



POLITECNICO
MILANO 1863

DIPARTIMENTO DI ENERGIA



“RIDEF COFFEE BREAK – CHIACCHIERE SOSTENIBILI CON...”

WEBINAR IN LIVE STREAMING



Idrogeno ed elettrificazione in edilizia

Prof. Arch. Ph.D. Annalisa Galante

Adjunct Professor di Fisica Tecnica Ambientale

Membro del Centro Studi ANACI LECCO

annalisa.galante@polimi.it

Strategia 1

**OTTIMIZZARE L'EFFICIENZA
PER RIDURRE I CONSUMI**



- Le **prestazioni dell'involucro** riducono notevolmente i fabbisogni energetici per la climatizzazione
- I principi **dell'Architettura Bioclimatica** diventano i principi dell'Architettura (sfruttamento del comportamento passivo dell'edificio, guadagni diretti, serre solari, ecc.)
- Le **fonti energetiche rinnovabili** (solare termico, solare fotovoltaico, eolico, biomassa, ecc.) diventano le risorse energetiche da utilizzare al massimo della loro potenzialità
- Le fonti energetiche convenzionali hanno una **funzione integrativa** nel bilancio energetico dell'edificio
- Si passa da un unico sistema di generazione a **più sistemi di generazione** utilizzati in funzione della convenienza economica (es. solare termico, biomassa, pompa di calore, caldaia a condensazione, si introducono sistemi di accumulo inerziali, ecc.).
- La **Home e la Building Automation** diventano elemento fondamentale per gestire in modo ottimale i servizi energetici



L'idrogeno può essere un possibile vettore energetico diretto o indiretto?





I PASSI DELLA RIQUALIFICAZIONE DELL'ESISTENTE ⁴



1

Aumentare le **prestazioni dell'involucro** (cappotto, facciata ventilata, isolamento copertura, doppi/tripli vetri) **riduce i fabbisogni** energetici per la climatizzazione

2

Ottimizzare l'efficienza degli impianti esistenti sostituendo il **generatore** e controllando le perdite di **distribuzione e regolazione**. Nella sostituzione, si passa da un unico sistema di generazione a **più sistemi di generazione** utilizzati in funzione della convenienza economica (es. solare termico, biomassa, pompa di calore, caldaia a condensazione, si introducono sistemi di accumulo inerziali, ecc.).

3

Le **fonti energetiche rinnovabili** (solare termico, solare fotovoltaico, eolico, biomassa, ecc.) diventano le risorse energetiche da utilizzare per risparmiare metano ed energia elettrica

4

La **Home e la Building Automation (domotica)** diventano elemento fondamentale per gestire in modo ottimale i servizi energetici complessi e la manutenzione ordinaria. Si parla sempre più di **Smart Building e Smart City**

L'idrogeno ha delle potenzialità anche nella riqualificazione dell'esistente?



