

ENERGIA PULITA E IDROGENO

EDUCARE ALL'INNOVAZIONE SOSTENIBILE

Guida per docenti della scuola secondaria di I e II grado



DEASCUOLA



ENERGIA PULITA E IDROGENO

EDUCARE ALL'INNOVAZIONE SOSTENIBILE

Guida per docenti della scuola secondaria di I e II grado



DEASCUOLA





Proprietà letteraria riservata
© 2025 D Scuola SpA - Milano

La guida è parte di un progetto formativo ideato in collaborazione con Enea.

Immagini, fotografie: @shutterstock

Tutti i diritti riservati. Nessuna parte del materiale protetto da questo copyright potrà essere riprodotta in alcuna forma senza l'autorizzazione scritta dell'Editore. Fotocopie per uso personale del lettore possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume/fascicolo di periodico dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dall'art. 68, comma 4, della legge 22 aprile 1941 n.633. Le riproduzioni ad uso differente da quello personale potranno avvenire, per un numero di pagine non superiore al 15% del presente volume/fascicolo, solo a seguito di specifica autorizzazione rilasciata da CLEAR ed, Centro Licenze e Autorizzazioni per le Riproduzioni Editoriali, Corso di Porta Romana 108, 20122 Milano – e-mail: autorizzazioni@clearedi.org

Indice

1 **Tecnologie e Sfide nella Transizione Energetica: il ruolo strategico dell'Idrogeno**

a cura di **Antonio Ricca** e **Simone Angioni**

2 **Il futuro dell'energia: idrogeno nelle smart grid**

a cura di **Maria Valenti** e **Serena Giacomini**

3 **L'intelligenza artificiale applicata alle reti energetiche**

a cura di **Amedeo Buonanno** e **Massimo Temporelli**

4 **Il ruolo della ricerca per affrontare la transizione energetica**

a cura di **Francesca Santoni**

Prefazione

Energia pulita e idrogeno: educare all'innovazione sostenibile

Guida per docenti della scuola secondaria di I e II grado

Viviamo **un'epoca di trasformazioni rapide e profonde**, in cui le sfide ambientali ed energetiche richiedono risposte urgenti, ma anche competenze nuove e consapevolezza diffusa. **Preparare le nuove generazioni a comprenderle, interpretarle e affrontarle è una responsabilità condivisa, e la scuola è il luogo chiave dove tutto questo può accadere.**

Questa guida è stata pensata come uno **strumento informativo e operativo** per affrontare in classe i temi dell'energia pulita, approfondire il **ruolo dell'idrogeno nella transizione energetica** e offrire una panoramica a studentesse e studenti sulle opportunità e le sfide del Futuro. Troverete contenuti accessibili e didatticamente efficaci a cura di esperti, ricercatori e divulgatori scientifici coinvolti nel ciclo di webinar *Energia Pulita e Idrogeno* ideato da **ENEA** – Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile – e **Deascuola**.

Ogni capitolo è caratterizzato da:

- spiegazioni chiare e **aggiornate** sui principali concetti scientifici e tecnologici legati all'idrogeno;
- esempi **concreti** e casi studio per contestualizzare il tema nella realtà attuale;
- **spunti didattici e attività** da proporre in classe, pensate per stimolare il pensiero critico e la partecipazione attiva;
- **domande** e proposte **interdisciplinari** per collegare i temi affrontati alle diverse discipline scolastiche;
- al termine dei 4 capitoli, fonti, link utili e **materiali di approfondimento**.

Un'occasione per "educare all'innovazione sostenibile"

Il filo conduttore del progetto è accompagnare studenti e studentesse alla scoperta delle tecnologie che possono cambiare il nostro futuro, rendendoli protagonisti consapevoli di un cambiamento possibile in linea con gli **Obiettivi dell'Agenda 2030**.

L'idrogeno – in particolare nella sua forma "verde" – **si configura come uno degli strumenti più promettenti per costruire un futuro più pulito, sicuro ed equo.**

Portare l'energia tra i banchi di scuola significa costruire cittadinanza scientifica, allenare al pensiero critico, prepararsi al Futuro Sostenibile e orientare a nuove competenze.



Tecnologie e sfide nella transizione energetica: il ruolo strategico dell'idrogeno

a cura di Antonio Ricca e Simone Angioni

"La sfida della transizione energetica è anche una sfida educativa: formare menti capaci di immaginare e costruire un futuro sostenibile."

Il contesto: perché parlare di energia e idrogeno oggi?

