OLIMPIADI
CITTADINANZA
SCIENTIFICA
E DIRITTI UMANI

MATERIALI PER LA FASE ELIMINATORIA

COORDINAMENTO NAZIONALE

ROBERT & ETHEL KENNEDY HUMAN RIGHTS CENTER ITALIA

OLIMPIADI CITTADINANZA SCIENTIFICA E DIRITTI UMANI

SCUOLA POLO

Istituto di Istruzione Superiore Da Vinci - De Giorgio

OBIETTIVO 6
ACQUA PULITA E SERVIZI IGIENICO-SANITARI

SCHEDA DIDATTICA · L'ORO BLU · STRESS IDRICO · DISSALAZIONE

Che cosa imparerai

- quanta acqua c'è sulla Terra, quanta è **dolce** e davvero disponibile, e che cosa significa **stress idrico**;
- che cos'è il **Day Zero** e perché la scarsità d'acqua riguarda anche l'Italia;
- come funziona la **dissalazione** (evaporazione, osmosi inversa) e quali problemi economici e ambientali comporta;
- perché l'acqua è un **diritto umano** e che cosa dicono la Carta europea dell'acqua e il Water Manifesto.

L'Obiettivo 6 e il suo traguardo

L'Obiettivo 6 dell'Agenda 2030 chiede di **garantire a tutti la disponibilità e la gestione sostenibile dell'acqua e delle strutture igienico-sanitarie**. Il manuale si concentra sul traguardo 6.4:

6.4	Aumentare considerevolmente entro il 2030 l'efficienza nell'utilizzo dell'acqua in ogni settore e garantire approvvigionamenti e forniture sostenibili di acqua potabile, per affrontare la carenza idrica e ridurre in modo sostanziale il numero di persone che ne subisce le conseguenze.

Parte 1 · Quanta acqua c'è, quanta ne serve

La progressiva **desertificazione** dei suoli è un rischio che riguarda l'Europa e, ovviamente, l'Italia: aree di Sardegna, Marche, Emilia-Romagna, Umbria, Abruzzo e Campania sono comprese, secondo il manuale, tra il 30% e il 50% dei suoli disponibili. Secondo lo Stockholm International Water Institute, **nel 2030 il 47% della popolazione mondiale potrebbe avere problemi di scarsità d'acqua**.

L'acqua dolce

L'**acqua dolce** è quella con salinità bassa, inferiore a 500 parti per milione (ppm). Comprende le acque di laghi, fiumi e torrenti, le acque sotterranee e i ghiacciai, cioè le uniche fonti importanti per il consumo idrico, per la salute umana, per il cibo, per l'igiene, per l'industria e per il mantenimento degli ecosistemi. La definizione esclude le acque marine e lagunari, che sono salate o salmastre.

Il volume totale di acqua sulla Terra è circa $1{,}4 \cdot 10^{18}$ m^3 (1,4 miliardi di km^3) ed è sostanzialmente stabile nel tempo; ma **solo il 2,5% è acqua dolce**.

Acqua dolce	salinità < 0,05% (< 500 ppm)
Acqua salmastra	0,05–3% (500–30 000 ppm)
Acqua salata	3–5% (30 000–50 000 ppm)
Salamoia	> 5% (> 50 000 ppm)

Quando l'acqua non basta: stress idrico e Day Zero

Si parla di **stress idrico** quando la sorgente è insufficiente a rispondere alle attività umane e ai bisogni dell'ambiente: il limite minimo indicato dal manuale è **1,7 m^3 per persona all'anno**. Quando il prelievo supera circa il 20% del totale delle riserve rinnovabili (fino a un massimo del 40%) il problema idrico diventa un limite per lo sviluppo; la criticità esplode se le regioni coinvolte hanno meno di 1,7 m^3 d'acqua a testa. Il **Day Zero** è il giorno in cui le città perdono i normali accessi alle risorse idriche: secondo stime recenti non sembra così lontano.

Le cause della scarsità si sommano: la crescita demografica (secondo i dati del manuale nel 1990 un terzo della popolazione mondiale consumava più del 20% delle risorse idriche, con proiezioni in forte aumento), i rischi climatici e le catastrofi naturali, e l'azione dell'uomo, perché scarichi domestici, agricoli e industriali incidono sulla distribuzione e sulla qualità dell'acqua.

Il manuale in cifre. Nel 2015 in Italia sono stati utilizzati per uso potabile circa **9,49 miliardi di m^3** d'acqua (ISTAT 2018). L'**impronta idrica** dell'Italia, cioè il volume totale di risorse idriche usate per produrre i beni e i servizi consumati dagli abitanti, era nel 2015 di circa **70 miliardi di m^3**. Oltre **1 miliardo** di persone non aveva accesso all'acqua potabile e **2,5 miliardi** (di cui 1 miliardo di bambini) non disponeva di adeguati servizi igienico-sanitari. La **Giornata mondiale dell'acqua**, istituita dall'ONU, si celebra il **22 marzo**. *(Dati riferiti all'epoca del manuale: vanno aggiornati.)*

Il ciclo dell'acqua e dove va a finire

L'acqua si muove in un **ciclo continuo** mosso dall'energia del Sole e dalla gravità: evapora da mari, suoli e viventi, condensa in nuvole, ricade come precipitazioni, scorre in superficie o si infiltra nel sottosuolo e ritorna al mare. Delle acque terrestri circa il 97% è marino, poco più del 2% è nei ghiacciai e solo una parte minima è acqua dolce liquida di falde, laghi e fiumi. Per questo l'acqua dolce **facilmente utilizzabile è una frazione piccolissima** del totale, e proteggerne la qualità è importante quanto limitarne il consumo.

Parte 2 · La soluzione dal mare?

La **dissalazione** permette di rimuovere parte dei sali presenti nell'acqua marina e potrebbe garantire acqua dolce a molti Paesi in difficoltà. **Israele**, per esempio, ottiene il 55% dell'acqua per uso domestico dalla desalinizzazione, una tecnica che ha contribuito a trasformare una delle nazioni più aride del mondo in uno dei giganti dell'acqua. La separazione dell'acqua dai sali può avvenire in vari modi: *distillazione/evaporazione*, *elettrodialisi*, *osmosi inversa*, *scambio ionico*.

Come funziona

Evaporazione	la più semplice: l'acqua salata viene riscaldata fino all'ebollizione, il vapore si raffredda e condensa. Si ottengono acqua potabile e acqua residua più concentrata (**salamoia** o *brina*), da cui per completa evaporazione si può recuperare cloruro di sodio.
Osmosi inversa	l'acqua è spinta con pressione elevata attraverso membrane semipermeabili che trattengono i sali. È oggi una delle tecniche più usate (il manuale mostra un impianto a osmosi inversa).
Altre tecniche	**elettrodialisi** (separazione degli ioni con un campo elettrico e membrane) e **scambio ionico** (resine che catturano gli ioni).

I limiti della dissalazione

- **Problema economico.** Gli impianti hanno costi elevati: capacità e struttura, ubicazione, acqua di alimentazione, manodopera specializzata, smaltimento, controlli e, soprattutto, l'**energia** necessaria per farli funzionare.
- **Problema ambientale.** La salamoia ha salinità superiore al 5% e, se non gestita bene, è tossica come le scorie industriali. Spesso viene scaricata negli oceani con conseguenze negative per l'ecosistema marino; inoltre la presa d'acqua può trascinare flora e fauna marine all'interno degli impianti, alterando coste e mare.
- **Salute.** Un uso massiccio di acqua dissalata potrebbe avere effetti sulla salute: il processo rimuove parte dello iodio, aumentando il rischio legato alla carenza di tale sostanza. Su questo si stanno portando avanti molti studi, ma non ci sono ancora risultati certi.

Un impianto da record. In Marocco è in costruzione uno dei più grandi impianti di dissalazione alimentati da energia rinnovabile, con una produzione prevista di **275 000 m^3 di acqua marina al giorno**: circa il 54% destinato ad acqua potabile e il 46% all'irrigazione. Accoppiare dissalazione ed energie rinnovabili è una strada per ridurre i costi energetici e le emissioni.

Parte 3 · L'acqua è un diritto

L'acqua non è una merce come le altre: senza di essa non c'è vita. Due documenti richiamati dal manuale lo affermano con forza.

Carta europea dell'acqua (1968)	non una vera e propria legge, ma un prontuario di buone pratiche per i Paesi europei. Il punto 1 afferma *«Non c'è vita senza acqua»*; il punto 2, che le disponibilità di acqua dolce *non sono inesauribili*; il punto 3, che *alterare la qualità dell'acqua significa nuocere alla vita* dell'uomo e degli altri viventi.

Water Manifesto (1998)	redatto da un comitato internazionale guidato dall'ex presidente portoghese **Mario Soares**, si basa su quattro idee: 1) l'acqua è un “bene vitale” che appartiene a tutti gli abitanti della Terra; 2) è un patrimonio dell'umanità e non può essere oggetto di proprietà privata; 3) è necessario garantire l'accesso all'acqua a tutti; 4) la gestione dell'acqua richiede istituzioni democratiche, di democrazia partecipativa e rappresentativa.

Nel 2010 l'Assemblea generale delle Nazioni Unite ha riconosciuto l'accesso all'acqua potabile sicura e ai servizi igienici come **diritto umano**: qui l'Obiettivo 6 incontra i diritti umani delle Olimpiadi: l'accesso equo all'acqua è anche una scelta di giustizia.

Parole chiave

Acqua dolce	acqua con salinità inferiore a 500 ppm (0,05%).
Stress idrico	situazione in cui la risorsa è insufficiente: sotto 1,7 m^3 per persona all'anno.
Day Zero	giorno in cui una città perde i normali accessi all'acqua.
Impronta idrica	volume di acqua usato per produrre beni e servizi consumati da un Paese o da una persona.
Dissalazione	insieme di tecniche per togliere i sali all'acqua marina.
Osmosi inversa	dissalazione con membrane semipermeabili e pressione elevata.
Salamoia	acqua residua della dissalazione, con salinità superiore al 5%.
Desertificazione	degrado dei suoli in aree aride e semiaride.

Attività di approfondimento

- **Calcoli sull'impianto marocchino.** (a) Quanti m^3 al giorno sono acqua potabile e quanti per irrigazione (54% e 46% di 275 000 m^3)? (b) Se ogni persona usa direttamente o indirettamente 3,8 m^3 d'acqua al giorno, quante persone può servire? (c) Quanto calore serve per produrre 275 000 m^3 di acqua, sapendo che il calore latente di evaporazione è 2272 kJ/kg e che la densità dell'acqua di mare del Mediterraneo è circa 1,025 kg/dm^3?
- **Carta europea dell'acqua.** Cerca il testo completo della Carta e prepara in classe un lavoro che illustri i suoi punti, collegandoli all'idrosfera, al ciclo dell'acqua, agli usi dell'acqua e all'inquinamento idrico.
- **Water Manifesto.** Ricerca progetti concreti ispirati all'idea di acqua come bene comune universale e presentali alla classe.
- **La tua impronta idrica.** Con un calcolatore online stima quanta acqua “nascosta” c'è nei tuoi consumi (cibo, abbigliamento, dispositivi) e individua tre azioni per ridurla.
- **Salinità.** Con la tabella della salinità, classifica acque di fiume, mare Mediterraneo, laguna e Mar Morto; quali richiedono dissalazione per diventare potabili?

Collegamenti con gli altri documenti

Il tema si lega alla scheda sull'**Obiettivo 7** (l'acqua come fonte di energia e il rapporto tra acqua ed energia), all'**Obiettivo 13** (clima e siccità), all'**Obiettivo 12** (agricoltura e consumi) e a **One Health** (acqua e salute).

Senz'acqua non c'è sviluppo, né salute, né diritti. Capire quanta ne abbiamo, come la usiamo e come garantirla a tutti è un compito di cittadinanza scientifica.

Scheda di sintesi redatta in forma originale a partire dal materiale "Agenda 2030 – Obiettivo 6" (G. Casavecchia, "L'oro blu", Pearson). Per i testi, le immagini e i dati originali si rimanda al manuale; molte cifre risalgono alla data di pubblicazione e vanno aggiornate. Le informazioni sul riconoscimento ONU del diritto all'acqua (2010) e sul ciclo dell'acqua sono integrazioni di carattere generale.

COORDINAMENTO NAZIONALE

ROBERT & ETHEL KENNEDY HUMAN RIGHTS CENTER ITALIA

OLIMPIADI CITTADINANZA SCIENTIFICA E DIRITTI UMANI

SCUOLA POLO

Istituto di Istruzione Superiore Da Vinci - De Giorgio

OBIETTIVO 7 ENERGIA PULITA E ACCESSIBILE

SCHEDA DIDATTICA · LE VIE DELL'ENERGIA · SOLE E GREEN DEAL · ENERGIA DALL'ACQUA

Che cosa imparerai

- che cos'è l'**energia**, perché si conserva ma si **degrada** e che cosa dicono il primo e il secondo principio della termodinamica;
- la differenza tra fonti **fossili** e **rinnovabili**, tra energia **primaria** e **secondaria**, e da dove viene oggi l'energia che usiamo;
- come funzionano solare termico, fotovoltaico e solare a concentrazione, e che cos'è lo **European Green Deal**;
- perché l'**acqua** è anche una fonte di energia (idroelettrico, maree, onde) e come si può usare l'**idrogeno**.

L'Obiettivo 7 e i suoi traguardi

L'Obiettivo 7 dell'Agenda 2030 chiede di **assicurare a tutti l'accesso a sistemi di energia economici, affidabili, sostenibili e moderni**. Tre i traguardi richiamati dal manuale:

7.1	Garantire entro il 2030 l'accesso a servizi energetici che siano convenienti, affidabili e moderni.
7.2	Aumentare considerevolmente entro il 2030 la quota di energie rinnovabili nel consumo totale di energia.
7.3	Raddoppiare entro il 2030 il tasso globale di miglioramento dell'efficienza energetica.

Parte 1 · Le vie dell'energia

Niente di ciò che avviene in natura, niente di ciò che facciamo quotidianamente sarebbe possibile senza l'energia. Non esiste una definizione generale di questa grandezza fisica: si può dire che **l'energia si presenta in forme diverse**, che si convertono l'una nell'altra, mentre l'**energia totale si conserva**. Questo è il **primo principio della termodinamica**.

Tuttavia l'energia **tende spontaneamente a degradarsi**, cioè a convertirsi in forme meno utilizzabili per compiere lavoro: è una conseguenza del **secondo principio della termodinamica**, che distingue tra forme di energia di "qualità" diversa. Quando si parla di "consumo di energia" non si intende dunque che l'energia sparisca, ma che viene convertita in forme di qualità inferiore: ciò che consumiamo è l'*energia utilizzabile*, quella da cui si può estrarre lavoro (in fisica, l'**exergia**).

Un mondo energivoro

Negli ultimi cinquant'anni il consumo *pro capite* è cresciuto del 30%, fino a circa 78 GJ all'anno (200 MJ al giorno, venti volte più dell'energia che ricaviamo dal cibo). Con l'aumento della popolazione (oltre 7,7 miliardi nel 2020, più del doppio rispetto al 1970) il fabbisogno del pianeta è quasi triplicato in mezzo secolo e ha quasi raggiunto i **600 EJ all'anno**.

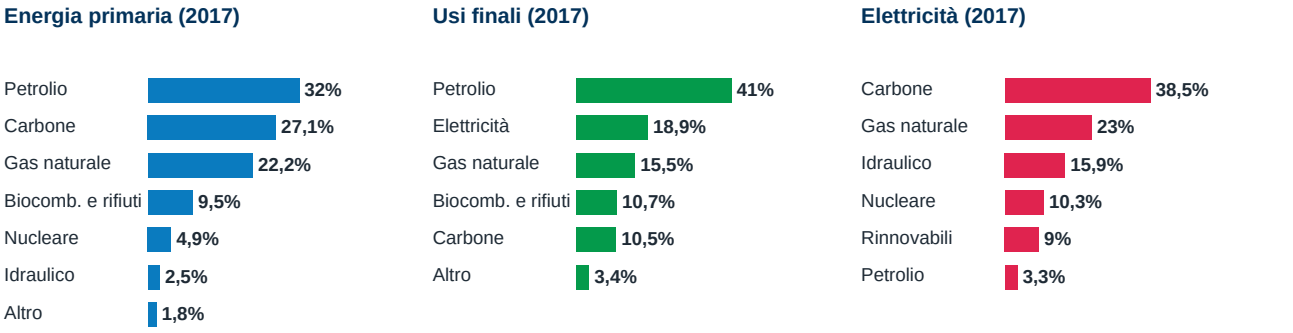
Il problema è che oltre l'80% di questa energia proviene da **combustibili fossili** (carbone, petrolio, gas naturale), risorse soggette a esaurimento e fortemente inquinanti: oltre all'impatto locale sull'ambiente hanno un effetto globale e duraturo sul clima, perché la combustione produce gas serra (soprattutto CO_2) che intrappolano parte della radiazione solare e surriscaldano il pianeta.

