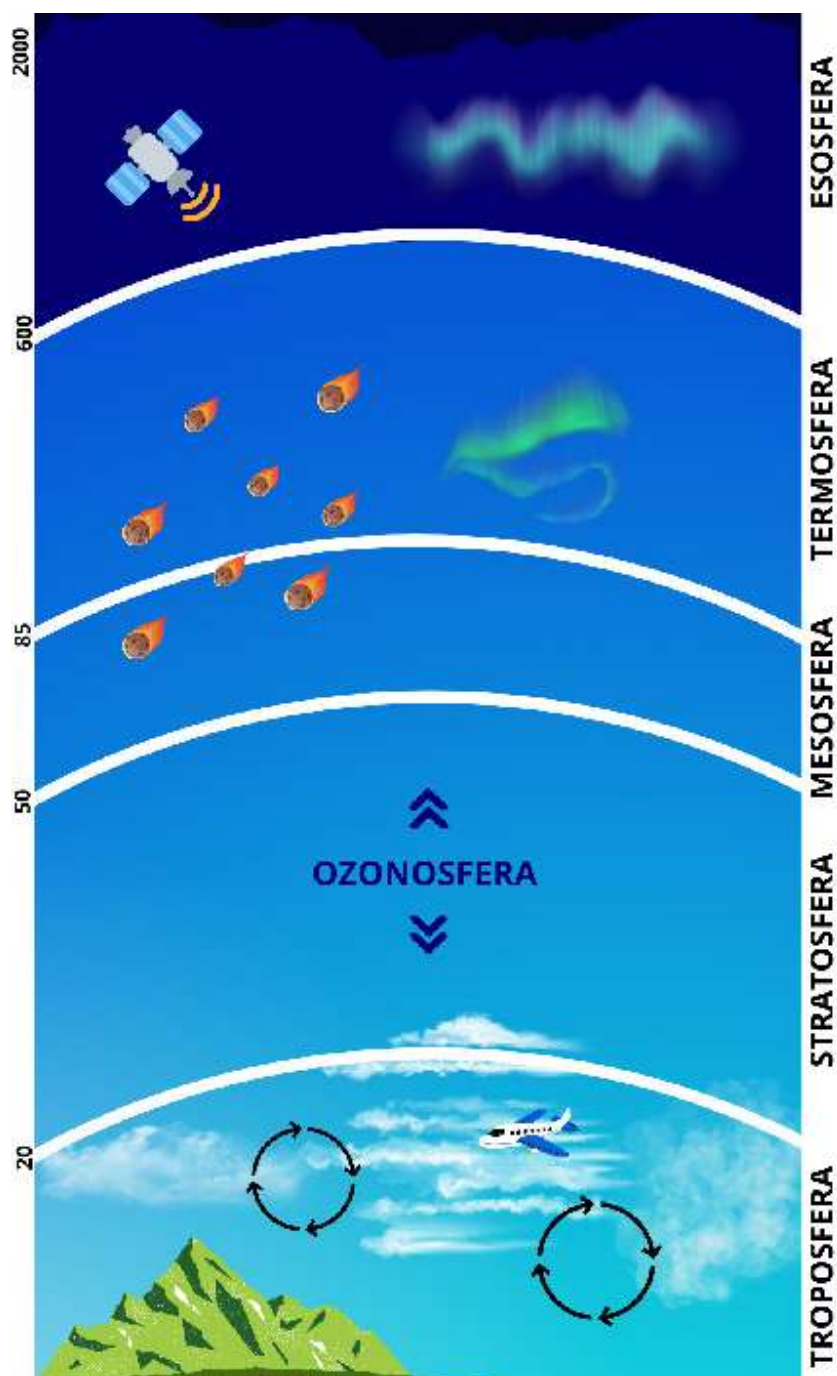
Il primo strato è la troposfera, ovvero il luogo in cui si svolge la totalità delle attività vitali degli esseri viventi. Si estende per circa 20 km sulla superficie del mare ed è la sede dei fenomeni meteorologici: le precipitazioni, i venti e le correnti d'aria. La temperatura di questo strato dell'atmosfera è data dal calore proveniente dalla superficie terrestre, pertanto più si sale di quota, per esempio in montagna, e minore sarà la temperatura. Questa tenderà poi a risalire in alcuni strati dell'atmosfera a causa di altri fenomeni fisici. È importante ricordare che lo strato della troposfera non è uguale a tutte le latitudini: è più spesso all'equatore e più sottile ai poli.

Dopo la troposfera si trova la stratosfera che si estende dai 20 ai 50 km di altitudine. Al suo interno è presente uno strato di ozono, detto anche ozonosfera. L'ozono, composto da tre atomi di ossigeno, è particolarmente importante nella filtrazione delle radiazioni ultraviolette, che sono altamente nocive per gli esseri viventi. Quando si parla di Buco nell'Ozono si intende l'assottigliamento di questo strato

causato dalle sostanze chiamate CFC (clorofluorocarburi): il danneggiamento di questo strato dell'atmosfera avrebbe, in pochissimo tempo, conseguenze devastanti per gli organismi viventi.

Lo strato successivo si chiama mesosfera. Varia tra i 50 e gli 80 km di altitudine ed è caratterizzato da un'aria particolarmente rarefatta. È l'ultimo strato che raggiungono le meteore, ovvero le stelle cadenti che vediamo generalmente in estate. Lo strato seguente è la termosfera che si estende dagli 85 ai 600 km di altitudine ed è la parte dell'atmosfera in cui si formano le aurore boreali. Nella termosfera è posizionata la stazione spaziale orbitante internazionale insieme ad alcune tipologie di satelliti artificiali, come ad esempio quelli per le telecomunicazioni e per le rilevazioni meteorologiche. Altre tipologie di satelliti, come le moderne costellazioni di satelliti per la rete internet, possono arrivare anche a quote più elevate e trovarsi nell'esosfera. Più si sale di quota e più i gas risultano meno densi e più rarefatti.

L'ultima parte dell'atmosfera si chiama esosfera e non ha un confine netto. Nella zona più lontana dalla Terra avviene, infatti, un continuo scambio di particelle gassose che escono ed entrano dal campo di forza di attrazione della Terra. facendo sì che questa zona sia detta anche "frangia dell'atmosfera".



**Gli strati dell'atmosfera.** La composizione dell'atmosfera varia a seconda della distanza dal terreno e questo fa sì che ogni strato abbia diverse proprietà. Gli strati sono la troposfera, la stratosfera, la mesosfera, la termosfera, l'esosfera. Si estendono fino a 2000 km di altitudine.



## APPROFONDIAMO

Con un'applicazione per cellulari è possibile seguire l'ISS nel suo viaggio intorno alla Terra, vederne le orbite, conoscere gli equipaggi, collegarsi alle telecamere in diretta, vedere le registrazioni delle passeggiate virtuali, fare un tour dei diversi moduli. [CLICCA QUI](#)



## **2.2 Il meteo**

Il meteo è l'insieme dei fenomeni che si verificano nello strato dell'atmosfera detto troposfera in un determinato momento in una determinata area. Se ci affacciamo dalla nostra finestra, in questo istante, possiamo osservare il meteo, ovvero che tempo fa: piove, è assolato, fa cal-

do o fa freddo.

La scienza che si occupa di studiare il meteo si chiama meteorologia e lo fa attraverso la misurazione delle sue componenti fondamentali:

- Pressione atmosferica
- Perturbazioni (cicloni e anticicloni)
- Precipitazioni
- Irraggiamento solare
- Temperatura

- Umidità atmosferica
- Venti

I dati meteorologici delle diverse zone del mondo vengono monitorati costantemente dalle stazioni meteorologiche che possono essere fisse o mobili. I dati raccolti servono ad elaborare i modelli matematici necessari a fornire previsioni il più possibile attendibili.





## 2.3 Il clima

Il clima rappresenta l'andamento medio del meteo in un arco temporale di 30 anni. Si tratta di un periodo fissato per convenzione dall'organizzazione meteorologica mondiale che risulta sufficientemente breve da rendere trascurabile la normale variabilità climatica del pianeta Terra, e allo stesso tempo è abbastanza lungo da evitare di essere influenzato da eventi estremi.

Gli elementi che costituiscono il clima e il meteo sono simili:

- Pressione atmosferica
- Precipitazioni
- Irraggiamento solare
- Temperatura
- Umidità atmosferica
- Venti

ma vengono misurati a scale temporali differenti. Poiché, nel caso del clima, la misurazione avviene in un arco temporale piuttosto ampio, si valuteranno gli andamenti medi, mentre nel caso del meteo possiamo individuare per ogni elemento dei valori assoluti.

Prendiamo ad esempio un clima secco come quello desertico. Durante l'anno sono presenti eventi meteorologici quali precipitazioni piovose, la cui intensità viene misurata in millimetri di acqua caduta durante un determinato periodo. Questi dati vengono registrati ed elaborati per fornire il quadro generale climatico della località, ovvero le pre-



cipitazioni medie nel corso di trent'anni.

La Terra è caratterizzata da tre grandi zone climatiche. Al loro interno, si possono distinguere ulteriori tipologie di clima, caratterizzate da differenti elementi climatici.

- Zona tropicale: compresa tra l'equatore e i tropici del cancro e del capricorno, è contraddistinta da temperature elevate e assenza di stagionalità. All'interno di questa zona, si distinguono tre tipologie di clima:
  - o Il clima equatoriale: assenza di stagionalità abbondanti precipitazioni tutto l'anno;
  - o Il clima subequatoriale: assenza di stagionalità e alternanza di periodi piovosi e secchi;
  - o Il clima arido: assenza di

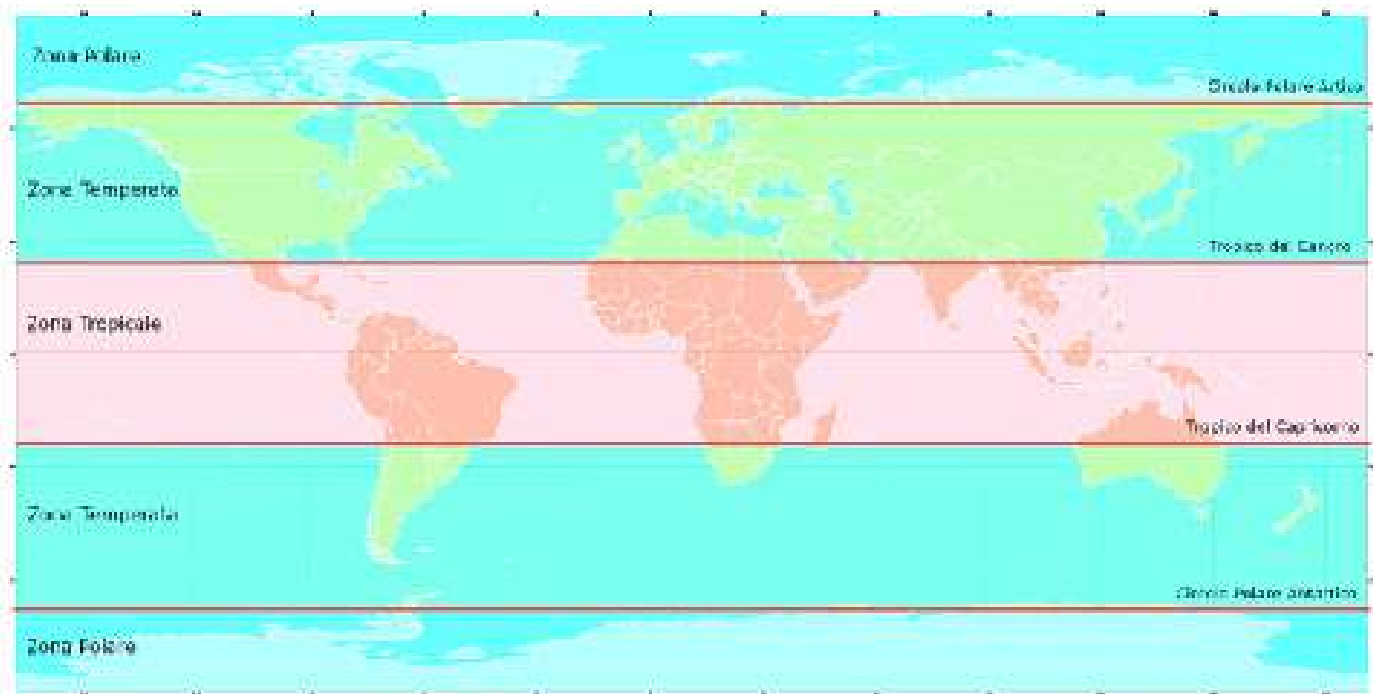
stagionalità e scarsità di precipitazioni;

- Zona temperata: compresa tra i tropici del cancro e del capricorno e, rispettivamente, tra il circolo polare artico e il circolo polare antartico è contraddistinta dall'alternarsi delle stagioni. All'interno di questa zona si distinguono
  - o Il clima mediterraneo: inverni miti e piovosi ed estati calde e secche;
  - o Il clima oceanico: inverni miti ed estati fresche, piovoso tutto l'anno;
  - o Il clima continentale: inverni freddi e estati fresche, scarsità di precipitazioni tutto l'anno.

- Zona fredda: tipici delle zone situate rispettivamente a nord e a sud del circolo polare artico e il circolo polare antartico. All'interno di questa zona, si distinguono due tipi di clima:
  - o Il clima freddo: estati fredde e brevi e inverni rigidi, scarsità di precipitazioni
  - o Il clima nivale: assenza di stagionalità e presenza costante di copertura nevosa

La differenza di clima è data da diversi fattori:

- la latitudine e l'altitudine: più ci avviciniamo ai poli e più saliamo di quota e più la temperatura diminuisce;
- la vicinanza al mare e le correnti marine: l'acqua è in grado di agire da regolatore termico mitigando il clima delle terre emerse che, inoltre, beneficiano delle precipitazioni



**Le zone climatiche del mondo.** *La Terra è caratterizzata da tre grandi zone climatiche: la zona tropicale, compresa tra l'equatore e i tropici del cancro e del capricorno, la zona temperata, compresa tra i tropici del cancro e del capricorno e, rispettivamente, tra il circolo polare artico e il circolo polare antartico, la zona fredda: tipici delle zone situate rispettivamente a nord e a sud del circolo polare artico e il circolo polare antartico. Fonte: Wikimedia, 2016.*

provenienti dal mare poiché dal mare evapora la maggior parte dell'acqua. La presenza di correnti marine calde o fredde ovviamente può giocare un ruolo importante.

Dalla combinazione dei diversi fattori climatici risulteranno, quindi, differenti tipologie di ambienti. Ad esempio, un deserto è un luogo caratterizzato da scarse precipitazioni ma non per forza da alte tem-

perature. La temperatura è un parametro che interviene successivamente e per questo possiamo distinguere deserti caldi, come il Sahara, caratterizzati da scarse precipitazioni e alte temperature e deserti freddi, caratterizzati da scarse precipitazioni e basse temperature. Classificare i climi delle diverse zone del mondo è stato ed è tutt'ora molto complicato, infatti esistono di-

verse classificazioni.

L'Italia presenta una particolare articolazione di diverse zone climatiche, influenzate sia dalla presenza quasi ubiquitaria del mare che dalle catene montuose alpina e appenninica. Tale varietà è data dalla conformazione particolare del territorio e dalla sua posizione. Queste caratteristiche, infatti, influenzano i diversi elementi climatici.

In particolare, possiamo dividere l'Italia in 4 zone, ognuna caratterizzata da un clima differente.

- il clima montano: tipico delle alpi e di alcuni importanti rilievi degli appennini. È caratterizzato da inverni lunghi e rigidi, estati brevi e fresche e abbondanti precipitazioni nevose.
- Il clima continentale: tipico della zona padana, delle Prealpi e degli appennini. È caratterizzato da inverni freddi e lunghi ed estati calde e brevi, con precipitazioni stagionali (concentrate principalmente in autunno e primavera) non particolarmente abbondanti.
- Un tipo di clima subcontinentale tipico delle zone intermedie tra la costa e i rilievi montuosi. È un clima caratterizzato da un'ampia escursione termica con inverni rigidi e estati calde. In inverno sono presenti precipitazioni nevose. Il versante tirrenico è mediamente più piovoso del versante adriatico a causa delle correnti di aria umida provenienti da ovest.
- Il clima mediterraneo e subtropicale tipico delle coste centro meridionali. È caratterizzato da inverni miti e estati calde. Le precipitazioni si concentrano stagionalmente in autunno e in primavera.

Ad ogni tipologia di clima corrisponde uno specifico bioma, ovvero una zona molto estesa in cui è prevalente un tipo di ecosistema. In particolare:



Carta dei tipi climatici italiani:

- clima montano
- clima continentale
- clima subcontinentale
- clima mediterraneo
- clima mediterraneo

Fonte: Wikimedia, 2021

- Il clima equatoriale: il bioma tipico di questo clima è la foresta pluviale. Un ambiente particolarmente ricco di piante ed animali grazie alla presenza di temperature costanti e abbondanti precipitazioni.
- Il clima subequatoriale: il bioma tipico di questo clima è la savana. La flora è adattata all'alternarsi di periodi di siccità e di presenza di precipitazioni: sono presenti molti arbusti stagionali e piante ad alto fusto con strutture evolute appositamente l'immagazzinamento dell'acqua, come ad esempio il baobab.
- Il clima arido: il bioma tipico di questo clima è il deserto. La flora è quasi del tutto assente, si sviluppa solamente dove sono presenti delle falde acquifere sotterranee (oasi).
- Il clima mediterraneo: il bioma tipico di questo clima è la macchia mediterranea. La flora è caratterizzata principalmente

da arbusti e alberi che hanno sviluppato meccanismi di difesa dalle alte temperature estive, e due cicli di crescita nei periodi primaverili e autunnali.

- Il clima oceanico e il clima continentale: il bioma tipico di questi climi sono la foresta di latifoglie. La flora è caratterizzata da alberi ad alto fusto con foglie larghe che cadono nel periodo autunnale e invernale e ricrescono in primavera.

- Il clima freddo: i biomi tipici di questi climi sono la taiga, la steppa e la tundra. La flora della taiga è composta principalmente da foreste di conifere sempreverdi, molto resistenti ad un clima rigido. La flora della steppa è caratterizzata da assenza totale di alberi, e presenza di erbe e arbusti molto bassi. La tundra invece è caratterizzata esclusivamente dalla presenza di muschi e licheni e molto raramente qualche arbusto.





## **APPROFONDIAMO - Costruiamo un climogramma**



Puoi utilizzare un foglio elettronico preimpostato per costruire il tuo climogramma: scarica la cartella Excel, inserisci i dati nella colonna e il grafico apparirà automaticamente. [Clicca qui](#)

Dopo aver svolto l'attività precedente, assegna a ogni studente o a un gruppo di studenti una città italiana. Incaricali di realizzare o ricercare dei climogrammi di diversi anni: possibilmente almeno uno per ogni decade dagli anni 70, ma ricorda che più ne realizzano e più sarà visibile la variazione di clima. Successivamente discutete in classe sulle analogie:

- Notate alcune analogie tra le variazioni del clima italiano e le varie tipologie di clima non temperato? Quale tipo di clima?

### **2.4 I cambiamenti climatici**

Il clima può subire delle variazioni nel corso del tempo, al variare dei suoi elementi. Ciò può avvenire gradualmente nel corso di secoli, o repentinamente a causa di disturbi che agiscono sugli elementi del clima (come, ad esempio, la caduta di un meteorite o le immissioni di gas serra da parte dell'uomo).

Secondo l'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), il più illustre organismo internazionale in materia di Cambiamenti Climatici, la definizione del

cambiamento climatico è un'alterazione del clima e dei suoi elementi persistente (per più decenni) e misurabile (attraverso test statistici).

Il cambiamento climatico è attribuibile sia a variabili naturali che a processi antropici.

L'attuale cambiamento climatico in atto è imputabile all'aumento delle immissioni di anidride carbonica in atmosfera causata dall'attività umana. Le attività umane che immettono anidride carbonica nell'atmosfera sono molteplici e variegate. Al primo posto troviamo la combustione

dei carburanti fossili come carbone e petrolio effettuata per ricavare energia sia destinata alla produzione industriale che per uso domestico. Anche il settore agroalimentare dà il suo contributo immettendo gas serra in atmosfera attraverso la fermentazione dei prodotti di scarto dell'agricoltura e dell'allevamento intensivo. Contribuiscono sensibilmente anche le attività di trattamento dei rifiuti e tutte le strutture necessarie al mantenimento dello stile di vita dei paesi industrializzati (mobilità, riscaldamento domestico, richiesta di elettricità, ecc.).

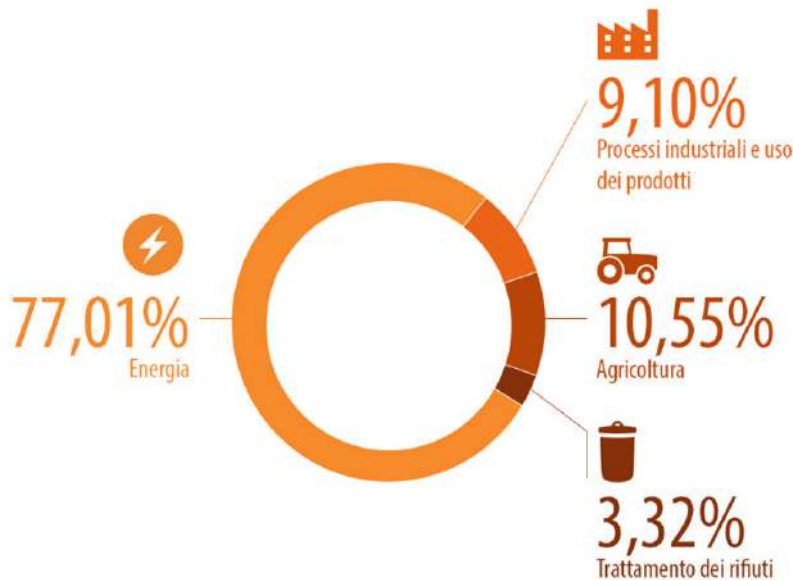


## **APPROFONDIAMO - La variabilità naturale del clima**



Con un'applicazione per cellulari è possibile seguire l'ISS nel suo viaggio. Per un approfondimento sulla variabilità naturale del clima si consiglia di visionare la lezione della climatologa prof. Simona Bordoni, membro dell'accademia dei Lincei, realizzata in collaborazione con Rai Cultura. [Clicca qui](#)

## Emissioni di gas serra nell'UE divise per settore\* nel 2019



\*Tutti i settori esclusi uso del suolo, cambiamenti di uso del suolo e silvicoltura (LULUCF)  
La percentuale totale è diversa da 100% a causa dell'arrotondamento delle cifre

Fonte: Agenzia europea dell'ambiente (EEA)



**Emissioni di gas serra nell'UE divise per settore nel 2019.** La maggior parte delle emissioni di gas serra nell'unione europea proviene dalla produzione di energia. Seguono con ordini di grandezza nettamente inferiori il settore agricolo e industriale e infine il trattamento dei rifiuti. Fonte: Parlamento Europeo, 2021.

Le azioni umane influiscono non solo nell'immissione diretta di CO<sub>2</sub> in atmosfera, ma anche compromettendo le strutture che aiutano a riassorbire questo gas dall'atmosfera (chiamate anche strutture di sequestro della CO<sub>2</sub>), come le foreste, gli oceani e i suoli.

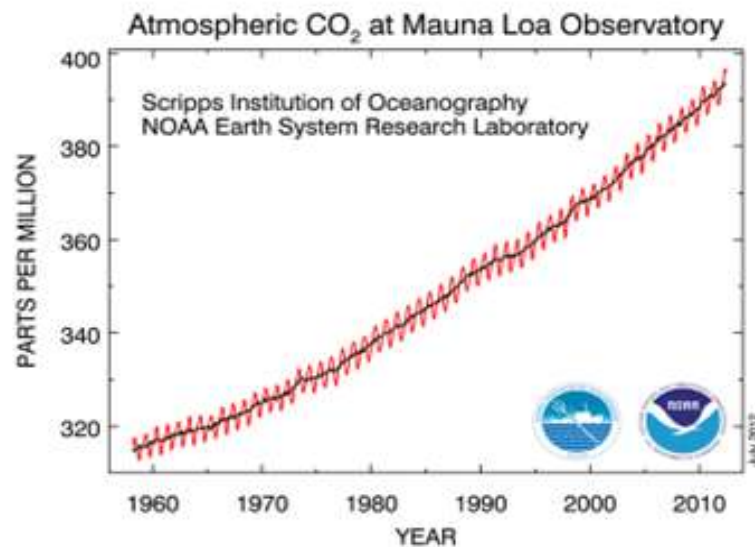
Il nostro ecosistema è compromesso a tal punto dalle azio-

ni umane che le simulazioni condotte dall'IPCC hanno dimostrato che se cessassero immediatamente le immissioni di CO<sub>2</sub> di origine antropica in atmosfera sarebbero necessari millenni riportare le concentrazioni dell'anidride carbonica al livello preindustriale (prima del XVII° secolo). In questo lasso di tempo, inoltre, alcuni pro-

cessi già in atto, come l'innalzamento del livello del mare, non si arresterebbero a causa del mutamento del clima già avvenuto.

Secondo questi scenari previsionali l'unico modo per ripristinare il clima preindustriale senza attendere il naturale riequilibrio del pianeta, sarebbe quello di rimuovere attivamente l'anidride carbonica dell'atmosfera. La rimozione attiva della CO<sub>2</sub> dall'atmosfera può avvenire sia attraverso il ripristino delle strutture di sequestro danneggiate (come, ad esempio, il rimboschimento) oppure tramite l'utilizzo di nuove tecnologie, in particolare di nuovi materiali che sono in grado di assorbire le molecole di anidride carbonica. Tali materiali possono essere impiegati in edilizia (aggiunti ai palazzi nelle città sotto forma di pannelli o vernici assorbenti) o possono essere impiegati per realizzare vere e proprie strutture di sequestro della CO<sub>2</sub> chiamati anche alberi artificiali.

Possiamo analizzare l'andamento delle immissioni di anidride carbonica nel grafico 1 elaborato dall'Osservatorio di Mauna Loa (Hawaii), ovvero l'istituzione deputata al rilevamento delle immissioni di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera a livello globale, mostra l'aumento della CO<sub>2</sub> atmosferica registrata dal 1960 al 2021. È evidente come la crescita delle immissioni si esponenziali e abbia raggiunto dei valori molto elevati.



**Concentrazioni di CO<sub>2</sub> misurate a Mauna Loa dal NOAA Earth Science Research Laboratory.**  
*Il grafico mostra chiaramente l'aumento esponenziale della CO<sub>2</sub> atmosferica registrata dal 1960 al 2021. Fonte: GML, 2022.*



### APPROFONDIAMO - L'Osservatorio di Mauna Loa

Per un approfondimento sulle immissioni di CO<sub>2</sub> è possibile consultare i dati raccolti ed elaborati direttamente dall'osservatorio di Mauna Loa e pubblicati sul loro sito ufficiale. [Clicca qui](#)



Il surriscaldamento globale e l'aumento delle temperature medie globali del pianeta terra sono strettamente correlati all'aumento delle concentrazioni di anidride carbonica in atmosfera, come si può evincere confrontando il grafico dell'osservatorio di Mauna Loa con il grafico dell'IPCC a che riporta i cambiamenti nella temperatura media della superficie terrestre. Per alcuni decenni il dibattito

scientifico si è concentrato sull'esistenza di un nesso di causalità tra le attività umane, in particolare quelle responsabili delle immissioni di CO<sub>2</sub> in atmosfera, e cambiamenti climatici. Da molti anni l'origine antropogenica degli attuali cambiamenti climatici in atto era già stata confermata da tutti i più eminenti studi in materia che l'IPCC riporta nei suoi rapporti annuali.

Il rapporto del 2021 (IPCC, 2021) riporta in apertura la dimostrazione definitiva della relazione causa-effetto delle attività umane sul clima: attraverso diverse simulazioni si è giunti alla conclusione che senza l'immissione di anidride carbonica da parte dell'uomo in atmosfera, il clima non sarebbe mutato.

Di seguito è riportata l'elaborazione grafica di tali simulazioni.





## APPROFONDIAMO - I report dell'IPCC

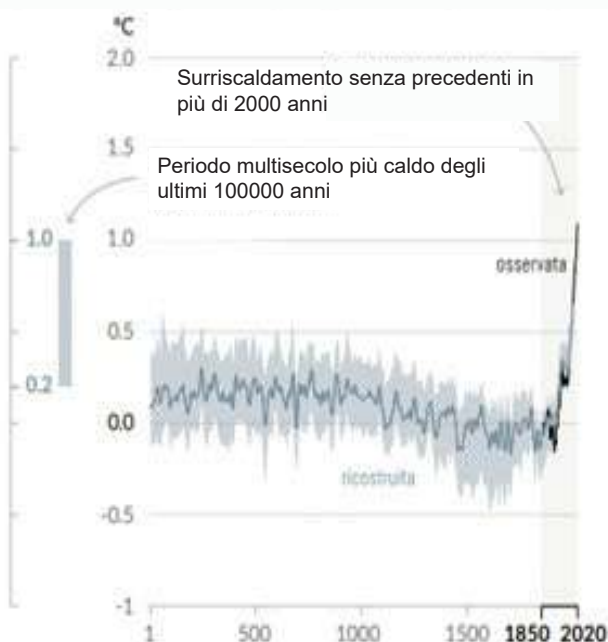
Per un approfondimento sull'attività dell'IPCC potete consultare i report annuali sui cambiamenti climatici sul loro sito ufficiale. [Clicca qui](#)



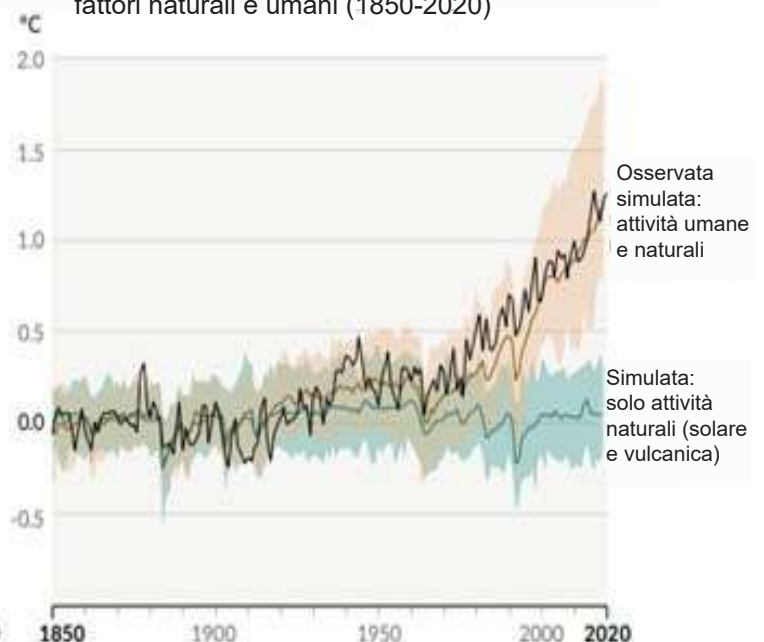
### L'influenza dei comportamenti umani ha riscaldato il clima ad un tasso senza precedenti negli ultimi 2000 anni

Cambiamenti nella temperatura della superficie terrestre dal 1850 al 2020

a) Cambiamenti nella temperatura della superficie terrestre (media decennale) ricostruita (1-2000) e osservata (1850-2020)



b) Cambiamenti nella temperatura della superficie terrestre (media annuale) osservata e simulata utilizzando sia fattori esclusivamente naturali che fattori naturali e umani (1850-2020)



**L'influenza dei comportamenti umani sul riscaldamento del clima.** Il grafico mostra nella parte a) l'incremento della temperatura dal 1850 al 2020 rispetto alla temperatura ricostruita negli ultimi due millenni. Il grafico b) mostra attraverso diverse simulazioni effettuate sul periodo di riferimento 1850-2020, e comparate con la temperatura osservata, che senza l'immissione di anidride carbonica da parte dell'uomo in atmosfera, il clima non sarebbe mutato. Fonte: IPCC, 2021

## IL CLIMA

### I CAMBIAMENTI CLIMATICI

Sul grafico b sono riportate le stime, ottenute attraverso due diverse simulazioni, della temperatura della superficie media terrestre dal 1850 al 2020 e la temperatura osservata.

Analizziamo la temperatura osservata (curva nera): dal 1900 registra un andamento in costante aumento delle temperature medie, con un'impennata a partire dal 1960.

Prendiamo in esame la curva blu: la temperatura della superficie terrestre dal 1850 al 2020 simulata prendendo in esame solamente dei fenomeni naturali. Questa mantiene un andamento costante per tutto il secolo.

Esaminiamo la curva rossa: la temperatura della superficie terrestre dal 1850 al 2020 simulata prendendo in esame i fenomeni naturali e le attività umane. La temperatura registra un andamento in costante aumento delle temperature medie, con un'impennata a partire dal 1960. Questo andamento è sovrapponibile a quello dell'andamento della temperatura osservata, a dimostrazione che le variazio-



ni climatiche sono imputabili all'azione dell'uomo.

Così come l'intervento umano ha modificato il clima, per produrre un'inversione di tendenza è necessario l'impegno di tutta la comunità internazionale, poiché ormai l'ecosistema terrestre non è più in grado di arrestare tali cambiamenti.

Ciò è nell'interesse della nostra specie: gli equilibri che alteriamo con l'inquinamento e l'aumento incontrollato dell'effetto serra minacciano solamente la nostra sopravvivenza, quella del genere umano e di alcune specie a noi legate, non quella del pianeta né tantomeno quella della Natura.



#### APPROFONDIAMO - La spirale del clima

Per un approfondimento sull'andamento del clima dal 1880 al 2022 è interessante visionare il video realizzato dalla NASA, e denominato "Spirale del Clima", che riporta graficamente l'aumento delle temperature. [Clicca qui](#)





## 2.5 L'effetto serra

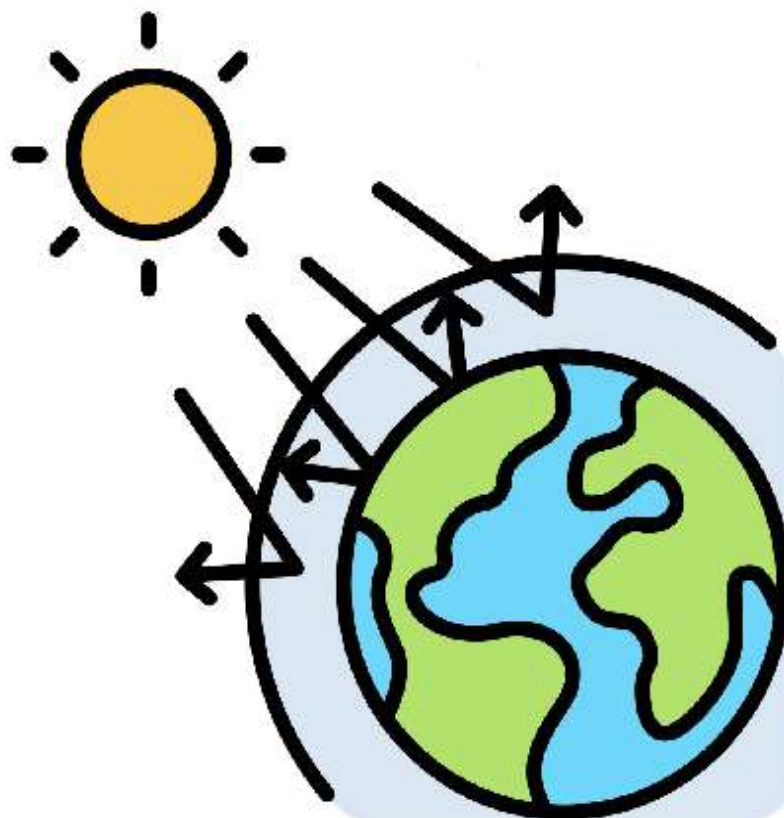
Il maggiore responsabile dei cambiamenti climatici è l'aumento dell'effetto serra. L'effetto serra è un fenomeno naturale dovuto all'accumulo di gas serra nell'atmosfera terrestre che trattengono una parte dei raggi solari con conseguente riscaldamento della superficie del pianeta.

L'effetto serra garantisce naturalmente una temperatura adeguata allo sviluppo della vita sul nostro pianeta.

Disequilibri nella quantità o nella composizione dei gas serra però provocano aumenti di temperatura con conseguenze disastrose per molti ecosistemi. Le attività umane, dal periodo industriale fino ad oggi, stanno immettendo in ambiente grandissime quantità di CO<sub>2</sub>, ed altri gas serra, che, alterando il naturale equilibrio dell'effetto serra hanno provocato un surriscaldamento globale, con l'aumento della temperatura media nell'ultimo secolo di circa 1°C.

La maggior parte dell'energia sul pianeta Terra, eccetto una quantità molto piccola che ha origine dal nucleo terrestre, proviene dal Sole, è detta energia radiante e raggiunge la Terra tramite la radiazione elettromagnetica.

Una parte di questa radiazione, lo spettro del visibile, ci permette di percepire i colori e verrà approfondita nel paragrafo sul



**L'effetto serra.** *I raggi solari che, colpendo il pianeta terra vengono riflessi, in parte superano l'atmosfera, in parte sono trattiene dai gas serra.*

fenomeno fisico dell'albedo.

La radiazione elettromagnetica colpisce la Terra con un'energia complessiva di 342 kW/m<sup>2</sup>. Ovvero un metro quadro di superficie terrestre riceve 342 kW, un'energia davvero notevole se consideriamo che un forno domestico per funzionare ha mediamente necessità di 1,4 kW.

Una parte di radiazione elettromagnetica viene riflessa direttamente verso lo spazio dalle nuvole o dalle superfici riflettenti presenti sulla superficie terrestre, come ad esempio i

ghiacciai.

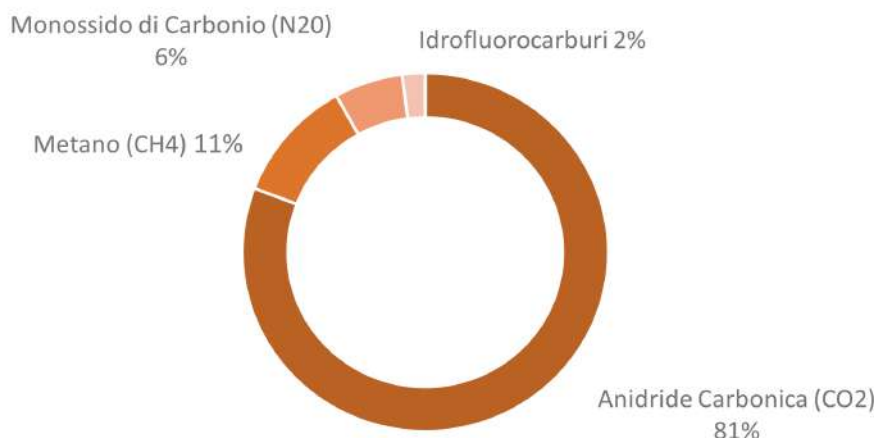
Una parte, circa il 70%, invece è assorbita dal Pianeta e reimmessa in atmosfera sotto forma di radiazione infrarossa, un tipo di radiazione in grado di generare notevole calore.

In atmosfera sono presenti differenti tipologie di gas: ossigeno e azoto, che permettono il passaggio della radiazione infrarossa verso lo Spazio, ma altri tipi di gas, i gas serra, hanno la proprietà di assorbire tale radiazione, causando il riscaldamento dell'atmosfera, e creando l'effetto serra.

## IL CLIMA

### L'EFFETTO SERRA

Emissioni di gas serra nell'UE suddivisi per inquinante  
2019



**Emissione di gas serra in Unione Europea suddivisi per inquinante.** La maggior parte dei gas serra immessi in atmosfera nell'UE è l'anidride carbonica, seguita dal metano, dal monossido di diazoto (o protossido di azoto secondo un'altra nomenclatura chimica) e infine gli idrofluorocarburi. Fonte: Parlamento Europeo, 2021.



#### 2.5.1 I Gas Serra

Di seguito analizzeremo nello specifico i diversi gas serra. Tali gasi si dividono in gas di origine naturale e già presenti in atmosfera, sui quali le attività umane intervengono principalmente modificandone le concentrazioni, e gas che invece sono stati immessi in atmosfera esclusivamente dalle attività antropiche e sommano i loro effetti negativi a quelli dei gas già presenti. I gas serra in che analizzeremo sono: il vapore acqueo, l'anidride carbonica, l'ozono, il metano, il protossido di azoto, gli idrocarburi alogenati.

##### *Il vapore acqueo (H2O)*

Il vapore acqueo è lo stato ae-

riforme dell'acqua ed è una delle maggiori componenti dei gas serra in atmosfera, ne rappresenta infatti il 70%. Viene immesso attraverso l'evaporazione dell'acqua sulla superficie terrestre e la velocità di tale processo è influenzata dalle temperature. Successivamente ritorna sulla terraferma sotto forma di acqua liquida attraverso le precipitazioni. Possiamo quindi affermare che la concentrazione in atmosfera del vapore acqueo è piuttosto variabile a seconda del luogo e del tempo, ma in condizioni normali rimane costante sul lungo periodo.

Il vapore acqueo è responsabile dei 2/3 dell'effetto serra di origine naturale che ha permesso la vita sulla Terra, e ha una capa-

cità di assorbimento dell'energia di circa 75W/m<sup>2</sup>, per queste elevate concentrazioni di vapore acqueo possono provocare gravi danni all'atmosfera.

Un esempio concreto riguarda l'atmosfera del pianeta Venere, caratterizzata dal 97% di effetto serra, dovuto ad un feedback positivo di evaporazione dell'acqua presente sul pianeta moltissimo tempo fa.

Questo avviene perché, più la temperatura è alta e più aumenta la concentrazione di vapore acqueo nell'atmosfera (per ogni grado abbiamo il 7% in più di vapore acqueo) che quindi contribuirà ad aumentare conseguentemente la temperatura e a sua volta il contenuto in vapore acqueo dell'atmosfera.





**Il ciclo dell'acqua.** Il movimento delle molecole d'acqua attraverso gli ecosistemi è detto ciclo dell'acqua. Questa evapora dal mare sotto forma di vapore acqueo, si condensa nelle nuvole e ricade sulla terra con le precipitazioni. Qui attraverso i fiumi superficiali e sotterranei torna al mare.

### **L'anidride carbonica**

La CO<sub>2</sub> è un gas serra composto da un atomo di carbonio e due atomi di ossigeno. L'anidride carbonica è una componente fondamentale del ciclo del carbonio, rappresentando uno dei composti con cui il carbonio viene scambiato tra le varie componenti dell'ecosistema Terra. Il carbonio è un atomo molto importante perché permette la costituzione di tutte le molecole che compongono gli esseri viventi (dette molecole organiche). È presente anche in molti altri composti, come ad esempio i combustibili fossili come il petrolio e il metano.

In natura la CO<sub>2</sub> viene immessa in atmosfera con la respirazione di piante e animali, attraverso la combustione, le

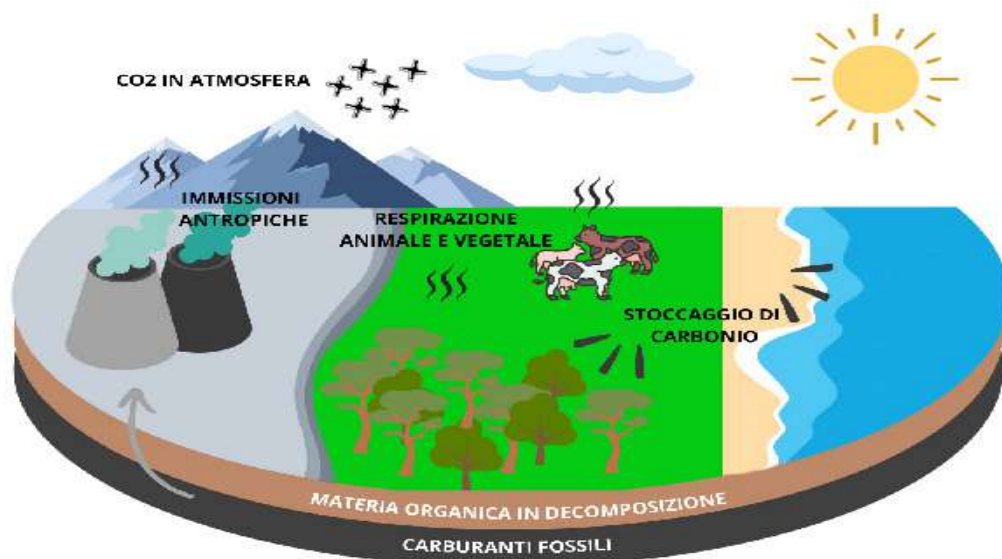
eruzioni vulcaniche ecc. Successivamente l'anidride carbonica viene immagazzinata dalle grandi masse d'acqua e dal suolo ma l'azione più importante di sequestro di questo gas dall'atmosfera viene svolta dalle piante.

Le attività umane hanno causato l'immissione di notevoli quantità di anidride carbonica poiché, a partire dalla rivoluzione industriale la domanda di energia è cresciuta notevolmente; pertanto, si è reso necessario ottimizzare la produzione con la combustione di materiali ad alta efficienza, come il carbone e il petrolio. Quando i combustibili fossili vengono estratti dal sottosuolo e bruciati il carbonio che li compone forma molecole di anidride carbonica che

vengono immesse in atmosfera. Contestualmente le attività umane, come la deforestazione o il consumo di suolo, spesso in prossimità dei siti di costruzione delle industrie, danneggiano i siti di stoccaggio della CO<sub>2</sub>, aumentando le concentrazioni in atmosfera esponenzialmente. Per cui, al contrario degli altri gas serra, il problema delle concentrazioni in atmosfera dell'anidride carbonica non riguarda solamente le immissioni, ma anche la compromissione della capacità del sistema di riassorbire quella che già vi si trova. Questo secondo aspetto non è assolutamente da sottovalutare poiché la CO<sub>2</sub> in atmosfera può impiegare dai 50 ai 250 anni prima di tornare al suolo autonomamente.