Il riscaldamento globale è ormai un fenomeno documentato e in costante accelerazione. I dati delle temperature globali degli ultimi 150 anni mostrano chiaramente una tendenza all'aumento, con gli ultimi anni che risultano essere i più caldi mai registrati. L'aumento della temperatura media globale, l'intensificarsi di eventi meteorologici estremi e la perdita di biodiversità sono fenomeni che impongono scelte rapide e trasformazioni profonde. L'urgenza di **ridurre le emissioni di gas serra** ci impone un **cambio di rotta nei modelli di produzione e consumo dell'energia**. E qui entra in gioco l'idrogeno: una risorsa energetica con un grande potenziale per costruire un sistema più pulito, efficiente e sostenibile.



DOMANDE

- Qual è la differenza tra clima e meteo?
- Quali conseguenze hanno, nella vita quotidiana, i cambiamenti climatici?
- Conosciamo fonti di energia alternativa ai combustibili fossili?

La transizione energetica: cos'è e perché è necessaria

Con "transizione energetica" si intende il passaggio da un sistema basato su fonti fossili (carbone, petrolio, gas naturale) a un sistema alimentato principalmente da **fonti rinnovabili** (sole, vento, acqua, biomasse). Ma non è solo una questione di fonti: si tratta anche di **ripensare i consumi, le tecnologie, le reti, le abitudini**.

Questa transizione comporta **sfide** tecnologiche (nuove infrastrutture, accumulo di energia, reti intelligenti), economiche (investimenti, innovazione), sociali (comportamenti, equità) e culturali (educazione, consapevolezza). Per poter far acquisire alle attuali generazioni consapevolezza e competenza sul tema, è fondamentale conoscere il reale significato delle parole che caratterizzano il mondo dell'**energia pulita**.

Il glossario dell'energia pulita

- **Fonti sostenibili:** producono energia riducendo al minimo emissioni e impatti sull'ambiente.
- **Economia circolare:** modello economico basato sul principio del riuso, del riciclo e della minimizzazione degli scarti.
- **Stoccaggio dell'energia:** tecnologie che permettono di accumulare energia prodotta da fonti rinnovabili (batterie, idrogeno, aria compressa).
- **CCS (Carbon Capture and Storage):** cattura della CO₂ dai processi industriali e sua conservazione in serbatoi geologici.
- **Celle a combustibile:** dispositivi che trasformano direttamente idrogeno e ossigeno in elettricità, con acqua come unico sottoprodotto.
- **Elettrificazione:** passaggio dall'uso di combustibili fossili all'elettricità rinnovabile per usi domestici, industriali e di trasporto.

Il ruolo dell'idrogeno

L'idrogeno è uno dei protagonisti della transizione energetica per garantire un futuro a basse emissioni di carbonio. A differenza delle fonti energetiche tradizionali, non è una fonte primaria di energia, ma un **vettore energetico**: può immagazzinare, trasportare e restituire energia in modo flessibile e pulito.

L'idrogeno è l'elemento più abbondante nell'universo, ma non si trova in forma pura sulla Terra.

Quando viene prodotto tramite **elettrolisi dell'acqua alimentata da fonti rinnovabili**, si parla di **idrogeno verde**: un'opzione a **zero emissioni** di CO₂ che può contribuire in modo decisivo alla **decarbonizzazione** di settori energetici più complessi da elettrificare, come l'industria pesante, i trasporti a lunga percorrenza e la produzione di calore ad alta temperatura.

L'idrogeno può inoltre essere impiegato per **accumulare energia rinnovabile** in eccesso, funzionando come una riserva da utilizzare quando sole e vento non bastano. Può essere convertito in elettricità tramite **celle a combustibile**, producendo solo acqua come sottoprodotto.

Per sfruttarne appieno il potenziale e innovare il settore sono necessari investimenti in infrastrutture e una strategia chiara per la produzione, lo stoccaggio e la distribuzione. In questo contesto, la **formazione e la ricerca scientifica** giocano un ruolo fondamentale e generano anche **nuove opportunità formative e professionali**.

L'idrogeno quindi:

- può **immagazzinare energia** e restituirla quando serve;
- può essere usato per **alimentare veicoli, riscaldare edifici, produrre elettricità**;
- è una risorsa strategica per **decarbonizzare i settori industriali più difficili da elettrificare**, come l'acciaio, la chimica, i trasporti pesanti.