DALL'EDIFICIO AL TERRITORIO: LA NUOVA SFIDA DELLE CITTÀ

Edificio efficiente
e più sostenibile



Abitare sostenibile

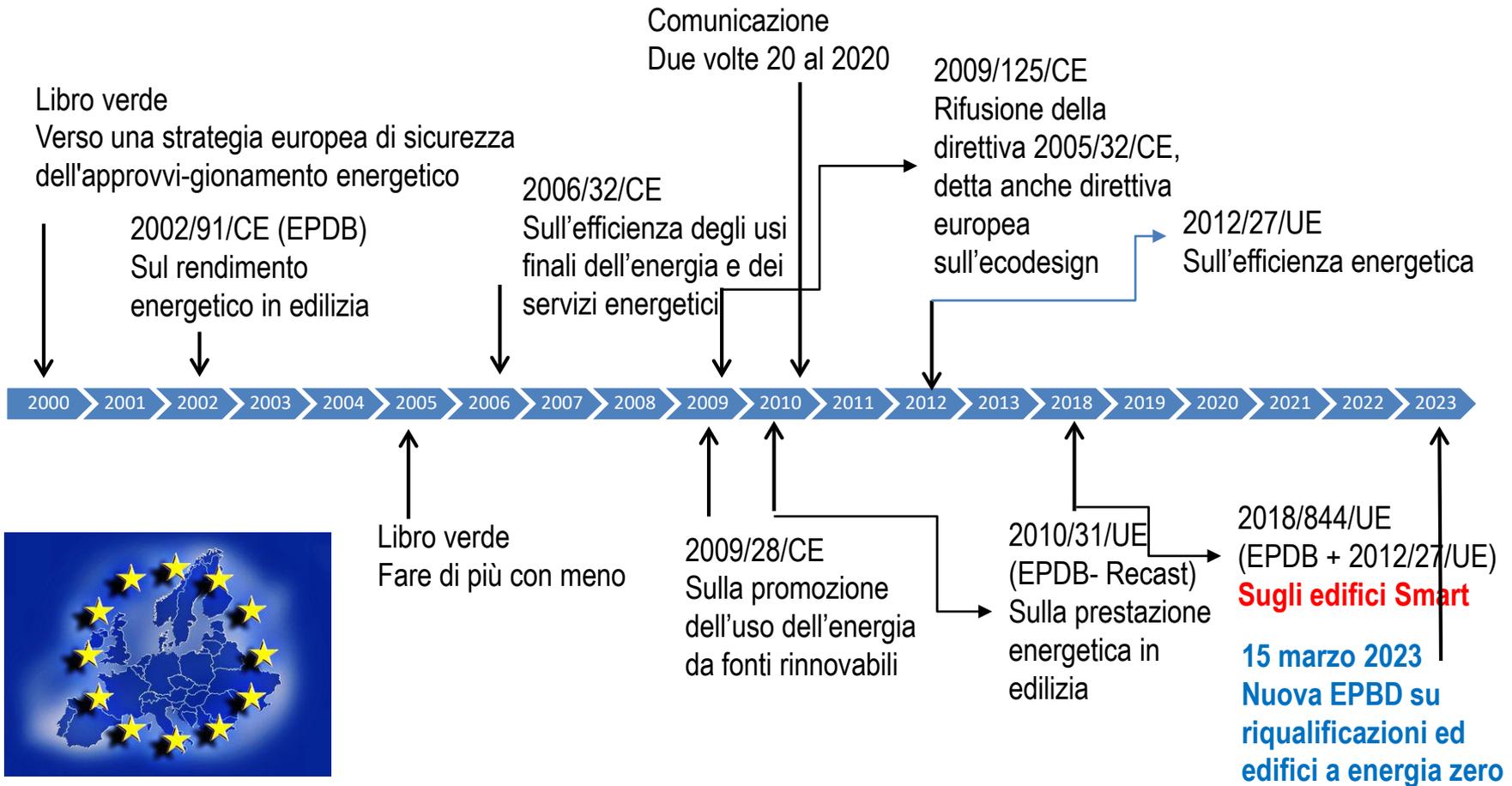


Strategia 2
EDIFICI E CITTÀ
SEMPRE PIÙ SMART



Strategie comunitarie di indirizzo

L'unione europea, a partire dal 2002, ha emanato una pacchetto di direttive allo scopo di promuovere l'efficienza energetica, in particolare nel settore edilizio, rimuovendo gran parte delle barriere, spesso non tecnologiche



