

PROGETTO SMARTHYDROGRID

Avanzamento del progetto, risultati raggiunti e criticità riscontrate

Prof.ssa Anna Pinnarelli

Dip. di Ing. Meccanica, Energetica e Gestionale - UNICAL

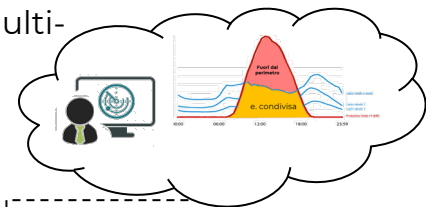
Rimini, 6 Marzo 2025



il progetto

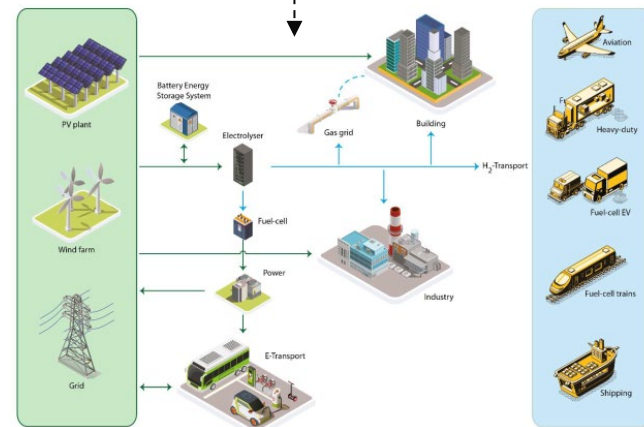
OBIETTIVO PRINCIPALE

- Sviluppo di nuovi modelli energetici ibridi basati sul sector coupling, con idrogeno rinnovabile come vettore di riferimento – Modelli multi-vettore e multi-settore
- Smart Grids e Tecnologie Abilitanti



SMARTHYDROGRID PROJECT *

Sviluppo di modelli energetici ibridi per lo stoccaggio di energia elettrica rinnovabile attraverso l'idrogeno, con l'obiettivo di collegare l'infrastruttura elettrica a quella gas (sector coupling) e aumentare la flessibilità della rete elettrica.