## IL CLIMA

### L'EFFETTO SERRA



**Il ciclo del carbonio.** Il movimento degli atomi di carbonio attraverso gli ecosistemi è detto ciclo del carbonio. Questo può provenire da diverse fonti di stoccaggio come il suolo, il mare e gli organismi viventi. Viene immesso in atmosfera naturalmente con la respirazione animale e vegetale e con altri processi, e a causa dell'uomo, principalmente attraverso la combustione. In atmosfera permane per molto tempo finché non viene riassorbito nei siti di stoccaggio.

#### *Il Metano (CH<sub>4</sub>)*

Il metano è un idrocarburo, infatti è composto da un carbonio e quattro atomi di idrogeno. Il metano si può trovare in natura allo stato gassoso ed è prodotto dalla decomposizione della materia vivente. Pertanto, viene immesso in atmosfera sia naturalmente che a causa dell'uomo: lo troviamo quindi in grandi quantità nelle fattorie dove vengono stoccati gli escrementi degli animali, ma anche in zone paludose, nei giacimenti di combustibili fossili, nelle discariche e in tutti i casi in cui si presenti decomposizione di materia organica.

Ovviamente la concentrazione del metano in atmosfera e la sua permanenza, se paragonate a quella della CO<sub>2</sub>, sono decisamente inferiori, ma nonostante questo è comunque uno

dei gas maggiormente responsabili dell'effetto serra, a causa della sua elevata capacità di assorbimento del calore.

#### *Il Protossido di azoto (N<sub>2</sub>O)*

L'azoto è una sostanza necessaria, e spesso limitante, nella crescita della flora. L'N<sub>2</sub>O viene prodotto in natura e immesso in atmosfera dai microrganismi che si trovano nel suolo, dalle grandi foreste, come ad esempio la foresta pluviale, e dagli oceani; mentre le cause antropiche delle immissioni di questo gas sono da ricercare nell'uso di fertilizzanti e nell'utilizzo di particolari sostanze a livello industriale.

È forse uno dei gas serra più nocivi sia per quanto riguarda la sua permanenza in atmosfera, stimata intorno ai 120 anni, sia per il suo potenziale di as-

sorbimento del calore (circa 300 volte maggiore dell'anidride carbonica). Fortunatamente le sue concentrazioni sono piuttosto basse, ma è uno dei gas che contribuisce alla riduzione dell'ozonosfera.

#### *I Clorofluorocarburi (CFC)*

Sono un insieme di numerosi gas di origine antropica. Sono stati prodotti dall'uomo per differenti necessità: principalmente utilizzati come gas refrigeranti nei frigoriferi e in altri impianti di raffreddamento, come propellenti nelle bombolette spray, come solventi, come componenti negli estintori, ecc.

Sono i maggiori responsabili dell'assottigliamento dello strato di ozono, poiché sono stati impiegati in modo massiccio per tutti gli anni '70 e '80. Il loro utilizzo è diminuito con il proto-



collo di Montréal, ma sono stati sostituiti da idroclorofluorocarburi (HCFC), e gli idrofluorocarburi (HFC), meno aggressivi sull'ozonosfera, ma comunque gas serra molto potenti.

Anche bassissime concentrazioni di questi gas contribuiscono ad aumentare notevolmente la temperatura, dato che la loro capacità di assorbire calore può variare da 3.000 a 13.000 volte in più rispetto a quella della CO<sub>2</sub>. Ad aggravare gli effetti, questi gas possono permanere in atmosfera per circa 400 anni.



**Ragioniamo:**  
**Come si produce il metano in natura?**

Vedi la scheda a fine capitolo



**Dimostriamo:**  
**come funziona l'effetto serra**

Vedi la scheda a fine capitolo

Gli esseri umani a partire dal periodo industriale stanno immettendo crescenti quantità di gas serra in atmosfera, cioè gas che assorbono la radiazione infrarossa, prima fra tutti l'anidride carbonica. Per tale motivo le immissioni di questi gas e il conseguente aumento dell'ef-

fetto serra sono la prima causa del surriscaldamento globale e dei cambiamenti climatici.

Un gas serra possiede tre caratteristiche principali che ne determinano la pericolosità per l'ambiente: la capacità di trattenere la radiazione infrarossa (perciò di causare un aumento di temperatura), la concentrazione e il tempo di permanenza in atmosfera. Per tale motivo un gas presente in grandi concentrazioni, ma con poca capacità di assorbimento e poco tempo di permanenza è meno nocivo di un gas in piccole concentrazioni ma con una notevole capacità di assorbimento dell'infrarosso e un alto tempo di permanenza in atmosfera.

Per rendere più agevoli le misurazioni scientifiche sull'effetto serra, è stato introdotto il potenziale di riscaldamento globale GWP, che permette di creare una scala di valori rapportando tutti i gas serra e la loro capacità di assorbimento dell'infrarosso all'anidride carbonica (che assume come valore di riferimento 1). Oltre alla CO<sub>2</sub> uno dei principali gas responsabile dell'effetto serra è il vapore acqueo che in condizioni di equilibrio naturale garantisce delle temperature adeguate allo sviluppo della vita sul no-

stro pianeta. Altri gas serra immessi in atmosfera sia di origine naturale che antropica sono: l'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), il protossido di azoto (N<sub>2</sub>O), il metano (CH<sub>4</sub>), l'esafluoruro di zolfo (SF<sub>6</sub>), i clorofluorocarburi (CFC) e i bromofluorocarburi (BFC).

Come già accennato in precedenza, forme di rilascio in atmosfera di tali gas serra avvengono attraverso la combustione per esigenze industriali e di mobilità umana di carburanti di origine fossile come petrolio e carbone; attraverso i prodotti di scarto e i fertilizzanti dell'agricoltura e dell'allevamento intensivi; tramite lo scorretto smaltimento dei rifiuti e a causa dell'utilizzo quotidiano di alcuni prodotti contenenti tali gas.

I CFC, ad esempio, sono dei gas che erano utilizzati come propellenti (ovvero permettevano l'erogazione del prodotto) nelle bombolette spray. Oltre ad essere dei potenti gas serra, come vedremo nel dettaglio di seguito, questi gas sono stati responsabili dell'assottigliamento dello strato di ozono. Il loro utilizzo è stato vietato negli anni '80, ma sono ancora prodotti da vecchi sistemi di raffreddamento e da alcuni materiali isolanti utilizzati in edilizia.



## APPROFONDIAMO - L'effetto serra

Per un approfondimento sull'effetto serra consigliamo la visione della lezione del climatologo Luca Mercalli realizzata per Rai Scuola. [Clicca qui](#)



#### 2.6 Le conseguenze dei cambiamenti climatici

I cambiamenti climatici hanno effetti ambientali, economici e sociali su tutto il Pianeta. Tali cambiamenti sono causati dall'alterazione repentina di equilibri preesistenti, compromettendo le funzionalità dell'ecosistema e di conseguenza i servizi ecosistemici (si veda paragrafo 1.4.1 sui servizi ecosistemici). I cambiamenti climatici hanno effetto non solo sugli ecosistemi, su flora e fauna, ma anche a livello sociale ed economico, sulle nostre società. Ad esempio, nell'ultimo secolo si è stimato che si sono verificati 30 000 disastri naturali su tutto il pianeta, causando danni per circa 6 trilioni di euro.

I cambiamenti climatici hanno differenti conseguenze su tutte le componenti degli ecosistemi:

- Sull'aria: a livello atmosferico i cambiamenti climatici agiscono direttamente portando dell'alterazione dei fenomeni meteorologici, agendo sulla loro intensità e frequenza. Alcuni esempi sono le ondate di calore, le bombe d'acqua, le trombe d'aria.

- Sulla terra: a livello del suolo i cambiamenti climatici agiscono sia direttamente che indirettamente. Rispettivamente l'alterazione della temperatura influenza la sopravvivenza di specie selvatiche e domesti-

che, contestualmente i mutati fenomeni atmosferici alterano gli equilibri idrogeologici di vaste zone del pianeta.

- Sull'acqua: anche a livello dell'idrosfera le conseguenze dei cambiamenti climatici sono sia diretti che indiretti. Tra gli effetti legati all'innalzamento della temperatura possiamo citare l'innalzamento della temperatura dei mari e lo scioglimento dei ghiacci. Tra le conseguenze indirette dell'aumento della temperatura e della composizione chimica dell'acqua si verificano cambiamenti a livello ecosistemico come, ad esempio, lo sbiancamento dei coralli o la proliferazione di alghe.

In altri casi è proprio la sopravvivenza di intere città che è messa a repentaglio e sappiamo stimare con estrema precisione la velocità con cui questo fenomeno sta accadendo. Ad esempio, sappiamo che Venezia, città costruita su una laguna, sta sprofondando di 2 mm all'anno. Contestualmen-

content\_id:349803166 te però anche l'innalzamento dell'acqua è di 2 mm all'anno, raddoppiando quindi la velocità di inabissamento della città.

Il cambiamento del clima, inoltre, contribuisce alla migrazione e redistribuzione degli esseri viventi per due motivi: il primo è a causa del cambiamento delle condizioni ottimali degli habitat, tra cui c'è proprio la temperatura, in secondo luogo per la ricerca di cibo sia perché c'è uno spostamento contestuale della flora e della fauna, sia perché nel luogo di origine il cibo può scarseggiare a causa delle condizioni climatiche avverse.

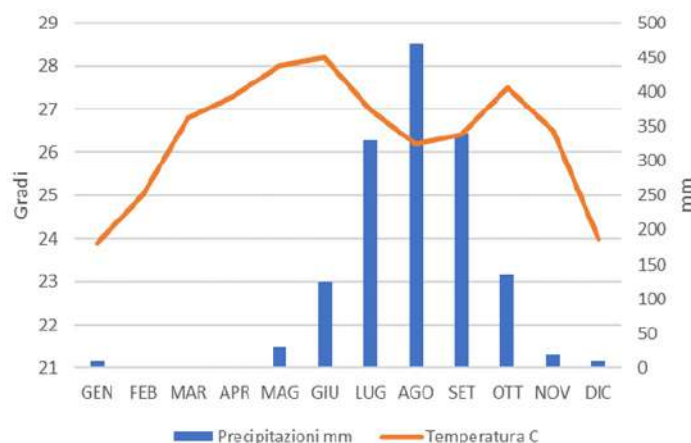
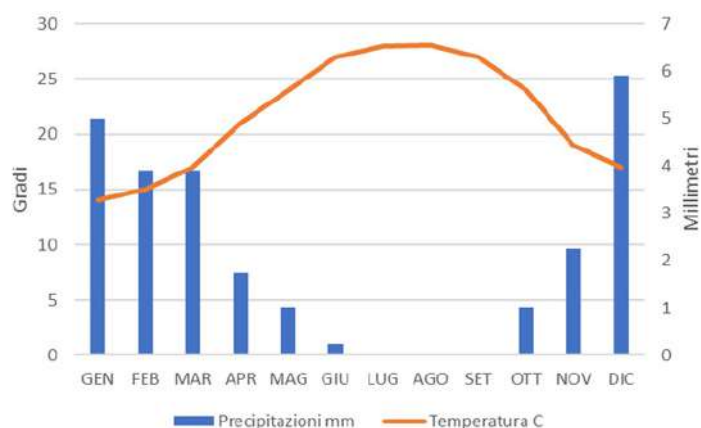
Molti degli animali che si spostano possono essere molto nocivi per i nuovi ecosistemi, oppure possono essere vettori di malattie, come ad esempio le zanzare (un esempio sono le zanzare tigre), le quali non solo si stanno diffondendo a tutte le latitudini, ma stanno anche allungando il proprio ciclo vitale.





## RAGIONIAMO

## COME DESCRIVERE IL CLIMA



Descrivere il clima di una determinata zona del mondo è necessario per poterne valutare le variazioni.

Un importante strumento per la descrizione del clima, delle sue caratteristiche e della loro evoluzione è il cosiddetto climogramma. Si tratta di un grafico che riporta i valori relativi alla temperatura e alle precipitazioni per città, distribuite nel corso dei 12 mesi. I Climogrammi, riportando graficamente i dati, offrono inoltre una lettura chiara e immediata delle caratteristiche principali del clima della città che si prende in considerazione. Osserviamo i due climogrammi riportati in tabella.

Il primo è il climogramma del Cairo, in Egitto, zona caratterizzata da un clima desertico, il secondo è di Ziguinchor, in Senegal, caratterizzata da un clima tropicale. Nel grafico la linea continua rappresenta le temperature mentre le barre rappresentano le precipitazioni.

Se hai Excel puoi utilizzare il nostro template e inserire i dati delle precipitazioni delle due città e visualizzare il grafico comparativo.

[CLICCA QUI](#)



## DOMANDE

- Quali sono i mesi in cui piove di più al Cairo e a Ziguinchor? Sono gli stessi?
- Quali sono i mesi in cui la temperatura è maggiore nelle due città?
- Qual è la stagione più piovosa al Cairo? E a Ziguinchor?
- Qual è la stagione più calda al Cairo? E a Ziguinchor?
- Nelle due città ci sono uno o più picchi di temperatura o di precipitazioni? In che mesi? Nella stessa stagione o in stagioni differenti?
- Prova, osservando il grafico, a definire le caratteristiche dei due climi descrivendo ciò che vedi.
- I mm di piogge cadute sono uguali sia al Cairo che a Ziguinchor? Dal grafico le barre sembrano simili?





## RAGIONIAMO

## COME SI PRODUCE IL METANO IN NATURA



Il metano si produce per decomposizione di sostanze organiche in assenza di ossigeno. Fai svolgere agli studenti una ricerca sulla produzione spontanea di metano in natura. Puoi utilizzare due bizzarri fenomeni legati alla decomposizione della materia organica per introdurre il tema dei gas serra prodotto dalla produzione di rifiuti organici.



### ESEMPI

- I fuochi fatui: fiammelle verdi o blu che vengono avvistate in prossimità di cimiteri e paludi e che hanno anche dato origine a diverse leggende.
- Le balene esplosive: notizia di più recente origine, può essere scambiata per una fake news, ma il meccanismo si basa proprio sulla produzione di metano da materia in decomposizione.



# DIMOSTRIAMO

## IL CLIMA STA CAMBIANDO?



Realizza i climogrammi di differenti anni della tua città e trai le tue conclusioni sul cambiamento del clima della tua zona. Qui a lato troverai alcuni suggerimenti di siti da cui è possibile trovare i dati che ti servono. In particolare, sul sito dell'organizzazione Meteorologica Mondiale è possibile visualizzare il meteo e i climogrammi di tutte le maggiori città del mondo.

Paragona i climogrammi di città provenienti da diverse fasce climatiche (desertico caldo e freddo, temperato, tropicale, subpolare, monsonico, ecc) e trai le tue conclusioni sulle caratteristiche dei diversi climi.

Puoi trovare i climogrammi online oppure trovare i dati online e costruirli in autonomia. Puoi ricercare i climogrammi e proiettarli sulla LIM o assegnare la ricerca come compito a casa.

### SITI

[Organizzazione Meteorologica Mondiale](#)

[Statistiche meteoclimatiche Mipaaf](#)

[Serie ISTAT su temperature e precipitazioni](#)

[Sistema nazionale per l'elaborazione e diffusione di dati climatici](#)

[Sito del CNR sulle anomalie climatiche](#)

[Sito dell'ISPRA sulle banche dati climatiche](#)

[Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente](#)

[Serie storiche del servizio 3bmeteo](#)

[Serie storiche del servizio 3bmeteo](#)



# DIMOSTRIAMO

## COME FUNZIONA L'EFFETTO SERRA



Questo esperimento si svolge in due fasi, prima dimostreremo come poter produrre CO<sub>2</sub> e successivamente come questa sia responsabile dell'effetto serra.

### Esperimento 1: produciamo la CO<sub>2</sub>

Produrre la CO<sub>2</sub> è molto semplice. Prendiamo un recipiente dal collo stretto come, ad esempio, una bottiglia e mettiamo al suo interno dell'aceto. Con l'aiuto di un imbuto riempiamo un palloncino di bicarbonato di sodio.

Facendo attenzione a non far cadere il bicarbonato inserite il palloncino sul collo della bottiglia. A questo punto sollevate il palloncino e fate cadere il bicarbonato all'interno dell'aceto.

Come prima reazione vedrete formarsi della schiuma e pian piano il palloncino si gonfierà per la formazione di anidride carbonica! Se inoltre osservate l'aceto noterete che si sono formate al suo interno delle bollicine sempre di CO<sub>2</sub>, identiche a quelle delle bibite gassate, che sono infatti bevande alle quali è stata aggiunta anidride carbonica.

### OCCORRENTE

- aceto
- bicarbonato
- bottiglia di plastica o di vetro o recipiente dal collo stretto
- imbuto
- palloncino





## DIMOSTRIAMO

## COME FUNZIONA L'EFFETTO SERRA



### Esperimento 2: l'effetto serra in barattolo

Possiamo sfruttare questa proprietà dell'aceto e del bicarbonato di generare anidride carbonica per dimostrare l'effetto serra. Prendiamo due barattoli: nel primo mettiamo una quantità determinata di aceto (ad esempio 100 cl, 200 cl, ecc.) chiudiamolo e mettiamolo al sole. Nel secondo mettiamo la stessa quantità di aceto, aggiungiamo il bicarbonato, chiudendo velocemente il tappo, per non far fuoriuscire il gas prodotto e mettiamolo accanto all'altro barattolo.

Teniamoli al sole per almeno un'ora e poi attacchiamo sul barattolo il termometro e vedremo come nel barattolo con la CO<sub>2</sub> la temperatura sarà nettamente superiore. È stato quindi riprodotto lo stesso meccanismo che si innesca in atmosfera: la CO<sub>2</sub> presente nel barattolo ha assorbito la radiazione infrarossa causando un aumento di temperatura maggiore rispetto al barattolo contenente solo l'aria.

### OCCORRENTE

- due termometri da acquario sticker
- aceto
- bicarbonato
- due barattoli con tappo

# 3

## **Le conseguenze dei cambiamenti climatici sull' aria**

### **3.1**

#### **L'aria**

### **3.2**

#### **Gli eventi meteorologici estremi**

### **3.3**

#### **Le ondate di calore**

### **3.4**

#### **I cambiamenti nelle precipitazioni**

### **3.5**

#### **Le trombe d'aria**



***“Sapere e non agire equivale a non sapere”***

***Yukio Mishima***

### 3.1 L'aria

Nell'accezione comune “l'aria” viene considerata come assenza di materia, ovvero come vuoto. L'aria invece è materia: è costituita da una miscela di gas che compone l'atmosfera permettendo alcuni fenomeni essenziali come la propagazione del suono.

La maggior parte dell'aria si trova in prossimità della crosta terrestre: più si sale di quota e più la miscela risulta rarefatta, ovvero la sua densità diminuisce. I cambiamenti climatici hanno conseguenze sull'atmosfera influenzando gli eventi meteorologici, in particolare alterandone l'intensità e la frequenza.

Nel corso di questo capitolo approfondiremo le conseguenze dei cambiamenti climatici a livello atmosferico analizzando gli eventi meteorologici estremi che si verificano sul nostro territorio. Prima di incominciare

questa trattazione però dimostriamo, attraverso due piccoli esperimenti, la differenza tra aria e vuoto.



**Dimostriamo: l'aria è materia**

Vedi la scheda a fine capitolo

### 3.2 Gli eventi meteorologici estremi

I cambiamenti climatici hanno effetto sull'atmosfera alterando l'equilibrio meteorologico, in particolare modificando la frequenza e l'intensità delle sue componenti fondamentali (si veda a proposito paragrafo 2.2) e originando i cosiddetti eventi meteorologici estremi. Un evento meteorologico estremo è un evento i cui valori si discostano dai valori climatici medi attesi in un determinato periodo in una zona definita.

Per definire tali eventi dobbiamo quindi avere ben chiaro quale sia il clima di una zona poiché non esiste un evento meteorologico che di per sé può essere definito estremo. Ad esempio, i monsoni sono tipici del sud-est asiatico, pertanto in quella zona non costituiscono un evento meteorologico estremo, così come le precipitazioni medie del deserto del Sahara non sono inusuali nel deserto del Gobi. Se però le precipitazioni medie caratteristiche di una zona desertica si registrano anche in primavera nella zona temperata (una delle stagioni più piovose), rappresentano un evento meteorologico estremo: la siccità.

Ogni specie è adattata all'habitat in cui vive e ha determinate condizioni di optimum. Per la fauna è più semplice migrare in zone che presentano parametri migliori per la propria sopravvivenza, anche



## LE CONSEGUENZE DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULL'ARIA GLI EVENTI METEOROLOGICI ESTREMI



se la migrazione può essere ostacolata da altri fattori (come, ad esempio, la disponibilità di ambienti adeguati, la competizione con altre specie, i corridoi ecologici, ecc.) per la flora questo processo richiede molto più tempo. Gli eventi meteorologici estremi, inoltre, rappresentano un costo in termini sociali ed economici per le attività umane: secondo le stime dell'Agenzia Europea dell'Ambiente (EEA) nel corso degli ultimi 40 anni in Europa le perdite economi-

che si attestano tra i 450 e i 520 miliardi di euro e le perdite di vite umane tra le 85.000 e le 145.000 vittime. L'entità del danno è commisurata al tipo di evento meteorologico, alla sua intensità e alla sua durata.

Gli eventi meteorologici estremi si sono sempre verificati nel corso della storia dell'umanità ma i cambiamenti climatici hanno modificato notevolmente la frequenza con il quale si presentano, i valori estremi che raggiungono e la

loro persistenza

Poiché gli eventi meteorologici possono essere definiti estremi solo quando si discostano dai valori medi attesi per un dato periodo in una determinata zona, prenderemo con riferimento l'Italia e il suo clima e in seguito analizzeremo brevemente le principali tipologie di eventi estremi che vi si verificano.

Il nostro Paese negli ultimi decenni è stato soggetto a numerosi eventi meteorologici estremi, che hanno colpito



### APPROFONDIAMO - Gli eventi estremi in Italia

Per un approfondimento sugli eventi estremi che si sono verificati in Italia è interessante visualizzare la mappa degli eventi estremi del 2020 dello SCIA, il sistema nazionale per la raccolta, elaborazione e diffusione di dati climatici, realizzato dall'ISPRA: [Clicca qui](#)



la penisola da Nord a Sud: solo dal 2010 al 2022 si sono susseguiti 1.181 eventi, che hanno provocato 264 vittime, innumerevoli feriti e ingenti danni nel 8% dei Comuni italiani. I principali sono eventi estremi che hanno interessato il territorio italiano possono essere suddivisi in tre diverse tipologie: le ondate di calore, i cambiamenti nelle precipitazioni (possono originare bombe d'acqua o eventi siccitosi) e le trombe d'aria.

È importante precisare che un singolo evento meteorologico che si verifica in una determinata zona, come ad esempio una tromba d'aria in Italia, potrebbe non destare particolare preoccupazione poiché si tratta solo di un evento, limitato dunque ad uno specifico momento e che si verifica frequentemente in altre parti del mondo.

Gli eventi meteorologici estremi, invece, sono di importanza cruciale poiché non sono tipici del clima in cui si verificano, pertanto le popolazioni umane, la flora, la fauna, il suolo e tutte le componenti biotiche e abiotiche dell'ecosistema non sono adattate a contrastarli. Inoltre, la loro frequenza e la loro intensità

sono in aumento a causa dei cambiamenti climatici; quindi, gli ecosistemi sono sempre maggiormente sollecitati da tali eventi e le conseguenze sono sempre più disastrose, sia in termini di vittime che in termini economici.

### 3.3 Le ondate di calore

La definizione di ondata di calore secondo il Ministero della Salute è la seguente:

“Le ondate di calore sono condizioni meteorologiche estreme che si verificano quando si registrano temperature molto elevate per più giorni consecutivi, spesso associati a tassi elevati di umidità, forte irraggiamento solare e assenza di ventilazione; tali condizioni rappresentano un rischio per la salute della popolazione. Un'ondata di calore è definita in relazione alle condizioni climatiche di una specifica città e non è quindi possibile individuare una temperatura-soglia di rischio valida a tutte le latitudini”.

La temperatura media italiana si è innalzata (si veda grafico 3). Ogni anno in estate si registrano temperature elevate che spesso vengono confrontate con picchi di

temperatura già raggiunti in passato. I valori assoluti di temperatura raggiunti sono utili, ma rischiano di sottostimare l'entità delle ondate di calore per due motivi. Innanzitutto, i picchi di calore attuali vengono messi sempre in riferimento a temperature registrate nel periodo postindustriale o industriale, durante i quali è iniziata ad aumentare la concentrazione di CO<sub>2</sub> in atmosfera e quindi la temperatura, per avere un confronto rilevante questo dovrebbe avvenire con dati registrati in periodi preindustriali.

Inoltre, ciò che influisce sull'andamento del clima, essendo questo calcolato sui valori medi è la frequenza e la durata dei picchi di calore che effettivamente sono in aumento (e come vediamo dal grafico dell'ISPRA, non riguarda solo l'Italia). Anche l'IPCC conferma che a livello globale è in aumento il caldo estremo: se prima si verifica uno solo di questi eventi ogni 10 anni, nelle condizioni attuali si verificheranno ondate di calore (globali) circa 2,8 volte nello stesso arco di tempo, con picchi di temperature più alte di circa 1,2°C.

Le ondate di calore hanno

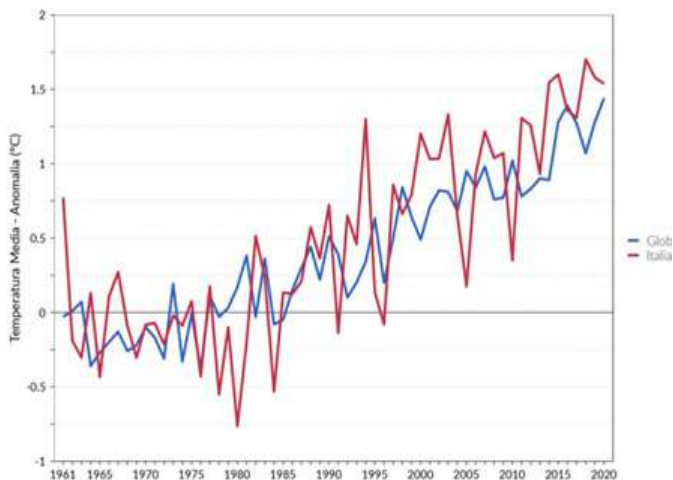


### APPROFONDIAMO - Le ondate di calore in Italia

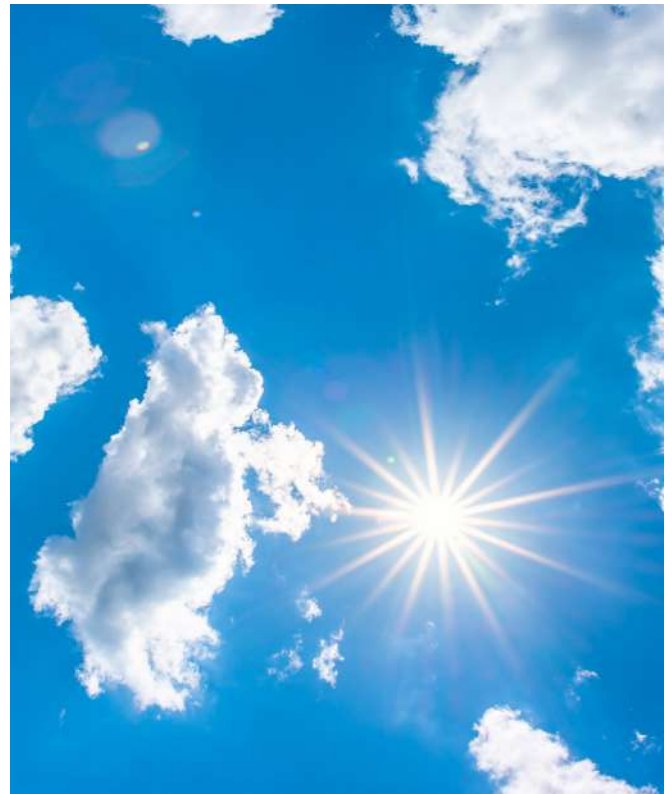
Per un approfondimento sulle ondate di calore, la loro entità e la loro classificazione è possibile consultare il sito del Ministero della Salute, su quale vengono rilasciati da maggio a settembre, bollettini giornalieri informativi sui picchi di calore previsti per l'Italia. [Clicca qui](#)



## LE CONSEGUENZE DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULL'ARIA LE ONDATE DI CALORE



**Serie delle anomalie della temperatura media sulla terraferma rispetto ai valori climatologici normali dal 1961 al 1990.** *L'andamento delle anomalie di temperatura globale ha un andamento in crescita lineare sia in Italia che nel resto del mondo. Fonte: ISPRA, 2019*



effetti estremamente negativi sulla flora, sia sulle colture che sulle specie selvatiche, poiché alcuni processi fondamentali per la vita avvengono a determinati intervalli di temperatura. Ovviamente ogni specie ha sviluppato degli adattamenti alla temperatura media del proprio ecosistema, ma nel momento in cui questa varia repentinamente, la pianta non ha meccanismi di difesa.

Un effetto estremamente negativo delle ondate di calore si ha sulla salute umana. I sintomi sono di diversa entità e variano a seconda dello stato di salute dell'individuo, dell'età, della tipologia di esposizione. Il nostro corpo, infatti, è in gra-

do di rispondere all'aumento di calore entro un determinato intervallo che dipende dalle variabili sopracitate. Successivamente si innescano dei meccanismi di deterioramento che vanno dalla semplice disidratazione fino a conseguenze più serie.

Il Ministero della Salute analizza gli effetti negativi del caldo prolungato sulla salute comunitaria, e pubblica, da maggio a settembre, dei bollettini giornalieri in cui segnala le potenziali ondate di calore. I bollettini riportano 4 livelli di allerta (da 0 a 4), contrassegnati da diversi colori. Per ogni livello vengono indicate le categorie a rischio e i consigli utili a prevenire danni alla salute.

### 3.4 I cambiamenti nelle precipitazioni

In Italia le precipitazioni sono mutate notevolmente. Si verificano lunghi periodi di siccità e di caldo estremo, seguiti da importanti fenomeni di precipitazione, che in Italia vengono spesso chiamate "bombe d'acqua".

La "bomba d'acqua" è l'unico evento meteorologico estremo che può essere definito a prescindere dalla media stagionale. Può essere identificata con due misurazioni differenti:

- se le precipitazioni superano i 30 mm nell'arco di un'ora.
- se le precipitazioni superano i 50 mm nell'arco di due ore.



Una precipitazione temporalesca è provocata dall'evaporazione dell'acqua. Quando il vapore acqueo generato arriva in prossimità di correnti di aria fredda, queste ne provocano la condensazione e si formano nuvole cariche di acqua che danno vita a fenomeni temporaleschi.

Le precipitazioni sono più frequenti in estate (è per questo che si generano i temporali estivi) e in autunno, ovvero le due stagioni in cui la differenza tra la temperatura dell'acqua del mare e dell'aria è maggiore. La bomba d'acqua ha una genesi inizialmente simile ma, quando si ha la condensazione dell'acqua, forti correnti calde provenienti dal suolo impediscono alla pioggia di cadere. In questo modo, tramite un feedback positivo, l'acqua si accumula nell'atmosfera in grandi quantità. Questa massa di acqua è rilasciata improvvisamente quando viene a mancare la corrente calda ascendente o quando le dimensioni sono tali da non poter essere più trattenute nelle nuvole.

I cambiamenti climatici sono direttamente responsabili



**Meccanismo di funzionamento delle “bombe d’acqua”.** *L’aumento delle temperature fa sì che si una maggiore quantità di acqua evapori e contestualmente genera delle correnti calde ascensionali che bloccano inizialmente il rilascio della pioggia. L’acqua, quindi, continua ad accumularsi in atmosfera in quantità crescente, finché non viene rilasciata violentemente e improvvisamente in pochissimo tempo generando la bomba d’acqua.*

dell’aumento della formazione delle bombe d’acqua.

L’aumento delle temperature fa sì che si una maggiore quantità di acqua evapori dai laghi e i fiumi e contestualmente genera delle correnti calde ascensionali che bloccano inizialmente il rilascio della pioggia. L’acqua, quindi, continua ad accumularsi in at-

mosfera in quantità crescente, finché non viene rilasciata violentemente e improvvisamente in pochissimo tempo generando la bomba d’acqua. Il principio alla base della formazione delle bombe d’acqua è lo stesso anche per il fenomeno della grandine.

Da alcuni anni, infatti, i chicchi di grandine hanno au-



#### APPROFONDIAMO - I report ISPRA sul clima

È possibile analizzare le pubblicazioni annuali ISPRA sugli indicatori del clima in Italia, che riassumono tutti gli eventi climatici occorsi durante l'anno solare di riferimento. [Clicca qui](#)



## LE CONSEGUENZE DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULL'ARIA

### LE TROMBE D'ARIA

mentato notevolmente le loro dimensioni. La grandezza del chicco di grandine è proporzionale al tempo che questo rimane nella nuvola dopo essersi formato. Più la corrente calda ascensionale blocca la grandine, più grandi saranno i chicchi e maggiori saranno i danni provocati.

Questi eventi climatici inoltre sono estremamente pericolosi perché possono provocare frane, smottamenti, alluvioni (che verranno approfonditi nello specifico nel capitolo sul suolo), oltre a danni fisici alle coltivazioni, alle infrastrutture e alle persone.

### 3.5 Le trombe d'aria

Una tromba d'aria è un vortice di aria in rapida rotazione che si genera dalle nubi e arriva a toccare il suolo. Per formarsi necessita di alcuni elementi:

- Instabilità atmosferica
- Elevata umidità dell'aria
- Una notevole variazione di direzione e di intensità del vento a diversa quota, detto "shear del vento".

Queste tre componenti sono presenti con più facilità, ma non in via esclusiva, nei tem-



porali più violenti. Pertanto, durante questi eventi meteorologici la probabilità che si formi una tromba d'aria è molto elevata.

Le trombe d'aria non sono un fenomeno del tutto inusuale in Italia, ma normalmente la loro frequenza è di circa trenta all'anno. Gli attuali cambiamenti climatici hanno portato nel 2021 a registrare circa un centinaio di trombe d'aria nella penisola (quindi circa il 70% in più rispetto alla media)! Pertanto, possiamo parlare di un cambiamento nella frequenza e nella intensità di tale fenomeno atmosferico.

Le trombe d'aria sono molto

potenti, la velocità dei venti può raggiungere circa i 500 km/h e al suolo può esercitare una pressione di circa una tonnellata per metro.



**Dimostriamo: la pericolosità delle trombe d'aria**

Vedi la scheda a fine capitolo



**Ragioniamo: il nostro territorio è a rischio?**

Vedi la scheda a fine capitolo



### APPROFONDIAMO - I tornado e le trombe d'aria

Per un approfondimento sui tornado e le trombe d'aria potete visionare la lezione online di Marcello Miglietta, ricercatore CNR-ISAC (Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima). [Clicca qui](#)





## RAGIONIAMO

## IL NOSTRO TERRITORIO E' A RISCHIO?



Fai una ricerca sugli eventi meteorologici estremi che hanno colpito il tuo territorio negli ultimi 10 anni (se non ce ne sono analizza un territorio italiano a tua scelta).

- Perché secondo te sono considerabili eventi meteorologici estremi?
- Quali e quanti danni hanno provocato?
- Con quanta frequenza questi eventi hanno colpito il territorio negli ultimi 30 anni?
- Che conclusioni puoi trarre?

### SITI

[European Severe Weather Database Banca Dati Europea sui Fenomeni Meteorologici Locali e Violenti](#)

[Statistiche meteo-climatiche riferite a zone geografiche e domini amministrativi italiani](#)

[Eventi estremi in Italia 2022](#)

[Database Copernicus sulla temperatura](#)

[Dati ISTAT su precipitazioni e temperature](#)

[Dati EEA sulle perdite economiche da eventi meteorologici estremi](#)

[Sommario delle serie storiche ISTAT 1861-1965 e tavole \(si veda sezione climatologia\)](#)





# DIMOSTRIAMO

## L'ARIA E' MATERIA



Innanzitutto, per dimostrare che l'aria non è uno spazio vuoto, mostreremo che l'aria occupa uno spazio. Successivamente potremmo confrontare la differenza tra la presenza d'aria e vuoto.

### **Esperimento 1: se c'è l'aria l'acqua non entra**

Fissate con un pezzetto di nastro adesivo il fazzoletto al bicchiere. Successivamente immergete completamente il bicchiere tenendolo perpendicolare all'acqua e tiratelo fuori: vedrete che il fazzoletto è rimasto asciutto e noterete anche che avete dovuto applicare della forza per far andare il bicchiere fino in fondo. Questo perché nel bicchiere era contenuta dell'aria, che occupando uno spazio ben definito, non ha permesso all'acqua di entrare, pertanto il fazzoletto è rimasto asciutto

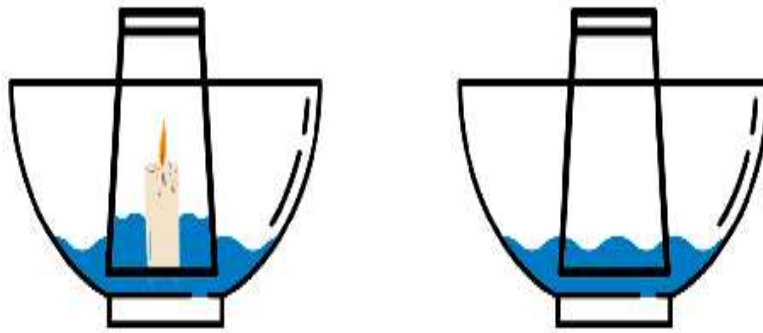
### OCCORRENTE

- Una bacinella piena d'acqua
- Un bicchiere
- Un fazzoletto
- Un pezzetto di nastro adesivo



# DIMOSTRIAMO

## L'ARIA E' MATERIA



### Esperimento 2: quanto spazio occupa l'aria

Prendete la siringa senza ago e tirate indietro lo stantuffo. Tappate la parte finale con il dito e spingete lo stantuffo. Vi accorgete che inizialmente farete fatica e poi sarà impossibile spingere lo stantuffo fino in fondo: nella siringa è entrata aria e occupa uno spazio, e non è possibile comprimerla.

### Esperimento 3: cosa accade se rimuoviamo l'aria

Posizionate una candela ben stabile in uno dei due recipienti e accendetela. Ora posizionate in entrambi i recipienti il bicchiere immerso nell'acqua ma non a contatto con il fondo del recipiente. Vedrete che nel primo caso il livello dell'acqua comincerà a salire finché non si spegnerà la candela mentre nel secondo caso non avverrà nulla. Nel primo caso la fiamma della candela consuma parte dell'aria all'interno del bicchiere e, in particolare, crea una differenza di pressione che fa alzare il liquido. L'acqua, quindi, viene risucchiata all'interno ed è libera di occupare lo spazio in cui prima c'era l'ossigeno presente nell'aria. Nel secondo caso invece l'acqua non sale nel bicchiere perché è ancora presente l'ossigeno.

### OCCORRENTE

- una siringa senza ago

### OCCORRENTE

- Due bacinelle piene d'acqua
- Due bicchieri di vetro
- Una candela



# DIMOSTRIAMO

## LA PERICOLOSITA' DELLE TROMBE D'ARIA



Con i seguenti esperimenti dimostreremo la pericolosità delle trombe d'aria.

### Esperimento 1: il tornado in bottiglia

Svolgimento:

Riempite una bottiglia con acqua e colorante alimentare. Attaccate la bottiglia vuota sopra quella piena, utilizzando il raccordo in modo da creare una struttura a clessidra che permetta il passaggio dell'acqua da una bottiglia all'altra.

Ora rovesciate tale struttura in modo tale che l'acqua fluisca da una bottiglia all'altra cronometrando il tempo totale che impiega il liquido a defluire.

Ripete tale operazione ma, subito dopo aver capovolto la struttura, agitatela con movimenti circolari delle mani. Noterete che nella bottiglia piena si formerà un vortice di acqua che attirerà il liquido verso il basso con una velocità maggiore.

Tale vortice d'acqua possiede le medesime proprietà dei vortici d'aria, i tornado, che tendono ad attirare verso il loro centro con grande forza la materia circostante.

### OCCORRENTE

- Due bottiglie trasparenti di plastica o di vetro
- Un raccordo (può essere un pezzo di tubo o dello scotch telato impermeabile)
- Acqua
- Colorante alimentare





## DIMOSTRIAMO

## LA PERICOLOSITA' DELLE TROMBE D'ARIA



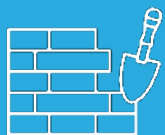
### Esperimento 2: la quanto è pericolosa una tromba d'aria?

Tale foro deve essere abbastanza grande per permettere al beccuccio del soffiatore di entrare e all'aria di uscire, ma è importante fare attenzione a far sì che le palline rimangano all'interno della bottiglia. L'ideale è creare un'apertura disegnando un rettangolo e tagliandone tre lati su quattro. In tal modo si formerà uno "sportellino" di plastica e sarà possibile regolare la grandezza del foro al bisogno. Inserite le palline e il beccuccio del soffiatore. Lasciando il tappo della bottiglia avvitato accendete il soffiatore. La prima cosa che noterete è che dopo qualche secondo le palline verranno spinte nella bottiglia seguendo lo schema di un vortice e non casualmente: stiamo quindi simulando una tromba d'aria contenente diversi materiali.

Lasciando il soffiatore acceso aprite il tappo della bottiglia. Noterete che le palline fuoriescono velocemente e vengono lanciate a grande distanza (in proporzione alle dimensioni della bottiglia e alla potenza del soffiatore). Questo avviene anche durante le trombe d'aria: il materiale catturato dal tornado, una volta raggiunto il vertice viene scagliato a grande distanza, rappresentando un pericolo anche se ci si trova molto lontani.

### OCCORRENTE

- Una bottiglia di plastica con tappo
- Un soffiatore (ad esempio un piccolo compressore per il gonfiaggio dei materassi da campeggio)
- Piccole sfere di polistirolo



# REALIZZIAMO

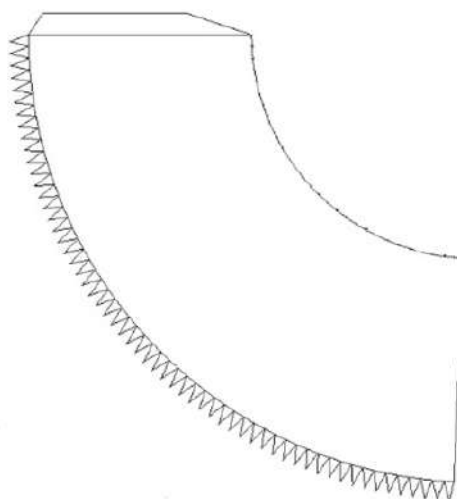
## UNA STAZIONE METEOROLOGICA

### Cos'è la stazione meteorologica

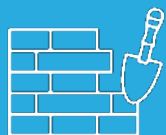
La stazione meteorologica è un insieme di strumenti che permettono la rilevazione di diversi fattori meteorologici. Ne esistono di diverse tipologie: dalle stazioni meteorologiche professionali che aiutano i meteorologi a stimare il meteo a livello nazionale, a quelle digitali amatoriali che permettono la rilevazione meteorologica a scale molto più grandi. Gli strumenti della stazione meteorologica sono: la banderuola e la manica a vento che servono per determinare l'intensità e la direzione del vento a bassa quota; l'anemometro che serve per determinare la velocità del vento, il nefoscopio che serve per determinare la direzione del vento ad alta quota; l'igrometro che misura l'umidità dell'aria; il barometro che misura la pressione atmosferica; il pluviometro che misura le precipitazioni e il termometro che misura la temperatura atmosferica. Come vedremo in questa appendice questi strumenti possono essere realizzati con semplici materiali e, utilizzati insieme alle schede di rilevazione, aiutano a tenere traccia degli andamenti meteorologici della nostra zona di residenza.



**Esempio di manica a vento.** È uno strumento che serve per determinare l'intensità e la direzione del vento a bassa quota

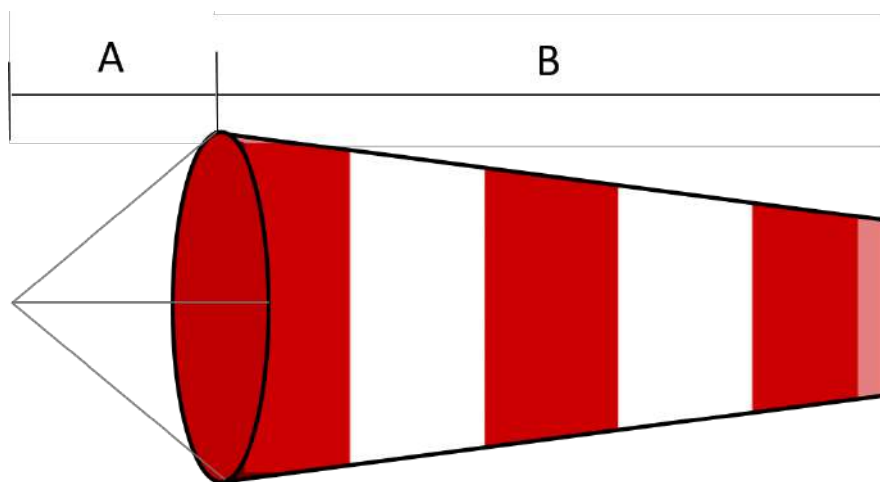


**Modello per il taglio della stoffa della manica a vento.** Sulla base maggiore (dove è presente il bordo a zig-zag) è consigliabile lasciare della stoffa in più: servirà per cucire l'orlo dentro cui infilare il fil di ferro per mantenere aperta la manica a vento.



## REALIZZIAMO

## UNA STAZIONE METEOROLOGICA



**Modello per la costruzione della manica a vento.** I segmenti A e B indicano le lunghezze che devono essere in proporzione.

### La banderuola e la manica a vento

La banderuola e la manica a vento sono due strumenti differenti ma con funzionamento simile, servono per determinare l'intensità e la direzione del vento a bassa quota.

