



CLIMANTOPIA: IL LIBRO DELLA SCUOLA

Francisco S3ñora Luna Aitor Alonso M3endez Antonio Garc3a Vinuesa

CLIMANTOPIA: IL LIBRO DELLA SCUOLA

AUTORI

Francisco S3ñora Luna (Coordinatore)
Università di Santiago de Compostela

Aitor Alonso Méndez
Università di Santiago de Compostela

Antonio García Vinuesa
Università di Santiago de Compostela

TRUCCO

Teresa Neves
Fábrica Centro Ciência Viva de Aveiro Università
di Aveiro

TRADUZIONE

Carmen Marques
Fábrica Centro Ciência Viva de Aveiro Università
di Aveiro

FOTOGRAFIA

Pedro García Losada
Juan Louro Cambeiro
Piattaforme Pixabay, Freepik e Google Earth

ILLUSTRAZIONE

Jorge Villanueva
Alba Vázquez

Esenzione di responsabilità

Il sostegno della Commissione europea alla realizzazione di questa pubblicazione non costituisce un'approvazione del contenuto, che riflette esclusivamente il punto di vista degli autori, e la Commissione non può essere ritenuta responsabile dell'uso che può essere fatto delle informazioni in essa contenute.

© Università di Santiago de Compostela, 2023

Edita:

Edizioni USC

Campus Vida

15782 Santiago de Compostela

ISBN 978-84-19679-95-6

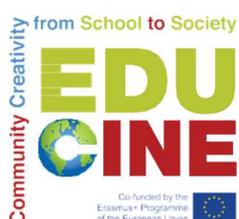
usc.gal/publicaciones

DOI: <https://dx.doi.org/10.15304/9788419679956>

EduCinema Clima Tour Azione:

Creatività collettiva ed educazione comunitaria nell'alfabetizzazione cinematografica per il turismo d'azione sul clima

Referencia: 2020-1-ES01-KA227-SCH-096314



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

1. Studiare l'origine del cambiamento climatico dalla scena	
Polonia	6
1.1. Le origini della combustione del carbone a partire dalla crisi del legno	
1.2. La produzione di acciaio mediante combustione di carbone.....	15
1.3. L'estensione della combustione con i vettori Energia del XX secolo	18
2. Cambiamenti climatici ed ecosistemi marini dalle scene degli oceanari di Lisbona e A Coruña	29
2.1. Come i cambiamenti climatici possono influenzare l'aumento di del livello del mare?.....	29
2.2. Perché il riscaldamento degli oceani dovuto ai cambiamenti climatici minaccia la produttività degli oceani?	40
2.3. L'innalzamento del livello del mare e le sue conseguenze su Europa: effetti sul turismo	43
2.4. Effetti sulla biodiversità marina europea. Conseguenze per le specie invasive e la pesca nel Mediterraneo. NE, SW e isole subtropicali	47
3. I cambiamenti climatici sulla fertilità dei suoli e sugli ecosistemi forestali, dalle scene degli alberi di eucalipto e di incendi in Galizia	52
3.1. Suolo e foreste come serbatoi di anidride carbonica carbone	52
3.2. Relazione degli incendi con il cambiamento climatico e le sue conseguenze effetti sulle proprietà del suolo	57
3.3. Buone pratiche per il sequestro del carbonio nel suolo, migliorare la fertilità e ridurre gli effetti degli incendi.....	68
4. Transizione energetica dalle Isole Canarie e Polonia	74
4.1. La transizione energetica in Europa	74
4.2. La produzione di energia elettrica con l'idroelettrico e il suo futuro incerto nella transizione verso un nuovo modello energetico. Energia europea	79
4.3. L'energia eolica nella transizione energetica europea	82
4.4. L'energia solare nella transizione energetica europea.....	85

4.5. Il presente e il futuro dell'energia marina, della geotermia e dei biocarburanti	88
4.6. Il potenziale dell'idrogeno come nuovo vettore per la transizione energetica.....	93
5. Urbanistica e turismo d'azione per il clima	
5.1. L'urbanistica come disciplina tecnico-scientifica	
5.2. Carta di Lipsia sulle città europee sostenibili	103
5.3. Turismo e cambiamento	115
climatico Riferimenti.....	

1.1. L'ORIGINE DELLA COMBUSTIONE DEL CARBONE DOPO LA CRISI DEL LEGNO

Nella scena finale del film "Cinema Climantopia", viene proiettato il video "A future without carbon", per il quale gli studenti polacchi sono stati premiati al summit dei cortometraggi scolastici organizzato dall'UNESCO alle Isole Canarie. Il video mostra una centrale termoelettrica attiva con emissioni in cui i protagonisti analizzano le sequenze di queste emissioni, che sono legate all'insorgere del cambiamento climatico, con ripercussioni ancora significative in termini di emissioni di gas serra.



Immagine 1: fotogramma del cortometraggio "A Carbon-Free Future" che mostra una centrale termoelettrica con due grandi ciminiere che emettono gas serra sullo sfondo.

Il carbone in Polonia è un combustibile ampiamente utilizzato per la produzione di elettricità, ma anche per scopi industriali e persino per il riscaldamento degli edifici. Questo utilizzo è stato importante in Europa fin dalla rivoluzione industriale, soprattutto nella parte settentrionale dell'Europa, più industriale e più fredda in inverno rispetto alla parte meridionale della penisola iberica. In questa regione dell'Europa settentrionale, dove si trova la Polonia, la transizione ecologica che l'Unione Europea si è impegnata a realizzare procede più lentamente di quanto si spera. Tuttavia, le centrali termiche vengono chiuse, soprattutto quelle più vicine ai villaggi. Il video mostra la chiusura della centrale termoelettrica attualmente situata nel centro della città di Lodz per costruire un centro culturale e uno dei principali luoghi di incontro sociale della città. Questa chiusura non solo ha fermato l'inquinamento atmosferico nella città di Lodz, ma ha anche permesso la costruzione di un planetario, di un centro scientifico e tecnologico, di un museo e di un centro per l'arte contemporanea. Grazie all'utilizzo di queste strutture e all'organizzazione di mostre, eventi artistici all'interno e varie attività sulla piazza, questa è diventata un simbolo dello sviluppo di Lodz e un motore per lo sviluppo culturale e turistico della città.



Immagine 2: fotogramma del cortometraggio "Un futuro senza carbonio".

Rispondete con ciò che sapete ora:

1. Cercate informazioni sulle centrali termoelettriche attive vicino alla vostra città e indicate se ci sono piani per la loro chiusura. In caso affermativo, indicate le misure già adottate, dall'estrazione del carbone alle modifiche apportate per affrontare gli effetti negativi delle emissioni.
2. Cercate informazioni su una centrale termoelettrica che ha cessato di essere utilizzata nel vostro Paese, come è successo con la centrale termoelettrica di Cor-Tometraje, attualmente integrata nel centro urbano di Lodz. Esprimete le strategie seguite per integrare le miniere e gli impianti in altri tipi di utilizzo, come è stato fatto con questa centrale polacca. Se non trovate usi alternativi, fate proposte che possano essere attraenti e utili per la popolazione, in coerenza con le caratteristiche dell'ambiente in cui si trova.

In che modo l'emergere dell'uso del carbone di legna può essere collegato alla crisi della legna da ardere?

Alla fine dell'XI secolo, l'energia idrica permise di migliorare la forgiatura dell'acciaio grazie a una nuova innovazione tecnologica che prevedeva il movimento di una ruota idraulica azionata da cascate, che a sua volta generava i colpi di una mazza su una miscela di cenere di legno e ferro fuso. Con l'introduzione dell'acqua per colpire l'acciaio nel processo di forgiatura, l'energia umana fu liberata dal martellamento nelle fucine per ottenere la lega del carbonio con il ferro. Questa nuova tecnologia facilitava la miscelazione dei carboni ardenti con il ferro fuso. Il miglioramento della battitura, grazie allo sfruttamento dell'energia idrica, ha permesso di produrre acciaio più resistente e più leggero.

in quantità molto maggiori rispetto alle fucine manuali, che sono state in funzione fin dal passaggio dal bronzo all'acciaio intorno al 1.500 a.C..

Con questa tecnologia, l'uso dell'acciaio fu migliorato e amplificato, e ciò portò allo sviluppo di un'incipiente industria siderurgica legata alle cascate e alimentata dal legno come materia prima e fonte di energia. Per questo motivo, le foreste che circondavano queste nuove fucine idrauliche furono disboscate per rendere possibile l'ottenimento dell'acciaio in queste fucine idrauliche.



Figura 3: Rappresentazione dei due processi chiave dell'industria della forgiatura idraulica: battere il martello sulla lega ferro-carbone e ottenere il carbone per combustione e il ferro fuso.

Allo stesso tempo, l'area disboscata è stata utilizzata per generare nuovi campi coltivati, necessari per una popolazione in crescita.

Ciò fu facilitato anche dall'acciaio, poiché in quel periodo fu ideato l'aratro trasversale in ferro, che rendeva l'aratura più efficiente del vecchio aratro romano in legno e poteva persino rimuovere i ceppi degli alberi tagliati. La diffusione dell'uso dell'aratro di ferro diede origine a quella che viene definita da alcuni autori come la prima rivoluzione industriale della storia europea, che portò a una vera e propria rivoluzione agricola in Europa, nel senso di un aumento dei raccolti e di un parallelo incremento della popolazione.

Questo contesto storico di sviluppo agricolo in parallelo con l'estensione della produzione di acciaio tramite la forgiatura idraulica, insieme allo sviluppo delle flotte e delle attrezzature per la conquista dei Paesi europei in America, ha fatto sì che nel XV e XVI secolo il legno, che costituiva la base energetica dell'Europa, scarseggiasse in seguito a quella che può essere intesa come la prima grande crisi industriale.



Immagine 4: fotografia di un aratro.



Immagine 5: Rappresentazione del disboscamento di una foresta per alimentare la fucina idraulica e del processo di trasformazione dell'area disboscata in un campo coltivato attraverso l'uso dell'aratro di ferro.

Secondo quanto abbiamo visto finora sull'aratro di ferro, esso risponde:

1. I terreni dell'Europa occidentale sono più pesanti di quelli dell'Europa orientale. Spiegate le differenze di ritenzione idrica, tenendo conto della percentuale di argilla, della temperatura e delle precipitazioni nelle due regioni.
2. L'aratro di ferro ha avuto più successo nell'Europa occidentale che in quella orientale. Quali ragioni vi vengono in mente, data la risposta all'attività precedente?
3. La fase nota come prima rivoluzione industriale ha portato a un aumento significativo della superficie coltivata in Europa occidentale. Applicate le risposte delle due attività per spiegare questo fenomeno.

Il legno divenne il materiale universale dell'economia preindustriale perché l'industria dipendeva da esso. Allo stesso tempo, però, anche le macchine dell'industria erano fatte di legno, così come le navi, che aumentavano di numero per soddisfare le esigenze delle spedizioni oltreoceano. A quel tempo, il legno svolgeva il ruolo che oggi svolgono i metalli nell'industria e allo stesso tempo occupava lo spazio che oggi occupano i combustibili fossili. Pertanto, il legno non veniva consumato solo per necessità diretta, come materia prima per l'industria della forgiatura e della fusione, ma veniva utilizzato anche indirettamente nelle miniere, nella navigazione, nelle travi utilizzate per rivestire le gallerie delle miniere e per costruire i vagoni di legno per il trasporto del minerale.

Lo sviluppo delle spedizioni oltremare diede impulso alla fabbricazione della nave a tre alberi, che permise di effettuare viaggi in alto mare e quindi di cercare risorse altrove. La crescita di questa flotta consumò enormi quantità di legname. Allo stesso tempo, e soprattutto con la scoperta dell'America, lo sviluppo di armamenti che richiedevano acciai leggeri e resistenti diede impulso alla forgiatura idraulica. Così, anche se l'abbattimento delle foreste per la coltivazione ridusse notevolmente la quantità di legname disponibile, la crisi finale fu innescata dall'aumento della produzione di ferro e delle costruzioni navali.

Questo abuso di legno portò a un aumento delle morti per congelamento nelle città con inverni rigidi e umidi, come Newcastle, a causa della mancanza di legna per il riscaldamento. Per far fronte a questa crisi, il re d'Inghilterra autorizzò l'estrazione del carbone come fonte di energia alternativa. La crisi crebbe e si estese ad altre regioni. Così, nel XV secolo, Papa Pio II scrisse che, durante una visita in Scozia, era rimasto sorpreso nel vedere, alle porte delle chiese, file di persone che ricevevano in elemosina frammenti di una pietra nera, riferendosi al carbone.

Questo carbone fu autorizzato dal re per coprire le esigenze di sopravvivenza perché, sebbene il suo potenziale calorifico fosse noto, era trattato con disprezzo come una fonte di energia inferiore, essendo sporco e producendo molto inquinamento. Inoltre, non era accessibile fino a quando non fossero state sviluppate miniere adeguate per la sua estrazione.



Figura 6: Rappresentazione di persone che raccolgono carbone per sopperire alla mancanza di legna da ardere.

Sulla base di quanto visto finora sull'uso del carbone:

1. Commenta il testo che riprende parte di un resoconto di Papa Pio II sulla sua visita in Scozia: "[...] Ricevevano come elemosina pezzi di una pietra nera di cui si ritiravano soddisfatti. Questa pietra la bruciano al posto della legna, di cui il loro paese è privo".
2. Commenta l'affermazione di Edmund Howes del 1631, tenendo presente la risposta precedente: "Gli abitanti sono costretti a fare il fuoco con la torba e il carbone, anche nelle stanze dei personaggi onorevoli".
3. Confrontate 1 kg di carbone con 1 kg di legna in termini di disponibilità, facilità di approvvigionamento, emissioni e capacità termica fornita. Sulla base di questo confronto, qual è il senso del passaggio della Gran Bretagna dalla combustione di legna a quella di carbone?

Come sono state risolte le difficoltà di approvvigionamento del carbone come soluzione alla crisi del legname?

Per ottenere il carbone si utilizzavano le miniere. Queste diventavano sempre più profonde per cercare la roccia utile nelle rigide regioni invernali della Gran Bretagna. Man mano che si rendeva necessario scavare miniere più profonde per estrarre il carbone, diventava più difficile aprire i pozzi e portare il carbone in superficie. La difficoltà di estrazione del carbone dovuta alla profondità delle miniere nel corso del XVII secolo è stata aggravata dall'ingresso di acqua dalla falda freatica o dalle acque sotterranee profonde, che si infiltrava attraverso le fessure. Ciò significava che, oltre alla necessità di estrarre il carbone in superficie, era necessario estrarre anche l'acqua che si infiltrava nelle gallerie. Tutti questi problemi derivanti dall'estrazione del carbone a profondità maggiori richiedevano soluzioni tecnologiche che furono risolte con l'invenzione della pompa a vapore. Questa innovazione tecnologica fu il primo motore a vapore in cui la pressione del vapore acqueo generato dalla combustione nelle caldaie muoveva le pulegge che generavano la risalita. Le prime pompe a vapore erano alimentate a legna. Nel corso del tempo, con l'abbattimento degli alberi in prossimità delle aree di utilizzo di queste macchine a vapore, la crisi della legna da ardere portò all'utilizzo della combustione del carbone per generare vapore. Con questa invenzione, il carbone divenne disponibile in superficie in quantità significative per il consumo e ne fu incoraggiata la commercializzazione in altre aree della Gran Bretagna. Inizialmente, la distribuzione avveniva tramite carri trainati da cavalli. Ma questo trasporto era gravemente ostacolato dai terreni fangosi causati dagli inverni piovosi tipici della regione. La necessità di migliorare il trasporto del carbone portò all'invenzione della locomotiva a vapore e della ferrovia prima, e della nave a vapore poi, che permise di estendere il motore a vapore dalle pompe, inizialmente utilizzate per l'estrazione del carbone, ai sistemi di trasporto. La ferrovia, che rappresentò un'importante innovazione tecnologica, iniziò a essere utilizzata massicciamente per il trasporto di passeggeri già nel XIX secolo. Ciò significava che le città erano collegate da ferrovie, che diventavano un'estensione della miniera di carbone, consentendo al carbone di raggiungere i diversi punti di domanda che aumentavano con l'accelerazione della rivoluzione industriale derivata dall'uso industriale di questo combustibile fossile. Poiché il costo del trasporto del minerale aumentava con la distanza, i Paesi industrializzati poterono utilizzare questi percorsi come estensione della miniera di carbone, rendendo possibile l'accesso del carbone ai diversi punti di domanda.

Le operazioni di estrazione pesante tendevano a concentrarsi in prossimità dei filoni di carbone. Questo secolo vide anche l'introduzione del piroscavo, che aumentò progressivamente di dimensioni, tanto che nel 1858 navigava il Great Eastern, noto come il "mostro dell'Atlantico", lungo 691 piedi, con 22.500 tonnellate lorde e 1600 CV sviluppati dai motori a elica e 1000 CV dalle ruote a pale.

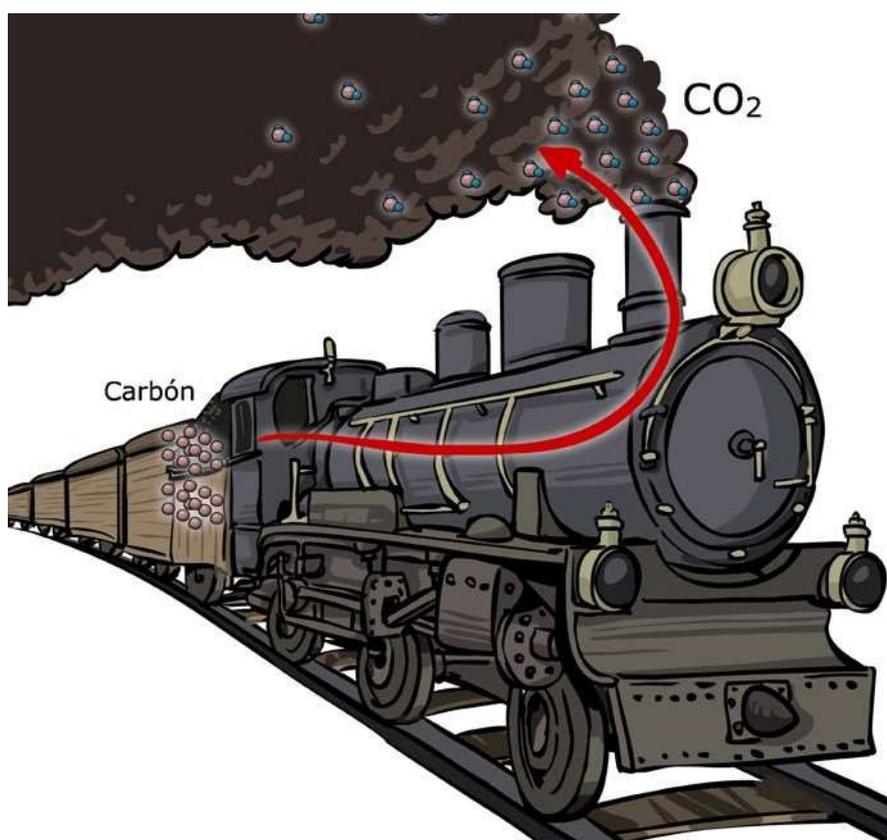


Figura 7: Rappresentazione di una locomotiva a vapore che mostra il modello di combustione in cui gli atomi di C legati nella roccia di carbone si combinano con O₂ per dare origine al gas CO₂ che viene rilasciato come risultato della combustione.

In base a quanto abbiamo visto finora sull'innovazione tecnologica della macchina a vapore:

1. Che ruolo ha avuto l'estrazione del carbone in Inghilterra nel porre le basi tecnologiche dell'era industriale?
2. Da un ettaro di campo si può raccogliere oggi una quantità di raccolto venti volte superiore a quella del Medioevo, ma per produrre una caloria di grano si utilizza una quantità di energia venti volte superiore. In che modo l'uso dei combustibili fossili influisce oggi sul consumo di energia in termini di coltivazione, cura, fertilizzazione, irrigazione e raccolta?

3. Commento alla frase: *"I progressi tecnologici hanno comportato una maggiore potenza energetica al costo di un maggiore impatto ambientale e di un maggiore consumo di risorse"*.
4. Esprimete i collegamenti che vi vengono in mente tra l'invenzione della macchina a vapore e l'origine del cambiamento climatico.

1.2. LA PRODUZIONE DI ACCIAIO ATTRAVERSO LA COMBUSTIONE DEL CARBONE

L'universalizzazione del motore a vapore nelle locomotive e nelle navi aumentò la domanda di carbone - anche nelle aree dell'Occidente in cui l'accesso al legno era ancora possibile alla fine del XVIII secolo, come nel caso della Russia e dell'America - e le popolazioni crebbero nelle aree con accesso alle ferrovie e ai porti. In questo modo le città divennero, in un certo senso, un'estensione della miniera di carbone. Poiché i motori a vapore avevano una bassa efficienza a velocità superiori al 2%, le nuove linee seguivano i fiumi e i fondovalle. Ciò tendeva a spostare la popolazione verso le città terminali, i nodi e le città portuali, aumentando anche la tendenza a creare nuove comunità urbane lungo le principali linee di trasporto. A partire dalla seconda metà del XIX secolo, la ferrovia raggiunse l'Oriente, l'India, la Cina e il Giappone, portando con sé pratiche, metodi e idee della civiltà mineraria europea in cui era apparsa. Questo tipo di insediamento e di reinsediamento della popolazione portò con sé processi di riadattamento e tensioni sociali.

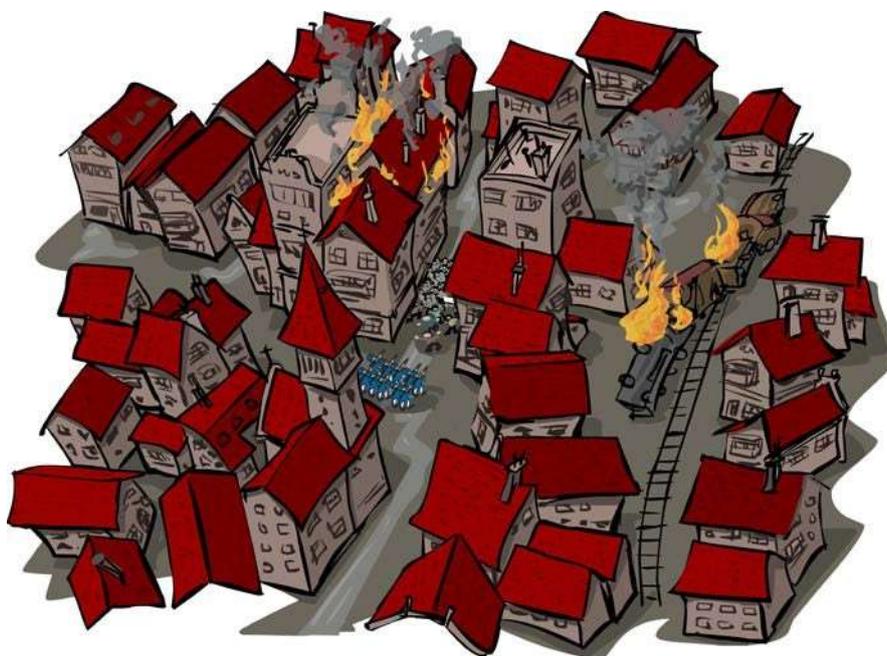


Figura 8: Rappresentazione della complessità urbana associata all'estensione dell'uso del carbone.

Le tensioni urbanistiche, l'aumento dell'orario di lavoro in ambienti chiusi richiesto dall'attività delle industrie basate sull'energia derivata dalla combustione e gli incidenti derivanti dall'estrazione, dal trasporto e dalla combustione del carbone hanno aumentato la conflittualità sociale, come la

La tendenza a localizzare le industrie nel centro delle città ha aumentato l'inquinamento urbano.

Nel tentativo di aumentare le quantità riducendo i tempi di trasporto, si cercarono macchine più grandi e si aumentarono le reti di trasporto, sia via terra con la ferrovia che via mare con i piroscafi. Nel caso delle ferrovie, furono sviluppate gallerie e grandi ponti per non superare una pendenza del 2%. Per queste nuove grandi macchine, vie di comunicazione e grandi ponti, era interessante la costruzione di strutture malleabili e resistenti. Il materiale per eccellenza per soddisfare questi requisiti era il ferro battuto o acciaio che, attraverso la forgiatura idraulica, era stato il motore di quella che molti autori definiscono la prima rivoluzione industriale. L'acciaio è molto resistente e leggero, per cui è stato utilizzato per costruire ferrovie e grandi navi in grado di ospitare grandi motori a vapore per ottenere la massima efficienza.