Le "smart grid" e l'idrogeno: infrastrutture intelligenti

Le smart grid sono **sistemi avanzati di distribuzione** dell'energia elettrica in grado di gestire in modo efficiente, sicuro e flessibile flussi di energia bidirezionali, integrando produzione e consumo in tempo reale, anche da fonti rinnovabili variabili come sole e vento.

Applicazioni e opportunità:

- Monitorano e regolano costantemente il flusso di energia grazie a sensori, software e tecnologie digitali.
- Permettono l'integrazione decentrata di piccoli impianti di produzione (es. fotovoltaico domestico).
- Favoriscono una gestione più efficiente e stabile della rete, riducendo sprechi e perdite.
- Consentono agli utenti di diventare "prosumer" (produttori + consumatori).
- Supportano l'uso di batterie, auto elettriche, idrogeno e altre soluzioni per lo stoccaggio.
- Sono fondamentali per la transizione energetica verso un sistema a basse emissioni di CO₂.

L'idrogeno può **complementare le smart grid** fungendo da "serbatoio di energia": nei momenti di sovrapproduzione da rinnovabili, l'energia può essere convertita in idrogeno, per poi essere riconvertita in elettricità quando serve.

L'idrogeno non è la soluzione unica, ma è sicuramente uno degli elementi fondamentali del puzzle della transizione energetica. Perché funzioni, però, deve essere **sostenibile**, integrato in un sistema più ampio e supportato da politiche, investimenti e – soprattutto – **formazione e consapevolezza**.

ENEA è coinvolta nello sviluppo e nella sperimentazione di smart grid attraverso **progetti di ricerca**, simulazioni in laboratorio e implementazioni reali in collaborazione con aziende e territori, per favorire una transizione digitale dell'energia.



FOCUS DIDATTICO

Discipline coinvolte: Scienze, Tecnologia, Geografia, Educazione civica

Obiettivo: Far riflettere sulla trasformazione energetica in corso

Attività

Chiedi agli studenti di creare una linea del tempo che evidenzia come è cambiato l'uso dell'energia negli ultimi 100 anni. Collega ogni fase a eventi storici o innovazioni tecnologiche.



IDEA OPERATIVA

Progetto interdisciplinare

Dividere la classe in gruppi e assegnare il compito di progettare una "città del futuro" energeticamente sostenibile. Ogni gruppo può occuparsi di un settore (trasporti, edifici, industria, rete elettrica) e includere l'uso dell'idrogeno e delle smart grid nel proprio piano.



SPERIMENTIAMO - attività in classe

- Mostrare l'elettrolisi dell'acqua come reazione chimica (con supporto video o esperimento controllato).
- Far riflettere sul bilancio energetico e sull'origine dell'elettricità usata.

Tecnologie e sfide nella transizione energetica: il ruolo strategico dell'idrogeno

a cura di Maria Valenti e Serena Giacomini

Il futuro dell'energia: l'idrogeno nelle smart grid

"Per gestire un sistema energetico rinnovabile, serve intelligenza. Le smart grid e l'idrogeno possono lavorare insieme per garantire efficienza e stabilità."

Il clima cambia: e l'energia?

Per affrontare il tema dell'idrogeno nelle reti intelligenti è fondamentale partire dal contesto climatico. Il 2024, come confermato dai dati globali, è stato un anno da record in termini di temperatura: l'anomalia termica ha superato la soglia di 1,5 °C rispetto ai livelli preindustriali. Un segnale forte, che mostra quanto sia urgente ridurre le emissioni di CO₂ e trasformare i sistemi energetici.



SPUNTO INTERDISCIPLINARE

Educazione civica + Scienze + Statistica

- Analizza con la classe grafici sulle anomalie climatiche (fonte: IPCC, Copernicus, NASA).
- Invita gli studenti a individuare correlazioni tra dati climatici ed eventi estremi.
- Discussione: "Perché è importante parlare di energia quando parliamo di clima?"

Reti elettriche intelligenti: cosa sono le smart grid?