> **Disuguaglianze.** La media *pro capite* nasconde profonde differenze: gli Stati Uniti, con il 4% della popolazione mondiale, consumano il 15% dell'energia del pianeta; l'Africa, con il 17% della popolazione, appena il 6%. Garantire l'accesso all'energia (traguardo 7.1) significa anche ridurre queste distanze.

Energie primarie e secondarie

Ogni via dell'energia parte da una **energia primaria**, cioè da una risorsa energetica disponibile in natura. Le **risorse di giacimento** o **fossili** (combustibili fossili e nucleari) si sono formate in tempi geologici e sono soggette a esaurimento; le **risorse di flusso** o **rinnovabili** (solare, geotermica, biologica, da acque e vento) si manifestano in modo continuo e si rigenerano: sono virtualmente inesauribili. Due precisazioni: se si consuma più in fretta di quanto una risorsa si rinnovi (il legname, per esempio) questa si esaurisce; e anche le fonti praticamente illimitate, come sole e vento, richiedono risorse limitate, come lo spazio e alcuni elementi chimici rari.

Solo poche fonti primarie (gas naturale e biomasse) sono usabili direttamente. Le altre subiscono **trasformazioni** e diventano **energie secondarie**; la più importante è l'**energia elettrica**. Per le perdite di conversione, trasmissione e distribuzione, solo il **70%** circa dell'energia primaria è disponibile per gli usi finali.



Ripartizione per fonti del fabbisogno mondiale di energia primaria, degli usi finali e della produzione di energia elettrica (dati 2017, IEA, riportati dal manuale).

Come leggere i grafici. Le fonti fossili (petrolio, carbone, gas) forniscono l'81% dell'energia primaria; le rinnovabili, comprese biomasse, rifiuti, idroelettrico, solare, eolico, geotermico e maree, il 14%. Negli usi finali il **petrolio** domina (circa il 41%, soprattutto per trasporti e riscaldamento), mentre il carbone scende perché in gran parte viene usato per produrre elettricità. La produzione elettrica 2017 è stata di poco meno di 26 000 TWh: le rinnovabili ne valgono circa il 25% (idroelettrico 4200 TWh, eolico 1100 TWh, solare fotovoltaico 440 TWh, in rapida crescita) e il nucleare il 10%.

Le alternative ai combustibili fossili

I combustibili fossili hanno avuto successo perché sono sostanze stabili, facili da immagazzinare e trasportare, con un grande contenuto di energia per unità di massa (da 30 a 50 MJ/kg). Il loro grosso difetto è la grande quantità di CO_2 emessa nella combustione (da 50 a 100 kg per GJ), largamente responsabile dell'accumulo del gas in atmosfera. Le principali alternative nella produzione di elettricità sono l'**energia nucleare** e le **energie di flusso**, in particolare quella solare.

- **Nucleare.** Pesa circa il 10% dell'elettricità ed è stabile o in calo da anni: le nuove centrali (Russia, Paesi asiatici) sono compensate dalla chiusura dei reattori più vecchi in Europa e Nord America. Lo sviluppo è frenato da alti costi economici e sociali e dalle difficoltà di smaltimento delle scorie ad alta radioattività. La **fusione nucleare**, intrinsecamente più sicura e con minimo impatto, non potrà modificare la situazione prima della seconda metà del secolo.
- **Sole.** La radiazione solare che raggiunge ogni anno l'atmosfera terrestre ammonta a circa $5{,}46 \cdot 10^6$ EJ, con potenza di $1{,}73 \cdot 10^5$ TW: quasi **diecimila volte il fabbisogno mondiale**. Al suolo l'irradianza media è di circa 170 W/m^2, catturabile con **pannelli solari termici** (resa media 6 MJ/m^2) o **celle fotovoltaiche** (rendimento attuale 15-20%).
- **Sfide.** Il costo delle celle fotovoltaiche è diminuito drasticamente e il solare è oggi competitivo con le fonti tradizionali; il problema principale è la **variabilità** dell'irraggiamento (e del vento), cioè l'intermittenza. Per integrarle servono **reti intelligenti**, che gestiscano in tempi rapidi offerta e domanda, e **sistemi di accumulo** per il surplus, per esempio convertendo l'energia in energia chimica dell'idrogeno.

Prospettive future

Le proiezioni basate sulle politiche attuali indicano per il 2040 un fabbisogno mondiale di circa **750 EJ**, con una popolazione di circa 9 miliardi e un consumo *pro capite* di 82 GJ all'anno. Con **politiche di sviluppo sostenibile** il fabbisogno complessivo potrebbe restare quasi stabile, con una diminuzione del dato *pro capite*. In ogni caso la quota di energia “pulita” deve crescere sensibilmente. In Europa la strada è l'**European Green Deal**.

Più energia non significa più benessere. Mettendo in un grafico l'indice di sviluppo umano (*HDI*: speranza di vita, istruzione, reddito) e il consumo di energia *pro capite*, i dati si addensano su una curva che **si satura** intorno a 100-150 GJ all'anno: oltre quella soglia il benessere non cresce. Un cittadino statunitense, con quasi 300 GJ l'anno, ha lo stesso livello di vita di un europeo che ne consuma la metà; paesi energivori come l'Arabia Saudita hanno un benessere inferiore a quello di nazioni più parsimoniose. C'è dunque un ampio margine per risparmiare energia senza rinunciare alla qualità della vita: è il senso del traguardo 7.3 sull'**efficienza energetica**.

Parte 2 · Un'opportunità da non perdere: il Sole

Tra le fonti rinnovabili (vento, Sole, maree, calore geotermico) che non inquinano con gas tossici e non contribuiscono all'effetto serra, l'**energia solare** occupa un posto di primo piano: sulla Terra arrivano mediamente circa **1366 W/m^2**. La radiazione solare è generata dalle reazioni nucleari di fusione nel nucleo del Sole; l'atmosfera assorbe le radiazioni più penetranti (raggi X e γ) e gran parte degli ultravioletti, mentre le altre frequenze ci riscaldano, ci illuminano e permettono la fotosintesi. Anche considerando che circa il 30% viene riflesso o assorbito da atmosfera e nuvole, la potenza restante, potenzialmente catturabile sulla terraferma, è circa diecimila volte il fabbisogno mondiale.

Tre modi di usare il Sole

Pannello solare termico	i raggi scaldano un fluido che, tramite uno *scambiatore di calore*, cede calore all'acqua di un serbatoio: acqua calda per le abitazioni.
Pannello fotovoltaico	sfrutta le proprietà dei *semiconduttori*, come il silicio, per trasformare direttamente l'energia luminosa in energia elettrica.
Solare a concentrazione (termodinamico)	*specchi parabolici* concentrano i raggi su un tubo o su una torre con *miscele di sali*, portati a fusione (500-600 °C); il calore vaporizza un fluido che aziona una turbina. I sali fusi accumulano calore per molte ore, anche senza Sole. Funziona come una centrale termoelettrica, ma senza combustione ed emissione di gas.

L'European Green Deal e l'economia circolare

Produrre energia con fonti rinnovabili ha importanti ricadute economiche e sociali. L'Unione Europea ha avviato il piano noto come **European Green Deal**: diventare entro il **2050** il primo continente a impatto zero sull'ambiente. Tra gli obiettivi intermedi: non usare più il **carbone** come fonte di energia; ridurre le emissioni di gas serra del **55% entro il 2030**; sostenere l'**economia circolare**, riciclando i materiali fino ad arrivare all'impiego di soli materiali rinnovabili. Secondo il Parlamento europeo, misure come la riduzione dei rifiuti e il riutilizzo dei materiali potrebbero far risparmiare alle imprese europee fino a 600 miliardi di euro (l'8% del fatturato annuo), riducendo nel contempo le emissioni totali annue del 2-4%.

La riconversione ha incontrato **resistenze**, soprattutto da parte dei produttori di carbone e dei Paesi che lo usano ancora massicciamente, e nel settore degli allevamenti intensivi: il manuale la descrive come un quadro di luci e ombre.

Lo sapete che… Per rispettare gli accordi di Parigi (aumento di temperatura ben sotto i 2 °C, possibilmente 1,5 °C) la quota di energia da fonti rinnovabili dovrebbe passare, secondo il manuale, dal 17% attuale al **65% entro il 2050**, a un ritmo molto più veloce di quello degli ultimi dieci anni. Circa il **25% delle emissioni di gas serra** deriva dai **trasporti**: il trasporto su strada pesa per il 71,7%, quello aereo per il 13,9%, quello per vie d'acqua per il 13,4%. Il Green Deal punta a ridurre del 90% queste emissioni entro il 2050. Secondo alcune ricerche, accelerare la decarbonizzazione porterebbe nel 2050 a un aumento del PIL dello 0,8% annuo. *(Cifre del manuale: da aggiornare.)*

Parte 3 · Un circuito gratuito: l'energia dell'acqua

L'acqua è fondamentale per la vita e per il sistema terrestre; ogni vivente è fatto in buona parte di acqua. Tutto è garantito dal **ciclo continuo** che l'acqua compie sulla Terra attraverso i suoi **tre stati di aggregazione**. La quasi totalità delle acque terrestri è salata e si trova nei mari; della restante piccola parte la maggioranza è accumulata in forma solida nei ghiacciai polari. Per i processi di evaporazione dovuti all'irraggiamento solare, l'acqua viene *distillata*, sale nell'atmosfera, condensa e ricade con le precipitazioni in mare o sulla terraferma, tornando infine al mare.

I due motori del ciclo sono il **flusso di radiazione solare**, che scalda l'acqua e la porta a evaporare, e la **forza di gravità**, che fa precipitare e scorrere l'acqua. L'energia meccanica legata al suo movimento è un bagaglio impressionante: da tempi lontani l'uomo ha cercato di intercettarla, per esempio con i mulini lungo i torrenti. Nell'ultimo secolo l'**energia idraulica** è stata sfruttata soprattutto per muovere turbine collegate a generatori di corrente elettrica (**idroelettrico**), con **dighe** che fermano il deflusso e creano bacini artificiali. Altre vie sono le **maree**, nelle strette insenature o negli estuari dove le correnti sono regolari e intense, e i sistemi che recepiscono il **moto ondoso**.

Lo sapete che… Della radiazione solare che arriva alla Terra, circa il 48% è assorbito dalla superficie; più della metà di questa quantità serve a far evaporare l'acqua da bacini, suoli e viventi. In altre parole, circa un quarto dell'energia che investe la Terra alimenta l'evaporazione ed entra in atmosfera come **calore latente**. Quasi il 90% dell'evaporazione avviene dagli oceani, mentre solo l'80% delle precipitazioni vi ritorna come pioggia; il resto cade sui continenti e torna agli oceani come deflusso superficiale o sotterraneo.

Acqua e idrogeno

L'acqua ha anche una “doppia veste”: è materia prima e prodotto di processi di trasformazione energetica. Dall'acqua (H_2O) si può separare il gas **idrogeno** (H_2) dall'ossigeno (O_2) con l'**elettrolisi**, per poi ricombinarlo con l'ossigeno dell'aria in motori appositi, le **celle a combustibile** (*fuel cell*), che riformano come prodotto la sola acqua. Il processo elettrolitico è economicamente dispendioso e dovrebbe essere fatto solo con fonti rinnovabili disponibili, come sole, vento o energia idraulica: rompere l'acqua con la luce o con il vento, per poi ottenere energia dall'idrogeno. *Dall'acqua all'acqua.*

Perché l'idrogeno è “pulito”. Tutte le combustioni dei combustibili comuni (carbone, benzina, GPL, metano, legna, bioetanolo) consistono nella reazione con l'ossigeno dell'aria e producono acqua e **CO_2**, oltre a impurità e polveri. Per esempio per il metano: $CH_4 + 2\ O_2 \rightarrow CO_2 + 2\ H_2O$. La combustione dell'idrogeno produce invece **solo acqua**, e non contribuisce all'aumento della CO_2 in atmosfera. Resta però decisivo *come* l'idrogeno viene prodotto: è davvero pulito solo se l'energia per l'elettrolisi è rinnovabile.

Unità di misura dell'energia

J, MJ, GJ, EJ	joule e multipli: 1 MJ = 10^6 J; 1 GJ = 10^9 J; 1 EJ = 10^{18} J.
kWh e TWh	1 kWh = 3,6 MJ; 1 TWh = 10^9 kWh: unità usata per l'energia elettrica.
W, TW	il watt misura la *potenza* (energia al secondo): 1 TW = 10^{12} W. L'irradianza si misura in W/m^2.

Parole chiave

Primo principio	l'energia totale si conserva.
Secondo principio	l'energia si degrada: diminuisce la quota utilizzabile per fare lavoro (exergia).
Energia primaria / secondaria	risorsa disponibile in natura / energia ottenuta da una trasformazione (per esempio elettricità).
Fonti di giacimento e di flusso	fossili e nucleari, esauribili / rinnovabili, che si rigenerano.
Fotovoltaico	conversione diretta della luce in elettricità con semiconduttori.
Solare termodinamico	specchi concentrano il calore su sali fusi che azionano una turbina.
European Green Deal	piano UE per la neutralità climatica entro il 2050.
Economia circolare	modello che riduce rifiuti e prelievo di risorse con riuso e riciclo.
Idroelettrico	elettricità ottenuta dall'energia potenziale e cinetica dell'acqua.
Elettrolisi / fuel cell	separazione dell'acqua in H_2 e O_2 / recupero di energia ricombinandoli.
HDI	indice di sviluppo umano: speranza di vita, istruzione, reddito.

Attività di approfondimento

- **I flussi delle acque terrestri.** Osserva le percentuali dei vari tipi di acque (mari 97,2%, ghiacciai 2,15%, acque sotterranee 0,62%, acque superficiali 0,03%) e i volumi dei flussi annui (precipitazioni sugli oceani 460 000 km^3, evaporazione dagli oceani 505 000 km^3, precipitazioni sulle terre 110 000 km^3, evaporazione e traspirazione 65 000 km^3, deflusso 45 000 km^3). Spiega: (a) come la condensazione dipende da umidità assoluta, relativa e raffreddamento adiabatico; (b) perché le acque dolci superficiali sono meno del 4% delle acque liquide continentali; (c) perché il legame a idrogeno spiega calore specifico, tensione superficiale e densità del ghiaccio.
- **Centrale idroelettrica.** Prepara una presentazione multimediale sul funzionamento di una centrale idroelettrica (energia potenziale, cinetica e meccanica; tubature, turbine, generatori). Amplia con: problemi ambientali ed economici delle dighe (alterazione del flusso, manutenzione, durata) e progetti imponenti della storia moderna, in Occidente e soprattutto in Africa e in Cina.
- **Idrogeno ecologico.** (a) Confronta i combustibili (fossili, legna, bioetanolo) in relazione all'effetto serra. (b) Cerca come l'industria automobilistica investe sull'idrogeno, confrontando veicoli elettrici, ibridi e a fuel cell, e le infrastrutture di stoccaggio e distribuzione necessarie.
- **Energia e benessere.** Cerca per 6-8 Paesi il consumo di energia *pro capite* e l'HDI; costruisci il grafico e verifica la saturazione sopra i 100-150 GJ. Che cosa suggerisce per le politiche di efficienza?
- **La tua bolletta.** Raccogli i consumi elettrici e di gas di casa in un anno, convertili in GJ e confrontali con il consumo *pro capite* mondiale (78 GJ). Individua tre azioni di risparmio.
- **Letture e fonti.** I rapporti annuali dell'*International Energy Agency* (IEA); V. Smil, *Energy: A Beginner's Guide*, Oneworld, 2017; L. Sertorio e E. Renda, *Cento watt per il prossimo miliardo di anni*, Bollati Boringhieri, 2008.