L'acciaio fu utilizzato anche per costruire importanti ponti in ferro e binari ferroviari che permettevano alle locomotive di viaggiare in orizzontale. Questa cultura ingegneristica del ferro diede origine ai primi grattacieli di Chicago e a monumenti come la Torre Eiffel, che all'epoca rappresentava l'edificio più alto del mondo e segnò la fine del XIX secolo, lasciando l'espressione di un tributo all'importanza dell'acciaio ottenuto dalle industrie delle macchine a vapore. Queste costruzioni erano realizzate con acciaio ottenuto da acciaierie a carbone, il che significava un aumento del consumo di combustibili fossili, con il conseguente aumento delle emissioni di CO₂ derivanti dall'uso di rocce di carbone con C provenienti dalla fossilizzazione delle piante.

Allo stesso tempo, la resistenza e la leggerezza dell'acciaio hanno permesso di estenderne l'uso per tutta la seconda metà del XX secolo. In questo periodo, l'acciaio ha reso possibile lo sviluppo di importanti ponti in ferro che hanno facilitato lo sviluppo delle ferrovie orizzontali.

Questa cultura dell'ingegneria del ferro ha lasciato il posto ai primi grattacieli costruiti su alte strutture in acciaio, rese possibili dalla loro resistenza e leggerezza. Un buon esempio di questo sviluppo urbano basato sulle strutture in acciaio alla fine del XIX secolo si trova nella città di Chicago. La produzione di queste strutture in acciaierie industriali alimentate a carbone ha segnato l'inizio di un processo industriale ad alto consumo di combustibili fossili, che ha aumentato le emissioni per tutta la seconda metà del XX secolo.



Immagine 9: Fotografia di una vecchia ferrovia che passa sopra un ponte d'acciaio.



Immagine 10: Grattacieli di Chicago costruiti su strutture in acciaio.

In base a quanto abbiamo visto finora sull'innovazione tecnologica della macchina a vapore:

1. In che modo la macchina a vapore ha influenzato lo sviluppo della pianificazione urbana?
2. Quali cambiamenti ha portato la prima rivoluzione industriale nel modo di produrre l'acciaio?
3. Spiegare cosa voleva simboleggiare la costruzione della Torre Eiffel, l'edificio più alto di Parigi, in occasione dell'Esposizione Universale del 1889.
4. Qual è stata la causa principale dell'aumento delle emissioni alla fine del XIX secolo?

1.3. LA DIFFUSIONE DELLA COMBUSTIONE CON I VETTORI ENERGETICI DEL XX SECOLO

Come può il vettore dell'elettricità finire per essere un problema per il cambiamento climatico se è apparso con l'uso di energia idroelettrica rinnovabile?

Nella prima metà del XIX secolo, due progressi scientifici e tecnici resero possibile la dinamo idraulica. La prima scoperta che la rese possibile fu il lavoro di Faraday sulle correnti elettromagnetiche nel 1831. Questo lavoro lo portò a scoprire che un conduttore che taglia le linee di forza di un magnete crea una differenza di potenziale. Poco dopo ricevette una lettera anonima che gli suggeriva che la sua scoperta poteva essere applicata per costruire grandi macchine.



Immagine 11: Centrale elettrica di Tambre I - Noia (A Coruña). Costruita nel 1932 e progettata dall'architetto Antonio Palacios con un'architettura storicista galiziana applicata attraverso una facciata in stile romanico trasferita a un edificio industriale.

Il passo verso la dinamo idraulica fu compiuto aggiungendo questa scoperta al perfezionamento della turbina ad acqua realizzato da Fourneyron nel 1832, che costruì una turbina da 50 CV. Questa turbina fu combinata con la dinamo inventata da Werner Siemens (1886) e incorporò anche l'alternatore di Nicola Tesla (1887). Oltre a questi progressi tecnologici, alla centrale idroelettrica fu aggiunto il sistema di distribuzione inventato da Edison (1882), stabilendo così il progresso tecnologico verso lo sviluppo della centrale idroelettrica alla fine del XIX secolo.



Immagine 12: Dinamo della vecchia centrale di Tambre I, esposta a scopo museale davanti alla facciata principale della centrale.

L'avvento dell'elettricità ha rappresentato una svolta tecnologica e ha portato a cambiamenti rivoluzionari che hanno influenzato la situazione e la concentrazione delle industrie. Fino all'avvento dell'elettricità, le industrie dipendevano interamente dalle miniere di carbone come fonte di energia. Prima dell'elettricità, le industrie dovevano essere situate vicino alle miniere o a mezzi di trasporto economici come porti o ferrovie. L'elettricità è un vettore energetico che trasporta l'energia dalle centrali elettriche ai punti di consumo. Con la corrente alternata e l'alta tensione, l'energia può essere trasportata in qualsiasi luogo per soddisfare le esigenze delle persone che ne hanno bisogno. Il motore elettrico ha quindi permesso di lavorare in unità indipendenti con disconnessione territoriale, potendo lavorare alla velocità necessaria e avviarsi e fermarsi in base alle esigenze e ai requisiti energetici, aumentando le prestazioni di almeno il 50%.



Figura 13: Trasformazione dell'elettricità generata in una centrale elettrica per la trasmissione ad alta tensione.

Nella seconda metà del XX secolo, l'elettricità è aumentata in modo significativo grazie ai vantaggi dell'accesso in qualsiasi punto, alla possibilità di individualizzare e coordinare le unità produttive e di interromperla quando non serve. Questa disponibilità immediata di energia ovunque e nella potenza richiesta ha permesso di abusare dell'elettricità fino a raggiungere estremi che possono sfiorare l'edonismo energetico, il che può facilmente portare a concludere che il problema energetico è più un abuso nel consumo che una mancanza di produzione.



Figure 14 e 15: composizione di due illustrazioni che mostrano le cattive pratiche che portano a un consumo eccessivo di elettricità.

L'aumento della domanda di elettricità domestica e soprattutto industriale nella prima metà del XX secolo ha portato a un eccessivo sfruttamento dei bacini fluviali. Una volta esaurite le possibilità di costruire nuovi grandi bacini, sono state sviluppate le centrali termiche per aumentare ulteriormente la disponibilità e la produzione. Le centrali termiche generano vapore con la pressione necessaria per azionare le turbine, garantendo così una produzione di energia costante. Questo è un vantaggio rispetto alle centrali idroelettriche, che dipendono dal regime idrico e dallo stato dei bacini, sempre più incostante a causa dei cambiamenti climatici. Questa forma di generazione di energia elettrica si è quindi affermata, consentendo di soddisfare tutti gli aumenti della domanda. D'altra parte, gli usi finali dell'energia che il vettore energetico dell'elettricità consente sono molteplici, con il paradosso che l'energia finale è l'energia calorifica, proprio come l'energia primaria utilizzata nella combustione della centrale termoelettrica, raggiungendo questa energia calorifica attraverso lunghi trasporti e trasformazioni.

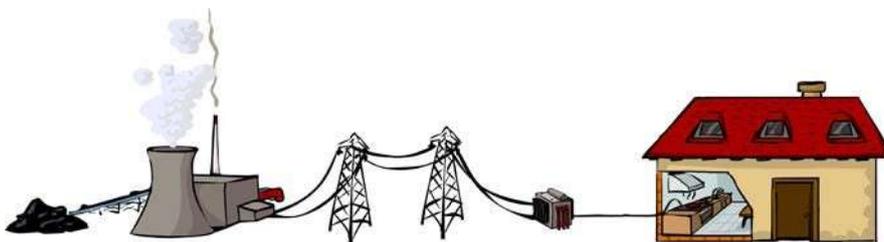


Figura 16: Illustrazione che mostra come l'elettricità permetta di trasportare l'energia su lunghe distanze attraverso trasformazioni di tensione, con le conseguenti perdite per ottenere un'energia finale della stessa natura dell'energia termica iniziale che ha generato l'elettricità.

Dal XX secolo, l'elettricità è diventata una fonte di emissioni responsabili dell'aumento dei cambiamenti climatici. Il consumo di elettricità è aumentato in modo significativo, come nel caso dell'aumento dell'uso dell'aria condizionata e nei processi di desalinizzazione. La desalinizzazione sta diventando sempre più importante, soprattutto in presenza di una diminuzione delle precipitazioni e di una maggiore irregolarità nella loro distribuzione nel corso dell'anno con l'aumento della popolazione. Queste circostanze si verificano nelle Isole Canarie dove, a causa degli effetti della siccità in generale, si possono osservare conseguenze come la riduzione dei flussi nelle gole, la riduzione dei livelli d'acqua nelle falde e nei serbatoi e la scarsità di risorse idriche per il consumo umano. Per combattere questo problema di scarsità di risorse idriche per il consumo umano, determinato dall'aumento della siccità con l'avanzare dei cambiamenti climatici e l'incremento del turismo, Gran Canaria dispone fin dagli anni '70 di un impianto di desalinizzazione dell'acqua di mare, le cui strutture sono cresciute e migliorate nel corso degli anni. Oggi questo impianto di desalinizzazione e trattamento delle acque è un'infrastruttura vitale per la fornitura di acqua potabile sull'isola di Gran Canaria, svolgendo un ruolo fondamentale nel trattamento e nella distribuzione di acqua sicura e di qualità alla popolazione dell'isola. Attualmente ha una capacità produttiva di circa 56.000 m³ di acqua al giorno. Attualmente questa quantità è sufficiente a rifornire gran parte della popolazione dell'isola, anche in periodi di siccità o quando la richiesta di acqua è elevata. Il processo è realizzato con la tecnologia dell'osmosi inversa, un processo in cui l'acqua di mare viene sottoposta a una serie di membrane semipermeabili che rimuovono il sale e altri inquinanti, producendo così acqua fresca e potabile.

L'impianto di desalinizzazione utilizza energia elettrica per azionare il processo di osmosi inversa e garantire una produzione efficiente e continua di acqua potabile. L'elettricità proviene dalla centrale elettrica delle Isole Canarie, che funziona a combustibili fossili, rilasciando nell'atmosfera una grande quantità di gas a effetto serra che contribuiscono al cambiamento climatico.



Immagine 17: Fotografia di un impianto di desalinizzazione con relativa centrale termica sull'isola di Gran Canaria.

Che cosa ha significato la comparsa del motore a combustione interna con i vettori della raffinazione del petrolio?

Il petrolio fu estratto per la prima volta da pozzi perforati nel 1859. Ciò rese possibile, nella seconda metà del XIX secolo, la sperimentazione del motore a gas con i prodotti della distillazione più leggeri, fino al perfezionamento da parte di Otto nel 1876.



Figura 18: Fotografia di un motore a combustione interna.

Lo sviluppo del motore a combustione interna ha aperto una nuova fonte di energia, con l'utilizzo degli idrocarburi petroliferi raffinati come vettore energetico, che ben presto ha eguagliato per importanza l'uso dei telefoni cellulari.

L'uso di benzina e gasolio non sostituiva i vecchi giacimenti di carbone, anche se, come il tempo avrebbe dimostrato, era destinato a essere consumato a un ritmo più veloce, perché questi derivati del petrolio sono molto facili da trasportare e vettori energetici molto efficienti per il trasporto dei veicoli. La benzina era più trasportabile del diesel. Inoltre, il petrolio permette il trasporto attraverso oleodotti permanenti, mentre le petroliere lo trasportano in grandi quantità e su lunghe distanze fino alle raffinerie. Inoltre, quando viene bruciato lascia un residuo minimo, a differenza del carbone, ed è anche molto più facile da immagazzinare.



Immagine 19: fotografia di una piattaforma petrolifera.

Inizialmente, il motore a combustione interna non raggiungeva un'elevata potenza ed efficienza, per cui non era in grado di competere con il motore a vapore nei suoi primi anni di vita. Pertanto, alla fine del XIX secolo, il motore a combustione interna non era in grado di competere. Nel XX secolo, quando l'invenzione del motore diesel portò allo sviluppo di motori a combustione alimentati a olio pesante con un'elevata efficienza termica, in grado di produrre potenze fino a 15.000 CV, il motore a combustione interna prese il sopravvento. I motori di questo tipo erano più efficienti, tanto che il peso del combustibile stesso (vettore) veniva utilizzato per la mobilità, invece di portare, come il motore a vapore, il carico aggiuntivo dell'acqua.

Con l'automobile, il movimento non è più legato alle rotaie e alla minima pendenza. Di conseguenza, un veicolo può viaggiare alla stessa velocità di un treno, essendo un'unità mobile molto più piccola e in grado di andare ovunque. L'unica condizione che richiede è quella di viaggiare su strade. Le prime strade erano percorse da carrozze trainate da cavalli. Dopo il 1910 hanno iniziato a essere pavimentate con cemento. Come il vettore elettrico, queste auto facilmente trasportabili con il carburante del vettore nel serbatoio possono permetterci di vivere ovunque.



Immagine 20: Fotografia di auto d'epoca.



Figura 21: Illustrazione dei due principali vettori energetici che consentono di vivere ovunque.

Le qualità di un trasporto veloce e sicuro hanno fatto sì che l'automobile si espandesse molto rapidamente, inizialmente legata alle aziende e poi entrata in tutte le famiglie. L'introduzione delle automobili nelle famiglie, spesso con più di un'auto per nucleo familiare, è dovuta al fatto che le automobili sono diventate economiche con l'emergere dell'industria automobilistica.

Henry Ford, che ne facilitò la produzione di massa. Con il tempo, questo aumento ha portato a grandi perdite dovute agli ingorghi, soprattutto nelle grandi città, che hanno aumentato le emissioni, oltre a quelle derivanti dall'aumento delle unità.



Immagine 22: Fotografia di un ingorgo frequente nelle città.

L'introduzione del motore a combustione interna sulle navi è andata di pari passo con lo sviluppo dell'automobile. Nel 1903, i fratelli Wright inventarono l'aeroplano, anch'esso dotato di un motore a combustione interna. Questi aerei con motore a combustione furono prodotti su larga scala solo nel 1910. L'espansione di questa forma di viaggio fu facilitata dall'espansione dei centri sviluppati con vaste e lontane aree di atterraggio. Da questi velivoli, gli aerei a elica si sono sviluppati negli odierni jet, che consumano molto carburante. Lo sviluppo della tecnologia aerospaziale ha portato alla produzione di velivoli in grado di superare la velocità del suono, come il Concorde e gli aerei da combattimento, nonché di veicoli spaziali e navette moderne, che consumano tutti enormi quantità di energia.

Questa diffusione dei dispositivi a combustione interna coinvolge fonti mobili con emissioni diffuse e quindi difficilmente controllabili, insieme alle emissioni delle centrali termiche che producono il vettore elettrico e alla crescita di industrie come i cementifici, hanno portato a un aumento significativo della CO₂ nell'atmosfera, che può portare a un aumento della temperatura. Questo fenomeno è in aumento, con una mobilità sempre più dipendente dal petrolio per oltre il 65% delle sue emissioni, che rappresentano circa il 25% delle emissioni, il che in termini assoluti significa 7 200 000 tonnellate di CO₂, di cui auto e camion sono responsabili per oltre il 94%.



Immagini 23 e 24: composizione fotografica di un aereo e di una nave da crociera come altri mezzi di trasporto ad alte emissioni.

Ogni litro di benzina produce 2,5 kg di CO₂ e si stima che un'auto media durante la sua vita produca 15 000 kg di CO₂. Questo consumo varia a seconda della velocità media: se invece di andare a 120 km/h si va a 100 km/h, si consuma circa il 50% in meno. Il numero di veicoli supera di gran lunga i 50 milioni. A questo ritmo di crescita dei consumi, e tenendo conto anche delle grandi quantità di viaggi su strada, per mare e in aereo, si stima che il petrolio sarà esaurito tra circa 50 anni.



Figura 25: Illustrazione del trasporto giornaliero di merci su distanze intercontinentali con motori a combustione interna.

Perché si dice che il gas naturale sia l'ultimo vettore del XX secolo?

Il gas naturale è l'ultimo vettore ad essere stato sfruttato nel XX secolo. Per molti versi è considerato il combustibile fossile ideale e viene utilizzato per produrre energia elettrica in centrali a turbina a gas che sono compatte, altamente efficienti e possono essere costruite vicino ai centri abitati, sfruttando la distribuzione cittadina del gas per produrre elettricità e calore.

Il suo componente principale è il metano, il più semplice degli idrocarburi, con un solo atomo di carbonio (per generare la stessa quantità di energia del carbone e del petrolio, la combustione del metano produce solo la metà delle emissioni di CO₂), per cui il suo utilizzo è stato incrementato negli ultimi anni dopo il protocollo di Kyoto. Ma il gas naturale presenta dei rischi, come le perdite, che contribuiscono ad aumentare il problema. Se le perdite rappresentano il 4%, l'effetto serra è più di 3 volte superiore rispetto alla combustione del carbone. Questo rischio è aumentato dal fatto che le aree in cui passano i gasdotti sono soggette ad attacchi e perdite. Inoltre, si ritiene che le riserve di gas a questo livello di utilizzo non dureranno più di 20 anni.

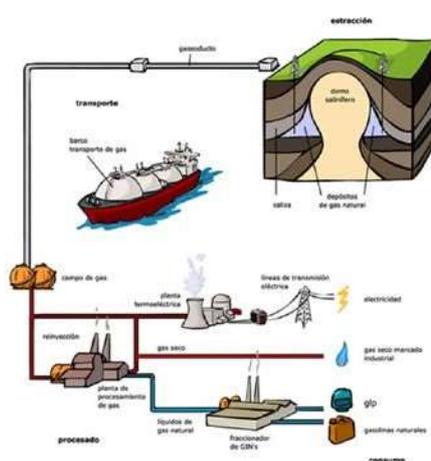


Immagine 26 e 27: fotografia di un impianto di gas naturale con un'illustrazione del processo di trasporto del gas naturale.

La centrale termica di As Pontes de García Rodríguez è la più grande unità di generazione del sistema elettrico spagnolo, con una capacità installata di circa 1.400 MW, a dimostrazione dell'impegno profuso nella seconda metà del XX secolo per le centrali termiche in grado di produrre molta energia elettrica. Questa centrale consuma lignite marrone proveniente da una miniera adiacente, ricca di zolfo. Ha un'efficienza del 35% e produce 9100 GWh di elettricità all'anno.

In base a ciò che abbiamo visto finora...

1. Come ha influito l'elettricità sull'attività industriale?
2. Come è possibile che l'elettricità sia passata dall'essere ottenuta dall'energia rinnovabile dell'acqua ad essere uno dei principali fattori che contribuiscono al cambiamento climatico?
3. Come si spiega che le aspettative per l'energia idroelettrica diminuiscono con il progredire del cambiamento climatico?
4. Perché il motore a combustione interna ha trionfato sul motore a vapore?
5. Giustificare la conclusione: *"I vettori energetici del XX secolo sono stati i principali acceleratori del cambiamento climatico odierno"*.
6. Perché il gas naturale è considerato un vettore energetico che ha un impatto minore sul cambiamento climatico rispetto alla raffinazione del petrolio, se è ancora un combustibile fossile?

2.1. IN CHE MODO I CAMBIAMENTI CLIMATICI POSSONO INFLUIRE SULL'INNALZAMENTO DEL LIVELLO DEL MARE?

In una delle scene del film "*Cinema Climantopia*", gli alunni polacchi arrivano all'acquario di Lisbona, dove incontrano un gruppo di alunni portoghesi con diversi stand di dimostrazione scientifica. Quando l'alunno polacco chiede cosa stiano facendo, uno degli alunni portoghesi risponde: "*Ti mostrerò cosa sta cambiando la tua vita*".



Immagine 28: fotogramma del film "Cinema Climantopia".

Rispondete con ciò che sapete ora:

1. A coppie, pensate al luogo in cui vivete, sia esso costiero o interno, e rispondete alle seguenti domande: pensate che l'impatto del cambiamento climatico sull'oceano *cambierà la vostra vita*? Avrò ripercussioni su altri paesi allo stesso modo e con la stessa intensità? Quali pensate siano i principali impatti del cambiamento climatico sull'oceano?
2. Dopo aver risposto a queste domande, potete muovervi in classe interagendo con altre coppie e condividendo le vostre risposte con l'obiettivo di fare un riassunto finale il più completo possibile, incorporando le informazioni fornite dagli altri compagni che ritenete corrette per rispondere alle domande iniziali.

Il livello del mare si sta alzando?

L'innalzamento del livello del mare è uno degli impatti più evidenti del cambiamento climatico, che continuerà a verificarsi per secoli anche se dovessimo interrompere bruscamente le emissioni di gas serra oggi o raggiungere l'obiettivo dell'Accordo di Parigi del 2015 di mantenere l'aumento della temperatura globale al di sotto di 1,5-2°C.

Dal 1850, il livello del mare si è innalzato di circa 20-24 cm a livello globale e continua a salire a un ritmo crescente.

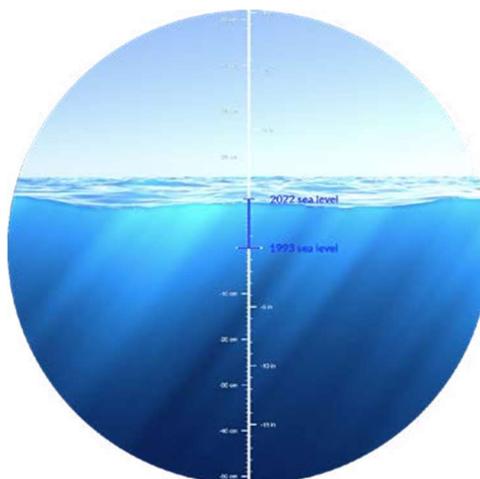


Figura 29: Innalzamento del livello del mare.

Rispondete con ciò che sapete ora:

1. Perché il livello del mare si sta alzando?
2. Sta aumentando in modo uniforme in tutto il mondo?
3. Quali sono, secondo lei, le conseguenze dell'innalzamento del livello del mare e delle temperature marine?

Sebbene l'innalzamento del livello del mare sia uno degli impatti più noti del cambiamento climatico, spesso le persone non sono consapevoli delle sue vere cause. Due sono i fattori responsabili di questo fenomeno, entrambi derivanti dall'aumento della temperatura globale: lo scioglimento dei ghiacci continentali e l'espansione termica dell'acqua. Ora daremo uno sguardo più da vicino a ciascuno di essi:

1. Lo **scioglimento** dei **ghiacci continentali** è la causa principale dell'innalzamento del livello del mare. Questo ghiaccio, che prima si trovava sul continente, ora occupa un volume extra sotto forma di acqua liquida nell'oceano, causando l'innalzamento del livello del mare. Non è il caso dello scioglimento dei ghiacci galleggianti, come nell'Artico, dove questi occupano già un volume specifico e quindi non contribuiscono direttamente all'innalzamento del livello del mare (anche se indirettamente attraverso una riduzione dell'albedo).

Questo è il caso dello scongelamento di:

¶ **Groenlandia.** Si stima che dal 2002 la Groenlandia abbia perso 274 miliardi di tonnellate di ghiaccio all'anno, un tasso superiore a quello dell'Antartide, ed è uno dei principali responsabili dell'attuale innalzamento del livello del mare.

¶ **Antartide.** È il quarto continente più grande dopo Asia, America e Africa. La sua superficie è coperta per il 98% da ghiaccio. Si stima che dal 2002 l'Antartide abbia perso 151 miliardi di tonnellate di ghiaccio all'anno. Ricordiamo che solo le parti dell'Antartide più vulnerabili allo scioglimento dei ghiacci ci proteggono da un potenziale innalzamento globale del livello del mare di 20 metri.

Particolarmente preoccupante a questo proposito è la cosiddetta *calotta glaciale dell'Antartide occidentale* (spesso indicata come WAIS), dove il riscaldamento e la perdita di ghiaccio sono stati molto più intensi negli ultimi anni. Questo scioglimento è favorito dall'aumento globale della temperatura atmosferica e, inoltre, dall'ingresso di acqua più calda alla base del continente.

Ghiacciai. Durante l'estate, le grandi formazioni di ghiaccio come i ghiacciai alpini si sciolgono naturalmente e durante l'inverno, grazie alla neve, recuperano la loro superficie. Tuttavia, a causa dell'aumento globale delle temperature, si è osservato uno squilibrio tra i due processi, che contribuisce all'innalzamento del livello del mare.

2. L'**espansione termica dell'acqua** è un fenomeno spesso trascurato perché non è visibile come le immagini scioccanti dello scioglimento dei ghiacci, ma svolge un ruolo importante nell'innalzamento del livello del mare.

