



Idrogeno nella cogenerazione: opportunità di sviluppo per un'industria carbon-neutral

◆ **Federica Casati** Responsabile Marketing – 2G Italia Srl

DOI: [10.63111/QES-2025.1.0027](https://doi.org/10.63111/QES-2025.1.0027)

ABSTRACT

La rapida evoluzione del panorama energetico globale, determinata dall'urgenza di ridurre le emissioni di gas serra e mitigare gli effetti dei cambiamenti climatici, sta spingendo strategie, investimenti e politiche verso soluzioni sempre più sostenibili. In questo scenario, il settore industriale, e in particolare le cosiddette industrie "hard to abate" – quali acciaierie, cementifici e impianti chimici – affrontano sfide rilevanti dovute all'elevata intensità energetica, a processi termici complessi e alla difficoltà di sostituire rapidamente i combustibili fossili con fonti rinnovabili o elettrificazione diretta. L'idrogeno verde, prodotto attraverso elettrolisi alimentata da energie rinnovabili, è una risorsa chiave per l'industria: può essere impiegato sia come combustibile pulito sia per supportare processi industriali ad alta richiesta energetica, offrendo un contributo concreto alla decarbonizzazione dei comparti più complessi.

Il contesto internazionale e la cornice politica europea

L'Unione Europea ha identificato nell'idrogeno uno degli strumenti centrali del Green Deal. La Strategia per l'Idrogeno (luglio 2020) ambisce a produrre fino a 10 milioni di tonnellate di idrogeno verde all'anno entro il 2030. Iniziative come l'European Clean Hydrogen Alliance, gli Important Projects of Common European Interest (IPCEI) dedicati all'idrogeno e il piano REPowerEU, varato nel 2022 per ridurre la dipendenza dal gas russo e accelerare la transizione energetica, mirano a creare una filiera integrata per la produzione, il trasporto, lo stoccaggio e l'utilizzo dell'idrogeno. Parallelamente, progetti come la Clean Hydrogen Partnership e CertifHy lavorano allo sviluppo di standard di certificazione e garanzie d'origine, assicurando un mercato trasparente e affidabile.

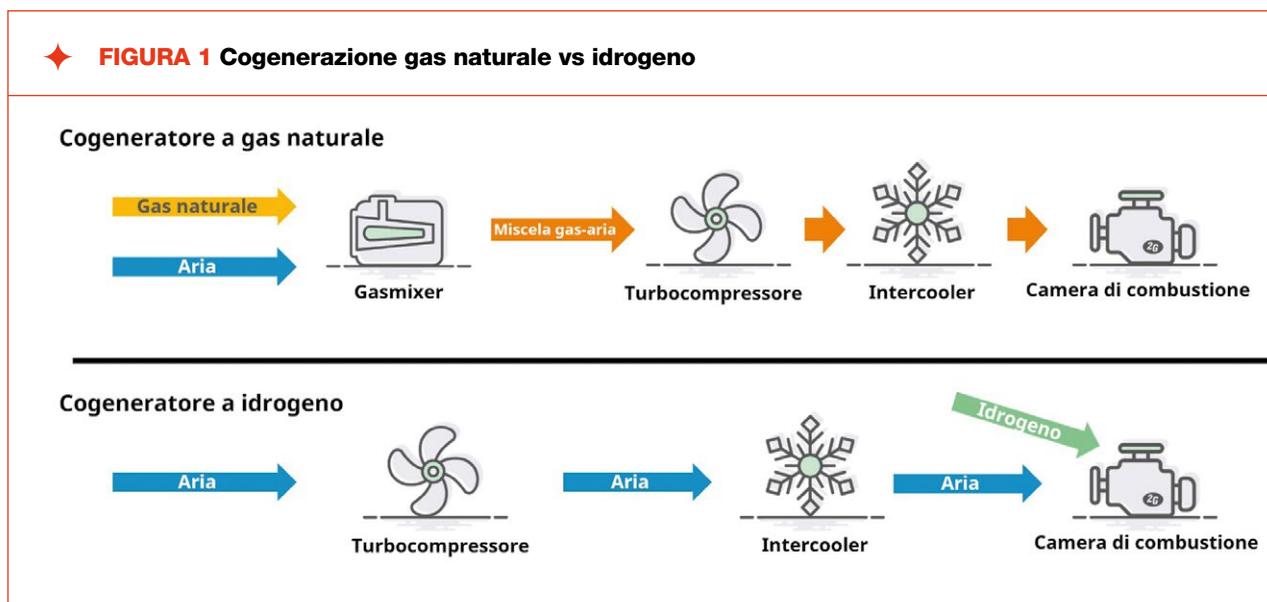
A livello tecnico, le linee guida emergenti sono frutto dell'impegno degli organismi di normazione europei (tra cui CEN e CENELEC) e l'Agenzia Internazionale dell'Energia (AIE). Queste istituzioni affrontano temi quali la sicurezza, la purezza del gas e la logistica di trasporto, oltre a esaminare le tecnologie di produzione e il loro impatto sui costi e sull'offerta. In contemporanea, i singoli Paesi europei stanno definendo Strategie Nazionali per l'Idrogeno, finanziando la ricerca e la produzione di elettrolizzatori su scala gigawatt e promuovendo la creazione di "Hydrogen Valley", cluster locali in cui l'idrogeno è prodotto, distribuito e utilizzato in ambito industriale, civile e nei trasporti.