Per realizzare la manica a vento è necessaria una stoffa molto leggera (comunemente detta fodera) che deve essere cucita a forma di tronco di cono; pertanto, quando preparerete il modello per tagliare la stoffa dovrà essere a forma "trapezoidale", come in figura. La manica deve divisa in 5 fasce di colore alternato, di solito di colore bianco e rosso per una maggior leggibilità da lontano. Sulla base maggiore (dove è presente

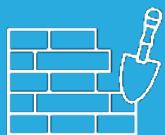
il bordo a zig-zag è consigliabile lasciare della stoffa in più: servirà per cucire l'orlo dentro cui infilare il fil di ferro per mantenere aperta la manica a vento). Anche su uno dei due lati è necessario lasciare un po' di stoffa in più, servirà per chiudere la manica cucendola. Si raccomanda di prendere bene le misure e le proporzioni: una manica a vento di almeno 120 cm di lunghezza (B), ha un diametro maggiore di 30 cm e diametro minore di 15 cm. I lacci per assicurarla al supporto devono essere di nylon (A) e di circa 17 cm. Pertanto, la lunghezza totale (A+B) compresi i legacci deve essere di 137.

Considerate che il diametro minore deve essere in ogni caso  $\frac{1}{2}$  del diametro minore.

**Tabella di conversione da nodi a chilometri**

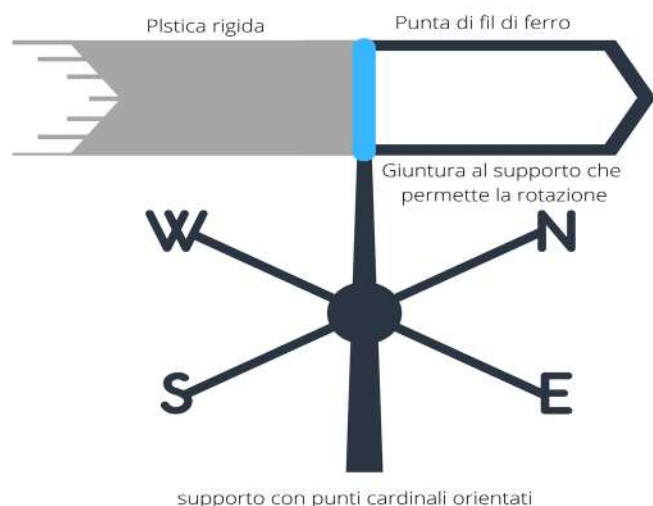
Nodi	Km/h
1	1,9
2	3,7
3	5,6
4	7,4
5	9,3
6	11,1
7	13
8	14,8
9	16,7
10	18,5
11	20,4
12	22,2
13	24,1
14	25,9
15	27,8





# REALIZZIAMO

## UNA STAZIONE METEOROLOGICA



**Esempio di banderuola.** È uno strumento che serve per determinare la direzione del vento a bassa quota.

**Rosa dei venti.** Serve per determinare il tipo di vento che spira in maniera immediata a seconda della direzione rilevata dagli altri strumenti.

Legate i lacci della manica a vento al supporto in modo tale che sia libera di ruotare sull'asse del supporto, che deve essere dotato di indicatori di punti cardinali e issatela su un'asta di circa 4-6 metri orientandola con l'ausilio di una bussola. Quando il vento soffiava la manica si gonfia in una determinata direzione. A seconda di quanto la manica è gonfia potete stimare approssimativamente l'intensità del vento. Per ogni banda rossa distesa avremo un incremento del vento di 5 nodi; quindi, questo strumento ci permette di stimare

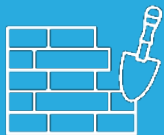
la velocità del vento fino a 15 nodi.

Per una misurazione più precisa è necessario l'anemometro. La direzione del vento invece sarà indicata dal punto cardinale verso cui sventolerà la manica a vento. Per realizzare una banderuola invece è necessario un foglio sottile di plastica, anche di riciclo, l'importante è che abbia una superficie liscia e piatta (non vanno bene quindi parti di plastica con curvature, loghi in rilievo, bordi, ecc). Lo spessore e quindi il peso in questo caso non sono particolarmente rilevanti, ma pur

sempre senza esagerare. La punta si può costruire con del fil di ferro in maniera tale da incardinare la banderuola sul supporto (parte blu del disegno) e permettergli di girare agevolmente.

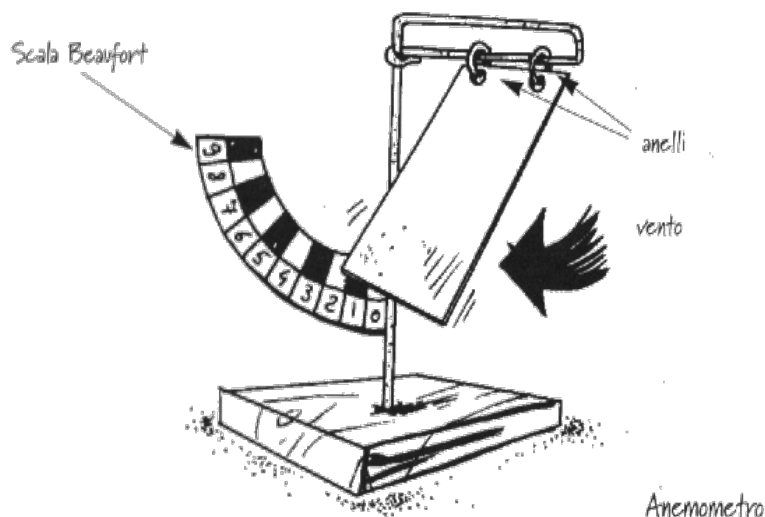
Anche nel caso della banderuola fissatela ad un'asta di circa 4-6 metri di altezza orientandola con l'ausilio di una bussola.

Un consiglio: potete fissare le aste di questi due strumenti al centro di una rosa dei venti (un esempio è riportato qui sotto) in modo tale da avere subito un riscontro sulla tipologia di vento che spira.



# REALIZZIAMO

## UNA STAZIONE METEOROLOGICA



**Esempio di anemometro.** È uno strumento che serve a misurare la velocità del vento utilizzando la scala di beaufort. Fonte: Pontinia1, 2015

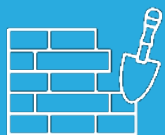
### L'Anemometro

Dal greco Anemos, vento, e metron misura, è uno strumento che serve a misurare la velocità del vento. La sua costruzione è abbastanza semplice. Si può utilizzare il fil di ferro o delle stecche di legno, una base in legno o in polistirolo (opportunamente appesantita), un cartoncino leggero legato con degli

anelli di metallo e la Scala di Beaufort che calibrerà lo strumento. La scala va realizzata con degli intervalli di 1 cm per ognuna delle varie gradazioni della scala (da 0 a 12).

Attenzione se l'anemometro rimane esposto alle intemperie al cartoncino è preferibile della plastica rigida leggera. Anche in questo caso si può utilizzare della pla-

stica di riciclo, l'importante è che abbia una superficie liscia e piatta (non vanno bene quindi parti di plastica con curvature, loghi in rilievo, bordi, ecc) della stessa grammatura del cartoncino. Posizionate l'anemometro in un luogo in cui possa rilevare agevolmente la velocità del vento, ma che sia facilmente accessibile agli studenti per le rilevazioni.

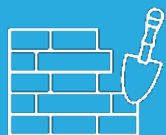


# REALIZZIAMO

## UNA STAZIONE METEOROLOGICA

Grado	Velocità	Tipo di vento	Effetti sulla natura	Velocità
0	0-1	Calma	Il fumo ascende verticalmente; il mare è uno specchio.	<0.3
1	1-5	Bava di vento	Il vento devia il fumo; increspature dell'acqua.	0.3-1.5
2	6-11	Brezza leggera	Le foglie si muovono; onde piccole ma evidenti.	1.6-3.3
3	12-19	Brezza	Foglie e rametti costantemente agitati; piccole onde, creste che cominciano a infrangersi.	3.4-5.4
4	20-28	Brezza vivace	Il vento solleva polvere, foglie secche, i rami sono agitati; piccole onde moderate allungate.	5.5-7.9
5	29-38	Brezza tesa	Oscillano gli arbusti con foglie; si formano piccole onde nelle acque interne; onde moderate allungate.	8-10.7
6	39-49	Vento fresco	Grandi rami agitati; sibili tra i fili telegrafici; si formano marosi con creste di schiuma bianca e spruzzi.	10.8-13.8
7	50-61	Vento forte	Interi alberi agitati, difficoltà a camminare contro vento; il mare è grosso, la schiuma comincia ad essere sfilacciata in scie.	13.9-17.1
8	62-74	Burrasca moderata	Rami spezzati, camminare contro vento è impossibile; marosi di altezza media e più allungati, dalle creste si distaccano turbini di spruzzi.	17.2-20.7
9	75-88	Burrasca forte	Camini e tegole asportati; grosse ondate, spesse scie di schiuma e spruzzi, sollevate dal vento, riducono la visibilità.	20.8-24.4
10	89-102	Tempesta	Rara in terraferma, alberi sradicati, gravi danni alle abitazioni; enormi ondate con lunghe creste a pennacchio.	24.5-28.4



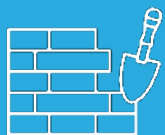


# REALIZZIAMO

## UNA STAZIONE METEOREOLOGICA

11	103-117	Fortunale	Raro, gravissime devastazioni; onde enormi e alte che possono nascondere navi di media stazza; ridotta visibilità.	28.5-32.6
12	Oltre 118	Uragano	Distruzione di edifici, manufatti, ecc.; in mare la schiuma e gli spruzzi riducono assai la visibilità	>32.7





# REALIZZIAMO

## UNA STAZIONE METEOROLOGICA



**Esempio di anemometro.** È uno strumento utile a misurare la direzione del vento ad alta quota.

### Il Nefoscopio

È uno strumento molto semplice che serve per determinare la direzione dei venti in altitudine. Questa, infatti, è differente da quella rilevata a bassa quota con la banderuola o con la manica a vento. La direzione può essere rilevata osservando il movimento delle nuvole: è sufficiente disegnare sopra una tavola di legno i punti cardinali o addirittura una rosa dei venti ben dettagliata e di grandi dimensioni. La dimensione deve poter permettere di incol-

lare al centro uno specchietto. Durante una giornata con presenza di nuvole in cielo orientate la vostra tavoletta, ovvero ponetevi con la rosa dei venti che indica il nord esattamente come la bussola con l'aiuto di una bussola e osservate le nuvole nello specchio. La direzione verso cui si muoveranno vi indicheranno sulla rosa dei venti la direzione e la tipologia di vento in alta quota. Potete decidere di dotare la tavoletta di una piccola bussola, in modo tale da orientarlo più agevolmente.

### L'Igrometro

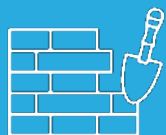
Dal greco igros, umido, e metron, misurare, è uno strumento che serve a misurare la l'umidità dell'aria. Ci sono diversi modelli in commercio ma è possibile anche costruirne uno sfruttando la capacità dei capelli di assorbire l'umidità dell'aria.

Pertanto, è necessario procurarsi un capello di circa 20 cm di lunghezza e sgrassarlo a fondo con alcool. Mentre si aspetta che si asciughi completamente si può procedere a ritagliare l'ago (blu) realizzandolo con la carta velina.

Fissate una sola estremità del capello in maniera non definitiva sulla tavoletta di cartone o di legno, in modo tale che cada in verticale (punta rossa in alto).

La freccia di carta velina deve essere fissata con una puntina in linea con l'estremità libera del capello. Fate un segno sulla freccia dove il capello dovrà essere attaccato (come in figura). Attenzione non fissate la puntina della freccia in profondità ma fate in modo questa possa di ruotare liberamente su se stessa se tirata dall'accorciarsi e allungarsi del capello.

Ora dobbiamo tarare lo strumento: rimuovete il fermo che avete messo sull'estremità del capello facendo attenzione a lasciare un segno sulla tavoletta. Mettetelo su una pentola di acqua che bolle, o su un umidificatore (vanno



## REALIZZIAMO

## UNA STAZIONE METEOROLOGICA

benissimo anche quelli ad ultrasuoni per ambienti o per cosmesi). Una volta che il capello sarà umido fissatelo in modo non definitivo alla tavoletta e alla punta della freccia senza tirarlo: la freccia segnerà il punto di massima umidità, segnate con una penna il valore 100.

Successivamente esponete il capello su una fonte di calore che non lo danneggi e che non sia umida (termosifone, stufa, termoconvettore, phon, ecc), in modo tale da rimuovere tutta l'umidità presente nelle fibre.

Rialloggiate le estremità del capello nei segni sulla tavoletta e sulla freccia. Adesso il capello segnerà il punto con assenza totale di umidità, potete quindi segnare 0. Prima di fissare definitivamente le due estremità potete graduare questa scala in intervalli di percentuale.

Ora fissate definitivamente il capello dopo averne rimosso l'umidità. Quando questa aumenterà il capello si arriccerà e tirerà verso di sé la freccia di carta velina, viceversa in assenza di umidità si distenderà provocandone il rilascio. Potete leggere i valori sulla scala graduata.

### Il Barometro

Il barometro è uno strumento che misura la pressione atmosferica. Questa variabile è importante in meteorologia poi-

**Esempio di igrometro a capello.** È uno strumento che serve a misurare l'umidità dell'aria sfruttando la capacità dei capelli di cambiare la propria lunghezza in base alla presenza di vapore acqueo.

ché zone a bassa pressione hanno un tempo instabile mentre zone ad alta pressione hanno un tempo sereno. Il sistema si mantiene in equilibrio poiché i flussi di aria tendono a passare da zone da alta pressione a zone a bassa pressione.

I barometri commerciali possono essere graduati in millimetri di mercurio, in millibar, o possono avere entrambe le graduazioni. Di seguito riportiamo i fattori di conversione:

1 millibar = 0,75 mm di mercurio.

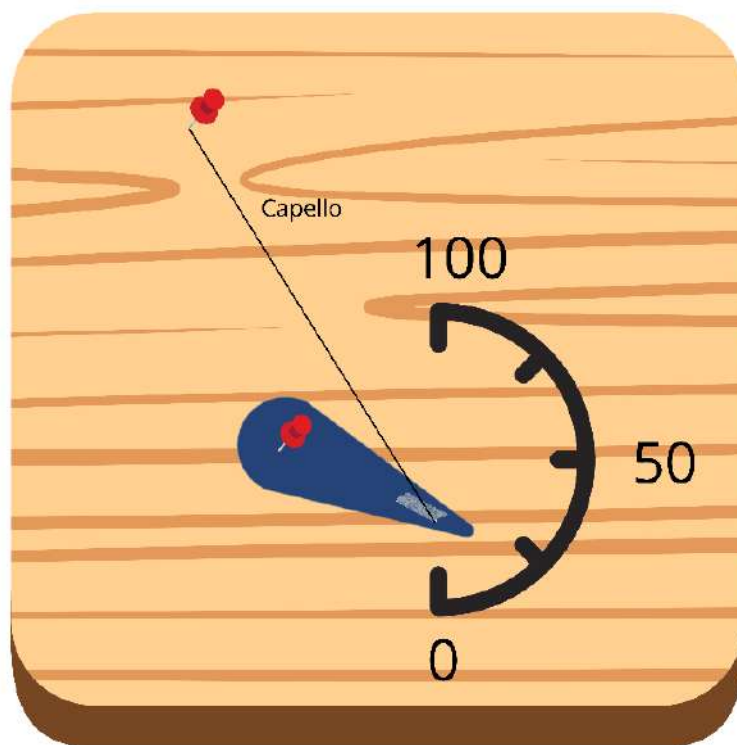
1 mm di mercurio = 1,33 millibar.

760 mm di mercurio = 1.013 millibar = 1 atmosfera.

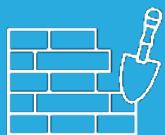
Le variazioni di pressione sono quantificabili come segue:

- 1.013 millibar rappresentano la pressione media: tempo variabile.

- Oltre i 1.040 millibar è alta pressione: gran secco e tempo buono.







# REALIZZIAMO

## UNA STAZIONE METEOROLOGICA

- Meno di 990 millibar è bassa pressione: pioggia o temporale.

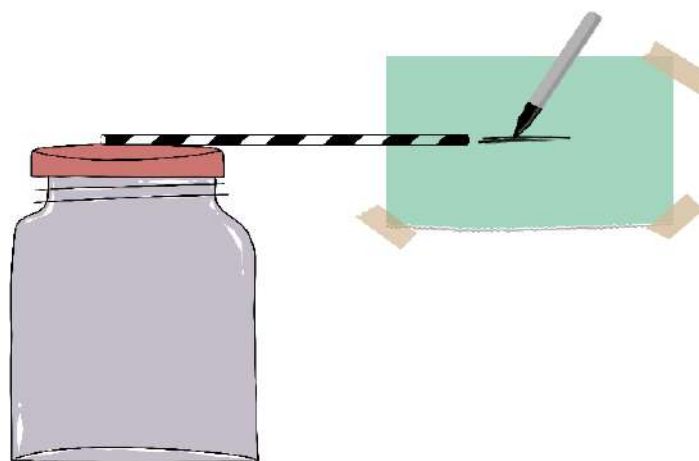
È possibile costruire due tipi di barometro:

### Il barometro a palloncino

Sarà necessario un barattolo, un palloncino, una cannuccia una superficie piana le indicazioni meteorologiche della pressione atmosferica. Queste indicazioni serviranno per scegliere la giornata con in cui costruire il barometro: la pressione in questa giornata deve essere media.

Successivamente sarà necessario coprire il barattolo con il palloncino, fino a creare una membrana liscia e incollarci sopra, parallelamente alla membrana, la cannuccia. Potete anche tagliare l'estremità della cannuccia a forma appuntita. Puntate l'estremità libera della cannuccia su un cartoncino e con un pennarello segnare il punto indicato. Grazie alle indicazioni meteorologiche sappiamo che ci troviamo in condizioni di pressione media. Al variare della pressione esterna la pressione interna del barattolo rimarrà costante e questo provocherà un rigonfiamento o un abbassamento della membrana (il palloncino) e quindi della cannuccia:

- Se la pressione atmosferica si abbassa, la pressione inter-



**Esempio di barometro a palloncino.** È uno strumento che serve a misurare la pressione atmosferica. Tale strumento non è molto accurato e registra solamente la variazione di pressione da alta a bassa.

na del barattolo sarà maggiore, l'aria cercherà di uscire e gonfierà il palloncino, la cannuccia quindi si abbasserà.

- Se la pressione atmosferica si alza, la pressione interna del barattolo sarà minore, l'aria esterna cercherà di entrare e schiatterà il palloncino, provocando un innalzamento della cannuccia

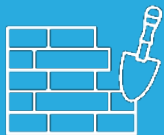
Potete aggiungere le indicazioni "alta pressione" e "bassa pressione" rispettivamente sopra e sotto il segno a pennarello.

### Il barometro ad acqua

Più complesso da realizzare è certamente più efficace e ac-

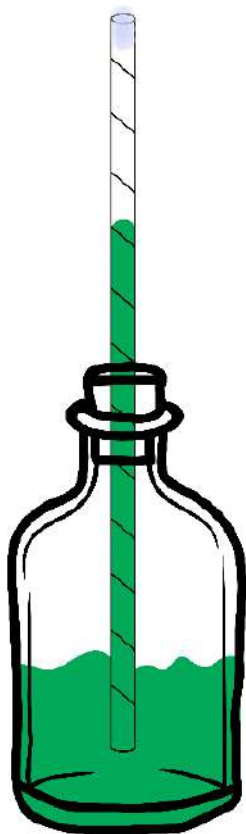
curato. Vi servirà un flacone da 100 cc, una cannuccia rigida trasparente da 24 cm di lunghezza e 25 mm di diametro, dell'ovatta, della plastilina e del colorante alimentare.

Innanzitutto, forate il tappo a misura precisa della cannuccia (non deve passare aria altrimenti il barometro non funzionerà). È possibile utilizzare un tappo già forato, anche di plastica. In alternativa è possibile sigillare l'apertura direttamente con la plastilina. Mettete nel flacone 2 cm di acqua e di colorante alimentare, inserite il tappo con un foro per la cannuccia e infilatela fino a poco sopra il fondo in modo da permettere al liquido di salire. Sigillate con



# REALIZZIAMO

## UNA STAZIONE METEOROLOGICA



**Esempio di barometro ad acqua.** È uno strumento che serve a misurare la pressione atmosferica in modo più accurato rispetto al barometro a palloncino.

la plastilina il punto di ingresso della cannuccia nel tappo in modo tale da evitare qualsiasi possibile passaggio di aria. Ora succhiate delicatamente per far salire il liquido fino a metà della parte emergente della cannuccia e tappate l'estremità con un batuffolo di ovatta. Potete inoltre realizzare una cassetta di legno o di cartone per il vostro barometro con una scala graduata che vi aiuti nella lettura

della pressione atmosferica. Ovviamente come nel caso del barometro a palloncino ricordate di controllare la pressione atmosferica della giornata in iniziative la costruzione in modo tale si attesti su valori medi.

### Il pluviometro

Il pluviometro è uno strumento che serve a misurare la quantità di pioggia caduta. Per co-

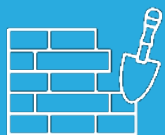


**Esempio di pluviometro.** È uno strumento che serve a misurare la quantità di pioggia caduta in un determinato intervallo di tempo.

struirlo artigianalmente sono necessari un barattolo di vetro, e un imbuto. Sarà necessario graduare il barattolo in millimetri con l'aiuto di un righello. Per sapere quanti mm di pioggia sono caduti dovrete moltiplicare l'altezza dell'acqua nel barattolo in millimetri (mm) per il rapporto tra il raggio del barattolo (R) e il raggio dell'imbuto (r):  $h \times (R:r)$ .

### Il termometro

Il termometro è uno strumento utile per rilevare la temperatura dell'ambiente circostante. In



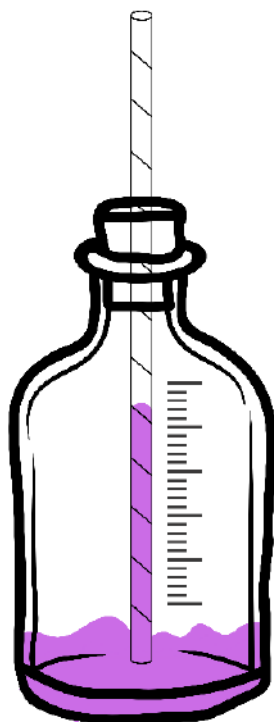
## REALIZZIAMO

## UNA STAZIONE METEOROLOGICA

commercio si trovano dei termometri a “massima e minima” che riportano queste due variabili che si alternano nel corso della giornata. È possibile creare un termometro casalingo utilizzando lo stesso procedimento del barometro ad acqua, ma questa volta come liquido reagente servirà una miscela di acqua e alcool.

Prendete quindi un contenitore di vetro o di plastica resistente al calore e riempitelo con 75 ml di acqua e colorante alimentare a vostra scelta e 75 ml di alcool per disinfettare bianco. Mescolate fino ad ottenere una miscela omogenea. Inserire la cannucchia di vetro fino al poco sopra il fondo e sigillare l'apertura della bottiglia con un tappo o della plastilina.

Ora sarà necessario tarare il nostro strumento esponendolo a delle temperature note e graduando il recipiente di conseguenza. Inserite il recipiente in acqua calda di cui avete rilevato la temperatura con un termometro alimentare. Non sarà necessario avere un'acqua eccessivamente calda: la temperatura massima stagionale in Italia nel mese più caldo dovrebbe essere di 35 gradi. Considerando che, durante le ondate di calore straordinarie la temperatura più alta mai registrata in Italia è stata di 48,5° gradi, tarare lo strumento a



**Esempio di termometro.** È uno strumento che serve a misurare la temperatura atmosferica.

massimo 50 gradi è sufficiente. Viceversa, è plausibile che la temperatura scenda sotto lo 0, soprattutto d'inverno. L'acqua ghiaccia a 0 gradi ma nel nostro termometro è presente una miscela di acqua e alcool al 50% (50% acqua e 50% alcool). Questo fa sì che la temperatura di congelamento dell'acqua sia molto al di sotto dello zero, a circa -30 gradi. Pertanto, possiamo mettere il

nostro termometro in un recipiente di ghiaccio o neve per un breve periodo per tararlo a temperatura 0°.

### Le schede di rilevazione

La stazione meteorologica e i suoi strumenti devono necessariamente essere accompagnati da schede di rilevazione in cui vengono annotati i dati osservati.

Ci sono due particolari accorgimenti che possono rendere più efficace la vostra rilevazione: svolgere quotidianamente, a rotazione, le rilevazioni conservandole in un archivio, in modo tale da poter confrontare i dati meteorologici di anno in anno, e confrontarle con quelle svolte a livello professionale, per confrontare la precisione delle rilevazioni degli strumenti costruiti. Inoltre, è possibile confrontare le rilevazioni odierne con le serie storiche e compiere interessanti elaborazioni.

Di seguito riportiamo un esempio di scheda di rilevazione. Questa può essere anche realizzata in digitale, su un cartellone da appendere nella bacheca della scuola se la rilevazione viene effettuata da più classi. L'importante è sempre conservare traccia delle rilevazioni in appositi registri: costituiscono un importante fonte di dati per le future generazioni di studenti.





© 2010 Blackwell Publishing Ltd *Journal of Internal Medicine* 267: 251–260

[illegible]

# 4

## Le conseguenze dei cambiamenti climatici sul suolo

### 4.1

#### La siccità

### 4.2

#### L'agricoltura e il cambiamento delle fasce climatiche di coltivazione

### 4.3

#### Il rischio idrogeologico

### 4.4

#### La desertificazione

### 4.5

#### Gli incendi



***“Se l’umanità vuole sopravvivere avremo bisogno di un vero e proprio nuovo modo di pensare”***

***Albert Einstein***

Gli effetti dei cambiamenti climatici sul suolo sono molteplici. I fenomeni che avvengono a questo livello sono più complessi rispetto a quelli che avvengono in atmosfera perché avvengono con modalità differenti. I cambiamenti climatici, infatti, possono influire sulla terra sia direttamente che indirettamente. Gli effetti diretti dell’innalzamento della temperatura si manifestano con cambiamenti ecosistemici a livello di specie presenti nell’ecosistema, sia naturali che domestiche.

L’influenza indiretta dei cambiamenti climatici avviene in seguito ai mutamenti a livello atmosferico come l’innal-

zamento della temperatura, i cambiamenti nelle precipitazioni o le ondate di calore e si manifestano nell’alterazione degli equilibri idrogeologici, nella composizione del suolo, nei danni alle colture e nella propagazione di disturbi naturali come gli incendi.

Le conseguenze dei cambiamenti climatici sul suolo sono particolarmente rilevanti per le attività umane poiché influiscono sulla produzione di cibo e di materie prime come il legname. Inoltre, aumentano il rischio idrogeologico, con maggiori possibilità di eventi catastrofici legati al cedimento del suolo, all’erosione dei fiumi, ecc.

In questo capitolo analizzeremo le conseguenze dirette e indirette dei cambiamenti climatici sul suolo. In particolare, analizzeremo la siccità, partendo dai fenomeni quali i cambiamenti nelle precipitazioni e le alte temperature, fino ad esaminarne le conseguenze sugli ecosistemi e le attività umane. Successivamente analizzeremo gli effetti dei cambiamenti climatici sull’agricoltura e sul rischio idrogeologico (con un breve focus sulle frane e le alluvioni). Infine, riporteremo come i cambiamenti nelle variabili climatiche influenzino processi naturali quali la desertificazione e gli incendi.



## LE CONSEGUENZE DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SUL SUOLO

### LA SICCAITA'

#### 4.1 La siccità

La siccità è una mancanza temporanea, più o meno prolungata, di acqua che ha impatti negativi in termini economici, sociali e ambientali. La siccità è provocata da due fattori principali: le scarse precipitazioni e l'aumento delle temperature.

Gli ecosistemi normalmente si trovano in una condizione di equilibrio: le precipitazioni, penetrando nel suolo e venendo assorbite in parte dalle piante, compensano il fenomeno dell'evotraspirazione, cioè la quantità di acqua evaporata proveniente sia dal terreno che dalla traspirazione della flora.

I cambiamenti climatici però hanno modificato notevolmente i fattori meteorologici come le temperature massime e la frequenza delle precipitazioni. Pertanto, hanno un ruolo importante anche nell'influenzare il verificarsi di periodi di siccità.

Infatti, più è alta la temperatura e più aumenta l'evotraspirazione. Contestualmente scarse precipitazioni compromettono la capacità di reintegro di acqua del sistema. Quando questi due valori si discostano dalle medie climatiche delle zone in esame si verifica un periodo di siccità.

La siccità viene quindi calcolata con diversi indici matematici, e può essere più o meno grave a seconda di quanto tali valori sono differenti da quelli attesi per una determinata zona e per un determinato periodo dell'anno. Tale fenomeno non si manifesta



**L'evotraspirazione.** È un fenomeno composto dalla quantità di acqua evaporata proveniente sia dal terreno che dalla traspirazione della flora.

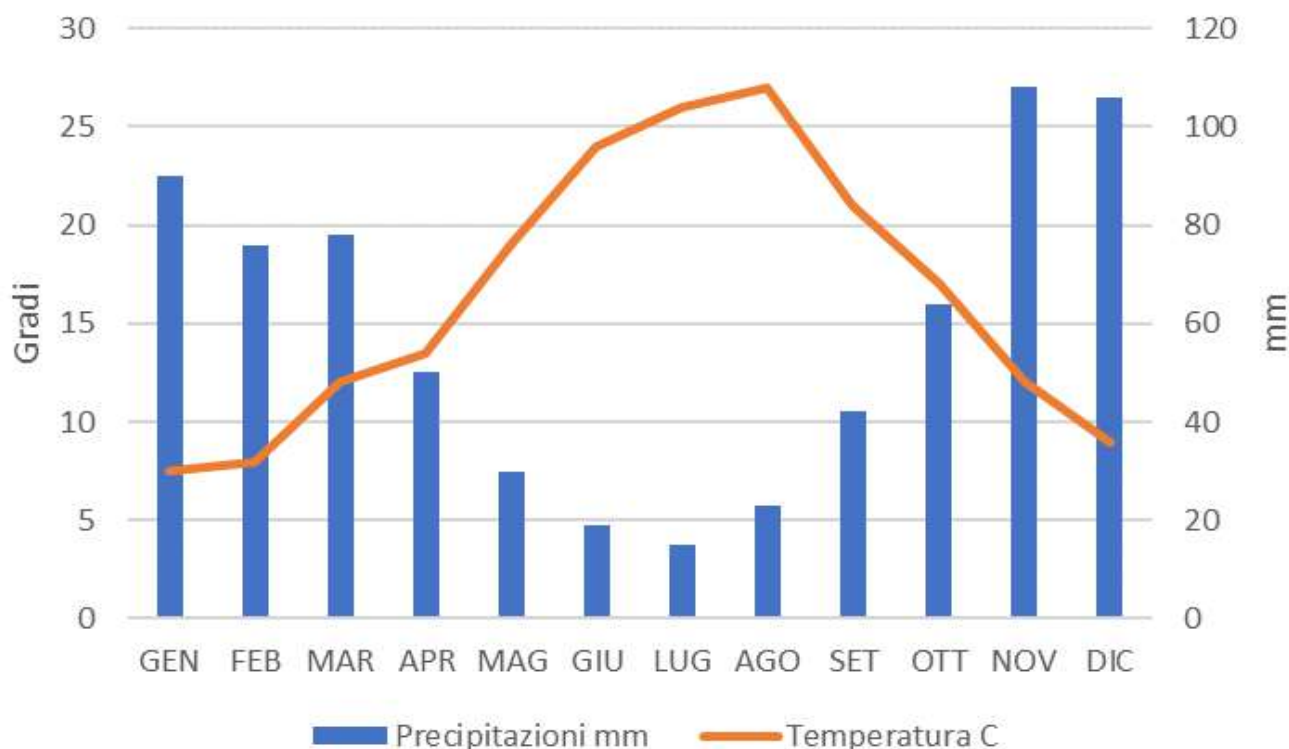
solamente in assenza totale di precipitazioni ma anche a causa della loro irregolare distribuzione temporale. Infatti, a causa dei cambiamenti climatici sono sempre più frequenti eventi meteorologici estremi come "le bombe d'acqua", dovute ad una ritenzione del vapore acqueo in atmosfera per un periodo superiore al normale (a causa delle correnti ascensionali calde) ed a un successivo violento e improvviso rilascio della massa di liquido.

Ci sono quattro tipi differenti di siccità definiti da diversi parametri:

- La siccità meteorologica: la siccità già definita in precedenza che si ha quando si verifica una riduzione delle precipitazioni al di sotto della media attesa, per un periodo più o meno lungo e in una determinata zona.

- La siccità agricola: è una siccità definita in base alle condizioni del terreno, ovvero quando diminuisce la disponibilità di acqua, a causa dell'aumento dell'evotraspirazione e della diminuzione delle precipitazioni, nello strato del suolo in cui si trovano gli apparati radicali delle piante, danneggiandone la crescita e la resa.

## LE CONSEGUENZE DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SUL SUOLO LA SICCITA'



**Climogramma tipico di una località caratterizzata da clima mediterraneo.** Questo tipo di clima presenta un periodo estivo caratterizzato da scarse precipitazioni e alte temperature. Elaborazioni proprie su dati WMO.

- La siccità idrologica: si ha quando si manifesta una riduzione delle risorse idriche, come ad esempio fiumi e laghi, al sotto di un valore soglia (lo zero idrologico) per un periodo più o meno prolungato, a causa della riduzione delle precipitazioni.

- La siccità socio-economica: si verifica quando, in presenza di siccità meteorologica, la domanda di acqua per attività antropiche è maggiore della possibilità di rifornimento.

Come abbiamo visto nel paragrafo 2.3 ogni tipo di clima, eccetto quello tropicale, è caratterizzato da periodi di siccità

annuali. Per questo gli organismi che vivono in questi ambienti hanno messo in atto delle strategie adattative che gli permettono di sopravvivere ad uno stress idrico e di sfruttare al massimo il manifestarsi delle precipitazioni.

Il clima italiano nello specifico presenta delle zone che sono maggiormente soggette a siccità, ovvero le zone a clima mediterraneo delle coste, che presentano un periodo estivo caratterizzato da scarse precipitazioni e alte temperature (come visibile nel seguente climogramma dalla notevole differenza tra la curva arancio-

ne della temperatura e le barre blu delle precipitazioni nei mesi estivi).

Con il mutare della lunghezza dei periodi di siccità e con la diminuzione delle precipitazioni, tali organismi sono soggetti a carenze idriche più prolungate che ne compromettono la sopravvivenza. Pertanto, tali fenomeni interferiscono con le attività umane, animali, con la crescita delle piante selvatiche e delle varietà agricole.

A livello ecosistemico le conseguenze della siccità si manifestano con cambiamenti nella composizione di flora e fauna, in particolare con la sopravvi-

## LE CONSEGUENZE DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SUL SUOLO

### LA SICCAITA'

venza delle specie e degli individui maggiormente adatti a sopportare prolungati periodi di carenza di acqua.

Le conseguenze più grave si verificano nel comparto agricolo, in cui le specie coltivate non hanno modo di adattarsi spontaneamente alle mutate condizioni. Le aziende quindi, per limitare le perdite economiche dovute alla morte delle piante o alla diminuzione della loro produttività, devono sopperire alla mancanza di acqua tramite i sistemi di irrigazione, provo-

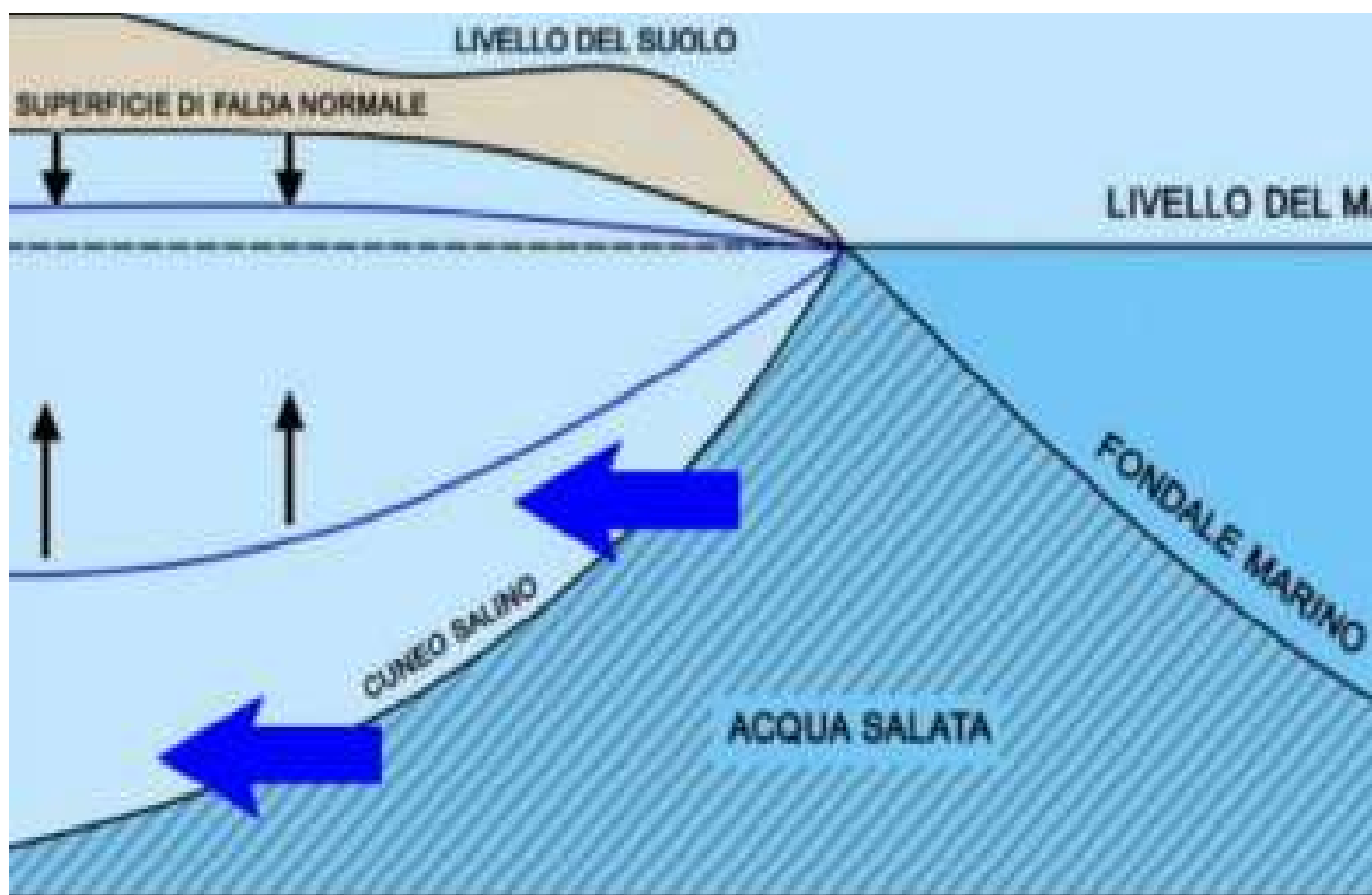
cando un sovrasfruttamento di risorse idriche.

Attualmente in Italia non esistono piani su larga scala per l'immagazzinamento e la conservazione dell'acqua piovana. L'acqua per l'irrigazione e il consumo viene prelevata principalmente dai bacini idrici artificiali o naturali e dai corsi d'acqua. I cambiamenti climatici e la persistente siccità annuale che si è estesa a tutta la penisola hanno dimostrato i limiti di tali sistemi.

Innanzitutto, perché anche la

portata dei bacini idrici e dei fiumi dipende dalle precipitazioni, pertanto in un periodo di siccità caratterizzato da alte temperature e scarse piogge tali "serbatoi" idrici si troveranno già al minimo della loro portata e non sono sufficienti a coprire il fabbisogno di acqua del settore agricolo. In secondo luogo, perché livelli igrometrici troppo bassi e rischiano di ripercuotersi sugli ecosistemi acquatici già duramente messi alla prova dalla siccità.

Più della metà del territorio ita-



**Schema del cuneo salino.** Il cuneo salino è una zona di mescolamento di acqua salata e di acqua dolce che si trova sottoterra in prossimità delle foci dei fiumi. Fonte: Aprati, 2022



liano è a rischio siccità, un rischio concreto se si considera che già a metà anno, il 2022 si classifica come uno dei più siccitosi degli ultimi 2 secoli, con una diminuzione delle precipitazioni del 45% e con l'aumento delle temperature di circa 0,76 gradi rispetto alla media. Ovviamente il fenomeno non è uniforme su tutto il territorio italiano ma tutte le Regioni hanno registrato tassi di decremento delle produzioni agricole. La più colpita in assoluto è stata la produzione cerealicola del centro-nord, una tipologia di coltivazione che richiede un notevole apporto di acqua.

Una conseguenza molto grave della siccità e del sovrasfruttamento delle risorse idriche fluviali, che spesso viene sottovalutata, è l'aumento del cuneo salino. Il cuneo salino è una zona di mescolamento di acqua salata e di acqua dolce che si trova sottoterra in prossimità delle foci dei fiumi. In questi territori, l'acqua dolce del fiume e l'acqua salata del mare, infatti, penetrano negli strati del suolo e tendono a spingere le proprie masse rispettivamente verso il mare e verso l'entroterra.

In condizioni normali il cuneo salino si trova in una situazione di equilibrio, ma in caso di siccità e di stress idrico del fiume, l'acqua di mare è libera di penetrare verso l'entroterra. Con la siccità del Po del 2022 il cuneo salino si è spostato verso l'interno di circa 30 km, pertanto tutti i pozzi e le falde acquifere in quel tratto, che prima contenevano acqua dolce, sono state riempite dall'acqua salata, inutilizzabile sia per l'irrigazione che per il consumo umano.

Per contrastare i fenomeni siccitosi è importante impegnarsi attivamente nella lotta ai cambiamenti climatici, ma questo non è sufficiente, perché come abbiamo analizzato in precedenza se azzerassimo in questo istante tutte le emissioni di CO<sub>2</sub> e di gas serra, il clima impiegherebbe quasi mezzo secolo per ristabilirsi.

Pertanto, per garantire una sopravvivenza alla specie umana è anche necessario adattarsi alle mutate condizioni climatiche. Un'importante innovazione deve avvenire nei sistemi di irrigazione, in particolare con la raccolta e lo stoccaggio su

larga scala delle acque piovane. Tali sistemi potrebbero essere successivamente integrati con l'utilizzo dell'agricoltura di precisione o nuove tecnologie agrarie che analizzeremo nel dettaglio successivamente, che permetto di irrigare i terreni con accuratezza e evitare sprechi d'acqua.



**Ragioniamo: come si adatta la natura alla siccità?**

Vedi la scheda a fine capitolo



**Dimostriamo: l'acqua si sposta costantemente nell'ecosistema**

Vedi la scheda a fine capitolo



**Dimostriamo: i fattori che influenzano l'evaporazione**

Vedi la scheda a fine capitolo



### APPROFONDIAMO - L'agricoltura di precisione

Un esempio di agricoltura di precisione riguarda il controllo delle colture tramite indagini satellitari per la stima della quantità esatta di acqua necessaria.

[Clicca qui](#)



#### 4.2 L'agricoltura e Il cambiamento delle fasce climatiche di coltivazione

L'agricoltura è una componente imprescindibile quando si affronta il tema dei cambiamenti climatici e del suolo, poiché è sia parte in causa del surriscaldamento globale, sia vittima.

Innanzitutto, l'agricoltura contribuisce in maniera significativa ai cambiamenti climatici, essendo tra i maggiori responsabili di immissione di gas serra in atmosfera. Principalmente poiché si ricorre al disboscamento per creare nuove aree coltivabili per far fronte alla sempre maggiore richiesta di materie prima per l'industria alimentare. In tal modo viene compromessa la capacità dell'ecosistema di riassorbire CO<sub>2</sub> e si provoca una diminuzione di biodiversità.

Inoltre, i processi di trasformazione e trasporto del cibo attraverso le reti globali sono molto inquinanti e si sommano al bilancio globale delle emissioni di gas serra.

#### Gli effetti diretti

I cambiamenti climatici su vasta scala minacciano di modificare le zone di diffusione delle colture. Infatti, le piante coltivate, così come quelle selvatiche, hanno degli intervalli di temperatura entro i quali riescono a crescere in maniera ottimale. Se la temperatura si trova poco al di fuori di questi intervalli le piante mettono in atto delle strategie di sopravvivenza. Ad esempio, non producendo più fiori e frutti (o producendone in minore quantità e/o di dimensioni ridotte). Se la temperatura, invece, aumenta o dimi-

nuisce notevolmente rispetto all'intervallo di optimum della pianta, i processi vitali vengono compromessi e la pianta muore. Inoltre, colture che sono esposte per lunghi periodi di tempo a condizioni ambientali non ottimali per la loro specie corrono un rischio più elevato di contrarre dei patogeni che possono provenire anche da regioni del mondo remote, proprio grazie ai mutamenti nel clima. Per esempio, attualmente la Puglia ha un clima adatto alla coltivazione di pomodori e di olive. Con l'aumento delle temperature, le condizioni per lo sviluppo di tali colture si troverebbe sempre più a Nord e ad altitudini sempre più elevate. Ovviamente questo comporterebbe che intere zone in cui le temperature sono aumentate eccessivamente non sarebbero



## LE CONSEGUENZE DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SUL SUOLO L'AGRICOLTURA E IL CAMBIAMENTO DELLE FASCE CLIMATICHE DI COLTIVAZIONE

adatte allo sviluppo di piante e di animali, come dimostrano i deserti caldi.

A seguito di questi fenomeni, intere zone del mondo non potrebbero più praticare agricoltura e allevamento. Ciò comporterebbe una notevole riduzione della produzione di cibo, con un aumento delle persone che soffrono la fame nel mondo (la FAO ha stimato che nel 2022 questo numero si attesta sui 828 milioni di individui), e una riduzione della disponibilità di prodotti alimentari e altre tipologie di beni come, ad esempio, le fibre tessili di origine vegetale e animale.