A livello globale, l'oceano ha immagazzinato più del **93% del calore derivante dai cambiamenti climatici**. Questo ha attenuato notevolmente l'aumento della temperatura atmosferica, ma ha anche portato a importanti cambiamenti nelle sue proprietà fisiche e all'impatto sugli esseri viventi che lo abitano. Tra questi, spicca un processo noto come espansione o **dilatazione termica**. Questo fenomeno si basa sulla tendenza della materia a cambiare volume in risposta alla temperatura: quando una sostanza viene riscaldata, la mobilità delle sue molecole aumenta, mantenendo un maggiore spazio tra di esse e, quindi, aumentando di volume.



Immagine 30: Targa in onore del ghiacciaio Okjökull.

Quindi, dopo aver visto i diversi agenti responsabili dell'innalzamento del livello del mare, è il momento di avere una visione congiunta e di valutare l'entità di ciascuno di essi. È difficile quantificare il loro contributo individuale, ma secondo le informazioni fornite da studi recenti, nel periodo 1993-2016, il diverso ruolo di ciascuno è rappresentato nel grafico seguente:

■ Expansión térmica: 1.15 mm/año
■ Glaciares: 0.64 mm/año
■ Groenlandia: 0.6 mm/año
■ Antártida: 0.19 mm/año

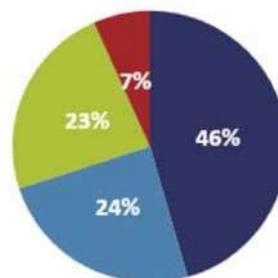


Figura 31: Contributo all'innalzamento del livello del mare.

In base a ciò che abbiamo visto finora...

1. Conoscevatte tutti i fattori coinvolti nell'innalzamento del livello del mare?
2. Accedete al seguente [simulatore](#) e analizzate cosa accadrà alla vostra città (se si tratta di una città costiera) o a un sito turistico costiero rappresentativo del vostro Paese se il livello globale del mare dovesse aumentare di 0,8 m, come previsto alla fine del secolo se le emissioni continueranno al ritmo attuale.
3. Eseguite il laboratorio pratico intitolato "*Perché il livello del mare si sta innalzando?*" dall'ebook "*Progettazione di pratiche di laboratorio sul cambiamento climatico per la diffusione attraverso stand scolastici in siti turistici*" e rispondete alle seguenti domande:
 - a. Cosa succede in ciascuno dei modelli con l'innalzamento del livello del mare? Se ci sono differenze, a cosa sono dovute?
 - b. Se alcuni modelli non influenzano l'innalzamento del livello del mare, il loro scioglimento ha un impatto globale?
 - c. Cosa osservate nella seconda parte della pratica e come si collega alla pratica precedente?
 - d. Considerando entrambi i lati della pratica, quali sono i fattori responsabili dell'innalzamento del livello del mare?
 - e. Ricerca sui potenziali impatti dell'innalzamento globale del livello del mare.

Tuttavia, in questo contesto di scioglimento dei ghiacci, è importante notare che questo fenomeno ha anche importanti **conseguenze** per la **fauna** di queste regioni.

Nell'**Artico** spicca l'orso **polare**, il più grande predatore di questa regione. Nell'Artico è stato osservato che negli ultimi anni il ciclo di scioglimento è iniziato prima e dura più a lungo. In altre parole, ogni anno la calotta polare artica si riduce, rendendo più difficile per gli orsi polari la caccia alle foche e ad altri animali che costituiscono la loro principale fonte di cibo. Prima dell'inizio dell'indebolimento generale dei ghiacci marini, gli orsi polari erano in grado di cacciare facilmente su ghiacci stabili. Tuttavia, in seguito allo scioglimento dei ghiacci, gli orsi polari sono costretti a nuotare verso le foche nel tentativo di cacciarle inosservati mentre si riposano su pezzi di ghiaccio galleggiante, con un alto tasso di insuccesso. A questo proposito, alcuni ricercatori suggeriscono che ciò potrebbe essere dovuto al fatto che questa tecnica richiederebbe una maggiore quantità di energia. Di conseguenza, recenti studi hanno concluso che le popolazioni di orsi polari potrebbero ridursi del 30% entro il 2050.



Immagine 32: Le popolazioni di orso polare (*Ursus maritimus*) potrebbero diminuire del 30% entro il 2050.

Tuttavia, in natura le interazioni tra gli ecosistemi sono complesse e gli impatti dei cambiamenti climatici nell'Artico non riguardano solo gli orsi polari. Come spiega la professoressa Rojas ai suoi studenti nel film "*Cinema Climantopia*", le foche sono proprio un'altra specie colpita dall'impatto dei cambiamenti climatici, poiché una delle loro fonti di cibo si riduce:

SIGNORA ROJAS

Proprio così. Le foche sono predatori e prede. Con il cambiamento climatico, le acque dell'Artico si stanno riscaldando e i merluzzi che vivono sotto il ghiaccio marino si stanno spostando verso nord o stanno diminuendo.

PROTAGONISTA STRANIERO 2

E le foche mangiano il merluzzo?

SIGNORA ROJAS

In quanto predatori, infatti, si imbattono in questo problema.



Immagine 33: fotogramma del film "Cinema Climantopia".

Nel caso dell'Antartide, ci sono anche impatti rilevanti sulla fauna della regione. Un esempio è il pinguino imperatore (*Aptenodytes forsteri*), che dipende dall'esistenza di una calotta glaciale ben sviluppata per il suo processo di riproduzione. Le sue uova vengono incubate principalmente su ghiaccio solido durante l'inverno antartico e ci vogliono diverse settimane sul ghiaccio perché i pulcini crescano e sviluppino il loro piumaggio. Uno studio del 2023 pubblicato sulla prestigiosa rivista *Nature* ha analizzato la variabilità delle popolazioni di cinque colonie di pinguini imperatore situate a Bellingshausen (Antartide occidentale) e i risultati osservati a seguito dell'intenso disgelo sono allarmanti: quattro di queste colonie hanno perso tutti i loro pulcini, con la morte di circa 10.000 uccelli. I piccoli muoiono per annegamento o addirittura per ipotermia perché vengono immersi in acqua senza aver sviluppato il piumaggio, quindi non sono in grado di resistere alle basse temperature e vengono abbandonati dagli adulti.



Immagine 34 e 35: illustrazione e fotografia di un pinguino imperatore con i suoi piccoli.

Dopo aver visto il film...

Nel film "*Cinema Climantopia*", la signorina Rojas spiega ai suoi studenti: "Questi pinguini vivono in Antartide, è l'unico polo dove possiamo trovarli".

1. Lo scioglimento dei ghiacci previsto per l'anno 2100 significa che la sopravvivenza delle popolazioni di pinguini è chiaramente a rischio. Cercate online cosa sia la *capacità di dispersione* di una specie. Una volta acquisita familiarità con questo concetto, rispondete alla seguente domanda: in un contesto di cambiamento climatico e di intenso scioglimento dei ghiacci, pensate che i pinguini possano trovare facilmente nuovi habitat adatti al loro ciclo biologico?

Le conseguenze dell'innalzamento del livello del mare

Nella scena di "*Cinema Climantopia*" che si svolge nell'oceanario di A Coruña, uno dei protagonisti afferma quanto segue: "Facile. Se il livello del mare si alza, il mare raggiunge più terra e, quindi, si verificano inondazioni".

Dopo aver visualizzato la scena...

1. Quali sono, secondo lei, le conseguenze delle inondazioni nelle zone costiere?
2. Quali misure pensate si possano adottare nelle aree costiere per affrontarle?



Immagine 36: fotogramma del film "Cinema Climantopia".

Oltre a queste inondazioni, vi sono molte altre **conseguenze** dell'innalzamento del livello del mare, tra cui le seguenti:

"**La migrazione umana**: questo dà origine a ciò che chiamiamo "rifugiati climatici". Alcuni studi suggeriscono che entro la fine del secolo, più di 2 miliardi di persone saranno costrette a migrare dal proprio Paese, la maggior parte delle quali proviene da Paesi impoveriti con una capacità significativamente inferiore di rispondere agli impatti del cambiamento climatico.

" **Perdita di aree, habitat e infrastrutture costiere.**

"**Intrusione di acqua salina** nelle falde acquifere costiere. Se il livello del mare si innalza, è più probabile che l'acqua salina penetri e contami le falde acquifere sotterranee. Se a questo si aggiunge una diminuzione delle precipitazioni, come si prevede in molte aree, si delinea uno scenario in cui l'approvvigionamento di acqua dolce sarà scarso.

" **Scomparsa delle isole basse.**

" Aumento dell'**erosione** costiera.

"**Intensificazione delle inondazioni fluviali**: il livello del mare stabilisce il livello di base dei fiumi, quindi se il livello del mare si alza, si alza anche il livello dei fiumi. Questo può intensificare l'effetto delle inondazioni, che sono particolarmente gravi nelle aree già soggette a inondazioni. Tuttavia, sebbene l'innalzamento del livello del mare sia un fenomeno generalizzato, esso si verifica **in modo disomogeneo** in tutto il mondo a causa di molteplici cause.

fenomeni, tra i quali la stessa topografia dei fondali oceanici gioca un ruolo importante. Così, ad esempio, alcune aree come il Pacifico occidentale hanno registrato un aumento da 4 a 5 volte superiore alla media globale (fino a 15 mm/anno), una regione dove, a sua volta, si trova la **più alta percentuale di povertà costiera al mondo**.

Le popolazioni di questi Paesi sono particolarmente vulnerabili a causa del loro minore sviluppo economico e sono quindi **meno in grado di adattare** le infrastrutture e sostenere la popolazione di fronte all'innalzamento del livello del mare. Possiamo quindi concludere che la vulnerabilità di un Paese all'innalzamento del livello del mare non dipende solo dalla sua altitudine rispetto al livello del mare, ma anche dal suo sviluppo socio-economico.

Sono quindi le **popolazioni più vulnerabili** e meno responsabili delle emissioni di gas serra ad essere maggiormente colpite dall'innalzamento del livello del mare.

Uno dei casi più estremi è quello di **Kiriba**, un Paese dell'Oceano Pacifico composto da 33 isole e che ospita più di 100.000 persone. È considerato uno dei Paesi più colpiti dall'innalzamento del livello del mare, dove si prevede che le sue isole saranno sommerse entro 15 anni; per questo motivo il Paese ha istituito un programma chiamato "migrazione con dignità", in cui offre ai suoi abitanti la possibilità di trasferirsi in altri Paesi come l'Australia e la Nuova Zelanda, e nell'ambito del quale ha persino acquistato terreni in altri Paesi per ospitare i suoi rifugiati climatici. È uno degli esempi di come il cambiamento climatico possa colpire non solo le persone, ma anche il patrimonio culturale dell'umanità. Il Gruppo intergovernativo di esperti sul cambiamento climatico (IPCC) sottolinea nel suo Sesto rapporto come la migrazione forzata degli abitanti di Kiribati minacci la permanenza della sua cultura, caratterizzata tra l'altro dalle arti marziali tradizionali, dalla musica e dalla danza popolare.

In base a ciò che abbiamo visto finora...

1. Il film "*Cinema Climantopia*" mostra scenari molto diversi, come le Isole Canarie o la Polonia. Ricercate online di quanto si prevede che il livello del mare si alzerà in ciascuno di questi territori entro la fine del secolo e confrontate le possibili conseguenze in base alle loro caratteristiche geografiche.
2. Quali misure di adattamento possono essere adottate negli ambienti costieri per far fronte all'innalzamento del livello del mare?



Immagine 37: Kiribati.

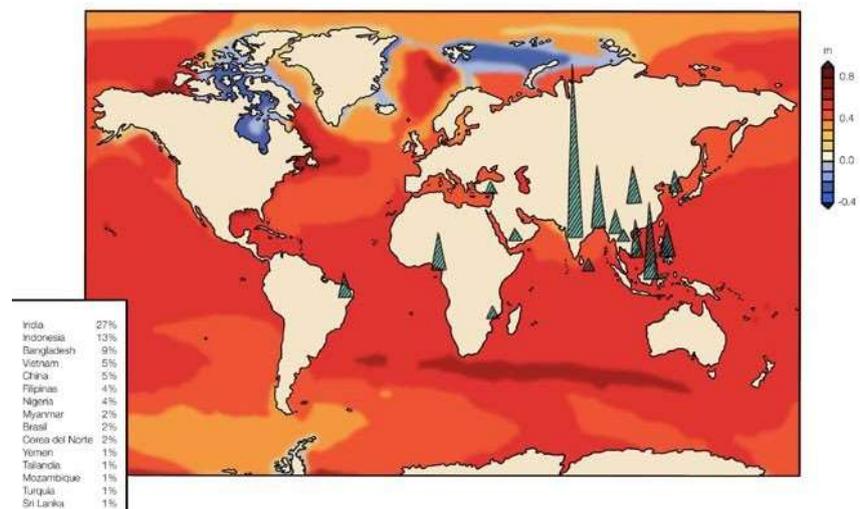


Figura 38: Percentuale di povertà costiera e innalzamento del livello del mare alla fine del XXI secolo.

Previsioni sull'innalzamento del livello del mare

Le proiezioni sull'innalzamento del livello del mare non sono incoraggianti. Se le emissioni di gas serra continueranno allo stesso ritmo di oggi, il livello globale del mare dovrebbe aumentare di **0,84 m** entro la fine del secolo rispetto al periodo 1986-2005.

Come abbiamo indicato all'inizio di questo capitolo, l'innalzamento del livello del mare è già un fenomeno inarrestabile: la quantità di calore immessa nell'atmosfera è tale che, anche se dovessimo interrompere improvvisamente le emissioni di gas serra, l'inerzia dei processi già in corso è così grande che non si arresterebbero per centinaia o migliaia di anni a venire. Sta a noi, quindi, fare in modo che non si intensifichino ulteriormente, con conseguenze catastrofiche.

2.2. PERCHÉ IL RISCALDAMENTO DEGLI OCEANI DOVUTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI MINACCIA LA PRODUTTIVITÀ DEGLI OCEANI?

Gli **oceani** coprono più del 70% della superficie del nostro pianeta e, come già detto, secondo i dati più recenti dell'IPCC, gli oceani **immagazzinano** più del **93% del calore** prodotto dai cambiamenti climatici.



Immagine 39: Dove va a finire il calore del cambiamento climatico?

In questa sezione ci concentreremo su due impatti principali di questo aumento della temperatura.

1. Stratificazione dell'oceano

Se analizzassimo la distribuzione del **calore** immagazzinato nell'oceano, scopriremmo che la maggior parte di esso si accumula nei **700 m superiori della** colonna d'acqua. Ciò si traduce in una **diminuzione della densità delle acque superficiali**, con importanti implicazioni per la produzione primaria oceanica.

Gli strati superficiali della colonna d'acqua ospitano il **fitoplancton** - da cui dipende in larga misura la produzione primaria oceanica - che ha bisogno di vivere nella **zona fotica per svolgere la** fotosintesi. Allo stesso tempo, ha bisogno di alcuni **nutrienti inorganici (P, N e S)** che provengono dal fondo dell'oceano e raggiungono la superficie attraverso una serie di meccanismi.

Come conseguenza della diminuzione della densità dell'acqua superficiale dell'oceano, la **comunicazione tra la superficie e gli strati più profondi della** colonna d'acqua **diventa più difficile**. Ciò ha due implicazioni principali: "Alle **medie latitudini**, la stratificazione oceanica risultante ostacolerà la risalita dei nutrienti verso gli strati superficiali dove risiede il fitoplancton, portando a un **calo** della produzione primaria oceanica.

"Alle **latitudini polari**, il fattore limitante per la produzione oceanica è l'accesso alla luce. In queste aree, la stratificazione è generata principalmente dallo scioglimento dei ghiacci in seguito all'aumento delle temperature, per-cui l'acqua fresca (meno densa) entra nell'oceano, portando a densità più elevate. Con la stratificazione oceanica, il fitoplancton rimane più a lungo negli strati superficiali, per-cui si prevede un leggero aumento della produzione primaria oceanica a queste latitudini in futuro.

L'impatto del riscaldamento oceanico è amplificato lungo la catena alimentare, poiché la diminuzione della disponibilità di fitoplancton comporterà un declino dei successivi anelli trofici che in ultima analisi dipendono da esso.

In base a ciò che abbiamo visto finora...

Eseguite la pratica di laboratorio intitolata "*Perché siamo così preoccupati per il riscaldamento globale?*" dall'ebook "*Progettazione di pratiche di laboratorio sul cambiamento climatico per la diffusione attraverso stand scolastici in siti turistici*" e rispondete alle seguenti domande:

Prima parte della pratica:

1. Cosa si osserva quando si rimuove il serbatoio dello splitter e perché ciò accade?
2. Come pensa che questo fenomeno possa essere collegato al cambiamento climatico nella realtà?

Seconda parte della parte pratica:

1. Come si relaziona questa seconda parte della pratica con la precedente e con la realtà?
2. Cosa rappresenta nella realtà il movimento delle carte?
3. Cosa succede quando si aggiunge uno strato di petrolio e come influisce sulla produzione primaria oceanica?
4. Alle latitudini polari, il fitoplancton è soggetto a grandi correnti oceaniche che lo trasportano in aree più profonde. Come pensa che la stratificazione oceanica influenzerà le aree polari?
5. In che modo la stratificazione oceanica può influenzare la concentrazione di ossigeno nell'oceano?
6. I cambiamenti nella produttività degli oceani interesseranno tutti i Paesi del mondo allo stesso modo? Cercate sul web gli impatti sulla sicurezza alimentare.

2. Deossigenazione oceanica

L'oceano, come l'atmosfera, contiene ossigeno. Esso proviene dall'azione degli organismi marini fotosintetici o dall'atmosfera stessa. La **deossigenazione oceanica** è un fenomeno spesso trascurato ma molto importante, con il quale si intende una diminuzione della concentrazione di ossigeno nelle acque più profonde. Si verifica a causa di **3 fattori** principali:

"L'aumento **della temperatura degli oceani**, che riduce la solubilità dell'ossigeno.

"La **stratificazione oceanica**, che ostacola la diffusione dell'ossigeno dagli strati superficiali a quelli profondi.

"I processi di **eutrofizzazione** nelle aree costiere sono la conseguenza di un apporto di nutrienti che porta a un'eccessiva fioritura di fitoplancton, impedendo l'accesso alla luce e all'ossigeno per le comunità acquatiche". Di fatto, più di 700 aree costiere e mari semi-chiusi in tutto il mondo sono già stati identificati con problemi di ipossia.

A livello globale, si stima che l'**inventario di ossigeno negli oceani** sia diminuito di circa **il 2%**. Questa cifra può sembrare insignificante, ma sia nelle aree costiere che negli oceani aperti, l'esaurimento dell'ossigeno provoca le cosiddette **zone morte**: aree ipossiche che non sono compatibili con la vita aerobica.

2.3. L'INNALZAMENTO DEL LIVELLO DEL MARE E LE SUE CONSEGUENZE IN EUROPA: EFFETTI SUL TURISMO

Le isole e le zone costiere sono tra le destinazioni turistiche più vulnerabili agli impatti dei cambiamenti climatici a causa di molteplici minacce come eventi meteorologici estremi, innalzamento del livello del mare, cambiamenti nei modelli di circolazione delle correnti oceaniche o perdita di ecosistemi.

L'innalzamento del livello del mare è una delle principali minacce per il settore turistico, sia per l'inondazione dei terreni costieri sia per l'aumento dell'erosione costiera, poiché gran parte delle attività turistiche si svolgono in queste aree. Pertanto, l'aumento dell'erosione costiera metterà a rischio non solo le spiagge stesse, ma anche le infrastrutture di prima linea come passeggiate, dighe, frangiflutti, moli e porti. In Europa, lo studio EUROSION ha rilevato che il 20% delle coste europee si sta ritirando o viene destabilizzato artificialmente.

La regola di Bruun, sebbene con limitazioni e condizionata dalle caratteristiche di ciascuna area, ci permette di semplificare una relazione tra l'innalzamento del livello del mare e l'arretramento della linea di costa. Essa stima un intervallo di 50-100 m di arretramento per ogni metro di innalzamento del livello del mare.

Utilizzando alcuni dei Paesi del nostro film "Cinema Climantopia" come esempi illustrativi, analizzeremo alcune proiezioni dell'innalzamento del livello del mare e il suo impatto sul turismo in alcune aree europee.

"La Penisola Iberica, le Isole Canarie e le Isole Baleari, con circa 8000 km di coste, presentano il turismo balneare e del sole come un importante motore economico. La Spagna ha un'ampia varietà di coste, che vanno da imponenti scogliere verticali a estese spiagge sabbiose, per cui l'innalzamento del livello del mare comporterà un significativo arretramento di entrambi i tipi di costa a causa dei processi di erosione e inondazione, mettendo a rischio l'attività turistica sviluppata in queste aree.

A questo proposito, la Spagna è uno dei Paesi più vulnerabili in Europa all'innalzamento del livello del mare, dove si stima che la linea di costa si ritirerà di 3 m entro il 2040 lungo la costa cantabrica, la Galizia e il nord delle Isole Canarie. Inoltre, è necessario investire maggiori risorse nella prevenzione di questi impatti e nella protezione delle infrastrutture costiere esistenti.



Immagini 40 e 41: spiaggia di Orzán (A Coruña, Galizia) e spiaggia di Las Catedrales (Galizia).



Immagine 42: Spiaggia di Maspalomas (Gran Canaria).

"Portogallo. Negli ultimi anni la costa portoghese ha subito un intenso processo di arretramento dovuto, tra gli altri fattori, alla riduzione del tasso di sedimentazione dei fiumi in seguito alla costruzione di dighe e altre strutture.

Con l'innalzamento del livello del mare, la profondità del mare aumenta e le onde che raggiungono la costa hanno una maggiore energia, aumentando la loro capacità erosiva e di trasporto dei sedimenti. Pertanto, l'innalzamento del livello del mare e la conseguente intensificazione dell'erosione costiera avranno un effetto significativo sulla costa portoghese, già carente di sedimenti.

Questo ha effetti importanti sul settore turistico, legati soprattutto alla riduzione o addirittura alla perdita totale delle spiagge sabbiose e alla perdita delle infrastrutture costiere legate alle attività turistiche, come ristoranti e bar,

case, ecc. È il caso di alcune delle zone più turistiche del Portogallo, come l'Algarve.



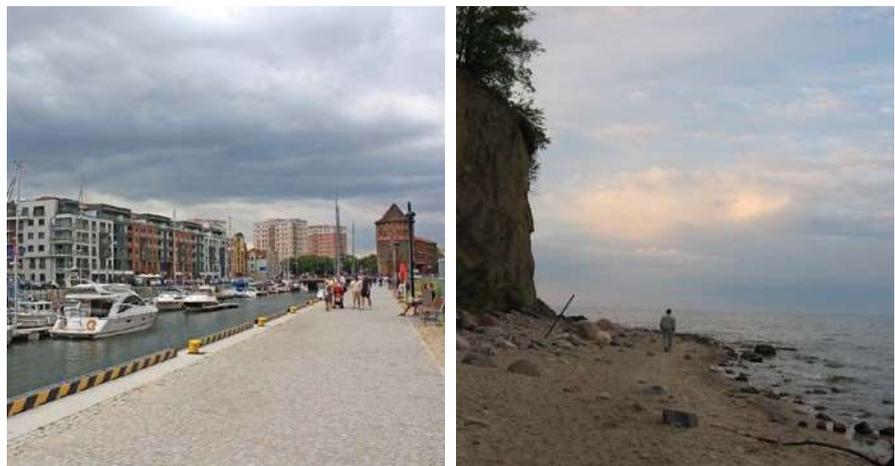
Immagine 43: Algarve (Portogallo).



Figure 44 e 45: Esempi di protezione delle abitazioni costiere in Portogallo colpite dalla scomparsa delle dune nel contesto dell'innalzamento del livello del mare.

"Polonia. Situata in Europa centrale, la Polonia ha un piccolo tratto di costa sul Mar Baltico. Questa zona costiera è lunga circa 500 km e comprende importanti città turistiche come Danzica, Gdynia e Sopot.

Ciò significa che l'innalzamento del livello del mare rappresenta una minaccia per il nord del Paese, mettendo a rischio diverse aree turistiche di grande importanza per il Paese, alcune delle quali sono state oggetto di recenti studi a causa della loro vulnerabilità, come Danzica, Karwia e la penisola di Hel. **Danzica** è un'area rurale e urbana densamente popolata che è minacciata da potenziali inondazioni e allagamenti. La **penisola di Hel** è costituita da un grande banco di sabbia, lungo più di 30 km, utilizzato per il turismo, che rischia di scomparire a causa dell'intensificarsi dei processi di erosione. **Karwia**, invece, ospita paludi di grande valore ecologico, anch'esse minacciate dall'innalzamento del livello del mare.