Caratteristiche e potenzialità dell'idrogeno verde nell'industria

L'idrogeno verde si distingue dai vettori fossili per la totale assenza di emissioni nette di CO₂ durante la produzione (se l'elettricità per l'elettrolisi proviene da fonti rinnovabili) e l'uso. Ciò lo rende interessante per processi industriali che richiedono elevate temperature o agenti riducenti, come la produzione di acciaio tramite riduzione diretta del minerale ferroso (DRI) o la sintesi di ammoniaca. Progetti pilota in Nord Europa, come HYBRIT in Svezia, testimoniano la possibilità di produrre acciaio "green", mentre l'impiego dell'idrogeno nei cementifici, ad esempio nelle iniziative promosse da Holcim, mostra come questo gas possa ridurre sensibilmente l'impronta carbonica delle filiere industriali.

Sul versante economico, la competitività dell'idrogeno verde è destinata a migliorare con l'abbattimento dei costi delle rinnovabili e degli elettrolizzatori. Secondo previsioni di analisti internazionali, i costi di produzione dell'idrogeno verde potrebbero dimezzarsi entro il 2030, avvicinandosi a quelli dell'idrogeno grigio (prodotto da metano senza cattura della CO₂). Iniziative come l'European Hydrogen Backbone (EHB) – una rete pan-europea in via di definizione attraverso la riconversione e l'ampliamento di gasdotti esistenti – faciliteranno la creazione di un mercato europeo dell'idrogeno, consentendo il trasporto di grandi volumi di gas rinnovabile dalle aree costiere con abbondanza di eolico offshore o dalle regioni soleggiate dell'Europa meridionale verso i distretti industriali dell'Europa centrale e settentrionale.

◆ **FIGURA 1** Cogenerazione gas naturale vs idrogeno



La cogenerazione quale elemento strategico per l'efficienza energetica

La cogenerazione, che produce simultaneamente energia elettrica e calore da un'unica fonte, è già un modello consolidato di efficienza energetica. Un impianto a gas naturale può superare rendimenti globali dell'80%, a fronte del 30-40% di una centrale termoelettrica tradizionale. L'adozione della cogenerazione in ambito industriale e civile ha già consentito di ridurre costi energetici, aumentare la flessibilità operativa e diminuire le emissioni rispetto ai sistemi alimentati da fonti fossili tradizionali.