Un adattamento che gli esseri umani potrebbero perseguire riguarderebbe la modifica di tipologia di prodotti coltivati, riconvertendo interi territori. Ciò sarebbe possibile solo nelle tipologie di coltivazione a seminativo, ovvero un tipo di agricoltura che si basa su piante che hanno necessità di essere riseminate ogni anno. Tali colture sono:

- cereali
- legumi
- tuberi
- piante da orto
- fiori e piante ornamentali
- piante per la produzione di foraggio

Gli agricoltori dipendenti da coltivazioni arboree come quelle delle olive, della vite, e di tutti gli alberi da frutto in generale non potrebbero compiere tale operazione di modifica nel bre-

ve periodo poiché i tempi di crescita e di maturazione degli alberi sono notevolmente più lunghi. La transizione a diverse tipologie di piante coltivate però può avere ripercussioni anche sociali ed economiche: le aziende agricole sono attrezzate per specifici tipi di produzione, le fabbriche per la trasformazione alimentare dei prodotti agricoli sorgono vicine ai luoghi di coltivazione, il sistema di trasporto e logistica è adattato ai beni prodotti. Pertanto, un cambiamento nelle colture richiederebbe una riconversione di tutti questi comparti produttivi comportando ingenti investimenti e lunghi tempi di adattamento.

### Gli effetti indiretti

Gli effetti negativi indiretti dei cambiamenti climatici sull'agricoltura riguardano invece principalmente i danni da eventi meteorologici estremi.

Le bombe d'acqua e le grandinate con chicchi di dimensioni notevoli danneggiano fisicamente le colture, provocando fori sulle foglie e sui frutti che li espongono al rischio di marcire o di essere contaminate da insetti e patogeni. Le copiose quantità di acqua che sommergono i campi, inoltre, danneggiano le piante delle colture a seminativo, uccidendole. Infine, anche il forte vento e le trombe d'aria causano danni meccanici alle piante, sradicando alberi o facendo cadere a terra interi filari di viti.

La siccità prolungata invece provoca nelle colture in una condizione detta di stress idrico: la singola pianta tenderà di sopravvivere "razionando" l'acqua, ovvero diminuendo tutti processi non necessari alla sopravvivenza come la fioritura, la fruttificazione o la maturazione dei frutti.

Periodi prolungati di siccità ovviamente portano alla morte dell'individuo. L'irrigazione dei campi da parte dell'uomo può solo in parte ovviare a tale fenomeno perché durante i periodi di siccità le riserve di acqua sono di minore entità, non sono sufficienti a coprire il fabbisogno e la priorità viene data al consumo umano.

Sfruttare la tecnologia per adattarsi al cambiamento

I sistemi agricoli mondiali hanno necessità di adattarsi ed evolversi verso nuovi modelli, poiché le attuali tipologie di gestione delle colture rischiano di non essere più praticabili a causa dei cambiamenti climatici. Esistono diverse tecnologie che permettono l'adattamento delle imprese agricole innanzitutto al cambiamento in atto e in secondo luogo le orientano verso una produzione più sostenibile. Un esempio è l'agricoltura di precisione.

Questo tipo di agricoltura deriva il suo nome dal fatto che vengono effettuati interventi di monitoraggio molto precisi (su zone limitate o addirittura su singoli individui) grazie all'ap-



## LE CONSEGUENZE DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SUL SUOLO

### L'AGRICOLTURA E IL CAMBIAMENTO DELLE FASCE CLIMATICHE DI COLTIVAZIONE

plicazione di moderne tecnologie. In questo modo è possibile ottimizzare le risorse e intervenire in maniera tempestiva e in modo mirato.

Un esempio di agricoltura di precisione prevede il monitoraggio costante tramite satelliti o microchip (a seconda della grandezza della pianta), in modo da prevedere precocemente la diffusione di patogeni ed intervenire direttamente sul singolo individuo prima che si diffondano a tutta la coltura. Il monitoraggio satellitare permette anche di calcolare la quantità esatta di acqua da erogare in base alle condizioni meteorologiche, alle tipologie di colture e di terreni. In questo modo non solo si risparmia molta acqua, ma in condizioni di siccità prolungata le risorse a disposizione vengono allocate in maniera ottimale.

Esistono poi delle tipologie di agricoltura che prevedono l'integrazione di diversi tipi di piante e di insetti. Tali modelli si basano sul fatto che un campo con una maggiore biodiversità è meno vulnerabile ai patogeni e a disturbi esterni rispetto ad una monocoltura, richiede meno manutenzione e meno utilizzo di acqua.

Infine, alcuni tipi di agricoltura in serra permettono di coltivare le piante al di fuori del terreno, generalmente su zattere o su substrati filtranti, usando solo l'acqua che viene inserita nel sistema al momento di



avvio della coltura (al netto di quella assorbita dalla pianta), evitando quindi qualsiasi tipo di dispersione. Tale tipologia di coltivazione viene definita coltura idroponica e permette la coltivazione di molte specie in condizioni estreme. La coltura idroponica però necessita di un maggiore dispendio energetico perché l'acqua deve essere pompata dalle grosse vasche di coltivazione alle piante. L'energia elettrica però si può ri-

cavare attraverso l'installazione di pannelli fotovoltaici in modo da creare un sistema autosufficiente. Nell'appendice II verrà approfondito tale metodo di coltivazione e verrà fornita una guida per la costruzione di un orto idroponico.



**Ragioniamo: come si adatta la natura alla siccità?**

Vedi la scheda a fine capitolo

### 4.3 Il rischio idrogeologico

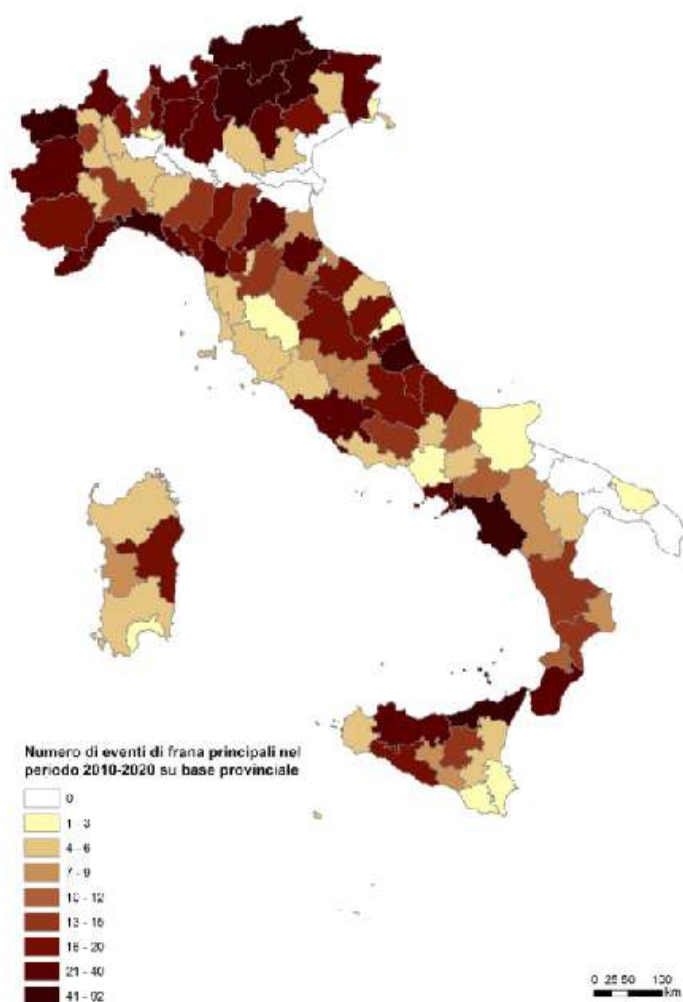
L'aumento del rischio idrogeologico rappresenta uno degli effetti indiretti dei cambiamenti climatici sul suolo ed è legato ai mutamenti nella frequenza degli eventi meteorologici estremi. Il rischio idrogeologico è definito come un insieme di effetti critici che si verificano sui versanti

collinari o montuosi, a causa di precipitazioni abbondanti o livelli elevati di acqua nei fiumi. Ogni territorio è caratterizzato da un rischio idrogeologico più o meno elevato, che viene stimato attraverso una formula matematica:

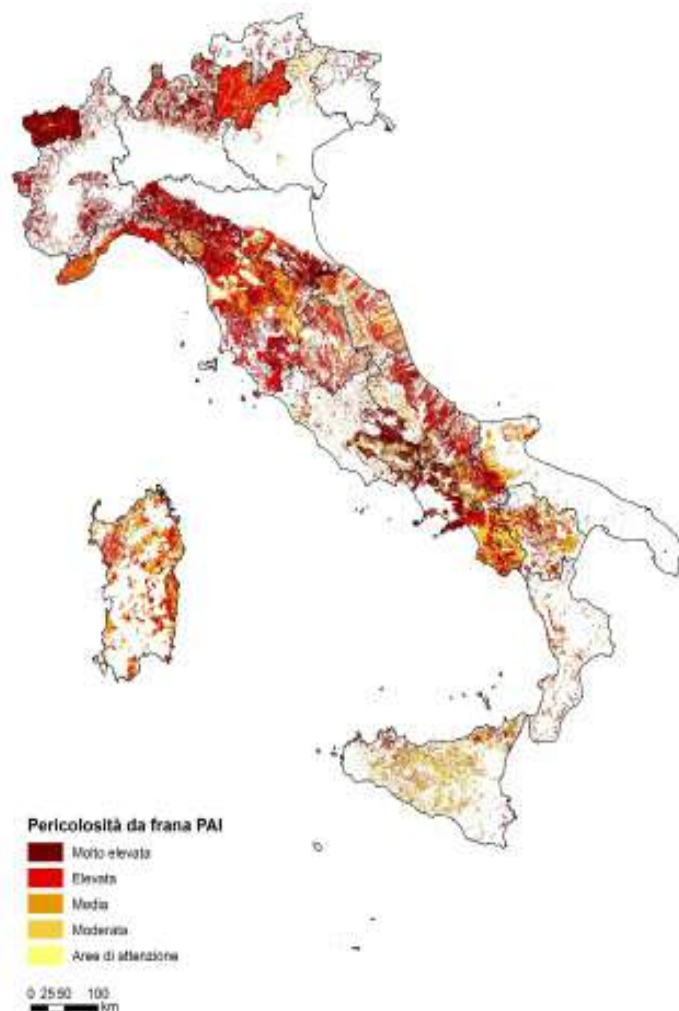
$R = \text{Pericolosità} \times \text{Vulnerabilità} \times \text{Valore esposto}$

La pericolosità è data dalla pro-

babilità che un evento si verifichi in una data area in un determinato periodo di tempo. Il mutamento del clima influisce quindi in maniera significativa sulla "pericolosità" poiché gli eventi meteorologici medi di un territorio rappresentano un fattore determinante nel definire una zona ad alto rischio idrogeologico.



**Mappe degli eventi franosi in Italia.** Le zone di rischio sono calcolate in base al numero di eventi che si sono verificati in passato. Fonte: ISPRA, 2021.



**Mappe della pericolosità delle frane in Italia.** La pericolosità è data dalla probabilità che un evento si verifichi in una data area in un determinato periodo di tempo. Fonte: ISPRA, 2021.

## LE CONSEGUENZE DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SUL SUOLO IL RISCHIO IDROGEOLOGICO

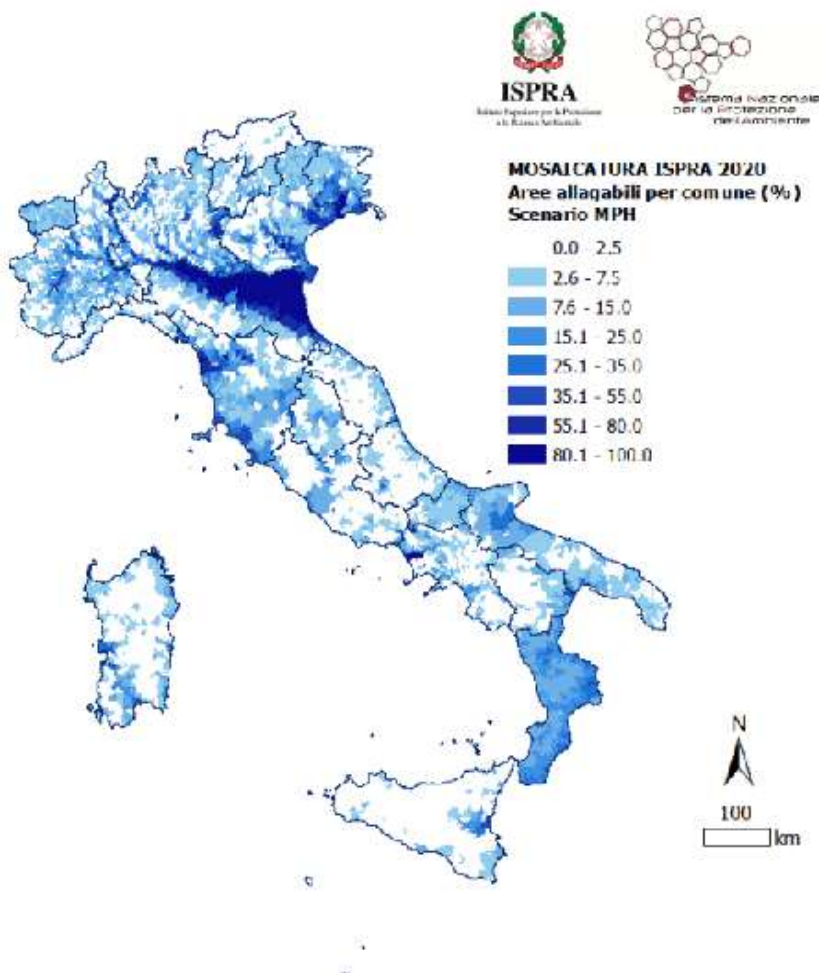
Facciamo un esempio concreto: nel capitolo sull'atmosfera abbiamo analizzato la frequenza del verificarsi delle trombe d'aria. Mentre prima si verificavano circa 30 trombe d'aria all'anno, a causa dei cambiamenti climatici nell'ultimo anno se ne sono verificate circa 100. Pertanto, la pericolosità di tale fenomeno è aumentata notevolmente poiché è aumentata la probabilità che si formi una tromba d'aria.

Per vulnerabilità si intende invece la quantità di danni che una tipologia di evento può arrecare agli elementi che possono essere presenti sul territorio, come ad esempio le costruzioni, gli esseri umani, le infrastrutture, le coltivazioni, le foreste, ecc. Pertanto, la vulnerabilità è un valore puramente teorico basato sulla tipologia dell'evento. Infine, il valore esposto è un coefficiente che viene calcolato

in base al numero di elementi vulnerabili che sono realmente presenti nell'area in cui viene stimato il rischio idrogeologico. Il valore esposto, quindi, prende in considerazione la realtà del territorio.

Se analizziamo questa definizione possiamo trarre alcune conclusioni:

- Esistono zone con un maggiore rischio idrogeologico rispetto ad altre, a causa della loro conformazione geomorfologica. Ad esempio, un paese in collina o vicino ad un corso d'acqua avrà un rischio idrogeologico maggiore rispetto ad uno in pianura e lontano da un fiume.
- Gli eventi atmosferici, in particolare la frequenza e l'intensità delle precipitazioni, aumentano o diminuiscono il rischio idrogeologico. I cambiamenti climatici influiscono sul rischio idrogeologico nella misura in cui aumentano la frequenza dei fenomeni meteorologici estremi.
- La presenza di corsi d'acqua aumenta il rischio idrogeologico, soprattutto se le precipitazioni vengono convogliate, a causa dell'urbanizzazione, nell'alveo dei fiumi.
- Le attività umane, come la costruzione di insediamenti o infrastrutture, aumentano il rischio idrogeologico perché aumentano il coefficiente esposto. Il rischio idrogeologico è composto due categorie principali: il rischio geomorfologico, ovvero il rischio di frana, e il rischio idraulico, ovvero il rischio di alluvione.



**Mappe della probabilità di allagamenti in Italia. Le zone di rischio sono calcolate tramite modelli previsionali. Fonte: ISPRA, 2021.**



Il nostro Paese ha un elevato rischio geomorfologico e un discreto rischio idraulico, sia per l'orografia e le caratteristiche dei rilievi, sia per le tipologie di interventi umani che si sono avvicendate nel corso degli anni.

L'ultimo aggiornamento della cartografia sul rischio idrogeologico realizzata dall'ISPRA nel 2021 riporta dati molto preoccupanti per tutto il territorio italiano, soprattutto riguardanti il rischio di frane.

Da queste carte si evince che le zone a maggiore rischio idrogeologico sono i versanti dei rilievi appenninici, e le zone a maggiore rischio alluvionale sono quelle localizzate nelle zone pianeggianti, in particolare quelle che costeggiano il corso del Po.

Tuttavia, alla predisposizione morfologica del territorio italiano al rischio di dissesto idrogeologico si aggiunge l'azione umana. La rapidità dello sviluppo urbanistico, particolarmente intenso a partire dagli anni

Cinquanta e spesso realizzato senza una adeguata valutazione del territorio, il progressivo abbandono delle zone rurali montuose o collinari, il continuo disboscamento, l'uso di tecniche agricole poco rispettose dell'ambiente e la mancata manutenzione dei versanti e dei corsi d'acqua aggravano fortemente il rischio di dissesto idrogeologico.

Analizziamo ora le frane e le alluvioni nello specifico.

#### 4.3.1 Le frane

Le frane sono il movimento di materiale roccioso, detritico o di terra, lungo un versante collinare o montuoso. Ne esistono diverse tipologie che si differenziano a seconda delle caratteristiche del movimento, del materiale che viene trasportato e dalle proprietà fisiche della frana.

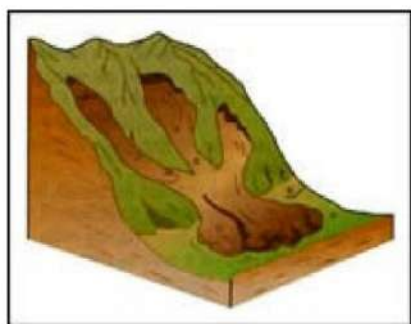
Le frane possono essere causate da eventi naturali o di origine antropica. I versanti colli-

nari e montuosi non tendono a franare spontaneamente poiché l'attrito tra i diversi strati del suolo e le strutture di stabilizzazione del terreno, come le foreste, impediscono ai detriti di scivolare a valle.

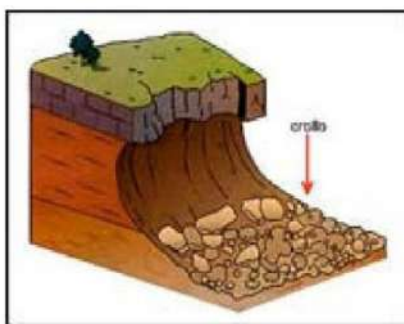
Le diverse tipologie di frane sono le seguenti:

- Frane di crollo: sono una delle tipologie maggiormente diffuse. Hanno un movimento molto rapido, e sono caratterizzate da una massa di terreno detritico che si stacca dal versante e cade a valle.
- Frane di scivolamento: si verifica con uno scivolamento di terreno e materiale detritico lungo il versante.
- Frane di colamento: sono tipiche di terreni argillosi imbevuti d'acqua. A causa di fenomeni fisici il corpo della frana assume un aspetto fluido e si muove molto rapidamente (vengono infatti definiti colate rapide di fango).

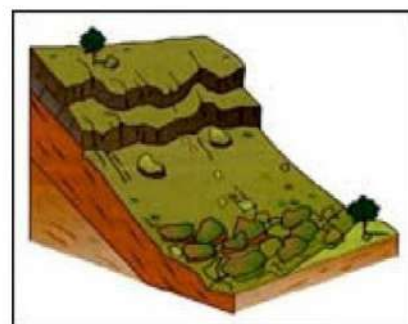
Infine, esistono fenomeni di particolare pericolosità chia-



Frana di colamento



Frana di crollo



Frana di scivolamento

**I diversi tipi di frane.** A seconda della tipologia di terreno, di fenomeni fisici e della causa della frana si possono distinguere diverse tipologie di frane. Fonte: G.M.P.E., s.d.

## LE CONSEGUENZE DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SUL SUOLO

### LE FRANE

mati paleofrane: il versante di un rilievo è stato interessato da fenomeni franosi in tempi così antichi che ormai si è persa memoria storica di tale evento e si ignora il reale rischio idrogeologico del territorio, soprattutto perché tale zona risulta molto più instabile.

Una frana può essere innescata a seguito di: terremoti violenti, scavi di origine antropica, ma soprattutto a causa dell'erosione dell'acqua, in particolare delle precipitazioni. L'acqua, infatti, se non riesce a penetrare negli strati profondi del suolo e raggiungere la falda, rimane negli strati superficiali, erodendo il terreno, e diminuendo la coesione e l'attrito tra le varie componenti.

I cambiamenti climatici e gli eventi meteorologici estremi aumentano notevolmente il rischio di frane: durante le bombe d'acqua si verificano violente precipitazioni nell'arco di poco tempo; pertanto, l'acqua non riesce a penetrare in profondità e rimane negli strati più superficiali, erodendoli lentamente. Maggiore è la frequenza di questi eventi e maggiore sarà l'impatto sul terreno, finché non si innescerà un fenomeno franoso. Il rischio di frana aumenta inoltre se la zona è stata oggetto in passato di disboscamento con conseguente perdita delle radici alberi, che svolgono due importanti funzioni: la prima è quella di consolidamento del



suolo, mentre la seconda riguarda l'assorbimento di parte dell'acqua piovana, utile al sostentamento della pianta, evitando così l'accumulo negli strati superficiali.

Le frane sono dei fenomeni che possono essere previsti, ma non con precisione né con largo anticipo temporale. Pertanto, vengono messi in atto nelle zone ad alto rischio idrogeologico, diversi tipi di interventi di monitoraggio, strutturali e di sensibilizzazione della popolazione. È possibile diminuire la probabilità che si verifichi una frana diminuendo i vari fattori che compongono la stima del rischio geomorfologico. Innanzitutto, si deve limitare la pericolosità riducendo la possibilità che si verifichino eventi

meteorologici estremi, impegnandosi a contrastare i cambiamenti climatici. In secondo luogo, è necessario agire sulla vulnerabilità mettendo in atto politiche di tutela forestale e di rimboschimento che siano efficaci nel contrastare gli eventi franosi e il loro impatto sugli elementi della regione. Infine, è essenziale abbassare il valore esposto attraverso pianificazioni territoriali che tengano conto della morfologia del territorio.



**Dimostriamo: l'importanza delle piante nel consolidamento del terreno**

Vedi la scheda a fine capitolo

#### 4.3.2 Le alluvioni

Il rischio idraulico è rappresentato dalle alluvioni, definite come fenomeni provocati da un corso d'acqua che esonda, poiché la sua portata reale supera quella prevista.

Attualmente la maggior parte dei fiumi è dotata di argini, ovvero dei terrapieni costruiti appositamente per contenere le piene dei corsi d'acqua e per evitare le esondazioni.

La quantità di acqua presente in un fiume, però, può variare a seconda degli affluenti, della stagione (ad esempio in primavera c'è un aumento della portata dovuto allo scioglimento delle nevi, mentre il caldo estivo determina maggiore evaporazione e quindi una riduzione della portata) ma, soprattutto, delle precipitazioni.

Un ulteriore elemento che influisce sulla portata di un fiume sono le alterazioni del suolo dovute all'eccessiva antropizzazione. Con l'espandersi delle città, infatti, aumenta anche la porzione di suolo impermeabilizzata e di conseguenza l'acqua, che prima sarebbe stata assorbita dal terreno e dalle piante, defluisce verso i fiumi. Infine, la mancanza di pulizia dei letti dei fiumi da detriti di origine naturale e antropica contribuisce al fenomeno, impedendo il naturale deflusso dell'acqua.

I cambiamenti climatici in-

fluenzano la portata dei fiumi principalmente alterando la frequenza e l'intensità delle precipitazioni. Ad esempio, nell'alluvione delle Marche del settembre 2022 si è registrato che sul territorio sono caduti in qualche ora, in totale, 300-400 mm di pioggia, cioè quasi la metà delle precipitazioni medie annuali. Anche fenomeni di siccità prolungata possono influenzare il verificarsi di questi eventi poiché diminuendo il contenuto di acqua del suolo aumentano la compattazione del terreno rendendolo maggiormente impermeabile, soprattutto se è caratterizzato da un'alta percentuale di argille (si veda paragrafo sugli strati del suolo 1.6.1). Pertanto, quando poi si verificano ingenti precipitazioni la pioggia tende ad accumularsi in superficie e ad essere convogliata verso i corsi d'acqua.

Contrastare le alluvioni è molto complesso: oltre a combattere i cambiamenti climatici è importante adattarci alle ormai mutate condizioni climatiche. Innanzitutto, è necessario intervenire sul territorio razionalmente: riducendo le estrazioni di ghiaia in prossimità degli alvei (dragaggio), non costruendo in prossimità dei corsi d'acqua ed evitando sversamenti.

In secondo luogo, è necessaria una manutenzione e una pulizia dei fiumi dai detriti di origine antropica, come ad esem-



pio le cataste di legna ad uso umano che vengono di solito accumulate in prossimità dei corsi d'acqua. Infatti, in caso di innalzamento del fiume queste vengono trasportate a valle e creano delle ostruzioni allo scorrimento del fiume causando un'esondazione. Contestualmente devono essere ripristinati gli ecosistemi fluviali che aiutano a mantenere l'equilibrio naturale del corso d'acqua.



**Dimostriamo: il rapporto tra suolo e alluvioni**

Vedi la scheda a fine capitolo



## LE CONSEGUENZE DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SUL SUOLO

### LA DESERTIFICAZIONE

#### 4.4 La desertificazione

Un'ulteriore conseguenza dei cambiamenti climatici sul suolo è la desertificazione, ovvero la riduzione irreversibile della capacità di un terreno di produrre risorse. Questo processo consiste in un assottigliamento degli strati del suolo superficiali, più ricchi di materia organica, responsabili della crescita vegetale e della capacità produttiva della flora. Ciò avviene a causa dell'aumento dei periodi di siccità, del conseguente dilavamento del suolo sia per cause naturali che per cause antropiche. La responsabilità dei cambiamenti climatici nel processo di desertificazione è chiara: l'aumento dei periodi di siccità alternati ad eventi meteorologici estremi danneggiano gli strati di suolo più fertili provocando l'erosione e il dilavamento del terreno. Inoltre, la desertificazione è un fenomeno che si sviluppa principalmente in zone aride e semi aride, le quali, a causa dei cambiamenti climatici, si sono notevolmente estese. Pertanto, sempre più territori sviluppano delle caratteristiche che li predispongono ad essere oggetto di desertificazione.



#### APPROFONDIAMO - La desertificazione

Per un approfondimento sulla desertificazione si consiglia di visionare la puntata "Deserti che avanzano" del programma Newton, realizzato per Rai Scuola.

Intervengono la Dott.ssa Anna Luise (ISPRA), la prof.ssa Simona Castaldi (Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli), la prof.ssa Francesca Cotrufo (Colorado State University), il prof. Bruno Basso (Michigan State University), il prof. Christian Mulder (Università di Catania)  
[Clicca qui](#)



A causa di tale processo, inoltre, si instaura un feedback positivo: la perdita dello strato fertile del suolo, e la contestuale perdita della biomassa vegetale produce una riduzione della capacità di cattura della CO<sub>2</sub> atmosferica, che viene immagazzinata nelle piante. L'aumento di CO<sub>2</sub> atmosferica a sua volta agisce amplificando l'effetto serra e l'innalzamento della temperatura e di conseguenza l'avanzare del fenomeno di desertificazione.

La desertificazione sta avvenendo in tutto in tutto il mondo: le Nazioni Unite hanno stimato

che ogni anno tale fenomeno provoca la scomparsa di 12 milioni di ettari di terreno coltivabile, con perdite che si aggirano all'incirca intorno ai 500 miliardi di dollari.

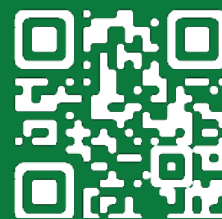
La situazione nel nostro Paese è piuttosto preoccupante. Circa il 20% del territorio italiano è considerato a rischio desertificazione: tra le cause che innescano questo processo nella nostra regione, la più rilevante è il cambiamento delle precipitazioni, che oscillano da situazioni di estrema siccità, le quali favoriscono l'avanzamento delle zone aride e semi-aride,



#### APPROFONDIAMO - La diffusione della desertificazione

Per un approfondimento sulla diffusione del fenomeno della desertificazione consultando l'atlante della desertificazione della Commissione Europea.

[Clicca qui](#)



## LE CONSEGUENZE DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SUL SUOLO LA DESERTIFICAZIONE



**Mappa delle zone italiane a rischio desertificazione.** La Sicilia registra più 70% del territorio è a rischio desertificazione, ma anche la Basilicata, la Puglia e il Molise sono tra le regioni più colpite. Fonte: Minucci, 2011.

a precipitazioni improvvise e violente, impoveriscono il suolo. Inoltre, il sovrasfruttamento e la salinizzazione del terreno causate dai processi agricoli inaspriscono il verificarsi di tale fenomeno.

Le differenze in Italia variano da Regione a Regione. La situazione più grave è quella della Sicilia in cui più del 70% del territorio è a rischio desertificazione, ma anche la Basilicata, la Puglia e il Molise sono tra le regioni più colpite. Inoltre, la desertificazione può avere anche conseguenze indirette, come ad esempio le “tempeste di sabbia”. Tipiche delle zone desertiche, sono tempeste in cui forti raffiche di vento sollevano le parti di terreno a granulometria molto fine, non più ancorate dalla vegetazione, e le trasportano anche a grandi distanze. Questi eventi meteorologici non risultano eccessivamente dannosi finché si generano nei deserti, ma sono molto pericolosi se avvengono in prossimità di luoghi abitati, in quanto la sabbia può compromettere il funzionamento di molte apparecchiature e danneggiare le infrastrutture. Le tempeste di sabbia ancora non si sono verificate in Europa, ma la loro frequenza e la loro intensità è aumentata notevolmente in Medio Oriente e in Nord Africa, tanto che si sono registrate alcune tempeste di sabbia che hanno interessato le coste della Sicilia.



### APPROFONDIAMO - Tempeste di sabbia

In questa pagina dell'ente europeo Copernicus – Atmosphere Monitoring Service, potete vedere la tempesta di sabbia nordafricana che si spinge verso il sud Europa. [Clicca qui](#)



#### 4.5 Gli incendi

Un incendio è definito come una reazione chimica di combustione di notevole entità, che si propaga senza limitazioni nello spazio, sprigiona notevole calore e provoca ingenti danni. In realtà tale definizione non tiene conto dell'importante funzione degli incendi in natura. Questi fenomeni, infatti, si verificano spontaneamente negli ecosistemi, rientrano nella categoria dei "disturbi" e svolgono un ruolo regolatore. Essi degradano la materia organica che si trova sul terreno (foglie, rami secchi, resti animali) e la rendono inorganica in breve tempo, quindi subito disponibile per le piante, senza necessità di intervento dei decompositori. Esistono ecosistemi particolarmente soggetti a "disturbo da incendi" e gli organismi che li abitano hanno sviluppato adattamenti particolari. Un esempio sono le piante geofite: le loro gemme, ovvero la parte da cui germogliano, si trovano sotto terra, al sicuro dal passaggio del fuoco. Per cui, quando la pianta viene distrutta dall'incendio, i suoi apparati riproduttivi possono in poco tempo permettere la ricrescita dell'individuo. Esempi di piante geofite sono le piante bulbose come le cipolle.

Negli ecosistemi particolarmente soggetti ad incendi anche gli organismi di notevoli dimensioni, come gli alberi si sono dota-



ti, nel corso dell'evoluzione, di particolari protezioni dal fuoco, poiché sviluppare grandi tronchi di legno richiede alle piante molte energie e molto tempo. Un esempio di adattamento è rappresentato dal sughero prodotto dalla quercia da sughero: questo straordinario materiale è la parte più esterna della corteccia della pianta e rappresenta un adattamento di protezione dal fuoco per il tronco grazie alle sue capacità ignifughe.

Altri organismi sono talmente adattati al passaggio del fuoco che esso rappresenta un elemento essenziale per la ricostituzione della comunità vivente

dell'ecosistema: le specie pirofite, ad esempio, necessitano del passaggio di un incendio per portare avanti il proprio ciclo vitale, poiché i semi germignano solo se vengono esposti alle alte temperature prodotte dalle fiamme. Un incendio ha necessariamente bisogno di tre elementi: innesco, combustibile e ossigeno.

- L'innesco di un incendio può essere di origine naturale (a causa di un fulmine o della lava di un vulcano) oppure di origine antropica (piromani, parcheggio di macchine in aree boschive, accensione impropria di fuochi, ecc.).



- La “lettiera” è il primo combustibile di un incendio, ovvero quello che si trova nel punto di innesco. In ecologia viene detta lettiera l’insieme di tutte le sostanze organiche che sono presenti sul suolo e non ancora decomposte, come foglie, rami, piante secche, resti animali, ecc. Successivamente il combustibile di un incendio è rappresentato dalla vegetazione.

- L’ossigeno è una componente essenziale del processo di combustione. I fattori che influenzano la quantità di ossigeno presente sono gli strati presenti tra i diversi combustibili della lettiera, che permettono la circolazione dell’aria, e la presenza di vento.

Gli incendi possono essere influenzati anche da fattori topografici e biologici. Innanzitutto, poiché il calore tende a salire verso l’alto, la quota in cui si sviluppa un incendio ne influenza la velocità. Se un incendio si sviluppa su un versante montuoso a valle, si muoverà più velocemente, a parità di condizioni ambientali, rispetto a un

incendio scoppiato in vetta o in una pianura aperta. Anche la tipologia di bosco influenza la velocità del fuoco: come detto in precedenza, negli ecosistemi adattati agli incendi gli alberi mettono in atto strategie meccaniche di protezione alle fiamme, quali gli strati di corteccia di sughero, che oltre a proteggere la pianta rallentano la propagazione delle fiamme sottraendo all’incendio combustibile. Altre tipologie di bosco, invece, possono avere caratteristiche svantaggiose proprio perché si sono sviluppate in ecosistemi tipicamente non disturbati da incendi: le conifere (pini e abeti), ad esempio, secernono resina, che non solo è altamente infiammabile, ma anche molto difficile da spegnere.

Gli incendi, però, negli ultimi anni hanno assunto un carattere di estrema pericolosità per gli ecosistemi e per l’uomo, sia a causa di eventi dolosi che dell’influenza dei cambiamenti climatici. Innanzitutto, non tutti gli ecosistemi sono adattati al fuoco. Pertanto, l’innesco di

incendi in alcune zone può determinare gravi danni per gli organismi in quanto essi potrebbero non essere in grado né di resistere, come ad esempio le querce da sughero, né di riprendersi velocemente da tale disturbo, come sono in grado di fare le specie geofite.

I cambiamenti climatici hanno uno stretto legame con gli incendi. Innanzitutto, è necessario sottolineare il feedback positivo tra incendi e cambiamenti climatici: un grande incendio in un bosco danneggia la capacità di assorbimento e stoccaggio della CO<sub>2</sub>, ma nel momento della combustione rilascia in atmosfera grandi quantità di gas serra che erano accumulati nella biomassa forestale. Questi gas serra influiscono sui cambiamenti climatici che a loro volta influenzano notevolmente l’intensità degli incendi e il rischio di propagazione agendo sulle condizioni fisiche delle piante e dell’ambiente.

Durante i periodi di siccità prolungata, infatti, si produce l’accumulo della lettiera, poiché le



#### APPROFONDIAMO

##### La prevenzione e il ripristino delle aree protette

Per un approfondimento sulla prevenzione dei fenomeni incendiari e le misure di ripristino degli ecosistemi nelle aree protette si può consultare il manuale tecnico per la pianificazione antincendi boschivi nelle aree protette del Ministero della Transizione Ecologica. [Clicca qui](#)



## LE CONSEGUENZE DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SUL SUOLO

### GLI INCENDI

piante inizialmente mettono in atto meccanismi di sopravvivenza che prevedono la perdita di foglie e rami che seccandosi cadono a terra. Se tali condizioni perdurano, vengono intaccate le funzionalità vitali portando gli individui alla morte e trasformandoli in un ottimo combustibile. La velocità e la violenza di propagazione di un incendio sono proporzionali anche alla presenza di umidità nell'ambiente, nella lettiera, nelle piante e nel suolo. Durante un periodo di siccità l'umidità si riduce progressivamente: più questo periodo è prolungato e più è probabile che l'ambiente non sia nelle condizioni ottimali per contrastare un eventuale incendio. L'umidità ambientale, infatti, rallenta la propagazione delle fiamme, poiché il fuoco prima di riuscire a bruciare il combustibile, deve "rimuovere" tutta l'acqua contenuta nell'ambiente e all'interno delle piante. Minore è l'umidità e più il com-

bustibile brucia velocemente. Un ultimo aspetto poco considerato ma estremamente importante è rappresentato dalle alterazioni dei meccanismi di difesa delle piante nei confronti di patogeni e funghi provocate dai cambiamenti climatici. A causa dei cambiamenti nelle condizioni ambientali le piante di un bosco o di una foresta vengono attaccate più facilmente da microrganismi che ne compromettono la capacità di resistere meglio al fuoco o riprendersi più velocemente da un danno, rispetto ad una pianta non in salute. Pertanto, è necessario non solo evitare l'innescò doloso o accidentale di incendi da parte dell'uomo, ma allo stesso tempo aiutare gli ecosistemi a adattarsi alle mutate condizioni climatiche. Innanzitutto, è fondamentale evitare l'accumulo di lettiera in misura eccessiva rispetto a quello che avverrebbe normalmente in un ecosistema. Tale

fenomeno avviene soprattutto in estate a seguito delle ondate di calore. In secondo luogo, è importante creare delle vie tagliafuoco negli ecosistemi più a rischio, come ad esempio le foreste di conifere. Tali vie devono essere integrate con le infrastrutture per il trasporto di acqua per le operazioni di spegnimento. Infine, devono essere predisposti seri piani di ripristino boschivo delle zone duramente colpite da incendi al fine di ricostruire l'ecosistema.



**Dimostriamo: La necessità della fiamma di avere ossigeno per alimentarsi**

Vedi la scheda a fine capitolo



**Dimostriamo: La resistenza del sughero alla fiamma**

Vedi la scheda a fine capitolo





Realizza una breve indagine sulle piante tipiche della tua zona. Piantale, quando possibile in vasi o nel giardino della scuola.

- Monitora la quantità di acqua necessaria a farle crescere, facendo attenzione a:
  - Fase di sviluppo della pianta o Temperatura: tieni un registro delle temperature locali, in quanto, anche se è possibile ricavarle dai dati meteorologici, il microclima è importante.
  - Tipologia di pianta (erbacea, arbustiva, arborea; annuale o perenne; mediterranea, conifera, latifolia, cactacea ecc.)
  - Fai una ricerca sulla pianta che hai scelto. È una pianta che ha degli adattamenti particolari alla mancanza di acqua?
- Monitora la necessità di concimare la pianta, registrando su un quaderno quante volte è necessario aggiungere del concime per la sua crescita (puoi trovare le indicazioni sulla concimazione delle piante facendo una breve ricerca sul web inserendo la specie della tua pianta. Se non conosci la specie della tua pianta puoi identificarla con l'ausilio dell'app [iNaturalist](#)



**Puoi anche assegnare una pianta diversa ad ogni alunno o dividere la classe in gruppi. Successivamente guida una riflessione in classe su questi punti chiave:**

- **Ci sono piante che hanno più bisogno di acqua di altre?**
- **Ci sono fasi di crescita della pianta che necessitano di più acqua?**
- **Ci sono piante che hanno bisogno di più concime di altre?**
- **Ci sono fasi di crescita della pianta che necessitano di più concime?**
- **Ci sono fasi dell'anno o temperature oltre le quali è necessaria più acqua?**
- **Quanti giorni hai rilevato queste temperature?**
- **Se confronti i dati storici, il numero di giorni in cui si presentavano queste temperature è maggiore o minore?**





Fai svolgere alla classe una ricerca sulla produzione agricola del tuo territorio o di una regione d'Italia. È possibile consultare la produzione agricola al seguente [link](#)



Per ogni tipologia di coltura individuata fai realizzare una tabella con le condizioni ottimali della specie coltivata e incrocia tali dati con quelli sulla variazione climatica (si veda il capitolo sul clima).

### DOMANDE

- Secondo l'andamento del clima tali colture sono favorite o sfavorite?
- Se sono sfavorite, possono essere sostituite da altre colture?
- La loro produzione, con le mutate condizioni climatiche, sarà più o meno sostenibile?
- Consultando i dati sull'industria alimentare [ISTAT](#) del territorio considerato, è possibile stimare i danni dovuti dalla perdita dell'agricoltura?





## DIMOSTRIAMO

**L'ACQUA SI SPOSTA  
COSTANTEMENTE  
NELL'ECOSISTEMA**



Dimostreremo i vari fenomeni di evaporazione, condensazione e precipitazione tipici del ciclo dell'acqua.

### **Esperimento: il ciclo dell'acqua in classe**

Bagnate il terriccio e applicate intorno al vaso una busta di plastica trasparente e mettete il vaso al sole. Già dopo qualche ora si saranno formate delle goccioline sulla busta: questa è l'acqua che è evaporata dalla terra. Questo esperimento è anche utile per spiegare il ciclo dell'acqua poiché la busta crea un sistema chiuso quindi l'acqua che evapora condenserà e ricadrà nella terra sotto forma di goccioline.

### **OCCORRENTE**

- Un vaso con del terriccio
- Una busta di plastica trasparente



## DIMOSTRIAMO

## I FATTORI CHE INFLUENZANO L'EVAPORAZIONE

L'evaporazione dell'acqua dal suolo è influenzata da diversi fattori come, ad esempio, la temperatura e la presenza di vento. Si consiglia di svolgere questo esperimento nel periodo primaverile-estivo, possibilmente in uno di quei momenti in cui si verificano delle temperature sopra le medie attese.

### **Esperimento: i fattori che influenzano l'evaporazione**

Bagnate abbondantemente il terriccio e inserite l'igrometro. Fate la prima lettura dell'igrometro e riportatela sulla scheda dati segnandola come valore di partenza. Ora mettete il vaso al sole, prendete la temperatura dell'ambiente in cui si trova il vaso riportate i dati nella scheda. Effettuate delle letture a intervalli costanti dell'igrometro e della temperatura quindi riportate i dati. Continuate finché l'igrometro non segna 0 o valori molto bassi costanti.

Ora ripetete l'esperimento ma tenendo il vaso all'interno, in un posto abbastanza fresco che possibilmente reproduca una temperatura in linea con la media stagionale.

Infine, ripetete l'esperimento in un posto fresco, ma mettendo il vaso davanti ad un ventilatore.

### OCCORRENTE

- Un vaso con del terriccio
- Una busta di plastica trasparente

### DOMANDE

- In quale situazione si è verificata l'evaporazione maggiore (quindi più rapida?)
- Le temperature registrate all'esterno sono in linea con quella che dovrebbe essere la media stagionale per la fascia climatica in cui ti trovi (puoi trovare i dati su <https://wwis.meteoam.it/it/home.html>) ?
- Quale evento climatico riprodotto si avvicina maggiormente a quelli che si stanno verificano nella tua zona: forti e persistenti venti, ondate di calore, clima immutato?





## DIMOSTRIAMO

## L'IMPORTANZA DELLE PIANTE NEL CONSOLIDAMENTO DEL TERRENO



Le piante che si trovano nei boschi e nelle foreste hanno un ruolo fondamentale nella prevenzione e nella mitigazione del rischio idrogeologico, poiché le loro radici compattano e consolidano il terreno ed evitano eventi franosi

### **Esperimento: una foresta in vaso**

Potete effettuare questo esperimento in più persone oppure facendo prima una parte e poi l'altra.

Versate la stessa quantità di acqua che deve essere leggermente abbondante nei due vasi. Contemporaneamente cronometrate il tempo che l'acqua impiega, dal momento in cui viene versata per defluire completamente nei contenitori.

Ora passiamo all'osservazione. Chiamiamo il recipiente che si trova sotto la pianta recipiente A e quello che si trova sotto il vaso con il terriccio recipiente B

- L'acqua ha impiegato meno tempo a passare nel vaso con il terreno rispetto a quello contenente anche la pianta
- L'acqua nel recipiente A è notevolmente di meno rispetto a quella nel recipiente B
- L'acqua nel recipiente A è più pulita rispetto a quella nel recipiente B

(Continua nella pagina successiva)

### OCCORRENTE

- Un vaso con una pianta possibilmente grande, che abbia avuto tempo di mettere radici e farle crescere
- Un vaso con della terra
- Due recipienti (meglio se graduati)
- Un cronometro
- Acqua



# DIMOSTRIAMO



(Continua dalla pagina precedente)

Ora possiamo trarre alcune conclusioni: la presenza della pianta ha fatto sì che il terreno fosse più compatto e pertanto l'acqua impiegasse più tempo a scendere verso il basso. Inoltre, risulta tendenzialmente più pulita perché non trasporta con sé porzioni di terreno, ben ancorato alle radici, al contrario del vaso in cui è presente solo terra. Inoltre, la presenza della pianta e di un terreno più compatto fa sì che venga trattenuta una maggiore quantità di acqua.

Questo piccolo esperimento dimostra l'estrema importanza degli alberi nella prevenzione dei fenomeni legati al rischio idrogeologico.

## OCCORRENTE

- Un vaso con una pianta possibilmente grande, che abbia avuto tempo di mettere radici e farle crescere
- Un vaso con della terra
- Due recipienti (meglio se graduati)
- Un cronometro
- Acqua



# DIMOSTRIAMO

## IL RAPPORTO TRA SUOLO E ALLUVIONI



I diversi elementi di cui è costituito il suolo e il suo grado di compattazione influenzano notevolmente la capacità di un suolo di filtrare l'acqua piovana o trattenerla in superficie.