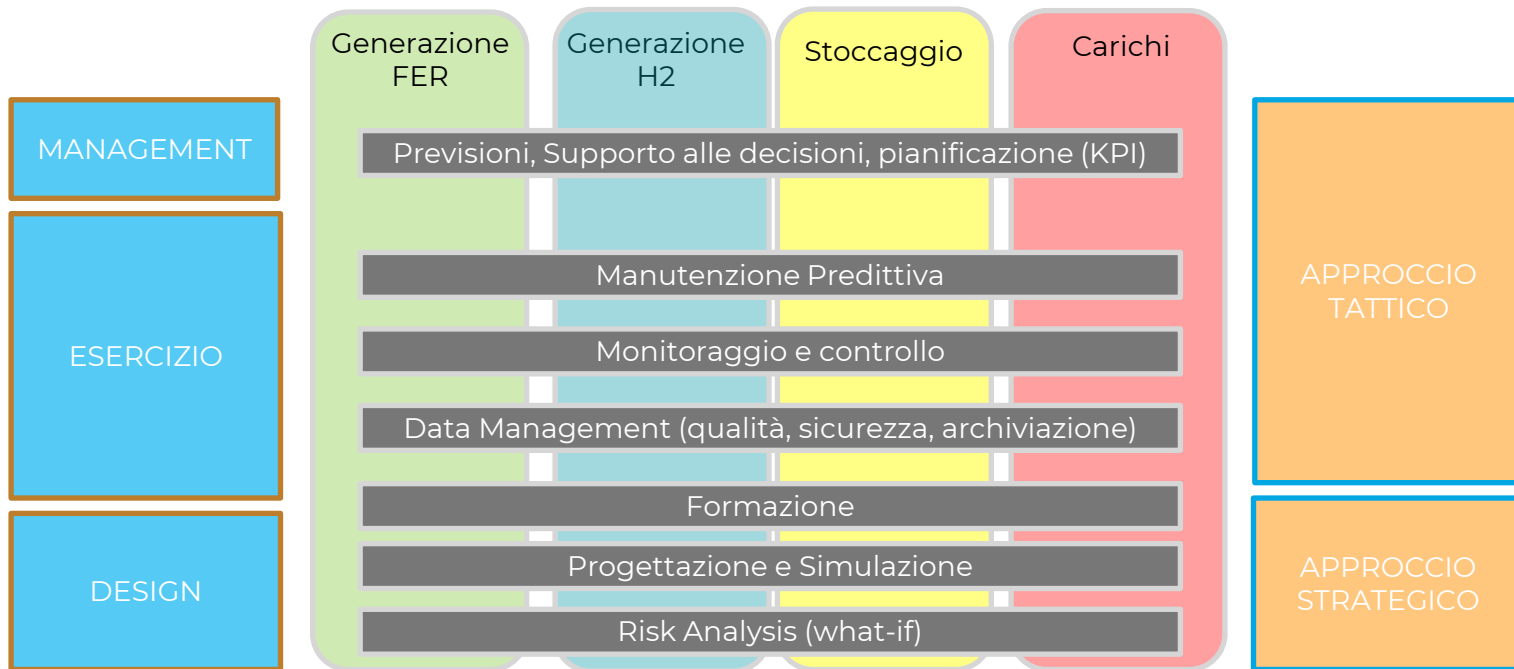


Fonte: Università della Calabria

* "SmartHydroGrid - Smart Hydrogen Microgrid per la transizione energetica e la decarbonizzazione profonda", identificativo n. RSH2B_000033, CUP F37H22002060004, nell'ambito dell'Investimento 3.5 "Ricerca e sviluppo sull'idrogeno", previsto nella Missione 2 "Rivoluzione verde e transizione ecologica", Componente 2 "Energia rinnovabile, idrogeno, rete e mobilità sostenibile", del PNRR, finanziato dall'Unione europea – Next Generation Eu a valere sul decreto del Ministro della Transizione Ecologica del 23 Dicembre 2021, art. 1, comma 5, lettera B

il digital twin

La convergenza delle tecnologie digitali abilita la gestione, l'elaborazione e l'analisi dati provenienti da sistemi integrati ed interconnessi. Permette di creare una rappresentazione digitale degli stessi a supporto delle fasi di progettazione, realizzazione e monitoraggio



il partenariato



-DISCLAIMER-

Progetto finanziato dall'Unione europea - NextGenerationEU. I punti di vista e le opinioni espresse sono tuttavia solo quelli degli autori e non riflettono necessariamente quelli dell'Unione europea, della Commissione europea, del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica. Né l'Unione europea, la Commissione europea, il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica possono essere ritenute responsabili per essi.



risultati raggiunti

Definizione specifiche SmartHydroGrid

- individuazione dei requisiti generali del sistema, dettagliando gli elementi base della microgrid
- dettaglio e definizione dei vari strati dell'infrastruttura (fisica, software e cloud)

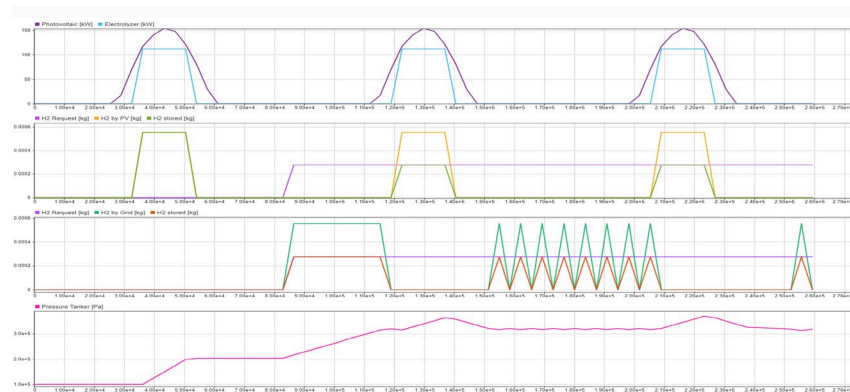
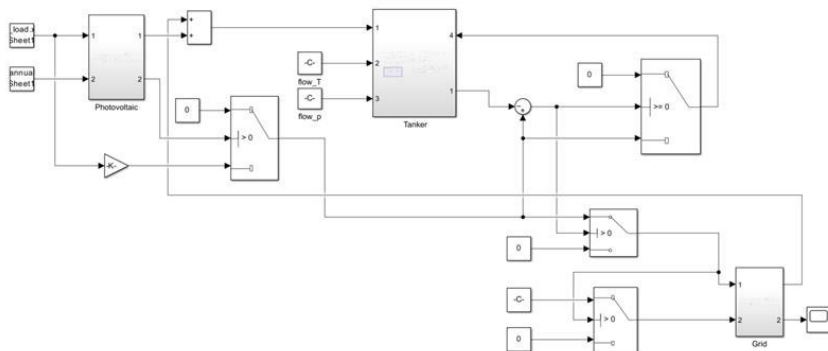
Definizione specifiche Digital Twin