Collegamenti con gli altri documenti

Il tema si lega alla scheda sull'**Obiettivo 13** (CO_2, effetto serra e transizione energetica, argomenti trattati nello stesso volume), a quella sull'**Obiettivo 6** (dissalazione ed energia) e all'**Obiettivo 12** (consumi e produzione responsabili).

L'energia pulita è una questione di scienza e di giustizia. Capire da dove viene l'energia che usiamo e come renderla accessibile a tutti è parte di una cittadinanza scientifica consapevole.

Scheda di sintesi redatta in forma originale a partire dal materiale "Agenda 2030 – Obiettivo 7" (V. Barone, "Le vie dell'energia"; G. P. Parodi, "Un'opportunità da non perdere"; A. Varaldo, "Un circuito gratuito", Pearson). Per i testi, le immagini e i dati originali si rimanda al manuale; molte cifre risalgono alla data di pubblicazione (dati 2017-2020) e vanno aggiornate. La sezione "Unità di misura" e il riferimento all'exergia sono integrazioni di carattere generale. Il capitolo "Che clima che fa" dello stesso volume è trattato nella scheda sull'Obiettivo 13.

COORDINAMENTO NAZIONALE

ROBERT & ETHEL KENNEDY HUMAN RIGHTS CENTER ITALIA

OLIMPIADI CITTADINANZA SCIENTIFICA E DIRITTI UMANI

SCUOLA POLO

Istituto di Istruzione Superiore Da Vinci - De Giorgio

OBIETTIVO 12 CONSUMO E PRODUZIONE RESPONSABILI

SCHEDA DIDATTICA · GREEN CHEMISTRY · CIÒ CHE MANGIAMO

Che cosa imparerai

- perché il disastro di Seveso (1976) ha cambiato il modo di guardare alla chimica e che cos'è la **Green Chemistry**;
- quali sono i **12 principi** della chimica verde e come si applicano;
- come produciamo e consumiamo il cibo, e quali problemi ambientali, sanitari, sociali ed etici sono collegati a monocolture e allevamenti intensivi;
- come funzionano il **ciclo dell'azoto**, i fertilizzanti e l'**impronta ecologica**, e che cosa significa mangiare in modo sano e sostenibile;
- quali **traguardi dell'Agenda 2030** riguardano chimica e alimentazione.

L'Obiettivo 12 e i suoi traguardi

L'Obiettivo 12 dell'Agenda 2030 chiede di **garantire modelli sostenibili di produzione e di consumo**. Tra i suoi traguardi, quattro sono richiamati dalle due letture di questa scheda:

12.1	Attuare il Quadro Decennale di Programmi per il Consumo e la Produzione Sostenibili, con i Paesi sviluppati alla guida e attenzione alle capacità dei Paesi in via di sviluppo.
12.2	Entro il 2030, raggiungere la gestione sostenibile e l'uso efficiente delle risorse naturali.
12.4	Entro il 2020, gestire in modo eco-compatibile le sostanze chimiche e tutti i rifiuti durante il loro ciclo di vita, riducendone il rilascio in aria, acqua e suolo.
12.8	Entro il 2030, far sì che tutte le persone abbiano le informazioni e la consapevolezza necessarie per uno stile di vita in armonia con la natura.

Parte 1 · Green Chemistry: dalla paura alla progettazione

Quando si pensa ai “prodotti chimici” vengono in mente sostanze pericolose e inquinanti. Esiste però una chimica che affronta il problema alla radice: progetta prodotti e processi in modo da non creare sostanze dannose, con attenzione sia all'ambiente sia all'economia.

Il punto di svolta: Seveso, 10 luglio 1976

Il 10 luglio 1976 un guasto a un reattore dell'industria ICMESA provocò la fuoriuscita di una nube contenente **diossina (TCDD)** al confine tra i comuni di Meda e Seveso, in Lombardia. Le diossine sono sostanze poco solubili in acqua e molto stabili: restano a lungo nell'ambiente e negli organismi e possono causare danni alla pelle, al fegato e altri effetti sulla salute. Dopo l'incidente nacque la **direttiva europea 82/501/CEE**, detta “**direttiva Seveso**”, sul controllo dei rischi di incidente rilevante nell'industria.

> Nel 1991 **Paul Anastas** conia il termine **Green Chemistry** (chimica verde o sostenibile). Per la IUPAC è l'invenzione, la progettazione e l'uso di prodotti e processi chimici capaci di **ridurre o eliminare l'uso e la produzione di sostanze pericolose**. Non è una disciplina separata: deve diventare il modo normale di fare chimica.

I 12 principi della chimica verde

1 Prevenzione
Meglio evitare di produrre rifiuti che doverli trattare dopo.

2 Economia atomica
Sintesi che trasformano nel prodotto finale il più possibile dei materiali usati.

3 Sintesi meno pericolose
Metodi che usano e generano sostanze poco o per nulla tossiche.

4 Progettazione sicura
Prodotti con bassa tossicità e alta efficacia.

5 Ausiliari sicuri
Evitare, dove possibile, solventi e altre sostanze ausiliarie.

6 Efficienza energetica
Ridurre il fabbisogno di energia, per contenere l'impatto ambientale ed economico.

7 Materie prime rinnovabili
Preferire materie prime che si rinnovano.

8 Derivatizzazioni ridotte
Evitare trasformazioni inutili della molecola, che possono dare prodotti pericolosi.

9 Catalizzatori
Usare reagenti catalitici selettivi.

10 Degradazione
Progettare prodotti che non persistano nell'ambiente.

11 Analisi per la prevenzione
Controllare i processi in tempo reale per impedire la formazione di sostanze pericolose.

12 Prevenzione degli incidenti
Scegliere sostanze e processi che riducono il rischio di incidenti.

Un esempio: il cloro, nato come gas asfissiante a Ypres, è diventato indispensabile per potabilizzare l'acqua; oggi in molti impianti avanzati si preferiscono tecnologie che evitano di stoccare e trasportare gas tossici (principio della **prevenzione degli incidenti**). Il legame con la vicenda di Haber e con la scheda sulle armi chimiche mostra come la stessa chimica possa servire usi opposti.

I principi in pratica

I 12 principi sono stati formulati alla fine degli anni Novanta da Paul Anastas e John Warner come criteri di progettazione. Alcuni esempi aiutano a capire come cambiano il modo di fare chimica:

- **Economia atomica.** Si misura confrontando la massa degli atomi che finiscono nel prodotto con quella di tutti i reagenti: una reazione che incorpora quasi tutti gli atomi nel prodotto genera pochi scarti, anche se la sua resa è alta. È diverso dal semplice “resa”: una sintesi può avere buona resa e produrre comunque molti sottoprodotti.
- **Catalizzatori.** Accelerano la reazione senza consumarsi e permettono di lavorare a temperature e pressioni più basse, con meno energia e meno scarti. Il processo Haber-Bosch, che produce ammoniaca per i fertilizzanti, usa un catalizzatore a base di ferro.
- **Ausiliari sicuri.** I solventi sono tra le sostanze più usate e disperse nell'industria chimica. La chimica verde cerca di ridurli o di sostituirli con alternative meno nocive, come l'acqua o l'anidride carbonica in condizioni particolari.
- **Materie prime rinnovabili.** Invece del petrolio si usano risorse che si rigenerano, come la biomassa; un esempio sono le bioplastiche ricavate da amido vegetale.
- **Degradazione.** Il problema delle diossine è proprio la persistenza: restano nell'ambiente per molto tempo e si accumulano negli organismi. Per questo, con la Convenzione di Stoccolma (2001), molti inquinanti organici persistenti sono stati vietati o limitati; la chimica verde progetta invece molecole che dopo l'uso si trasformano in sostanze innocue.
- **Prevenzione degli incidenti e analisi in tempo reale.** Scegliere sostanze meno volatili, infiammabili o instabili e controllare il processo con sensori riduce la probabilità di eventi come quello di Seveso.

Perché è un tema di cittadinanza. La chimica verde non riguarda solo i laboratori: ogni prodotto (un detersivo, un imballaggio, un farmaco) nasce da scelte di progettazione. Conoscere questi criteri aiuta a leggere le etichette, a valutare le notizie su industria e ambiente e a chiedere regole e controlli adeguati, come prevede il traguardo 12.4 dell'Agenda 2030.

Parte 2 · Ciò che mangiamo

Gli squilibri alimentari e quelli ambientali sono legati: il modo in cui produciamo il cibo, spesso guidato dalla crescita economica più che dall'equilibrio ecologico, incide su clima, suoli, acque e biodiversità, ma anche su salute e condizioni sociali.

Un quadro di problemi collegati

- da un lato malnutrizione per eccesso e per scorretta alimentazione nei Paesi ricchi, dall'altro carenze alimentari nei Paesi meno sviluppati;
- **accaparramento delle terre** (*land grabbing*) da parte di grandi aziende e abbandono dell'agricoltura di sussistenza;
- inquinamento dei suoli e delle acque per l'uso eccessivo di fertilizzanti e antiparassitari, e riduzione dell'acqua dolce disponibile;
- emissioni di gas serra, deforestazione, perdita di ecosistemi e biodiversità;
- diffusione di allevamenti intensivi e comparsa di nuove **zoonosi** (malattie che passano dagli animali all'uomo).

Monocolture e allevamenti intensivi

Le grandi **monocolture** (frumento, riso, mais, soia, palma da olio, tabacco, caffè e altre) e gli **allevamenti intensivi** richiedono enormi superfici. Ciò significa sottrarre terre all'agricoltura tradizionale e diversificata, distruggere foreste ed ecosistemi, impoverire i suoli e abbassare le falde. I bovini allevati per l'alimentazione sono circa un miliardo e mezzo e occupano, direttamente o per le colture che li nutrono, una parte molto grande delle terre fertili.

Quattro motivi per ridurre produzione e consumo di cibi animali

- **Etici:** la vita di animali senzienti e il ruolo che l'uomo si attribuisce nella natura.
- **Sanitari:** carichi nutrizionali squilibrati e dannosi, uso massiccio di antibiotici, nuove zoonosi.
- **Sociali:** accaparramento dei territori e condizioni di ricatto e sfruttamento per le popolazioni.
- **Ambientali:** distruzione di ecosistemi, consumo di acqua, inquinamento, perdita di suoli e biodiversità.

Il suolo, l'azoto e i fertilizzanti

La fertilità di un suolo dipende dalla sua permeabilità, dai minerali e dai residui organici, ma soprattutto dalla presenza di **composti azotati**. L'azoto è abbondante nell'aria (N_2) ma le piante non possono usarlo in questa forma: devono trasformarlo altri organismi, in un ciclo continuo.

- **Azotofissazione:** alcuni batteri del suolo, e quelli che vivono nei noduli delle radici delle leguminose, trasformano l'azoto atmosferico in ammonio.
- **Ammonificazione:** i decompositori trasformano in ammonio la materia organica morta e i resti degli organismi.
- **Nitrificazione:** altri batteri trasformano l'ammonio in nitriti e poi in nitrati, che le piante assorbono con le radici (assimilazione).
- **Catene alimentari:** l'azoto passa dalle piante agli erbivori e ai carnivori, e torna al suolo con decomposizione.
- **Denitrificazione:** alcuni batteri restituiscono azoto gassoso all'atmosfera, chiudendo il ciclo.

Per questo, da sempre, in agricoltura si **alternano cereali e leguminose**: le leguminose, grazie ai batteri simbionti, arricchiscono il suolo di azoto che i cereali consumano. Le monocolture intensive, invece, impoveriscono i suoli e richiedono fertilizzanti sintetici, quelli resi possibili dal processo Haber-Bosch. I nitrati in eccesso finiscono nelle acque di deflusso e favoriscono la proliferazione incontrollata di fitoplancton: quando le alghe muoiono, la loro decomposizione consuma ossigeno e rende i bacini inospitali per gli altri organismi. Questo fenomeno si chiama **eutrofizzazione**.

L'impronta ecologica

L'**impronta ecologica** misura quanta superficie terrestre e marina (in ettari globali) serve per produrre le risorse che una persona o una popolazione consuma e per assorbire i suoi rifiuti. Si confronta con la **biocapacità**, cioè la capacità della natura di rigenerare risorse nello stesso territorio. Se l'impronta supera la biocapacità si consumano più risorse di quante se ne rigenerino: il pianeta, in sostanza, va “in debito”. Secondo il grafico del manuale, per abitante l'impronta ha superato la biocapacità intorno al 1970 e da allora il divario è aumentato, perché l'impronta è rimasta alta mentre la biocapacità per persona è diminuita (anche perché la popolazione cresce).

Mangiare bene: la dieta mediterranea

Il regime alimentare considerato più sano e più sostenibile è la **dieta mediterranea**, riconosciuta dall'UNESCO patrimonio culturale immateriale dell'umanità. Si rappresenta con una piramide: alla base cereali (preferibilmente integrali), frutta e verdura (almeno cinque porzioni al giorno), olio d'oliva e legumi; poi latticini, pesce e carni bianche in quantità moderate; carni rosse e dolci solo occasionalmente. È un modello che unisce benefici per la salute (fibre, vitamine, grassi insaturi) e minore impatto ambientale rispetto a un'alimentazione ricca di carne.

Popolazione e risorse: un equilibrio da ripensare

Il numero di persone sul pianeta è cresciuto molto negli ultimi due secoli: oggi intorno agli 8 miliardi, circa la metà rispetto agli anni Settanta. Il tasso di crescita ha però raggiunto il massimo nel 1963 e da allora rallenta; le proiezioni più accreditate prevedono un massimo di 10-11 miliardi dopo la metà del secolo, seguito da una lieve diminuzione. La crescita demografica non è l'unica causa della pressione sulle risorse: contano anche **come** si produce e **quanto** si consuma. Per questo si parla di passare da un modello di crescita economica illimitata a uno di **equilibrio dinamico**, in cui la produzione di cibo resta entro i limiti delle risorse naturali e rispetta persone e territori.

Parole chiave

Diossina (TCDD)	sostanza stabile e tossica rilasciata a Seveso nel 1976.
Direttiva Seveso	norma europea sul controllo dei rischi di incidente industriale.
Green Chemistry	chimica che progetta processi e prodotti per ridurre o eliminare sostanze pericolose.
Economia atomica	quota dei materiali usati che finisce nel prodotto finale.
Land grabbing	accaparramento di terre da parte di grandi aziende.
Zoonosi	malattie che si trasmettono dagli animali all'uomo.
Monocoltura	coltivazione di una sola specie su grandi superfici.
Impronta ecologica	misura dell'impatto umano rispetto alla capacità della Terra di rigenerare risorse (biocapacità).
Azotofissazione	trasformazione dell'azoto atmosferico in ammonio da parte di alcuni batteri.
Eutrofizzazione	crescita eccessiva di alghe dovuta a nitrati in eccesso, con carenza di ossigeno nell'acqua.
Catalizzatore	sostanza che accelera una reazione senza consumarsi.
Dieta mediterranea	modello alimentare basato su cereali, frutta, verdura, olio d'oliva e pochi cibi animali.

Attività di approfondimento

- **Impronta ecologica.** Cerca dati affidabili e scrivi una breve definizione di impronta ecologica e di biocapacità. Osserva il grafico del manuale: le due curve per abitante si incrociano intorno al 1970; che cosa significa che l'impronta supera la biocapacità?
- **Popolazione.** Costruisci un grafico della crescita della popolazione mondiale negli ultimi 2000 anni e completalo con una linea tratteggiata per la stabilizzazione prevista.
- **Decenni ONU.** Ricostruisci il percorso che ha portato al **Decennio delle Nazioni Unite per l'Agricoltura Familiare (2019-2028)** e al **Decennio per il Ripristino dell'Ecosistema (2021-2030)**: obiettivi e dati su cui si fondano.
- **Ciclo dell'azoto.** Disegna lo schema e spiega il ruolo di batteri azotofissatori, decompositori, nitrificanti e denitrificanti. Perché si alternano cereali e leguminose? Che cos'è l'eutrofizzazione?
- **Mangiare bene.** Costruisci una tabella sulla dieta mediterranea: cereali, frutta e verdura (almeno 5 porzioni al giorno), latticini, pesce, carne; indica i principali nutrienti, le fibre, i tipi di grassi e i micronutrienti.
- **Letture consigliate.** U. Sinclair, *La giungla* (1906); J. Rifkin, *Ecocidio* (1992); J. Diamond, *Collasso* (2005): scegline uno e prepara una scheda di presentazione.