Immagini 46 e 47: Gdansk (Polonia) e l'arretramento della costa a Gdynia (Polonia). Immagine di destra con licenza CC di Tomasz Sienicki.



Immagine 48: Trzemeszko (Polonia nord-occidentale) sulla costa del Mar Baltico. Sono visibili le rovine di una chiesa costruita all'inizio del XVI secolo e distrutta dall'avanzata del mare.

2.4. EFFETTI SULLA BIODIVERSITÀ MARINA EUROPEA. CONSEGUENZE SULLE SPECIE INVASIVE E SULLA PESCA NELLE ISOLE NE, SW E SUBTROPICALI.

Che impatto ha il riscaldamento degli oceani sulla biodiversità marina europea?

L'**oceano** è fondamentale per la vita sulla Terra e ospita più di **200.000 specie conosciute**. Tuttavia, nonostante la sua importanza, il suo stato di conservazione è preoccupante, motivo per cui la protezione della sua biodiversità è uno degli Obiettivi di sviluppo sostenibile dell'Agenda 2030: l'**SDG 14 (vita sottomarina)**.



Figura 49: SDG 14: Vita sottomarina.

La biodiversità marina europea è attualmente sottoposta a forti pressioni. Molte specie marine sono già a rischio a causa di diversi impatti, come la pesca eccessiva, l'inquinamento o la frammentazione degli habitat. Il **riscaldamento degli oceani** potrebbe intensificare la pressione su queste specie con effetti devastanti, soprattutto su quelle già al limite del loro range di **tolleranza termica**, e potrebbe anche portare alla **comparsa di nuove specie** provenienti da altre aree che migrano alla ricerca di condizioni ottimali per il loro sviluppo, anche se ciò dipenderà dalla loro capacità di dispersione.

Secondo un rapporto pubblicato nel 2019 dall'Agenzia europea dell'ambiente (AEA), lo stato attuale della biodiversità nei mari europei può essere riassunto in due conclusioni principali: quasi tutte le specie marine sono in cattivo stato di conservazione e la maggior parte degli ecosistemi marini europei è in declino.

In questo senso, l'aumento della temperatura degli oceani ha permesso alle specie provenienti da altre regioni più calde di popolare nuove aree marine che in precedenza erano troppo fredde per poter prosperare. Ecco alcuni esempi provenienti da diverse regioni europee.

Il **Mar Mediterraneo** è un importante **hotspot di biodiversità**. Si tratta di regioni che ospitano un'elevata biodiversità e sono fortemente minacciate dalle attività umane. In particolare, il Mar Mediterraneo si sta riscaldando il 20% più velocemente della media globale e negli ultimi anni ha subito un intenso processo di **tropizzazione** (aumento delle specie non autoctone di origine tropicale), risultando uno dei mari con il maggior numero di specie invasive al mondo.

A seguito dell'aumento della temperatura nel Mar Mediterraneo, sono comparse specie provenienti soprattutto dall'Oceano Indiano e dal Mar Rosso attraverso il Canale di Suez. È il caso del **pesce coniglio** (*Siganus rivulatus*), particolarmente dannoso per l'ecosistema in quanto tende a nutrirsi della copertura vegetale marina, convertendo le foreste di alghe sottomarine in ampie aree di roccia nuda, con il conseguente impatto sulle specie autoctone che le abitavano o ne dipendevano. Un recente studio, confrontando aree del Mediterraneo in cui questa specie era presente con altre in cui non lo era, ha mostrato come la sua presenza abbia portato a una **riduzione del 65% della copertura algale** dell'area e a una **riduzione del 60% della biomassa di alghe e invertebrati**.



Immagine 50: Pesca coniglio (*Siganus rivulatus*).

Gli effetti del cambiamento climatico sono evidenti anche nell'**Oceano Atlantico**, dove negli ultimi decenni è stato osservato un processo di tropicalizzazione in alcune regioni. È il caso delle **coste greche**, dove è stato osservato un riscaldamento di **0,24 °C per decennio**.

dal 1974. Di conseguenza, negli ultimi anni si sono insediate anche diverse specie di origine tropicale. Tra le prime specie a migrare ci sono il **pesce balestra** (*Balistes capriscus*) e la **sogliola del Senegal** (*Solea senegalensis*).

Negli ultimi anni sono comparse anche altre specie, tra le quali possiamo evidenziare le **puzzole nere** *Kyphosus sectatrix* e *Kyphosus vaigiensis*. Queste specie sono strettamente erbivore e, come nel caso del Mediterraneo, si teme che possano avere ripercussioni sulle alghe della regione, aumentando ancora di più la preoccupazione per la diminuzione delle alghe temperato-fredde che si è verificata in Galizia negli ultimi anni a causa dell'aumento della temperatura dell'acqua.



Immagine 51: Pesce balestra (*Balistes capriscus*).

Nello studio "*Evidencias e Impactos del Cambio Climático en Galicia*" (*Evidenze e impatti del cambiamento climatico in Galizia*), promosso dalla Xunta de Galicia nel 2009, più di 50 specie commerciali provenienti da latitudini di acque calde erano già state localizzate in Galizia. Al contrario, altre specie come la platessa o l'alga laminaria stanno diminuendo di densità nelle acque galiziane e aumentando in quelle più settentrionali, probabilmente a causa dell'impatto dell'aumento delle temperature sulla loro distribuzione. Nel **Mar Baltico** troviamo anche diverse conseguenze del cambiamento climatico sulla biodiversità marina, oltre ad altri impatti ambientali come l'**eutrofizzazione**. Il Mar Baltico ha subito anche un processo di subtropicalizzazione che ha permesso a specie di grande importanza per la pesca, tipiche delle aree subtropicali, come le **sardine** (*Sardina pilcardus*) o le **acciughe** (*Engraulis encrasicolus*), di migrarvi negli ultimi anni, riducendo l'abbondanza di altre come le **aringhe** (*Clupea harengus*).



Immagine 52: Sardina (Sardina pilchardus).

La stratificazione oceanica: un problema di sicurezza alimentare globale

In un mondo con una popolazione in rapida crescita come quella umana, che supera la vertiginosa cifra di **8 miliardi di persone**, un aumento del consumo di pesce e di altri alimenti provenienti dagli oceani sembra inevitabile per nutrire l'intera popolazione del pianeta. A questo proposito, secondo i dati dell'ultimo rapporto IPCC sugli oceani e la criosfera, nel corso del XXI secolo si prevede in generale una riduzione significativa della biomassa delle comunità marine, con un conseguente effetto sulle potenziali catture ittiche future.

In questo contesto, gli **effetti** della **stratificazione oceanica** sulla **produzione ittica** sono davvero preoccupanti. Uno studio recente ha sviluppato un modello di come tale cambiamento nella produzione primaria influirebbe sulle catture ittiche di diversi Paesi, delineando uno scenario futuro di incerta sicurezza alimentare. Lo studio ha rivelato che, in linea di massima, i Paesi che dipendono maggiormente dalla pesca (sia in termini economici che di sicurezza alimentare) e che ospitano la maggior parte della popolazione mondiale, vedranno diminuire le loro catture. D'altra parte, una percentuale minore di Paesi, tra cui diversi Paesi europei, che dipendono meno dalla pesca, vedranno le loro catture potenziali aumentare leggermente.

Una visione globale...

Il grafico seguente mostra come si prevede che le catture di pesce varieranno in futuro in alcuni Paesi del mondo, nonché la loro dipendenza dalla pesca in termini alimentari ed economici. Dopo aver analizzato il grafico, rispondete alle domande poste:

1. Quale tendenza rappresenta ciascuno dei quadranti in termini di variabili studiate?
2. Confronta l'andamento previsto per i Paesi di appartenenza dei protagonisti del film e, sulla base dei contenuti studiati in questo capitolo, ne fornisce una spiegazione.
3. Ricercate il numero di abitanti di ciascuno dei paesi rappresentati nei diversi quadranti. Che conclusioni traete?



Figura 53: Variazione percentuale delle potenziali catture future di pesce in alcuni Paesi del mondo.

Una volta terminata l'unità, rispondete nuovamente alle domande iniziali utilizzando quanto appreso:

1. Perché il livello del mare si sta alzando?
2. Sta aumentando in modo uniforme in tutto il mondo?
3. Quali sono, secondo lei, le conseguenze dell'innalzamento del livello del mare e delle temperature marine?

3.1. IL SUOLO E LE FORESTE COME SERBATOI DI ANIDRIDE CARBONICA

Nella scena galiziana di "Cinema Climantopía", tre studenti che partecipano alla conferenza scolastica sulla Ría de Muros e Noia vedono un albero di eucalipto che sembra loro rovinare il paesaggio e quindi suscita la loro curiosità. Si avvicinano quindi a due raccoglitori di molluschi che stanno facendo una pausa dalla loro attività per chiedere loro informazioni su questa specie.



Immagine 54: fotogramma del cortometraggio "Cinema Climantopía" che mostra tre studenti partecipanti alla conferenza scolastica di Ría de Muros e Noia che si interessano all'albero di eucalipto sulla sinistra dell'immagine.

Il raccogliatore di molluschi Maruxa fa notare il gran numero di eucalipti che si vedono da lì e spiega che il problema degli eucalipti è che assorbono tutta l'acqua, inaridendo tutta la terra e rendendo impossibile la coltivazione. La sua collega aggiunge che favoriscono la propagazione degli incendi. Dice loro che gli eucalipti che visualizzano sono il motivo per cui la gente dice che "la Galizia è sempre in fiamme". Lo studente che assume il ruolo di giornalista aggiunge che influiscono anche sul cambiamento climatico. La raccoglitrice di molluschi Maruxa interviene di nuovo per dire che influiscono su tutto l'ecosistema e li descrive come una piaga perché sono fuori controllo, così come gli incendi, quindi ne subiremo le conseguenze.

Il giorno seguente, al termine della finale del torneo internazionale di pallavolo giovanile tra Spagna e Perù, gli studenti colgono l'occasione per visitare il Monte Pindo, visibile dal campo del torneo.

Lì incontrano il presidente dell'Associazione Monte Pindo e due studenti, nei panni di giornalisti, gli chiedono un'intervista, che lui concede loro, per conoscere il grande incendio del 2013.

CAPITOLO 3: I CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLA FERTILITÀ DEL SUOLO E SUGLI ECOSISTEMI FORESTALI, DALLA SCENA DEGLI ALBERI DI EUCALIPTO E DEGLI INCENDI IN GALIZIA



Immagine 55: fotogramma del cortometraggio "Cinema Climantopia" con due raccoglitori di molluschi che spiegano il problema degli eucalipti nella Ría de Muros e a Noia.



Immagine 56: fotogramma del cortometraggio "Cinema Climantopia" che mostra Spagna e Perù che giocano la finale del torneo della Conferenza sul lavoro internazionale bilaterale in Europa e America durante la pandemia.

Nell'intervista ha spiegato le allarmanti conseguenze dell'incendio del 2013, che per 3 giorni ha terrorizzato la popolazione, danneggiato le case e generato una grande quantità di sedimenti che hanno colpito il banco di molluschi più vicino e lasciato il terreno eroso. Ha giustificato la rapida espansione con l'introduzione di specie invasive, in particolare l'eucalipto. Ha anche fatto riferimento alle misure adottate per ridurre al minimo questi impatti, come la piantumazione di erbe e l'ottenimento di una banca di germoplasma per recuperare le specie arboree autoctone perdute. Ha concluso implorando di non bruciare la foresta e raccomandando di pensare di più alla prevenzione, perché l'attenzione politica è troppo concentrata sull'estinzione.

Nell'attuale contesto di cambiamento climatico, i suoli agricoli e forestali sono soggetti a impatti che portano al loro degrado e possono raggiungere punti di non ritorno, portando alla desertificazione. Le cause di questo degrado sono diverse e vengono amplificate dal cambiamento climatico. Nel film "*Cinema Climantopia*" viene mostrato questo tipo di problema in Galizia, come l'espansione delle specie pirofite.

CAPITOLO 3: I CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLA FERTILITÀ DEL SUOLO E SUGLI ECOSISTEMI FORESTALI, DALLA SCENA DEGLI ALBERI DI EUCALIPTO E DEGLI INCENDI IN GALIZIA

come gli eucalipti che, con i periodi di forte siccità e le ondate di calore che accompagnano i cambiamenti climatici nella regione, aumentano il rischio di incendi. Allo stesso tempo, le piogge torrenziali, sempre più frequenti, causano una forte erosione e il passaggio di grandi quantità di sedimenti che mettono a rischio gli ecosistemi fluviali ed estuari, bloccando le branchie o coprendo i banchi di molluschi.



Immagine 57: fotogramma del cortometraggio "Cinema Climantopia" che mostra l'intervista al presidente dell'Associazione Monte Pindo che spiega gli effetti dell'incendio del 2013.



Immagine 58: Illustrazione dell'incendio della chioma nell'eucalipto (autore Sarela Lorenzo Robledo).

I terreni coltivabili coprono il 12-14% della superficie terrestre e sono essenziali per l'alimentazione di una popolazione in costante crescita. La formazione del suolo è un processo che richiede lunghi tempi geologici e in cui il clima è fondamentale, tanto che rocce diverse in climi diversi possono dare suoli molto simili e la stessa roccia in climi diversi può dare suoli diversi. Per questo motivo, le influenze tra suolo e clima sono reciproche e i cambiamenti climatici influenzano la struttura e la produttività del suolo.

Uno dei principali problemi che il cambiamento climatico comporta per il suolo è lo stress da calore. Questo aumento della temperatura superficiale del suolo è

CAPITOLO 3: I CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLA FERTILITÀ DEL SUOLO E SUGLI ECOSISTEMI FORESTALI, DALLA SCENA DEGLI ALBERI DI EUCALIPTO E DEGLI INCENDI IN GALIZIA

L'impatto della siccità terrestre ha causato cambiamenti nell'inizio e nella fine delle stagioni di crescita, riduzioni dei raccolti e una diminuzione della disponibilità di acqua dolce, con conseguente stress idrico sulla vegetazione.



Immagine 59 e 60: siccità e inondazioni indotte dai cambiamenti climatici nel contesto dei cambiamenti climatici.

I cambiamenti che il cambiamento climatico sta inducendo nel suolo sono di portata tale da minacciare l'equilibrio dinamico che gli ha permesso di sequestrare circa il 30% delle emissioni totali di carbonio di origine antropica. Il riscaldamento del suolo comporta un aumento del rischio di mineralizzazione della materia organica che lo fertilizza, che può portare a una perdita di fertilità e allo stesso tempo alimenta il problema, perché il suolo, dopo gli oceani, è il secondo più grande pozzo di assorbimento per il C. Il cambiamento climatico mette a rischio questo ruolo di pozzo, nel qual caso, dato che trattiene i 2/3 del C negli ecosistemi terrestri, potrebbe diventare una fonte di C, contribuendo così a un aumento del riscaldamento globale.



Immagine 61: fotografia di un campione di terreno che mostra la sua ricchezza di materia organica grazie al suo colore nero.

CAPITOLO 3: I CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLA FERTILITÀ DEL SUOLO E SUGLI ECOSISTEMI FORESTALI, DALLA SCENA DEGLI ALBERI DI EUCALIPTO E DEGLI INCENDI IN GALIZIA

Un altro fattore dell'impatto dei cambiamenti climatici sul suolo riguarda gli effetti dell'aumento della frequenza di eventi precipitativi estremi. Precipitazioni sempre più intense portano a un aumento delle inondazioni superficiali e dell'erosione del suolo, oltre che a un maggiore stress idrico per le piante. Le forti piogge e le inondazioni possono quindi ritardare la semina, aumentare la compattazione del suolo e causare perdite di raccolto a causa dell'anossia dovuta alla compattazione delle radici. Allo stesso tempo, l'aumento delle precipitazioni comporta anche un aumento del dilavamento dei componenti del suolo, con perdite di sali minerali che sono nutrienti necessari per la qualità della fertilità del suolo.

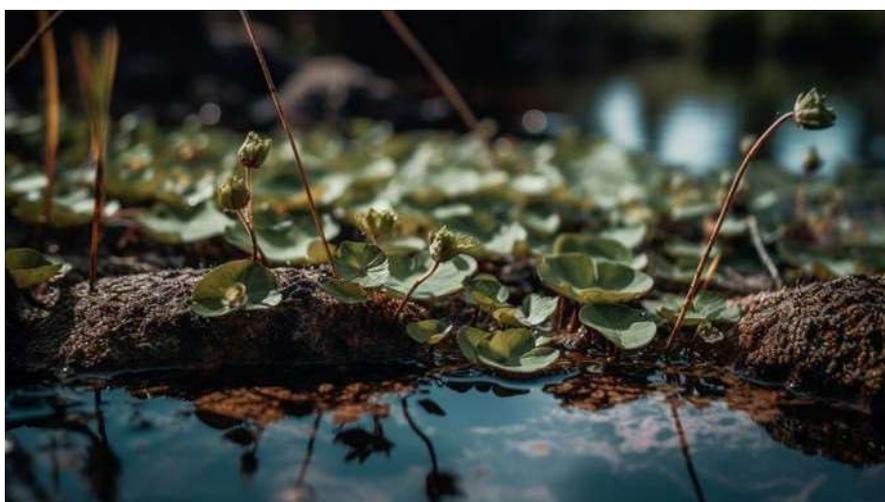


Immagine 62: fotografia che mostra gli effetti delle inondazioni che eliminano le colture e la comparsa di specie tipiche dei terreni allagati.

Rispondete con ciò che sapete ora:

1. In che modo le alte temperature influenzano la perdita di carboidrati nel suolo?
2. In che modo la lavorazione del terreno influenza la perdita di carbonio nel suolo se la lavorazione coincide con giornate calde?
3. Come influiscono le piogge torrenziali continue sulla fertilità del suolo? Gli effetti sono gli stessi se il suolo è molto sabbioso (molto poroso) e se il suolo è molto argilloso (poco poroso)? Giustificare la risposta.

3.2. RELAZIONE DEGLI INCENDI CON I CAMBIAMENTI CLIMATICI E I LORO EFFETTI SULLE PROPRIETÀ DEL SUOLO

Perché si ritiene che il cambiamento climatico possa aggravare i rischi di incendio?

I regimi di incendi boschivi sono guidati principalmente dal clima e dai fenomeni meteorologici, come le ondate di calore e i forti venti, dai combustibili e dalle persone. A loro volta, i combustibili per gli incendi sono spesso incrementati dai cambiamenti climatici, perché una maggiore quantità di CO₂ aumenta il tasso di fotosintesi. Inoltre, l'alternanza di precipitazioni abbondanti e periodi di siccità stimola i combustibili del sottobosco e la crescita degli alberi.



Immagine 63: fotografia che mostra l'importanza del sottobosco nella proliferazione degli incendi forestali.

Con il cambiamento climatico, il suo impatto sui combustibili e la diffusione di grandi monoculture di specie pirofite che facilitano gli incendi di chioma, come l'eucalipto, c'è un maggiore rischio di aumento dei regimi di incendio in molte regioni del pianeta. Questo è previsto dalle ricerche attuali che suggeriscono un aumento generale dell'area interessata e del verificarsi degli incendi. In questo senso, esistono studi che collegano l'aumento dell'area colpita negli ultimi quattro decenni al cambiamento climatico. Gli studi sulla regione boreale, che rappresenta un terzo della superficie forestale del pianeta, prevedono una tendenza ad un forte aumento degli incendi con l'avanzare del cambiamento climatico, fino a raggiungere 4-5 volte i valori massimi della fine del XX secolo.



Immagine 64: fotografia dell'incendio di Monte Pindo del 2013 che mostra il rischio di lasciare depositi di legname vicino alle case, oltre ad altri elementi altamente combustibili.

Di fronte a questo preoccupante scenario degli effetti del cambiamento climatico sugli incendi, è necessario aprire altri fronti da affiancare a quello ormai classico dello spegnimento degli incendi. Con lo spegnimento degli incendi, molti Stati e organizzazioni hanno raggiunto un livello di efficienza molto elevato nella gestione degli incendi. Tuttavia, di fronte a un clima futuro più caldo e secco, sarà necessario affrontare le nuove sfide che stanno già emergendo.

Gli Stati molto attrezzati per la lotta agli incendi, come il Canada, saranno superati in modo significativo nel 2023, a partire da un periodo insolito per gli incendi nella regione boreale, in coincidenza con l'anticipo primaverile che si è verificato ultimamente nei territori boreali. Questa serie è iniziata il 1° marzo 2023, aumentando di intensità per tre mesi, fino alla sua estinzione il 5 giugno 2023. Durante questo periodo, si sono verificati

2.214 incendi che hanno distrutto 3.800.000 ettari, il che ha significato la perdita dello 0,4 della superficie totale del Canada. Su un'altra scala territoriale, nella comunità autonoma della Galizia, dal 3 agosto al 15 agosto 2006, si sono verificati circa 2.000 incendi, che hanno colpito zone abitate e causato 4 morti, generando gravi difficoltà respiratorie per molte persone e uno scenario dantesco. Questa quindicina di incendi in tutto il territorio rimane nella memoria dei galiziani, nonostante si tratti di una regione europea con molti incendi, a causa del fatto che ha una delle più alte densità di massa forestale d'Europa, con estati inclini agli incendi a causa di diverse settimane consecutive di clima caldo e secco, con un terreno sabbioso che non trattiene l'acqua e, quindi, in queste circostanze provoca l'inacidimento della vegetazione, in concomitanza con questo clima secco con venti da NE che possono essere forti.

CAPITOLO 3: I CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLA FERTILITÀ DEL SUOLO E SUGLI ECOSISTEMI FORESTALI, DALLA SCENA DEGLI ALBERI DI EUCALIPTO E DEGLI INCENDI IN GALIZIA



Immagine 65: fotografia dell'incendio di Monte Pindo del 2013 che mostra un elicottero che agisce come mezzo tecnico sofisticato ed efficace per spegnere l'incendio.



Immagine 66: fotografia dell'incendio del Monte Pindo del 2013 che mostra la discesa del fuoco dalla cima.

Esempi come quello della Galizia nel 2006 hanno dimostrato che, sebbene la Galizia sia una delle comunità autonome spagnole meglio attrezzate e preparate per lo spegnimento degli incendi, una lotta antincendio efficace scompare di fronte a una tale concentrazione di incendi. D'altra parte, la decontestualizzazione stagionale degli incendi fa sì che essi si verifichino quando le operazioni stagionali sono disattivate a causa della stagionalità delle condizioni meteorologiche, che sono a basso rischio. Questo è stato anche il caso della Galizia tra venerdì 13 ottobre e lunedì 16 ottobre 2017, in pieno autunno, una stagione estremamente umida in questa regione con un afflusso di fronti atlantici. In soli 4 giorni, quando i servizi speciali antincendio erano già inattivi, è bruciata un'area grande circa quattro volte Vigo, la sua città più grande. Questi incendi incontrollati sono stati

CAPITOLO 3: I CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLA FERTILITÀ DEL SUOLO E SUGLI ECOSISTEMI FORESTALI, DALLA SCENA DEGLI ALBERI DI EUCALIPTO E DEGLI INCENDI IN GALIZIA

sono dovuti all'effetto dell'uragano Ophelia, i cui venti hanno diffuso le ceneri ardenti che hanno dato vita a nuovi focolai e messo a rischio la città di Vigo. Ma questo evento estremo, del tutto anomalo per il clima di questa regione, non avrebbe avuto questi effetti se non fosse stato per il caldo anomalo di quel mese di ottobre e per la mancanza di pioggia. Ancora una volta, questa ondata di incendi ha provocato la morte di quattro galiziani.



Immagine 67: fotografia dell'incendio di Monte Pindo del 2013 che mostra l'arrivo delle fiamme nel villaggio.

La preoccupazione per le vite umane a causa degli incendi, nel contesto del cambiamento climatico, deve entrare con forza nelle agende politiche. Questa è stata anche l'opinione del Primo Ministro del Portogallo nel 2017, quattro mesi prima degli incendi in Galizia a metà ottobre, durante il passaggio dell'uragano Ophelia. Queste dichiarazioni si riferivano alla tragica morte di oltre 60 persone nell'incendio di Pedrógão Grande. La tragedia ha provocato anche dei feriti ricoverati in ospedale. Dei morti, 30 sono stati trovati nei loro veicoli sulle strade di Leiria, dove c'erano piantagioni di eucalipto.

Questi esempi di incendi in Canada, Galizia e Portogallo sono una prova per estendere le politiche di soppressione degli incendi a nuovi campi come la prevenzione, tenendo conto degli scenari in evoluzione del cambiamento climatico. In futuro, infatti, si prevede che i regimi di incendio saranno guidati da condizioni di temperatura più calde e da stagioni degli incendi più lunghe, insieme a periodi meteorologici finora anomali, anticipando e ritardando i consueti periodi di incentivazione.