Tuttavia, il passaggio dal gas naturale all'idrogeno nella cogenerazione presenta sfide ingegneristiche e gestionali non trascurabili. L'idrogeno ha un potere calorifico inferiore per unità di volume rispetto al metano, brucia con una fiamma più rapida e richiede sistemi di sicurezza avanzati per prevenire e rilevare eventuali fughe. La transizione implica dunque la riprogettazione di motori, turbine o sistemi di combustione, con un'attenzione particolare all'iniezione del gas, alla configurazione della camera di combustione, alla selezione di materiali resistenti e all'ottimizzazione delle condizioni operative.

La conversione di un cogeneratore da gas naturale a idrogeno: il caso 2G e OTH Amberg-Weiden

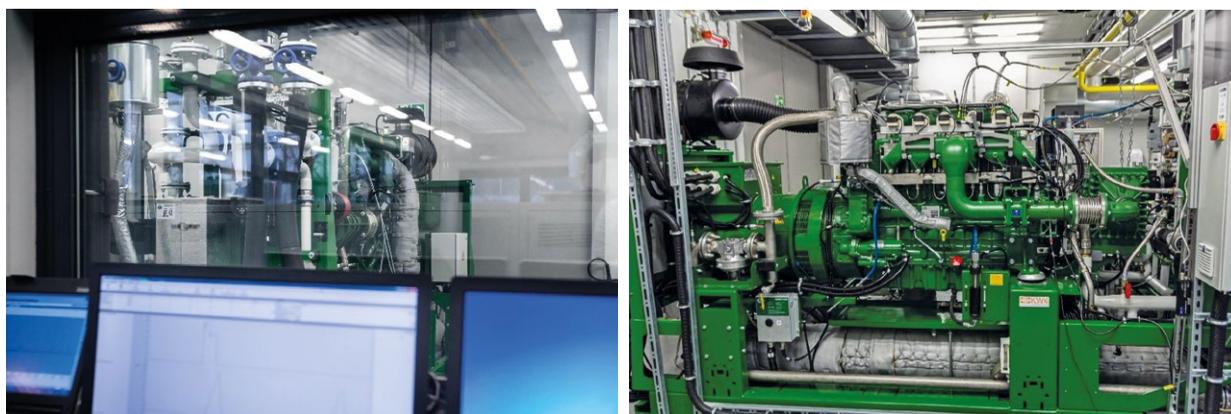
La concreta fattibilità della transizione all'idrogeno, nonché la possibilità di applicarla su impianti esistenti, è stata dimostrata dal lavoro pionieristico condotto da 2G Energy AG in collaborazione con la Ostbayerische Technische Hochschule (OTH) di Amberg-Weiden, in Germania. Questa

partnership segna una tappa fondamentale nella dimostrazione pratica della conversione di un cogeneratore esistente, originariamente alimentato a gas naturale, in un impianto funzionante al 100% a idrogeno. È la dimostrazione che non si tratta più solo un concetto teorico o una sperimentazione isolata, ma una realtà tecnologica pronta a essere replicata su vasta scala.

L'esperienza pregressa è stata determinante. Già nel 2019, 2G aveva installato un cogeneratore a idrogeno ad Haßfurt (Germania), nell'ambito di un progetto promosso da Stadtwerk Haßfurt e dall'Istituto di Tecnologia Energetica (IfE) dell'OTH Amberg-Weiden. Quel primo passo ha consentito di comprendere le peculiarità della combustione dell'idrogeno, la gestione della miscela aria-gas e gli aspetti legati alla stabilità operativa. Nel 2022, forte di queste conoscenze, ha preso il via il progetto CH₂P, finanziato con circa 2,36 milioni di euro dal Ministero Federale per gli Affari Economici e la Protezione del Clima (BMWK). Il consorzio, formato da 2G, dal Centro di Competenza per la cogenerazione dell'OTH Amberg-Weiden e da altri sette partner tra aziende e istituti di ricerca, mira ad aumentare la densità di potenza, l'efficienza, ridurre i costi e limitare le emissioni dei cogeneratori alimentati a idrogeno.