- definizione dell'architettura generale della piattaforma
- caratterizzazione delle variabili target, connettività, scambio ed elaborazione dei dati, metodi per l'adattamento del modello e variabili di acquisizione

Definizione specifiche di un modello risk 4.0

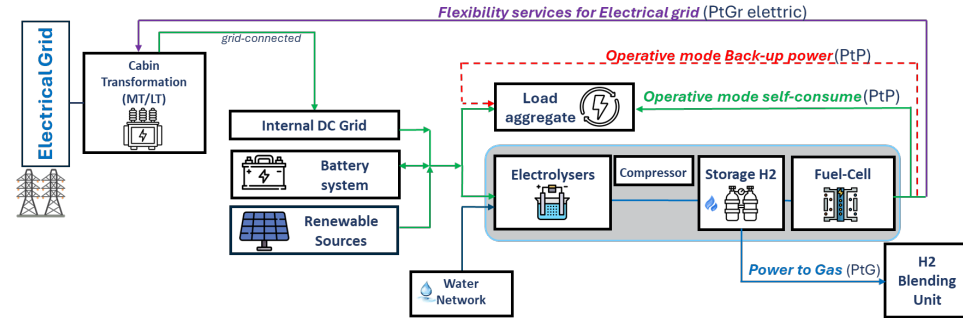
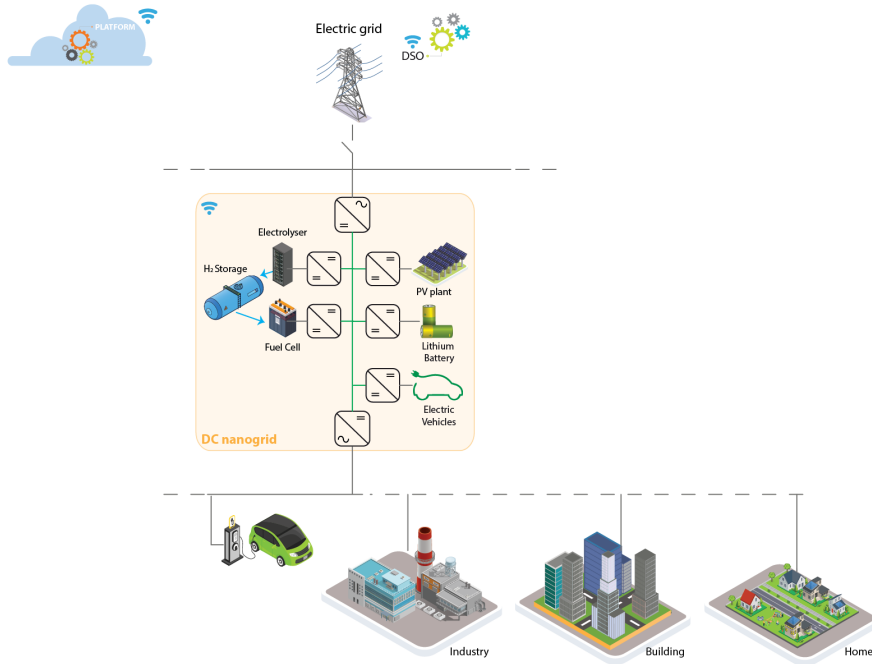
- specifica di un modello di supporto alle decisioni in ambito normativo e regolatorio

Modellazione Digital Twin in ambiente prototipale



risultati raggiunti

Soluzione architettrale per una SmartHydroGrid



Polygeneration hub:

- Power to Power (storage)
- Power to Power (self-consume)
- Power to Grid (flexibility services)
- Power to Gas (H2 injected in gas distribution grid)

risultati raggiunti

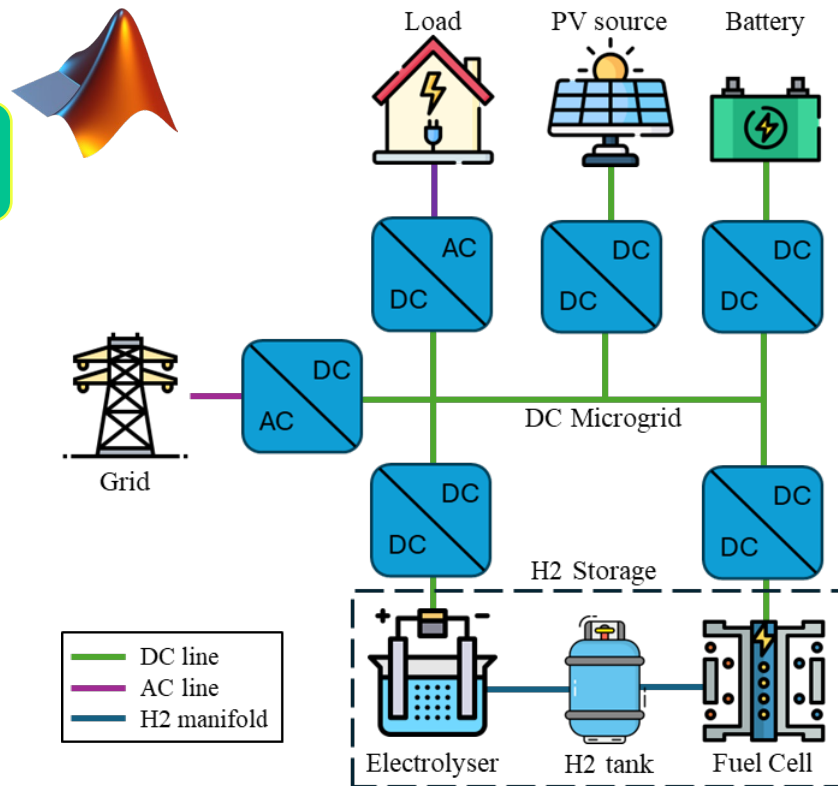
Modellazione dinamica dei componenti, sviluppo e implementazione della logica di controllo della SmartHydrogrid

Modellazione di microrete DC ibrida

- Accumulo convenzionale al litio
- Accumulo ad idrogeno
 - Fuel cell stack
 - Elettrolizzatori
 - Bombola ad idrogeno compresso
 - Ausiliari d'impianto
- Smart inverter per integrazione alla rete e smart converter per integrazione componenti
- Produzione fotovoltaica
- Carico aggregato

Controllo

- Controllo Decentrallizzato-distribuito (Logica DC Bus Signaling - DBS)
- Implementazione di una State Machine
- Gestione autonoma dei componenti connessi alla microrete





Modellazione, sviluppo ed implementazione degli algoritmi di ottimizzazione

Sizing ✓

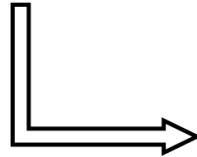
Dimensionamento ottimale dei componenti della microgrid al fine di:

- Aumentare l'energia rinnovabile autoconsumata
- Ridurre l'impatto sulla rete
- Produrre idrogeno verde



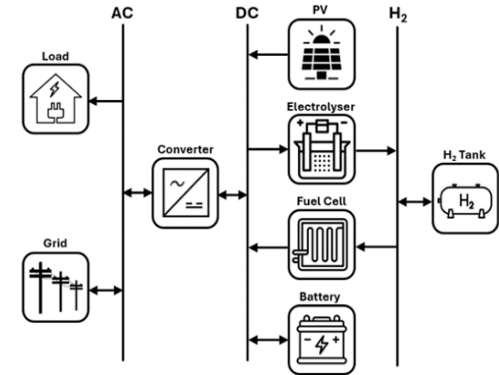
Day-Ahead Scheduling ✓

Pianificazione dei flussi di potenza tra i dispositivi e scambi con la rete.