CAPITOLO 3: I CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLA FERTILITÀ DEL SUOLO E SUGLI ECOSISTEMI FORESTALI, DALLA SCENA DEGLI ALBERI DI EUCALIPTO E DEGLI INCENDI IN GALIZIA



Immagine 68: fotografia dell'incendio a Pedrogão Grande di Lucília Monteiro (Fonte: Visão) in Portogallo, dove vengono visualizzate le carrozze su cui si trovano gli occupanti.



Immagine 69: fotografia dell'incendio di Monte Pindo del 2013 che mostra come l'uomo offra aiuto dalla casa utilizzando una manichetta della casa stessa.

Si prevede che i cambiamenti climatici aumenteranno ulteriormente la frequenza e la gravità degli incendi, portando a incendi più grandi, in più stagioni, con maggiore gravità e superficie colpita, e quindi più difficili da estinguere. Secondo diversi studi, l'area colpita nel prossimo secolo può essere moltiplicata per un fattore da 2 a 5 volte l'area colpita nel XX secolo. Questo previsto aumento della frequenza degli incendi, che a loro volta si prevede saranno di maggiore entità, richiede che, senza abbassare la guardia nello spegnimento, si ponga l'accento sulla prevenzione, ponendo l'accento, fin dall'età scolare, sull'educazione ambientale in materia, in modo da coinvolgere i ragazzi nelle misure di prevenzione nelle località in cui vivono, ma anche in quelle che visitano come turisti.



Immagine 70: fotografia dell'incendio di Monte Pindo del 2013, in cui i turisti osservano gli effetti da lontano.

Rispondete con ciò che sapete ora:

1. Spiegare i cambiamenti nel regime degli incendi in termini di tempistica, aumento della frequenza e dell'intensità delle combustioni che possono essere indotti dai cambiamenti climatici.
2. Com'è possibile che il passaggio dell'uragano Ophelia sulla periferia della Galizia a metà ottobre, un periodo inaspettato per gli incendi in Galizia, abbia potuto provocare incendi di tale portata da allarmare parte della città di Vigo, e al costo di quattro vite?
3. Come si può collegare il 50% delle vittime portoghesi del tragico incendio di Pedrógão Grande al sistema di gestione forestale nella progettazione delle strade pubbliche?

Perché si ritiene che gli incendi aumentino la desertificazione?

Nella nostra zona, gli incendi si verificano di solito in estate, una stagione secca e calda, seguita da piogge torrenziali, che possono erodere grandi quantità di suolo, più fragile se ha subito la combustione della sua materia organica, oltre al dilavamento di grandi quantità di nutrienti mineralizzati dalla combustione. Questi effetti erosivi sono maggiori quando le foreste bruciate si trovano in zone montuose, soprattutto perché le successive forti piogge generano un trascinamento erosivo del suolo.

CAPITOLO 3: I CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLA FERTILITÀ DEL SUOLO E SUGLI ECOSISTEMI FORESTALI, DALLA SCENA DEGLI ALBERI DI EUCALIPTO E DEGLI INCENDI IN GALIZIA



Immagine 71: fotografia dell'incendio di Monte Pindo del 2013 che mostra come è stato lasciato Monte Pindo.

Sebbene il calore interessi normalmente i primi centimetri di suolo, gli incendi sotterranei sono frequenti e possono consumare la materia organica del terreno in una combustione lenta a causa della scarsa disponibilità di ossigeno per lungo tempo. Questo, oltre a rendere difficile individuare la prosecuzione dell'incendio e spegnerlo, facilita la combustione delle radici e aumenta il rischio di erosione. Questi rischi di erosione sono particolarmente importanti sui pendii ripidi. Il calore consuma parte della sostanza organica, soprattutto le radici, che tendono a bruciare sotto il suolo e possono alterare la stabilità degli aggregati, eliminando una parte significativa della sostanza organica. D'altra parte, l'assorbimento e la ritenzione idrica, la porosità, l'aerazione e la capacità di infiltrazione diminuiscono nel terreno nudo dopo un incendio. Pertanto, dopo un incendio si verifica solitamente una riduzione della disponibilità di acqua nel suolo e un aumento del ruscellamento superficiale e quindi dell'erosione. Quando le foreste bruciate si trovano su pendii, con l'arrivo di forti piogge, l'acqua genera un notevole ruscellamento verso valle, portando via tutta la materia che ha perso la sua tenuta a causa dell'incendio, soprattutto a causa della perdita di radici che trattengono la materia e della perdita.

Il processo di desertificazione è favorito perché parte dell'azoto totale viene perso per volatilizzazione. Ma l'entità della temperatura è tale che altri nutrienti fondamentali come il fosforo, il magnesio o il calcio, e in parte il potassio, possono essere restituiti dalla materia organica bruciata dalle ceneri, cosicché dopo l'incendio si può avere un aumento della fertilità, effimero ma cruciale per la rigenerazione della foresta, motivo per cui si consiglia di seminare massicciamente semi di erbe nella speranza che le prime piogge siano dolci.

CAPITOLO 3: I CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLA FERTILITÀ DEL SUOLO E SUGLI ECOSISTEMI FORESTALI, DALLA SCENA DEGLI ALBERI DI EUCALIPTO E DEGLI INCENDI IN GALIZIA



Immagine 72: fotografia dell'incendio di Monte Pindo del 2013 che mostra il personale antincendio.

Il rischio maggiore è la perdita di nutrienti per dilavamento all'arrivo di forti piogge, attraverso la lisciviazione o l'erosione superficiale, soprattutto su pendii ripidi o in assenza di una struttura del suolo e di una vegetazione in grado di fissare e sfruttare rapidamente questa fertilità, che dovrebbe essere incoraggiata con la semina massiccia di semi di erba. Se la semina di erbe ha successo, cosa che può essere fatta con voli sull'area, e la fortuna del regime pluviometrico, anche nelle aree in pendenza, è possibile recuperare lo stato precedente all'incendio in termini di contenuto di nutrienti. Se le erbe germinano efficacemente, la densità e l'altezza della macchia possono essere ristabilite in pochi anni, prima dello sviluppo della copertura arborea, che garantisce un'efficace protezione del suolo per ottenere l'incipiente rigenerazione degli alberi, che nei sistemi a rischio di instabilità dovrebbe essere accelerata dai processi di rimboschimento.

I terreni in condizioni di aridità o semi-aridità, come i terreni sabbiosi di origine granitica in Galizia, tendono a essere più fragili alle perturbazioni, in quanto hanno un contenuto di materia organica inferiore rispetto ai terreni più argillosi e basici. Per questo motivo, questi terreni sono privati per lungo tempo della protezione delle piante contro il potere erosivo delle piogge torrenziali autunnali in questa zona, cosa che accade sempre più spesso in Galizia. In queste condizioni pedoclimatiche, la copertura vegetale non si riprende rapidamente. Questo porta alla perdita di materia organica, che è meno soggetta all'attività biologica del suolo. Questo accelera anche il degrado fisico, che riduce sempre più il potenziale rigenerativo dell'area. Con l'erosione, l'infiltrazione diminuisce rapidamente, rendendo il terreno

direttamente con la profondità del suolo che viene persa a causa del ruscellamento. Nel ruscellamento sperimentato da questi terreni forestali sabbiosi sui pendii, la stessa vegetazione forestale gioca un ruolo fondamentale, riducendolo e aumentando la quantità di acqua trattenuta nei pori del suolo. Le foreste, soprattutto quelle di latifoglie, facilitano l'infiltrazione dell'acqua nel suolo, aumentando la portata delle falde acquifere e prevenendo le inondazioni di acqua e fango frequenti in autunno.

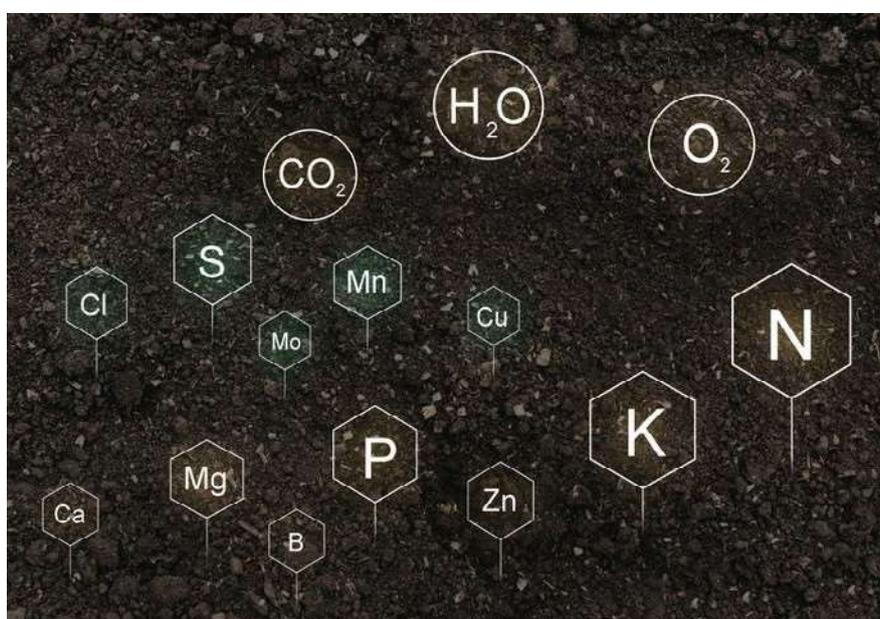


Figura 73: Composizione inorganica del suolo.



Immagine 74: Foresta bruciata senza copertura vegetale.

Nei terreni bruciati, oltre ad aumentare il deflusso e a diminuire l'infiltrazione, con il possibile aumento dell'idrofobicità e la perdita di radici con l'incendio, se dopo l'incendio si verificano piogge torrenziali, può aumentare il rischio di inondazioni.

CAPITOLO 3: I CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLA FERTILITÀ DEL SUOLO E SUGLI ECOSISTEMI FORESTALI, DALLA SCENA DEGLI ALBERI DI EUCALIPTO E DEGLI INCENDI IN GALIZIA

In caso di incendio, probabile prima che la copertura vegetale si riprenda, l'impatto di grandi gocce sul suolo nudo contribuirà alla distruzione degli aggregati, le cui frazioni ostruiscono i pori, riducendo ulteriormente il tasso di infiltrazione e, di conseguenza, aumentando il ruscellamento superficiale che favorisce il trasporto di materiale del suolo, favorendo al contempo la perdita di nutrienti a causa della loro dissoluzione nell'acqua di deflusso. Pertanto, quando i suoli perdono la loro capacità di infiltrazione dell'acqua, aumenta contemporaneamente la percentuale di deflusso superficiale, incrementando gli effetti dell'erosione. Sui pendii ripidi, le precipitazioni possono innescare un processo erosivo che porta alla scomparsa del suolo e all'esposizione della roccia. Questo effetto erosivo è particolarmente evidente sul Monte Pindo, come si può vedere nelle immagini aeree in prossimità della cascata di Ézaro. Questi processi erosivi sono favoriti dalla frequenza con cui gli incendi boschivi si ripetono nello stesso luogo, cosa che a Monte Pindo si è verificata con grande frequenza, come racconta nel film il presidente dell'Associazione Monte Pindo. Come spiega nell'intervista, i detriti che vengono trascinati nei fiumi e da lì in mare possono colpire diversi organismi, compresi quelli dotati di branchie, che vengono ostruiti dai detriti e muoiono. I processi di eutrofizzazione sono favoriti anche nei fiumi e negli estuari, a causa della grande quantità di sali minerali disciolti nelle acque di deflusso.



Immagine 75: Incendio di Monte Pindo del 2013. Il pendio di deflusso invia detriti e sali minerali nell'estuario.

Rispondete con ciò che sapete ora:

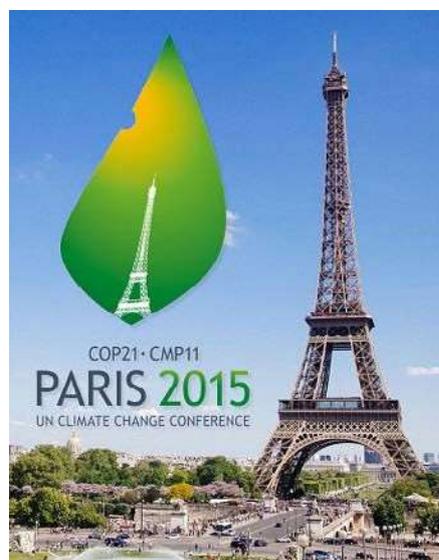
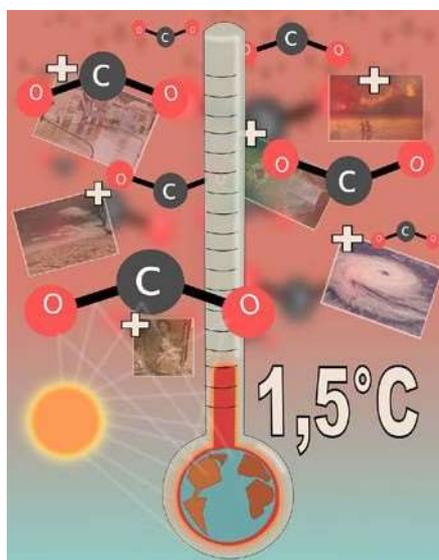
1. Come possono le radici degli alberi scomparire durante gli incendi se sono sotterranee?
2. Perché le foreste bruciate sui pendii vengono piantate con erbe?
3. Come si spiega che se i terreni sono sabbiosi, sono più vulnerabili agli incendi?
4. Cosa spiega perché le foreste bruciate hanno un maggiore deflusso e una minore infiltrazione rispetto agli stessi terreni prima dell'incendio?
5. Perché dopo un incendio boschivo nello spartiacque della foce di un fiume, come è successo a Monte Pindo, si eliminano le aree di pesca dei bivalvi che vivono nei sedimenti?
6. In che misura vale la pena di rimboschire una foresta bruciata e quali specie dovrebbero essere introdotte per prevenire futuri incendi?
7. Qual è la relazione tra gli incendi ripetuti sui versanti delle montagne e la loro desertificazione?

3.3. BUONE PRATICHE PER IL SEQUESTRO DEL CARBONIO NEL SUOLO, IL MIGLIORAMENTO DELLA FERTILITÀ DEL SUOLO E LA RIDUZIONE DEGLI EFFETTI DEGLI INCENDI

Come si può conservare il carbonio organico nel suolo?

L'uso del suolo deve essere razionalizzato per ottenere il sequestro del carbonio attraverso le migliori pratiche di gestione che fanno pendere l'ago della bilancia a favore della fissazione o del sequestro del carbonio, con l'obiettivo di ridurre al minimo il deflusso di carbonio dal sistema suolo, ponendo questa risorsa non rinnovabile in un ruolo di pozzo di assorbimento, preservando al contempo la sua fertilità e controllando il rilascio di gas serra attraverso pratiche inappropriate. Questo dipenderà molto dal clima e dal tipo di suolo. Pertanto, è necessario promuovere studi sulla dinamica del carbonio in suoli paradigmatici in diverse regioni biogeografiche. In generale, si dovrebbe promuovere l'uso del compost per arricchire il suolo di materia organica e utilizzare tecniche tradizionali come la rotazione delle colture o il maggese.

Alla COP21, nell'ambito della promozione di ulteriori sforzi per garantire che il riscaldamento globale non superi 1,5 °C, con l'obiettivo di raggiungere un equilibrio tra emissioni e assorbimenti di gas serra nella seconda metà del XXI secolo, è stato lanciato il progetto "4 per mille dei suoli per la sicurezza alimentare e il clima". L'obiettivo di questo progetto è aumentare la materia organica globale dello 0,4% all'anno per compensare le emissioni globali di gas serra da fonti antropiche e contribuire così a fermare l'aumento di CO nell'atmosfera.²



Immagini 76 e 77: manifesto che esprime lo scopo della COP21 e manifesto che annuncia la COP21.

Per la sua attuazione, l'iniziativa 4 per 1000 prevede due programmi principali di attività.

Un programma di azioni per migliorare la gestione del carbonio nel suolo, combattere la povertà e l'insicurezza alimentare e, parallelamente, contribuire all'adattamento ai cambiamenti climatici mitigando le emissioni. Questo programma include pratiche che ripristinano il suolo, aumentano le scorte di carbonio organico del suolo e proteggono i suoli con elevate scorte di carbonio. Il programma cerca di finanziare progetti per il ripristino, il miglioramento e la conservazione degli stock di carbonio nel suolo, con l'obiettivo di fornire prodotti agricoli rispettosi del suolo.



Figura 78: Terreni coltivati in cui si verifica la rilocalizzazione del carbonio.

Un secondo programma di ricerca e cooperazione scientifica internazionale è finalizzato allo studio dei meccanismi e del potenziale di stoccaggio del carbonio nel suolo in diverse regioni biogeografiche. Questo programma valuta le buone pratiche agricole e il loro impatto sul sequestro di CO₂ nelle regioni studiate, promuovendo innovazioni rilevanti per le politiche in queste regioni, che monitorano e valutano i cambiamenti negli stock di carbonio nel suolo tenendo conto degli interessi dei produttori.

Venti regioni del mondo sono state definite concettualizzando le azioni per il sequestro del carbonio nei suoli, concentrandosi in ogni regione sui suoli con un basso contenuto iniziale di carbonio in un periodo stimato di 20 anni. Per questi terreni sono state stabilite le migliori pratiche di gestione, tenendo presente che quando raggiungeranno l'equilibrio non contribuiranno più al potenziale di assorbimento dei gas serra.

Come gestire l'aumento del rischio di incendi nel contesto del cambiamento climatico?

I rischi posti dagli incendi in termini di frequenza, virulenza e durata richiedono una gestione del territorio. Esistono però una serie di criteri generali da tenere in considerazione in qualsiasi territorio.

Le abitazioni non dovrebbero essere costruite in aree boschive e, quando gli sviluppi urbani hanno alberi nelle vicinanze, questi dovrebbero essere rimossi per ridurre il rischio per le abitazioni.



Immagine 79: Incendio di Monte Pino del 2013. Casa a rischio.

Le specie pirofite che facilitano gli incendi delle chiome devono essere ridotte al minimo e quando sono vicine a strade e ferrovie devono essere rimosse per evitare rischi per le automobili. I fossi e le aree vicine devono essere mantenuti puliti nel tempo.



Immagine 80: Incendio di Monte Pino del 2013. Strada con alberi di eucalipto su entrambi i lati.

Dovrebbero essere favoriti i rimboschimenti con alberi autoctoni che non generano sottobosco e non facilitano la diffusione degli incendi delle chiome. Sarà favorito lo sviluppo di banche del germoplasma con semi di specie autoctone. Le piantagioni arboree monocolturali devono essere distanti dagli insediamenti e dalle vie di comunicazione. Queste saranno dotate di ampie fasce tagliafuoco sempre pulite. Le piantagioni esistenti saranno trattate allo stesso modo.



Figura 81: Incendio di Monte Pino del 2013. Differenza tra la foresta bruciata e quella autoctona non bruciata.

È importante che i professionisti del telerilevamento e della prevenzione degli incendi siano impiegati tutto l'anno, in considerazione del fatto che gli incendi si verificano in stagioni in cui non si sono verificati. È essenziale sviluppare piani di coordinamento annuali tra i servizi dei diversi territori, per concentrare gli sforzi dove gli incendi resistono all'estinzione.

Le case devono avere uscite garantite senza alberi e un facile accesso per i servizi antincendio.

Nei progetti di costruzione in aree boschive vicine, è auspicabile includere sistemi di tubi e pompe per consentire l'umidificazione delle aree vicine alle case.

La semina di erba, compresa la semina aerea, dovrebbe essere effettuata nelle foreste bruciate sui pendii.

È nell'interesse della popolazione essere preparata a svolgere attività antincendio volontaria in modo da poter agire, secondo i criteri e le istruzioni delle forze dell'ordine, quando è opportuno e nel modo più efficace e non rischioso.

CAPITOLO 3: I CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLA FERTILITÀ DEL SUOLO E SUGLI ECOSISTEMI FORESTALI, DALLA SCENA DEGLI ALBERI DI EUCALIPTO E DEGLI INCENDI IN GALIZIA



Immagine 82: Incendio di Monte Pino del 2013. Incendio vicino a una casa a rischio.

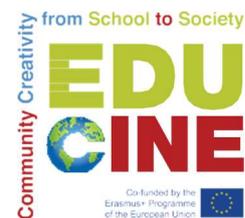


Figura 83: Semina di erbe su terreno bruciato.



Immagine 84: Monte Pindo eroso in modo permanente da ripetuti incendi.

CAPITOLO 3: I CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLA FERTILITÀ DEL SUOLO E SUGLI ECOSISTEMI FORESTALI, DALLA SCENA DEGLI ALBERI DI EUCALIPTO E DEGLI INCENDI IN GALIZIA



Occorre prestare attenzione a evitare ripetuti incendi boschivi che potrebbero portare alla desertificazione, esponendo il sottosuolo.

Rispondete con ciò che sapete ora:

1. Sviluppare un piano per evitare perdite di carbonio nelle aree di coltivazione vicine al luogo in cui si vive, tenendo conto del clima e delle tendenze degli impatti dei cambiamenti climatici.
2. Sviluppare un piano per prevenire, spegnere e ridurre il rischio di incendi boschivi in un luogo vicino alla propria abitazione.

4.1. LA TRANSIZIONE ENERGETICA SU EUROPE

Come viene concettualizzata la transizione energetica nella filmologia del progetto?

Nel cortometraggio che è stato proiettato come vincitore alla fine del film "Cinema Climantopia", intitolato "Un mondo senza carbonio", i presentatori affermano che la Polonia non è in cima alla lista dei Paesi con le emissioni più basse in Europa, ma è più vicina al fondo della lista.



Immagine 85: fotogramma della presentazione del contenuto del cortometraggio "Un mondo senza auto" che appare alla fine del film "Climantopia" come vincitore della conferenza dei giovani delle Canarie.

Ma in questa presentazione si parla già degli importanti sviluppi degli ultimi anni. Per illustrarlo, sono andati a intervistare un amico la cui famiglia ha deciso di installare pannelli solari sulla propria casa unifamiliare.



Immagine 86: fotogramma della presentazione del contenuto del cortometraggio "Un mondo senza auto" che appare alla fine del film "Climantopia" come vincitore della conferenza dei giovani delle Canarie.

Questo amico ci spiega che hanno installato sulla loro casa 30 pannelli solari in grado di produrre 10.000 kW, quando questa famiglia ha bisogno solo di 10 kW all'anno. Quello che non riescono a consumare lo inviano al distributore perché non

hanno acquistato le batterie speciali necessarie a causa del loro costo elevato. Gli intervistatori hanno concluso il discorso con il fatto che nel 2022, grazie a famiglie come questa, i pannelli solari forniranno circa il 7% dell'energia consumata. Sulla base di questi dati, hanno concluso che c'è speranza di liberarsi un giorno dalle centrali elettriche inquinanti analizzate in questo cortometraggio. Il film "*Climantopia*" tratta anche delle energie rinnovabili, in particolare dell'energia eolica. L'energia è trattata nel cortometraggio polacco "*A world without carbon*", che viene premiato nel film. Lo fanno il giorno prima del gala di premiazione durante le visite alle isole. Nell'ambito di questo programma, hanno visitato un parco eolico che attualmente produce il 54% dell'energia rinnovabile.



Immagine 87: fotogramma del film "Cinema Climantopia" in cui il gruppo di partecipanti al cortometraggio presentato dalla Polonia discute di energie rinnovabili nei loro territori.

Uno degli studenti polacchi, che interpreta un presentatore nel cortometraggio che presenteranno al summit il giorno seguente, ricorda di aver visto molte turbine eoliche in cima a una montagna galiziana mentre si recava al torneo internazionale di beach volley di Ézaro. Uno degli studenti galiziani ha colto l'occasione per vantarsi del fatto che la Galizia è superata in energia rinnovabile solo dalla Castiglia e León. Lo studente polacco ha poi aggiunto che, se la Polonia adeguasse la sua legislazione a quella dell'Unione Europea, potrebbe quadruplicare la sua capacità di energia eolica. Una studentessa delle Isole Canarie ha parlato del potenziale dell'energia eolica delle Isole Canarie grazie agli alisei, ma ha sottolineato che la sua crescita non dovrebbe avvenire sulla superficie delle isole, perché la priorità dovrebbe essere data all'energia solare, che per ovvie ragioni ha un grande potenziale anche lì. Si è quindi espressa a favore dell'installazione di turbine eoliche nell'oceano. Su questa idea, la studentessa di Lisbona ha espresso l'impegno del suo governo ad aumentare il potenziale eolico offshore. Tuttavia, gli studenti galiziani hanno espresso il loro timore per l'installazione di turbine eoliche negli estuari della Galizia, a causa di ciò che comporterebbe in termini di diminuzione del loro valore paesaggistico.