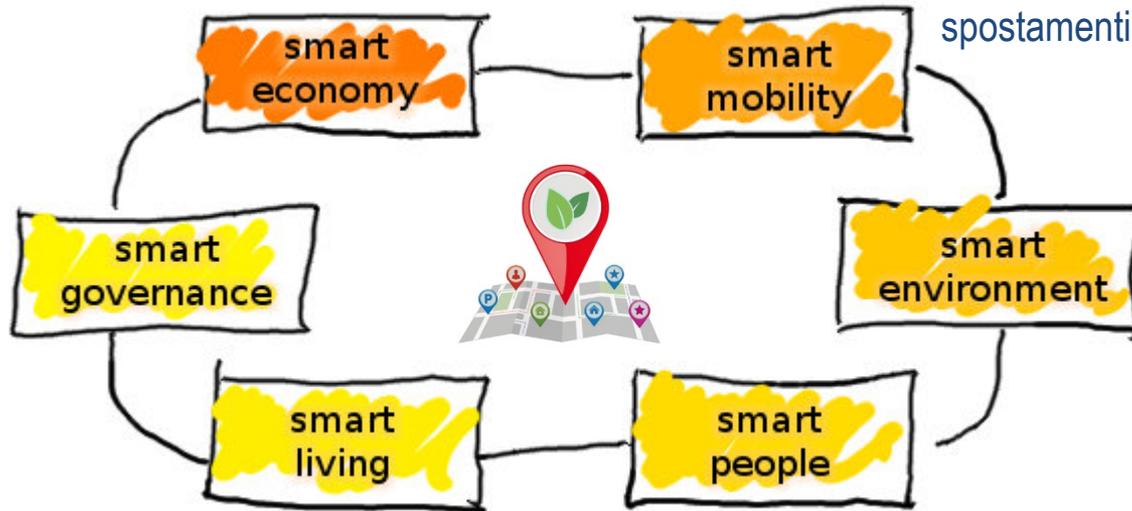


SMART CITY: LA RIVOLUZIONE INTELLIGENTE DELLE CITTÀ'

Innovatività, imprenditorialità,
capacità di trasformare idee in progetti

Facilità di accesso,
facilità di spostamenti,

Attuazione dell'Open
Government a livello
territoriale, visione e
strategie condivise



Capacità del territorio
di realizzare uno
sviluppo sostenibile,
**gestione
dell'energia,**
fonti rinnovabili

Qualità dell'offerta
culturale, condizioni
di salute e sicurezza,
coesione sociale,
offerta educativa

Capacità delle persone,
grado di istruzione,
apertura mentale,
creatività



Per “Smart Building” bisogna intendere “un edificio in cui **gli impianti in esso presenti sono gestiti in maniera integrata ed automatizzata**, attraverso l’adozione di una **infrastruttura di supervisione e controllo** degli impianti stessi, al fine di massimizzare il risparmio energetico, il comfort e la sicurezza degli occupanti, e garantendone inoltre l’integrazione con il sistema elettrico di cui il building fa parte”.

Energy & Strategy - Politecnico di Milano

Quindi un edificio che comprende:

- **Building Devices ad Solutions**, che comprendono i diversi impianti e tecnologie presenti all’interno del building intelligente, tra cui tecnologie di generazione di energia, di efficienza energetica, di safety&security e impianti che garantiscono il comfort, la sicurezza e la salute degli occupanti;
- **Automation technologies**, che comprendono la sensoristica connessa agli impianti e finalizzata alla raccolta dati, oltre agli attuatori che eseguono sugli impianti i comandi elaborati dalle Piattaforme di controllo e gestione;
- **Piattaforme di controllo e gestione**, che comprendono i software di raccolta, elaborazione e analisi dei dati acquisiti dalla sensoristica installata sugli impianti;
- **Infrastruttura di rete**, che comprende i mezzi di comunicazione, wireless o cablati, che permettono la comunicazione tra sensori, attuatori e la piattaforma di controllo e gestione.



- Diminuire le emissioni (se parliamo di Smart Working) e ottimizzare i processi aumentando la **qualità della vita privata**
- **Implementare nuovi mercati** perché si espandono le potenzialità di connessione (Metaverso)
- **Superamento delle barriere architettoniche** per persone diversamente abili, anziani
- **Ottimizzazione degli impianti** in termini di consumi e, quindi, di bollette
- **Possibilità di monitoraggio** dei consumi energetici, fondamentali in ambito industriale, dell'ospitalità e del settore terziario e commerciale, nonché in ambito ospedaliero e pubblico