La scienza non basta, serve anche la scelta. Una chimica più sicura e un sistema alimentare più equilibrato dipendono da conoscenze, regole e comportamenti: è il senso della cittadinanza scientifica.

Scheda di sintesi e approfondimento redatta in forma originale a partire dal materiale “Agenda 2030 – Obiettivo 12” (G. Casavecchia, “Green Chemistry”; A. Varaldo, “Ciò che mangiamo”, Pearson). Per i testi e le immagini originali si rimanda al manuale.

COORDINAMENTO NAZIONALE

ROBERT & ETHEL KENNEDY HUMAN RIGHTS CENTER ITALIA

OLIMPIADI CITTADINANZA SCIENTIFICA E DIRITTI UMANI

SCUOLA POLO

Istituto di Istruzione Superiore Da Vinci - De Giorgio

OBIETTIVO 13 LOTTA CONTRO IL CAMBIAMENTO CLIMATICO

SCHEDA DIDATTICA · DATI DALLO SPAZIO · EFFETTO SERRA · TRANSIZIONE ENERGETICA

Che cosa imparerai

- come i **satelliti** (programma Copernicus/Sentinel) osservano il clima e perché servono dati affidabili e capacità di analizzarli;
- che cos'è l'**effetto serra**, quali gas lo causano e perché l'aumento di CO_2 è di origine soprattutto umana;
- che cosa sono l'**IPCC**, i modelli climatici e le **forzanti radiative**;
- perché i combustibili fossili sono “energia solare accumulata” e perché serve la **transizione energetica**.

L'Obiettivo 13 e i suoi traguardi

L'Obiettivo 13 dell'Agenda 2030 chiede di **promuovere azioni, a tutti i livelli, per combattere il cambiamento climatico**. Le tre letture richiamano due traguardi:

13.2	Integrare le misure di cambiamento climatico nelle politiche, nelle strategie e nella pianificazione nazionali.
13.3	Migliorare l'istruzione, la sensibilizzazione e la capacità umana e istituzionale su mitigazione, adattamento, riduzione dell'impatto e allerta tempestiva.

Parte 1 · Il clima visto dallo spazio

L'evidenza scientifica del cambiamento climatico è inconfutabile: i ghiacci dell'Artico si riducono, la crosta ghiacciata della Groenlandia si assottiglia, il **permafrost** (il suolo perennemente ghiacciato) si riscalda e la temperatura media della superficie terrestre in Europa è di quasi 2 °C più alta rispetto alla seconda metà dell'Ottocento. Per affrontare il fenomeno scienziati e governi hanno bisogno di **dati affidabili**.

Osservare da lontano

Più di sessant'anni dopo il lancio dello Sputnik 1, intorno alla Terra orbitano migliaia di satelliti (il manuale parla di circa 15.000) che raccolgono informazioni preziose. Un ruolo chiave ha l'**ESA**, l'Agenzia Spaziale Europea, fondata nel 1975, che coordina i progetti spaziali di 22 Paesi europei, Italia compresa. Una delle iniziative per il monitoraggio del clima è **Copernicus**, programma dell'ESA e dell'Unione Europea basato sull'osservazione satellitare e su misure *in situ* (da aerei, stazioni a terra, navi), armonizzate e rese accessibili in modo libero e gratuito.

Sentinel-1	radar per il monitoraggio di terre e mari
Sentinel-2	immagini ottiche ad alta risoluzione (vegetazione, suolo, acque interne, coste)
Sentinel-3	monitoraggio globale di terre e oceani, anche della temperatura superficiale
Sentinel-4 e 5	composizione dell'atmosfera
Sentinel-6	misure altimetriche di precisione (livello del mare)

Accedere ai dati e saperli leggere

Copernicus produce una quantità enorme di dati (il manuale cita circa 12 terabyte al giorno), accessibili a responsabili politici, ricercatori e cittadini. Ma la sola disponibilità non basta: servono **competenze per analizzare i dati** ed estrarne informazioni utili, che sono alla base del metodo scientifico. Esistono strumenti a diversi livelli: il software *CATE*, potente ma con richiesta di competenze di programmazione (Python), il portale *ESA Climate Office* e l'applicazione web *Climate from space*, più semplice, che permette di confrontare dati globali.

Ghiaccio, permafrost, livello del mare. Con *Climate from space* si può osservare che l'estensione del ghiaccio marino cambia con le stagioni (massima a marzo e minima a settembre in Artico, con stagioni opposte in Antartide), ma che nel lungo periodo **diminuisce**, in entrambi i poli e con più intensità al Polo Nord. Anche il permafrost si riduce e il livello medio del mare è aumentato negli ultimi anni, anche per la fusione dei ghiacci.

Parte 2 · Che clima fa: i dati e le cause

Il clima sta davvero cambiando? La risposta della scienza è inequivocabile: il **cambiamento climatico**, in particolare il **riscaldamento globale**, è un fatto accertato, ed è altamente probabile che sia dovuto all'uomo. Le misure dirette di temperatura, disponibili dalla seconda metà dell'Ottocento, mostrano un aumento di più di 1 °C dal 1900, di cui circa 0,8 °C solo negli ultimi cinquant'anni (dati del manuale). Gli effetti, già visibili, comprendono:

- fusione dei ghiacci e **innalzamento del livello dei mari** (circa 20 cm in più rispetto a un secolo fa), con rischi per le zone costiere dove vive il 10% della popolazione mondiale;
- tropicalizzazione del clima nelle aree temperate e aridità delle terre;
- perdita di produttività delle coltivazioni (si stima circa −5% di raccolto di grano per ogni grado in più);
- aumento degli eventi climatici estremi.

L'effetto serra

Nel 1824 il fisico **Joseph Fourier** osservò che l'atmosfera mantiene la Terra più calda di quanto sarebbe se fosse esposta direttamente allo spazio. È l'**effetto serra**: alcuni gas (vapore acqueo, anidride carbonica, metano) sono trasparenti alla radiazione solare, che è soprattutto visibile, ma **assorbono l'infrarosso** emesso dalla superficie terrestre. Senza questo effetto la temperatura media sarebbe inferiore di circa 30 °C e la vita come la conosciamo non sarebbe possibile. Il problema è l'**eccesso** di gas serra prodotto dalle attività umane.

Il grande responsabile è il diossido di carbonio. Il vapore acqueo contribuisce molto all'effetto serra ma la sua concentrazione dipende da evaporazione e condensazione e non è modificata in modo significativo dalle emissioni umane: entra in gioco come amplificatore quando la temperatura sale. La CO_2, invece, viene emessa soprattutto bruciando **combustibili fossili** (carbone, petrolio, gas) e, in parte minore, nella produzione di cemento. Il primo a ipotizzare, nel **1896**, che le emissioni umane di CO_2 potessero scaldare il pianeta fu lo svedese **Svante Arrhenius**.

La CO_2 ha un suo ciclo naturale, con scambi continui tra atmosfera, biosfera, suolo e oceani; le emissioni umane, pur minori di questi scambi (di circa un fattore dieci), non vengono compensate e quindi si accumulano. Secondo il manuale ne emettiamo circa **36 gigatonnellate l'anno**; dal 1990 le emissioni sono aumentate di circa il 50% e la concentrazione atmosferica è salita da circa **280 ppm** in epoca preindustriale a oltre **410 ppm** (dato 2019; negli ultimi anni ha superato i 420 ppm).

Modelli, IPCC e forzanti radiative

Per stimare gli effetti dei fattori naturali e umani si usano i **modelli globali del clima**. Nel **1988** le Nazioni Unite hanno istituito l'**IPCC** (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), un organismo internazionale che riunisce centinaia di scienziati e sintetizza periodicamente lo stato delle conoscenze: i suoi rapporti sono il riferimento scientifico più autorevole sul tema. Gli scenari mostrano che, senza riduzioni delle emissioni, la CO_2 a fine secolo sarebbe più che doppia e la temperatura crescerebbe di quasi 4 °C; solo con riduzioni drastiche l'aumento potrebbe restare sotto i 2 °C.

Forzante radiativa: variazione della potenza che arriva alla superficie, misurata in W/m^2, dovuta a un singolo fattore climatico. È **positiva** se il fattore tende a scaldare, **negativa** se raffredda. Dal 1750 la forzante dominante è quella della CO_2 (circa 1,7 W/m^2), seguita da quelle degli altri gas serra; la principale forzante negativa è quella degli **aerosol** di origine umana, che riflettono la luce solare, ma pesa circa la metà di quella della CO_2. Il totale al 2011 è circa 2,3 W/m^2, il doppio rispetto al 1980 (dati del quinto rapporto IPCC).

Parte 3 · Warning: warming!

In sintesi, **tutto dipende dal Sole**: la gran parte dell'energia che muove clima, vita e processi chimico-fisici sulla Terra arriva dalla radiazione solare (a parte il calore geotermico). Con la **fotosintesi** gli organismi autotrofi trasformano acqua e CO_2 in glucosio e ossigeno: l'energia del Sole resta intrappolata nei legami chimici e passa lungo le catene alimentari.

Anche i **depositi fossili** di carbone, petrolio e gas hanno origine solare: milioni di anni fa la materia organica si accumulò più velocemente di quanto potesse decomporsi, e il carbonio atmosferico restò intrappolato nelle rocce per decine e centinaia di milioni di anni. Con l'estrazione e la combustione intensive, iniziate a metà Ottocento, in circa 150 anni (un istante in tempi geologici) quel carbonio è tornato in atmosfera come CO_2. Poiché la CO_2 è un gas serra, il calore non viene più restituito allo spazio come prima: gli equilibri meteo-climatici si alterano più in fretta di quanto ecosistemi e società riescano ad adattarsi.

La risposta è una **transizione energetica**: ridurre e infine azzerare le emissioni di CO_2 basando la produzione di energia sul flusso solare (rinnovabili) e non più sul carbonio fossile. Nell'Unione Europea l'**European Green Deal** punta alla neutralità climatica nel **2050**; l'obiettivo intermedio per il 2030, indicato nel manuale come −50% delle emissioni nette rispetto al 1990, è stato poi fissato al **−55%** dalla Legge europea sul clima. Poiché circa il 75% delle emissioni di gas serra deriva da produzione e uso dell'energia, l'abbandono graduale di carbone e petrolio è il passo decisivo.

Tempo e clima: due cose diverse

Il **meteo** descrive lo stato dell'atmosfera in un luogo e in un momento preciso; il **clima** è l'insieme delle condizioni medie su periodi lunghi (di norma almeno trent'anni). Una giornata fredda non smentisce il riscaldamento globale, così come una giornata calda non lo dimostra: contano le tendenze di lungo periodo, misurate su molti luoghi e molti anni.

Altri gas serra e retroazioni

Oltre alla CO_2 contribuiscono al riscaldamento il **metano** (CH_4, prodotto da allevamenti, risaie, discariche e perdite dai giacimenti di gas) e il **protossido di azoto** (N_2O, legato soprattutto ai fertilizzanti azotati: un collegamento con la scheda sull'Obiettivo 12). A parità di quantità il metano trattiene più calore della CO_2 ma resta in atmosfera molto meno a lungo.

Il clima è un sistema con **retroazioni** (*feedback*) che possono amplificare o attenuare il cambiamento. Un esempio è l'**albedo** del ghiaccio: neve e ghiaccio riflettono gran parte della luce solare; se si sciolgono, resta una superficie più scura (mare o terra) che assorbe più energia e scalda ancora di più. Anche lo scioglimento del permafrost può liberare metano e CO_2 prima intrappolati nel suolo, rafforzando il riscaldamento.

Gli oceani e il livello del mare

Gli oceani assorbono una parte importante del calore in eccesso e una parte della CO_2 emessa. Il calore fa **dilatare l'acqua** (espansione termica), che insieme alla fusione dei ghiacci continentali fa salire il livello del mare. La CO_2 disciolta rende inoltre l'acqua più acida (**acidificazione degli oceani**), con effetti su organismi che costruiscono gusci e scheletri di carbonato di calcio, come coralli e molluschi.

Che cosa si può fare: mitigazione e adattamento

Le risposte al cambiamento climatico si dividono in due grandi famiglie, entrambe necessarie:

Mitigazione	ridurre le cause, cioè le emissioni di gas serra e aumentare gli “assorbitori” di carbonio: fonti rinnovabili, efficienza energetica, mobilità sostenibile, riduzione degli sprechi, tutela di foreste e suoli.
Adattamento	ridurre i danni degli effetti che non si possono più evitare: difese costiere, gestione dell'acqua, colture più resistenti alla siccità, sistemi di allerta per ondate di calore e alluvioni, città più verdi.

Accordi internazionali

La risposta politica nasce nel **1992** con la **Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC)**, firmata a Rio de Janeiro; i Paesi aderenti si riuniscono ogni anno nella **COP** (*Conference of the Parties*). Il **Protocollo di Kyoto** (1997) ha fissato obblighi di riduzione per i Paesi industrializzati. Con l'**Accordo di Parigi** (COP21, 2015) quasi tutti i Paesi si sono impegnati a mantenere l'aumento della temperatura media **ben al di sotto di 2 °C** rispetto all'epoca preindustriale, proseguendo gli sforzi per limitarlo a **1,5 °C**; ogni Paese presenta e aggiorna i propri contributi nazionali (*NDC*). Gli strumenti economici, come la *carbon tax* o i sistemi di scambio delle quote di emissione, cercano di far pagare il costo climatico a chi emette.

Giustizia climatica

Chi ha emesso meno è spesso il più esposto: piccoli Stati insulari, zone aride e costiere, comunità povere. Per questo il clima è anche una questione di **diritti umani**: accesso all'acqua, al cibo, alla salute e a una casa sicura, e responsabilità verso le generazioni future. È il punto in cui l'Obiettivo 13 incontra lo spirito delle Olimpiadi della cittadinanza scientifica e dei diritti umani.

Parole chiave

Permafrost	terreno perennemente ghiacciato, che si sta riducendo.
Copernicus / Sentinel	programma ESA-UE di osservazione della Terra e relative famiglie di satelliti.
Effetto serra	assorbimento dell'infrarosso da parte di alcuni gas atmosferici che mantiene la Terra più calda.
Gas serra	vapore acqueo, CO_2, metano e altri gas che assorbono l'infrarosso.
Forzante radiativa	variazione di potenza radiativa (W/m^2) dovuta a un fattore climatico.
IPCC	gruppo intergovernativo di scienziati creato dall'ONU nel 1988.
Fotosintesi	processo con cui le piante usano l'energia del Sole per trasformare CO_2 e acqua in glucosio e ossigeno.
Transizione energetica	passaggio dai combustibili fossili a fonti pulite e rinnovabili.
Clima / meteo	il clima è la media di lungo periodo (almeno 30 anni); il meteo è lo stato dell'atmosfera in un dato momento.
Albedo	frazione di luce solare riflessa da una superficie.
Mitigazione / adattamento	ridurre le cause del cambiamento climatico / limitarne i danni.
Accordo di Parigi	accordo del 2015: limitare il riscaldamento ben sotto 2 °C, puntando a 1,5 °C.
NDC	contributi determinati a livello nazionale: gli impegni di ciascun Paese.

Attività di approfondimento

- **Con *Climate from space*:** confronta l'estensione del ghiaccio marino artico a marzo e a settembre di anni diversi; ripeti per l'Antartide; affianca ghiaccio marino e permafrost e osserva il livello del mare. Che cosa cambia nel tempo? Perché l'andamento stagionale è opposto nei due poli?
- **Ciclo del carbonio.** Cerca il significato di *autotrofo* ed *eterotrofo* e disegna uno schema del ciclo del carbonio (fotosintesi, respirazione, sedimenti carbonatici, carbone fossile), mostrando il ruolo della radiazione solare.
- **Spettro elettromagnetico.** Dove si colloca la luce visibile (circa 380-720 nm)? In quale parte dello spettro emette la superficie terrestre? Perché CO_2 e vapore acqueo hanno “finestre” di assorbimento diverse?
- **Presentazione multimediale** su energia, salute, economia e politica: iniziative internazionali nate dopo l'IPCC; *carbon tax*; problemi ambientali e sanitari delle zone di estrazione e delle grandi aree urbane e industriali; principali alternative energetiche per usi domestici, industriali e trasporti.