Rispondete con ciò che sapete ora:

1. Quali sono le ragioni delle differenze nelle posizioni delle studentesse galiziane e canarie sull'energia eolica offshore?
2. Il documento mette a confronto il potenziale di energia solare delle Isole Canarie, della Polonia e della Galizia.
3. Qual è la differenza tra la posizione delle famiglie polacche e quella del loro governo riguardo all'uso delle energie rinnovabili?

Come ha affrontato l'UE l'attuale transizione energetica?

La transizione energetica è iniziata nell'ottobre 2014, quando il Consiglio europeo ha concordato gli obiettivi dell'Unione europea per il 2030. Una riduzione delle emissioni di carbonio di almeno il 40% rispetto ai livelli del 1990 è stata fissata come obiettivo vincolante per l'Unione Europea nel suo complesso. Questa transizione energetica prevista nel progetto dell'Unione energetica si basa su quattro pilastri: (a) un maggior peso delle energie rinnovabili; (b) un impegno per l'efficienza energetica; (c) una maggiore integrazione dei mercati dell'elettricità in Europa attraverso lo sviluppo delle interconnessioni; e (4) una maggiore partecipazione dei cittadini, in cui l'istruzione gioca un ruolo importante con l'integrazione dei diversi progetti Erasmus+ orientati a Horizon 2020.



Immagine 88: Immagine della convergenza delle principali fonti di energia rinnovabile nella transizione energetica europea (fonte: El Periódico de la Energía).

Con questo approccio alla transizione energetica, l'Unione Europea aspira a una chiara leadership mondiale nelle energie rinnovabili, il che in termini educativi significa che l'ambiente e la lotta al cambiamento climatico stanno diventando una linea strategica per i progetti educativi Erasmus+. Per raggiungere questa leadership, la transizione energetica si è concentrata sull'obiettivo di aumentare la quota di energie rinnovabili sul consumo totale di energia primaria al 27% entro il 2030. Per raggiungere questo obiettivo, il Parlamento ha espresso interesse per un impegno a estendere l'uso delle energie rinnovabili a una quota di circa il 35%. Allo stesso tempo, guardando al lungo termine, la roadmap 2050 ha fissato l'obiettivo di una riduzione delle emissioni inquinanti tra l'80% e il 95% rispetto al 1990, con un obiettivo intermedio di riduzione del 60% entro il 2040.

L'impegno verso le rinnovabili è stato giustificato sulla base di vari criteri, il più importante dei quali è quello ambientale. Le ragioni ambientali sono chiaramente legate al cambiamento climatico: insieme al nucleare, le rinnovabili sono le uniche tecnologie di generazione di elettricità che non emettono gas serra nell'atmosfera. Tenendo conto dei rischi a lungo termine dell'energia nucleare, compresa la complessa e incerta gestione delle scorie nucleari, le rinnovabili svolgono un ruolo centrale nel raggiungimento degli obiettivi di riduzione delle emissioni. Se il settore elettrico è alimentato in modo efficiente dalle rinnovabili, diventa il principale vettore della decarbonizzazione dell'economia, in quanto è il settore che può integrare più efficacemente le rinnovabili nei suoi processi produttivi.

Grazie alla ricerca sulle fonti rinnovabili, in cui l'Europa è all'avanguardia in molte iniziative, la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili ha registrato una forte riduzione dei costi. Prima del 2005, la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili era più di sette volte superiore a quella delle centrali termiche. Tuttavia, con lo sviluppo della transizione energetica, i costi dell'energia eolica sono già nell'ordine del 50% e quelli del solare fotovoltaico sono ancora più rilevanti, raggiungendo una riduzione di circa l'80% per 100. Anche altre tecnologie che sono in fase di maturazione nella ricerca di base, come l'eolico offshore, la biomassa o il solare termico, hanno già raggiunto riduzioni significative dei costi. La riduzione dei costi è così importante e genera così tante aspettative per il futuro che sta portando l'Europa a chiudere centrali termiche molto importanti. In Spagna, la più importante di queste, la centrale termica di As Pontes de García Rodríguez, verrà chiusa.

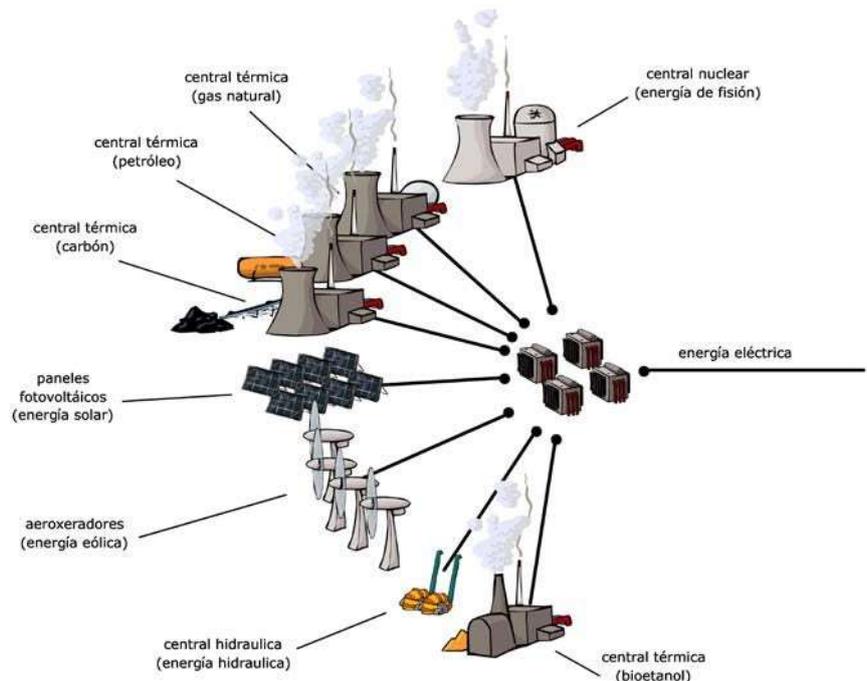


Figura 89: Ilustración de la cuota de las diversas fuentes energéticas en el aprovisionamiento energético del sector eléctrico.

Rispondete con ciò che sapete ora:

1. Quando l'Unione Europea propone la transizione energetica e quali sono le sue principali motivazioni?
2. Quali fattori stanno spingendo i Paesi dell'UE a chiudere centrali termiche come quella di As Pontes de García Rodríguez in Spagna?
3. Qual è l'impatto della transizione energetica sul programma Erasmus+ e qual è il suo significato sociale, economico e politico?

4.2. LA PRODUZIONE DI ENERGIA IDROELETTRICA E IL SUO INCERTO FUTURO NELLA TRANSIZIONE ENERGETICA EUROPEA

L'energia idraulica è stata importante fin dalla preistoria, quando la trasformazione dell'energia idraulica rinnovabile in energia cinetica veniva utilizzata per generare movimenti circolari delle pietre che permettevano di macinare il grano in farina.



Immagine 90: Mulino idraulico tradizionale in Galizia.

L'energia idroelettrica è stata la prima fonte di energia ad essere utilizzata per produrre elettricità: il primo impianto sperimentale è stato costruito per muovere una turbina che produceva elettricità grazie all'invenzione della dinamo idraulica in Gran Bretagna nel 1832. Tuttavia, la prima costruzione con un impatto industriale è stata realizzata ad Appleton (Wisconsin, USA) due anni dopo.

In Spagna, le prime centrali elettriche sono state costruite all'inizio del XX secolo e già nel primo decennio sono state realizzate grandi centrali idroelettriche, tra cui la centrale di Molinar sul fiume Júcar, che forniva elettricità a Madrid con una linea ad alta tensione da 60.000 volt di circa 250 km, che all'epoca, quando le centrali idroelettriche erano vicine ai centri di consumo, era una delle più lunghe d'Europa, a causa della distanza di Madrid dai grandi fiumi.

Nel dopoguerra, la Spagna si impegnò fermamente a sfruttare al massimo il potenziale idraulico dei suoi fiumi, tanto che quando arrivò la democrazia, la Spagna aveva già quello che poteva essere considerato uno sfruttamento estensivo dei suoi fiumi.

grandi bacini idroelettrici, con una capacità produttiva di oltre 14.000 MW. Alla fine degli anni '70 l'energia idroelettrica rappresentava il 50% della potenza totale installata in Spagna, nonostante l'aumento della realizzazione di grandi centrali termiche e l'installazione di impianti nucleari a partire dagli anni '50, quando il potenziale dei grandi bacini idrici era già stato sfruttato appieno.



Immagine 91: Vecchia turbina e dinamo idraulica della centrale di Tambre I.



Immagine 92: fotografia di un bacino idrico.

A partire dagli anni '80, per aumentare la potenza dell'energia idroelettrica, il territorio peninsulare è stato riempito di mini-centrali sui suoi piccoli fiumi. Tuttavia, l'incremento ottenuto non ha raggiunto i 5.000 MW e attualmente rappresenta meno del 20% della capacità installata.

In Galizia, una regione molto sfruttata e con un'elevata piovosità, la produzione di energia eolica supera già nettamente quella dell'energia idroelettrica.



Figura 93: Fotografia di un impianto mini-idroelettrico.

Nell'attuale contesto di cambiamento climatico, i serbatoi tendono a essere sottoalimentati per molti mesi e, quando piove, le precipitazioni torrenziali rendono necessario facilitare la rimozione dell'acqua che non può essere utilizzata per la turbina. Inoltre, i serbatoi tendono ad insabbiarsi. Di conseguenza, le aspettative per il futuro dell'energia idroelettrica si riducono sempre più con l'avanzare dei cambiamenti climatici, lasciando un futuro incerto per questa fonte di energia rinnovabile.

Rispondete con ciò che sapete ora:

1. Che ruolo ha avuto la scoperta della dinamo idraulica nella nascita dell'elettricità?
2. Perché le prime centrali idroelettriche dovevano essere vicine alle aree di consumo? Come è stato possibile passare al distanziamento?
3. Perché la Spagna non ha costruito grandi impianti idroelettrici a partire dagli anni '80, ma ha invece promosso progetti per mini-impianti idroelettrici?
4. Perché l'energia idroelettrica non è considerata l'energia del futuro nell'era del cambiamento climatico?

4.3. L'ENERGIA EOLICA NELLA TRANSIZIONE ENERGETICA EUROPEA

Il vento è un'altra fonte di energia classica nella storia dell'umanità. È noto che già 5000 anni fa gli Egizi lo utilizzavano come forza motrice per i velieri. Anche il suo utilizzo per macinare il grano nei mulini a vento risale a tempi antichi.



Immagine 94: Fotografia di un vecchio mulino a vento nella città galiziana di Catoira.

Oggi la moderna tecnologia eolica è stata in grado di adattare questo know-how tradizionale alla produzione di elettricità su larga scala. La Galizia si distingue come comunità autonoma con produzione di energia eolica in Spagna e, avendo una bassa implementazione di energia solare, è superata nelle rinnovabili solo da Castilla y León. Tuttavia, la tendenza è quella di aumentare progressivamente la sua implementazione in diverse comunità autonome, tra cui le Isole Canarie, impegnate nella ricerca sull'eolico offshore.

L'installazione di un parco eolico avviene in diverse fasi, tra cui lo studio meteorologico del regime del vento e la valutazione dell'impatto ambientale che la sua installazione può produrre in aree di alta quota di grande fragilità ecologica e paesaggistica. Ci sono rischi che possono aumentare con le tecnologie *offshore* (parchi eolici offshore) se non viene stabilita una pianificazione e un controllo adeguati. L'evoluzione di questa risorsa è legata all'aumento della potenza degli impianti, e sono già in costruzione prototipi con potenza superiore a 1000 kW.



Immagine 95: Fotografia di un parco eolico nella città galiziana di Cabo Ortegal (autore Makinin su pixabay).

L'energia eolica nell'Unione Europea è stata promossa dopo la COP 21 di Parigi con lo studio *European Roadmap 2050* sulle politiche europee necessarie per raggiungere un obiettivo di decarbonizzazione dell'80% rispetto ai valori di emissione del 1990, in linea con la sicurezza energetica, la responsabilità ambientale ed economica e gli obiettivi dell'UE per il periodo 2015-2050, che mira a far sì che alcune energie rinnovabili, tra cui l'energia eolica, diventino più efficienti delle fonti energetiche basate sui combustibili fossili. Di interesse è anche l'implementazione dell'energia eolica *onshore* e *offshore* per l'accumulo termico ed energetico, nonché per l'utilizzo in sistemi di cattura e assorbimento di CO₂ e per conquistare uno spazio importante per questo tipo di energia rinnovabile nelle reti europee che incorporano l'energia eolica di vari Paesi come la Danimarca, l'Irlanda e la Spagna settentrionale, dove la Galizia ha un ruolo molto importante.

L'implementazione di queste reti europee, in cui l'energia eolica sta acquisendo un peso specifico sempre maggiore, pone l'energia eolica in una posizione di rilievo.

L'UE ha un ruolo decisivo nel sostituire la produzione di elettricità da fonti energetiche basate su combustibili fossili con una produzione di elettricità a emissioni di carbonio praticamente nulle.

Rispondete con ciò che sapete ora:

1. Come si spiega che le Isole Canarie, con venti alisei che soffiano da NE verso l'equatore, abbiano un minore sviluppo di energia eolica rispetto alla Galizia, dove i venti sono più intermittenti?
2. Come si potrebbe risolvere la necessità di spegnere la turbina eolica quando, durante i periodi di forte vento, la rete non è più in grado di sostenere il carico?
3. Quali sono i vantaggi dei diversi paesi dell'UE nel collegare i loro parchi eolici alla rete?
4. Qual è il potenziale dell'energia eolica offshore e perché c'è tanta riluttanza a implementarla in Galizia, quando è riuscita ad essere una comunità pioniera nello Stato in questo tipo di energia?

4.4. L'ENERGIA SOLARE NELLA TRANSIZIONE ENERGETICA EUROPEA

L'energia solare è una grande opportunità per l'efficienza energetica. Riceviamo più di 60 milioni di miliardi di tep al giorno dall'energia radiante del sole, una quantità molto promettente per la transizione energetica dell'Europa, dato che la combustione di una tonnellata di petrolio produce un tep di energia. Questa energia, se sfruttata correttamente, potrebbe generare circa 20 volte l'energia contenuta in tutte le riserve di combustibili fossili. La tecnologia attuale ci offre due tipi di cattura dell'energia solare: fotovoltaica o solare termica.

Che cos'è il fotovoltaico?



Immagine 96: Fotografia di un giardino solare.

L'energia solare fotovoltaica consiste nella conversione diretta dell'energia solare in energia elettrica. È in fase di notevole sviluppo in alcuni Paesi dell'UE, in particolare in Germania, uno dei leader mondiali, con la più grande centrale solare del mondo, il Bavaria Solar Park, che ha una superficie di pannelli di circa 250.000 m². Uno dei problemi principali di questi impianti solari è la necessità di grandi superfici, poiché l'energia è diffusa. La superficie terrestre riceve una potenza massima di 1000 W/m². Un altro limite di questa energia è l'intermittenza della fornitura obbligatoria. Ciò rende necessario disporre di sistemi efficaci per immagazzinare o collegare alla rete elettrica generale le quantità che i proprietari dei pannelli solari fotovoltaici non riescono a consumare, come spiega lo studente polacco nella scena dei parchi eolici delle Canarie nel film "Cinema Climantopia".



Figura 97: Pannelli fotovoltaici in silicio.

Negli anni '50 sono state perfezionate le celle fotovoltaiche in silicio. Quando la luce del sole colpisce queste celle di silicio, si genera una differenza di potenziale dovuta all'effetto voltaico, che genera una corrente che può essere molto utile. In generale, le celle fotovoltaiche sono costituite da elementi semiconduttori come il silicio. Per ottenere un campo elettrico quando il sole illumina queste piastre di silicio, è necessario utilizzare una griglia con un lato negativo e uno positivo.

Che cos'è l'energia solare termica?

L'energia solare termica si basa sull'utilizzo di un collettore che, esposto alla radiazione solare, ne assorbe il calore e lo trasferisce a un fluido per il suo utilizzo diretto o la sua trasformazione in energia elettrica. Questo fluido è solitamente di natura oleosa, in modo da raggiungere temperature elevate e riscaldare il circuito dell'acqua che corre in parallelo con i tubi del fluido riscaldato dal sole.

Uno degli usi più comuni di questi sistemi è la produzione di acqua calda nelle case unifamiliari e il riscaldamento dell'acqua delle piscine, che a sua volta evita il surriscaldamento dell'acqua della piscina. nelle giornate molto soleggiate. Con una superficie di collettori di circa 4 m^2 , si ottiene una produzione di 200 litri/giorno di acqua calda, per tutto l'anno. all'anno. Questa quantità è solitamente sufficiente per l'utilizzo delle abitazioni. In Europa, il suo utilizzo è stato raccomandato in tutte le abitazioni di nuova costruzione e quindi in Spagna il codice tecnico dell'edilizia ne ha stabilito l'obbligatorietà. Ciò contribuisce a evitare una quantità significativa di emissioni riscaldando l'acqua nelle nuove abitazioni con questo sistema.

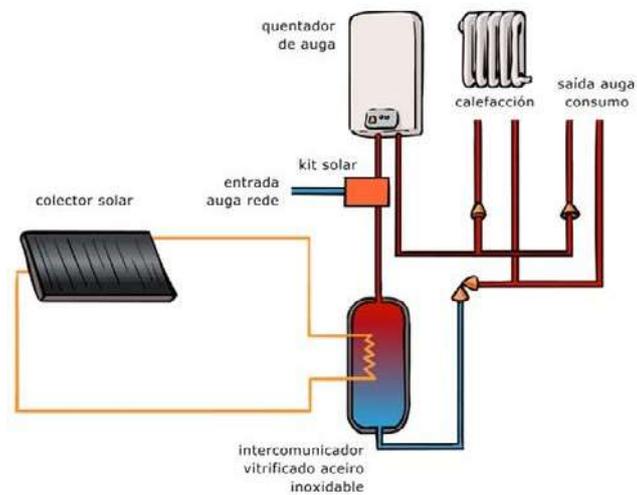


Figura 98: Infografica sul funzionamento di un collettore solare termico.



Immagine 99: Fotografia di pannelli solari installati sul tetto di una casa in conformità con il codice tecnico dell'edilizia.

Rispondete con ciò che sapete ora:

1. Perché gli utenti dei pannelli fotovoltaici immettono in rete la sovrapproduzione e non la immagazzinano?
2. Qual è il problema della garanzia di elettricità continua ottenuta dai pannelli fotovoltaici, ed è lo stesso nelle Isole Canarie come in Polonia? Giustificate la vostra risposta.
3. Perché il regolamento edilizio tecnico richiede l'installazione di pannelli solari termici?
4. Qual è il vantaggio aggiuntivo di avere una piscina collegata ai pannelli solari termici oltre ad avere acqua calda per il bagno?

4.5. IL PRESENTE E IL FUTURO DELL'ENERGIA MARINA, DELLA GEOTERMIA E DEI BIOCARBURANTI

Qual è il potenziale dell'energia marina?

L'energia marina è stata utilizzata nel corso della storia umana con l'uso dei mulini a marea. Quando la marea si alza per sei ore e si abbassa nelle sei ore successive, questi movimenti delle correnti d'acqua venivano utilizzati per macinare grandi quantità di grano.



Immagine 100: fotografia del mulino a marea di Muros (A Coruña, Galizia).

Attualmente sono in corso ricerche sull'utilizzo dell'energia delle onde e delle correnti, comprese quelle di marea. Il potenziale energetico è molto elevato nei Paesi con una lunga costa, come la Spagna. Se la ricerca procede in modo soddisfacente, in Spagna si potrebbe raggiungere una capacità massima installata di 84,4 GW entro il 2050. Se questa ricerca avrà successo, si potrebbe superare il 100% dell'attuale domanda di elettricità dello Stato.

Per lo sfruttamento dell'energia delle onde, molte aspettative sono riposte nei campi di boe. Le boe sono posizionate sulla costa a profondità tali da poter essere ancorate al fondale marino. L'energia cinetica delle onde muove le boe, che azionano un albero che muove una pompa per fluidi. Il fluido raggiunge la turbina e, espandendosi, la fa ruotare e quindi produrre elettricità in un generatore ad essa collegato. In un campo di 220 m per 50 m, con 6-12 boe collegate ai relativi sistemi per ottenere energia, si potrebbe generare l'energia elettrica equivalente al consumo di oltre mille famiglie. Potrebbero anche essere utilizzate in sistemi di de-alcalizzazione e per la produzione di idrogeno.

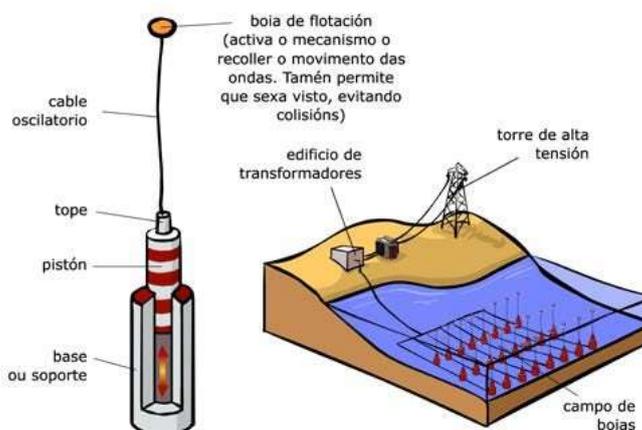


Figura 101: Infografica di un campo boe per la raccolta di energia dalle onde.

Qual è il potenziale dell'energia geotermica?

Si tratta dell'energia rinnovabile che proviene dal calore interno della Terra, che l'accompagna fin dalle sue origini e che spesso si manifesta in modo violento con vulcani e terremoti, o in modo meno intenso con geysir o sorgenti calde. Il potenziale geotermico immagazzinato negli ultimi dieci chilometri della crosta terrestre supera di gran lunga le riserve mondiali di combustibili fossili. Ma solo una piccola parte di esso può essere sfruttata dall'uomo con le tecniche attualmente disponibili.

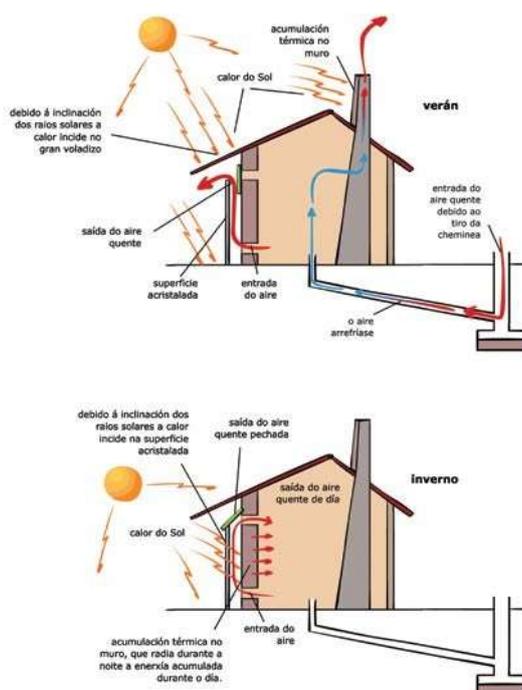


Figura 102: Uso dell'energia geotermica nella bioedilizia per il riscaldamento in inverno e la ventilazione in estate.

È particolarmente utile per riscaldare case, fattorie e inverni. Nei giacimenti ad alta temperatura, come quelli dell'Islanda, può essere utilizzato per la produzione di energia elettrica. In Spagna, ci sono risorse molto importanti di questo tipo sulle isole Canarie di Lanzarote e La Palma. Negli ultimi anni, il suo utilizzo è stato notevolmente incrementato a El Hierro.



Figura 103: Centrale geotermica in Islanda.

Qual è il potenziale dei biocarburanti e quali sono le preoccupazioni per il loro utilizzo?

L'uso di bio-masse primarie o vegetali è attualmente in fase di grande promozione con l'obiettivo di produrre i cosiddetti biocarburanti: combustibili liquidi o gassosi ottenuti dalle cosiddette colture energetiche attraverso processi di fermentazione. La produzione mondiale di biocarburanti per i trasporti è guidata dal Brasile e dagli Stati Uniti (bioetanolo). L'Europa è il maggior produttore mondiale di biodiesel.