### Esperimento: le differenze tra suoli

Con questo esperimento potete riciclare delle bottiglie di plastica prima di gettarle: tagliandole a metà e capovolgendole ottenete simultaneamente un contenitore e un imbuto. Mettete nella parte finale la garza per evitare fuoriuscita di materiale, 5 fogli saranno sufficienti. In un contenitore mettete dell'argilla, in un altro del terriccio e in un altro ancora della sabbia e pressateli bene. Ora aggiungete la stessa quantità di acqua in ogni recipiente. A parità di tempo il recipiente con il terriccio farà passare molta acqua, quello con la sabbia molta di meno. L'argilla invece è quasi impermeabile, fa passare l'acqua talmente lentamente che vedrete in Possiamo concludere quindi che il rischio di alluvione è legato alla geologia e alla composizione del terreno poiché un evento meteorologico estremo avrà un impatto diverso su un suolo drenante come il terriccio rispetto ad un suolo ricco in argilla poiché l'acqua si fermerà in superficie.

- Se avete ripetuto l'esperimento senza pressare le varie componenti, il tempo di deflusso dell'acqua è variato?

### OCCORRENTE

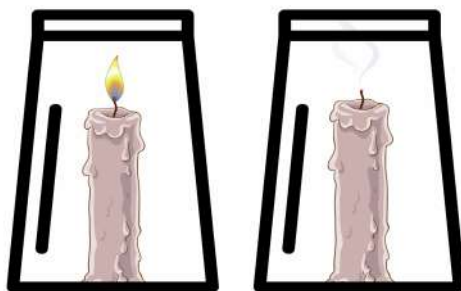
- Garze
- Tre bottiglie di plastica o tre recipienti con imbuto
- Argilla (si può comprare in erboristeria)
- Sabbia
- Terriccio





## DIMOSTRIAMO

**LA NECESSITA'  
DELLA FIAMMA DI  
AVERE OSSIGENO  
PER ALIMENTARSI**



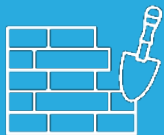
Per sua natura questo esperimento è molto simile a quello del capitolo sull'aria che sfrutta proprio la capacità del fuoco di consumare ossigeno per far salire il livello dell'acqua. Potete svolgerli contestualmente affrontando le diverse tematiche introduttive prima degli esperimenti.

### **Esperimento: spegnere una candela senza soffiare**

Posizioniamo la candela accesa dentro il bicchiere, aspettiamo qualche secondo e la candela si spegnerà autonomamente. Questo perché è terminato l'ossigeno all'interno del bicchiere. Quindi l'ossigeno è essenziale affinché avvenga la combustione poiché nel bicchiere non era assente né l'innesco (la candela era accesa quando abbiamo inserito sopra il bicchiere) né il combustibile (la cera della candela).

### **OCCORRENTE**

- Una candela
- Un bicchiere di vetro



# REALIZZIAMO

## UN ORTO IDROPONICO



**Un orto idroponico.** Questa tipologia di orto prevede la coltivazione di insalata in vasche piccole e orizzontali.

### Cos'è la coltura idroponica

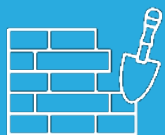
Ci sono diversi metodi di coltura innovativi, e l'idroponica è una di queste. La coltura idroponica prevede che le piante non vengano collocate direttamente nel terreno, ma siano sorrette meccanicamente su piattaforme o substrati di coltura, mentre le radici vengano immerse in soluzione di acqua e nutrienti contenuta in grosse vasche. Tali vasche sono collegate a sistemi di fertirrigazione che permettono la circolazione della soluzione.

Questo tipo di coltura venne inventata nella seconda metà dell'Ottocento ma è solo in tempi recenti che sono stati definitivamente messi a punto

dei sistemi su scala industriale. È adatta a qualsiasi tipo di piante, dalle piccole piante da insalata fino agli alberi da frutto.

Questo sistema offre diversi vantaggi:

- Riduce la competitività tra le piante poiché i nutrienti sono sempre disponibili.
- I nutrienti possono essere immessi nel sistema in quantità esatte e studiate esattamente per le necessità delle piante e dei coltivatori (come, ad esempio, l'aumento della produzione).
- I nutrienti e gli eventuali composti immessi nel sistema non vengono rilasciati o assorbiti dal suolo.
- Riduce l'utilizzo di acqua, poiché questa viene costantemente reimpressa nel sistema.
- Permette di ridurre lo spazio di coltivazione (o aumentare le piante coltivate a parità di spazio) poiché i vari sistemi idroponici possono svilupparsi in altezza.
- In particolari condizioni (con costruzione di strutture adeguate) aiuta a permettere la coltivazione in zone in cui normalmente non sarebbe possibile coltivare. Ad esempio, si stanno mettendo a punto dei sistemi di coltivazione idroponica autosufficienti sia dal punto di vista dell'acqua che dell'energia nel deserto.



# REALIZZIAMO

## UN ORTO IDROPONICO



**Un orto idroponico.** Questa tipologia di orto prevede la coltivazione di insalata in tubi verticali per occupare meno spazio.

La coltura idroponica può essere usata anche a scala locale, realizzando le medesime strutture, ad esempio, costruendo un piccolo orto con un sistema idroponico fai da te nel giardino scolastico. In questo modo, a fronte di un moderato investimento iniziale, si avrà un risparmio idrico, una resa maggiore, ma sarà anche possibile realizzare un orto in uno spazio limitato o in cui non è presente terra (un mattonato ad esempio), ed altre situazioni in cui la crescita delle piante non è possibile.

### Realizzazione

Per passare alla fase di realizzazione vera e propria del nostro orto idroponico fai da te

abbiamo bisogno di definire i diversi elementi che ci serviranno.

### I contenitori

Possono essere di vario tipo a seconda dell'orto che si vuole realizzare. Alcuni utilizzano delle vasche con delle zattere in polistirolo in cui alloggiano le piante, altri dei tubi forati. L'orto che andremo a realizzare sarà composto da materiali riciclati, ma è possibile utilizzare anche dei vasi. Questi però devono essere impermeabili e possedere alla base un unico foro per inserire il tubo di drenaggio senza che ci sia dispersione di acqua. Non sono quindi adatti vasi di terracotta, che non sono impermeabili

(la terracotta assorbe l'acqua e aumenta l'evaporazione) o vasi con molti buchi nel fondo poiché sarebbe impossibile evitare perdite di liquido.

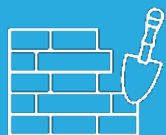
Potete anche riciclare delle bottiglie di plastica con la parte terminale tagliata, ma ricordate che avrete bisogno della presenza del tappo e di un supporto a cui fissarle con del filo di ferro o delle fascette da elettricista. Il supporto può essere una rete preesistente, ad esempio la rete di una recinzione oppure può essere realizzato con dei pallet e delle reti zincate.

### Il substrato di coltura

È il substrato su cui si svilupperanno le radici delle piante. Il substrato può essere di differenti tipologie ma deve avere le seguenti caratteristiche: deve mantenere l'umidità per permettere alle piante di assorbire l'acqua, ma allo stesso tempo deve poter permettere un drenaggio efficace dell'acqua in eccesso. Materiali adatti sono quindi argilla espansa, pomice, perlite, vermiculite, lapillo, sabbia, ghiaia, fibra di cocco.

L'argilla espansa è un ottimo substrato a buon mercato, si trova nei vivaisti, ma informatevi sempre su quale sia il substrato migliore per ciò che intendete coltivare (alcune piante hanno bisogno di umidità costante, altre di un substrato più asciutto).





# REALIZZIAMO

## UNA ORTO IDROPONICO

### La soluzione nutritiva

L'acqua nella coltura idroponica, dovrà essere arricchita di nutrienti, poiché la pianta li assumerà solo ed esclusivamente tramite questo mezzo.

La soluzione deve essere estremamente bilanciata perché carenze o eccessi di sostanze nutrienti potranno provocare danni alle piante. I macronutrienti necessari alla crescita di una pianta sono Azoto (N), Potassio (K) e Fosforo (P). Sono chiamati macronutrienti poiché sono necessari in grande quantità alle piante per la crescita. Altri nutrienti necessari in quantità minori, i micronutrienti, sono il boro (B), il calcio (Ca), il rame (Cu), il ferro (Fe), il manganese (Mn), il magnesio (Mg), lo zolfo (S) e lo zinco (Zn).

Dosare i diversi nutrienti in autonomia è molto complicato, e squilibri nella soluzione nutritiva possono essere molto dannosi per le piante. Consigliamo perciò di acquistare dei preparati per coltura idroponica già pronti da diluire, che contengano anche delle sostanze che bilanciano il pH dell'acqua. Ricordate però che tali soluzioni non devono assolutamente contenere sostanza organica, altrimenti si rischia la compromissione di tutto l'impianto idroponico, poiché la sostanza organica va incontro a decomposizione.

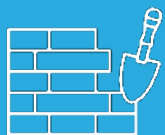
Al fine di preservare il sistema di tubi di "fertirrigazione", inoltre, vi consigliamo dei prodotti altamente solubili e, nel caso in cui l'acqua della vostra zona sia particolarmente ricca di calcare, potete utilizzare dell'acqua distillata come base della soluzione.

Uno strumento molto utile nella composizione della soluzione di fertirrigazione può essere il conduttivimetro, ovvero uno strumento che aiuta a misurare quantità di sali disciolta in acqua, oltre che altri parametri come pH e temperatura. Questo perché sarà necessario integrare la soluzione ad intervalli regolari, ma ci sono dei fattori che possono influenzare il tempo di consumo di questi nutrienti come, ad esempio, la fioritura o la fruttificazione. Durante queste fasi, infatti, la pianta necessita di maggiori energie, pertanto consuma più nutrienti.

### Il sistema idraulico

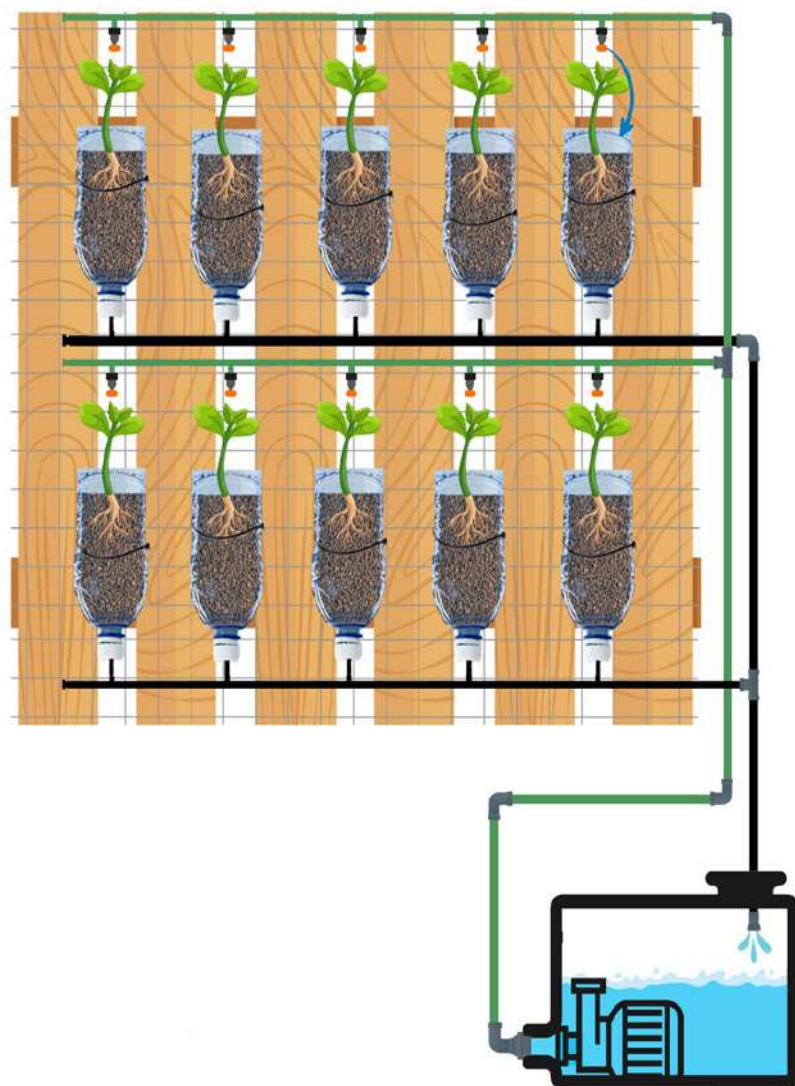
È un unico sistema composto da due parti fondamentali, il sistema di irrigazione e quello di drenaggio. Il punto di partenza è una vasca coperta con all'interno una pompa idraulica che, una volta azionata, farà partire il sistema di irrigazione. Deve essere segnato il livello iniziale di riempimento della vasca e se possibile graduarla per tenere monitorata la diminu-

zione del liquido. La soluzione passerà dentro a tubi rigidi (in modo tale da essere resistenti alla pressione) di circa 16 mm di diametro, al quale saranno attaccati dei tubi più piccoli da irrigazione di circa 3 mm di diametro che finiscono direttamente dentro ai vasi. Da qui la soluzione passerà attraverso il substrato fino ad arrivare al sistema di drenaggio. Sarebbe importante inserire in fondo al vaso una piccola spugna o una garza o un filtro rigido che permettano il passaggio dell'acqua ma che blocchino un eventuale passaggio di materiale che potrebbe incastrarsi nel tubo, bloccare il sistema di drenaggio e finire non solo per uccidere la pianta ma anche distruggere l'intera coltivazione idroponica. Il sistema di drenaggio deve essere ben sigillato alla parte inferiore del vaso per evitare perdite di soluzione nutritiva. Inoltre, ricordate che i tubi di questa parte del sistema devono essere leggermente più grandi, circa 6 mm, sempre per scongiurare il rischio di otturazione. Questi piccoli tubi dovranno essere poi collegati ad un tubo più grande rigido che defluirà nella vasca. Mi raccomando, ricordate di dare a questi tubi la giusta pendenza per evitare ristagni. La pompa ovviamente deve essere alimentata a energia elettrica, ma potete consultare le risorse di Eco-Schools



# REALIZZIAMO

## UN ORTO IDROPONICO



**Il sistema idroponico.** Un orto idroponico verticale realizzato con materiali riciclati per la coltivazione di piccole piante. Nell'immagine si possono notare degli irrigatori a pioggia, ma è da preferire un irrigatore che termina direttamente nel vaso per evitare perdite di soluzione nutriente.

scolastico o a casa avete un orto tradizionale potete confrontare i litri di acqua impiegati, a parità di produzione, nelle due differenti colture.

### Le dimensioni

Non è possibile definire delle grandezze a priori, in particolare del serbatoio dell'acqua e della pompa, poiché la quantità di soluzione e la pressione necessaria dipenderanno dal numero di piante. In ogni caso il nostro consiglio è quello di non eccedere eccessivamente con le dimensioni dell'impianto (in caso di necessità è possibile costruirne più di uno).

per costruire il vostro impianto fotovoltaico ed essere energeticamente indipendenti. Potete anche mettere un timer per l'accensione della pompa in modo tale da poter annaffiare le piante nel momento più idoneo della giornata, anche se è sempre necessario verificare

quotidianamente i livelli di soluzione, lo stato dell'impianto di irrigazione e di drenaggio. All'incirca ogni settimana sarà necessario rabboccare il serbatoio con la soluzione di fertirrigazione o quando notate che il livello dell'acqua è sceso notevolmente. Se nell'edificio







# 5

## Le conseguenze dei cambiamenti climatici sull'acqua

### 5.1

**L'inerzia termica e il riscaldamento delle acque**

### 5.2

**L'acidificazione degli Oceani**

### 5.3

**La luce e l'albedo**

### 5.4

**I ghiacci e i cambiamenti  
climatici**



***“Noi abbiamo bisogno di una nuova coscienza ambientale su basi globali. Per fare questo abbiamo bisogno di educare le persone”***

***Mikhail Gorbachev***

L'insieme di tutta l'acqua presente sul pianeta Terra è detta idrosfera. Le conseguenze dei cambiamenti climatici sull'idrosfera sono molteplici, e influiscono sia sul mare e sui suoi meccanismi di regolazione, che sui ghiacciai terrestri e marini.

Infatti, l'aumento della temperatura atmosferica ha conseguenze sull'innalzamento della temperatura dell'acqua del mare, dei laghi e dei fiumi, con ripercussioni sulle forme di vita che vi abitano. Tali cambiamenti, infatti, possono portare alla scomparsa di alcune specie essenziali e al proliferare di altre nocive. Per esempio, lo sbiancamento dei coralli è una conseguenza diretta dell'aumento della temperatura dell'acqua di mare. I coralli, infatti, sono dei piccoli organismi invertebrati che vivendo in comunità formano delle strutture rigide esterne

essenziali alla loro sopravvivenza. Queste strutture, costituite da diverse colonie di coralli, si possono estendere per moltissimi metri e dare origine alle barriere coralline. Il nutrimento di alcuni coralli deriva dalla loro simbiosi con delle alghe unicellulari che vivono al loro interno, che danno a questi organismi anche la tipica colorazione. Queste alghe però oltre una certa temperatura vengono espulse dai coralli. In questo modo l'organismo non è più in grado di nutrirsi ed è destinato a morire. L'effetto ottico derivante dall'espulsione delle alghe è che la colonia di coralli assume un colore bianco.

Nel caso delle acque dolci il problema è ancora più grave se, alle conseguenze dei cambiamenti climatici si sommano le conseguenze dello sfruttamento antropico per l'irrigazione dei campi che sono state

affrontate nel paragrafo 4.1.

L'idrosfera inoltre risente anche delle grandi quantità di CO<sub>2</sub> immesse in atmosfera, che hanno portato nel tempo ad un aumento dell'acidità dell'acqua, con gravi conseguenze per molti organismi viventi, come si approfondirà più avanti.

Nel seguente capitolo affronteremo le conseguenze dei cambiamenti climatici sull'idrosfera, in particolare, sui mari e sugli oceani, prendendo in esame le proprietà termiche dei mari, il riscaldamento e l'acidificazione delle acque. Successivamente analizzeremo il principio fisico dell'albedo, importante per comprendere la differenza di assorbimento di calore dell'acqua allo stato liquido e allo stato solido, e passeremo alla trattazione delle conseguenze dell'innalzamento della temperatura sui ghiacci terrestri e marini.

## LE CONSEGUENZE DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULL'ACQUA

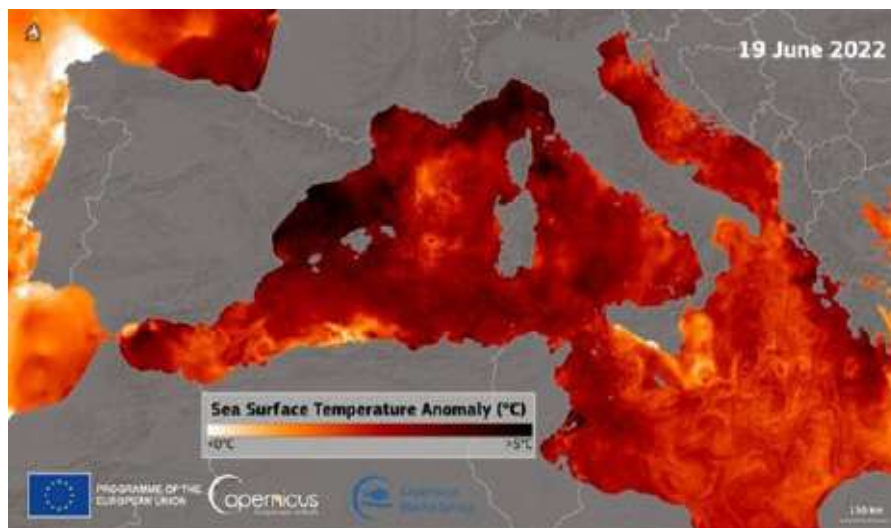
### L'INEZIA TERMICA E IL RISCALDAMENTO DELLE ACQUE

#### 5.1 L'inerzia termica e il riscaldamento delle acque

Gli oceani e i mari sono molto importanti nella regolazione del clima, poiché assorbono la maggior parte della radiazione solare che colpisce il nostro pianeta. Ciò avviene perché il 70% della superficie terrestre è costituita da masse d'acqua; gli oceani inoltre hanno un colore scuro, pertanto, tendono ad incorporare molto calore, come spiegheremo nel dettaglio nel capitolo sull'albedo. Ciò ha permesso che, fino ad oggi, circa il 90% del calore prodotto dal surriscaldamento globale venisse assorbito dagli oceani.

Le grandi masse d'acqua, negli ultimi decenni, hanno notevolmente mitigato gli effetti dei cambiamenti climatici poiché possiedono una proprietà peculiare che è detta inerzia termica. L'inerzia è la proprietà delle sostanze di resistere ad un cambiamento; l'inerzia termica, quindi, è la straordinaria capacità dell'acqua allo stato liquido di assorbire calore e contestualmente resistere ai cambiamenti della propria temperatura. Maggiore è la quantità di acqua, maggiore sarà la sua inerzia termica.

Pertanto, gli oceani hanno mitigato gli effetti dei cambiamenti climatici, svolgendo la funzione di tamponatori dell'innalzamento della temperatura. Attualmente però le grandi masse d'acqua non sono più in grado di svolgere questo compito: il surriscaldamento globale ha raggiunto livelli



**L'innalzamento della temperatura nel mediterraneo.** *Nel mar Mediterraneo la temperatura media si è innalzato di 1 grado dal 1993 al 2020 nei periodi estivi si registrano aumenti anche di 4-5 C° nei periodi estivi* Fonte: Copernicus Marine Service, 2022

elevatissimi: nel 2020 i mari hanno assorbito una quantità di energia pari a circa 28 volte quella che si produce annualmente a livello mondiale, e l'acqua del mare si è scaldata notevolmente in tutte le parti del mondo.

Il mar Mediterraneo, ad esempio, ha innalzato la sua temperatura media di 1 grado dal 1993 al 2020, e tale temperatura è in costante aumento. Vengono inoltre registrati aumenti anomali dell'ordine anche di 4-5 C° nei periodi estivi. Le conseguenze sugli ecosistemi possono essere di diverse, ma comunque sono simili a quelle provocate sulla terraferma dall'aumento delle temperature atmosferiche.

Tra le cause più evidenti pos-

siamo trovare:

- Gravi danni agli ecosistemi. Ogni essere vivente ha delle condizioni ottimali che gli permettono di vivere e riprodursi. L'innalzamento delle temperature produce danni biologici agli individui compromettendone le funzioni vitali. Un esempio di tale processo è lo sbiancamento dei coralli: l'aumento della temperatura provoca una compromissione dei meccanismi di nutrimento degli organismi che producono le strutture coralline. Pertanto, una barriera corallina bianca è una barriera corallina composta da organismi morti, destinata ad una lenta, ma progressiva, scomparsa.
- Danni ai servizi ecosistemici. Alcune specie che sono danneggiate dall'innalzamen-



## LE CONSEGUENZE DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULL'ACQUA

### L'INEZIA TERMICA E IL RISCALDAMENTO DELLE ACQUE



to della temperatura, come gli stessi coralli, oltre ad avere un ruolo specifico all'interno della rete trofica, producono delle strutture caratteristiche, le barriere coralline che forniscono una serie di servizi ecosistemici (difendono le coste dall'erosione, sono attrazioni turistiche, rappresentano a loro volta un riparo per altre specie).

- Cambiamenti nella biodiversità. Specie animali e vegetali, alloctone, anche pericolose per la salute, umana migrano in zone inusuali: ad esempio la caravella portoghese (La che ha una forma simile ad una medusa, ma in realtà è una colonia formata da 4 diversi tipi di organismi interdipendenti) tipica delle zone dell'oceano Atlantico a causa dei cambiamenti climatici e dell'attività antropica viene rinvenuta sempre più spesso nel mediterraneo, e la sua puntura è molto pericolosa

per l'essere umano. Altri casi riguardano il proliferare di specie autoctone, ma la cui presenza era limitata a causa di condizioni ambientali non ottimali per il loro intervallo di tolleranza.

- Rischio di danni economici per le attività ittiche. Sono a rischio specie animali pescate o allevate per il consumo umano, e ciò rischia di comportare una crisi economica per le aziende che pescano e lavorano i prodotti del mare.

L'inerzia termica, che fino a pochi anni fa, ha preservato il nostro pianeta aiutando gli oceani a tamponare il surriscaldamento globale, rappresenta però oggi un grave problema: le grandi masse d'acqua oppongono una notevole resistenza non solo all'innalzamento della temperatura ma anche al suo abbassamento. Pertanto, se l'atmosfera si raffreddasse velocemente nei prossimi anni, gli

oceani tenderebbero a raffreddarsi con una velocità molto inferiore.

Questo è uno dei motivi per cui se le emissioni di CO<sub>2</sub> cessassero immediatamente, il clima impiegherebbe moltissimo tempo per ristabilirsi: gli oceani impiegherebbero presumibilmente centinaia di anni in più rispetto all'atmosfera per ridurre la loro temperatura ai livelli preindustriali.



**Ragioniamo: il mare influenza il clima**

Vedi la scheda a fine capitolo



**Dimostriamo: l'inerzia termica dell'acqua**

Vedi la scheda a fine capitolo

## LE CONSEGUENZE DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULL'ACQUA

### L'ACIDIFICAZIONE DEGLI OCEANI

#### 5.2 L'acidificazione degli Oceani

Le grandi masse di acqua svolgono un ruolo importante anche nell'assorbimento dell'anidride carbonica rilasciata dalle attività umane in atmosfera, ma ciò causa un'alterazione degli equilibri poiché tali immissioni sono ingenti e persistenti nel tempo (si veda a riguardo il paragrafo 2.4). Infatti, quando la CO<sub>2</sub> si dissolve nei mari produce acido carbonico, che provoca l'acidificazione dell'acqua. Come tutti i gas, la CO<sub>2</sub> si scioglie più facilmente a temperature minori; pertanto, gli ecosistemi delle acque fredde sono i più vulnerabili a questo fenomeno. L'acidificazione dell'oceano ha due conseguenze dirette: la prima riguarda la presenza stessa

della CO<sub>2</sub>, che incrementa notevolmente la proliferazione di alghe. Ciò avviene poiché sono organismi fotosintetizzanti per cui l'anidride carbonica rappresenta un'importante fonte di molecole per la produzione di zuccheri, e quindi di energia, per la loro crescita. Certamente ciò permetterebbe il sequestro di importanti quantità di CO<sub>2</sub>, ma contemporaneamente porterebbe enormi squilibri negli ecosistemi marini.

La seconda conseguenza riguarda gli organismi viventi che utilizzano per la produzione delle proprie strutture (esoscheletri, carapaci, gusci ecc.) il carbonato di calcio, comunemente noto come calcare, un sale la cui solubilità è data essenzialmente dal pH (si scioglie a pH acido). Il carbonato di

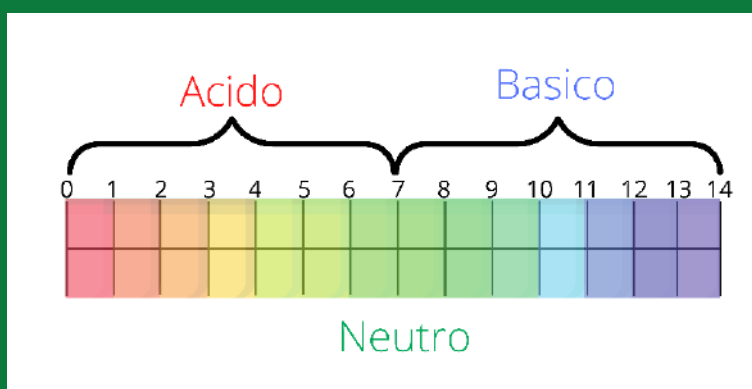
calcio in particolare è utilizzato da organismi quali ricci di mare, bivalvi e mitili, molluschi, coralli, componenti del plancton.

Con la variazione di pH dovuta all'anidride carbonica disciolta negli oceani verso l'acidità, il carbonato di calcio si scioglie, rilasciando in acqua ulteriore CO<sub>2</sub>. Non solo l'acidificazione è dannosa per molti organismi ma alimenta anche un sistema a feedback positivo, perché la CO<sub>2</sub> rilasciata dalla reazione del carbonato di calcio delle strutture degli organismi marini si somma a quella proveniente dalle attività umane, aumentando l'acidificazione delle acque. Il programma di ricerca DE-SARC-MARESANUS, del Politecnico di Milano in collaborazione con il Centro Euro-Mediterraneo sui Cambia-



#### APPROFONDIAMO - Il Ph

Il pH è un valore che definisce la concentrazione di ioni idrogeno (H<sup>+</sup>) in una soluzione secondo un calcolo matematico (È definito come il negativo del logaritmo in base 10 della concentrazione di ioni H<sup>+</sup>:  $\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+]$ ). Con i diversi valori di pH è stata quindi costruita una scala che parte da 0 (acido) fino a 14 (base). Il valore 7 rappresenta una sostanza neutra. Gli acidi e le basi quindi, quando si incontrano, tenderanno a reagire per ristabilire la neutralità.



**La scala del pH.** Tale scala ha 14 valori, 0 rappresenta il valore più acido, 7 la neutralità e 14 il valore più basico.



## LE CONSEGUENZE DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULL'ACQUA L'ACIDIFICAZIONE DEGLI OCEANI



menti Climatici, sta valutando diversi metodi per contrastare l'acidificazione degli oceani, tra i quali quello di bilanciare il pH degli oceani con sostanze alcaline (basiche), come ad esempio la calce spenta, che rea-

girebbe con la CO<sub>2</sub> formando sostanze utili all'ecosistema. Inoltre, le reazioni chimiche alla base delle soluzioni proposte dai ricercatori avvengono già in modo naturale e spontaneo nei mari, solo richiedono tempi

molto lunghi.

Con questo tipo di soluzione non solo si riuscirebbe a ridurre l'acidità dell'acqua ma allo stesso tempo si ripristinerebbe la capacità del sistema di assorbire l'anidride carbonica.



### APPROFONDIAMO Il programma DESARC-MARESANUS

Per un approfondimento sul programma DEcreasing Seawater Acidification Removing Carbon è possibile consultare il sito ufficiale dove sono riportati tutti i dettagli specifici del progetto. [Clicca qui](#)



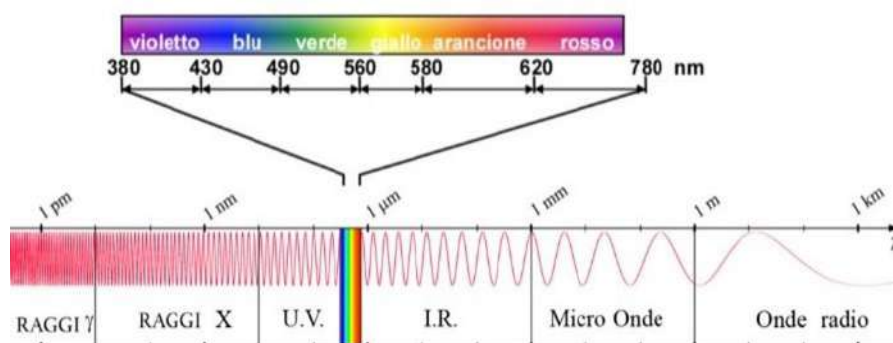


#### 5.3 La luce e l'albedo

Passiamo ora ad analizzare una proprietà tipica di tutti i corpi: l'albedo. Questo principio fisico ci permetterà di capire la differenza di assorbimento del calore che c'è tra l'acqua liquida che abbiamo appena trattato e il ghiaccio che vedremo in seguito.

L'albedo di un corpo è il rapporto tra la radiazione che riflette e quella con cui è stato irraggiato; varia tra 0 e 1. Un corpo che riflette completamente la radiazione ha un'albedo di 1, viceversa se la assorbe completamente ha un'albedo di 0. Ciò è determinante quando si parla di cambiamenti climatici e delle loro conseguenze sull'idrosfera perché l'acqua e il ghiaccio hanno valori di assorbimento della luce molto differenti. Inoltre, tale proprietà ci permette di capire quali sono le variabili che influenzano lo scioglimento dei ghiacci che analizzeremo nei capitoli successivi.

La radiazione che viene riflessa dai corpi è la radiazione elettromagnetica che colpisce il nostro pianeta e proviene dal Sole. Una piccolissima parte di questa radiazione, detta spettro del visibile, è percepibile dall'occhio umano e rappresenta la luce. La capacità di un oggetto di assorbire o riflettere tale radiazione è data dal suo colore. Essendo la luce una radiazione è anche fonte di energia; pertanto, il suo assorbimento provoca un aumento di La luce proveniente dal Sole in real-



**La radiazione solare.** *Lo spettro del visibile rappresenta solo una piccola parte di tutta la radiazione che colpisce il nostro Pianeta. FONTE: Pincioli 2017*

tà è composta da luci di diversi colori fusi in un unico fascio di luce, che noi percepiamo di colore bianco. Utilizzando un prisma o uno spettroscopio casalingo possiamo cogliere i colori che ci sono all'interno della luce bianca.



**Dimostriamo: la luce bianca è composta da luci di diverso colore**

Vedi la scheda a fine capitolo

Il colore degli oggetti che percepiscono i nostri occhi è dato dalla tipologia di luce che viene assorbita e da quella riflessa. La luce riflessa arriva ai nostri occhi e viene elaborata dal nostro sistema nervoso, restituendoci un particolare colore.

Quando i nostri occhi percepiscono un oggetto bianco, come il ghiaccio ad esempio,

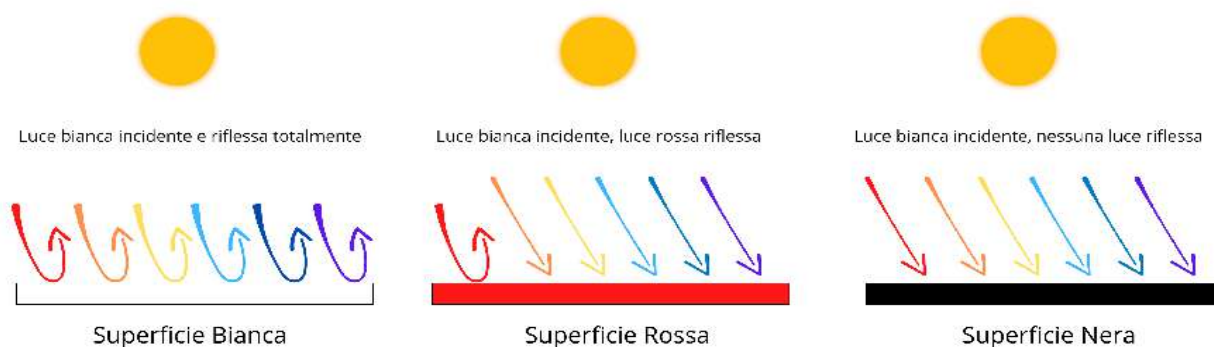
vuol dire che quell'oggetto ha riflesso tutte le onde dello spettro, ha un albedo di 1 e subirà un aumento di temperatura molto limitato. Quando vediamo un oggetto nero o di colore molto scuro questo ha assorbito tutte, o comunque la maggior parte, delle onde dello spettro. L'acqua di mare ad esempio ha un colore molto scuro, pertanto avrà un albedo molto basso, vicino allo 0, tenderà ad assorbire molte radiazioni solari e ad avere un incremento di temperatura maggiore rispetto ad un oggetto con albedo più basso.



**Dimostriamo: l'albedo dei corpi chiari e dei corpi scuri**

Vedi la scheda a fine capitolo

## LE CONSEGUENZE DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULL'ACQUA I GHIACCI E I CAMBIAMENTI CLIMATICI



**La riflessione della luce e il meccanismo dei colori.** *La superficie bianca riflette tutti le luci di altri colori, al contrario della nera che le assorbe tutte. La superficie colorata riflette solamente la luce del colore corrispondente.*

### 5.4 I ghiacci e i cambiamenti climatici

L'insieme dei ghiacci presenti sulla Terra viene chiamato criosfera. Di colore bianco, presenta un alto albedo (dal 0,4 all'0,8) ed è costituita da tutti i ghiacciai perenni, le zone innevate di alta quota, i ghiacci che si trovano nel mare, nei fiumi, nei laghi, il permafrost e le calotte polari.

#### 5.4.1 La fusione dei ghiacci

I ghiacci terrestri, in particolare quelli delle calotte polari, svolgono un ruolo fondamentale nel riflettere la radiazione luminosa e mitigare il surriscaldamento globale. L'aumento delle temperature dovuto ai cambiamenti climatici e quindi il conseguente scioglimento dei ghiacci, provoca una diminuzione della copertura nevosa (di colore bianco) del pianeta,

con un conseguente aumento della porzione di terra scoperta e della massa di acqua, che, avendo un'albedo minore, assorbono una quantità maggiore di energia e aumentano la loro temperatura più velocemente (seppur con differenze dovute alle differenti inerzie termiche delle sostanze). Ciò innesca un feedback positivo, poiché essendoci una minore copertura riflettente bianca e una maggiore superficie che assorbe la radiazione, l'aumento di temperatura si sommerà a quello già provocato dal surriscaldamento globale, aumentando di conseguenza il fenomeno dello scioglimento dei ghiacci.

Il ghiaccio presente sulla superficie terrestre non ha ovunque le stesse caratteristiche: il ghiaccio che si trova sulle terre emerse (Antartide, Groenlandia e nelle regioni montane del globo) è formato dal lento accumulo della neve, che pro-

gressivamente si compatta a formare uno strato di ghiaccio, e, una volta raggiunto l'oceano, può staccarsi dando vita ad iceberg.

Il ghiaccio marino invece (che si trova nella regione Artica e attorno all'Antartide) è formato da acqua di mare congelata. Quando l'acqua di mare si congela, il sale non viene incorporato nel ghiaccio, aumentando la salinità circostante.

All'attuale tasso di riscaldamento della Terra, circa 9 ghiacciai su 10 hanno diminuito notevolmente la propria estensione, e secondo alcune simulazioni si prevede la scomparsa di circa il 75% dei ghiacciai svizzeri entro il 2050. Il che può interessare sia le calotte polari che i ghiacciai sulla superficie terrestre. Come vedremo successivamente lo scioglimento dei ghiacci che si trovano sulla terraferma influisce in maniera notevole sull'innalzamento del

## LE CONSEGUENZE DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULL'ACQUA

### I GHIACCI E I CAMBIAMENTI CLIMATICI

livello dei mari. Lo scioglimento delle calotte polari, invece, provoca una notevole instabilità al Polo Nord: la calotta di ghiaccio che ricopre le superfici marine si è ridotta circa del 10%. Il tasso di scongelamento della superficie della Groenlandia, per esempio, è aumentato del 244% in 10 anni. Un notevole assottigliamento del ghiaccio che ricopre il continente antartico viene registrato anche al Polo Sud.

Se il ghiaccio è marino o terrestre la sua fusione ha differenti conseguenze sull'ambiente. Allo stato di equilibrio dell'ecosistema lo scioglimento dei ghiacci avviene in maniera naturale e non provoca gravi problemi. Il ghiaccio marino, infatti, è sommerso nell'oceano per la maggior parte del suo volume (90% circa) e ha una densità di circa il 10% minore di quella dell'acqua allo stato liquido (Questa è una proprietà tipica dell'acqua, perché normalmente una sostanza allo stato solido ha una densità maggiore di quelle allo stato liquido). Per tale motivo il volume del ghiaccio è maggiore di quello dell'acqua. Per cui la fusione del ghiaccio marino provoca un abbassamento del livello del mare, poiché il volume totale diminuisce. Viceversa, lo scioglimento del ghiaccio che si trova sulla terraferma è il responsabile dell'innalzamento del livello dei mari, poiché l'ac-



qua sciolta, tramite i fiumi, raggiunge gli oceani. In condizioni di equilibrio questi due fenomeni si equivalgono e il livello del mare non subisce cambiamenti significativi.

A causa delle alterazioni dovute al surriscaldamento globale però si stanno perdendo intere porzioni di criosfera con diverse conseguenze.

Innanzitutto, si sta fondendo il ghiaccio marino, con una velocità maggiore rispetto a quello continentale. Questo perché lo strato di ghiaccio continentale ha uno spessore molto più elevato di quello marino. Il ghiaccio marino, inoltre, ha gran parte della sua superficie esposta all'acqua e una piccola parte all'aria, mentre quello continentale ha la maggioranza della sua superficie esposta all'aria e

la restante parte al suolo. L'acqua ha una densità e un'albedo maggiori rispetto all'aria, perciò conduce più velocemente il calore, provocando uno scioglimento del ghiaccio più veloce. Nelle zone polari, quindi, si verificano ingenti perdite di ghiaccio ogni anno e anche se queste perdite non contribuiscono all'aumento del livello del mare provocano diverse alterazioni dell'ecosistema. Nel 2021, ad esempio, sono stati osservati per la prima volta nel Nord della Norvegia, orsi polari che si sono spinti fin a sud del loro habitat per predare le renne (che non costituiscono le loro prede abituali soprattutto perché queste due specie vivono in zone del mondo abbastanza distanti). Questo è accaduto perché per questi grandi mam-



miferi è sempre più difficile reperire le loro fonti usuali di cibo, ad esempio le foche, sia per la diminuzione degli individui di queste specie, che per la diminuzione della superficie di caccia, costituita principalmente da ghiaccio. Infatti, in alcune zone del mondo, come la calotta artica, il ghiaccio rappresenta fisicamente l'ambiente sul quale vivono diverse specie animali. L'aumento della massa d'acqua inoltre diminuisce la salinità locale e aggrava il riscaldamento delle acque poichè assorbe più calore del ghiaccio. Inoltre, alterando le condizioni ambientali, provoca la migrazione delle specie autoctone e l'affermarsi di nuove specie, con danni alle reti trofiche e alle popolazioni dipendenti dalla pesca.

#### 5.4.2 L'innalzamento del mare

L'innalzamento del mare è un problema fondamentale: si stima che con l'attuale tasso di

innalzamento tra 80 anni il livello medio degli oceani potrebbe essere più alto di circa 88 cm, cioè quasi 1 m. Si pensi quindi a tutte le località costiere e ai loro abitanti: solo in Europa sono circa 70 milioni le persone che vivono in zone che scomparirebbero a causa di tale fenomeno.

In Italia l'ENEA ha stimato che, se non si interviene nella salvaguardia dell'ambiente, circa migliaia di km<sup>2</sup> di zone costiere, entro il 2100 saranno sommerse dal mare. Infatti, due diversi modelli previsionali hanno stimato l'aumento del livello del mar Mediterraneo tra i 0,94 cm, nella migliore delle ipotesi, fino a 1,45 metri nel peggiore dei casi. Il fenomeno dell'innalzamento dei mari riguarda praticamente tutte le regioni italiane bagnate dal mare, con complessivamente 54 aree costiere a rischio inondazione per un totale di 5.686,4 km<sup>2</sup>: un'estensione pari a quella dell'inte-

ra Liguria. Un altro problema legato all'innalzamento del livello dell'oceano riguarda il fenomeno del cuneo salino che è stato affrontato nel paragrafo 4.1. Infatti, il cuneo salino è in equilibrio perché la forza dell'acqua dolce proveniente dai fiumi e quella proveniente dal mare si equivalgono. Ma con un innalzamento del livello del mare, la forza dell'acqua salata diventa maggiore di quella dell'acqua dolce e il cuneo salino avanza verso l'entroterra. Se poi a tale fenomeno si aggiunge anche la diminuzione della forza dell'acqua dolce dovuta a periodi di siccità, l'avanzamento è di notevole entità con danni ingenti per i pozzi, le falde acquifere e i terreni che si trovano in superficie.



**Dimostriamo: Il ruolo della criosfera e la fusione dei**

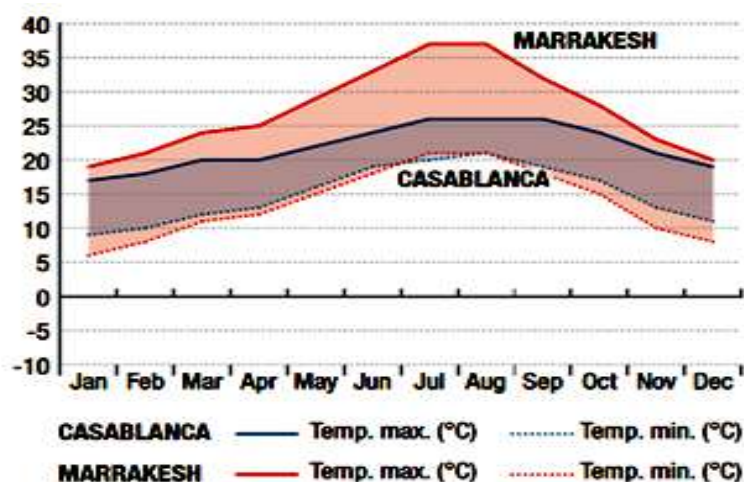
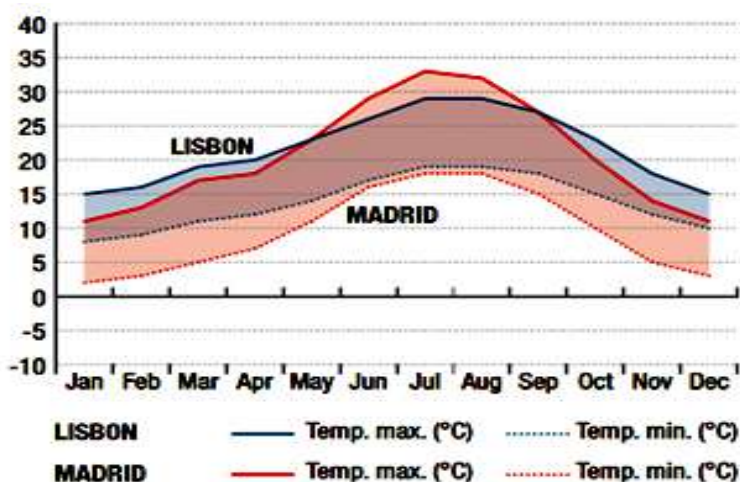
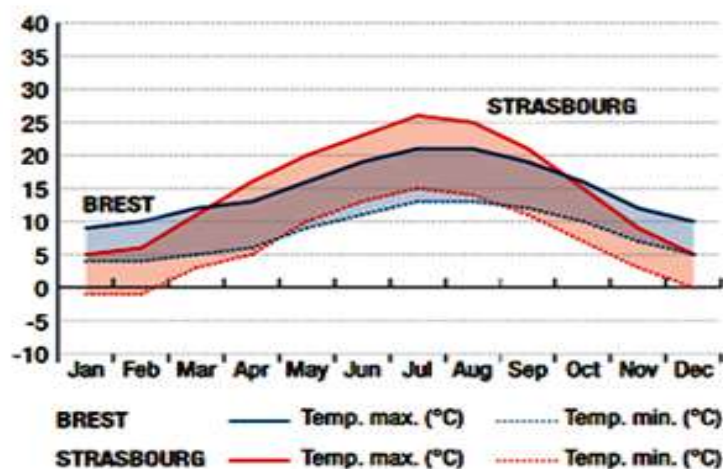
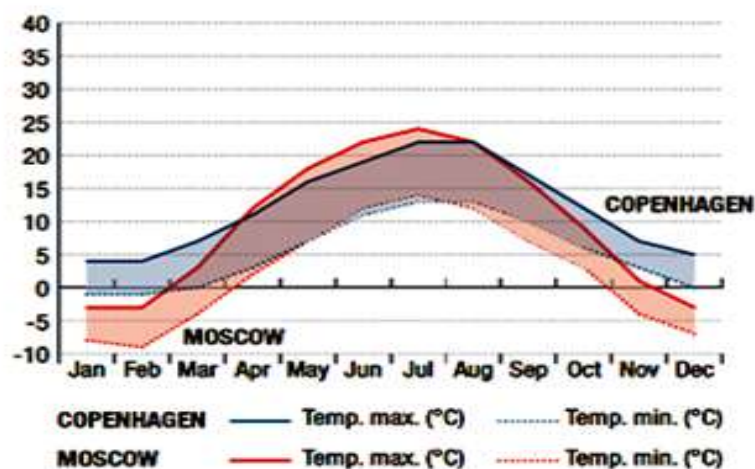
**ghiacci**

Vedi la scheda a fine capitolo





## IL MARE INFLUENZA IL CLIMA



Source: Météofrance data

Grafici che illustrano le differenze di temperatura di città alla stessa latitudine ma a differenti distanze dal mare. La latitudine e la distanza dal mare influenzano l'andamento delle temperature. Fonte: OCE, 2020

Durante la nostra trattazione sul clima abbiamo spesso affermato che la vicinanza di una località al mare influenza il suo clima e questo è dovuto alla sua inerzia termica. Osserviamo bene le temperature che si registrano nelle città riportate sui seguenti grafici.