- **Dati e clima locale.** Cerca le temperature medie annue della tua città negli ultimi 50 anni, costruisci un grafico e calcola la tendenza. Distingui tra variabilità di anno in anno e andamento di lungo periodo.
- **La tua impronta di carbonio.** Con un calcolatore online stima le emissioni annuali della tua famiglia (casa, trasporti, alimentazione) e individua tre azioni per ridurle.
- **Simulazione di un negoziato COP:** la classe si divide in delegazioni (Paese industrializzato, Paese emergente, piccolo Stato insulare, ONG) e cerca un accordo.
- **Letture:** B. Carli, *L'uomo e il clima*, Il Mulino, 2017; R. Muller, *Fisica per i presidenti del futuro*, Codice, 2009; il sito dell'IPCC per i rapporti di sintesi.

Collegamenti con gli altri documenti

Il tema si lega a **Organizzazioni e conferenze internazionali per la pace** (UNFCCC, COP, Protocollo di Kyoto, Accordo di Parigi), a **One Health** (clima e salute) e alla scheda sull'**Obiettivo 12** (sistemi alimentari e Green Chemistry).

Per affrontare il clima servono dati, conoscenza e scelte. Saper leggere i dati e capire le cause del riscaldamento globale è il primo passo di una cittadinanza scientifica attiva.

Scheda di sintesi redatta in forma originale a partire dal materiale "Agenda 2030 – Obiettivo 13" (E. Balboni e R. Boccomino, "Il cambiamento climatico e lo spazio"; V. Barone, "Che clima che fa"; A. Varaldo, "Warning: warming!", Pearson). Per i testi, le immagini e i dati originali si rimanda al manuale; le sezioni di approfondimento sugli accordi internazionali, sulle retroazioni, sugli oceani e su mitigazione e adattamento sono integrazioni di carattere generale; alcune cifre risalgono alla data di pubblicazione e vanno aggiornate.

OLIMPIADI
CITTADINANZA
SCIENTIFICA
E DIRITTI UMANI

MATERIALI
PER LE SEMIFINALI

COORDINAMENTO NAZIONALE

ROBERT & ETHEL KENNEDY HUMAN RIGHTS CENTER ITALIA

OLIMPIADI CITTADINANZA SCIENTIFICA E DIRITTI UMANI

SCUOLA POLO



ONE HEALTH: SALUTE UNICA

SALUTE PER LE PERSONE · SALUTE PER GLI ANIMALI · SALUTE PER L'AMBIENTE

Negli ultimi anni, in particolare dopo l'esperienza della pandemia di Covid-19, il termine "One Health" è diventato centrale nel dibattito mondiale sulla sanità e sulla definizione delle politiche pubbliche globali. Ciononostante, l'opinione pubblica non ha ancora piena consapevolezza del reale significato e dell'importanza di questo principio.

> *In fondo, si tratta di un concetto intuitivo: la salute dell'uomo, degli animali e dell'ecosistema sono legate a doppio filo e non possono essere gestite in modo separato.*

La formula "One Health" compare per la prima volta nel documento programmatico redatto durante il simposio internazionale "One world, one health", organizzato il 29 settembre 2004 dalla Wildlife Conservation Society. Questa organizzazione no-profit di New York si occupa di proteggere la fauna selvatica e gli habitat naturali, e in quell'occasione propose dodici principi guida per offrire risposte tempestive ed efficaci, mirate a garantire la salute globale di esseri umani, animali ed ecosistemi.

One Health è un approccio, non un programma

La One Health non va intesa come un singolo progetto o un intervento isolato, bensì come un modello integrato e collaborativo. Questo approccio punta a far dialogare discipline diverse — come la medicina umana, la veterinaria, l'agricoltura e le scienze ambientali — per tutelare la salute pubblica in modo sostenibile. L'obiettivo non è soltanto curare le patologie, ma prevenirle alla radice, riconoscendo i profondi legami che uniscono la nostra specie agli animali e al territorio in cui viviamo.

In linea con questa visione, l'Istituto Superiore di Sanità ha confermato l'adozione dell'approccio One Health all'interno del Piano Nazionale della Prevenzione 2026-2031 (PNP 26-31). Questa strategia, ripresa dalla Regione Campania[1] muove dalla consapevolezza che la salute umana, animale e ambientale siano interdipendenti. Di conseguenza, promuove un'azione multidisciplinare, intersettoriale e coordinata per gestire i

rischi potenziali o già diffusi che nascono proprio nei punti di contatto tra la salute dell'uomo, degli ecosistemi e dei territori antropizzati.

La recente e drammatica esperienza legata al SARS-CoV-2 ha evidenziato con forza come l'uomo, gli animali e l'ambiente siano uniti in un equilibrio indissolubile. Ci ha inoltre mostrato che le alterazioni globali degli ecosistemi — spesso causate da attività umane distruttive come la deforestazione e gli allevamenti intensivi — rischiano di scatenare nuove emergenze sanitarie attraverso la diffusione di ulteriori microrganismi patogeni.

Oggi siamo tutti chiamati a interrogarci su temi cruciali come:

- i cambiamenti climatici;
- l'inquinamento atmosferico;
- la contaminazione da plastiche;
- la gestione delle risorse idriche;
- lo smaltimento dei rifiuti solidi;
- l'approvvigionamento energetico;
- la tutela del suolo, delle foreste e della biodiversità;
- la salute globale e il rischio di nuove malattie infettive dovute ai salti di specie.

Per approfondire si rimanda al documento **'ONE HEALTH: EDUCARE ALLA SOSTENIBILITÀ E ALLA SALUTE'**.

L'Antropocene: una nuova era geologica

La vera anomalia dell'ultimo secolo risiede nel fatto che l'inquinamento non è più circoscritto alle aree industriali o alle grandi città, ma colpisce l'intero globo, minando quegli equilibri ecologici che sono rimasti stabili per decine di migliaia di anni. Per questo motivo, la comunità scientifica concorda sul fatto che siamo entrati in una nuova era geologica: l'antropocene. Ci troviamo così ad affrontare sia un'emergenza immediata — legata ai danni sanitari, economici, culturali e paesaggistici del degrado ambientale — sia un'incognita per il futuro. Una volta alterati, infatti, gli equilibri planetari richiedono tempi lunghissimi per tornare allo stato originario, ammesso che ciò sia ancora possibile.

L'ANTROPOCENE (ovvero "l'era dell'uomo") indica l'epoca geologica attuale, in cui l'azione umana ha modificato in modo strutturale le caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche della Terra, sia a livello locale che globale. Questo periodo, che si fa iniziare con la Rivoluzione Industriale nella seconda metà del Settecento, si distingue per la diffusione di contaminanti in ogni angolo del pianeta (compresi i poli, le vette montane e le fosse oceaniche), per la drastica perdita di foreste e biodiversità, e per il riscaldamento globale causato dall'alterazione dell'atmosfera.

Per fare un esempio, se la temperatura globale dovesse salire di un ulteriore grado, il surriscaldamento provocherebbe il rilascio di enormi quantità di metano, un gas serra estremamente potente. Allo stesso tempo, lo scioglimento dei ghiacciai ridurrebbe la capacità del pianeta di riflettere i raggi solari, innescando un ulteriore aumento delle temperature. Proprio per evitare simili scenari, diventa vitale fermare il cambiamento climatico nel minor tempo possibile. Queste alterazioni rischiano infatti di attivare reazioni a catena capaci di destabilizzare l'intero ecosistema terrestre, vanificando gli sforzi compiuti dall'uomo per risanare l'ambiente.

La sfida: vivere bene entro i limiti del pianeta

La vera sfida per l'umanità consiste nel preservare la qualità della vita e, contemporaneamente, proteggere la natura; senza questa tutela, il nostro benessere e la nostra stessa salute saranno presto compromessi. Dobbiamo imparare a vivere bene, ma rispettando i limiti fisici del pianeta.

Il traguardo è complesso: la popolazione mondiale ha superato i 7,8 miliardi di persone e l'attuale modello di sviluppo richiede troppe risorse, generando una quantità insostenibile di rifiuti e sostanze inquinanti. Inoltre, questo sistema ha acuito le disuguaglianze sociali, spingendo la minoranza che ne trae i maggiori benefici, spesso, a opporsi a qualsiasi cambiamento strutturale. Tuttavia, invertire la rotta verso una reale transizione ecologica è inevitabile: basti pensare che i decessi causati dall'inquinamento ambientale sono già oggi tre volte superiori a quelli provocati da AIDS, malaria e tubercolosi messi insieme. Nel nostro mondo globalizzato, nessuna singola disciplina o settore dispone da solo delle risorse e delle competenze per prevenire le malattie, così come nessun Paese può bloccare in autonomia la distruzione degli habitat e l'estinzione delle specie che minacciano la Terra.

Per questa ragione, nel 1988 l'ONU ha istituito l'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), un gruppo internazionale di scienziati incaricato di studiare le cause e gli effetti del riscaldamento globale, monitorare l'evoluzione del fenomeno e suggerire adeguate contromisure. Su scala internazionale, numerosi Stati hanno siglato trattati storici, come il Protocollo di Kyoto e l'Accordo di Parigi, per tagliare le emissioni di gas serra e contenere l'aumento termico entro i 2 °C, una soglia oltre la quale i meccanismi di feedback climatico potrebbero accelerare in modo drammatico.

In Italia, l'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) ha evidenziato che questo traguardo sarà irraggiungibile senza una forte assunzione di responsabilità collettiva, che veda uniti governi, istituzioni locali, aziende e singoli cittadini. I fronti d'azione principali richiedono l'abbandono progressivo dei combustibili fossili, lo sviluppo di fonti rinnovabili e di un'agricoltura ecologica, la riduzione del trasporto aereo e su gomma, la riconversione industriale, l'efficientamento energetico degli edifici, la tutela dei boschi e i progetti di riforestazione.

In questo contesto, anche le scelte dei singoli giocano un ruolo determinante: i comportamenti quotidiani influiscono direttamente sul clima e le richieste dei cittadini sono fondamentali per spingere le istituzioni e le imprese verso strategie più sostenibili.

Dobbiamo chiederci: cosa può fare ognuno di noi?

Il ruolo della scuola

In questo scenario, sensibilizzare le nuove generazioni sulle emergenze ecologiche diventa un dovere educativo fondamentale per la scuola, indispensabile per offrire ai giovani gli strumenti e la consapevolezza necessari a proteggere il proprio domani.

Aiutarli a comprendere le sfide ambientali e orientarli verso azioni concrete significa garantire loro il diritto a una cittadinanza scientifica attiva, base essenziale per compiere scelte democratiche e responsabili a beneficio del pianeta.

La scuola può scendere in campo con le **Olimpiadi della Cittadinanza Scientifica**. Questa iniziativa nasce per trasformare il sapere in un diritto democratico e accessibile, accendendo nei giovani la consapevolezza che la scienza è uno strumento principale per agire e per costruire, giorno dopo giorno, la speranza concreta di un futuro sostenibile.

Nota

1. https://www.aslnapoli2nord.it/images/2024/Dipartimento-Prevenzione/PP09/manualetto_one_health_CON_STEMMA-1-1.pdf

COORDINAMENTO NAZIONALE

ROBERT & ETHEL KENNEDY HUMAN RIGHTS CENTER ITALIA

OLIMPIADI CITTADINANZA SCIENTIFICA E DIRITTI UMANI

SCUOLA POLO

Istituto di Istruzione Superiore Da Vinci - De Giorgio

ORGANIZZAZIONI E CONFERENZE INTERNAZIONALI PER LA PACE

SCIENZA · COOPERAZIONE INTERNAZIONALE · COSTRUZIONE DELLA PACE

Scienza, cooperazione internazionale e costruzione della pace

La costruzione della pace non riguarda soltanto la prevenzione delle guerre e il disarmo. Nel mondo contemporaneo, pace e sicurezza sono sempre più legate anche alla capacità degli Stati di affrontare insieme problemi globali, come il cambiamento climatico, la gestione delle risorse naturali, la sicurezza energetica e la tutela dell'ambiente.

Per questo motivo, nel corso del Novecento e soprattutto negli ultimi decenni, la cooperazione internazionale ha assunto un'importanza crescente. Organizzazioni internazionali, conferenze, accordi e comunità scientifiche hanno cercato di creare spazi di dialogo nei quali gli Stati potessero confrontarsi e individuare soluzioni condivise.

> In questo contesto si inserisce anche il concetto di **diplomazia scientifica**: la collaborazione tra scienziati e istituzioni di Paesi diversi può contribuire non soltanto al progresso della conoscenza, ma anche alla costruzione di relazioni e canali di comunicazione tra Stati.

Uno dei temi che mostra più chiaramente il legame tra ambiente, cooperazione e pace è quello dello **sviluppo sostenibile**.

Il Rapporto Brundtland e lo sviluppo sostenibile

Un momento importante nella definizione di questo concetto è rappresentato dal **Rapporto Brundtland**, pubblicato nel 1987 dalla Commissione mondiale sull'ambiente e lo sviluppo delle Nazioni Unite (WCED) e intitolato ***Our Common Future***.

Il rapporto introduce una definizione di sviluppo sostenibile destinata a diventare un riferimento internazionale:

> *"Lo sviluppo sostenibile è quello sviluppo che consente alla generazione presente di soddisfare i propri bisogni senza compromettere la possibilità delle generazioni future di soddisfare i propri."*

Questa nuova definizione rende molto chiaro il concetto che le risorse del pianeta non sono infinite e, di conseguenza, devono essere preservate. Il significato di sostenibilità ambientale definisce quindi gli aspetti chiave dello sviluppo sostenibile, responsabile - a sua volta - delle azioni che possono essere messe in campo da istituzioni, aziende e privati in tutto il mondo. Il Rapporto Brundtland evidenzia, per la prima volta, l'urgenza di risolvere il problema delle risorse energetiche non rinnovabili, le criticità legate all'inquinamento, il problema dell'alimentazione e della disponibilità di cibo sufficiente per tutti gli abitanti del pianeta, nonché la necessità di ripensare agli stili di vita finora condotti.

Il tema dello sviluppo sostenibile entra progressivamente nell'agenda internazionale. Nel 1992, durante la Conferenza delle Nazioni Unite sull'ambiente e lo sviluppo di Rio de Janeiro, viene adottata l'**Agenda 21**, un programma d'azione volto a promuovere lo sviluppo sostenibile a livello globale.

Nel 2015 la comunità internazionale compie un ulteriore passo con l'adozione dell'**Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile**, composta da 17 Obiettivi di sviluppo sostenibile, i cosiddetti **SDGs**.

Nello stesso anno viene adottato anche l'**Accordo di Parigi**, sottoscritto durante la XXI Conferenza delle Parti della Convenzione quadro sui **cambiamenti climatici** (COP 21 di Parigi), che stabilisce l'impegno comune di contenere il riscaldamento globale ben al di sotto dei 2°C rispetto ai livelli preindustriali, facendo il possibile affinché si mantenga entro 1,5°C e che rappresenta uno dei principali accordi internazionali sul cambiamento climatico.

La Convenzione delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici e le COP

La cooperazione internazionale sul cambiamento climatico si sviluppa anche attraverso la **Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici**, conosciuta con l'acronimo **UNFCCC**.

La Convenzione costituisce la base del sistema internazionale di negoziazione sul clima. Al suo interno gli Stati si incontrano periodicamente per discutere le strategie necessarie per affrontare il cambiamento climatico.

Questi incontri sono conosciuti come **COP**, cioè *Conference of the Parties*, Conferenza delle Parti.

La prima COP si svolse a **Berlino nel 1995**. Da allora, le COP sono diventate uno dei principali luoghi di negoziazione internazionale sulle politiche climatiche.