Le **smart grid** sono reti energetiche digitali capaci di:

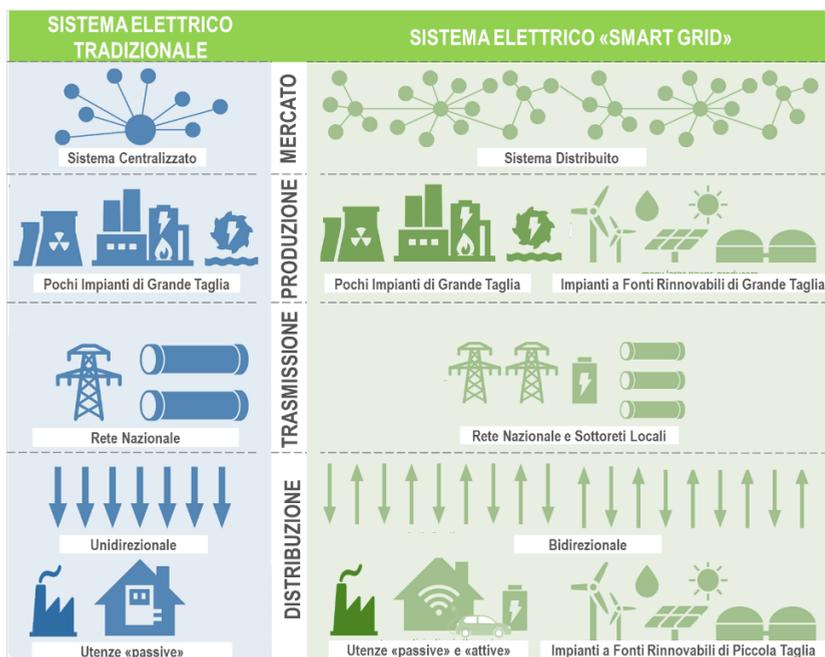
- integrare produzione da fonti rinnovabili (sole, vento);
- bilanciare domanda e offerta in tempo reale;

- migliorare l'efficienza dei consumi;
- dialogare con edifici, mezzi di trasporto e impianti attraverso sensori, software e intelligenza artificiale.

Nelle smart grid, l'energia non "scorre" più solo in un'unica direzione (centrale → utenza), ma si muove in modo bidirezionale: anche gli utenti possono diventare **produttori e fornitori di energia**. Nelle smart grid, l'idrogeno diventa un "**vettore energetico**" fondamentale. Come?

- Nei momenti di sovrapproduzione da rinnovabili (es. in giornate molto ventose), l'elettricità in eccesso può essere utilizzata per **produrre idrogeno tramite elettrolisi**.
- L'idrogeno così ottenuto può essere **stoccato** (accumulato) e poi usato:
 - per produrre elettricità in momenti di maggiore domanda;
 - per alimentare veicoli o processi industriali.

Questo meccanismo contribuisce a **stabilizzare la rete** e a **ridurre lo spreco di energia**.





RIFLESSIONE IN CLASSE

Educazione civica + Scienze + Statistica

Se l'elettricità è come l'acqua corrente, l'idrogeno è come una tanica d'acqua: la puoi riempire, spostare e usare quando serve.

- In quali situazioni può essere utile "mettere da parte" l'energia?
- Quali altri sistemi di accumulo conosciamo?

L'esperienza di ENEA: il laboratorio Smart Grid

Il Laboratorio Smart Grid di ENEA è uno dei centri di ricerca più avanzati in Italia dedicati allo studio e alla sperimentazione di **reti elettriche intelligenti** (smart grid). Ha sede nel Centro Ricerche ENEA di Portici (NA) e rappresenta un ambiente tecnologico altamente innovativo in cui si simulano, testano e sviluppano soluzioni per una gestione efficiente e flessibile dell'energia.

Il gruppo di ricerca coinvolto è **multidisciplinare**, si dedica all'attività di ricerca e sperimentazione, a simulazioni, **progetti con le scuole**. Il laboratorio simula reti elettriche complesse in tempo reale, integrando diverse fonti rinnovabili (solare, eolico) e sistemi di accumulo (batterie, idrogeno); studia l'integrazione dell'intelligenza artificiale e dei sistemi di controllo automatico nella rete; sviluppa modelli predittivi per il bilanciamento tra domanda e offerta di energia; collabora con imprese, università e scuole per applicazioni reali e progetti educativi.

Il laboratorio permette di riprodurre in scala reale il funzionamento di una smart grid: dai pannelli solari ai sistemi di accumulo, dai contatori intelligenti alle micro-reti locali (microgrid), tutto è connesso e monitorato da software evoluti, capaci di prendere decisioni autonome per ottimizzare la distribuzione dell'energia.

Il Laboratorio Smart Grid di ENEA è uno spazio dove la transizione energetica prende forma concreta, favorendo lo sviluppo di tecnologie replicabili sul territorio. È anche uno strumento educativo formidabile per mostrare a studenti, **docenti e cittadini come sarà la rete elettrica del futuro: più digitale, sostenibile e partecipata**.