In questo contesto, la riconversione di un cogeneratore a gas naturale da 250 kW, installato presso l'OTH di Amberg nel marzo 2019 a scopi didattici e di ricerca, è stata un banco di prova ideale. La decisione di passare dall'alimentazione a gas naturale all'H₂ non è stata un semplice esercizio di stile, ma la naturale evoluzione di una strategia coerente con la visione di 2G. Come sottolineato da Frank Grewe, CTO di 2G, l'azienda ha sempre investito nell'utilizzo di gas ecologici, dal biogas

◆ FIGURA 2 Cogenerazione OTH Amberg-Weiden



all'idrogeno, interpretando quest'ultimo come il passo successivo per contribuire significativamente alla trasformazione del sistema energetico.

La conversione, realizzata nel dicembre 2022, si è rivelata meno complessa del previsto grazie all'approccio modulare adottato da 2G nella progettazione dei suoi impianti. L'intervento ha riguardato principalmente la camera di combustione, poiché l'idrogeno, con le sue proprietà fisiche peculiari e la velocità di fiamma superiore, esige un controllo più raffinato della formazione della miscela. Nel funzionamento a gas naturale, aria e combustibile si miscelano prima del turbo-compressore. Per l'idrogeno, invece, si è scelto di introdurlo direttamente nel condotto di aspirazione, a ridosso della camera di combustione. Questa soluzione evita pre-iniezioni indesiderate, garantendo una fiamma stabile ed efficiente anche con un combustibile così diverso dal metano.

Oltre alla camera di combustione, sono stati sostituiti i pistoni, installati iniettori dedicati per l'H₂ e un nuovo turbo-compressore. La standardizzazione dei componenti facilita la conversione durante i normali cicli di manutenzione, riducendo i costi aggiuntivi a circa il 10-15% dell'investimento originario. L'impianto, originariamente progettato per 250 kW elettrici, produce ora circa 170 kW a idrogeno, a causa della pressione di combustione leggermente ridotta (circa 14 bar). Tuttavia, test in corso a Heek e all'OTH di Amberg puntano a eguagliare la pressione tipica del gas naturale (18 bar), ripristinando così la piena potenza nominale.

Oltre alla questione prestazionale, il sistema mantiene la possibilità di operare a gas naturale, garantendo flessibilità in una fase di transizione in cui l'idrogeno potrebbe non essere ancora disponibile in continuità e a costi competitivi. Per l'OTH Amberg-Weiden, questa esperienza segna l'inizio di una nuova fase di ricerca. Come evidenziato dal Prof. Dr. Raphael Lechner, docente di Sistemi Energetici Digitali e Sector Coupling, l'industria del gas attraverserà una transizione eterogenea, in cui disponibilità di idrogeno, vicinanza alla rete europea dell'H₂ e accesso a fonti rinnovabili variano da territorio a territorio. La generazione decentralizzata, resa possibile da cogeneratori flessibili, sarà determinante nel garantire approvvigionamenti locali stabili e affidabili.

L'accesso completo al sistema di controllo dell'impianto e ai parametri operativi consente all'OTH di studiare nel dettaglio la formazione della miscela, l'iniezione del gas, le dinamiche di combustione e la gestione di eventuali anomalie. L'installazione di un sistema di analisi ottica della combustione permette di osservare in tempo reale i fenomeni nella camera, fornendo dati preziosi per ottimizzare strategie di controllo e incrementare efficienza e stabilità operativa. Nei prossimi mesi, l'OTH prevede di passare dall'approvvigionamento tramite carri bombolai a uno stoccaggio locale dedica-

to, trasformando l'impianto in un vero e proprio laboratorio vivente per l'idrogeno, capace di evolvere insieme al mercato e alla disponibilità di H₂ verde.

L'importanza di questo caso studio va oltre i risultati immediati. Dimostrare la possibilità di convertire cogeneratori esistenti all'idrogeno significa aprire nuovi orizzonti per l'intero settore industriale. In Europa esistono migliaia di impianti di cogenerazione, spesso integrati nelle reti di teleriscaldamento o in infrastrutture cittadine. Convertirli progressivamente all'idrogeno, sfruttando manutenzioni programmate e componenti modulari, permette di accelerare la decarbonizzazione senza attendere che gli impianti giungano a fine vita, garantendo continuità produttiva e riducendo l'impatto ambientale.