### DOMANDE

- Quale città ha temperature massime più alte e quale più basse?
- Quale città ha temperature minime più alte e quale più basse?
- Quale città ha complessivamente un clima con una minore escursione termica?



**Carta di alcune città europee.** Questa carta può aiutare a visualizzare geograficamente le città riportate nei grafici precedenti.  
Fonte: OCE, 2020

Ora osserva attentamente le città menzionate nei grafici sulla mappa:

- Hai notato che le coppie di città nello stesso grafico sono alla stessa latitudine?
- Quanto sono distanti dal mare?
- Che influenza ha il mare sul clima delle città che si trova nelle sue vicinanze?

Puoi far fare questa scheda in classe o come compito a casa. Ti consigliamo di proiettare i grafici sulla LIM o di mandarli agli studenti sulla classroom o sul registro elettronico per mantenere i colori originali.

Chiedi agli studenti le differenze e le similitudini tra le temperature delle coppie di città per ogni grafico.

Guida la loro attenzione sull'escursione termica, ovvero la differenza tra le temperature minime (linea tratteggiata) e massima (linea continua), che è maggiore nelle curve rosse rispetto a quelle blu.

Se in classe è presente una carta geografica dell'Europa chiedi ai ragazzi di individuare dove sono situate le città, altrimenti puoi farle localizzare sulla piccola mappa che trovi in basso a destra nella scheda.

### OSSERVAZIONI

Aiuta i ragazzi a osservare che le città con la curva di temperatura blu sono situate, vicino alla costa e sono caratterizzate da un clima oceanico, con inverni miti ed estati fresche quindi con una minore escursione termica grazie all'influenza del mare. Le città con la curva rossa sono situate verso l'interno dei continenti e sono caratterizzate da un clima continentale, con, estati calde e inverni rigidi e conseguentemente con una maggiore escursione termica. In base a ciò che è stato trattato nel capitolo sull'inerzia termica, perché il mare influenza il clima delle località vicino alla costa?





# DIMOSTRIAMO

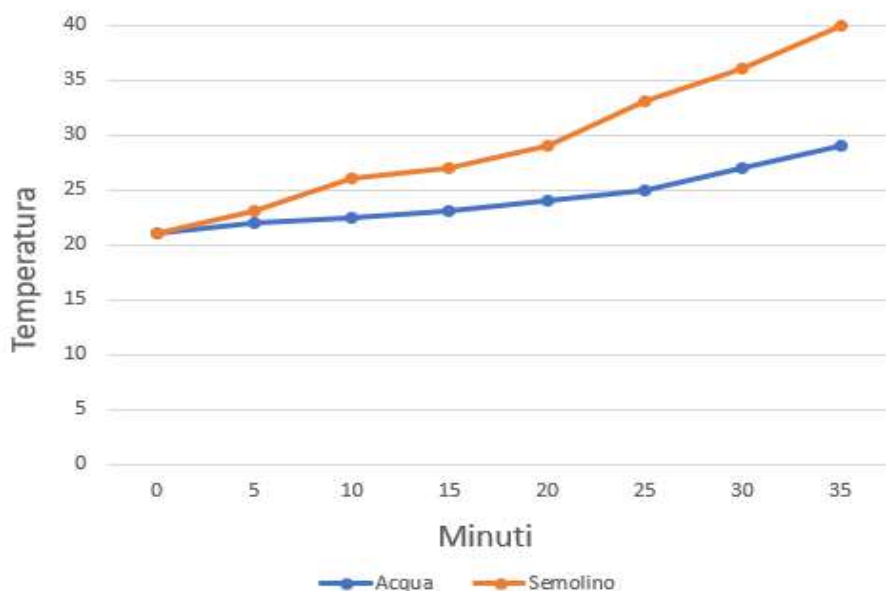
## L'INERZIA TERMICA DELL'ACQUA

Con un semplice esperimento dimostreremo la differenza tra l'inerzia termica dell'acqua e di altri materiali. È consigliabile svolgere questo esperimento in inverno in modo tale da avere un radiatore acceso in classe.

### Esperimento: chi si scalda prima?

Riempite i due contenitori rispettivamente con 1kg di acqua e semolino. Inserite i due termometri accesi e rilevate la temperatura iniziale. Successivamente mettete i due contenitori sullo stesso radiatore, avendo cura che le condizioni ambientali siano le stesse. Ad esempio, evitando che uno sia esposto a una corrente di aria fredda e l'altro no, oppure che uno sia esposto ai raggi solari e l'altro no. Rilevate la temperatura a intervalli regolari di 5 minuti per almeno 45 minuti.

Dopodiché riportate le temperature su un semplice grafico. Vediamo in blu l'aumento di temperatura dell'acqua e in rosso l'aumento di temperatura del semolino. Abbiamo quindi dimostrato che l'acqua oppone una maggiore resistenza all'innalzamento di temperatura. È possibile condurre questo esperimento misurando il raffreddamento dell'acqua rispetto al semolino. In questo caso servirà un freezer o un frigorifero al posto del radiatore. Potete chiedere agli studenti di svolgere questa parte dell'esperimento a casa. Anche nel caso del raffreddamento sarà possibile osservare la differente velocità di cambiamento di temperatura tra l'acqua (che si raffredda più lentamente) e il semolino (che si raffredda più velocemente). Pertanto, come già evidenziato non solo gli oceani sono stati fino a oggi di importanza strategica nel contrastare il surriscaldamento globale, ma il ripristino della loro temperatura ottimale richiede tempi molto lunghi.



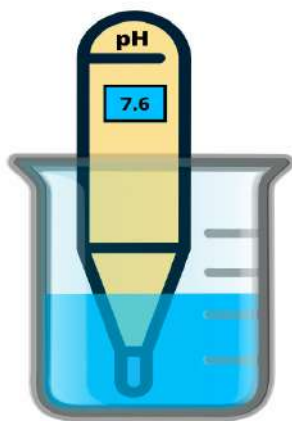
### OCCORRENTE

- due termometri per alimenti
- due contenitori
- 1kg di acqua
- 1kg di semolino o di terra o di sabbia
- un radiatore acceso



## DIMOSTRIAMO

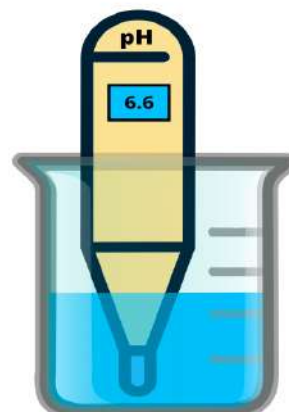
## L'ACIDIFICAZIONE DELL'ACQUA E I SUOI DANNI



Situazione Iniziale



Insufflare per 2-3 minuti



Situazione Finale

### Dimostrazione dell'esperimento di acidificazione dell'acqua.

L'insufflazione di aria ricca di CO<sub>2</sub> acidifica l'acqua.

### Esperimento: acidifichiamo l'acqua

Riempite i due contenitori con l'acqua. Misurate il pH per controllare che siano uguali (se notate differenze appuntatele). Ora con la bocca fate insufflare aria delicatamente e lentamente attraverso la cannuccia in uno dei due contenitori, facendo formare delle bolle nell'acqua. Continuare per circa 2-3 minuti alternandovi (attenzione a non andare in iperventilazione), se possibile continuando a rilevare il pH mentre soffiate, altrimenti rilevatelo a intervalli regolari, finché la diminuzione di pH non sarà significativa (dopo circa 2-3 minuti si può registrare una diminuzione anche di 1 intero punto sulla scala del pH). Il secondo contenitore di acqua servirà da controllo dopo i 2-3 minuti rimisurate il pH anche in quel contenitore: noterete che è rimasto inalterato.

### OCCORRENTE

- due recipienti
- acqua
- un misuratore di pH digitale o un kit per piscina (Il costo è pressoché identico, pertanto consigliamo il misuratore di pH elettronico perché è più accurato, riutilizzabile molte volte, la misurazione non dipende dai reagenti ed è di immediata lettura. Se prendere un piaccame-tro digitale ricordate che deve essere tarato con delle soluzioni tampone che vengono fornite insieme allo strumento).
- una cannuccia



## DIMOSTRIAMO

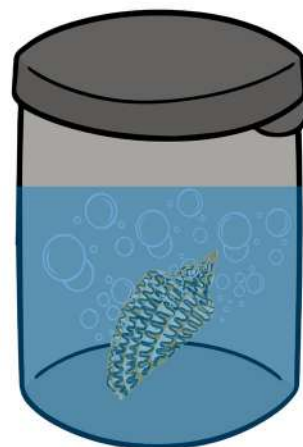
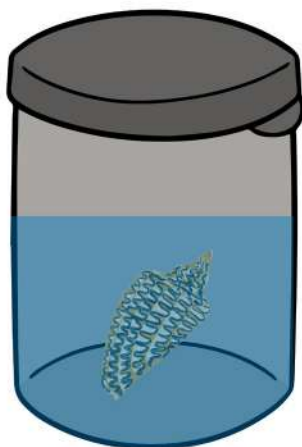
## L'ACIDIFICAZIONE DELL'ACQUA E I SUOI DANNI

**L'acido scioglie il carbonato di calcio.** Le bollicine che si creano quando si inserisce la conchiglia nel barattolo rappresentano l'anidride carbonica che si forma dalla reazione tra il guscio basico e la soluzione acida.

### Esperimento: l'acidità dell'acqua e i microrganismi

Prendiamo un recipiente, riempiamolo di acqua e inseriamo la conchiglia. Osserviamo che non succede nulla. Mettiamo ora la conchiglia all'interno del contenitore contenente acqua e aceto. Vediamo come sulla superficie della conchiglia si cominceranno a formare delle piccole bollicine: è l'anidride carbonica rilasciata dalla reazione che avviene tra il carbonato di calcio che compone la conchiglia e l'aceto. L'acido sta pian piano corrodendo la conchiglia. Si possono creare diverse soluzioni di acqua e aceto e misurarne il pH e il tempo di reazione con il guscio della conchiglia, facendo trarre ai ragazzi le naturali conclusioni su come l'acidificazione dell'acqua dell'oceano possa essere nociva per gli organismi viventi.

Dopo un determinato intervallo di tempo che dipende dall'acidità della soluzione e dalla grandezza del contenitore in proporzione alla conchiglia il processo di corrosione potrebbe arrestarsi. Ciò è dovuto al processo per cui un acido e una base reagiscono per raggiungere la neutralità, pertanto, se tutta la sostanza acida ha reagito con quella basica non si produrrà più alcun effetto poiché il pH è tornato a livelli vicini a 7. Una variante dell'esperimento può essere effettuata con un uovo immerso in un contenitore pieno di aceto. Il guscio di carbonato di calcio infatti reagisce con l'aceto. Dopo una notte in immersione l'uovo perderà tutta la componente rigida del guscio (basica) e diventerà di consistenza gommosa.



### OCCORRENTE

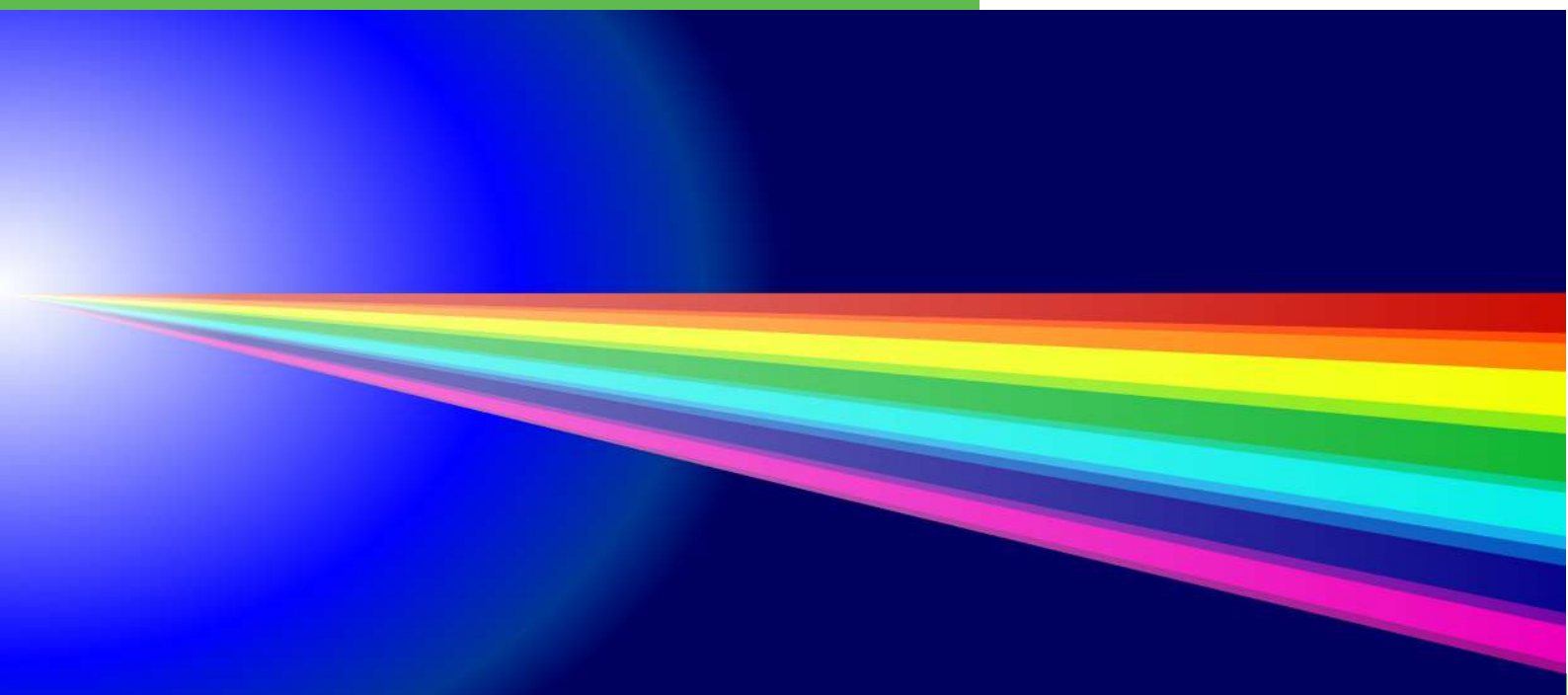
- due recipienti
- acqua
- aceto
- una conchiglia naturale





# DIMOSTRIAMO

## LA LUCE BIANCA E' COMPOSTA DA LUCI DI DIVERSO COLORE



Costruiamo uno spettroscopio, ovvero uno strumento utilizzato per scomporre e vedere lo spettro della luce bianca, ovvero i fasci di luce di diverso colore che la compongono

Praticate una fessura sottilissima di circa 2 o 3 cm sul un pezzetto di cartoncino nero e inseritela a un'estremità del tubo. Praticate su un altro pezzetto di cartoncino nero un foro quadrato di mezzo centimetro di lato e applicatelo dietro il CD dopo aver rimosso accuratamente la pellicola riflettente. Ora osservate con questo strumento una fonte di luce (mettendo l'occhio nel foro quadrato). Vedrete formarsi sui lati dello strumento dei piccoli arcobaleni: è lo spettro della luce che stiamo "inquadrando". Potete divertirvi ad osservare diverse fonti luminose (candela, lampadina a incandescenza, lampada a led, etc.) e a vedere come cambia lo spettro.

**Attenzione: non puntare direttamente lo strumento verso il sole**

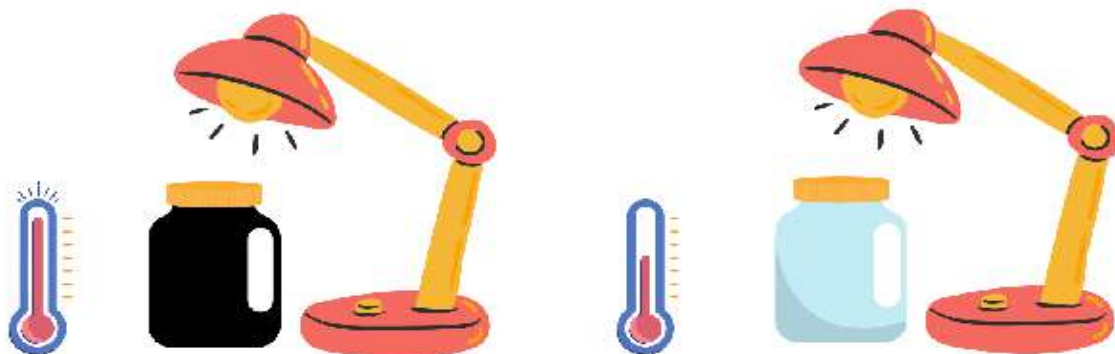
### OCCORRENTE

- un tubo di cartone
- un CD vecchio
- un cartoncino nero



# DIMOSTRIAMO

## L'ALBEDO DEI CORPI CHIARI E DEI CORPI SCURI



**Dimostrazione del principio dell'albedo.** La temperatura del recipiente nero aumenterà molto più velocemente poiché, avendo un'albedo più basso assorbe più calore.

Di seguito ti proponiamo due esperimenti sull'albedo, prendendo spunto da questi esperimenti potete inventarne di nuovi.

### Esperimento: chi assorbe più calore?

Fate dipingere ai ragazzi l'esterno dei contenitori: uno di bianco e uno di nero. Inserite in entrambi la stessa quantità di acqua rilevandone la temperatura e annotandola. Ora mettete i contenitori chiusi sotto una fonte luminosa diretta (il sole, se è una giornata soleggiata e non velata da nubi oppure una lampada, meglio se alogena o a incandescenza). A intervalli regolari aprite i contenitori e misurate la temperatura dell'acqua e riportatela su una scheda: vedrete come la temperatura del recipiente nero aumenterà molto più velocemente. Con i dati raccolti potete costruire una tabella a doppia entrata e un grafico.

### OCCORRENTE

- due piccoli contenitori identici
- acqua
- un termometro a sonda (di quelli alimentari)
- una lampada da tavolo possibilmente alogena o a incandescenza (solo se le condizioni meteorologiche sono avverse)



# DIMOSTRIAMO

## L'ALBEDO DEI CORPI CHIARI E DEI CORPI SCURI



**Dimostrazione del principio dell'albedo.** Il panno nero possiede un albedo più basso pertanto assorbirà più calore e la sua temperatura aumenterà più velocemente.

### Esperimento: in estate è meglio vestirsi di bianco o di nero?

Piegate la stoffa in due e inserite il termometro a sonda all'interno. Mettete la stoffa al sole (si consiglia un sole primaverile o estivo) o sotto le lampade da tavolo. Monitorate costantemente la temperatura, in questo caso infatti è possibile fare delle elaborazioni più accurate: ad esempio si possono dividere i ragazzi in 4 gruppi: due gruppi anoteranno la temperatura ad intervalli di tempo regolari nel caso della stoffa bianca e nera; gli altri due con l'aiuto di un cronometro possono misurare gli intervalli di tempo che impiega il termometro sotto le due stoffe a salire di un grado o di mezzo grado. Con i dati raccolti potete costruire delle tabelle a doppia entrata e dei grafici.

### OCCORRENTE

- un pezzo di stoffa bianco (dello stesso materiale di quello nero)
- un pezzo di stoffa nero (dello stesso materiale di quello bianco)
- due termometri a sonda
- due lampade da tavolo possibilmente alogene o a incandescenza (solo se le condizioni meteorologiche sono avverse)





# DIMOSTRIAMO

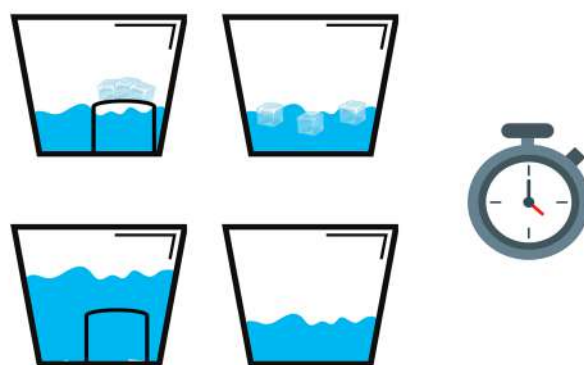
## IL RUOLO DELLA CRIOSFERA E LA FUSIONE DEI GHIACCI

**Lo scioglimento dei ghiacci.** Solo il contenitore con il ghiaccio posizionato sulla superficie emersa ha aumentato il suo livello acqua al contrario dell'altro contenitore no, inoltre il ghiaccio immerso nel liquido si fonde più velocemente di quello esposto all'aria.

Nel primo contenitore inseriamo il ghiaccio e l'acqua. Segniamo con il pennarello indelebile il livello dell'acqua sul bordo del contenitore (se volete potete applicare un'etichetta adesiva e segnare il livello con una matita o una penna). Nell'altro contenitore inseriamo l'oggetto con la superficie piatta e l'acqua, in modo tale che la superficie dell'oggetto sia fuori dall'acqua ma consenta al liquido sciolto di cadere nel recipiente. Su questa superficie poniamo la stessa quantità di ghiaccio e segniamo anche qui il livello dell'acqua. Non è necessario che il livello dell'acqua sia uguale nei due contenitori, ma suggeriamo di non farlo eccessivamente differente per aiutare la comprensione del fenomeno di scioglimento del ghiaccio. Aspettiamo che il ghiaccio sia completamente sciolto e osserviamo.

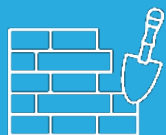
Solo il contenitore con il ghiaccio posizionato sulla superficie emersa ha aumentato il suo livello acqua mentre l'altro contenitore no.

Un'ulteriore rilevazione che può essere fatta è sul tempo di fusione: infatti il ghiaccio immerso nel liquido si fonde più velocemente di quello esposto all'aria.



### OCCORRENTE

- Due recipienti
- Acqua
- Ghiaccio
- Un pennarello indelebile
- Un oggetto con superficie piatta che tocchi il fondo e riesca ad emergere a pelo d'acqua o in alternativa una tavoletta di legno che galleggia (per mimare le terre emerse)



## REALIZZIAMO

## UN MINI- DEPURATORE DI ACQUA

### Il principio alla base della depurazione

Non tutta l'acqua che utilizziamo, anche a scopi alimentari, contiene le stesse sostanze disciolte. Per questo motivo a volte è necessario per motivi di salute utilizzarne delle tipologie specifiche. L'acqua potabile, anche quella imbottigliata, proviene dalle falde acquifere sotterranee dalle quali risale in superficie attraverso le sorgenti. Quando il vapore acqueo ritorna sulla Terra sotto forma di precipitazioni, l'acqua filtra attraverso i diversi strati del suolo e raggiunge le falde acquifere sotterranee. Tale passaggio rende l'acqua potabile perché viene depurata da sporcizia, impurità, microrganismi, e inoltre, in base alla composizione chimica delle rocce, si arricchisce di sostanze come, ad esempio, i sali minerali. Mentre questo fenomeno è meno evidente con le acque di alta montagna che sono definite acque lisce e che contengono pochissimi sali minerali in soluzione, risulta più evidente con le acque effervescenti naturali.

Si tratta infatti di acque che contengono non solo grandi quantità di elementi disciolti, ma sono arricchite in maniera naturale di gas che ne garantiscono l'effervescenza. Attenzione a non confonderle con le acque gassate, che sono ac-

que di diverso tipo: cioè vengono arricchite successivamente di anidride carbonica con un processo industriale. Queste acque acquisiscono la loro effervescenza perché filtrano attraverso terreni principalmente di origine vulcanica, ricchi quindi di determinate sostanze che ne garantiscono questa particolarità.

Anche la formazione delle stalattiti nelle grotte è dovuta a questo processo di filtrazione e arricchimento da parte del suolo. L'acqua piovana passa attraverso i diversi strati e si arricchisce di sostanze minerali, in particolare carbonato di calcio, il cosiddetto calcare. Quando, nel suo percorso attraverso il suolo, incontra un'apertura naturale, la grotta, comincia a gocciolare dal soffitto scivolando sulle irregolarità della roccia e depositando piccole quantità di carbonato di calcio. La stalagmite si forma per lo stesso principio quando la goccia d'acqua cade a terra, depositando ulteriori minerali.

Procederemo quindi a costruire il nostro depuratore e a fare differenti prove di filtraggio, ricordandoci però che il tale depuratore artigianale non ci permette di rendere l'acqua potabile, ma solo di ripulirla dalle impurità.

Costruiamo il depuratore

Costruire il depuratore è molto

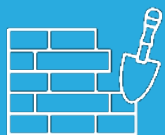
semplice. Avremmo bisogno principalmente di:

- vaso da giardino, meglio se di terracotta
- Cotone
- Sabbia
- Ghiaia
- Acqua
- Terra con detriti
- un recipiente
- Incominciamo a riempire il vaso dal fondo posizionando del cotone, a creare uno strato alto circa 3 cm. Successivamente riempiamo il vaso fino a metà di sabbia. Infine, riempiamo l'altra metà con la ghiaia.

Adesso utilizziamo la terra e i detriti che abbiamo raccolto per "sporcare" la nostra acqua: posizioniamo il nostro vaso depuratore sopra ad un contenitore, versiamo dell'acqua sporca e aspettiamo.

Vedremo che l'acqua uscirà dal fondo del vaso pulita: i detriti, infatti, sono stati filtrati dai diversi strati che abbiamo inserito nel vaso e che simulano i differenti strati del suolo. Ovviamente quest'acqua non è potabile, poiché questo tipo di depuratore non elimina i microrganismi presenti nell'acqua, come invece accade in natura.

Per depurare l'acqua, infatti, anche a livello industriale spesso è necessario aggiungere dei battericidi o alcune membrane che non permettono il passaggio di particelle di grandezza



# REALIZZIAMO

## UN MINI-DEPURATORE DI ACQUA



**Esempio di depuratore.** Gli strati presenti nel vaso, simulando gli strati del suolo depurano l'acqua dalle impurità.

infinitesimale. Pertanto, il suolo fornisce un servizio ecosistemico di depurazione dai microrganismi che difficilmente l'uomo riesce a realizzare, o comunque deve impiegare meccanismi inquinanti e costosi. Proviamo ora a simulare un sistema di arricchimento di sali minerali durante il passaggio nel depuratore. Aggiungiamo ai nostri materiali:

- delle cartine tornasole
- del bicarbonato di sodio
- sostituiamo l'acqua del rubinetto con dell'acqua distillata (potete comprarla

in un negozio di casalinghi, oppure utilizzare la condensa di eventuali condizionatori o deumidificatori). Innanzitutto, utilizzeremo dell'acqua distillata, per evitare l'interferenza di eventuali sali minerali già disciolti. Con una cartina tornasole verifichiamo inizialmente il pH dell'acqua: si deve trovare in una situazione di neutralità.

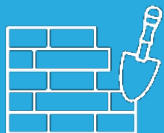
Seguite i passaggi della costruzione del depuratore, ma mischiate alla sabbia il bicarbonato di sodio (in parti uguali). Adesso filtrate l'acqua e

provate a misurare il pH. Note-  
rete una leggerissima variazione  
di pH verso la basicità. Questo  
perché l'acqua, passando attra-  
verso gli strati del depuratore, ha  
acquisito i sali solubili.

Potete anche comprare condut-  
tivimetro e misurare la differen-  
za di conducibilità tra l'acqua in  
partenza e quella filtrata. Il con-  
duttivimetro è uno strumento che  
misura come un corpo conduce  
una corrente elettrica. Nel caso  
dell'acqua più questa è "pura",  
quindi meno sostanze contiene  
e più condurrà energia elettrica.  
Più sostanze sono disciolte e  
meno l'acqua condurrà elettrici-  
tà. Se utilizzate il conduttivimetro  
potete svolgere diverse prove di  
depurazione sfruttando diverse  
sostanze solubili in acqua come  
ad esempio il sale.

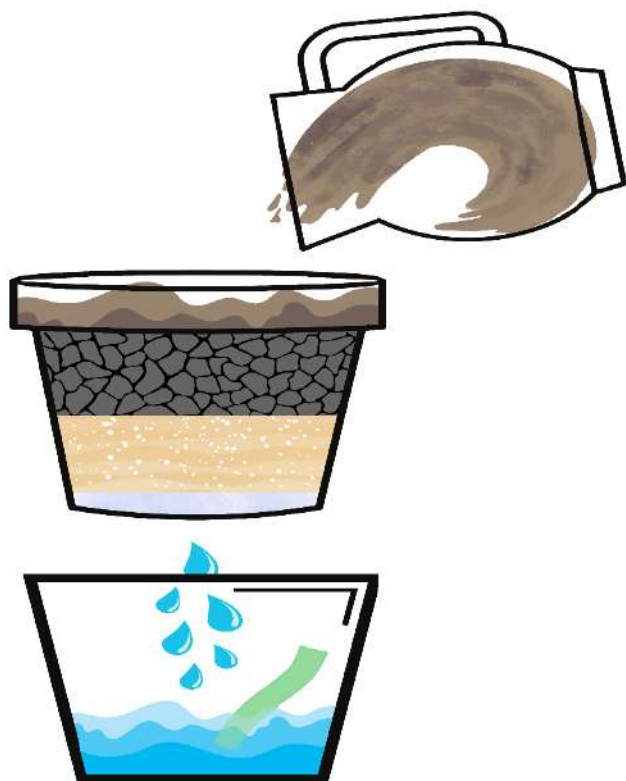
Quindi la diversa composizio-  
ne chimica delle acque è ricon-  
ducibile ai terreni attraverso cui  
filtrano. Le acque in bottiglia  
rappresentano prodotti poco so-  
stenibili a causa del processo  
di imbottigliamento e trasporto  
particolarmente inquinanti. Tut-  
tavia, possono possiedono del-  
le proprietà organolettiche che  
sono necessarie in determina-  
te condizioni di salute o perché  
l'acqua della propria rete idrica  
non è potabile. In tal caso è  
possibile recarsi direttamente  
alle diverse fonti dell'acqua con  
propri contenitori e pagando un  
prezzo irrisorio, riempire i propri  
contenitori. Quando però le ac-





# REALIZZIAMO

## UN MINI- DEPURATORE DI ACQUA



**Esempio di depuratore.** Gli strati presenti nel vaso, simulando gli strati di un suolo con rocce basiche depurano l'acqua dalle impurità e la arricchiscono di bicarbonati. Il pH dell'acqua varierà leggermente, pertanto la cartina tornasole virerà.

que in bottiglia sono scelte dal consumatore solamente perché si ritengono di qualità superiore, la lettura dell'etichetta è di importanza fondamentale: qui sono riportati i parametri di legge per le analisi delle acque potabili disponibili anche sul sito dei diversi gestori delle reti idriche. Confrontando i valori si potrà notare che l'acqua del rubinetto, eccetto in casi particolari, non ha una qualità inferiore a quella delle acque in bottiglia. Iniziate consultando e affron-

tando in classe l'etichettatura e i valori che devono essere riportati sulle acque potabili. Potete trovare tutte le informazioni sulla guida del Ministero delle Attività Produttive, oggi Ministero delle Imprese e del Made in Italy [CLICCA QUI](#)



Successivamente potete assegnare a ogni studente o a gruppi di studenti di reperire le analisi dell'acqua che viene utilizzata in casa, aiutandoti con queste domande guida:

- Bevi acqua del rubinetto o in bottiglia?
- Perché?
- Se bevi acqua in bottiglia (non per motivi medici o di potabilità):
  - Riporta le analisi dell'acqua in bottiglia che bevi
  - Cerca sul sito del tuo gestore le analisi dell'acqua del rubinetto e riportale a fianco di quelle dell'acqua in bottiglia
  - In cosa differiscono?
  - Ti aspettavi questo risultato?
  - C'è sul mercato un'acqua simile a quella che esce dal rubinetto?
  - Ora sei più propenso a utilizzare l'acqua del rubinetto?
- Se bevi acqua del rubinetto:
  - Cerca sul sito del tuo gestore le analisi dell'acqua del rubinetto e riportale
  - C'è sul mercato un'acqua simile a quella che esce dal rubinetto?
  - Ti aspettavi questo risultato?

# 6

## Come combattere i cambiamenti climatici

### 6.1

**L'Impronta Ecologica**

### 6.2

**La mitigazione**

### 6.3

**L'adattamento**

### 6.4

**L'economia circolare**

### 6.5

**Sensibilizzare**

### 6.6

**Agire**

### 6.7

**Adeguare**



***“Cominciate col fare il necessario, poi  
ciò che è possibile e all’improvviso vi  
sorprenderete a fare l’impossibile”***

***San Francesco d’Assisi***

Dopo aver affrontato sotto molteplici aspetti cause e conseguenze dei cambiamenti climatici, è giunto il momento di porci una domanda fondamentale: cosa si può e si deve fare concretamente per contrastarli?

Le azioni che possono essere messe in atto sono molteplici e diverse tra loro. Possono essere inoltre attuate a livello personale ma anche istituzionale. Un aspetto fondamentale però è capirne l’impatto sull’ambiente, pertanto, inizialmente verrà approfondito il concetto di impronta ecologica e quali variabili intervengono nella sua stima. Tale strumento è molto utile: ci permette di quantificare come le buone pratiche influiscono sull’ambiente, dal momento che il processo di reversione dei cambiamenti climatici è piuttosto lungo ed è difficile vederne i risultati immediati. Successivamente si analizzeranno i concetti fondamentali

di mitigazione e adattamento, considerando le normative vigenti in materia e le strategie attuabili o già attuate come ad esempio, la teorizzazione e l’applicazione del paradigma produttivo dell’economia circolare. Successivamente si analizzeranno le azioni che possono essere compiute personalmente partendo dalla corretta informazione in materia di cambiamenti climatici fino alle buone pratiche che possono essere applicate alla vita di tutti i giorni. A fine capitolo saranno riportate le raccomandazioni dell’UNESCO per i docenti, i dirigenti e i policy maker per far sì che ogni scuola sia preparata a formare i giovani sul tema dei cambiamenti climatici.

Innanzitutto, ragioniamo sulle motivazioni che rendono così imprescindibile agire a tutela dell’ambiente. Questo esercizio “psicologico” è molto importante perché gli studi che si sono avvicinati nel corso

degli anni sulla percezione del rischio hanno dimostrato che siamo molto propensi a sottovalutare la minaccia dei cambiamenti climatici. Questo perché nella nostra personale percezione di un fenomeno intervengono molti fattori oltre alla pericolosità del fenomeno stesso. Ad esempio, la familiarità con un evento o un pericolo è un fattore fortemente attenuante: è il motivo per cui molte persone hanno più timore di un incidente aereo che di un incidente automobilistico, anche se in termini di probabilità il primo è un evento estremamente raro, mentre il secondo è un evento talmente probabile che è quasi certo. In particolare, quando “si cerca di non pensare al riscaldamento globale” (Stoknes, 2015) ci si focalizza su 5 aspetti in particolare: si percepiscono le conseguenze dei cambiamenti climatici distanti da noi sia spazialmente che temporalmente; si è colti



## COME COMBATTERE I CAMBIAMENTI CLIMATICI L'IMPRONTA ECOLOGICA

da un senso di ineluttabilità e quindi non si ritiene necessario provare ad attuare un cambiamento; è difficile vincere la dissonanza cognitiva tra ciò che si dovrebbe fare e ciò che invece si compie quotidianamente e infine negare il problema porta ad alleviare istintivamente il senso di colpa per esserne, in parte, causa.



**Ragioniamo: perché è importante combattere i cambiamenti climatici**

Vedi la scheda a fine capitolo



**Ragioniamo: come i cambiamenti climatici influiscono sulla nostra vita**

Vedi la scheda a fine capitolo

### 6.1 Misurare l'impatto del nostro stile di vita: l'Impronta Ecologica

Il concetto di impronta ecologica è stato messo a punto negli anni 90 da William Rees e Mathis Wackrnagel. L'impronta ecologica è un indicatore che stima la quantità di terreno o di risorse necessarie ad una determinata persona o popolazione per sostenere i propri consumi.

Possiamo definirlo come un indicatore atto a relazionare la quantità di risorse naturali (esprese in ettari pro-capite di superficie produttiva) con gli

stili di vita di una popolazione e che comprende la produzione e il consumo di beni e servizi e lo smaltimento dei rifiuti. A seguito della globalizzazione gli oggetti vengono prodotti in zone molto distanti da dove avviene poi l'effettivo consumo, e allo stesso modo avviene lo smaltimento dei rifiuti. Ad esempio, molti oggetti che utilizziamo in Italia sono prodotti in altre parti del mondo, in particolare in Cina. Se analizzassimo solamente le emissioni di CO<sub>2</sub> di uno stato si rischierebbe di sovrastimare o sottostimare i consumi e gli stili di vita della popolazione residente. Nel calcolo dell'impronta Ecologica invece viene preso in considerazione tutto il ciclo di vita dell'oggetto, indipendentemente dal luogo in cui avvengono le varie fasi (produzione, consumo e smaltimento). Questo approccio è detto LCA, Life Circle Assessment.

Di seguito analizzeremo velocemente come questo indicatore viene quantificato, ma poiché il calcolo manuale richiede delle lunghe rilevazioni e dei fattori di conversione che variano costantemente vi consigliamo di utilizzare uno dei calcolatori automatici online che sono aggiornati assiduamente e che vi indicheremo dopo il paragrafo 6.1.2.

Per stimare l'impronta ecologica di un prodotto sarà necessario calcolare le singole impronte ecologiche di tutti i beni

e i servizi che sono stati necessari per la sua formazione. I beni vengono espressi in kg annui, mentre i servizi in € o \$ annui. La superficie necessaria alla produzione di un bene si ottiene dividendo il consumo medio che viene effettuato di tale bene e il rendimento medio del terreno annuo (kg/ha). Per le aree marine esistono dei fattori di conversione specifici, che si basano sul rapporto tra area di terra necessaria a produrre una quantità di carne di pollo e area marina necessaria a produrre una quantità di prodotto ittico contenente il medesimo apporto calorico. Questi fattori di conversione e rendimento vengono aggiornati e decisi annualmente da team di scienziati internazionali.

Oltre alle risorse necessarie per la produzione di beni e servizi, nel calcolo dell'impronta ecologica devono essere conteggiate anche le risorse necessarie allo smaltimento dei rifiuti prodotti.

#### 6.1.1 Cosa viene conteggiato nel calcolo dell'impronta ecologica

Nel calcolo dell'impronta ecologica generale vengono computate le singole impronte ecologiche di 5 categorie principali: energia, trasporti, alimenti, abitazioni e altri beni e servizi. Per ognuna di queste categorie il calcolo dell'impronta ecologica richiede di stimare determinati indicatori:



- Energia

In base all'energia utilizzata per la produzione e il trasporto di un bene, si avrà un impatto maggiore o minore sull'ambiente. Per calcolarne l'impronta ecologica si considera innanzitutto il terreno degradato, ovvero quella porzione di terreno che ospita le infrastrutture atte alla produzione di energia, e il terreno necessario a riassorbire la CO<sub>2</sub> emessa dalla fonte energetica. Le varie tipologie di fonti che vengono valutate nel computo sono i combustibili fossili, l'energia nucleare, quella solare, eolica, geotermica, idroelettrica e quella ottenuta tramite le biomasse.

- Trasporti

Il calcolo dell'impronta eco-

logica dei trasporti considera l'energia e il territorio degradato necessari per la costruzione delle vie di comunicazione nonché l'energia necessaria al trasporto vero e proprio.

- Alimenti

Nel calcolo dell'impronta ecologica degli alimenti viene calcolata la superficie del terreno necessaria per la coltivazione, l'allevamento, la produzione ittica; l'energia che serve per la produzione delle colture, del bestiame e dei pesci e il relativo trasporto e infine quella necessaria per la trasformazione e il trasporto degli alimenti.

- Abitazioni

Il calcolo dell'impronta ecologica delle abitazioni è uno di quei calcoli in cui concorrono il maggior numero di variabili.

Viene considerata l'impronta ecologica delle materie prime e dell'energia necessarie per la costruzione, per l'illuminazione, per il riscaldamento, per gli elettrodomestici e per il trasporto di acqua e infine il territorio degradato dall'occupazione di suolo.

- Beni e servizi

La definizione è piuttosto ampia poiché vi ricadono tutti quei beni e servizi che non sono compresi nelle altre categorie. Viene considerata l'energia necessaria alla produzione e al trasporto di tali beni e servizi, il territorio necessario a produrre le materie prime sia vegetali che animali e il territorio degradato per l'occupazione di suolo degli impianti di produzione.

## COME COMBATTERE I CAMBIAMENTI CLIMATICI L'IMPRONTA ECOLOGICA

### 6.1.2 La carbon footprint

Spesso il termine impronta di carbonio viene utilizzato come sinonimo di impronta ecologica e viceversa. In realtà la carbon footprint è una componente dell'impronta ecologica: rappresenta le immissioni di gas serra in atmosfera necessarie ad una determinata persona o popolazione per sostenere i propri consumi.

È comunque una componente molto rilevante dal momento che consiste in circa il 50% della stima dell'impronta ecologica, oltre ad essere il parametro più comunemente utilizzato per calcolare l'impatto ambientale di un prodotto o di un'attività.

La carbon footprint è inoltre molto importante per misurare quanto una determinata attività influenzi negativamente o positivamente i cambiamenti climatici. I gas serra che vengono presi in considerazione nel computo sono quelli indicati dal Protocollo di Kyoto del 1997: CO<sub>2</sub> (Anidride Carbonica), CH<sub>4</sub> (Metano), N<sub>2</sub>O (Ossido Nitroso), HFC (Idrofluorocarburi), PFC (perfluorocarburi), SF<sub>6</sub> (esafluoruro di zolfo). Questi gas sono correlati all'anidride carbonica attraverso fattori di conversione messi a punto dall'IPCC. Anche nella stima della carbon footprint, come per l'impronta ecologica, si tiene conto di tutte le fasi del ciclo di vita di un prodotto o di un servizio,



content\_id:199807134 secondo l'approccio LCA, Life Circle Assessment.

Per ridurre l'impronta di carbonio è possibile attuare due strategie: ridurre le emissioni di gas serra o compensarle con azioni mirate a sequestrarli attivamente dall'atmosfera, come ad esempio la piantumazione di alberi. Attenzione però: queste due possibilità sono alternative solo quando si parla di ridurre l'impronta di carbonio. Tuttavia, le attuali condizioni ambientali e la quantità di gas serra presente in atmosfera richiedono non solo una riduzione dell'im-

pronta di carbonio ma dei piani a lungo termine di azzeramento delle emissioni e infine di sequestro attivo di anidride carbonica dall'atmosfera.

È su tali considerazioni che si basano gli interventi di mitigazione che sono stati varati nel corso degli anni dalle Nazioni del Mondo, riunite nelle varie Conferenze delle Parti (COP).



**Dimostriamo: l'impronta ecologica e l'impronta di carbonio**

**bonio**

Vedi la scheda a fine capitolo



## **6.2 Cosa si può fare 1: la mitigazione**

La mitigazione è l'insieme di tutte le azioni introdotte per ridurre l'impatto dei cambiamenti climatici agendo sulle immissioni in atmosfera dei gas serra. È pianificata a livello nazionale e sovranazionale; alcuni esempi illustri sono gli accordi stipulati dai diversi Stati come, ad esempio, la Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC) o l'Accordo di Parigi.

Quest'ultimo, siglato nel 2015 ed entrato in vigore nel 2016, pone come obiettivo alle parti contraenti di raggiungere entro il 2050 la riduzione delle immissioni del 50% rispetto al 1990 ed entro il 2100 la neutralità carbonica, ovvero l'equilibrio tra immissione e sequestro di anidride carbonica, che può essere raggiunta sia diminuendo le immissioni che aumentando le strutture di cattura della CO<sub>2</sub> (anche ripristinando quelle danneggiate dall'attività antropica come ad esempio il suolo, gli oceani, le foreste).

Secondo il rapporto dell'IPCC, "CLIMATE CHANGE 2022 - Mitigazione dei cambiamenti climatici", però nell'ultimo ventennio non sono stati compiuti abbastanza sforzi per ridurre le emissioni di gas serra, poiché tra il 2010 e il 2020 si sono registrati aumenti continui e costanti di tali gas (+12%

rispetto al 2010 e +54% rispetto al 1990) nonostante gli impegni presi dalle diverse Nazioni.