Per ottenerli, sono necessarie ampie superfici coltivate a grano, soia, colza o barbabietola da zucchero per produrre biodiesel (usato per arricchire il diesel) e bioetanolo (usato per arricchire la benzina). Il loro potenziale di miscelazione con i carburanti ottenuti dalla raffinazione del petrolio, con la diminuzione delle riserve petrolifere, renderà questi carburanti sempre più competitivi, ma lo sviluppo di queste nuove tecnologie è irto di incertezze e questioni irrisolte.

La transizione energetica in corso nell'Unione Europea è determinata dal fatto che i combustibili fossili stanno diventando sempre più costosi e scarsi. La loro sostituzione con fonti rinnovabili non è priva di difficoltà e conflitti, e i biocarburanti sono tra i più importanti, soprattutto a causa dei rischi di occupazione dei campi agricoli per la produzione di biocarburanti, aumentando i rischi di fame per una popolazione in crescita.

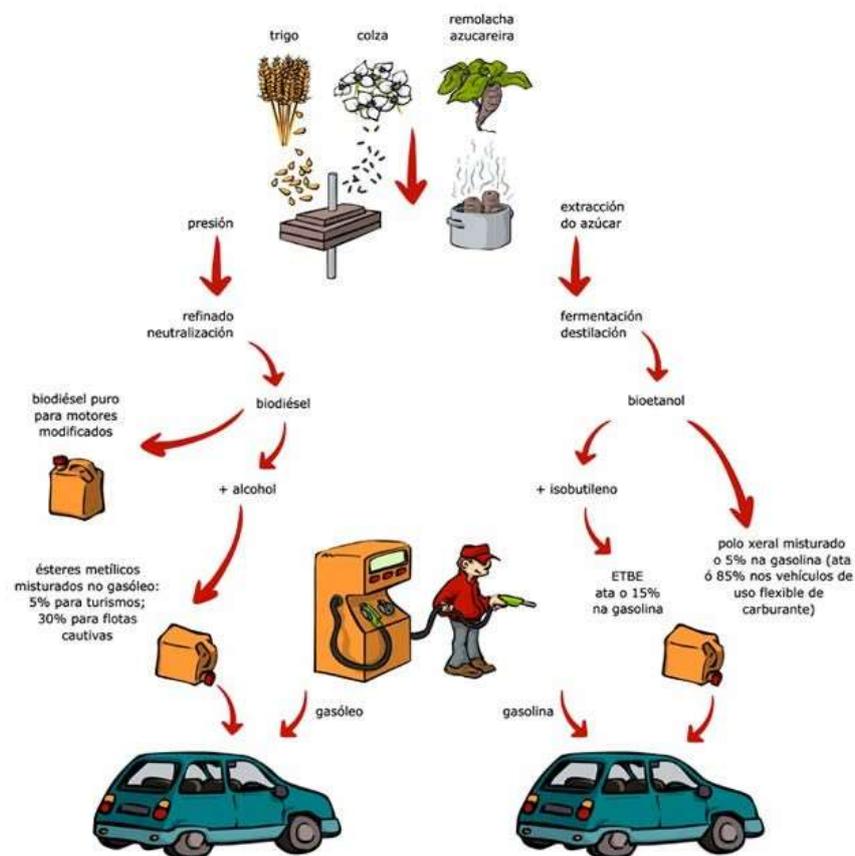


Immagine 104: Infografica che illustra il processo di trasformazione dei vegetali in biodiesel per arricchire il diesel o in bioetanolo per arricchire la benzina.



Immagine 105: fotografia di un impianto di biodiesel.

Rispondete con ciò che sapete ora:

1. Perché l'energia marina ha un potenziale maggiore a Vigo che ad Alicante?
2. Perché l'energia geotermica ha un potenziale futuro maggiore in Islanda o nelle Isole Canarie che in Galizia?
3. Perché ci preoccupa il fatto che paesi come il Brasile stiano puntando molto sulla produzione di biocarburanti?

4.6. IL POTENZIALE DELL'IDROGENO COME NUOVO VETTORE PER LA TRANSIZIONE ENERGETICA

L'energia della società del futuro non può provenire dai combustibili fossili, perché è urgente affrontare il cambiamento climatico e, inoltre, il gas naturale e il petrolio, al ritmo attuale di consumo, sono destinati a esaurirsi entro il secolo. Ma l'umanità aspira ad avere vettori che consentano la potenza, la trasportabilità, la mobilità e la globalità che il petrolio ci dà, e al momento l'idrogeno promette di essere quel vettore in grado di prendere il posto attualmente occupato dai derivati del petrolio.

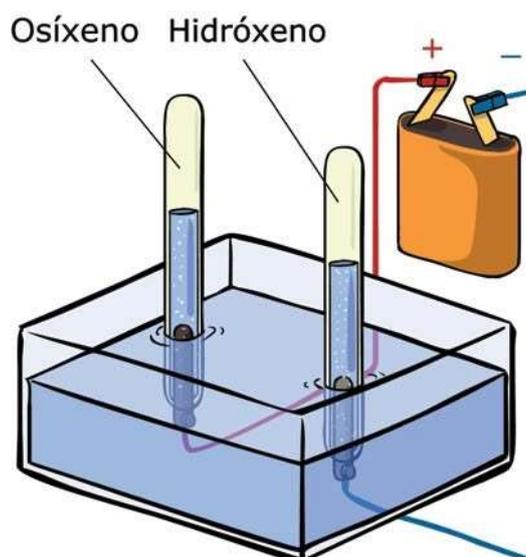


Figura 106: Illustrazione dell'ottenimento dell'idrogeno mediante elettrolisi dell'acqua. L'idrogeno è l'elemento più comune nell'universo, presente in una concentrazione del 75%. Sulla Terra, sebbene non sia presente allo stato libero e isolato, la selezione naturale lo ha portato a costituire il 70% degli organismi. Fu scoperto nel 1776 da Henry Cavendish, che presentò un esperimento che prevedeva la produzione di acqua da ossigeno e idrogeno per mezzo dell'elettricità, una reazione sulla quale oggi si nutrono grandi aspettative che sarà il vettore che sostituirà quelli ottenuti dalla raffinazione del petrolio. Ma solo nel 1920 è apparsa la prima azienda che ha dissociato l'acqua in ossigeno e idrogeno per scopi commerciali per mezzo dell'elettrolisi, che è la reazione sulla quale abbiamo grandi speranze di poterla ottenere per utilizzarla come vettore. Questo processo prevede l'introduzione di due elettrodi con carica diversa (positiva e negativa) in un serbatoio di acqua pura in cui è disciolto un elettrolita e l'applicazione di una corrente elettrica continua all'elettrolita. Il risultato è che l'idrogeno si sposta verso il catodo (l'elettrodo con carica diversa).

negativo) e l'ossigeno all'anodo (carico positivamente). L'elettrolisi non è molto utilizzata, in quanto questo metodo è più costoso (può essere da tre a quattro volte più costoso) rispetto all'utilizzo del gas naturale come fonte di idrogeno.

Già negli anni '30 l'idrogeno veniva utilizzato come carburante secondario nell'aviazione civile in alternativa a una miscela di benzina e benzene. In seguito, gli inglesi e i tedeschi lo utilizzarono allo stesso modo nei sottomarini e nei siluri in via sperimentale.

Le proposte emerse negli anni Venti per l'utilizzo dell'idrogeno come combustibile furono riprese solo nel 1973, quando si verificò la crisi petrolifera. In quell'anno si formarono gruppi e associazioni per difenderne l'uso e indurre i governi a investire in questo campo di ricerca. Superata la crisi petrolifera, la possibilità di una nuova fonte energetica fu nuovamente presa in considerazione fino agli anni '90, quando si moltiplicarono i rapporti scientifici che mettevano in guardia dal rapido aumento della concentrazione di gas serra nell'atmosfera a causa della combustione dei combustibili fossili.

Nel febbraio 1999, l'Islanda ha presentato una proposta per spostare la propria economia verso l'idrogeno ed eliminare così la dipendenza dai combustibili fossili. Si inizierebbe con l'uso dell'idrogeno nei trasporti, per poi generare elettricità per alimentare le fabbriche e le case del Paese. Un piano simile è emerso alle Hawaii nel 2001, proponendo di sfruttare l'energia geotermica e solare per convertirla in idrogeno.

Pertanto, le energie rinnovabili, come il fotovoltaico, l'eolico, l'idroelettrico o persino il geotermico, hanno un enorme potenziale per generare l'elettricità necessaria da utilizzare nella produzione di idrogeno tramite elettrolisi dell'acqua. L'idrogeno, in questa associazione con le energie rinnovabili, fungerebbe da riserva di energia (una volta superati i grandi problemi di costo delle infrastrutture necessarie), che sarebbe disponibile per essere fornita quando necessario.

La differenza fondamentale tra le celle a combustibile e le batterie convenzionali che utilizziamo, ad esempio, nei nostri lettori musicali è che queste ultime immagazzinano energia chimica che convertono in elettricità e, una volta esaurita la batteria, la rendono inutilizzabile o possono essere ricaricate, se necessario, collegando il caricatore alla rete elettrica. Le celle a combustibile non immagazzinano energia chimica, ma producono elettricità dall'energia chimica di un combustibile fornito da una fonte esterna. Pertanto, continueranno a generare elettricità finché saranno rifornite di carburante e ossidante.

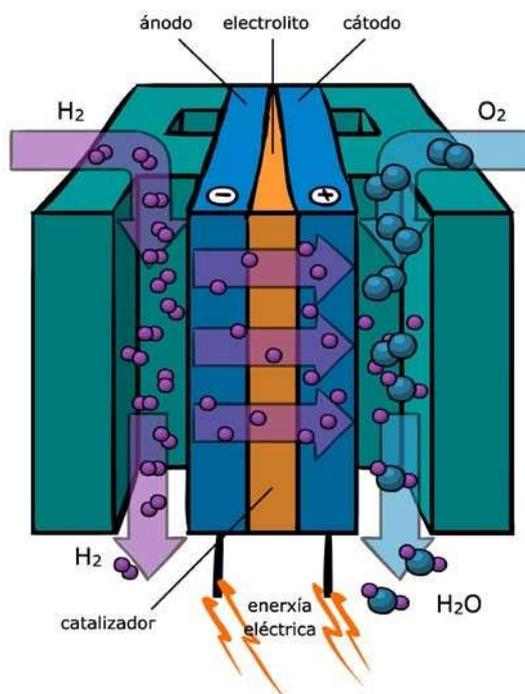


Figura 107: Illustrazione dell'accumulo di energia con la cella a combustibile a idrogeno.

I reagenti utilizzati sono, da un lato, l'idrogeno (all'anodo) e, come ossidante, al catodo, l'ossigeno. In mezzo c'è un elettrolita o una membrana semipermeabile che permette il passaggio degli atomi di idrogeno dall'anodo al catodo. Gli elettroni rilasciati nella reazione chimica che spezza l'atomo di idrogeno in protoni ed elettroni fuoriescono attraverso un circuito esterno sotto forma di corrente elettrica. Gli elettroni ritornano al catodo dove reagiscono con l'ossigeno e gli ioni di idrogeno per generare acqua come prodotto di scarto.

Nel breve termine, utilizzare meno carburante è il modo migliore per contenere l'aumento del consumo di petrolio e quindi delle emissioni di gas serra prodotte dai motori a combustione interna, soprattutto perché si prevede che il parco veicoli supererà i 2 miliardi entro il 2050. Alla luce di queste previsioni, nel lungo periodo dovrebbero emergere nel XXI secolo veicoli ad alte prestazioni e a zero emissioni. In questo caso, i veicoli del futuro dovranno essere alimentati da sistemi come quelli che dipendono dalle connessioni alla rete e dall'idrogeno.

Nei veicoli a celle a combustibile, l'idrogeno (il combustibile) sarà combinato con l'ossigeno dell'aria per generare l'energia che alimenta un motore elettrico. Inoltre, i veicoli a celle a combustibile a idrogeno sono molte volte più efficienti delle attuali auto a benzina ed emettono solo vapore acqueo dal tubo di scarico, il che significa che funzionano a emissioni zero.



Figura 108: Infografica di una stazione futuristica per la fornitura di idrogeno alle automobili.

Come si ottiene l'idrogeno dall'acqua? Quale prodotto si ottiene dalla combustione dell'idrogeno? Perché si dice che un'auto a idrogeno funziona a emissioni zero? L'energia per scomporre l'acqua in ossigeno e idrogeno attraverso l'elettricità può essere ottenuta da celle solari, turbine eoliche, pannelli fotovoltaici, centrali geotermiche e altre fonti rinnovabili. Questa nuova economia dell'idrogeno richiede un'attività di R&S&I per sviluppare veicoli attraenti, per sviluppare la produzione di idrogeno in grandi quantità da energie rinnovabili che permettano di attrezzare un deserto con pannelli fotovoltaici per ottenere e immagazzinare idrogeno in serbatoi. Ciò significa anche sviluppare infrastrutture di distribuzione che sostituiscano gli attuali sistemi di raffinazione e distribuzione di benzina e diesel. L'energia per l'elettrolisi potrebbe essere prodotta interamente da fonti rinnovabili.

Rispondete con ciò che sapete ora:

1. Perché ci si aspetta che l'idrogeno possa sostituire i vettori derivati dalla raffinazione del petrolio?
2. Perché l'energia termica rilasciata dalla reazione dell'ossigeno con l'idrogeno per dare l'acqua non ci interessa nell'aumento del cambiamento climatico?
3. Come si può collegare l'idrogeno ai pannelli fotovoltaici o ai parchi eolici per una maggiore efficienza energetica?
4. Perché la costa del deserto del Sahara sarebbe interessante per portare l'idrogeno in Europa utilizzando i gasdotti esistenti?

5.1. L'URBANISTICA COME DISCIPLINA TECNICO-SCIENTIFICA

Cercare la scena del Consigliere e rispondere

1. Pensate al luogo in cui vivete (città, quartiere, villaggio...) e riflettete sui luoghi che frequentate, su come ci arrivate, su come sono gli spazi, su come li utilizzate e su quali ostacoli incontrate. Fate un elenco.
2. Condividete questo elenco con i vostri colleghi in piccoli gruppi e confrontatelo con i loro per costruire un elenco comune di spazi urbani che utilizzate.
3. Tenendo conto delle idee del gruppo, pensate insieme a come potreste migliorare la vostra vita quotidiana nel luogo in cui vivete. Cosa servirebbe per raggiungere questo obiettivo?
4. Infine, condividete i vostri contributi con gli altri gruppi della classe.

Cosa c'entra la pianificazione urbana con l'azione per il clima?

Nel film "*Cinema Climantopia*", l'assessore comunale di Lisbona si vanta della sua città come città sostenibile fatta da e per le persone, mentre gli studenti riflettono sulla complessa sfida di rendere una tale capitale carbon negative. L'assessore spiega agli studenti le misure adottate, tra cui la limitazione di alcune aree alle auto elettriche e ibride, il miglioramento dei trasporti pubblici e il piano per allontanare l'aeroporto dalla città in modo che il rumore dell'aviazione non disturbi i residenti di Lisbona.

Queste azioni sono coerenti con le politiche urbane sostenibili, sono sufficienti e, se sì, quanto? Per rispondere a queste domande, è interessante esaminare la situazione della sostenibilità urbana in Europa. Nel 2021, il 74,^{8%1} della popolazione europea viveva nelle grandi città, nelle loro aree periferiche e nelle città più piccole, pari a oltre 332 milioni di persone. Questa situazione costringe i cittadini europei ad affrontare e superare una serie di sfide ambientali che hanno origine nella nostra vita quotidiana e influenzano la qualità della vita dell'intera popolazione: inquinamento dell'aria e dell'acqua, alti livelli di rumore, difficoltà di accesso alle abitazioni, perdita di biodiversità e molto altro. Inoltre, queste località ricevono decine di

¹https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Urban-rural_Europe_-_introduction

di milioni di turisti durante tutto l'anno, aumentando il consumo di risorse urbane come l'acqua, le abitazioni e l'elettricità, nonché l'utilizzo di spazi pubblici come strade, parchi e spiagge.

Tutto ciò pone l'attenzione sulle città come elemento determinante per la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici, a livello globale e locale. È quindi necessario riflettere sul modo in cui viene pianificato lo sviluppo urbano nelle nostre città per poter proporre risposte partecipate, sostenibili ed eque.



Immagine 109: Consigliere di Lisbona.



Immagine 110: Lisbona (Portogallo).

Ma cos'è la pianificazione urbana?

Gli urbanisti sono responsabili della pianificazione e della progettazione di città e paesi con l'obiettivo di migliorare la qualità della vita delle persone che vi abitano. La pianificazione urbana è una disciplina complessa e multidimensionale che deve tenere conto di molti aspetti della coesistenza di grandi gruppi umani, nonché delle loro attività sociali, culturali ed economiche. La pianificazione urbana si occupa di vari aspetti della vita delle comunità umane, quali:

"La **pianificazione urbana**, che si occupa dell'utilizzo del territorio urbano stabilendo regolamenti basati su:

• La **classificazione dei terreni**, attraverso la pianificazione dell'uso dello spazio urbano, che viene generalmente suddiviso in 3 tipi: terreni urbani, cioè edifici costruiti; terreni non edificabili, che identificano i terreni in cui non è possibile costruire a causa del loro valore paesaggistico, storico, ambientale, culturale, ecc; e terreni da sviluppare, che sono terreni che non appartengono ai terreni urbani o non edificabili e possono essere soggetti a trasformazione e costruzione.

- **Classificazione del territorio**, che si divide in due categorie: usi generali del territorio e usi specifici del territorio. L'uso dei terreni specifici è limitato in base alla destinazione d'uso: residenziale, industriale, aree verdi, ecc.
- **Tipologie edilizie**, che stabiliscono un uso specifico degli edifici: residenziale, commerciale, ufficio, pubblico, sanitario, industriale, ecc.

"La creazione e la manutenzione di **infrastrutture e servizi pubblici**.

Le infrastrutture sono l'insieme di strutture, servizi e mezzi tecnici che supportano il funzionamento delle città e consentono ai cittadini di svolgere determinate attività. Le **strutture** sono facilmente riconoscibili in quanto sono costituite da strade, edifici, ponti, condutture, piste ciclabili, parcheggi e una lunga lista di altre. I **servizi** includono l'istruzione, l'assistenza sanitaria, i trasporti, la gestione dei rifiuti, l'approvvigionamento idrico e l'assistenza alle popolazioni vulnerabili, tra gli altri. D'altra parte, alcuni **mezzi tecnici** sono meno riconoscibili, ma sono essenziali per il funzionamento dell'infrastruttura.

Questi includono veicoli e dispositivi tecnologici, nonché tutto il personale umano che aggiunge valore all'infrastruttura sotto forma di conoscenze e competenze.

"Conservazione del **patrimonio culturale e naturale**. Questo aspetto comporta la protezione e la gestione del patrimonio culturale, come monumenti, edifici storici, centro storico, opere artistiche, siti archeologici, ecc. e del patrimonio naturale, compresi i parchi, le specie emblematiche di flora e fauna, i paesaggi o gli ecosistemi della città, garantendone la conservazione, la manutenzione e l'uso appropriato di questo patrimonio pubblico.

"**Partecipazione dei cittadini**. Questo elemento dell'infrastruttura urbana è di particolare interesse perché non è visibile come gli altri. Come abbiamo visto, tutti gli elementi che ci permettono di svolgere la nostra vita quotidiana nel luogo in cui viviamo dipendono dalla pianificazione e dalla gestione urbana. Pertanto, la partecipazione dei cittadini è essenziale in questo lavoro, affinché gli interessi e i bisogni della popolazione possano essere affrontati e garantiti.

In breve, l'urbanistica sostenibile è una disciplina multidisciplinare basata sulla conoscenza e sulla comprensione delle esigenze dei cittadini e delle risorse disponibili per creare città più vivibili e sostenibili. Dobbiamo quindi considerare l'organizzazione delle nostre città come un elemento determinante per l'azione sul clima. La maggior parte della nostra impronta di carbonio è generata nel luogo in cui viviamo e nei luoghi che visitiamo, da qui l'importanza di prestare particolare attenzione all'uso e alla gestione del nostro ambiente urbano, al fine di costruire città e paesi basati sulla corresponsabilità e sulla partecipazione di tutti i cittadini per rispondere all'emergenza climatica.



Immagine 111: Infrastrutture.



Immagine 112: Brøndby Haveby (Danimarca).

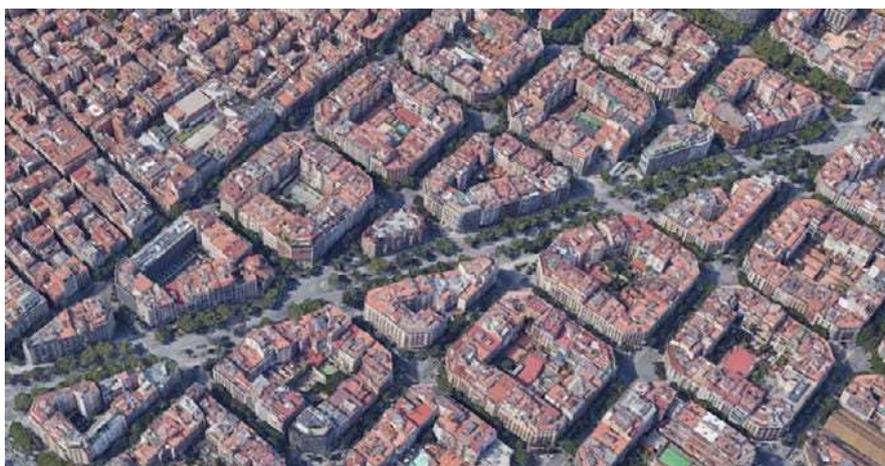


Immagine 113: Barcellona (Spagna).



Immagine 114: Milano (Italia).

In base a ciò che abbiamo visto finora...

1. Cercate l'origine latina della parola infrastruttura (*sotto*) + *structus*) e provate in gruppo a spiegarne il significato.
2. Tenendo conto dell'elenco dei luoghi che utilizzate nella vostra vita quotidiana e che avete già indicato nelle attività precedenti, identificate, come gruppo, le strutture, i servizi, ecc. che utilizzate nella vostra vita quotidiana.
e i mezzi tecnici necessari per poter utilizzare questo spazio in modo sostenibile.
3. Avete riscontrato delle carenze o dei possibili miglioramenti per l'uso e il godimento di quel luogo? Quali soluzioni proporreste per migliorare quei luoghi? Come fareste conoscere le vostre proposte agli urbanisti della vostra città o paese?
4. Le tre città nelle immagini mostrano tre diversi tipi di pianificazione urbana, cercate su Internet informazioni su di esse e indicate quali problemi hanno individuato e quali soluzioni hanno proposto per il loro sviluppo urbano.

5.2. CARTA DI LIPSIA SULLE CITTÀ EUROPEE SOSTENIBILI

Dal 2000, la cooperazione tra i governi europei si è concentrata sulla sostenibilità delle loro città. Da allora, si sono tenuti diversi incontri a Lille, in Francia (2000), Rotterdam, nei Paesi Bassi (2004), Bristol (2005) o Lipsia, in Germania (2007). In quest'ultima città è stata adottata la Carta di Lipsia sulle città europee sostenibili, che offre raccomandazioni per gli urbanisti delle città europee che considerano contemporaneamente, e con lo stesso peso, tutte le dimensioni dello sviluppo sostenibile: la prosperità economica, l'equilibrio sociale e un ambiente sano, mentre, allo stesso tempo, occorre prestare attenzione agli aspetti culturali e di giustizia sociale.