Un'industria che renda l'idrogeno una commodity energetica diffusa, trasportabile attraverso una rete dedicata e disponibile su scala continentale, potrà consolidare la leadership tecnologica europea, diminuire le emissioni di CO₂, creare nuova occupazione qualificata e assicurare approvvigionamenti più stabili. Questi progressi rafforzeranno l'autonomia energetica, la competitività e la sostenibilità economica nel lungo periodo.

Grazie al progetto CH₂P e all'impegno di 2G, l'idrogeno esce così dalla fase dimostrativa confinata a impianti di nuova installazione e si afferma come opzione concreta anche per infrastrutture esistenti. Questa evoluzione non solo accelera la diffusione dell'idrogeno nell'industria, nella generazione distribuita e nella gestione integrata di elettricità e calore, ma rafforza il ruolo della cogenerazione come tassello fondamentale nella costruzione di un sistema energetico carbon-neutral, bilanciando obiettivi ambientali, operatività ed efficienza.

Benefici, sfide e prospettive della cogenerazione a idrogeno

La cogenerazione a idrogeno offre numerosi vantaggi. Innanzitutto, riduce o annulla le emissioni dirette di CO₂, consentendo di adeguarsi a normative sempre più stringenti, come quelle dell'ETS (European Emission Trading System), che innalzano il costo delle emissioni di anidride carbonica. Inoltre, la possibilità di sfruttare l'idrogeno come forma di accumulo energetico (power-to-gas) facilita l'integrazione delle fonti rinnovabili intermittenti: i surplus di produzione eolica o solare possono essere convertiti in idrogeno tramite elettrolisi, immagazzinati e poi riutilizzati in impianti di cogenerazione, garantendo un flusso energetico stabile e continuo.

Permangono però sfide di natura tecnica, normativa ed economica. La sicurezza è una priorità: l'idrogeno richiede sensori specifici, materiali resistenti alla fragilità indotta dal gas e protocolli operativi rigorosi. La formazione del personale e la

definizione di standard condivisi sono altrettanto cruciali. Progetti europei come HyLaw stanno analizzando le barriere regolatorie, per promuovere un quadro normativo chiaro e favorire l'adozione su larga scala di tecnologie legate all'idrogeno.

Dal punto di vista economico, la riduzione dei costi di produzione dell'idrogeno verde dipende dall'aumento della capacità degli elettrolizzatori e dalle economie di scala nella fabbricazione di componenti chiave, come membrane e stack. Incentivi pubblici, contratti per differenza (CfD) sull'idrogeno, crediti d'imposta per le tecnologie pulite, partenariati industriali e progetti di ricerca europei (ad esempio nell'ambito di Horizon Europe) aiuteranno a sostenere l'innovazione e a ridurre i rischi tecnologici, facilitando l'emergere di soluzioni più economiche, sicure ed efficienti.

Tecnologie emergenti e nuove prospettive di innovazione

Attualmente l'elettrolisi alcalina e a membrana PEM dominano la produzione di idrogeno verde. Tuttavia, tecnologie emergenti come l'elettrolisi ad alta temperatura (SOEC) o la fotocatalisi diretta dell'acqua promettono di aumentare l'efficienza e abbattere i costi nel lungo periodo. Nel frattempo, la ricerca sui materiali investiga leghe metalliche e rivestimenti ceramici in grado di resistere meglio all'idrogeno, incrementando l'affidabilità e la durata degli impianti.