Real-Time

Gestione in tempo reale degli sbilanciamenti tra i profili pianificati e quelli reali.



Architettura software

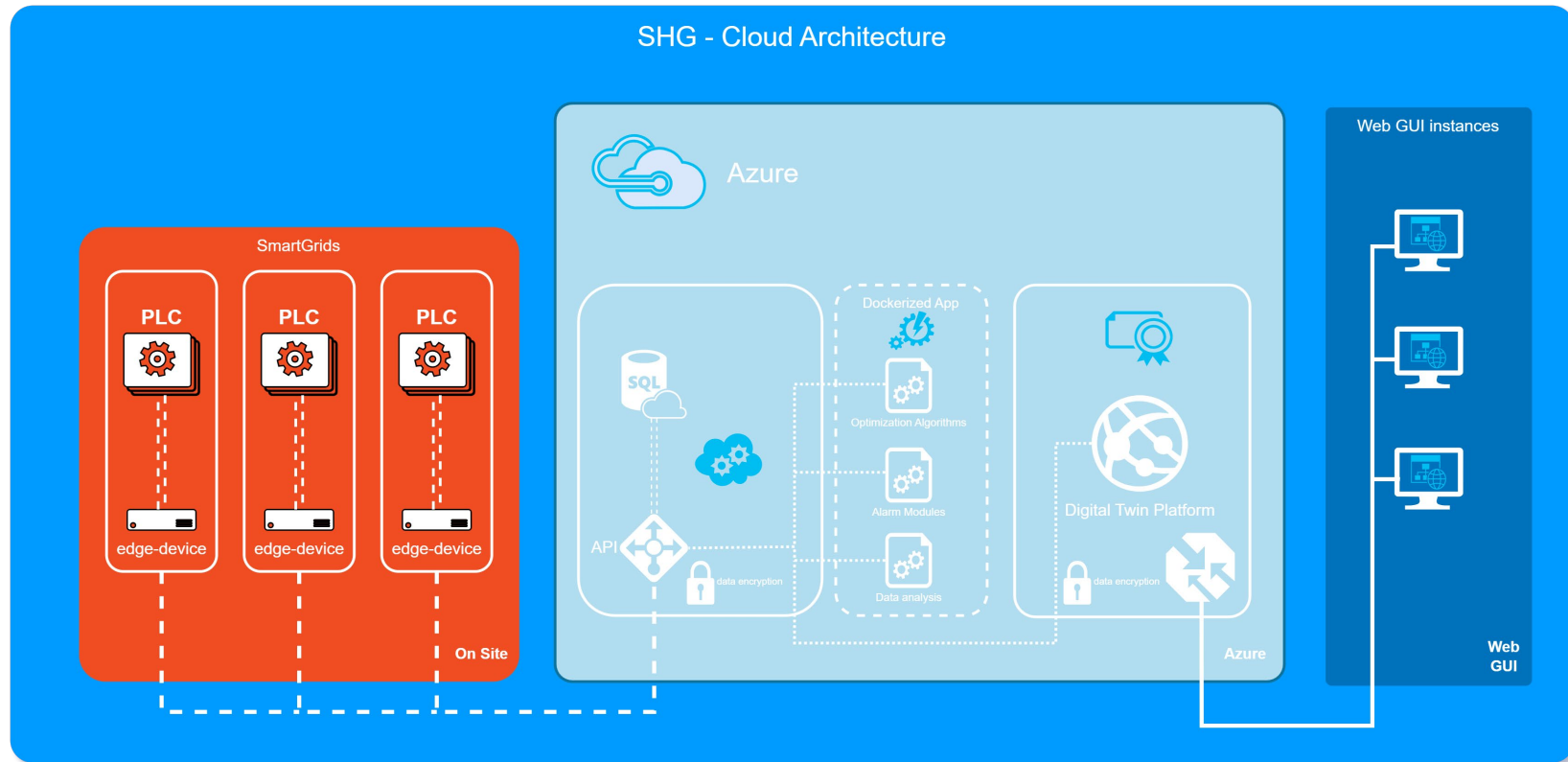


- Realizzazione di una **piattaforma cloud edge** basata su tecnologia Microsoft Azure e su dispositivi edge industriali
- Ogni **sito remoto** è controllato da un **edge node** che offre una serie di servizi sotto forma di container Docker (**raccolta** dati, **storicizzazione**, **invio** dati alla cloud, raccolta **configurazioni** da cloud, **attuazione** dei PLC macchina)
- I componenti in **cloud** si occupano **dell'aggregazione** dei dati da campo, dell'**analisi** con algoritmi intelligenti sviluppati da UniCal e del **monitoraggio** dell'infrastruttura mediante web dashboards (control room)