Il loro significato va oltre la semplice questione ambientale. Il cambiamento climatico può infatti avere conseguenze sulla disponibilità delle risorse, sulla sicurezza alimentare, sulle migrazioni, sull'accesso all'energia e sulla stabilità delle società. Per questo motivo, il tema climatico è sempre più collegato alla sicurezza e alla cooperazione internazionale.

Il Protocollo di Kyoto

Uno dei primi importanti risultati della cooperazione internazionale sul clima è il **Protocollo di Kyoto**, adottato nel 1997 nell'ambito della Convenzione delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici.

Il Protocollo stabiliva obiettivi quantitativi di riduzione delle emissioni di gas a effetto serra per i Paesi industrializzati. L'idea di fondo era che i Paesi che avevano contribuito maggiormente alle emissioni storiche dovessero assumere impegni specifici nella riduzione delle proprie emissioni.

Il Protocollo prendeva in considerazione sei principali gas a effetto serra: **anidride carbonica (CO_2), metano (CH_4), protossido di azoto (N_2O), idrofluorocarburi (HFC), perfluorocarburi (PFC) ed esafluoruro di zolfo (SF_6)**.

Per raggiungere gli obiettivi stabiliti, Kyoto prevedeva anche alcuni **meccanismi flessibili**, pensati per permettere agli Stati di ridurre le emissioni attraverso modalità diverse dalla sola riduzione interna.

Tra questi vi erano l'**Emissions Trading**, cioè il sistema di scambio delle emissioni, il **Clean Development Mechanism (CDM)** e la **Joint Implementation (JI)**.

Questi strumenti cercavano di combinare la necessità di ridurre le emissioni con la possibilità di utilizzare forme di cooperazione internazionale e meccanismi economici.

L'Accordo di Parigi

Nel 2015 la cooperazione internazionale sul clima raggiunge un nuovo importante risultato con l'adozione dell'**Accordo di Parigi**.

L'Accordo è stato adottato nel dicembre 2015 ed è entrato in vigore nel 2016. Rispetto al Protocollo di Kyoto, presenta una struttura differente: il sistema coinvolge tutti i Paesi e si basa sulla presentazione, da parte degli Stati, dei propri **Nationally Determined Contributions (NDC)**, cioè contributi determinati a livello nazionale.

Gli NDC rappresentano gli impegni che ciascun Paese comunica per contribuire alla riduzione delle emissioni e all'azione internazionale contro il cambiamento climatico.

L'Accordo di Parigi stabilisce quindi un quadro comune nel quale gli Stati devono comunicare e progressivamente aggiornare i propri impegni climatici.

Il cambiamento climatico viene così affrontato come una questione che richiede una responsabilità condivisa e una cooperazione internazionale continuativa.

> *Il 27 gennaio 2026 gli Stati Uniti hanno smesso ufficialmente di far parte dell'accordo di Parigi sul clima del 2015. Nonostante alcuni progressi nel ridurre la traiettoria delle emissioni globali, il raggiungimento dell'obiettivo "stretch" di 1,5°C fissato dall'Accordo di Parigi del 2015 non è più considerato plausibile, come riportato nel report "Global Energy Outlook 2026: How the World Lost the Goal of 1.5°C", pubblicato da Resources for the Future (RFF). Il mondo supererà 1,5°C di riscaldamento rispetto ai livelli preindustriali entro il 2050, e anche limitare l'aumento a 2°C sarà estremamente difficile senza cambiamenti sostanziali nelle politiche. Il messaggio del report non è, comunque, "l'Accordo di Parigi ha fallito" in senso assoluto, ma che il traguardo più ambizioso fissato nel 2015 è ormai irraggiungibile nella pratica — mentre restano aperte le partite su 2°C, transizione energetica e chi pagherà i costi dell'adattamento.*

Il cambiamento climatico e la sicurezza internazionale

Il tema climatico è strettamente collegato anche alla questione della pace.

Il cambiamento climatico può infatti aumentare la pressione sulle risorse naturali, modificare la disponibilità di acqua e cibo e accentuare vulnerabilità economiche e sociali. In alcune aree del mondo, questi fattori possono contribuire ad aggravare tensioni già esistenti.

Per questo motivo, parlare di cambiamento climatico significa sempre più parlare anche di **sicurezza umana**, cooperazione internazionale e prevenzione dei conflitti.

Il rapporto tra ambiente e pace non deve però essere interpretato in modo automatico: il cambiamento climatico non determina necessariamente un conflitto. Può piuttosto rappresentare uno dei fattori che, insieme a condizioni politiche, economiche e sociali, possono aumentare la vulnerabilità di una società.

Scienza, disarmo e movimento Pugwash

Il rapporto tra scienza e pace emerge in modo particolarmente significativo nel **Manifesto Russell-Einstein**, pubblicato nel 1955.

Il documento nasce dalla preoccupazione di un gruppo di scienziati per le conseguenze della corsa agli armamenti nucleari. Bertrand Russell e Albert Einstein, insieme ad altri importanti scienziati, richiamano l'attenzione sui rischi rappresentati dalle armi nucleari e sulla necessità di affrontare il problema attraverso la cooperazione internazionale.

Il Manifesto contribuì alla nascita del **movimento Pugwash**, che prese il nome dal luogo in Canada dove, nel 1957, si svolse la prima conferenza internazionale del movimento.

Pugwash riunisce scienziati e personalità provenienti da diversi Paesi con l'obiettivo di favorire il dialogo su questioni legate alla sicurezza internazionale, al disarmo e alla prevenzione dei conflitti.

La caratteristica importante di questo tipo di iniziativa è che la scienza viene considerata anche come uno strumento di dialogo. Scienziati provenienti da Paesi contrapposti possono incontrarsi, discutere problemi comuni e contribuire alla ricerca di soluzioni.

Nel 1995 il movimento Pugwash e Joseph Rotblat ricevettero il **Premio Nobel per la Pace**, in riconoscimento del loro impegno contro le armi nucleari e per la costruzione di un mondo più sicuro.

Nel tempo Pugwash ha incluso anche clima, energia, ambiente e conflitti tra i temi di discussione ritenendo il cambiamento climatico non solo una questione ambientale, ma anche un problema di sicurezza internazionale e prevenzione dei conflitti, soprattutto per lo stretto rapporto che intercorre tra cambiamenti climatici, risorse naturali, migrazioni e instabilità del contesto geopolitico.

L'Organizzazione per la proibizione delle armi chimiche

Un altro esempio di cooperazione internazionale nel campo della sicurezza è rappresentato dall'**Organizzazione per la proibizione delle armi chimiche**, conosciuta con l'acronimo **OPCW**, detta anche OPAC.

L'organizzazione è collegata alla **Convenzione sulle armi chimiche**, il trattato internazionale che proibisce lo sviluppo, la produzione, l'acquisizione, la conservazione e l'uso delle armi chimiche e stabilisce un sistema internazionale per la loro eliminazione e verifica.

L'OPCW è stata istituita nel 1997 e ha sede all'Aia, nei Paesi Bassi.

Il suo lavoro mostra come gli Stati possano cooperare attraverso un'organizzazione internazionale per affrontare una minaccia che riguarda la sicurezza collettiva. Il sistema si basa sulla collaborazione tra gli Stati, sulle dichiarazioni relative alle attività e agli arsenali e sui meccanismi di verifica previsti dalla Convenzione.

Nel 2013 l'OPCW ha ricevuto il **Premio Nobel per la Pace** per i suoi sforzi nell'eliminare le armi chimiche.

La proibizione delle armi chimiche rappresenta quindi un esempio concreto di come il diritto internazionale, la diplomazia e la cooperazione tecnica possano essere utilizzati per ridurre i rischi legati alle armi di distruzione di massa.

Dalla scienza alla cooperazione internazionale

I diversi esempi analizzati mostrano che la costruzione della pace può avvenire attraverso strumenti differenti.

Il **Manifesto Russell-Einstein** e il movimento **Pugwash** mostrano il ruolo che gli scienziati possono svolgere nel promuovere il dialogo e il disarmo.

Il **Rapporto Brundtland** e l'**Agenda 2030** evidenziano il legame tra sviluppo, ambiente e futuro delle generazioni.

La **UNFCCC**, le **COP**, il **Protocollo di Kyoto** e l'**Accordo di Parigi** rappresentano invece alcuni dei principali strumenti attraverso i quali gli Stati cercano di affrontare collettivamente il cambiamento climatico.

L'**OPCW** mostra infine come la cooperazione internazionale possa essere organizzata per eliminare e controllare una particolare categoria di armi.

Tutti questi esempi hanno un elemento in comune: problemi che superano i confini di un singolo Stato richiedono forme di **cooperazione internazionale**.

La pace, quindi, non significa soltanto assenza di guerra. Significa anche costruire istituzioni, regole, accordi e occasioni di dialogo capaci di prevenire i conflitti e affrontare insieme le sfide globali.

Cronologia essenziale

1955	Manifesto Russell-Einstein
1957	Prima conferenza Pugwash
1987	Pubblicazione del Rapporto Brundtland
1992	Conferenza di Rio e Agenda 21
1995	Prima COP a Berlino
1997	Protocollo di Kyoto e istituzione dell'OPCW
2015	Agenda 2030 e Accordo di Parigi
2016	Entrata in vigore dell'Accordo di Parigi

Concetti chiave da ricordare

Sviluppo sostenibile	sviluppo che tiene conto dei bisogni presenti e delle possibilità delle generazioni future.
UNFCCC	Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici.
COP	Conferenza delle Parti della Convenzione sul clima.
Protocollo di Kyoto	accordo internazionale che stabiliva obiettivi di riduzione delle emissioni per i Paesi industrializzati.
Accordo di Parigi	accordo internazionale sul cambiamento climatico adottato nel 2015.
NDC	contributi determinati a livello nazionale attraverso i quali gli Stati comunicano i propri impegni climatici.
Pugwash	movimento internazionale nato dal dibattito sul rischio nucleare e sul rapporto tra scienza, disarmo e pace.
OPCW	organizzazione internazionale incaricata di contribuire all'attuazione della Convenzione sulle armi chimiche.
Diplomazia scientifica	utilizzo della cooperazione scientifica come strumento di dialogo e collaborazione internazionale.

OLIMPIADI
CITTADINANZA
SCIENTIFICA
E DIRITTI UMANI

MATERIALI
PER LA FINALE

COORDINAMENTO NAZIONALE

ROBERT & ETHEL KENNEDY HUMAN RIGHTS CENTER ITALIA

OLIMPIADI CITTADINANZA SCIENTIFICA E DIRITTI UMANI

SCUOLA POLO

Istituto di Istruzione Superiore Da Vinci - De Giorgio

ARMI CHIMICHE

SCIENZA · ETICA · CITTADINANZA CONSAPEVOLE

1. La Dualità della Chimica: il caso del “Giano Bifronte”

> *“Non esistono molecole buone o cattive, ma solo esseri umani malvagi.”*
>
> — **Roald Hoffmann**

Questa celebre riflessione del Premio Nobel per la chimica Roald Hoffmann sintetizza la natura intrinsecamente neutrale della scienza, il cui impatto sul mondo dipende esclusivamente dalle scelte etiche dell'uomo. La storia della chimica è segnata da una profonda dualità: una medesima scoperta può trasformarsi, a seconda dell'intenzione, in uno strumento di progresso straordinario o in un'arma di distruzione di massa.

Il percorso storico della disciplina offre numerosi esempi di questa ambivalenza:

- **Il processo Haber-Bosch:** all'inizio del Novecento, la sintesi dell'ammoniaca permise la produzione di fertilizzanti chimici su larga scala, salvando miliardi di persone dalla carestia. Tuttavia, lo stesso identico processo industriale venne convertito per produrre gli esplosivi e i gas tossici utilizzati nei campi di battaglia della Prima Guerra Mondiale.
- **L'iprite e la chemioterapia:** durante il primo conflitto mondiale, il gas mostarda (iprite) causò terribili devastazioni. Negli anni successivi, studiando gli effetti di questa sostanza sui globuli bianchi, i ricercatori intuirono che i suoi derivati potevano essere impiegati per bloccare la proliferazione delle cellule tumorali. Nacque così la moderna chemioterapia, un'arma medica derivata direttamente da un'arma di distruzione.

2. L'uso acritico e il paradosso dell'innovazione

La necessità di sviluppare una cittadinanza scientifica consapevole appare evidente se analizziamo scenari storici in cui il problema non è stato il dolo iniziale dei ricercatori, ma l'applicazione industriale di massa senza una visione critica a lungo termine.

- **La plastica:** negli anni '50, lo scienziato italiano Giulio Natta scoprì il polipropilene isotattico, un'invenzione che gli valse il Premio Nobel per la Chimica nel 1963. La plastica ha rivoluzionato il mondo per leggerezza, economicità e sterilità, diventando fondamentale in campo medico. Il problema è sorto quando la società ha iniziato a utilizzarla senza criterio nei materiali monouso. La caratteristica migliore della plastica — la sua indistruttibilità — è diventata la sua più grande condanna ambientale.
- **Il paradosso dei CFC:** negli anni '30, Thomas Midgley Jr. sintetizzò i Clorofluorocarburi (CFC) per sostituire i gas tossici ed esplosivi dei frigoriferi dell'epoca. Fu una soluzione salvavita e commerciale di immenso successo. Tuttavia, nel 1974, gli scienziati Mario Molina e Frank Sherwood Rowland scoprirono che la straordinaria stabilità chimica permetteva ai CFC di fluttuare intatti fino alla stratosfera, dove i raggi UV li scomponevano liberando atomi di cloro capaci di distruggere lo strato di ozono. Per questa scoperta, Molina e Rowland vinsero il Premio Nobel per la Chimica nel 1995, sancendo il curioso paradosso di una molecola premiata prima per la sua utilità e poi per la scoperta della sua nocività ambientale.

3. Definizione di arma chimica e primo utilizzo storico

Secondo la Convenzione sulle Armi Chimiche (CWC), un'arma chimica non è semplicemente un gas tossico, ma l'insieme integrato di tre elementi: le sostanze chimiche tossiche (e i loro precursori), le munizioni o dispositivi specificamente progettati per liberarle, e qualsiasi apparecchiatura direttamente collegata al loro impiego. In sintesi, qualsiasi sostanza chimica utilizzata intenzionalmente per causare la morte o danni attraverso le proprie proprietà tossiche rientra in questa categoria.

La nascita della guerra chimica su scala industriale ha una data e un luogo precisi: il 22 aprile 1915 a Ypres, in Belgio. Sotto la supervisione del chimico Fritz Haber, l'esercito tedesco liberò oltre 160 tonnellate di cloro gassoso. La nube asfissiante colse di sorpresa le truppe francesi e algerine prive di maschere antigas, provocando migliaia di morti per soffocamento. Fu l'inizio di una spaventosa corsa agli armamenti che portò alla sintesi di agenti ancora più subdoli, come il fosgene, l'arma chimica gassosa asfissiante che fece il maggior numero di vittime nella Grande Guerra, e l'iprite, gas vescicante, utilizzata nella Seconda Battaglia di Ypres, nel 1917 (fig. 1).



Fig. 1 – Second Battle of Ypres, 1917

4. Dalla tragedia al diritto: i trattati internazionali

Il trauma collettivo della Grande Guerra ha spinto l'umanità a imparare dai propri errori, avviando un percorso diplomatico per arginare la barbarie:

- **Il Protocollo di Ginevra (1925):** vietò l'uso in guerra di armi chimiche e batteriologiche. Presentava però la grave lacuna di non proibirne la produzione e lo stoccaggio, spingendo molti Stati ad accumulare enormi arsenali come deterrente nei decenni successivi.

- **La Convenzione di Parigi (1993):** la svolta definitiva si è avuta con la Convenzione sulle Armi Chimiche (CWC), che proibisce categoricamente lo sviluppo, la produzione, la detenzione e il trasferimento di tali armi, imponendo la distruzione totale delle scorte sotto il controllo ispettivo rigoroso dell'OPAC (Organizzazione per la Proibizione delle Armi Chimiche), detta anche OPCW (in inglese Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons, fig. 2).