In questo scenario **la scuola**, quindi, è un luogo privilegiato dove far acquisire consapevolezza, competenze e preparare le attuali generazioni ai lavori del futuro, grazie ad attività come:

- l'analisi dei dati;
- il pensiero progettuale;
- la sensibilizzazione ai temi della sostenibilità;
- la collaborazione interdisciplinare.



SPERIMENTIAMO - attività in classe

"La mia scuola è una smart grid?"

- Raccogliere dati sui consumi energetici dell'edificio scolastico (luci, riscaldamento, dispositivi elettronici).
- Simulare (anche solo teoricamente) come potrebbe essere resa più efficiente una scuola grazie a rinnovabili e idrogeno.
- Coinvolgere più discipline (scienze, tecnologia, geografia, matematica, arte per la rappresentazione).



ALLENIAMOCI

Questa sezione può aiutare i docenti a:

- Sviluppare percorsi interdisciplinari su energia e clima;
- Proporre unità di apprendimento orientate all'educazione civica e alla cittadinanza attiva;
- far sperimentare il problem solving attraverso casi concreti.



ATTIVITÀ PER LA CLASSE

Simulazione semplificata:

- Rappresentare graficamente una rete elettrica tradizionale e una smart grid. Coinvolgi la classe nell'aggiunta di elementi (pannelli fotovoltaici, sensori, batterie, auto elettriche) e discuti come cambia la gestione dell'energia.

L'intelligenza artificiale applicata alle reti energetiche

a cura di Amedeo Buonanno e Massimo Temporelli

"Non si può parlare di energia del futuro senza parlare di intelligenza artificiale: è il cervello delle nuove reti."

La trasformazione digitale dell'energia

Quando parliamo di transizione energetica, oggi dobbiamo parlare anche di trasformazione digitale. Le nuove tecnologie – sensori, big data, intelligenza artificiale (IA) – sono fondamentali per gestire sistemi energetici complessi, decentralizzati, alimentati da fonti rinnovabili e connessi a una varietà di utenze. Ma cos'è, davvero, l'intelligenza artificiale? È un insieme di tecnologie in grado di:

- analizzare grandi quantità di dati;
- riconoscere pattern e anomalie;
- prendere decisioni o suggerire azioni in tempo reale.

Partiamo da un parallelismo tra le rivoluzioni del pensiero del passato (Copernico, Darwin, Freud) e quella attuale portata dall'IA. Questa tecnologia, infatti, pone nuovamente l'essere umano di fronte a un ribaltamento della propria centralità, mettendo in discussione il primato dell'intelligenza umana logico-matematica. Diventa fondamentale **valorizzare anche le altre forme di intelligenza** (emotiva, sociale, creativa, etica), sviluppando una visione più ampia e integrata della conoscenza, specialmente in ambito scolastico. L'IA può e deve essere un **alleato educativo**, non un sostituto.

Quando parliamo di Intelligenza artificiale...

L'**intelligenza artificiale** nasce come disciplina scientifica negli anni '50, quando alcuni pionieri dell'informatica, come Alan Turing e John McCarthy, iniziarono a immaginare macchine capaci di "pensare". All'inizio si trattava di semplici programmi in grado di risolvere problemi logici o giocare a scacchi. Negli anni '80 e '90, con l'avvento dei primi computer potenti e delle reti neurali artificiali, l'IA ha cominciato a svilupparsi in ambiti più complessi, come il riconoscimento vocale o la diagnostica medica.

Negli ultimi vent'anni, grazie alla **potenza di calcolo**, alla disponibilità di enormi quantità di dati (**big data**) e allo sviluppo di algoritmi sempre più raffinati, l'intelligenza artificiale è entrata in modo profondo nella vita quotidiana: la troviamo nei motori di ricerca, nei sistemi di navigazione, negli **assistenti vocali, nella diagnosi medica**, nel **monitoraggio ambientale**, nella **manifattura avanzata** e persino nell'**arte e nella creatività**.

Oggi l'IA è anche uno **strumento chiave per la sostenibilità**, impiegata per ottimizzare i consumi energetici, migliorare le reti elettriche intelligenti (smart grid), prevedere fenomeni climatici e monitorare le risorse naturali. Il suo sviluppo, però, pone anche importanti **questioni etiche e sociali**: trasparenza, sicurezza, responsabilità. Per questo è fondamentale **educare all'intelligenza artificiale** con spirito critico e consapevolezza.