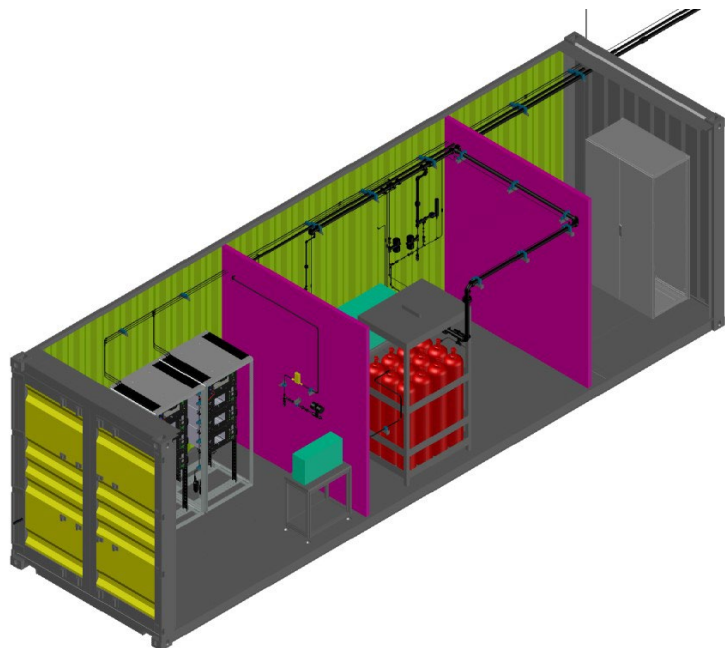
- Ad oggi, i componenti edge sono stati interamente sviluppati e saranno testati nei siti pilota nel secondo semestre 2025.
- Le componenti cloud sono in fase di analisi e sviluppo. La scelta di appoggiarsi al framework Azure garantisce **scalabilità e sicurezza**, ma impone una serie di **vincoli architettonici** che stanno rallentando lo sviluppo.

risultati raggiunti



Il sito pilota di Fano

Realizzazione sito pilota Power to Power small scale



Acquisti già effettuati

- sistema di elettrolisi 15 kWe
- sistema di purificazione idrogeno
- stack fuel cell 5 kWe, raffreddato ad aria

Acquisti in corso

- container di installazione impianto
- sistema di compressione fino a 200 bar
- sistema di stoccaggio fino a 200 bar
- sistema di demineralizzazione acqua
- sistema di controllo e acquisizione dati
- materiale bulk

Elementi di promozione e di limitazione nella regolazione dell'idrogeno

- Negli ultimi anni si è osservata una costante evoluzione di norme e provvedimenti legislativi che rafforzano e abilitano l'utilizzo di idrogeno. Prevista a breve la pubblicazione del DM che ne incrementa la percentuale al 5 e al 10%
- La prevenzione incendi è il settore in cui la normativa è forse più sviluppata, anche se i limiti introdotti sono estremamente cautelativi e trattengono lo sviluppo del mercato in Italia

Regolazione che promuove lo sviluppo dell'idrogeno

Concentrazione H₂ nella rete gas è questione aperta, non esiste una regola omogenea per tutti i paesi UE.

- **UNI EN 16726:2018** non fornisce prescrizioni circa la concentrazione di idrogeno ritenuta ammissibile per le immissioni nelle reti del gas naturale
- **Decreto MiTe, 18 maggio 2018** - "Regola tecnica sulle caratteristiche chimico fisiche e sulla presenza di altri componenti nel gas combustibile".