Fig. 2 – Sede dell'OPAC presso L'Aia, Paesi Bassi

5. La minaccia asimmetrica: terrorismo, sabotaggio e omicidi politici

Mentre gli arsenali militari ufficiali degli Stati sono stati quasi interamente smantellati, il rischio si è spostato verso attori criminali, terroristi e regimi autoritari che producono illegalmente queste sostanze, sfruttando l'estrema letalità dei **gas nervini** (come il Sarin, il VX o il Novichok), capaci di bloccare il sistema nervoso e causare la morte in pochi minuti.

- **L'attacco alla metropolitana di Tokyo (1995):** i membri della setta apocalittica Aum Shinrikyo liberarono del gas Sarin liquido in tre linee della metropolitana nell'ora di punta, provocando 13 morti e oltre 5.500 intossicati. L'evento dimostrò come le armi chimiche potessero essere prodotte in laboratori clandestini per finalità di terrorismo urbano e sabotaggio.
- **L'assassinio di Kim Jong-nam (2017):** il fratellastro del leader nordcoreano è stato assassinato all'aeroporto di Kuala Lumpur tramite l'applicazione sul viso dell'agente nervino VX. Questo episodio ha evidenziato l'uso geopolitico di sostanze chimiche militari per l'eliminazione mirata di oppositori politici in spazi pubblici affollati.

6. La difesa e la vigilanza in Italia: MAECI e NBCR

L'Italia affronta la minaccia delle armi chimiche combinando la diplomazia preventiva alla prontezza operativa sul territorio:

- **Il Ministero degli Affari Esteri e della Cooperazione Internazionale (MAECI):** opera come l'Autorità Nazionale per l'attuazione della Convenzione CWC. Il Ministero fa da interfaccia con l'OPAC, monitora le industrie chimiche civili nazionali per evitare la deviazione di sostanze a duplice uso (*dual-use*) e coordina le ispezioni internazionali a sorpresa sul suolo italiano.
- **Il Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco:** rappresenta lo scudo operativo in caso di attacco, incidente o sabotaggio. I tecnici **N**ucleari, **B**iologici, **C**himici e **R**adiologici **(Nucleo NBCR)** sono equipaggiati con laboratori mobili per identificare le sostanze tossiche nella “zona rossa” e allestire catene di decontaminazione per il soccorso delle popolazioni.

7. L'anacronismo militare e il vero bersaglio: i civili inermi

Da un punto di vista strettamente bellico, l'impiego di armi chimiche oggi, in un conflitto tra eserciti regolari moderni, non comporterebbe alcun vantaggio strategico. I combattenti odierni dispongono di equipaggiamenti protettivi avanzati (tute a carboni attivi, maschere di nuova generazione) e operano dentro veicoli corazzati pressurizzati e dotati di filtri **N**ucleari, **B**iologici, **C**himici e **R**adiologici. Inoltre, i gas presentano una forte imprevedibilità meteorologica e una persistenza sul terreno che bloccherebbe le manovre dello stesso esercito attaccante, rendendoli obsoleti rispetto alle moderne armi di precisione.

> Tuttavia, l'impiego delle armi chimiche verso civili inermi è tutta un'altra storia. Privi di protezioni e colti di sorpresa nelle proprie città, i cittadini subiscono gli effetti di un'arma che mira a generare panico, paura e un profondo senso di impotenza. Colpire deliberatamente chi non può difendersi è un atto di massima vigliaccheria, profondamente ingiusto, contrario al diritto umanitario e classificato dalle norme internazionali come un **crimine contro l'umanità**.

8. Il caso del fosforo bianco

Il fosforo bianco rappresenta un confine sottile tra formalismo giuridico e impatto etico. Dal punto di vista della Convenzione CWC, non è definito come un'arma chimica poiché il suo scopo primario non è uccidere tramite tossicità, bensì sfruttare le sue proprietà fisiche e incendiarie (brucia spontaneamente all'aria a oltre 800 °C). Gli eserciti lo usano legalmente per creare cortine fumogene o illuminare il campo. Tuttavia, se impiegato in vicinanza o all'interno di aree popolate, i suoi effetti sono terrificanti: provoca ustioni chimiche profonde fino alle ossa e un panico incontrollabile. Il suo uso contro concentrazioni di civili è vietato dalla Convenzione sulle Armi Convenzionali (CCW) e costituisce un grave crimine di guerra.

Human Rights Watch (HRW), Amnesty International e l'ONU hanno denunciato un uso improprio del fosforo bianco a Gaza nel 2008-2009 durante l'operazione *'Cast Lead'* in aree densamente popolate da civili. Human Rights Watch documenta un uso illecito del fosforo bianco nel 2023 sempre nella Striscia di Gaza.

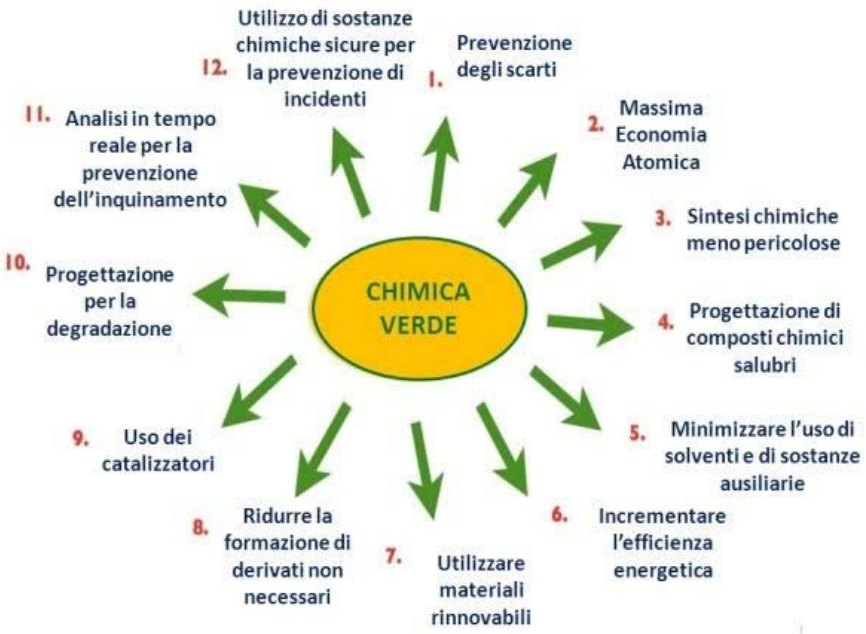
9. La sfida tecnologica attuale e la risposta dell'OPAC

L'impegno degli organismi internazionali è continuo e incessante. Esattamente come accade nel mondo del narcotraffico con le nuove droghe sintetiche, scienziati malintenzionati modificano costantemente le strutture molecolari dei gas tossici per creare varianti non ancora catalogate. Gli esperti dell'OPAC aggiornano periodicamente le liste delle sostanze vietate per colmare ogni vuoto normativo.

Inoltre, il progresso scientifico ha reso disponibili tecnologie applicabili su piccola scala, come i micro-reattori chimici, e sistemi di dispersione avanzati (es. droni commerciali modificati) che facilitano la produzione e la diffusione clandestina. Anche l'Intelligenza Artificiale può essere manipolata per mappare in pochi minuti nuove molecole tossiche. Contrastare questa evoluzione richiede uno sforzo di monitoraggio globale e tecnologico senza precedenti.

10. Conclusione: la Green Chemistry e l'esercizio della cittadinanza scientifica

La risposta contemporanea alla dualità della chimica non risiede solo nei divieti militari, ma nella rivoluzione della Chimica Sostenibile. Attraverso l'applicazione dei **12 principi della Green Chemistry**, la scienza moderna applica il concetto di *Safe by Design* (sicurezza intrinseca fin dalla progettazione). L'obiettivo è sostituire le sostanze utili ma potenzialmente tossiche con alternative dal profilo universalmente sicuro.



I 12 principi della Green Chemistry

Un esempio lampante è il cloro: nato come gas asfissiante a Ypres e poi diventato fondamentale per salvare miliardi di vite potabilizzando l'acqua, oggi viene progressivamente sostituito nei sistemi idrici avanzati con altri composti clorati più sicuri oppure con l'ozonizzazione, i raggi ultravioletti (UV) o il perossido di idrogeno potenziato. Queste tecnologie eliminano la necessità di stoccare o trasportare il cloro, gas tossico, azzerando il rischio di incidenti o sabotaggi alla radice.

Studiare questi temi significa comprendere che la conoscenza scientifica e il senso critico sono gli unici binari in grado di guidare il progresso. Non dobbiamo cedere al pessimismo: la storia dimostra che l'umanità possiede gli strumenti morali e intellettuali per correggere i propri errori.

La speranza nel futuro e la fiducia nell'azione incessante degli organismi internazionali come l'OPAC si alimentano proprio attraverso l'educazione delle nuove generazioni. L'esercizio di una cittadinanza scientifica attiva e consapevole è lo scudo più potente che abbiamo per fare in modo che la scienza rimanga sempre una forza universale al servizio della vita, della pace e della dignità umana.

COORDINAMENTO NAZIONALE

ROBERT & ETHEL KENNEDY HUMAN RIGHTS CENTER ITALIA

OLIMPIADI CITTADINANZA SCIENTIFICA E DIRITTI UMANI

SCUOLA POLO



DISCORSO ALL'UNIVERSITÀ DEL KANSAS

ROBERT F. KENNEDY · 18 MARZO 1968 · TESTO INTEGRALE

Fonte e come leggere il testo

Testo trascritto dalla registrazione originale del discorso. Fonte: MR 89-34, *Miscellaneous Recordings*, John F. Kennedy Presidential Library.

Tutto ciò che è **tra virgolette “ ”** è pronunciato da **Robert F. Kennedy**; le citazioni che egli stesso riporta sono tra «caporali». I titoletti e la sintesi sul Vietnam sono redazionali. Il passo più noto, sul prodotto nazionale lordo (PNL), si trova nella parte «Oltre il PIL». Sono stati omessi il saluto iniziale e, per la parte sul Vietnam, il testo integrale è sostituito da una sintesi.

Verità e onestà nella vita politica

“Sono felice di trovarmi nella terra dell'uomo che scrisse pubblicamente: «Se i nostri college e le nostre università non formano uomini che insorgono, che si ribellano, che affrontano la vita con tutta la visione e il vigore della giovinezza, allora c'è qualcosa che non va nei nostri college. Più rivolte nasceranno nei nostri campus, migliore sarà il mondo di domani». E, nonostante tutte le accuse che mi vengono rivolte, quelle parole non le ho scritte io: le scrisse quel famigerato sovversivo di William Allen White. So quanto affetto nutra per lui questa università. Oggi è un uomo onorato, qui nel vostro campus e in tutto il Paese. Ma quando era in vita e scriveva, veniva bollato come un estremista, e anche peggio. Perché diceva ciò in cui credeva. Non nascondeva le sue preoccupazioni dietro parole rassicuranti. Non illudeva i suoi lettori, né se stesso, con false speranze e chimere. È di questo spirito, del coraggio di guardare onestamente in faccia la realtà, che l'America ha bisogno oggi. Negli ultimi anni è mancato fin troppo spesso, ed è una delle ragioni per cui mi candido alla presidenza degli Stati Uniti.”

“Perché noi, come popolo, siamo abbastanza forti e abbastanza coraggiosi da sentirci dire la verità sulla nostra condizione. Questo Paese ha bisogno di onestà e di franchezza nella vita politica, e le pretende dal presidente degli Stati Uniti. Non voglio candidarmi alla presidenza, non voglio che quest'anno l'America compia una scelta decisiva sulla propria direzione e sulla propria guida, senza aver affrontato questa verità. Non voglio

conquistare consensi e voti nascondendo la realtà del Paese dietro false speranze o illusioni. Voglio che scopriamo insieme ciò che il futuro promette, ciò che possiamo realizzare qui negli Stati Uniti, i valori che questo Paese rappresenta e ciò che ci verrà chiesto negli anni a venire. E voglio anche che riconosciamo e analizziamo dove abbiamo sbagliato. Voglio che tutti noi, giovani e anziani, abbiamo l'occasione di costruire un Paese migliore e di cambiare la rotta degli Stati Uniti d'America."

L'anima della nazione

"Stamattina ho parlato della guerra in Vietnam, e tra poco ci tornerò brevemente. Ma in quest'anno elettorale così cruciale la posta in gioco va ben oltre la guerra in Vietnam."

"In fondo, alla radice di tutto, c'è l'anima stessa della nazione. Il Presidente la chiama «inquietudine». Alcuni membri del governo, come John Gardner, ci dicono che l'America è sprofondata in un malessere dello spirito che scoraggia l'iniziativa, paralizza la volontà e l'azione e divide gli americani gli uni dagli altri per età, per opinioni e per il colore della pelle. Io non credo che qui, negli Stati Uniti d'America, dobbiamo rassegnarci a tutto questo."

"I manifestanti zittiscono a gran voce i rappresentanti del governo, e il governo risponde chiamando alle armi i manifestanti. Gli anarchici minacciano di dare fuoco al Paese, e alcuni hanno già cominciato a provarci, mentre i carri armati pattugliano le strade americane e le mitragliatrici sparano su bambini americani. Non credo che questa sia una situazione accettabile per gli Stati Uniti d'America."

"I nostri giovani, i più istruiti e i più agiati della nostra storia, voltano le spalle ai Peace Corps e all'impegno civile di pochi anni fa per abbandonarsi a vite di disimpegno e di disperazione: molti di loro si sballano con la droga e si disamorano dell'America. Nessuno di loro qui in Kansas, naturalmente... giusto?"

"Tutto intorno a noi, e non parlo soltanto del Vietnam, né soltanto delle città, della povertà o dei rapporti tra le razze, ma di tutto ciò che vi preoccupa e vi turba così profondamente, la verità è che gli uomini hanno perso fiducia in se stessi e gli uni negli altri: quella fiducia che in passato ci ha sorretto tanto. Anziché rispondere alle grida di privazione e di disperazione, grida che secondo la Commissione presidenziale sui disordini civili potrebbero finire per spaccare in due la nazione, centinaia di comunità e milioni di cittadini cercano risposte nella forza, nella repressione e nelle armi accumulate in casa. Così ci ritroviamo a fronteggiare i nostri concittadini al di là di barriere insormontabili di ostilità e di sospetto. E, lo ripeto, non credo che dobbiamo accettarlo. Non credo che sia inevitabile negli Stati Uniti d'America. Credo che possiamo lavorare insieme; non credo che dobbiamo spararci addosso, picchiarci, insultarci e accusarci a vicenda. Credo che in questo Paese possiamo fare di meglio. Ed è per questo che mi candido alla presidenza degli Stati Uniti."

L'altra America

"E se sembriamo impotenti a fermare questa divisione crescente tra americani che, almeno, si fronteggiano a viso aperto, ce ne sono milioni di altri che vivono nell'ombra, con nomi e volti del tutto sconosciuti. Ma io quegli altri americani li ho visti. Ho visto bambini del Mississippi patire la fame, con il corpo così devastato dalla denutrizione e la mente così compromessa, per sempre, da non avere alcun futuro. Ho visto bambini nel Mississippi, qui negli Stati Uniti, in un Paese con un prodotto nazionale lordo di 800 miliardi di dollari; ho visto bambini nella regione del Delta con il ventre gonfio e il volto coperto di piaghe per la fame. E non abbiamo ancora messo in campo una politica capace di garantire loro cibo a sufficienza per vivere, perché le loro vite e quelle dei loro figli non vengano distrutte. Non credo che sia accettabile negli Stati Uniti d'America, e credo che serva un cambiamento."

"Ho visto nativi americani vivere nelle loro riserve spoglie e misere, senza lavoro, con un tasso di disoccupazione dell'80 per cento e così poca speranza nel futuro che, tra i giovani, tra ragazzi e ragazze adolescenti, la prima causa di morte è il suicidio."

“Ragazzi che mettono fine alla propria vita con le proprie mani. Non credo che dobbiamo accettarlo: non per i primi americani, non per questa minoranza del nostro Paese. Se ragazzi e ragazze che frequentano ancora le superiori sono così disperati, così convinti che la loro vita non abbia speranza, che a nessuno importi di loro, che nessuno voglia occuparsene, da arrivare a impiccarsi, a spararsi, a togliersi la vita, allora non credo che sia accettabile; e credo che gli Stati Uniti d'America, che il popolo americano, che tutti noi possiamo fare molto, molto di meglio. È per questo che mi candido alla presidenza. Mi candido perché ho visto uomini fieri, sui monti degli Appalachi, che chiedono soltanto di lavorare con dignità ma non possono farlo, perché le miniere hanno chiuso, il lavoro è scomparso e nessuno, né l'industria, né i sindacati, né il governo, se n'è preoccupato abbastanza da aiutarli.”