DOMANDE

- Dove incontriamo l'intelligenza artificiale nella vita quotidiana? Possiamo già "parlare" con l'energia?
- Stimola una discussione aperta per scoprire quanto IA e automazione siano già presenti (assistenti vocali, suggerimenti online, gestione degli impianti domestici intelligenti, ecc.).

Intelligenza artificiale e reti energetiche: il contributo di ENEA

L'intelligenza artificiale viene applicata per:

- **Monitoraggio predittivo** delle reti elettriche, per anticipare guasti o sovraccarichi, grazie a software predittivi che combinano dati meteo e consumo.
- **Gestione dinamica dei flussi energetici** nelle smart grid, in risposta alla produzione da fonti rinnovabili (che è intermittente).
- **Ottimizzazione dei consumi**, grazie all'analisi in tempo reale dei dati.
- **Sistemi di supporto alle decisioni** per operatori energetici e amministrazioni pubbliche.

L'IA, in questo contesto, funziona come una sorta di "regista" invisibile, che coordina e ottimizza la distribuzione di energia elettrica a livello territoriale, favorendo anche l'integrazione di **fonti rinnovabili, accumulo con batterie o idrogeno e veicoli elettrici**.

Intelligenza Artificiale e scuola: un approccio multidisciplinare

Oggi, l'intelligenza artificiale è sempre più presente nella quotidianità di studentesse e studenti, per questo la scuola ha il compito di educare alla comprensione critica delle tecnologie, affinché studenti e studentesse non siano solo utenti, ma cittadini consapevoli. L'IA offre l'occasione di lavorare in modo interdisciplinare, tra scienze, filosofia, etica, tecnologia e cittadinanza digitale.

Le sfide poste dall'IA richiedono nuove competenze trasversali, tra cui:

- pensiero critico e creativo;
- capacità di analizzare i dati e comprenderne l'impatto;
- etica dell'innovazione;
- collaborazione tra discipline e saperi diversi.

Verso una scuola "intelligente"

La scuola può diventare un laboratorio di futuro. Coinvolgere gli studenti nella comprensione di come funzionano le reti energetiche intelligenti e di come l'IA può supportarle significa:

- sviluppare competenze STEM;
- allenare la cittadinanza scientifica e digitale;
- stimolare la progettualità e la responsabilità collettiva.



ATTIVITÀ IN CLASSE

Gioco di ruolo: simulare una smart grid!

- Dividi la classe in "nodi" della rete (abitazioni, impianti fotovoltaici, centrali, batterie, auto elettriche, sensori, IA).
- L'IA riceve dati e prende decisioni (es. dove mandare energia, dove accumulare).
- Alla fine, discuti: quali sono stati i vantaggi? Quali le difficoltà?



PROGETTO INTERDISCIPLINARE

"Progetta la tua rete intelligente"

- Chiedi agli studenti di immaginare una piccola rete (es. il quartiere, la scuola, un villaggio) e disegnarne il funzionamento:
 - fonti di energia
 - utenti
 - elementi intelligenti (IA, sensori, accumulo)
- Collegare scienze, tecnologia, educazione civica e arte (per la visualizzazione).
- Proporre attività pratiche per familiarizzare con i concetti di IA e smart grid.
- Coinvolgere la classe in progetti simulativi che uniscono tecnologia e sostenibilità.
- Lavorare in ottica trasversale sulle **competenze per il futuro**.

Il ruolo della ricerca per affrontare la transizione energetica

a cura di Amedeo Buonanno e Massimo Temporelli

“La ricerca scientifica tecnologica è indispensabile per garantire la transizione energetica e un Futuro sostenibile”.

La ricerca come motore del cambiamento

La transizione energetica richiede trasformazioni profonde che toccano ogni aspetto della società: economia, ambiente, tecnologia, formazione. Alla base di queste trasformazioni c'è un elemento chiave: **la ricerca scientifica**. È grazie alla ricerca che comprendiamo l'impatto delle nostre azioni sul clima e sviluppiamo soluzioni per affrontarlo. Innovazioni come il fotovoltaico, l'eolico, le smart grid e i sistemi di accumulo sono frutto di anni di ricerca multidisciplinare. La ricerca non si limita alla tecnologia: è fondamentale anche per definire politiche efficaci, valutare l'impatto sociale delle trasformazioni e sviluppare soluzioni economicamente accessibili. La ricerca accademica genera **conoscenza**, ma per trasformarla in tecnologia serve collaborazione con l'industria. Senza questa sinergia, la scienza rischia di restare teoria e l'industria di reiterare modelli obsoleti. I progetti europei e italiani sull'idrogeno mostrano proprio questa **sinergia: laboratori finanziati da aziende, startup e centri di ricerca che lavorano insieme**.