Pertanto, si è reso necessario intensificare gli sforzi da compiere nel prossimo futuro per raggiungere gli obiettivi del nuovo secolo e in questo l'Unione Europea si attesta tra le istituzioni più ambiziose: mira a ridurre a livello comunitario, entro il 2050 le emissioni dell'80-95% rispetto ai livelli del 1990. Per raggiungere tale scopo, nel pacchetto di risorse Next Generation UE, varato per aiutare gli stati ad uscire dalla recessione post Covid-19, sono stati posti dei vincoli importanti sulla sostenibilità dei progetti finanziati.

Nonostante tutto è da sottolineare che, sempre secondo il rapporto dell'IPCC, il 10% della popolazione più ricca del mondo contribuisce, con i propri consumi, a circa il 40% delle immissioni di gas serra globali. Pertanto, gli impegni internazionali e le politiche adottate dai governi nazionali degli Stati industrializzati sono di importanza fondamentale nel raggiungimento dell'obiettivo zero emissioni entro il 2050. Infatti, a livello globale ogni settore potrebbe ridurre drasticamente, se non dimezzare le proprie immissioni già entro il 2030 mettendo in atto diverse strategie:

- Settore energetico: rappresenta senza dubbio uno dei settori cruciali che richiede dei

cambiamenti importanti, soprattutto nella riduzione dell'utilizzo dei combustibili fossili a favore di combustibili alternativi come i biocarburanti (che inoltre hanno una maggiore efficienza energetica). Nel settore energetico i sistemi di cattura e stoccaggio della CO<sub>2</sub> (spiegati nel dettaglio più avanti) potrebbero essere utili durante la fase di transizione verso una produzione più sostenibile.

- Gli stili di vita delle popolazioni: come abbiamo visto nel paragrafo precedente, il calcolo dell'impronta ecologica e di carbonio dipende dallo stile di vita complessivo della popolazione. Nei calcolatori dell'impronta ecologica, infatti, ci viene richiesto in quale stato del mondo viviamo. Questo perché i servizi di cui usufruiamo come i trasporti, l'industria, l'edilizia, ecc., influiscono sulla nostra impronta ecologica. Ad esempio, è virtuoso spostarsi con un autobus invece che con una macchina, ma influirà notevolmente di più se il Comune in cui viviamo ha deciso di utilizzare autobus elettrici ad alta efficienza al posto di vecchi bus a motore termico. Soprattutto perché ad usufruire di tale servizio non sarà solo una persona ma buona parte della popolazione. Pertanto, le scelte individuali sono importanti tanto quanto le scelte che vengono prese per la collettività. L'IPCC stima che grazie ad un connubio



di politiche efficaci, infrastrutture migliorate e tecnologie avanzate si potrebbe arrivare entro il 2050 ad una riduzione dei gas serra in questo campo tra il 40% e il 70%.

- Le aree urbane: la pianificazione territoriale delle città è necessaria sia per la mitigazione dei cambiamenti climatici sia per offrire alla popolazione un maggiore benessere. Gli interventi da attuare riguardano il miglioramento dell'efficienza energetica delle reti di elettrificazione, dell'edilizia ma soprattutto del miglioramento della capacità di assorbimento del carbonio. Le aree urbane, infatti, sono carenti di alberi, suolo e acqua che sono i maggiori sequestratori di carbonio. È necessario quindi progettare delle aree verdi la cui capacità di sequestro della CO<sub>2</sub> sia, almeno in parte, adeguata alle emissioni urbane. Tale capacità può essere poi integrata con diversi ritrovati tecnologici che permettono di catturare

le molecole di anidride carbonica e in alcuni casi persino di riutilizzarla (ad esempio in campo alimentare).

- Settore industriale: la sua riconversione è strettamente legata al settore energetico e prevede l'abbandono di combustibili fossili e l'utilizzo di energie pulite e rinnovabili. Ulteriori innovazioni devono essere apportate anche alla quantità e qualità di prodotti finiti e alle tipologie di materie prime utilizzate (si veda a proposito il paragrafo 6.3.1) sull'economia circolare). Per le industrie pesanti, durante la fase di transizione verso una produzione maggiormente sostenibile, possono essere utilizzati dei sistemi di cattura e stoccaggio dell'anidride carbonica. La riconversione delle industrie richiede ingenti investimenti e politiche attive che guidino questa transizione.

- Settore dei trasporti: anche il futuro di questo settore dipende strettamente dalla ri-

conversione del settore energetico. Nello specifico però la produzione di veicoli con motori ibridi o elettrici ha già notevolmente modificato la mobilità personale. Ulteriori progressi nel campo di queste tecnologie potrebbero portare alla riconversione del settore della logistica, con l'elettificazione dei camion da affiancare ad un sempre più efficiente trasporto su rotaia. Tali tipologie di mezzi però richiedono un'estesa rete infrastrutturale per lo spostamento e la disponibilità di energia elettrica. Nel settore navale e aereo i biocarburanti e i carburanti ad idrogeno rappresentano già una valida alternativa da sviluppare su larga scala.

In alcuni casi la riduzione delle emissioni deve avvenire utilizzando un ulteriore strumento di mitigazione che è la rimozione attiva dell'anidride carbonica dall'atmosfera, soprattutto perché esistono ancora dei settori in cui la riconversione può risultare lenta e difficoltosa. Esistono differenti modalità per mettere in atto questa strategia: la rimozione biologica, che prevede il ripristino delle strutture naturali deputate al sequestro della CO<sub>2</sub> (ad esempio riforestazione o ripristino del suolo consumato); la rimozione geochimica, che si basa su sostanze inerti che bilanciano gli effetti dell'anidride carbonica (es. l'alcalinizzazione degli oceani), la rimozione chimica, che

prevede il sequestro della CO<sub>2</sub> direttamente dall'aria. Il metodo biologico attualmente è quello più diffuso, mentre gli altri sono ancora in fase di sperimentazione.

In particolare, uno metodo chimico che può essere utilizzato per i settori maggiormente inquinanti, prevede dei sistemi sperimentali per la cattura e lo stoccaggio del carbonio in impianti sotterranei (Carbon Capture and Storage – CCS). Questi impianti catturano la CO<sub>2</sub> emessa attraverso i sistemi di scarico e la comprimono per renderla liquida. Questa successivamente è trasportata e immagazzinata in giacimenti esauriti di carbone o di petrolio sotterranei. I CCS possono essere utili soprattutto alle industrie pesanti come quelle della produzione dell'acciaio, del ferro, dell'alluminio, le raffinerie e le cartiere che hanno dei livelli di emissioni notevoli. D'altro canto, è evidente che i CCS possono rappresentare solo una soluzione temporanea. Le raccomandazioni dei ricercatori internazionali, infatti, si focalizzano sull'affiancamento di queste nuove tecnologie a cambiamenti nell'utilizzo delle fonti di energia (dalle fonti di energia fossili a quelle rinnovabili) e a investimenti in una produzione più sostenibile, poiché l'obiettivo principale è ridurre le emissioni e non semplicemente trasformarle e immagazzinarle.

Attualmente le politiche di mitigazione incontrano delle difficoltà nella loro attuazione per via degli ingenti costi a cui le imprese o interi settori pubblici devono far fronte. Ma citando le parole del rapporto dell'IPCC "Il punto non è solo quanto costa la transizione a un mondo a basso contenuto di carbonio. Il punto rilevante è anche capire quanto costa non attivare subito la transizione" (IPCC, 2022).

Quello che è importante capire è che i benefici economici derivanti dalla riduzione delle emissioni sono differenti dai

costi necessari per metterla in atto. Ovviamente sono state prodotte diverse proiezioni che si diversificano al variare delle condizioni e delle politiche di ogni Stato. In ogni caso, limitare l'innalzamento della temperatura a 1,5° entro il 2050 porterebbe ad un aumento del PIL mondiale dello 0,1%, includendo i costi per la transizione ecologica. Inoltre, sempre secondo queste stime, una mancata azione in termini di mitigazione dei cambiamenti climatici porterebbe, sul lungo periodo, a costi più elevati di quelli necessari per





## COME COMBATTERE I CAMBIAMENTI CLIMATICI

### L'ADATTAMENTO

#### 6.3. Cosa si può fare 2: l'adattamento

L'adattamento è un meccanismo messo in atto nel mondo naturale per la sopravvivenza della specie e si trova alla base del meccanismo evolutivo. Anche gli esseri umani devono essere in grado di adattarsi alle mutate condizioni ambientali causate dai cambiamenti climatici. Adattarsi pertanto significa intraprendere azioni di prevenzione o di modifica dei modelli produttivi o culturali per limitare i danni dei cambiamenti climatici.

L'adattamento è necessario per tre motivazioni principali:

- I cambiamenti climatici sono già in atto e i loro impatti sul territorio provocano danni ingenti in termini infrastrutturali, economici e sociali. Pertanto, limitarli è imprescindibile.

- Non sono in programma politiche drastiche e immediate sia a livello nazionale che sovranazionale di limitazione delle emissioni di gas serra in atmosfera.

- Anche se si raggiungesse in pochissimo tempo la neutralità carbonica, il clima impiegherebbe molto tempo prima di tornare ai livelli preindustriali. Durante questo periodo di tempo l'impatto dei cambiamenti climatici sarebbe ancora rilevante. L'IPCC indica per ogni settore un rischio legato ai cambiamenti climatici, definito da valori di pericolosità, esposizione e vulnerabilità (si veda a riguardo il paragrafo 4.3), e un valore di resilienza, ovvero la capacità di un sistema di riprendersi a seguito di un disturbo. I settori più deboli sono quelli con alto rischio e bassa resilienza poiché sono

maggiormente danneggiati dai cambiamenti climatici ed è in questi settori che è prioritario concentrare le azioni di adattamento.

L'adattamento, così come la mitigazione, deve essere oggetto di normative a livello nazionale e sovranazionale. Pertanto, l'Agenzia Europea dell'Ambiente ha attivato nel 2012 la piattaforma Climate-ADAPT, la cui versione italiana è curata dall'ISPRA con lo scopo di fornire ai policy maker europei e nazionali gli ultimi dati scientifici in materia di cambiamenti climatici e di adattamento. Successivamente, nel 2013 l'UE ha adottato la Prima Strategia Europea di Adattamento ai Cambiamenti Climatici i cui obiettivi principali erano promuovere negli Stati membri l'adozione di misure di adat-



#### APPROFONDIAMO

##### La piattaforma europea e quella italiana per l'adattamento ai cambiamenti climatici

Per un approfondimento sulle ricerche scientifiche in materia di adattamento ai cambiamenti climatici è possibile consultare le due Piattaforme per l'adattamento ai cambiamenti climatici. Per visitare il sito della piattaforma europea [Clicca qui](#)

Per visitare il sito della piattaforma italiana curata dall'ISPRA [Clicca qui](#)



tamento, la raccolta di dati scientifici sui cambiamenti climatici e integrare le politiche nazionali e locali già in atto.

L'Italia ha dato avvio al proprio percorso nazionale di adattamento nel 2012, adottando nel 2015 la Strategia Nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici (Ministero della Transizione Ecologica, 2016). Tale strategia definiva 18 settori più alcune aree speciali insieme a piani di adattamento da realizzare entro tre periodi temporali (2020; 2030; 2050). È invece ancora in fase di approvazione da giugno 2018 il Piano Nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici (Ministero della Transizione Ecologica, 2020).

Tale piano classifica le diverse azioni da intraprendere in 5 macrocategorie:

- 1 Informazione
- 2 Governance
- 3 Processi organizzativi e partecipativi
- 4 Azioni di adeguamento e miglioramento di impianti e infrastrutture
- 5 Soluzioni basate sui servizi ecosistemici

Le suddette macroaree sono a loro volta divise in categorie, misure da adottare, obiettivi, settori di applicazione e periodo di realizzazione. È interessante sottolineare che il piano di adattamento non prevede solo macrocategorie di adattamento politiche o infra-



### APPROFONDIAMO il Piano Nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici

Per un approfondimento sul Piano di adattamento ai cambiamenti climatici si può consultare direttamente il testo in fase di approvazione. [Clicca qui](#)



strutturali: la prima macrocategoria riguarda proprio l'implementazione della raccolta di dati scientifici il cui scopo è sostenere le decisioni politiche e la sensibilizzazione della popolazione riguardo ai cambiamenti climatici. Le azioni di adattamento che possono essere introdotte sono molto eterogenee. Ad esempio, a Los Angeles sono state dipinte le strade di bianco per mitigare gli effetti delle isole di calore, ovvero quelle zone ad alta temperatura che si formano nei nuclei cittadini (una strada bianca ha un albedo più alto di una strada di colore scuro); a Tokio è stata realizzata una vastissima rete sotterranea di cisterne antiallagamento in cui defluisce l'acqua piovana derivante dalle bombe d'acqua che, anche in questo territorio, hanno aumentato la loro intensità e la loro frequenza; in provincia di Varese è stato realizzato un impianto di fitodepurazione

fluviale che oltre a migliorare la qualità dell'acqua dei fiumi della regione ha contribuito all'aumento della biodiversità. Questi sono solo alcuni esempi di adattamenti all'impatto dei cambiamenti climatici messi in campo in maniera strutturale dagli enti pubblici e privati, ma è bene ricordare che le strategie di adattamento possono essere applicate anche a tutti gli ambiti della nostra vita quotidiana, partendo dai cambiamenti nelle nostre abitudini alimentari e di consumo, nonché dei nostri comportamenti.

L'economia circolare (che approfondiremo nel capitolo successivo) ad esempio rappresenta un modello economico che modifica notevolmente il paradigma di produzione e consumo a cui sono abituate le popolazioni occidentali, con lo scopo di adattare gli stili di vita delle persone alla dimostrata limitatezza delle risorse naturali del pianeta.

### 6.4 Cosa si può fare 3: l'economia circolare

L'economia circolare è una strategia di adattamento che mira a modificare i modelli di produzione e di consumo della popolazione, in particolare in opposizione all'attuale modello definito "economia lineare".

L'economia lineare si basa sul paradigma "Prendi – Produci – Smaltisci": "prendere" materie prime ex novo per la produzione di beni che, una volta usati, sono gettati e smaltiti. Tale modello non è sostenibile per il pianeta per diversi motivi: le materie prime non sono inesauribili e la loro distribuzione non è uniforme sul pianeta Terra, lo smaltimento dei rifiuti non è sempre possibile in tempi brevi e sono tutti processi molto inquinanti.

Tipica dell'economia lineare è l'obsolescenza programmata, ovvero un'impostazione del prodotto per cui il suo ciclo di vita viene definito a priori in fase di produzione e non dipende dal comportamento del consumatore (e della cui durata egli non è a conoscenza).

Questa tecnica aziendale mira a creare nel consumatore un bisogno, dal momento che l'oggetto che possiede finirà inevitabilmente per non funzionare più. È una tecnica apertamente mirata ad aumentare i consumi, tanto che, negli anni 30, venne proposto in America di imporla per legge per incentivare gli acquisti di beni, dopo il calo registrato a causa della Grande Depressione. Ovviamente è una pratica non sostenibile poiché crea una quantità notevole di prodotti che devono essere gettati come rifiuti e ricomprati. L'economia circolare invece si basa sul paradigma delle 4 R: "Riduci – Ripara – Riusa – Ricicla". L'obiettivo è quello di riuscire ad aumentare quanto più possibile il ciclo di vita dei prodotti e solo successivamente riciclare le componenti da reimmettere nel ciclo produttivo.

• **Riduci:** il numero di rifiuti. La prima delle 4 R prende in considerazione la produzione degli oggetti di scarto, invitando a riflettere sulle abitudini di consumo. In particolare, ponendo attenzione alla qua-

lità e quantità degli imballaggi dei prodotti di consumo quotidiano, alla predilezione per aziende che hanno operato delle scelte virtuose in termini di salvaguardia ambientale o alla preferenza per prodotti che possiedono un ciclo di vita più lungo.

• **Ripara:** gli oggetti che si rompono. Riparare gli oggetti che si rompono invece di smaltirli aiuta ad aumentare il loro ciclo di vita e riduce il numero di rifiuti prodotto a livello globale.

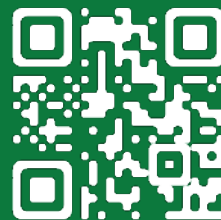
• **Riusa:** gli oggetti che non sono più riparabili in contesti differenti. Un oggetto che non può più svolgere la sua funzione originaria può sempre essere utile in altro modo ed avere una nuova vita

• **Ricicla:** ciò che non può essere riparato o riusato. Ogni oggetto è composto da diversi materiali che possono essere riciclati e reimmessi sotto forma di materie prime nel processo produttivo. Ciò aiuta non solo a diminuire la quantità di rifiuti da smaltire ma anche la pressione sulla disponibilità di materie prime. Un esempio sono i polimeri per le stampanti 3D realizza-



### APPROFONDIAMO - I RAEE

Per un approfondimento sui Rifiuti di Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche, il loro ciclo di vita, l'etichettatura e lo smaltimento si può far riferimento al sito della Commissione Europea. [Clicca qui](#)





ti con il riciclo delle plastiche dei RAEE (Rifiuti di Apparecchiature Elettriche ed Elettrodomestici).

Tipica dell'economia circolare è la sharing economy, ovvero l'economia della condivisione. Maggiore espressione della sharing economy è la sharing mobility, ovvero la mobilità condivisa che prevede servizi come il car pooling, il car/scooter/bike sharing: la popolazione può usufruire per spostamenti personali di mezzi comuni, tendenzialmente sostenibili (come le biciclette e gli scooter elettrici) senza necessità di acquistarli. In questo modo si ha una riduzione notevole della produzione di mezzi per la mobilità, beni il cui riciclo delle componentistiche è piuttosto limitato. Inoltre, il prodotto viene utilizzato da chiunque ne abbia necessità e solo per il tempo necessario allo spostamento, senza bisogno di acquistarlo, aumentando la qualità della mobilità degli utenti, il risparmio legato alla mobilità ed evitando che il prodotto acquistato rimanga inutilizzato.

L'Italia ha emanato il 24 giugno 2022 due decreti: la "Strategia nazionale per l'Economia Circolare" e il "Programma nazionale per la gestione dei rifiuti", essenziali poiché recepiscono delle direttive europee necessarie per l'attuazione del PNRR. Gli obiettivi di questi decreti sono

molto rilevanti:

- Creazione di un sistema di tracciabilità dei rifiuti con l'introduzione di un Registro Elettronico Nazionale per la Tracciabilità dei Rifiuti (RENTRI).
- Erogazione di incentivi fiscali alle aziende che si occupano di riciclo e utilizzo di materie prime seconde (MPS), ovvero materie prime derivanti da scarti di produzione che invece di essere smaltiti possono essere reimmessi nel ciclo produttivo.
- Revisione del sistema di tassazione dei rifiuti, con incentivi al riciclo e aumento delle tasse per le aziende che utilizzano pratiche di smaltimento

tradizionali.

- Incentivi al riutilizzo e alla riparazione introducendo cambiamenti nella garanzia e nell'etichettatura dei prodotti con un ciclo di vita di lunga durata.
- Aggiornamento dei regolamenti che disciplinano i processi di recupero dei rifiuti per la trasformazione in nuove materie prime (regolamenti End of Waste - EoW).
- Redazione di Criteri Minimi Ambientali più stringenti per le forniture di prodotti e servizi alla pubblica amministrazione.

I vantaggi dell'economia circolare sono molteplici:



**Lo schema dell'economia circolare.** L'economia circolare si basa sul paradigma delle 4 R: "Riduci – Ripara – Riusa – Ricicla". L'obiettivo è quello di riuscire ad aumentare quanto più possibile il ciclo di vita dei prodotti e solo successivamente riciclare le componentistiche da reimmettere nel ciclo produttivo. Fonte: Frongia, 2022.

## COME COMBATTERE I CAMBIAMENTI CLIMATICI SENSIBILIZZARE

A breve termine si produce immediatamente una riduzione della domanda di beni e della quantità di rifiuti prodotta, pertanto anche di energia richiesta per la loro produzione e smaltimento nonché degli inquinanti prodotti durante questo processo.

A medio termine le aziende potranno fare affidamento su un maggior numero di materie prime, a costi meno elevati, saranno spinte ad investire in ricerca e innovazione per diversificare la produzione.

A lungo termine i consumatori beneficeranno di prodotti di alta qualità, all'avanguardia e con cicli di vita più lunghi.

La transizione da un'economia lineare ad un'economia circolare richiede investimenti da parte delle istituzioni e delle aziende, ma anche un cambiamento di paradigma culturale da realizzare soprattutto nei paesi industrializzati.

### 6.5 Cosa si può fare 4: sensibilizzare

Diffondere la cultura del cambiamento combattendo le fake news

Prima di analizzare nello specifico le buone pratiche che possono essere messe in atto, è necessario considerare l'importanza di sensibilizzare le persone sui cambiamenti climatici e sulle gravi conseguenze che ne derivano. Le strategie di adattamento e mitigazione, infatti, sono efficaci solamente se si produce nella società un cambiamento culturale e sociale: una maggiore attenzione all'ambiente e una coscienza sulla pericolosità e sull'attualità degli impatti dei cambiamenti climatici. Per far ciò esistono diversi strumenti, dalle fonti di informazione al coinvolgimento attivo.

Ogni persona può essere testimone delle buone pratiche che ha messo in atto, e allo stesso tempo sensibilizzare l'opinione pubblica sulle cause e sulle conseguenze dei cambiamenti climatici. Per far ciò però è necessario porre moltissima attenzione perché da quasi 30 anni i cambiamenti climatici e il surriscaldamento globale sono al centro di moltissime notizie false (fake news). Queste sono attualmente molto diffuse, soprattutto grazie all'aumentata velocità di circolazione dell'in-

formazione dovuta alle nuove ICT (dall'inglese Information and Communications Technology, tecnologie dell'informazione e della comunicazione). Allo stesso modo la velocità di circolazione dell'informazione può essere utile per sensibilizzare una fetta molto ampia della popolazione sui cambiamenti climatici e sulle azioni che devono essere compiute per contrastarli.

D'altronde lo stesso Piano Nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici prevede come prima macrocategoria lo studio delle fonti e dei dati scientifici e la divulgazione alla popolazione. Per questo è necessario essere sempre informati in maniera corretta poiché purtroppo, anche i cambiamenti climatici sono al centro di moltissime fake news.

#### 6.5.1 Le fake news sui cambiamenti climatici e le fonti autorevoli

Le notizie false sui cambiamenti climatici sono di diversa entità, ma la maggior parte proviene dai movimenti, rilevanti a livello globale, dei negazionisti: si tratta di gruppi di persone che



### APPROFONDIAMO

#### Le fake news sui cambiamenti climatici

Per un approfondimento sulle fake news e i cambiamenti climatici consigliamo la visione di questo interessante speciale di Sky-tg24 della durata di 1 h e 51 minuti. [Clicca qui](#)



negano la presenza di un reale pericolo dovuto ai cambiamenti del clima. Tali movimenti si sono sviluppati a partire dal dagli anni '90 del Novecento e hanno alla base interessi di differente origine (politica, economica, sociale, ecc.). Il messaggio negazionista viene però accolto favorevolmente da una parte della popolazione dei paesi industrializzati a causa dei 5 fattori individuati da Stoknes e citati nell'introduzione a questo capitolo. L'IPCC definisce gli aderenti a questi movimenti "clima-confusionisti".

I movimenti "clima-confusionisti" basano le loro argomentazioni principalmente su tre punti fondamentali:

- Confondere volutamente eventi meteorologici e variazioni climatiche.
- Gli ingenti fondi che i governi dovrebbero sostenere per contrastare i cambiamenti climatici
- Differenti priorità a cui potrebbero essere destinati tali fondi (fame nel mondo, diffusione di malattie, povertà, ecc).

Questi punti sono validi solo in apparenza, poiché, quando approfonditi si rileva l'insussistenza di tali posizioni. I cambiamenti climatici sono in atto e sono un pericolo reale come dimostrato da numerose pubblicazioni scientifiche validate e riassunte dall'IPCC nei suoi rapporti annuali. Il costo elevato delle iniziative necessarie a mitigare, prevenire e contrastare gli effetti dei cambiamenti climatici sono sul lungo perio-

do inferiori ai costi economici e sociali dei cambiamenti climatici. Infine, alcuni dei problemi mondiali percepiti come priorità sono strettamente legati alla crisi climatica in corso.

Per contrastare tale disinformazione, ciò che raccomandiamo è di fare affidamento a fonti scientifiche competenti in materia. L'organismo più competente in materia di cambiamenti climatici è sicuramente il "The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)". Questo organismo delle Nazioni Unite si occupa di valutare le pubblicazioni scientifiche in materia di cambiamenti climatici per fornire ai policymaker di tutto il mondo solide basi scientifiche per le politiche di contrasto ai cambiamenti climatici. Ogni anno l'IPCC effettua una revisione della letteratura scientifica sull'argomento e pubblica un rapporto che è considerato il più autorevole in materia. Tale report è una pubblicazione di taglio scientifico estremamente dettagliata di più di mille pagine. È però importante conoscerla poiché ci permette considerare attendibili tutte quelle fonti che vengono citate e prese in considerazione dall'IPCC o che nelle loro pubblicazioni utilizzano dati e riferimenti a tale report.

Altre organizzazioni che si occupano di cambiamenti climatici e che pubblicano costantemente rapporti e ricerche utilizzando i dati più aggiornati sono: l'UNEP (United Nations

Environment Programme), la WMO (World Meteorological Organization) e l'UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization). Dati aggiornati vengono, inoltre, forniti dalla Banca Mondiale (i cui dati sono consultabili direttamente sul loro sito o tramite le elaborazioni di Google Dati). Infine, Our World in Data (<https://ourworldindata.org>) è un sito web affidabile in cui è possibile consultare dati e grafici riguardanti differenti tematiche, tra cui i cambiamenti climatici. Quest'ultimo è un progetto risultato dalla collaborazione tra i ricercatori dell'Oxford Martin Program on Global Development presso l'Università di Oxford, che forniscono i contributi scientifici del sito web, e il Global Change Data Lab, che si occupa dell'interfaccia grafica digitale. Le fonti dei dati sono differenti a seconda del dell'argomento selezionato.

Inoltre, anche alcuni social media, come Facebook, si sono mossi per combattere la disinformazione riguardo ai cambiamenti climatici, creando il "Centro sulle Scienze Climatiche", che riporta in maniera fruibile, le informazioni scientifiche dell'IPCC.





## **APPROFONDIAMO** **Il centro sulle Scienze Climatiche**

Per un approfondimento sulle fake news e i cambiamenti climatici consiglia-  
Per un approfondimento sulla mobilitazione dei social media in merito al con-  
trasto alle fake news sui cambiamenti climatici potete visitare il Centro sulle  
Scienze Climatiche di Facebook. [Clicca qui](#)



### **6.5.2 Come difendersi dalle fake news**

Non esiste alcuna certezza di non essere vittime, in prima persona, di fake news ma ciò che è importante è essere attivi nell'evitare la diffusione di tali notizie.

Esistono però delle regole che sicuramente possono essere utili nel valutare una notizia:

- Leggere: leggere attentamente la notizia, non fermarsi solamente al titolo.
- Approfondire: questa notizia si trova riportata con gli stessi dettagli su altri canali informativi di

diverse "fazioni"?

- Valutare: che tipologia di informazione viene tramessa dalla notizia?
- Riflettere: se si ha intenzione di condividerla sui social, perché lo si sta facendo? È una notizia utile? Si sono effettuati i passaggi precedenti? È ripetitiva?
- Ritrattare: se la notizia si rivela una fake news è importante rimuoverla nel caso in cui sia stata condivisa sui propri canali social. Questo sarà utile a non darle maggiore visibilità. Se invece è stata condivisa da un contatto è bene avvisarlo in ma-

niera garbata. È importante citare la fonte da cui si è scoperto che si tratta di una fake news e usare la propria esperienza passata ("anche io l'avevo condivisa!"), questo aiuterà ad essere più empatici e più incisivi.

- Segnalare: spesso chi condivide le fake news agisce inconsapevolmente ma chi le crea no! I social network hanno inserito da tempo la possibilità di segnalare notizie false attraverso un sistema automatico. Se ci si trova un gruppo, su una pagina o su un forum è buona norma farlo presente agli amministratori o ai moderatori.





## Come verificare una notizia

Verificare la fonte: controllate la fonte da cui deriva la notizia, indagate sul sito o sulla testata giornalistica. Diffidate da notizie senza fonte. Leggete bene il titolo del sito, alcuni siti di satira hanno nomi volutamente ironici come Lercio, il Quotidaino, il Corriere del Corsaro, etc.

Non fermarsi al titolo: spesso il titolo non rispecchia il contenuto dell'articolo e viene volutamente esagerato per attirare like, condivisioni e click soprattutto sui social. Diffidate dai titoli volutamente clickbaiting (quelli costruiti ad esempio come +++Incredibile, nessuno ci poteva credere...+++).

Verificare le fonti citate e l'autore: nell'articolo sono citate fonti autorevoli a sostegno della tesi o in alternativa l'autore è competente in materia (se si tratta di scienza, ad esempio, è uno scienziato con pubblicazioni all'attivo?). Fai una piccola ricerca sulle fonti e sull'autore: la maggioranza delle fonti autorevoli è a sostegno della notizia?

Fare attenzione alla data: può capitare di imbattersi in notizie che ormai sono superate, pensiamo solo a come si è evoluta l'informazione in questi anni in merito al COVID-19.

Chiedi a chi ne sa più di te: se non sei in grado di capire se una notizia è vera o meno non c'è alcun problema è normale che ci siano dei campi in cui non siamo ferrati: questo vale anche per gli esperti, ognuno è competente nel proprio campo. Se abbiamo qualche dubbio quindi chiediamo a chi ne sa più di noi.

Fare attenzione ai nostri pregiudizi: spesso tendiamo a fidarci di notizie che confermano le nostre convinzioni. Internet e i social inoltre tendono a fornirci questo tipo di informazioni prioritariamente rispetto ad altre (anche se non vere).



### APPROFONDIAMO La quantità pro capite di CO2

Per un approfondimento e una comparazione sulla quantità di CO2 pro capite immessa in atmosfera per ogni stato si possono visualizzare i grafici interattivi di Our World in Data. [Clicca qui](#)



#### 6.6 Cosa si può fare 5: agire

##### Le buone pratiche

Le azioni virtuose che possono essere messe in atto per combattere i cambiamenti climatici sono numerose. Le buone pratiche personali sono importantissime perché aiutano a modificare lo stile di vita complessivo della popolazione, che, come abbiamo visto nei capitoli precedenti, è un tassello fondamentale in termini di sostenibilità. Secondo la campagna ACT NOW delle Nazioni Unite (United Nation, s.d.) le azioni fondamentali da mettere in pratica sono 10:



##### 1) Risparmiare energia

La maggior parte dell'elettricità e del riscaldamento casalingo, dipende ancora da fonti energetiche come carbone, petrolio e derivati e gas. Si può ridurre il consumo di questi combustibili riducendo il riscaldamento e il raffreddamento, sostituendo le lampadine a incandescenza o alogene con quelle a LED e

gli elettrodomestici obsoleti con quelli ad alta efficienza energetica (ad esempio sostituire il forno a gas con uno elettrico può ridurre le emissioni di circa 900 chilogrammi di CO2 all'anno), lavando il bucato con acqua fredda o appendendo le cose ad asciugare all'aria aperta invece di usare un'asciugatrice. È possibile risparmiare energia inoltre migliorando l'efficienza energetica della casa, ad esempio attraverso un migliore isolamento termico.



##### 2) Guidare meno: spostarsi a piedi, in bicicletta o con i mezzi pubblici

Le strade del mondo sono intasate da veicoli, la maggior parte dei con motori termici a diesel o a benzina. Camminare o andare in bicicletta per gli spostamenti brevi, riduce la congestione del traffico e le emissioni di gas serra, oltre che aiutare la salute e forma fisica, riducendo il rischio di malattie cardiovascolari e di obesità. Per spostamenti più lunghi per cui si ne-

cessità di un mezzo a motore si possono valutare alternative come autobus, treni, ma anche car sharing e car pooling. È stato stimato che vivere senza possedere un'auto può ridurre l'impronta di carbonio fino a 2 tonnellate di CO2.



##### 3) Mangiare più verdure

Mangiare più verdure, frutta, cereali integrali, legumi, noci e semi, e meno carne e latticini può ridurre significativamente l'impatto ambientale. La produzione di alimenti a base vegetale generalmente comporta meno emissioni di gas serra e richiede meno energia, terra e acqua. Il passaggio da una dieta mista a una vegetariana può ridurre l'impronta di carbonio fino a 500 chilogrammi di CO2 all'anno (o fino a 900 chilogrammi per una dieta vegana).





#### **4) Volare meno**

Gli aeroplani consumano grandi quantità di combustibili fossili, producendo significative emissioni di gas serra. Pertanto, viaggiare in aereo ha un significativo impatto sull'impronta ecologica. Quando possibile opta per soluzioni più sostenibili come, ad esempio, il treno o un volo di ritorno a lungo raggio, che ad esempio contribuiscono a ridurre l'impronta di carbonio fino a quasi 2 tonnellate di CO<sub>2</sub>.



#### **5) Ridurre gli sprechi alimentari**

Quando il cibo viene buttato vengono sprecate tutte le risorse e l'energia necessarie per coltivarlo, produrlo, trasformarlo, confezionarlo e trasportarlo (al contrario di altri beni il cibo che viene gettato non è stato utilizzato). Inoltre, quando il cibo marcisce nelle discariche, produce metano, un potente gas serra.

È importante fare attenzione alla quantità e qualità di ciò che si compra, e in caso di avanzzi, invece di gettarli è preferibile compostarli in casa. Ridurre gli sprechi alimentari può contribuire a diminuire l'impronta di carbonio fino a 300 chilogrammi di CO<sub>2</sub>e all'anno.



#### **6) Ridurre, riutilizzare, riparare e riciclare**

L'elettronica, i vestiti e altri articoli che acquistiamo causano emissioni di carbonio ad ogni fase della produzione, a partire dall'estrazione delle materie prime, passando per il processo di produzione, fino al trasporto. Per tutelare l'ambiente è possibile ridurre i consumi comprando meno cose, acquistando oggetti di seconda mano, riparando ciò che può essere riparando e infine riciclando i rifiuti. Ogni chilogrammo di tessuto prodotto genera circa 17 chilogrammi di CO<sub>2</sub>. La diminuzione nell'acquisto di vestiti nuovi - e altri beni di consumo - può ridurre l'impronta di carbonio e aiutare a ridurre gli sprechi.



#### **7) Utilizzare energie rinnovabili**

È possibile chiedere al proprio fornitore di energia se quella fornita alla propria tua abitazione deriva da petrolio, carbone o gas o da fonti rinnovabili. In alcuni casi è possibile chiedere esplicitamente il passaggio a

fonti rinnovabili. In aggiunta si possono installare dei pannelli solari o fotovoltaici o delle piccole pale eoliche per produrre energia rinnovabile in maniera autonoma. Il passaggio ad energie rinnovabili può contribuire a ridurre l'impronta di carbonio fino a 1,5 tonnellate di CO<sub>2</sub> all'anno.



#### **8) Passare a un veicolo elettrico**

Nel caso di un cambio di automobile, considera di acquistare un veicolo con motore ibrido o elettrico. Le auto elettriche aiutano a ridurre l'inquinamento atmosferico e causano significativamente meno emissioni di gas serra rispetto ai veicoli a benzina, diesel o gas. I due problemi principali delle auto elettriche riguardano la produzione di energia elettrica per l'alimentazione, che avviene ancora tramite i combustibili fossili e il fatto che le batterie e i motori richiedono minerali rari che spesso comportano elevati costi ambientali e sociali. Ad ogni modo il passaggio da un'auto a benzina o diesel a un veicolo elettrico può ridurre l'impronta di carbonio fino a 2 tonnellate di CO<sub>2</sub> all'anno mentre un veicolo ibrido fino a 700 chilogrammi di CO<sub>2</sub> all'anno.



### 9) Dai potere alle tue spese

Tutte le attività per cui spendiamo soldi influiscono sul Pianeta. Il consumatore, con i suoi acquisti, ha il potere di scegliere quali aziende supportare. Per ridurre il proprio impatto ambientale, si può optare per prodotti di aziende che utilizzano le risorse in modo responsabile e si impegnano a ridurre le emissioni di gas e gli sprechi. Anche l'investimento di denaro è importante: si può scegliere se investire in aziende virtuose ecosostenibili riducendo notevolmente l'impronta di carbonio.



### 10) Diffondere le buone pratiche

È essenziale che tali buone pratiche siano adottate su larga scala soprattutto nei paesi industrializzati. Uno dei modi più rapidi ed efficaci per fare la differenza è diffonderle quotidianamente nel proprio ambiente: con i vicini, i colleghi, gli amici e i familiari. È anche possibile creare consapevolezza condividendo campagne sui social

media o sottoscrivendo appelli ai leader locali e mondiali affinché agiscano immediatamente. Agire per la tutela del clima è un compito comune e riguarda tutti.

Alcune buone pratiche elencate a livello personale richiedono degli interventi strutturali come, ad esempio, migliorare l'efficienza energetica delle abitazioni, scegliere delle auto con motore elettrico o ibrido, optare per elettrodomestici che abbiano classi di efficienza elevate. Ovviamente non è possibile una riconversione repentina, ma sono indicazioni importanti da tenere a mente quando ci si trova nella condizione di ristrutturare casa, riacquistare un'automobile o un elettrodomestico. Non tutte le azioni però sono così impegnative: alcune sono semplici azioni che possono essere svolte quotidianamente da ognuno di noi e hanno un impatto notevole sull'ambiente. Queste azioni, inoltre, se opportunamente divulgate, possono coinvolgere quotidianamente moltissime persone aumentando esponenzialmente l'impatto positivo sul territorio, sull'ambiente e creando cambiamenti nelle abitudini della popolazione.

Di seguito abbiamo raccolto diverse azioni che rientrano nelle categorie individuate dalle Nazioni Unite ma che sono di più immediata applicazione. Sono state divise in azioni da svolgere in casa o fuori casa e

inserite in una scheda che può essere compilata in classe o come compito a casa insieme alla famiglia durante una settimana o un periodo più lungo. L'attività aumenta di efficacia se l'impatto delle azioni viene quantificato in termini di CO<sub>2</sub>, pertanto si consiglia di abbinare, ove possibile, tale scheda al calcolo dell'impronta ecologica. Puoi anche utilizzare l'APP ([CLICCA QUI](#)) sviluppata per la campagna ACT Now delle Nazioni Unite che aiuta a tenere conto sul proprio smartphone delle buone pratiche, offre consigli, stima delle emissioni di gas serra risparmiate e invia dei reminder periodici.



## COME COMBATTERE I CAMBIAMENTI CLIMATICI AGIRE

IN CASA	LUN	MAR	MER	GIO	VEN	SAB	DOM
Mantieni la temperatura dell'ambiente, in inverno tra 19° e 21°							
Se possiedi uno scaldabagno elettrico concentra la sua accensione nell'arco di 8 ore							
Spegni gli elettrodomestici disattivando la funzione standby							
Sostituisci le lampadine di casa con quelle a risparmio energetico							
Chiudi l'acqua mentre quando non è necessaria mentre ti lavi o lavi le stoviglie							
Stacca i caricabatterie dalla presa della corrente elettrica							
Chiudi porte e finestre delle stanze che ha riscaldato o hai raffrescato							
Prima di aprire il frigorifero scegli già gli alimenti che ti servono							
Usa contenitori, piatti, posate e bicchieri riutilizzabili							
Scegli come fonti di energia quelle rinnovabili							
Fai la raccolta differenziata							
Fai la lavatrice e la lavastoviglie solo a pieno carico a bassa temperatura							
Pulisci i filtri della cappa e del condizionatore							
Usa le batterie ricaricabili al posto di quelle usa e getta							
Metti un coperchio sulla pentola quando cucini, soprattutto quando aspetti che l'acqua bolla							
Crea e cura un piccolo spazio verde							
Quando acquisti online cerca i prodotti con l'indicazione della compensazione delle emissioni di CO <sub>2</sub>							
Quando possibile asciuga i panni all'aria aperta e al sole							
Usa carta riciclata							
Riutilizza gli imballaggi dei prodotti prima di gettarli							
Usa prodotti per l'igiene personale biodegradabili o riutilizzabili							
Cucina almeno un pasto vegetariano a settimana							



## COME COMBATTERE I CAMBIAMENTI CLIMATICI AGIRE

Fuori casa	LUN	MAR	MER	GIO	VEN	SAB	DOM
Muoviti a piedi per piccoli spostamenti							
Se possiedi un'auto organizzati con i tuoi colleghi o con i genitori dei compagni di scuola di tuo figlio per organizzare un car pooling							
Al supermercato prediligi prodotti a chilometro 0 e di stagione							
Acquista abiti di seconda mano							
Acquista prodotti con pochi imballaggi o con imballaggi riciclabili							
Fai plogging: è un'attività che unisce raccogliere rifiuti e jogging, è l'atto di raccogliere rifiuti mentre si svolge un'attività fisica							
Se guidi, fallo senza brusche accelerazioni o frenate							
Fai controllare che la pressione delle gomme della macchina sia appropriata							
Diffondi le buone pratiche testimoniandole in prima persona							

### Infine, alcuni consigli:

- Cambia il tuo smartphone o altri elettrodomestici solo quando è necessario, scegliendo prodotti di classe energetica molto alta.
- Non lasciare portabiciclette o portapacchi sulla macchina se non necessari, aumentando la resistenza aerea e aerodinamica fanno consumare più carburante.
- Cambia il modo di viaggiare su lunghe distanze, se non necessario evita l'aereo, prediligi il treno o altri mezzi di trasporto.
- Se utilizzi il car/scooter sharing prediligi i mezzi con motore elettrico o ibrido.



## 6.7 Cosa si può fare 6: adeguare

Le raccomandazioni dell'UNESCO per una scuola "a prova di cambiamenti climatici"

La scuola è centrale nella vita dei giovani, pertanto lo studio dei cambiamenti climatici deve essere integrato all'interno delle istituzioni scolastiche. Ciò deve avvenire in maniera sistematica e non può essere lasciato all'iniziativa del singolo docente. Devono quindi essere pensate e attuate differenti misure per adeguare i curriculum scolastici ad affrontare tali tematiche. Per tale motivo l'UNESCO ha stilato una lista di 7 raccomandazioni necessarie ad ogni scuola del mondo per affrontare al meglio questa tematica.

Le raccomandazioni sono:

1. Far sì che il tema dei cambiamenti climatici sia un argomento chiave nel curriculum scolastico. L'UNESCO, infatti, dopo aver condotto uno studio che ha coinvolto più di 100 nazioni, ha rilevato che i contenuti inerenti ai cambiamenti climatici sono affrontati solo dal 53% dei curriculum scolastici. Inoltre, solo il 40% di questi affronta esaurientemente il tema. È quindi importante che nelle scuole vengano implementate le conoscenze, le competenze degli studenti, i valori e le azioni



che riguardo i temi del cambiamento climatico.

2. È necessario porre maggiore attenzione alla trattazione dei Cambiamenti Climatici nei programmi di studio dei paesi che ne sono maggiormente responsabili: attualmente, i paesi più vulnerabili agli impatti dei cambiamenti climatici hanno dei programmi educativi più incisivi in materia, al contrario delle nazioni che sono in gran parte responsabili delle emissioni di CO<sub>2</sub>. L'educazione al cambiamento climatico dovrebbe essere un tema chiave della formazione, soprattutto in quei paesi che sono maggiormente responsabili della crisi climatica, in modo che l'educazione possa portare i giovani a guidare la trasformazione, ormai

improcrastinabile, delle nostre società.

3. L'educazione al cambiamento climatico dovrebbe essere integrata nelle scuole di ogni ordine e grado: i risultati di un'analisi condotta su 20 profili nazionali indicano che, tra i paesi che hanno attivato una formazione specifica sulle tematiche dei cambiamenti climatici, questa si concentra per lo più a livello primario e secondario e molto meno nell'istruzione e Formazione Tecnica e Professionale (70%), nell'istruzione superiore (70%) e nella formazione degli insegnanti (55%). La transizione ecologica delle nostre società deve essere realizzata con il contributo dell'intera comunità e di tutti gli studenti, appartenenti ad istituti di ogni ordine e grado.

4. I docenti e i dirigenti scolastici devono essere formati per insegnare le tematiche dei cambiamenti climatici: i risultati della ricerca dell'UNESCO rileva che meno del 40% dei docenti ritiene necessario l'insegnamento delle tematiche dei cambiamenti climatici e tra questi, solo 1/3 si ritiene di avere le competenze per spiegare bene gli effetti del cambiamento climatico nel proprio contesto locale. È quindi chiaro che l'educazione ai cambiamenti climatici dovrebbe essere parte integrante della formazione degli insegnanti, qualunque sia la materia che insegnano e a qualunque livello di istruzione.

5. La formazione sulle tematiche dei cambiamenti climatici deve focalizzarsi sia sugli aspetti teorici che sulle azioni da intraprendere: spesso si tende ad analizzare a fondo le cause e le conseguenze dei cambiamenti climatici e a trascurare le azioni da intraprendere per combatterli. Tuttavia, sempre secondo

lo studio dell'UNESCO, mentre circa il 40% degli insegnanti ha padronanza nell'insegnamento delle basi teoriche del cambiamento climatico, solo circa 1/5 è in grado di spiegare bene come agire. Gli insegnanti devono essere pronti a mettersi in campo in prima persona nella lotta ai cambiamenti climatici con strategie olistiche che siano efficaci e di esempio per tutti gli studenti.