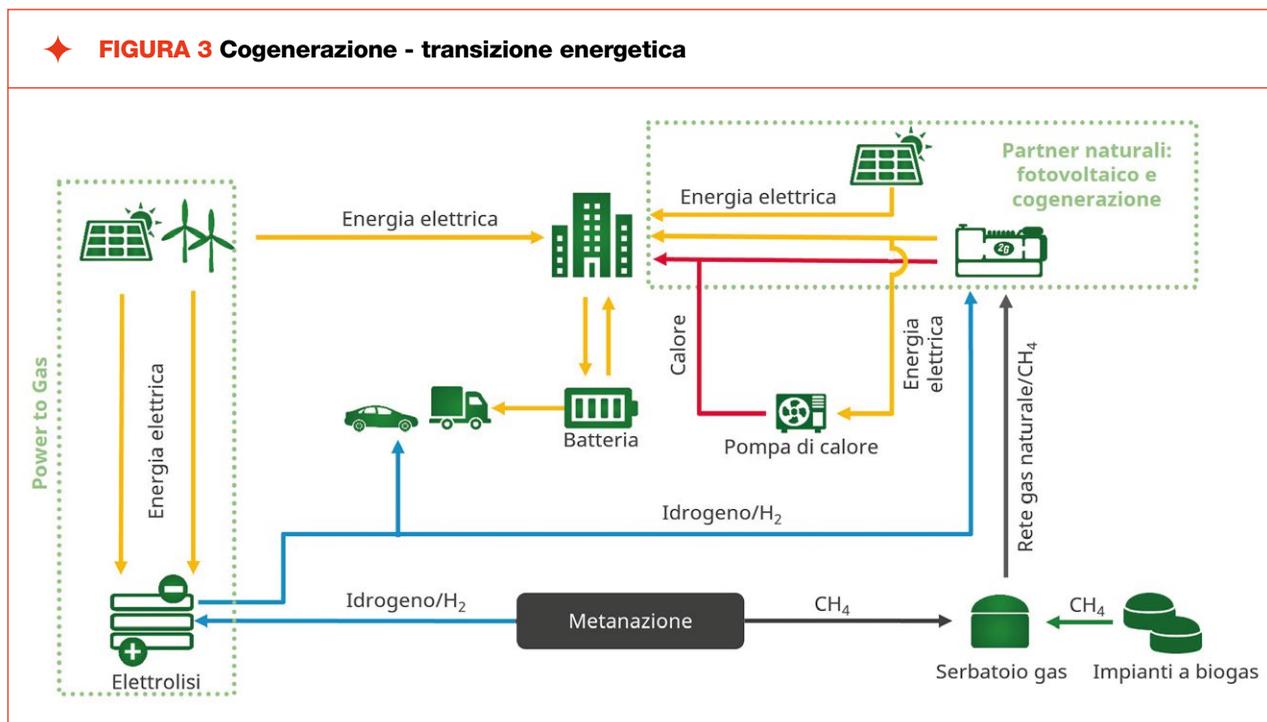
La cogenerazione potrebbe inoltre beneficiare di soluzioni ibride, come l'integrazione con sistemi di cattura e utilizzo della CO₂ (CCUS), consentendo una transizione graduale dall'idrogeno blu (prodotto da metano con cattura della CO₂) all'idrogeno verde. Inoltre, la miniaturizzazione e la modularità degli impianti, compresi i microcogeneratori alimentati a idrogeno, permetteranno applicazioni più diffuse, anche in contesti di piccola scala. L'impiego di reti intelligenti (smart grid) e dell'intelligenza artificiale favorirà una gestione dinamica dei flussi energetici, minimizzando costi ed emissioni.

Infrastrutture e mercati per favorire la diffusione su larga scala

La disponibilità di infrastrutture adeguate rimane un nodo cruciale. Le reti del gas naturale potrebbero essere progressivamente riconvertite per trasportare miscele gas naturale-idrogeno, fino ad arrivare a pipeline dedicate esclusivamente all'H₂. Paesi come Regno Unito, Paesi Bassi e Germania stanno valutando la costruzione di reti dedicate. L'European Hydrogen Backbone mira a convertire fino a 40.000 km di gasdotti esistenti entro il 2040, collegando aree di produzione a basso costo – potenzialmente anche extraeuropee – con i grandi hub industriali del continente.