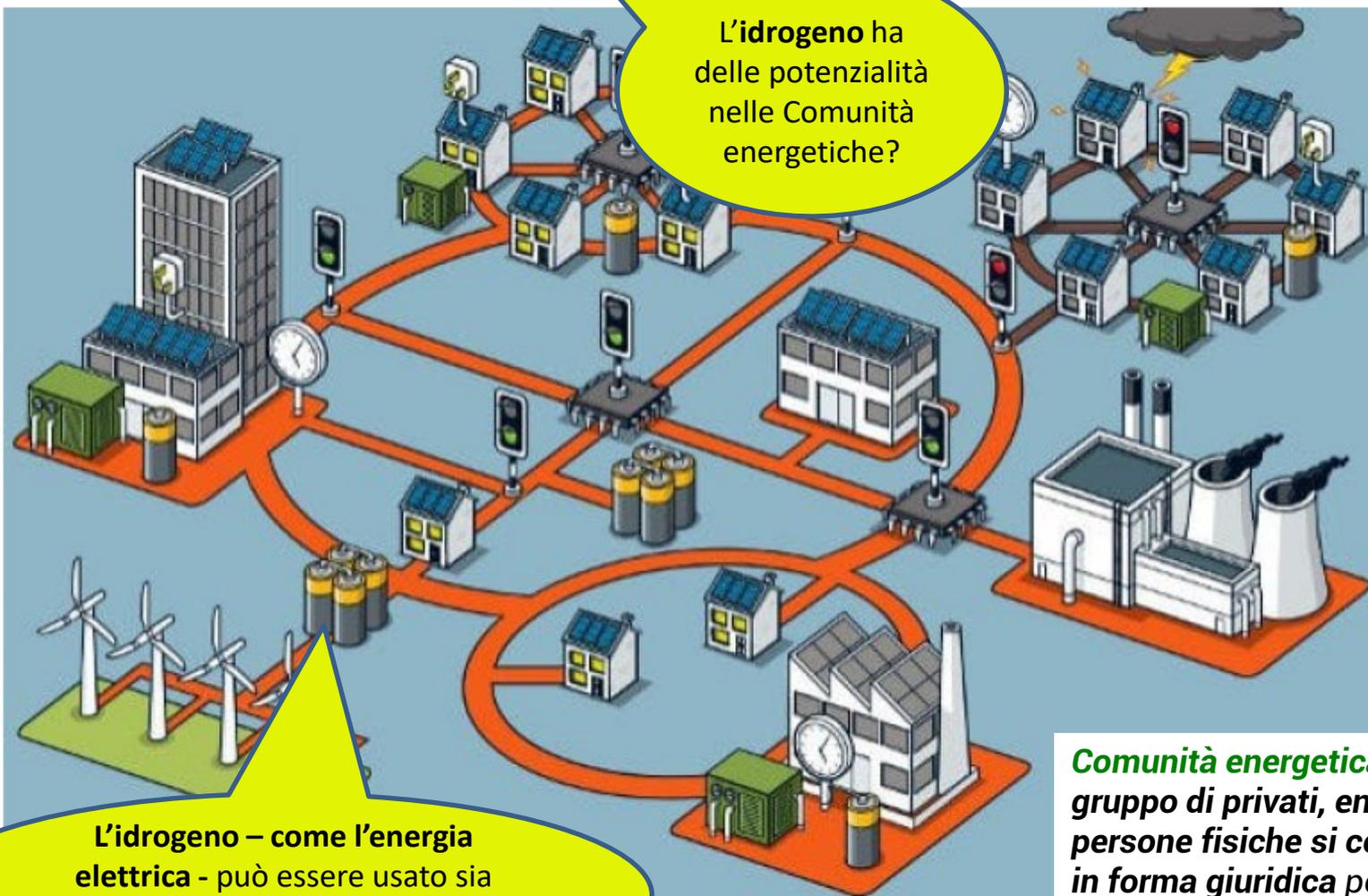
- Gli edifici nuovi (ma anche quelli ristrutturati) diventano sempre più «**elettrificati**»

- **L'autosufficienza nella vita quotidiana (edifici + trasporti)** si può realizzare attraverso:
 - Riduzione delle dispersioni con isolamento termico
 - Installazione di pompe di calore che dialogano con l'utente
 - Installazione di fotovoltaico/eolico-microeolico per coprire gli usi elettrici
 - Installazione solare termico per copertura ACS + sistema di accumulo
 - Utilizzo di un BMS per gestire i carichi
 - Utilizzo di sistemi per Safety & Security
 - Installazione di un sistema di accumulo per energia elettrica con eventuale scambio in rete
 - Stazioni di ricarica per veicoli elettrici

Strategia 3
LE COMUNITÀ
ENERGETICHE



COMUNITA' ENERGETICA



L'idrogeno ha delle potenzialità nelle Comunità energetiche?