L'Unione Europea ha adottato strategie specifiche per l'idrogeno e ha attivato investimenti (es. Horizon Europe, PNRR) che sostengono la ricerca e la creazione di Hydrogen Valley, ecosistemi locali integrati.

La catena del valore dell'idrogeno: sfide e soluzioni

Ogni fase della filiera dell'idrogeno – produzione, stoccaggio, trasporto, utilizzo finale – presenta sfide specifiche:

- **Produzione:** aumentare l'efficienza degli elettrolizzatori, ridurre l'uso di materiali rari, migliorare la durata dei sistemi.
- **Stoccaggio e trasporto:** gestire l'idrogeno in modo sicuro, economico ed efficiente, usando nuovi materiali e infrastrutture dedicate.
- **Distribuzione:** adattare o costruire reti per trasportare idrogeno puro, integrando monitoraggio e pianificazione.
- **Utilizzo:** decarbonizzare industrie, trasporti e accumulo energetico grazie a celle a combustibile, carburanti sintetici e nuove tecnologie reversibili.

La ricerca in tutti questi ambiti è già attiva, anche grazie a progetti italiani come il **Piano Operativo di Ricerca sull'Idrogeno (POR H2)**, che coordina oltre 130 linee di attività.

Esperienze concrete: ricerca e innovazione

Tra i progetti più interessanti:

- **Università Milano Bicocca:** catalizzatori a base di nichel per ridurre i costi della produzione di idrogeno.
- **Laboratorio H2V (ENEA):** studio degli elettrolizzatori a carbonati fusi, capaci di produrre idrogeno in modo efficiente anche in condizioni intermittenti.
- **Sistemi reversibili:** tecnologie che funzionano sia come elettrolizzatori che come celle a combustibile, con vantaggi per lo stoccaggio energetico.

Scuola, orientamento, futuro

La transizione energetica richiede **nuove figure professionali:** tecnici, ingegneri, installatori, esperti normativi, ma anche project manager, data analyst e comunicatori scientifici. Secondo le stime, il settore dell'idrogeno potrebbe generare fino a 500.000 nuovi posti di lavoro in Italia entro il 2050.

La scuola è il primo laboratorio di questo cambiamento. Serve formare studenti e studentesse consapevoli, capaci di lavorare in team, con spirito critico e interdisciplinare. Serve aggiornare i programmi, rafforzare i percorsi tecnici e costruire ponti tra scuola, università e ricerca.

Competenze per il domani

Oltre alle competenze STEM, il mondo dell'energia richiede soft skills come:

- pensiero critico e capacità di problem solving;
- comunicazione efficace e collaborazione interdisciplinare;
- leadership e adattabilità;
- visione sistemica e sensibilità ambientale.

La scuola può (e deve) favorire lo sviluppo di queste competenze fin dai primi anni, avvicinando gli studenti alle sfide del futuro.

Sitografia:

- ENEA: <https://www.enea.it>
- ENEA – Dipartimento Energia Rinnovabile: <https://energia.enea.it/>
- IEA Hydrogen: <https://www.iea.org/topics/hydrogen>
- IPCC Climate Reports: <https://www.ipcc.ch>
- NASA: <https://www.nasa.gov/>

Questa guida nasce all'interno delle attività formative del Progetto POR H2, finanziato con i fondi del PNRR. Il progetto ha l'obiettivo di sviluppare una filiera nazionale dell'idrogeno, promuovendo la ricerca, l'innovazione e lo sviluppo tecnologico lungo tutta la catena del valore: dalla produzione all'utilizzo. Un'iniziativa strategica per contribuire concretamente alla decarbonizzazione dell'economia italiana.

Biografia ricercatori, divulgatori, esperti:



Antonio Ricca

Ingegnere chimico e ricercatore. Nell'ambito della ricerca si è occupato principalmente dei processi catalitici per la produzione distribuita di idrogeno. In ENEA si occupa dell'integrazione del vettore idrogeno nelle smart grid elettriche.



Simone Angioni

Chimico e divulgatore scientifico. La sua attività di ricerca si è concentrata sullo sviluppo di nuovi metodi, più efficienti, per l'utilizzo di biocombustibili e di idrogeno. Come divulgatore si occupa di evidenziare l'importanza della chimica nella vita di tutti i giorni. Dal 2011 conduce Scientificast, il podcast sulla scienza più seguito in Italia, ed è autore di un podcast per Audible. Attualmente ricopre il ruolo di project manager per progetti di ricerca e sviluppo tecnologico.