Un approvvigionamento affidabile e costante di idrogeno verde semplificherebbe la pianificazione degli investimenti

◆ **FIGURA 3 Cogenerazione - transizione energetica**



in cogeneratori, riducendo il rischio finanziario e favorendo l'adozione su vasta scala della tecnologia. La definizione di standard qualitativi per l'idrogeno consentirebbe, inoltre, scambi internazionali, rendendo il gas una vera commodity energetica globale.

Ricadute socioeconomiche e formazione del capitale umano

La transizione verso l'idrogeno e la cogenerazione a idrogeno, in particolare, potrebbe generare significative opportunità per l'economia e l'occupazione. Secondo l'AIE e la Commissione Europea, la filiera dell'idrogeno potrebbe creare centinaia di migliaia di posti di lavoro entro il 2050. La collaborazione tra università, centri di ricerca e industrie favorirà la nascita di un ecosistema dell'innovazione, mentre i programmi formativi dedicati all'idrogeno, già presenti in alcuni istituti tecnici e atenei, garantiranno la formazione di una forza lavoro qualificata, capace di gestire impianti complessi in modo sicuro ed efficiente.

L'accettazione sociale giocherà un ruolo chiave. Coinvolgere i decisori politici, le comunità e le associazioni di categoria, nonché condurre campagne informative, consentirà di superare diffidenze e timori legati all'infiammabilità dell'idrogeno. In realtà, l'industria chimica e petrolchimica gestisce idrogeno da decenni, e i progressi tecnologici nel campo della sicurezza rendono oggi affrontabili le sfide con protocolli rigorosi, certificazioni e sistemi di monitoraggio avanzati.

Verso un futuro integrato tra idrogeno, rinnovabili e neutralità climatica

La cogenerazione a idrogeno si inserisce in un processo di trasformazione del sistema energetico più ampio, in cui fonti rinnovabili, elettrificazione intelligente, digitalizzazione delle

reti e principi di economia circolare concorrono al raggiungimento degli obiettivi climatici. L'idrogeno funge da collegamento tra diversi settori (power-to-steel, power-to-chemicals, power-to-heat), accumulando e trasportando energia sotto forma chimica, rafforzando la capacità del sistema energetico di adattarsi alle variabili di domanda e offerta.

Nonostante restino ancora sfide da affrontare, l'industria, la ricerca e le istituzioni stanno operando congiuntamente per creare un ambiente favorevole alla diffusione dell'idrogeno nella cogenerazione. Man mano che i costi diminuiranno, le normative si stabilizzeranno e le infrastrutture si espanderanno, la cogenerazione a idrogeno potrà dare un contributo significativo al raggiungimento degli obiettivi climatici fissati dall'UE al 2050, in linea con i principi dell'Accordo di Parigi.

CONCLUSIONI

La riconversione del cogeneratore presso l'OTH Amberg-Weiden, realizzata con il supporto di 2G, dimostra che l'idrogeno nella cogenerazione non è più una semplice ipotesi di lavoro, ma un'opzione concretamente realizzabile. Questo esempio apre nuovi scenari: con politiche di supporto chiare, standard internazionali, infrastrutture adeguate, incentivi mirati e personale altamente qualificato, la tecnologia può diffondersi, integrandosi pienamente nel tessuto industriale europeo.

Ridurre le emissioni di CO₂, valorizzare le fonti rinnovabili e supportare la decarbonizzazione dei settori industriali più complessi non è più un obiettivo astratto. La cogenerazione a idrogeno si conferma un tassello fondamentale per trasformare la visione della neutralità climatica in azioni concrete. Se pubblico e privato sapranno superare le residue barriere normative ed economiche, questa tecnologia potrà evolvere da soluzione pionieristica a elemento portante di un nuovo paradigma energetico. In tal modo, la sostenibilità non sarà solo un obbligo etico, ma anche un'opportunità di innovazione, competitività e sviluppo economico solido e duraturo. ♦