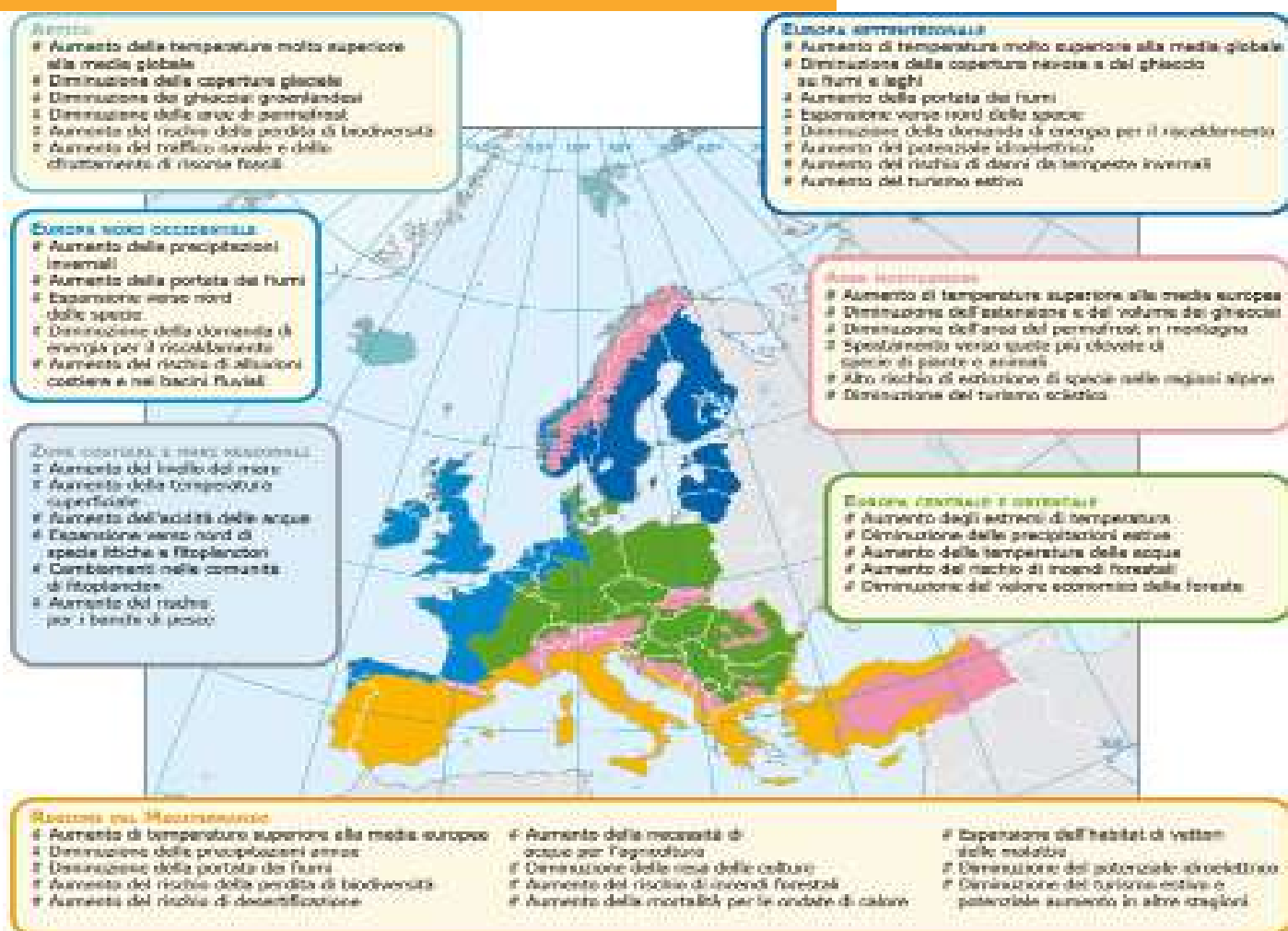
6. L'educazione alle tematiche dei Cambiamenti Climatici dovrebbe essere inserita nelle politiche attuate dalle diverse Nazioni: l'analisi condotta in diversi Stati da parte dell'UNESCO ha rilevato che si stanno verificando cambiamenti positivi nei paesi in materia di comunicazione e istruzione sulle tematiche dei cambiamenti climatici. Sono stati esaminati degli esempi di buone pratiche adottate a livello nazionale dalle quali è emerso che il modello più efficace per realizzare una trasformazione significativa dei sistemi di istru-

zione prevede che la formazione sui cambiamenti climatici sia integrata con le politiche e i programmi nazionali in materia di istruzione.

7. I ministeri dell'Istruzione e dell'Ambiente possono, e devono, lavorare insieme per promuovere l'educazione al cambiamento climatico: Molti esempi di buone pratiche provenienti da tutto il mondo hanno dimostrato che si crea un impatto maggiore quando c'è collaborazione tra ministeri responsabili dell'istruzione, dell'ambiente e dello sviluppo sostenibile riguardo la promozione sui cambiamenti climatici. È ormai improrogabile garantire che tutti gli studenti e i docenti, ma in particolare le persone, siano preparate ad affrontare la più grave e impegnativa sfida del nostro tempo.

Ogni scuola dovrebbe riuscire ad attuare queste raccomandazioni, lavorando insieme alle amministrazioni locali e nazionali per raggiungere anche gli obiettivi più impegnativi.





Questa è una mappa dell'Unione Europea e per ogni zona climatica sono riportati i maggiori impatti dei cambiamenti climatici registrati. Affronta queste tematiche con la tua classe e assegna una ricerca individuale o di gruppo specifica sulle differenti Nazioni o fasce climatiche. Gli studenti dovranno ricercare tra le notizie di attualità almeno un evento, tra quelli riportati nella lista, che si è verificato nella fascia climatica o nella Nazione scelta e approfondirne i danni in termini sociali, economici e naturali. Puoi anche scegliere di focalizzarti solo sulla nostra regione mediterranea. In alternativa puoi selezionare alcune notizie di cronaca e chiedere in classe agli studenti di associarle alla lista e quindi alla zona climatica di riferimento.

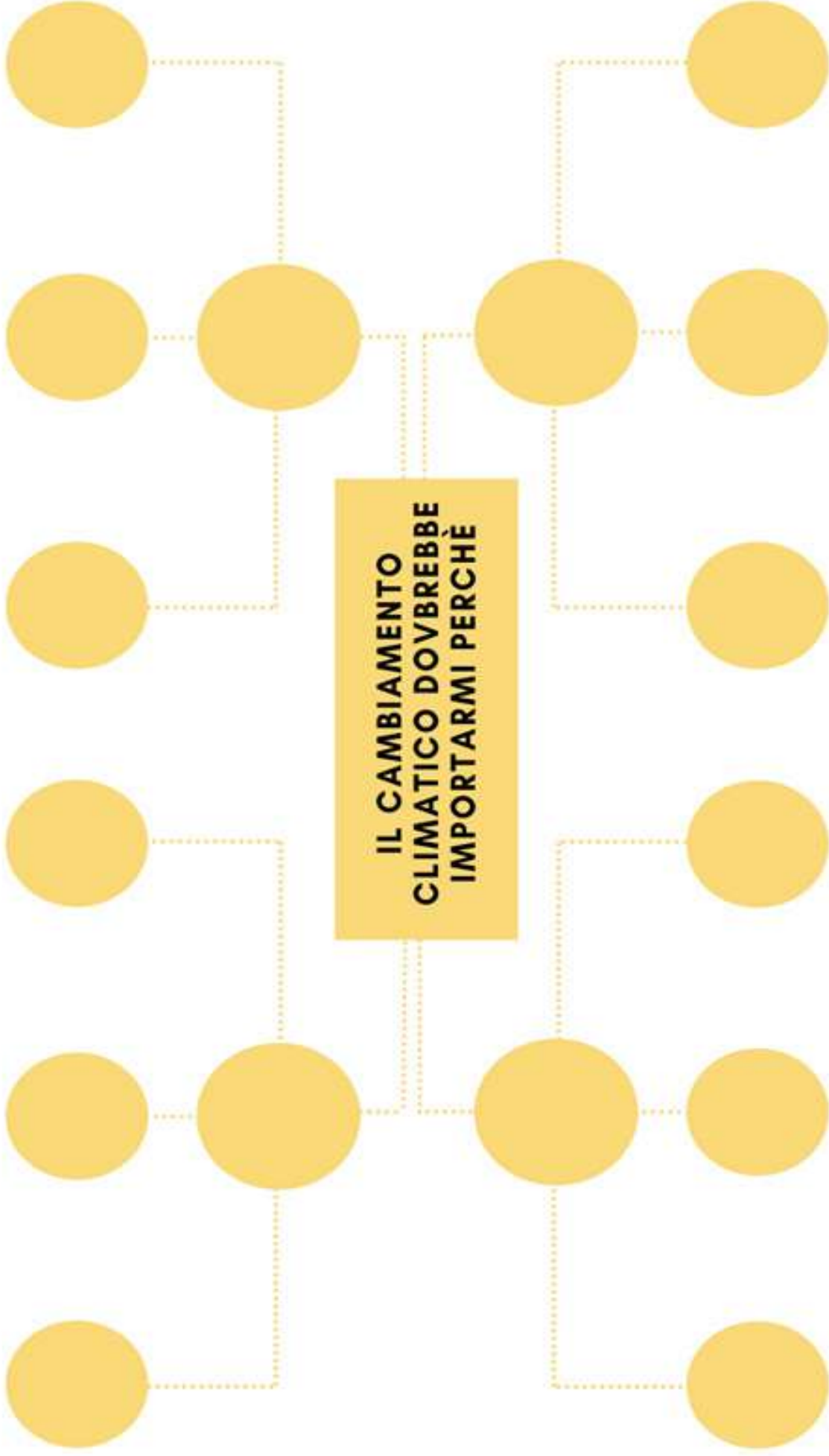
**Mappa degli eventi rilevanti legati alla crisi climatica occorsi in Europa. Gli eventi sono divisi per regione climatica, poiché alcune zone climatiche sono maggiormente vulnerabili a determinati eventi estremi rispetto ad altre. Fonte: Commissione Europea, 2018b.**



Creiamo la catena dei perché e la mappa delle conseguenze. Spesso tendiamo a sottostimare l'importanza di alcuni problemi di cui non viviamo le conseguenze in prima persona. Questa percezione però è solo apparente, come abbiamo visto nel corso del nostro percorso insieme; pertanto, costruire la catena dei perché e la mappa delle conseguenze ci può aiutare a far capire ai ragazzi come, attraverso una serie di passaggi, il cambiamento climatico colpisca anche noi e le nostre abitudini. Di seguito vengono riportati due modelli per la catena dei perché e la mappa delle conseguenze, da stampare e da consegnare ai ragazzi come compito a casa o in classe. I ragazzi possono anche decidere di disegnare tale mappa sul quaderno, su un cartellone o su un power point e realizzare il numero di slot che preferiscono oppure focalizzarsi su alcuni passaggi. Possono svolgere l'attività individualmente o in gruppo.

**Nelle due pagine successive troverai i due schemi utili per l'esercizio: la catena dei perché e la mappa delle conseguenze.**

**IL CAMBIAMENTO  
CLIMATICO DOVREBBE  
IMPORTARMI PERCHÈ**





**COSA ACCADRÀ  
SE NON  
FACCIAMO NULLA  
CONTRO I  
CAMBIAMENTI  
CLIMATICI**

Cambierà il  
clima di alcune  
zone del mondo

Cambieranno  
le colture

Cambierà il  
sapore della  
pasta



## VERO O FALSO IN TEMA DI CAMBIAMENTI CLIMATICI

	Domanda	Vero	Falso
1	Se d'inverno fa freddo, non ci sono i cambiamenti climatici		
2	Il surriscaldamento globale è un fenomeno naturale		
3	La nostra alimentazione cambierà a causa del surriscaldamento globale		
4	Le auto elettriche inquinano come le auto termiche		
5	La Cina, da sola, nel 2018 ha emesso più CO2 di Europa e USA		
6	La CO2 e l'aumento delle temperature sul pianeta non sono collegati		

**1: Falso.** Il clima è differente dal meteo. Il meteo è la variazione giornaliera di diversi fattori come ad esempio la temperatura, che può aumentare e diminuire anche di diversi gradi, mentre il clima è la variazione su scala trentennale, e anche alcuni decimi di grado possono fare la differenza. Già dal 2007 l'IPCC ha dichiarato che la tendenza delle temperature sul pianeta è in aumento.

**2: Falso.** Nell'ultimo rapporto dell'IPCC è stato definitivamente dimostrato con delle simulazioni come l'attuale tendenza climatica sia dipesa esclusivamente dalle attività umane.

**3: Vero.** Moltissimi prodotti alimentari. I cambiamenti climatici rendono inospitali le zone di coltivazioni delle colture alimentari come il frumento che si utilizza nella produzione della pasta (circa il 60% è prodotto in Italia).

**4: Falso.** Certamente il processo di produzione di elettricità nonché delle componenti di un veicolo è un processo inquinante. È stato però stimato da Transport&Environment, che le macchine elettriche rispetto ai veicoli tradizionali, apportano una riduzione di CO2 sia durante il loro utilizzo, sia durante il processo di produzione ed estrazione dei metalli necessari per le batterie, oltre al fatto che la maggior parte



Esempio di come il modo di presentare un'informazione possa falsare la nostra percezione.

dei componenti è riciclabile.

**5: Vero.** Secondo Global Carbon Project la Cina, attualmente, è la nazione con il maggior numero di tonnellate di emissioni di CO<sub>2</sub>, superiore addirittura alla somma totale di Europa e Stati Uniti. Però è importante fare attenzione. Anche se vera questa notizia è insidiosa. Poiché se si verificano le emissioni pro-capite di CO<sub>2</sub>, essendo la Cina più popolosa, la situazione è invertita, e sono gli Statunitensi a emettere quasi il doppio di tonnellate di CO<sub>2</sub> a persona. Infine, se si analizza la tendenza degli ultimi 50 anni di emissioni di anidride carbonica si scopre che gli Stati Uniti hanno immesso in atmosfera circa 10 volte la quantità immessa dalla Cina. Quindi attenzione, una notizia può essere vera, ma il modo di presentarla può falsare la nostra percezione.

**6: Falso.** L'IPCC e tutte le più autorevoli fonti scientifiche hanno confermato la relazione tra aumento della CO<sub>2</sub> atmosferica e temperature medie.





## DIMOSTRIAMO

## L'IMPRONTA ECOLOGICA E L'IMPRONTA DI CARBONIO



Grazie a dei sistemi informatici possiamo calcolare la nostra impronta Ecologica e la nostra impronta di carbonio.

**CLICCA QUI** per calcolare la tua impronta ecologica. Alla fine del test è possibile visionare nel dettaglio l'influenza delle diverse componenti sul computo totale.



- Quali sono le componenti che influiscono di più sulla tua impronta ecologica?
- Ti aspettavi questo risultato? Perché?

**CLICCA QUI** per calcolare la tua impronta di carbonio



### PER CONCLUDERE

Salvate il risultato e riprova-  
te a fare tale stima dopo aver  
messo in pratica i consigli  
del paragrafo 6.5 per almeno  
una settimana. L'impronta  
ecologica e di carbonio sono  
diminuite o aumentate? Di  
quanto?



# DIMOSTRIAMO

## LA SOSTENIBILITÀ DEI NOSTRI COMPORTAMENTI



### QUESTIONARIO

1) Quando esci dalla stanza:

- a - Fai attenzione che la luce sia spenta
- b - Fai attenzione che la luce sia spenta e non ci siano apparecchiature in standby
- c – lasci la luce accesa

2) Quando devi scegliere cosa mangiare

- a - Presti sempre attenzione alla stagionalità e alla provenienza del cibo
- b – compri ciò che ti va in quel momento
- c – presti attenzione alla stagionalità della frutta e della verdura

3) Quando un oggetto non ti serve più:

- a – lo regali o lo riutilizzi per un altro scopo
- b – lo getti nell'indifferenziata
- c – lo getti nell'apposito cassonetto della differenziata

4) Quando hai terminato di caricare il cellulare:

- a - lo lasci in carica finché non ti serve
- b – stacchi il cellulare ma lasci il caricabatterie attaccato alla presa
- c – stacchi entrambi

### ESERCIZIO

**I tuoi comportamenti sono sostenibili? Puoi far svolgere questo breve questionario a tuoi studenti per aiutarli a valutare la sostenibilità dei propri comportamenti.**





## DIMOSTRIAMO

## LA SOSTENIBILITÀ DEI NOSTRI COMPORTAMENTI



- 5) In inverno il tuo abbigliamento in casa è  
a – t-shirt, calzoncini e infradito  
b- maglietta a maniche lunghe, pantaloni della felpa e calzini  
c – maglione o pile, pantaloni lunghi e ciabatte chiuse
- 6) Quando fai la doccia  
a – spegni sempre l'acqua quando non è necessario  
b- non fai la doccia ma il bagno  
c – tieni sempre l'acqua accesa
- 7) Utilizzi la macchina per spostamenti sotto i due chilometri?  
a – sempre  
b- mai  
c- qualche volta
- 8) Quando fai compere:  
a – compri sempre un sacchetto al negozio  
b – porti con te un sacchetto di tessuto o un carrellino  
c – porti con te una busta di plastica riutilizzata
- 9) Fai la raccolta differenziata  
a – solo quando sono in casa  
b- mai  
c – sempre

**Se noti che alcuni studenti si distinguono totalizzando un punteggio particolarmente alto puoi affiancarli a studenti che totalizzano un punteggio più basso (oppure fargli guidare un piccolo gruppo di lavoro) per supportarli nell'applicazione delle buone pratiche di sostenibilità.**





## LA SOSTENIBILITÀ DEI NOSTRI COMPORTAMENTI

Domande	Risposta a	Risposta b	Risposta c
1	2	3	1
2	3	1	2
3	3	1	2
4	1	2	3
5	1	2	3
6	3	1	2
7	1	3	2
8	1	3	2
9	2	1	3
10	2	3	1

- 10) quando compri un apparecchio elettronico  
a – tra quelli che ti piacciono controlla quello che consuma meno  
b - fai attenzione solo all'efficienza energetica  
c – prendi quello che ti piace di più

Da 10 a 20

Devi ancora impegnarti molto per avere dei comportamenti veramente sostenibili. Incomincia dalle piccole azioni di tutti i giorni e vedrai che pian piano potrai fare la differenza. Un consiglio: prova a calcolare la tua impronta ecologica prima e dopo aver messo in atto queste piccole azioni, vedrai quanta CO2 si risparmia!

Da 20 a 29

Sei sulla buona strada, continua ad impegnarti e a migliorare le tue abitudini per diventare un vero sustainability trainer! 30!

WOW sei davvero bravo! Ti impegni quotidianamente per avere uno stile di vita veramente sostenibile. Aiuta i tuoi compagni a fare altrettanto e diventa un sustainability trainer!

## CONCLUSIONE

In base alle tue risposte controlla somma i punteggi effettuati e confrontali con il profilo corrispondente.



**Appendice****Il lungo percorso dello Sviluppo Sostenibile**

Di seguito verranno sintetizzate brevemente le tappe principali che hanno portato alla teorizzazione del concetto di Sviluppo Sostenibile come oggi lo intendiamo. Verranno ripercorsi, per ogni decennio a partire dagli anni 70, i summit mondiali più rilevanti e gli accordi, i trattati e le normative che ne sono derivati.

**I primi passi: gli anni 70**

La preoccupazione a livello globale per il clima e per l'ambiente nasce prima della definizione del concetto di sostenibilità. Il 3 dicembre 1968, con la risoluzione 2398, l'Assemblea Generale delle Nazioni Unite decise di convocare, nel successivo 1972, a Stoccolma, la prima Conferenza delle Nazioni Unite sull'Ambiente Umano.

Durante questa conferenza si affrontarono i problemi riguardanti lo sviluppo delle nazioni, in particolare la disponibilità di

risorse presenti sul Pianeta e venne adottata la Dichiarazione di Stoccolma: il primo accordo programmatico, tra paesi industrializzati, sulla salvaguardia dell'ambiente. Questo documento è strutturato secondo 26 principi, che, per la prima volta riconoscono esplicitamente le responsabilità delle azioni dell'essere umano sull'ambiente che lo circonda.

I principi della Dichiarazione di Stoccolma hanno mantenuto la loro validità a lungo: hanno rappresentato un punto di partenza della successiva definizione di sviluppo sostenibile e sono stati utili per gettare le basi per la redazione e la stipula di accordi sovranazionali. Questo documento ha fornito una guida per le Nazioni per l'individuazione di strategie di tutela ambientale rimaste valide fino al 2010.

Nello stesso anno, il Club di Roma, un'organizzazione no-profit di scienziati e giornalisti di rilevanza internazionale pubblicò un saggio dal titolo "i Limiti della Crescita", basato su un report commissionato dallo stesso gruppo ai ricercatori del MIT nel 1970. Tale rapporto fu il primo che analizzò in modo

completo ed esaustivo la disponibilità di risorse utilizzate dai differenti Stati, e grazie alle prime simulazioni computerizzate, prospettò diversi scenari di crescita e il loro impatto sul Pianeta. Emerse un quadro chiaro: era necessario invertire la tendenza nello sfruttamento delle risorse naturali, poiché il tasso di crescita dei paesi emergenti non sarebbe stato sostenibile nel lungo periodo.

**La nascita del concetto di sostenibilità: gli anni 80**

Gli anni 80 sono degli anni cruciali: viene sviluppata la definizione del concetto di sostenibilità e vengono fondate le istituzioni che ancora oggi sono un punto di riferimento a livello mondiale. Nel 1983 venne istituita dalle Nazioni Unite la Commissione Mondiale su Ambiente e Sviluppo (World Commission on Environment and Development, WCED,). Tale commissione presentò, nel 1987, il rapporto "Our Common Future", detto anche rapporto Brundtland (dal cognome del presidente della commissione: Gro Harlem Brundtland).

**APPROFONDIAMO**  
**La Dichiarazione di Stoccolma**

Per un approfondimento sulla dichiarazione di Stoccolma potete consultare il testo originale in lingua italiana. [Clicca qui](#)







### APPROFONDIAMO Our Common Future

Per un approfondimento sul rapporto Brundtland potete consultare il testo originale in lingua italiana. [Clicca qui](#)



Si legge nel rapporto:

“Lo sviluppo sostenibile è quello sviluppo che consente alla generazione presente di soddisfare i propri bisogni senza compromettere la possibilità delle generazioni future di soddisfare i propri”. Nel rapporto Brundtland si individua una dimensione non solo ambientale, ma anche sociale ed economica della sostenibilità: è necessario colmare il divario tra gli stati del Nord e del Sud del mondo, ma senza provocare danni all’ambiente circostante, anzi tentando quanto più possibile di preservarlo.

Contestualmente, era emerso nel corso di questo decennio il primo grande problema ambientale su larga scala: “il Buco dell’Ozono”. L’immissione in atmosfera dei gas CFC nei decenni precedenti aveva provocato l’assottigliamento dello

strato di ozonofera, e tale fenomeno era stato osservato e studiato fin dal 1982. Per questo nello stesso anno del Rapporto Brundtland (1987) venne firmato il Protocollo di Montreal con il quale, gli stati aderenti si impegnavano a ridurre progressivamente l’immissione in atmosfera di tali gas.

Nel 1988 nacque l’IPCC, Gruppo Intergovernativo sul Cambiamento Climatico, in sostituzione all’Advisory Group for Greenhouse Gase (1985), nato dalla collaborazione tra UNEP (United Nations Environment Programme), WMO (World Meteorological Organization) e ICSU (International Council of Scientific Unions), con l’obiettivo di monitorare a livello scientifico le emissioni di gas serra. Ancora oggi l’IPCC è il più autorevole organismo in materia di cambiamenti climatici.

Infine, nel 1989, dopo che il rapporto Brundtland fu esaminato per oltre due anni dell’assemblea dell’ONU, annunciata l’organizzazione annuale di una Conferenza delle Parti delle Nazioni Unite focalizzata sull’ambiente e sullo sviluppo (COP).



### APPROFONDIAMO Il buco dell’Ozono

Per un approfondimento sul buco dell’ozono è possibile consultare il sito dell’osservatorio della NASA in cui è possibile consultare le serie storiche del fenomeno il suo andamento giornaliero. [Clicca qui](#)



#### La preoccupazione sul clima e i vincoli sulle emissioni: gli anni 90

Nel 1990 venne pubblicato il primo rapporto del IPCC: si dimostrava, basandosi su solide evidenze scientifiche che le emissioni di gas di origine antropica erano alla base dell'aumento dell'effetto serra e quindi dell'innalzamento delle temperature a livello globale. Questo rapporto rappresentò le fondamenta scientifiche di tutte le politiche nazionali e globali adottate negli anni 90.

La prima Conferenza delle Parti sull'ambiente e sullo sviluppo annunciata nel 1989 (COP), si svolse nel 1992 a Rio de Janeiro e venne definita Summit della Terra, perché fu la prima conferenza sul clima a radunare capi di Stato da 172 paesi. È sicuramente la conferenza più conosciuta e una tra le più importanti per diversi motivi. Innanzitutto, per la prima volta si cominciò a porre l'attenzione non solo sull'ambiente in quanto tale ma anche sui cambiamenti climatici e sulle concentrazioni di gas serra.

È proprio alla conferenza di

Rio che prese definitivamente forma il concetto di sviluppo sostenibile, poiché per la prima volta, venne posta la stessa attenzione alle tre sfere della sostenibilità: economica, sociale e ambientale.

Durante il Summit di Rio, inoltre, fu istituita la Commissione delle Nazioni Unite per lo sviluppo sostenibile e vennero stipulati in totale 5 accordi, tre programmatici e non vincolanti e due convenzioni giuridicamente vincolanti:

- **L'Agenda 21.** Rappresenta un piano d'azione programmatico in tutti gli ambiti legati allo sviluppo sostenibile. Questo documento fu redatto basandosi sul principio "pensare globalmente, agire localmente": le linee guida sono definite a livello globale, e successivamente declinate nell'Agenda 21 nazionale e locale.

- **La Dichiarazione di Rio.** Simile alla dichiarazione di Stoccolma, è un documento che si basa su 27 principi che sanciscono diritti e doveri delle Nazioni firmatarie. Si focalizza sull'implementazione dei modelli di produzione sostenibili dei paesi del Nord, e sul diritto

allo sviluppo dei paesi del Sud

- **La Dichiarazione dei principi per la gestione sostenibile delle foreste.** Anche se non è un documento giuridicamente vincolante stabilisce per la prima volta il valore del patrimonio forestale del pianeta e l'importanza della sua gestione sostenibile.

- **La Convenzione quadro delle Nazioni Unite.** È un documento giuridicamente vincolante per le parti sottoscriventi. Con questa convenzione per la prima volta si cercò di regolamentare le emissioni di gas serra per evitare la compromissione del clima mondiale. Tuttavia, non vennero identificate delle quote limite. Una novità di tale convenzione è che venne sancito e accertato anche a livello giuridico il nesso tra le attività umane, le emissioni di gas serra e il cambiamento climatico.

- **La Convenzione sulla diversità biologica.** È anch'esso un documento giuridicamente vincolante per le parti sottoscriventi, che mira a tutelare la biodiversità.

Successivamente nel maggio del 1994 su tenne ad Aalborg



#### APPROFONDIAMO La Dichiarazione di Aalborg

Per un approfondimento sulla Dichiarazione di Aalborg potete consultare il testo originale in lingua italiana. [Clicca qui](#)





## APPROFONDIAMO Le emissioni di gas serra

Per un approfondimento sulle emissioni italiane di gas serra potete consultare i dati presenti nell'inventario nazionale delle emissioni curato dall'ISPRA. [Clicca qui](#)



la prima Conferenza Europea delle Città Sostenibili. I partecipanti si impegnarono a redigere la propria Agenda 21 locale, sottoscrivendo la Dichiarazione di Aalborg, o "Carta delle città europee per uno sviluppo durevole e sostenibile".

Cinque anni dopo il summit della terra, nel 1997, si tenne la COP3, a Kyoto in Giappone. Durante questo summit fu redatto e firmato (su base volontaria) il protocollo di Kyoto che per la prima volta introduceva dei limiti giuridicamente vincolanti di riduzione delle emissioni di gas serra in percentuali differenziate a seconda del paese e al suo livello di sviluppo. Per poter rendicontare tale riduzione gli Stati contraenti si impegnarono a redigere annualmente l'Inventario Nazionale delle emissioni e degli assorbimenti dei gas a effetto serra. In totale la riduzione glo-

bale della CO<sub>2</sub> era prevista intorno al 5%.

### **Il bilancio degli anni passati e gli impegni per il nuovo millennio: gli anni 2000**

Nel 2002 si tenne a Johannesburg il World Summit on Sustainable Development (WSSD), chiamato anche Rio+10, in riferimento ai 10 anni trascorsi dal primo summit svoltosi a Rio. Si trattò di un'occasione per stilare un bilancio degli obiettivi e dei risultati ottenuti nel decennio. In realtà emerse che nei paesi in cui si sarebbero dovute ridurre le emissioni di gas serra queste erano incrementate, così come era cresciuto il divario economico tra paesi sviluppati e paesi in via di sviluppo.

Durante questa conferenza l'accento venne posto ancora una volta sull'aumento totale dell'integrazione della sfera sociale, economica e ambientale

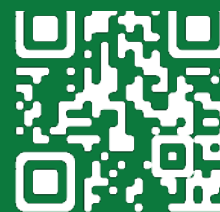
della sostenibilità, evidenziando come il gap di sviluppo tra nazioni del Nord e del Sud fosse correlato alla situazione ambientale. Tra i risultati del summit sicuramente di importanza fondamentale troviamo la Dichiarazione di Johannesburg, un rinnovato piano d'azione programmatico che gettava le basi per l'impegno futuro di tutti gli stati mondiali.

Un'importante novità di questa decade furono gli obiettivi di sviluppo del millennio (Millennium Development Goals, MDGs) delle Nazioni Unite, che rappresentano i precursori degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile. Si tratta di 8 obiettivi principali (correlati da finalità più specifiche) da attuare entro il 2015. Insieme agli MDG vennero formulati anche degli indicatori per la stima del raggiungimento di ognuno dei sotto-obiettivi. Di seguito ripor-



## APPROFONDIAMO La Dichiarazione di Johannesburg

Per un approfondimento sulla Dichiarazione di Johannesburg potete consultare il testo originale in lingua italiana. [Clicca qui](#)





tiamo elencanti gli MDGs: è da notare che solo 1 obiettivo su 8 riguarda l'ambiente, mentre i restanti si concentrano sulla sfera economica e sociale, con particolare attenzione a situazioni che riguardano i paesi in via di sviluppo.

[CLICCA QUI](#)



#### Gli Obiettivi di Sviluppo del Millennio

##### **1 Eradicare la povertà estrema e la fame**

- Dimezzare, fra il 1990 e il 2015, la percentuale di persone il cui reddito è inferiore ad 1 \$ al giorno.
- Raggiungere una piena occupazione e un lavoro dignitoso per tutti, compresi donne e giovani.
- Dimezzare, fra il 1990 e il 2015, la percentuale di persone che soffre la fame.

##### **2 Rendere universale l'educazione primaria**

- Rendere possibile che in ogni parte del mondo, entro il 2015, tutti i bambini, sia maschi che femmine, possano portare a termine un ciclo completo di istruzione primaria.

##### **3 Promuovere l'uguaglianza di genere e l'emancipazione delle donne**

- Eliminare le disparità di genere nel campo dell'educazione primaria e secondaria entro il 2005, e a tutti i livelli educativi entro il 2015.

##### **4 Ridurre la mortalità infantile**

- Ridurre di due terzi, fra il 1990 e il 2015, il tasso di mortalità infantile sotto i 5 anni.

##### **5 Migliorare la salute materna**

- Ridurre di tre quarti, fra il 1990 e il 2015, il tasso di mortalità materna.
- Raggiungere, entro il 2015, l'accesso universale ai sistemi di salute riproduttiva.

##### **6 Combattere l'AIDS, la malaria e le altre malattie maggiormente diffuse**

- Arrestare entro il 2015, invertendo la tendenza, la diffusione dell'HIV/AIDS.
- Raggiungere entro il 2010 l'accesso universale alle cure contro l'HIV/AIDS per tutti coloro che ne hanno bisogno.
- Arrestare entro il 2015, invertendo la tendenza, l'incidenza della malaria e delle altre malattie maggiormente diffuse.

##### **7 Assicurare la sostenibilità ambientale**

- Integrare i principi dello sviluppo sostenibile all'interno delle politiche e dei programmi dei

paesi e invertire la tendenza di perdita di risorse ambientali.

- Ridurre la perdita di biodiversità raggiungendo, entro il 2010, una riduzione significativa del tasso di perdita di risorse ambientali.
- Dimezzare entro il 2015 la percentuale di persone che non ha accesso all'acqua potabile e agli impianti igienici di base.
- Entro il 2020 raggiungere un significativo miglioramento delle condizioni di vita di almeno 100 milioni di abitanti delle baraccopoli.

##### **8 Sviluppare una partnership globale per lo sviluppo**

- Rivolgersi ai bisogni specifici dei paesi meno avanzati, di quelli privi di sbocco al mare e dei piccoli stati insulari in via di sviluppo.
- Sviluppare un sistema commerciale e finanziario più aperto, regolamentato, prevedibile e non discriminatorio.
- Trattare globalmente i problemi legati al debito dei Paesi in Via di Sviluppo.
- In cooperazione con le aziende farmaceutiche, rendere possibile nei Paesi in Via di Sviluppo l'accesso ai farmaci essenziali con costi sostenibili.
- In cooperazione con il settore privato, rendere disponibili i benefici delle nuove tecnologie, specialmente per quanto riguarda l'informazione e la comunicazione (ICT).



*I simboli degli MDGs. Si tratta di 8 obiettivi stilati dalle nazioni unite a inizio millennio e la cui realizzazione sarebbe dovuta avvenire entro il 2015. Fonte: MDGmonitor, 2016.*

### **Il fallimento dei precedenti accordi e le misure drastiche per contrastare i cambiamenti climatici: gli anni 10 del nuovo millennio**

Gli obiettivi di sviluppo del millennio dovevano essere realizzati entro il 2015, ma così non è stato. Per tale motivo nel settembre dello stesso anno è stata adottata all'unanimità dall'assemblea delle Nazioni Unite la risoluzione "Trasformare il nostro mondo: l'Agenda 2030 per uno sviluppo sostenibile". Questa è composta da 17 Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (Sustainable Development Goals, SDGs), che riassumono

169 "target" specifici, misurabili da ben 131 indicatori che devono essere raggiunti nell'arco temporale di 15 anni, ovvero entro il 2030. Ma nel 2015, oltre alla formulazione dell'Agenda 2030, si arrivò anche alla stipula a quelli che oggi sono noti come Accordi di Parigi, dal nome della città che ospitò la COP21 quell'anno. Durante questa Conferenza delle Parti, per la prima volta, tutti i partecipanti accettarono di collaborare per contrastare i cambiamenti climatici. L'obiettivo che si posero fu quello di limitare l'aumento della temperatura del pianeta sotto 1,5 C°. Gli accordi di Parigi non

sono rilevanti solamente per la cooperazione internazionale e per l'obiettivo posto, ma anche perché per la prima volta gli Stati si impegnarono a mobilitare le risorse necessarie a creare un piano nazionale quinquennale di riduzione delle emissioni, il Nationally Determined Contribution (NDC, contributo determinato a livello nazionale). Purtroppo, gli sconvolgimenti geopolitici nelle grandi nazioni del Nord del mondo, accompagnate dalla pandemia globale hanno messo in secondo piano l'attuazione di tali trattati. Di seguito riportiamo gli obiettivi di sviluppo sostenibile.



## APPROFONDIAMO L'Agenda 2030

Per un approfondimento sull'Agenda 2030 potete consultare il testo originale in lingua italiana. [Clicca qui](#)



### Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile

- Obiettivo 1. Porre fine ad ogni forma di povertà nel mondo.
- Obiettivo 2. Porre fine alla fame, raggiungere la sicurezza alimentare, migliorare la nutrizione e promuovere un'agricoltura sostenibile.
- Obiettivo 3. Assicurare la salute e il benessere per tutti e per tutte le età.
- Obiettivo 4. Fornire un'educazione di qualità, equa ed inclusiva, e opportunità di apprendimento per tutti.
- Obiettivo 5. Raggiungere l'uguaglianza di genere ed emancipare tutte le donne e le ragazze.
- Obiettivo 6. Garantire a tutti la disponibilità e la gestione sostenibile dell'acqua e delle strutture igienico-sanitarie.
- Obiettivo 7. Assicurare a tutti l'accesso a sistemi di energia economici, affidabili, sostenibili e moderni.
- Obiettivo 8. Incentivare una crescita economica duratura, inclusiva e sostenibile, un'occupazione piena e produttiva ed un lavoro dignitoso per tutti.
- Obiettivo 9. Costruire un'in-

frastruttura resiliente e promuovere l'innovazione ed una industrializzazione equa, responsabile e sostenibile.

- Obiettivo 10. Ridurre l'ineguaglianza all'interno delle nazioni e fra di esse.

- Obiettivo 11. Rendere le città e gli insediamenti umani inclusivi, sicuri, duraturi e sostenibili.

- Obiettivo 12. Garantire modelli sostenibili di produzione e di consumo.

- Obiettivo 13. Promuovere azioni, a tutti i livelli, per combattere il cambiamento climati-

co.

- Obiettivo 14. Conservare gli ecosistemi degli oceani e dei mari e utilizzare in modo durevole le risorse marine per uno sviluppo sostenibile.

- Obiettivo 15. Proteggere, ripristinare e favorire un uso sostenibile dell'ecosistema terrestre.

- Obiettivo 16. Promuovere società pacifiche e inclusive per uno sviluppo sostenibile.

- Obiettivo 17. Rafforzare i mezzi di attuazione e rinnovare il partenariato mondiale per lo sviluppo sostenibile.



© Foundation for Environmental Educa





I simboli degli SDGs. Si tratta di 17 obiettivi contenuti nell'Agenda 2030. Fonte: UNRIC, s.d.

## Il Futuro?

Il modello di sviluppo attuato si è rivelato inadeguato fin dagli anni 70 e purtroppo le conseguenze dei cambiamenti climatici attualmente sono talmente evidenti e impattanti in diverse parti del mondo che negli ultimi anni si è coniato il

termine crisi climatica. La crisi climatica si riferisce ad ogni tipo di sconvolgimento politico, economico, sociale, umano e ecologico dovuto ai cambiamenti climatici, segno che la nostra società viene costantemente danneggiata dalle mutazioni del clima. Nonostante ciò, si ritarda a mettere in cam-

po azioni e buone pratiche livello personale, nazionale, e internazionale. Non è possibile prevedere cosa ci riserverà il futuro, ma quello che è certo è che, guardando al passato, i risultati possono essere ottenuti solo con la cooperazione tra tutti gli stati e tutti i popoli del mondo.

# BIBLIOGRAFIA

**AICS**, Agenzia Italiana per la Cooperazione allo Sviluppo, [Walk #inmarciaconilclima](#) AICS, Roma, 2020.

**Aprati L.**, [Che cos'è il cuneo salino. E perché è una grande minaccia per le coltivazioni e per le città](#), RaiNews, Roma, 2022.

**ARPA Lazio**, Agenzia regionale per la protezione ambientale, C...come Cambiamenti Climatici, ARPA Lazio, Roma, 2007.

**Bachiorri A.**, Puglisi A, [Cambiare le menti, non il clima. Il ruolo dell'educazione per la sostenibilità](#), Università di Parma, Parma, 2021.

**Commissione Europea**, Comunicazione della Commissione - Un Pianeta Pulito per Tutti, Commissione Europea, Bruxelles, 2018.

**Commissione Europea**, Direzione generale per l'Azione per il clima, Il nostro pianeta, il nostro futuro: combattiamo insieme il cambiamento climatico, Ufficio delle pubblicazioni dell'Unione Europea, Lussemburgo, 2018.

**FEE**, Foundation for Environmental Education, [Round Table Discussion Climate Change Education \(CCE\) Challenges](#), FEE, Copenhagen, 2018.

**IPCC** (Intergovernmental Panel on Climate Change), [Climate Change 2021 The Physical Science Basis](#), IPCC, Ginevra, 2021.

**IPCC** (Intergovernmental Panel on Climate Change), [Climate Change 2022 - Mitigazione dei cambiamenti climatici](#), IPCC, Ginevra, 2022.

**ISPRA** (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale), [Rapporto sul dissesto idrogeologico in Italia – Pericolosità e indicatori di rischio](#), ISPRA, Roma, 2021

**OCE** (Office for Climate Education), [Developing a sequence of lessons from a conceptual framework](#), OCE, Parigi, 2019.

**OCE** (Office for Climate Education), [IPCC Special Report Global Warming of 1.5°C Summary for Teachers](#), OCE, Parigi, 2018.

**OCE** (Office for Climate Education), [Ocean and climate change](#), OCE, Parigi, 2018.

**OCE** (Office for Climate Education), [Ocean and Cryosphere](#), OCE, Parigi, 2020.

**OCE**, [Understanding the greenhouse effect](#), OCE, Parigi, 2018.

**Sannino G.**, [Energia e cambiamento climatico](#), ENEA - Energia, ambiente e innovazione, ENEA (Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile), Roma, 2, 2019, pp. 106–109.

**Stoknes P.E.**, What We Think About When We Try Not To Think About Global Warming, Chelsea Green Publishing White River Junction, Vermont, 2015.

**UNESCO** (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization), [Getting every school climate-ready: A Guide for Schools on Climate Action](#), UNESCO, Parigi, 2021.

**UNESCO** (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization), [Commissione Oceanografica Intergovernativa. L'Educazione all'Oceano per Tutti](#), UNESCO, Parigi, 2020.

**WMO** (World Meteorological Organization), [The global climate in 2015–2019](#), WMO, Ginevra, 2020

**WMO** (World Meteorological Organization), [United in Science 2021](#), WMO, Ginevra, 2021.



# SITOGRAFIA

**CMCC** - Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici, Analisi del Rischio. I cambiamenti climatici in Italia, <https://www.cmcc.it/it/rischio-clima-citta-2021>, 2021.

**Copernicus Marine Service**, Anomalie di temperatura sulla superficie marina, <https://marine.copernicus.eu/it>, 2022.

**Frangia M.**, Ricerca: tra materie prime, residui ed economia circolare, [https://www.unica.it/unica/it/news\\_notizie\\_s1.page?contentId=NTZ358246](https://www.unica.it/unica/it/news_notizie_s1.page?contentId=NTZ358246), 2022

**G.M.P.E** (Gruppo Mineralogico Paleontologico Euganeo), Le frane, <https://www.gmpe.it/geomorfologia/frane>, s.d.

**GML** (Global Monitoring Laboratory), Trends in Atmospheric Carbon Dioxide, <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/>, 2022.

**ISPRA** (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale), Annuario dei dati ambientali – Macroaree Edizione 2019 - Report Temperatura Media, <https://annuario.isprambiente.it/ada/downreport/html/7091>, 2019

**MDGMonitor**, Millennium Development Goals, <https://www.mdgmonitor.org/>, 2016

**Ministero della Salute**, Ondate di calore – I rischi per la salute, <https://www.salute.gov.it/portale/caldo/dettaglioContenutiCaldo.jsp?lingua=italiano&id=4546&area=emergenzaCaldo&menu=vuoto>, 2021

**Ministero della Transizione Ecologica**, Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici, <https://www.mite.gov.it/pagina/piano-nazionale-di-adattamento-ai-cambiamenti-climatici>, 2020

**Ministero della Transizione Ecologica**, Strategia Nazionale di Adattamento ai cambiamenti climatici, <https://www.mite.gov.it/notizie/strategia-nazionale-di-adattamento-ai-cambiamenti-climatici-0>, 2016

**Parlamento Europeo**, Emissioni di gas serra nell'UE per paese e settore, <https://>

[www.europarl.europa.eu/news/it/headlines/society/20180301STO98928/emissioni-di-gas-serra-per-paese-e-settore-infografica](http://www.europarl.europa.eu/news/it/headlines/society/20180301STO98928/emissioni-di-gas-serra-per-paese-e-settore-infografica), 2021

**Pincioli M.**, “La luce e la percezione del colore”, ABC Fotografia, <https://www.abc-fotografia.it/la-luce-e-la-percezione-del-colore/>, 2017

**Pontinia1**, La stazione meteorologica, <https://pontinia1.altervista.org/stazione-meteo/>, 2015

**United Nation**, Start with these ten actions!, <https://www.un.org/en/actnow/ten-actions>, s.d.

**UNRIC** (Centro Regionale di Informazione delle Nazioni Unite), Obiettivi per lo sviluppo sostenibile, <https://unric.org/it/agenda-2030/>, s.d.

**Wikimedia**, Le zone climatiche in italia, [https://it.wikipedia.org/wiki/File:Zone\\_climatiche\\_italia.svg](https://it.wikipedia.org/wiki/File:Zone_climatiche_italia.svg), 2021.

**Wikimedia**, Planisfero Zone Climatiche [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Planisfero\\_Zone\\_Climatiche.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Planisfero_Zone_Climatiche.png), 2016.





Un programma di



Diventa una scuola  
sostenibile con  
**Eco-Schools**  
il più grande programma  
di educazione  
ambientale al mondo!



SCAN ME

Per informazioni e adesioni:  
[info@feeitalia.org](mailto:info@feeitalia.org)  
[www.eco-schools.it](http://www.eco-schools.it)  
068417752 | 068540901

Eco-Schools  
utilizza un metodo  
accuratamente  
progettato e  
collaudato da  
decenni di  
esperienza nelle  
scuole di tutto il  
mondo





**74 Paesi  
del mondo**

offrono ogni anno  
il programma Eco-  
Schools alle scuole  
del loro territorio



**21 milioni  
di studenti**

partecipano  
ogni anno al  
programma  
Eco-Schools



**30 anni  
di esperienza**

nel campo  
dell'educazione  
ambientale e allo  
sviluppo sostenibile



#### **Perché diventare una scuola Eco-Schools:**

- E' l'unico programma di educazione ambientale e allo sviluppo sostenibile strutturato secondo i criteri EMAS e riconosciuto dall'UNEP (United Nations Environment Programme).
- Incorpora gli obiettivi dell'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile.
- Inserisce la scuola in una rete internazionale.
- Insegna le buone pratiche ambientali tramite azioni concrete.
- Attribuisce agli studenti un ruolo di primo piano insegnando loro i processi decisionali.
- Alla fine del programma la scuola ottiene la certificazione internazionale Eco-Schools e la Bandiera Verde.

Con Eco-Schools  
la **scuola è come**  
**un laboratorio** in  
cui gli studenti  
**prendono**  
**coscienza** delle  
questioni da  
affrontare,  
**rilevano** le  
problematiche e  
**impostano** le  
**azioni** necessarie  
a guidare la  
scuola verso la  
sostenibilità