Maria Valenti

Responsabile del Laboratorio Smart Grid e Reti Energetiche in ENEA. Ha conseguito il Dottorato di Ricerca e la Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica ad indirizzo Automazione Industriale e Robotica e un Master in Business Administration. Dal 2009 è Ricercatrice ENEA, attualmente presso il Dipartimento Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili (TERIN). I suoi principali interessi di ricerca includono: progettazione e controllo di sistemi energetici in presenza di rilevanti quote di energia rinnovabile, applicazione di micro-grid e smart grid, analisi delle prestazioni energetiche. È autore di numerosi articoli scientifici pubblicati a conferenza e su rivista internazionale. Ha svolto, in qualità di esperto esterno, docenze per PCTO di scuole secondarie di secondo grado, master post universitari e PON nella scuola secondaria di primo grado.



Serena Giacomini

Fisica e climatologa. Meteorologa di Meteo Expert, certificata secondo normativa World Meteorological Organization. Direttrice scientifica dell'Italian Climate Network. Conduce le rubriche meteo e di approfondimento ambientale sulle reti televisive e sulle principali radio nazionali. Autrice di *"Missione Aria Pulita"* (Edizioni Ambiente 2023), *"Pinguini all'Equatore. Non tutto ciò che senti sul clima è vero"* (DeAgostini 2020), *"Meteo che scegli, tempo che trovi"* (Imprimatur 2018). Docente e divulgatrice scientifica, formatrice di Deascuola, Gruppo Mondadori; direttrice scientifica di Educazione Climatica e SOS Clima, corsi di formazione per docenti di ogni ordine e grado. Ha collaborato alla realizzazione del

manuale scolastico per la secondaria di I grado "Scienze Live" (Garzanti Scuola 2020), del manuale di scienze "Be Curious" e geografia "Now!" (Garzanti Scuola 2022). Premio DonnAmbiente 2021.



Amedeo Buonanno

Ingegnere Informatico con Dottorato di Ricerca in Ingegneria Elettronica ed Informatica. Si occupa di Machine Learning per il Signal Processing da oltre 10 anni. Dal 2018 ricopre il ruolo di ricercatore presso l'ENEA, dove studia l'applicazione del Machine Learning al contesto energetico.



Massimo Temporelli

Ha lavorato per 10 anni come curatore al Museo Nazionale Scienza e Tecnologia di Milano. Dal 2010 si occupa di diffusione della cultura per l'innovazione: presidente e founder di The FabLab, è stato direttore accademico del primo corso di Digital Fabrication allo IED Milano. È autore e voce del podcast F***ing Genius, da cui è nato l'omonimo libro (Harper Collins, 2020). Tra i suoi ultimi lavori: "Noi siamo tecnologia" (Mondadori Strade Blu, 2021) e "Come sarà il mondo quando sarò grande" (Battello a Vapore, 2024). Ha collaborato al corso di scienze per la scuola secondaria di primo grado "Osservo e indago" (Garzanti Scuola 2025).



Francesca Santoni

Ricercatrice presso ENEA, nel Dipartimento Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili – Laboratorio Idrogeno e nuovi vettori energetici. Si occupa di tecnologie per la produzione e l'uso dell'idrogeno verde, in particolare elettrolizzatori e celle a combustibile ad alta temperatura (SOC, MCEC). È responsabile scientifica di progetti nazionali e internazionali, dove coordina linee di ricerca dedicate agli usi finali dell'idrogeno e allo sviluppo di componenti avanzati. Tra questi, il progetto europeo H2Excellence che ha l'obiettivo di sviluppare percorsi formativi innovativi sull'idrogeno a livello europeo, promuovendo competenze tecniche, digitali e interdisciplinari richieste dal mercato, e lo Spoke 4 del progetto NEST-Network 4 Energy Sustainable Transition, dedicato alle tecnologie dell'idrogeno nel contesto della transizione energetica. Dopo il dottorato in "Ambiente, Risorse e Sviluppo Sostenibile" presso l'Università Parthenope di Napoli, ha collaborato con diversi progetti europei e svolto attività di ricerca presso il KIST (Korea Institute of Science and Technology), focalizzandosi su materiali innovativi e caratterizzazione elettrochimica per la decarbonizzazione dei sistemi energetici.