“Credo che noi, in questo Paese, con lo spirito di generosità che anima gli Stati Uniti d'America, possiamo fare di meglio anche qui.”

“Ho visto la gente dei ghetti neri ascoltare promesse sempre più grandi di uguaglianza e di giustizia, seduta nelle stesse scuole fatiscenti e ammassata nelle stesse stanze sudicie, senza riscaldamento, a difendersi dal freddo e dai topi.”

“Se crediamo che noi americani siamo uniti dalla cura reciproca gli uni per gli altri, allora abbiamo davanti una priorità nazionale urgente: dobbiamo cominciare a porre fine alla vergogna di quest'altra America.”

Oltre il PIL: ciò che rende la vita degna di essere vissuta

“È questo uno dei grandi compiti che quest'anno spettano a ciascuno di noi, come individui e come cittadini. Ma anche se riuscissimo a cancellare la povertà materiale, resterebbe un compito ancora più grande: affrontare la povertà di soddisfazione, di senso e di dignità che affligge tutti noi. Troppo, e troppo a lungo, sembriamo aver sacrificato l'eccellenza personale e i valori della comunità alla semplice accumulazione di beni materiali.”

“Il nostro prodotto nazionale lordo supera oggi gli 800 miliardi di dollari l'anno. Ma quel PNL, se è con quello che giudichiamo gli Stati Uniti d'America, quel PNL comprende l'inquinamento dell'aria e la pubblicità delle sigarette, e le ambulanze che sgombrano le nostre autostrade dalle carneficine. Comprende le serrature speciali per le nostre porte e le prigioni per chi le scassina. Comprende la distruzione delle sequoie e la perdita delle nostre meraviglie naturali nel caos dell'espansione urbana. Comprende il napalm, le testate nucleari e i blindati con cui la polizia reprime le rivolte nelle nostre città. Comprende il fucile di Whitman e il coltello di Speck, e i programmi televisivi che esaltano la violenza per vendere giocattoli ai nostri bambini. Eppure il PNL non tiene conto della salute dei nostri figli, della qualità della loro istruzione o della gioia dei loro giochi. Non comprende la bellezza della nostra poesia o la solidità dei nostri matrimoni, l'intelligenza del nostro dibattito pubblico o l'integrità dei nostri amministratori. Non misura né la nostra arguzia né il nostro coraggio, né la nostra saggezza né la nostra cultura, né la nostra compassione né la nostra devozione al Paese. Misura tutto, in breve, tranne ciò che rende la vita degna di essere vissuta.”

“E può dirci tutto dell'America, tranne perché siamo orgogliosi di essere americani.”

Il Vietnam e il ruolo dell'America nel mondo

In sintesi: il Vietnam e il ruolo dell'America nel mondo

- Kennedy allarga lo sguardo oltre i confini: gli Stati Uniti hanno sempre fondato il loro vanto sulla promessa di essere la migliore speranza dell'umanità, e la guerra in Vietnam li espone al rischio di perdere simpatia, sostegno e, alla fine, sicurezza.
- Non vuole un ritiro unilaterale, che sarebbe inaccettabile, ma è profondamente preoccupato perché la guerra nel Vietnam del Sud, nata come «la loro guerra», è diventata negli ultimi tre anni la guerra dell'America.
- Per lui non è soltanto un'operazione militare: a ogni difficoltà si è risposto inviando più soldati, mentre il nodo è se il popolo sudvietnamita senta il proprio governo, quello di Saigon, come qualcosa da difendere.
- Ricorda che per «salvare» la città di Ben Tre è stato detto che bisognava distruggerla, con 38.000 persone uccise o costrette a fuggire, e afferma che di scelte simili è responsabile ogni cittadino americano.
- Indica tre strade: ritirarsi (inaccettabile), intensificare la guerra (che non porterà alla vittoria) oppure negoziare, anche con il Fronte di Liberazione Nazionale, con elezioni in cui decida il popolo sudvietnamita. Ricorda che nel febbraio 1967 gli Stati Uniti avevano chiesto, di fatto, la resa incondizionata.
- Chiede che Saigon non tolleri corruzione e disonestà, chiami alle armi i propri giovani e porti la sua parte di combattimenti, perché le perdite americane erano molto più alte di quelle sudvietnamite.
- Denuncia la perdita di prestigio degli Stati Uniti nel mondo: il presidente non può più viaggiare liberamente in America Latina e deve restare in basi militari.

“Non voglio far parte di un governo, non voglio far parte di un'America, di un popolo americano, di cui un giorno si scriva ciò che fu scritto di Roma: «Fanno il deserto e lo chiamano pace».”

“Credo che possiamo fare di più qui, all'interno del Paese, e di più nel Vietnam del Sud. Non credo che dobbiamo accettare la situazione così com'è oggi. Credo che possiamo fare di meglio, e credo che il popolo americano pensi che possiamo fare di meglio.”

L'appello finale

“George Bernard Shaw scrisse una volta: «Alcuni vedono le cose come sono e si chiedono: perché? Io sogno cose che non sono mai state e mi chiedo: perché no?»”

“Per questo sono venuto qui in Kansas a chiedere il vostro aiuto. Nei cinque difficili mesi che ci separano dalla convention di Chicago, vi chiedo aiuto e sostegno. Se credete che gli Stati Uniti possano fare di meglio; se credete che dobbiamo cambiare rotta; se credete che gli Stati Uniti rappresentino qualcosa, qui in patria come nel resto del mondo, allora vi chiedo il vostro aiuto, il vostro sostegno e la vostra mano nei prossimi cinque mesi.”

“E quando vinceremo a novembre, quando vinceremo a novembre e apriremo una nuova stagione per gli Stati Uniti d'America, voglio che la prossima generazione di americani guardi a questi anni e dica, come si disse di Platone: «Era una gioia, in quei giorni, il solo essere vivi». Grazie di cuore.”

Discorso pronunciato da Robert F. Kennedy il 18 marzo 1968 alla University of Kansas, pochi giorni dopo l'annuncio della sua candidatura alla presidenza degli Stati Uniti. Fonte della trascrizione: MR 89-34, Miscellaneous Recordings, John F. Kennedy Presidential Library.

COORDINAMENTO NAZIONALE

ROBERT & ETHEL KENNEDY HUMAN RIGHTS CENTER ITALIA

OLIMPIADI CITTADINANZA SCIENTIFICA E DIRITTI UMANI

SCUOLA POLO



FRITZ HABER

IL CHIMICO CHE SFAMÒ IL MONDO E APRÌ L'ERA DELLE ARMI CHIMICHE

Lo stesso scienziato, la stessa scienza, due esiti opposti: il processo che oggi contribuisce a nutrire miliardi di persone e i gas che a Ypres, il 22 aprile 1915, inaugurarono la guerra chimica moderna.

Un chimico tra due mondi

Fritz Haber nasce a Breslavia (oggi Wrocław, in Polonia) il 9 dicembre 1868, in una famiglia ebrea. Si laurea in chimica a Berlino e intraprende una brillante carriera accademica al Politecnico di Karlsruhe. Come molti ebrei tedeschi del suo tempo si converte al cristianesimo, sperando di aprirsi le porte di una società che, nonostante la parità giuridica, continuava a limitare le carriere più prestigiose. Nel 1901 sposa Clara Immerwahr, tra le prime donne in Germania a conseguire il dottorato in chimica; dalla loro unione nasce il figlio Hermann. Nel 1911 Haber diventa direttore del nuovo Istituto Kaiser Guglielmo di Chimica fisica ed Elettrochimica di Berlino-Dahlem, uno dei centri scientifici più prestigiosi d'Europa.

La scoperta che sfamò il mondo

All'inizio del Novecento l'agricoltura dipendeva da fonti limitate di azoto, come il guano e il salnitro importati dal Sudamerica, mentre la popolazione cresceva rapidamente. L'azoto è abbondante nell'aria, ma in una forma inerte e difficile da utilizzare. Nel 1909, a Karlsruhe, Haber dimostrò che era possibile combinare azoto e idrogeno ad alta pressione e temperatura, con l'aiuto di un catalizzatore, per ottenere ammoniaca. Il chimico industriale Carl Bosch, della BASF, trasformò l'esperimento di laboratorio in un processo su scala industriale, e Alwin Mittasch mise a punto catalizzatori adatti. Nacque così il **processo Haber-Bosch**.

L'ammoniaca è la base dei fertilizzanti sintetici: secondo le stime più diffuse, ancora oggi circa la metà della popolazione mondiale dipende per la propria alimentazione dall'azoto prodotto con questo metodo. Per questa scoperta Haber ricevette il **Premio Nobel per la Chimica**, assegnato per il 1918.

Lo scienziato in guerra

Allo scoppio della Prima guerra mondiale Haber si schierò con entusiasmo al fianco della Germania. Il suo lavoro sull'ammoniaca ebbe subito un secondo uso: l'ammoniaca può essere trasformata in acido nitrico, ingrediente degli esplosivi, e questo permise alla Germania, tagliata fuori dalle importazioni di salnitro dal blocco navale britannico, di continuare a produrre munizioni.

Ma Haber si spinse oltre. Messo a capo della ricerca sulle armi chimiche, convinse il comando tedesco che i gas potevano rompere lo stallo della guerra di trincea. Dopo alcuni tentativi con sostanze irritanti sul fronte orientale, la scelta cadde sul **cloro**, un sottoprodotto dell'industria chimica tedesca, più pesante dell'aria e quindi capace di insinuarsi nelle trincee.

> **22 aprile 1915, Ypres (Belgio).** Verso le 18, con il vento favorevole, i tedeschi aprirono le valvole di quasi 6.000 bombole, per un totale stimato tra le 150 e le 170 tonnellate di cloro. La nube giallo-verde investì le linee francesi e algerine, che non disponevano di protezioni. Le stime parlano di oltre mille morti e di migliaia di intossicati nel giro di pochi minuti. L'attacco aprì un varco, ma i tedeschi non avevano riserve sufficienti per sfruttarlo.

Haber era presente in prima persona al fronte e fu promosso capitano. Credeva che la guerra chimica, se avesse portato a una vittoria rapida, avrebbe risparmiato vite; la storia dimostrò il contrario. Nei mesi successivi anche britannici e francesi risposero con i propri gas, e l'attacco di Ypres diede l'avvio a una corsa agli armamenti chimici sempre più letali.

Una tragedia privata

Pochi giorni dopo Ypres, il 2 maggio 1915, Clara Immerwahr si tolse la vita nella villa di Dahlem. Era contraria all'uso dei gas in guerra, ma le ragioni del gesto restano oggetto di discussione tra gli storici e vanno cercate anche nella sua condizione personale: una scienziata di valore rimasta all'ombra del marito. Pochi giorni dopo, Haber partì per il fronte orientale per dirigere un nuovo attacco con i gas.

L'escalation chimica

Nel corso della guerra entrarono in uso sostanze sempre più pericolose, e il gas non fu più soltanto un'arma d'attacco: l'invenzione delle maschere antigas e la ricerca di agenti in grado di aggirarle diventarono parte della stessa corsa.

- **Loos (25 settembre 1915):** prima grande offensiva britannica con il cloro, in condizioni di vento incerto, con parte del gas che tornò sulle linee di partenza.
- **Fosgene:** molto più insidioso del cloro, responsabile di gran parte delle morti per gas della guerra.
- **Iprite o gas mostarda (luglio 1917, ancora a Ypres):** un liquido vescicante che agisce per contatto con la pelle e per inalazione. Fu chiamata anche “Lost”, dalle iniziali di due chimici dell'équipe di Haber, Lommel e Steinkopf.
- **La “regola di Haber”:** la relazione tra concentrazione di un gas e tempo di esposizione, ancora oggi usata in tossicologia.

Il bilancio dell'uso dei gas nella Grande Guerra è di oltre un milione di intossicati e di decine di migliaia di morti (le stime più citate parlano di circa 80-90 mila), una frazione del totale delle vittime del conflitto. Fu però l'impatto psicologico, oltre che militare, a rendere i gas il simbolo di una guerra industrializzata e disumana.

Il dopoguerra: un Nobel controverso

Con la sconfitta della Germania il nome di Haber comparve negli elenchi degli accusati di crimini di guerra, e per un breve periodo lo scienziato si rifugiò in Svizzera. La Convenzione dell'Aia, già nel 1899 e nel 1907, vietava l'uso di armi avvelenate, ma la guerra chimica era stata giustificata come “novità tecnica” e le richieste di estradizione non ebbero seguito. Haber riprese la carriera e continuò a lavorare anche su temi legati ai gas e ai pesticidi.

Il Nobel per la Chimica gli fu riconosciuto nel 1919 per il 1918 e ritirato nel 1920. La decisione suscitò aspre polemiche, anche all'interno della comunità scientifica, perché premiava chi aveva diretto la guerra chimica. È un caso emblematico del problema di come valutare il contributo di uno scienziato quando una stessa carriera produce benefici e danni.

L'ultimo paradosso

Nel 1933, con l'avvento del nazismo, Haber, ebreo convertito, si trovò all'improvviso dalla parte dei perseguitati. Le leggi razziali imponevano il licenziamento dei dipendenti pubblici di origine ebraica e Haber, che pure aveva servito con zelo la Germania, si dimise dall'Istituto in aprile. Lasciò il Paese e morì a Basilea il 29 gennaio 1934, mentre era in viaggio verso l'Inghilterra.

Il destino ebbe un ultimo, amaro risvolto: negli anni Venti le ricerche sugli insetticidi a base di acido cianidrico condotte anche nel suo istituto portarono allo sviluppo dello **Zyklon**, il cui derivato, lo Zyklon B, fu in seguito usato dai nazisti nelle camere a gas. Tra le vittime della Shoah ci furono alcuni suoi parenti.

Cronologia essenziale

1868	Nasce a Breslavia (9 dicembre)
1901	Sposa Clara Immerwahr
1909	Dimostra la sintesi dell'ammoniaca in laboratorio
1911	Dirige l'Istituto di Chimica fisica ed Elettrochimica a Berlino-Dahlem
1915	22 aprile: primo grande attacco con cloro a Ypres
1918	Nobel per la Chimica (ritirato nel 1920)
1933	Lascia la Germania dopo l'avvento del nazismo
1934	Muore a Basilea (29 gennaio)

Che cosa ci insegna

La vicenda di Haber è uno dei casi più studiati di **dual use**: una conoscenza scientifica che può servire sia a scopi benefici sia a scopi distruttivi. Non è una storia di “molecole cattive”, ma di scelte umane, di contesti politici e di responsabilità individuali e collettive. Per questo è un punto di partenza utile per la cittadinanza scientifica e per il dibattito.

Domande per la discussione

- Uno scienziato è responsabile degli usi che altri fanno delle sue scoperte?
- È giusto che un riconoscimento come il Nobel tenga conto soltanto dell'impatto positivo di una scoperta?
- Quali strumenti (trattati, controlli, codici etici) possono ridurre i rischi del dual use?
- Che cosa cambia oggi, con tecnologie come l'intelligenza artificiale, rispetto ai tempi di Haber?

La scienza non è né buona né cattiva: lo diventano le scelte di chi la usa. Conoscere storie come quella di Haber aiuta a esercitare, oggi, una cittadinanza scientifica attiva e responsabile.

Per approfondire

• B. Friedrich, D. Hoffmann, J. Renn, F. Schmaltz, M. Wolf (a cura di), *One Hundred Years of Chemical Warfare: Research, Deployment, Consequences*, Springer, 2017 (open access).

• S. Everts, *When Chemicals Became Weapons of War*, Chemical & Engineering News, 2015.

• Western Front Association, *Professor Fritz Haber: German Patriot, or the Evil Scientific Genius of the Great War?*

Scheda di sintesi redatta in forma originale a partire da fonti storiche; date e cifre (in particolare le stime delle vittime) variano a seconda delle fonti.