L'idrogeno – come l'energia elettrica - può essere usato sia come vettore energetico per la climatizzazione sia per i trasporti?

Comunità energetica: quando un gruppo di privati, enti, PMI o persone fisiche si costituiscono in forma giuridica per produrre e condividere energia

Strategia 4
INNOVAZIONE
TECNOLOGICA E
COMBUSTIBILI
ALTERNATIVI



Ottimizzazione energetica
Fonti rinnovabili
Combustibili alternativi

A favore

SVILUPPO APPLICAZIONI IDROGENO

- Mercato veicolare
- Applicazioni civili per cogenerazione
- Produzione elettrica ad alto rendimento

SOSTENIBILITÀ
AMBIENTALE
ED ECONOMICA



2021-2050

Semplificazione del sistema energetico a **pochi vettori**

Tessuto di **infrastrutture** a limitato impatto ambientale



- A partire dal *Green Deal* europeo, al *Recovery and Resilience Facility* (RRF), al recente *REPowerEU*, **l'idrogeno è presente come attore chiave per l'attuazione di piani di decarbonizzazione e indipendenza energetica** per l'Ue, la maggior parte di utilizzo interesserà il settore dei trasporti pesanti, il riscaldamento residenziale e alcuni processi industriali come la raffinazione e le lavorazioni che richiedono elevate temperature, dove attualmente si utilizza l'idrogeno grigio, ricavato dal gas naturale
- Anche il **PNRR** ha deciso di puntare sull'idrogeno rinnovabile, sono previsti investimenti:
 - per **2 miliardi di Euro per applicazioni idrogeno rinnovabile nei settori "hard to abate"**, ovvero, le industrie che risultano oggi più inquinanti e difficili da riconvertire.
 - per **500 milioni di Euro** fino al 2026, alla costruzione di **Hydrogen Valleys**, ovvero aree industriali con economia in parte basata sull'idrogeno sostenibile, progettate per favorirne la produzione e l'uso, a livello locale, nell'industria e nei trasporti e, per trasferimento tecnologico, nel settore civile



L'idrogeno può essere prodotto a partire da qualsiasi fonte energetica primaria, dai combustibili fossili (metano), fino alle fonti rinnovabili, all'idroelettrico e alle biomasse.

La produzione può avvenire per:

- **reforming da metano**, la produzione su vasta scala dell'idrogeno avviene solitamente mediante il processo di reforming del gas naturale (o "steam reforming"). Tale processo consiste nel far reagire metano (CH_4) e vapore acqueo (H_2O) ad una temperatura intorno a 700–1100 °C, per produrre syngas (una miscela costituita essenzialmente da monossido di carbonio e idrogeno), il calore richiesto per attivare la reazione è generalmente fornito bruciando parte del metano;
- **elettrolisi dall'acqua** che è un processo nel quale il passaggio di corrente elettrica causa la scomposizione dell'acqua in ossigeno e idrogeno gassoso. Con l'elettrolisi non sono necessari prodotti fossili, potendo così produrre l'idrogeno con energia elettrica da qualsiasi fonte. In alcuni Paesi, come in Germania, l'idrogeno è impiegato per assorbire i picchi di produzione tipici delle fonti rinnovabili, in particolare, nel caso della Germania, la produzione dell'idrogeno si attiva mediante al surplus energetico prodotto dai parchi eolici;
- **foto conversione**, grazie alla ricerca nel campo della chimica e delle nanoscienze ci si muove verso un approccio più verde ispirato alla fotosintesi, ovvero si potrà usare la luce solare per scindere la molecola dell'acqua e ottenere idrogeno, la cui combustione produrrà ancora acqua alimentando così un circolo virtuoso.