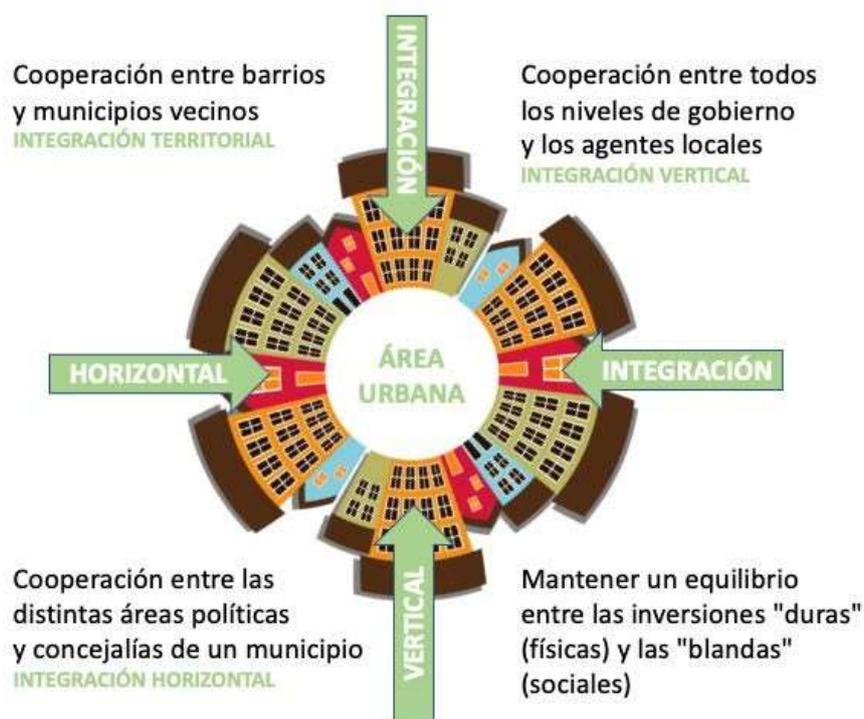


Figura 115: Approccio integrato allo sviluppo urbano.

Queste raccomandazioni si basano su due principi o assi principali:

1. Il primo afferma la necessità di un **approccio integrato allo sviluppo urbano**. In altre parole, l'approccio integrato implica la considerazione di tutti gli attori che hanno un interesse nel modo in cui una città viene pianificata, sviluppata e vissuta. Pertanto, lo Stato, le regioni, le città, i cittadini e gli attori economici devono essere coinvolti e considerati nel processo decisionale sullo sviluppo urbano. Questo approccio mira a promuovere la

coesione sociale e qualità della vita nel nostro ambiente immediato attraverso: la creazione e il consolidamento di spazi pubblici di alta qualità; la modernizzazione delle infrastrutture e il miglioramento dell'efficienza energetica; politiche proattive di innovazione e istruzione.

Un approccio integrato non può essere realizzato considerando le città come nuclei isolati, pertanto è necessario realizzare un partenariato in termini di uguaglianza tra le città, i loro quartieri e le aree rurali, nonché tra le popolazioni piccole, medie e grandi.

2. Il secondo asse esprime la necessità di **prestare particolare attenzione ai quartieri e alle aree meno favorite**, nel contesto globale della città. Le città sono luoghi in cui esistono diverse realtà socio-economiche che, inoltre, sono accompagnate da aspetti che condizionano il benessere e la salute a seconda della qualità ambientale del quartiere o dell'area in cui si vive (isole di calore, inquinamento atmosferico, ventilazione, aree verdi, rifugi climatici, trasporto pubblico, ecc.) Le disuguaglianze sociali ed economiche sono il motore più importante della despatializzazione di una città, pertanto le politiche di integrazione sociale volte a ridurre le disuguaglianze e a prevenire l'esclusione sociale sono la migliore garanzia per mantenere sicure le nostre città. In questo senso, la Carta di Lipsia raccomanda: la ricerca di strategie per migliorare l'ambiente fisico delle aree più vulnerabili; la promozione di politiche occupazionali che permettano a queste aree svantaggiate di stabilizzarsi economicamente; la creazione di politiche di formazione per i bambini e i giovani; la promozione di trasporti urbani efficienti e accessibili.

Di conseguenza, è necessario e urgente che tutte le persone e le istituzioni, a livello locale (città), nazionale (paese) ed europeo, coordinino le loro azioni affinché i processi di sviluppo urbano possano svilupparsi a partire da una corresponsabilità civica e politica in conformità con i principi della Carta di Lipsia. A tal fine, è essenziale il dialogo tra i diversi attori coinvolti e una formazione adeguata che consenta di acquisire le conoscenze e le competenze di base per rendere possibile questo dialogo, nonché le capacità di costruire città sostenibili.

1. Come mettereste in relazione queste immagini con quanto avete visto finora? Discutete in piccoli gruppi e poi condividete le vostre conclusioni con il resto della classe.



Immagine 116

Esempi di sostenibilità urbana: le città verdi²

Tornando al film "Cinema Climantopia", l'assessore all'urbanistica di Lisbona sottolinea con orgoglio che Lisbona è una Capitale Verde Europea. Ma,

Che cosa significa? Possiamo trovare molti esempi di sostenibilità urbana nell'Unione Europea. Nel 2008, infatti, la Commissione europea ha istituito i premi "Capitale verde europea" e "Foglia verde europea" per premiare e visualizzare le città europee che hanno affrontato con determinazione lo sviluppo urbano dal punto di vista della sostenibilità nelle sue tre linee di azione: sociale, ambientale ed economica.



Immagine 117: Logo della Capitale Verde Europea e dei Premi Foglia Verde Europea.

²https://environment.ec.europa.eu/topics/urban-environment_en

Capitale verde europea

Il Premio Capitale Verde Europea è rivolto a tutte le città con una popolazione superiore ai 100.000 abitanti. L'obiettivo principale è quello di trasmettere il messaggio che i cittadini hanno il diritto di vivere in aree urbane sane e che, pertanto, lo sviluppo urbano delle città dovrebbe sforzarsi di migliorare la qualità della vita delle persone che vi abitano, riducendo al contempo il loro impatto sull'ambiente globale, vale a dire da una prospettiva sia locale che globale.

Per la valutazione delle città candidate, la Commissione europea stabilisce 7 indicatori³ 3 direttamente collegati allo sviluppo urbano (*Figura 115*).

La prima città a essere premiata come Capitale verde europea è stata **Stoccolma (2010)**. Da allora, varie azioni l'hanno resa un punto di riferimento globale per lo sviluppo urbano sostenibile. Nonostante sia una delle città europee in più rapida crescita, mira a raggiungere un'impronta di carbonio negativa entro il 2040. È stata inoltre scelta come "Città più intelligente del mondo" per la sua capacità di combinare innovazioni ambientali volte a migliorare e mantenere il benessere dei suoi cittadini. Tra le sue innovazioni, in uno dei suoi quartieri, un sistema di tubi pressurizzati trasporta i rifiuti a un centro di trattamento senza dover utilizzare camion che emettono gas a effetto serra (GHG). La città raccoglie dati da sensori per comprendere le abitudini di viaggio e di trasporto dei cittadini e utilizza queste informazioni per pianificare i trasporti in modo più efficiente. Inoltre, la città dispone di una rete di riscaldamento che, tra le altre fonti energetiche, è alimentata dal calore generato nei centri di elaborazione dati o nei supermercati, sfruttando l'energia termica che altrimenti andrebbe persa alla fonte. Per dare un'idea, nel 2019, 30.000 appartamenti di Stoccolma sono stati riscaldati dal calore generato in un singolo centro dati.

L'integrazione e la coesistenza tra città e natura è una delle principali linee d'azione affrontate dalle città premiate. A **Vitoria (2012)** si è lavorato per decenni al recupero e allo sviluppo di spazi naturali che hanno dato vita a un anello verde composto da 33 km di parchi con diverse lagune. Un grande spazio che funge da nicchia ecologica per la biodiversità, ospitando centinaia di specie. I cittadini possono utilizzare questi spazi verdi anche per il tempo libero. A **Nantes (2013)**, una città con

³ https://environment.ec.europa.eu/topics/urban-environment/european-green-capital-award_es

più di 100.000 alberi, chiunque vi abiti ha uno spazio verde nel raggio di 300 m, così come **Valencia (2024)**, che ha vinto l'ultima edizione del premio.

INDICADORES DE EVALUACIÓN CAPITAL VERDE EUROPEA	
	1. Calidad del aire
	2. Calidad del agua y eficiencia
	3. Biodiversidad, áreas verdes y uso sostenible del suelo
	4. Residuos y economía circular
	5. Ruido
	6. Cambio climático: mitigación y rendimiento energético
	7. Cambio climático: adaptación

Figura 118: Criteri di valutazione per il Premio Capitale Verde Europea.



Immagine 119: Stoccolma (Svezia).

La gestione del traffico cittadino è un altro degli assi per il raggiungimento di diversi indicatori valutati. In questo caso, **Copenaghen (2014)** è da tempo impegnata nell'adattamento degli spazi pubblici e nella razionalizzazione della mobilità a emissioni zero. In questo modo, il trasporto pubblico ha raggiunto il 74% della sua superficie, con fermate a meno di 1 km di distanza in tutta l'area urbana. La disponibilità e l'efficienza del trasporto pubblico, insieme alle tasse dissuasive sui veicoli a combustione, consentono di congestionare solo il 4% delle strade nelle ore di punta. **Lubiana (2016)**, invece, ha modificato i flussi di traffico all'interno della città per limitare il traffico motorizzato e dare priorità a pedoni, ciclisti e trasporti pubblici.



Immagine 120: Nantes (Francia).



Immagine 121: Valencia (Spagna).



Immagine 122: Copenaghen (Danimarca).



Immagine 123: Lubiana (Slovenia).

La mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici sono un'altra strategia chiave all'interno delle città verdi. Altri esempi includono il caso di **Essen (2017)**, che è stata la prima città mineraria a essere premiata per il successo della sua transizione da un centro urbano altamente inquinante e inquinato a un'economia pulita e verde. Un esempio in cui una combinazione di misure a livello nazionale, statale e locale ha permesso di ottenere un'elevata riduzione delle emissioni di gas serra e dell'inquinamento riducendo l'uso di combustibili fossili. A tal fine, una delle strategie principali è stata quella di combinare sistemi di riscaldamento centralizzati ed energie rinnovabili.

Si distingue anche per la sua cultura collaborativa, con la creazione di un'agenzia municipale che fornisce consulenza su come riorientare lo sviluppo urbano verso pratiche più ecologiche. Altre città, come **Tallinn (2023)** o **Grenoble (2022)**, hanno optato per una transizione economica basata sulle nuove tecnologie, diventando sedi di aziende dedicate alla R&S&I e alle tecnologie dell'informazione.



Immagine 124: Essen (Germania) come città mineraria.



Immagine 125: Essen (Germania) oggi.

Foglio verde europeo

Questo riconoscimento è in linea con il Premio Capitale Verde Europea, ma in questo caso si tratta di centri urbani con una popolazione compresa tra 20.000 e

100.000 abitanti possono candidarsi al premio europeo Green Leaf. L'obiettivo è riconoscere le città che hanno realizzato azioni di gestione ambientale all'interno del loro sviluppo urbano e contribuire a migliorare i loro sforzi e risultati. Il premio è stato creato nel 2015 con tre obiettivi principali:

1. Riconoscere e valorizzare le città che dimostrano un buon bilancio ambientale e l'impegno a generare una crescita verde.
2. Incoraggiare le città a sviluppare attivamente la consapevolezza e il coinvolgimento ambientale dei cittadini.
3. Identificare le città in grado di agire come "ambasciatori verdi" e incoraggiare altre città a muoversi verso migliori prestazioni di sostenibilità.



Immagine 126: Tallinn (Estonia).



Immagine 127: Grenoble (Francia).

D'altra parte, questo premio ha permesso la costituzione della Rete europea Green Leaf, composta da oltre 20 città vincitrici e finaliste. La rete offre ai suoi membri opportunità di collaborazione per scambiare idee ed esperienze con altre amministrazioni comunali, rafforzando la conoscenza collettiva, l'innovazione e la partecipazione come motori di città sostenibili. Tra le sue azioni, la Rete organizza incontri tematici per affrontare le sette aree di lavoro relative agli indicatori di valutazione della Capitale Verde Europea (*Figura 128*).



Immagine 128: Città europee premiate con l'European Green Leaf Award.



Immagine 129: Torres Vedras (Portogallo).

Con la creazione di questi premi, uno degli obiettivi della Commissione europea è stato quello di offrire raccomandazioni, sostegno finanziario e visibilità internazionale alle città europee impegnate nello sviluppo urbano sostenibile e quindi, con il loro riconoscimento, promuovere una transizione urbana che serva da modello per il resto delle città. In questo senso, molte delle strategie e delle azioni realizzate e proposte sono simili, il che giustifica a sua volta il successo di questo invito a presentare proposte. Senza

Tuttavia, occorre prestare attenzione al contesto di ogni città, alle esigenze particolari di ogni popolazione o ai finanziamenti necessari, tra gli altri aspetti. Inoltre, non possiamo dimenticare i processi educativi e di sensibilizzazione affinché i cittadini riconoscano e apprezzino l'importanza delle misure necessarie per riorientare il nostro sviluppo urbano verso posizioni sostenibili.

Città sostenibili...

1. Sulla base dell'elenco dei 7 indicatori con cui vengono valutate le città capitali verdi europee, cercate nel testo esempi di azioni e politiche che le città premiate hanno attuato e mettetele in relazione con gli indicatori. Si noti che alcune azioni soddisfano più di un indicatore.
2. Non tutte le città riconosciute come Capitale verde europea sono elencate nel testo. Come gruppo, trovate un elenco di tutte le città che sono state premiate dal 2010. Fornite un esempio di azioni di pianificazione urbana realizzate in alcune di queste città che soddisfano ciascuno dei sette indicatori. Condividete oralmente i risultati con la classe.
3. Pensate che sarebbe possibile realizzare una di queste iniziative urbane nella vostra città/quartiere/quartiere? Quali difficoltà e ostacoli pensate di incontrare nel realizzare questa azione?
4. Su questo sito web si possono trovare diversi dati e indici relativi alla gestione del traffico urbano <https://urbanmobilityindex.here.com/>. Esplorate il sito e completate la seguente tabella.

Ciudad	Frequenza del trasporto pubblico	Copertura del trasporto pubblico	Indice di congestione del traffico	Percentuale di spazi verdi	Numero di biciclette pubbliche
Vienna	251 viaggi per fermata/giorno	71% dell'area urbana	5,2 su 10	27%	0,8 per ogni 1000 abitanti

5. Ritenete che queste informazioni siano utili per comprendere meglio la complessità dello sviluppo urbano? Rispondete e giustificate la vostra risposta.

5.3. TURISMO D'AZIONE PER IL CLIMA

Prima di continuare...

1. Pensate che la pianificazione urbana abbia qualche legame con il turismo? Riflettete sulla giustificazione della vostra risposta tenendo conto di uno dei sette indicatori di valutazione del Green City Awards.
2. Discutete le relazioni tra città e turismo di cui alla domanda precedente e compilate insieme in classe un elenco dei sette indicatori. Per ognuno di essi, indicate le possibili influenze del turismo, positive o negative, sul successo di questi indicatori.
3. Cosa pensate che significhi "azione per il clima"? Discutetene con i vostri colleghi.

Pianificazione urbana e turismo

Come avete visto, lo sviluppo urbano sostenibile è una disciplina molto complessa in cui bisogna tenere conto di molte variabili: ambientali, sociali, culturali, politiche ed economiche, per conoscere e comprendere le esigenze dei cittadini e le risorse disponibili per ricostruire le città attuali in città più vivibili e sostenibili. Quindi, avere esempi e raccomandazioni, come quelli che abbiamo visto, per rispondere alle sfide della sostenibilità è una conoscenza utile per indirizzare e accompagnare i nostri sforzi, piani e strategie in termini di sviluppo urbano.



Immagine 130: Aveiro (Portogallo).

La pianificazione urbana è strettamente legata al turismo, a n c o r più nelle città che dipendono quasi esclusivamente dal settore turistico come principale attività economica. Ricordando alcuni degli aspetti che la pianificazione urbana affronta, essa ha una grande responsabilità nel creare un ambiente attraente per il turismo. Una buona progettazione urbana può rendere la città più attraente e più facile da navigare, con aree turistiche accessibili, sicure, piacevoli ed esteticamente attraenti. D'altra parte, è necessaria un'infrastruttura turistica che risponda adeguatamente ai periodi di alta occupazione con strutture (alberghi, ristoranti, parchi, centri di informazione, ecc.), servizi (gestione dei rifiuti, approvvigionamento idrico, sanità, trasporti, tempo libero, ecc.) e mezzi tecnici (risorse umane e altri mezzi come ambulanze, auto della polizia, nuove tecnologie, ecc.) che garantiscano il soddisfacimento delle esigenze dei visitatori, senza dimenticare, naturalmente, gli stessi residenti.

Turismo e cambiamento climatico

Il settore turistico è altamente vulnerabile alle conseguenze dei cambiamenti climatici e, allo stesso tempo, contribuisce all'emissione di grandi quantità di gas serra, che contribuiscono al mantenimento e all'aggravamento della crisi climatica. Data questa situazione, appare necessario e urgente **accelerare l'azione per il clima** nel settore turistico, al fine di garantire un futuro sostenibile per il settore stesso e per tutti i cittadini. Per azione per il clima o azione climatica si intendono gli sforzi per ridurre le emissioni di gas serra (mitigazione) rafforzando al contempo le capacità di adattamento agli impatti dei cambiamenti climatici. Considerando che le attività umane sono la causa dei cambiamenti climatici, il raggiungimento di questi obiettivi dipende dalle azioni e dai comportamenti di tutti. Tutti noi riceviamo turisti nelle nostre città e paesi e la maggior parte di noi è turista in alcuni momenti della propria vita.

L'idea del turismo d'azione per il clima è stata ufficialmente formalizzata nel novembre 2020, durante la conferenza COP26 delle Nazioni Unite, con la firma della Dichiarazione di Glasgow, che ha fissato al 2050 l'orizzonte temporale per il raggiungimento delle emissioni nette zero del settore turistico. La dichiarazione propone cinque percorsi per raggiungere questo obiettivo.

1. **Misurazione** delle emissioni legate ai viaggi e al turismo e diffusione accessibile e trasparente dei dati registrati.
2. **Decarbonizzazione**, che comprende piani per ridurre le emissioni di gas serra nelle infrastrutture turistiche: trasporti, alloggi, attività ricreative, cibo o gestione dei rifiuti, tra gli altri.

- 3. Rigenerazione**, ovvero ripristino e protezione degli ecosistemi. Gli ecosistemi possono essere intesi come infrastrutture naturali che forniscono diversi servizi ecosistemici, come la protezione dai disastri, l'approvvigionamento idrico e alimentare o il riparo, tra gli altri, e che svolgono un ruolo importante come pozzi di carbonio nell'atmosfera.
- 4. Collaborazione**, di tutti gli agenti coinvolti.
- 5. Il finanziamento**, che garantisce le risorse necessarie per raggiungere gli obiettivi, tra cui la formazione, la ricerca e l'attuazione di strumenti e politiche fiscali efficaci.

Per il turismo d'azione per il clima

1. Tenendo conto di quanto abbiamo visto finora, pensate alle vostre vacanze, al vostro comportamento come turisti: come viaggiate, quali risorse utilizzate nelle vostre destinazioni turistiche, dove alloggiate, cosa mangiate, come utilizzate le infrastrutture della città che visitate, ecc. Convidete in piccoli gruppi ciò che avete pensato e fate un elenco dei cambiamenti da apportare per diventare un turista sostenibile.
2. Immaginate ora di far parte dell'amministrazione comunale. Quali proposte fareste e quali cambiamenti infrastrutturali sarebbero necessari per poter offrire un turismo d'azione per il clima in quella città? Quali ostacoli pensate di incontrare?

RIFERIMENTI

- Bañón, R., Almón, B., Trigo, J., Dieste, J., & Junoy, J. (2019). Specie marine aliene e immigrate sulle coste della Galizia. *Especies Exóticas Invasoras: Cátedra Parques Nacionales*; Junoy, J., Ed, 81-94.
- ☞ Barange, M., Merino, G., Blanchard, J. L., Scholtens, J., Harle, J., Allison, E. H., ... & Jennings, S. (2014). Impatti dei cambiamenti climatici sulla produzione degli ecosistemi marini nelle società che dipendono dalla pesca. *Nature Climate Change*, 4 (3), 211-216.
- ☞ Bundesministerium des Innern und für Heimat (2020). *La nuova Carta di Leipzig. Il potere di trasformazione delle città per il bene comune*. BMI.
- ☞ Doney, S. C. (2006). Il plancton in un mondo più caldo. *Natura*, 444 (7120), 695-696.
- ☞ Agenzia europea dell'ambiente (2017). *Cambiamenti climatici, impatti e vulnerabilità in Europa 2016*. Copenaghen: Ufficio delle pubblicazioni dell'Unione europea.
- ☞ Eurostat (2022). Europa urbana e rurale. Eurostat https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Urban-rural_Europe_-_introduction.
- ☞ Fernández, I. (1997). *Influenza degli incendi boschivi sulla sostanza organica del suolo*. CSIC-Istituto di Ricerche Agrobiológicas della Galizia (IIAG).
- ☞ Ferreira, Ó., Dias, J. A., & Taborda, R. (2008). Implicazioni dell'innalzamento del livello del mare per il Portogallo continentale. *Journal of Coastal Research*, 24 (2), 317-324.
- ☞ Fioretti, C., Pertoldi, M., Busti, M. e Van Heerden, S. (2020). *Manuale sulle strategie di sviluppo urbano sostenibile*. Ufficio delle pubblicazioni dell'Unione europea. ISBN 978-92-76-24537-7, <https://doi.org/10.2760/580641>.
- ☞ Grant, G. R., Naish, T. R., Dunbar, G. B., Stocchi, P., Kominz, M. A., Kamp, P. J., ... & Patterson, M. O. (2019). Ampiezza e origine della variabilità del livello del mare durante il Pliocene. *Nature*, 574 (7777), 237-241.
- ☞ IPCC (2019). *Cambiamento climatico e terra: un rapporto speciale dell'IPCC su cambiamento climatico, desertificazione, degrado del territorio, gestione sostenibile del territorio, sicurezza alimentare e flussi di gas serra negli ecosistemi terrestri*. IPCC, Ginevra, Svizzera.

- ☞ Jeffries, E. e Campogianni, S. (2021). L'effetto del cambiamento climatico nel Mediterraneo. *Sei storie da un mare surriscaldato*. Recuperato dal sito web del WWF: <https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/Meere/WWF-Report-The-Climate-Change-Effect-in-the-Mediterranean-2021.pdf>.
- ☞ Levitus, S., Antonov, J., Boyer, T., Baranova, O., Garcia, H., Locarnini, R., Mishonov, A., Reagan, J., Seidov, D., Yarosh, E. e Zweng, M. (2012). Contenuto di calore oceanico mondiale e variazione termoterica del livello del mare (0-2000 m), 1955-2010. *Geophysical Research Letters*, 39, L10603.
- ☞ Mataix-Solera, J., & Guerrero, C. (2007). Effetti degli incendi forestali sulle proprietà edafiche. *Incendi boschivi, suoli ed erosione idrica*, 5-40.
- ☞ McNeill, J. R. (2003). *Algo nuevo bajo el sol: historia medioambiental del mundo en el siglo XX* (Vol. 217). Alianza editorial.
- ☞ Montero-Serra, I., Edwards, M., & Genner, M. J. (2015). Il riscaldamento dei mari di piattaforma determina la subtropicizzazione delle comunità ittiche pelagiche europee. *Global Change Biology*, 21 (1), 144-153.
- ☞ Mumford, L.. (1971). *Técnica y civilización* Madrid Alianza editorial.
- ☞ Organizzazione Mondiale del Turismo (2019). *Il turismo internazionale in sintesi*. Edizione 2019. UNWTO
- ☞ Paprotny, D., & Terefenko, P. (2017). Nuove stime degli impatti potenziali dell'innalzamento del livello del mare e delle inondazioni costiere in Polonia. *Natural Hazards*, 85, 1249-1277.
- ☞ Portela, N. F. (2018). L'Unione dell'energia: strumento per la transizione energetica in Europa. *ICE, Rivista di Economia*, (902).
- ☞ Pruszek, Z. e Zawadzka, E. (2008). Implicazioni potenziali dell'innalzamento del livello del mare per la Polonia. *Journal of Coastal Research*, 24 (2), 410-422.
- ☞ Rifkin, J. (2007). L'economia dell'idrogeno. *Barcellona*. Paidós.
- ☞ Unione europea (2007). *Carta di Lipsia sulle città europee sostenibili*. UE.
- ☞ Unione europea (2022). Portale europeo per i giovani. Capitale verde europea e Premio europeo della foglia verde. <https://youth.europa>.

- ☞ Vergés, A., Tomas, F., Cebrian, E., Ballesteros, E., Kizilkaya, Z., Dendrinos, P., ... & Sala, E. (2014). Il pesce coniglio tropicale e la deforestazione di un mare temperato in riscaldamento. *Journal of Ecology*, 102 (6), 1518-1527.
- ☞ Weatherdon, L., Magnan, A., Rogers, A., Sumaila, U. e Cheung, W. (2016). Impatti osservati e previsti dei cambiamenti climatici sulla pesca marina, l'acquacoltura, il turismo costiero e la salute umana: un aggiornamento. *Frontiers in Marine Science*, 3 (48).