Il vero **limite tecnologico per l'applicazione di massa** dell'idrogeno è il suo stoccaggio che non risulta un processo a basso costo, infatti può essere conservato e trasportato come:

- **gas ad alta pressione** (2,15 kWh/kg), in questi casi lo stoccaggio richiede l'uso di serbatoi ad alta pressione (350-700 bar) o l'uso di bombole (250 bar) o il **trasporto in pressione attraverso nuovi idrogenodotti o gasdotti già esistenti**, come nel caso di Snam che a Contursi Terme ha fatto viaggiare **l'idrogeno tra il 5 e il 10% insieme al metano per rifornire un pastificio e un'azienda di imbottigliamento**;
- **liquido a bassa temperatura e a pressione** atmosferica (6 kWh/kg) e lo stoccaggio dell'idrogeno liquido richiede temperature criogeniche per evitare che ribollisca in un gas (che si verifica a $-252,8^{\circ}\text{C}$), In questi casi portarlo alle temperature richieste può essere molto costoso;
- sotto forma di **sostanze chimiche** dove l'idrogeno è legato in modo stabile, ma reversibile. In questo caso l'idrogeno può essere immagazzinato utilizzando tre tipi di materiali: quelli che utilizzano l'adsorbimento per immagazzinare l'idrogeno sulla superficie del materiale, quelli che usano l'assorbimento per immagazzinare l'idrogeno all'interno del materiale, oppure stoccaggio di idruri, che utilizza una combinazione di materiali solidi e liquidi. Un esempio sono le **nanostrutture di carbonio** (14 kWh/kg).



Una delle proprietà chimiche più importanti dell'idrogeno – **che è anche uno dei suoi maggiori difetti per l'applicazione in ambito civile** - è l'**infiammabilità**, infatti reagisce con tutti gli agenti ossidanti: ossigeno, cloro, protossido d'azoto, ecc. e in tutti i casi le reazioni sono accompagnate da un elevato sviluppo di calore.

Questo è uno dei fattori da tenere maggiormente presente per l'installazione di impianti a idrogeno in edilizia, considerando che non ci sono indicazioni specifiche dei Vigili del Fuoco per questo tipo di applicazioni.

APPLICAZIONI DELL'IDROGENO



In Australia viene commercializzata la prima auto a idrogeno con stazioni per la ricarica in 5 minuti.

- La tecnologia delle **fuel cell ad idrogeno** viene applicata di serie su un'autovettura commercializzata
- L'auto percorre 666 km (WLTP) con un pieno e **mentre si muove purifica l'aria** e il touch-screen mostra i dati relativi alla quantità di aria purificata e la relativa riduzione di CO₂
- Con un carico di 6,27 kg di idrogeno purifica 449.100 litri di aria durante il tragitto (quanto il consumo del respiro di 33 persone per un giorno intero) e dal suo tubo di scarico emette solo acqua (prodotto di «scarto» della conversione attraverso le fuel cell)



Hyundai Nexo



Dopo la joint-venture tra A2A, Snam ed FNM sono emersi i primi dettagli tecnici riguardo l'impianto che sorgerà a Brescia per **produrre idrogeno verde** destinato ad alimentare i treni a fuel cell forniti da Alstom e operati da Trenord a **partire dal 2023 in Valcamonica**, nell'ambito del progetto H2iseO.

L'hub energetico sorgerà presso il termovalorizzatore di Brescia, che metterà a disposizione **40 MW di energia rinnovabile** utilizzati per alimentare un **elettrolizzatore** con capacità iniziale di **6 MW**, che potrà poi crescere successivamente fino a **21 MW**



- In **Italia** nel 2019 è stata brevettata una caldaia che usa per il 20% idrogeno, oggi in fase di commercializzazione come soluzione tecnologica *“ready for H2”*.



Con l'aggiornamento del regolamento europeo 813/2013/UE (specifiche per la progettazione ecocompatibile degli apparecchi per il riscaldamento d'ambiente e degli apparecchi di riscaldamento misti) TUTTO il mondo della produzione di caldaie sta adeguando i propri prodotti al “ready for H2”

- Nel 2022 nella città di Lochem, in **Olanda**, all'interno di **dodici case unifamiliari è stata installata una caldaia che funziona con il 100% di idrogeno immesso nella rete di gas naturale esistente**: forma e dimensioni sono praticamente le stesse di una caldaia a metano, garantisce la stessa efficienza di una caldaia a condensazione, ma può fornire riscaldamento e acqua calda senza emissioni di ossidi di carbonio. L'idrogeno è stato immesso in rete in una zona industriale adiacente dove è stato prodotto usando una serie di elettrolizzatori alimentati da pannelli solari.



- Nel **Regno Unito** l'obiettivo sarà riuscire a montare **400 caldaie** alimentate a idrogeno entro il 2025
- Nel **progetto PHOCS** (*Photogenerated Hydrogen by Organic Catalytic Systems*), finanziato dall'UE, i ricercatori hanno sviluppato un **dispositivo organico che sfrutta la luce solare per separare l'acqua in idrogeno e ossigeno**, combinando le caratteristiche fotoassorbenti dei semiconduttori organici con le capacità di trasporto della carica dei semiconduttori inorganici.



*Una delle principali sfide del progetto è stata quella di **dimostrare che i materiali organici possono essere usati per la generazione fotoelettrochimica di idrogeno**, perché offrono un'elevata efficienza a un costo inferiore rispetto a quelli inorganici.*



- L'associazione italiana idrogeno e celle a combustibile (H2IT), nel documento *“Installazione di celle a combustibile in ambito residenziale e commerciale”* propone inserire i sistemi a celle a combustibile fra le **tecnologie ammesse per gli edifici di nuova costruzione e i progetti di ristrutturazioni** rilevanti e fra quelle ammesse al meccanismo delle **comunità energetiche**
- L'**EHI** - *European Heating Industry*, associazione di riferimento dell'industria europea del riscaldamento ha fatto emergere come l'idrogeno in edilizia può essere fondamentale per la decarbonizzazione dell'UE:
 - sostituendo progressivamente i combustibili fossili con rinnovabili per il riscaldamento,
 - promuovendo la riqualificazione energetica, ovvero puntando su soluzioni di isolamento termico e su apparecchi di riscaldamento di elevata classe energetica



Il Report del 2022 *“Modelling the socioeconomic impacts of zero carbon housing in Europe”* ha calcolato che il passaggio alle pompe di calore per edifici efficienti genereranno una grande crescita socio-economica dell’Europa, riducendo bollette e dipendenza energetica.

Un largo impiego di pompe di calore e un tasso elevato di riqualificazione energetica può dimezzare le bollette energetiche delle famiglie nel 2050, creando 1,2 milioni di posti di lavoro aggiuntivi.

Lo studio rileva che **l’idrogeno verde per il riscaldamento domestico non fornisca simili vantaggi socio-economici**. Le caldaie a idrogeno risulterebbero molto meno efficienti dal punto di vista energetico rispetto alle pompe di calore e richiedono fino a 6 volte più energia rinnovabile.

Report integrale

<https://euase.net/wp-content/uploads/2017/09/modelling-the-socioeconomic-impact-of-zero-carbon-housing-in-europe-final-technical-report-march2022.pdf>

IN COLLABORAZIONE CON eERG (end use Efficiency Research Group (eERG), Politecnico di Milano)



- In prospettiva sarà l'**idrogeno verde** uno dei “facilitatori” della transizione energetica **verso un minor consumo di gas** e il suo utilizzo in uno scenario di autoproduzione da impianti rinnovabili rappresenta un valido strumento nel medio-lungo periodo per stoccare energia e rendere il sistema resiliente e sostenibile tra il 2030 e il 2050
- Sicuramente, una delle principali sfide da vincere per avviare l'utilizzo dell'**idrogeno come vettore energetico**, consiste nella capacità di progettisti e costruttori di **trovare sistemi pratici per immagazzinare e distribuire l'idrogeno**, oltre ai materiali idonei a supportarne lo stoccaggio su larga scala, che siano conformi a tutti i **principi di protezione dalle esplosioni**.



POLITECNICO
MILANO 1863

DIPARTIMENTO DI ENERGIA



“RIDEF COFFEE BREAK – CHIACCHIERE SOSTENIBILI CON...”

WEBINAR IN LIVE STREAMING



Prof. Arch. Ph.D. Annalisa Galante
annalisa.galante@polimi.it