Potere calorifico superiore → **34,95 ÷ 45,28 MJ/Sm³**

Indice di Wobbe → **47,31 ÷ 52,33 MJ/Sm³**

Densità relativa → **0,555 ÷ 0,7**

- **Decreto MiTe, 3 giugno 2022** che ha innalzato al **2% vol il limite cautelativo per l'immissione di idrogeno nelle reti gas** (aggiornamento decreto MiTe 18.05.2018).
- **Decreto MiTe, 4 ottobre 2023** che ha innalzato al **53,00 MJ/Sm³** il limite superiore per l'Indice di Wobbe (aggiornamento decreto MiTe 18.05.2018)

Regolazione che pone limiti allo sviluppo dell'idrogeno

- **DPR n. 151/2011 - Allegato I: Elenco delle attività soggette alle visite e ai controlli di prevenzione incendi**
 - Depositi di gas infiammabili → solo se superiori a 0,75m³
 - Condotte con pressione superiore a 0,5MPa
 - Elettrolizzatori → quantità globali in ciclo dei gas infiammabili superiori a 25 Nm³/h

Gli impianti di produzione di idrogeno non sono esplicitamente inclusi nel DPR n. 151/2011

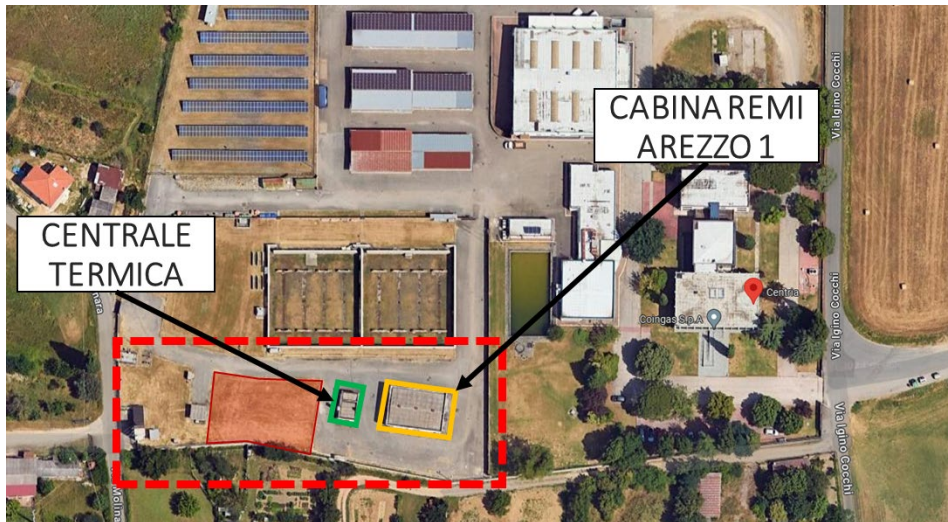
- **DM 07/07/2023**

Elementi costitutivi degli impianti

- a) elettrolizzatore;
- b) serbatoio tampone;
- c) sistema di compressione;
- d) stoccaggio di idrogeno;
- e) gruppo di riduzione e stabilizzazione della pressione;
- f) stazione di caricamento (baie di carico);
- g) tubazioni di collegamento
- h) area di sosta per i carri bombolai;
- i) locali destinati a servizi accessori.

Il sito pilota di Arezzo

Realizzazione sito pilota Power to Gas in scala industriale



Principali caratteristiche progettuali

- **PRODUZIONE:** L'elettrolizzatore produrrà idrogeno per scissione della molecola dell'acqua, utilizzando energia elettrica rinnovabile (nel progetto acquistata dalla rete)
- **STOCCAGGIO:** L'idrogeno verrà accumulato in pressione in un apposito pacco bombole (stoccaggio)
- **BLENDING:** Dallo stoccaggio, l'idrogeno verrà miscelato con gas naturale, in rapporto fino al 20% in volume, tramite la *blending unit*
- **CONSUMO:** La miscela Idrogeno + Gas Naturale verrà utilizzata per alimentare due pompe di calore (80kWt). L'acqua calda prodotta dalle pompe di calore verrà utilizzata nella cabina REMI, per il processo di preriscaldamento



Hydrogen



Hydrogen



ELETTROLIZZATORE

STORAGE H2

LOAD

Impatto del DM 7 luglio 2023 sul sito pilota di Arezzo

I limiti sulle distanze di sicurezza hanno costretto a riprogettare il dimensionamento dell'impianto, fino a renderlo compatibile con l'area disponibile.

PRESCRIZIONI NORMATIVE

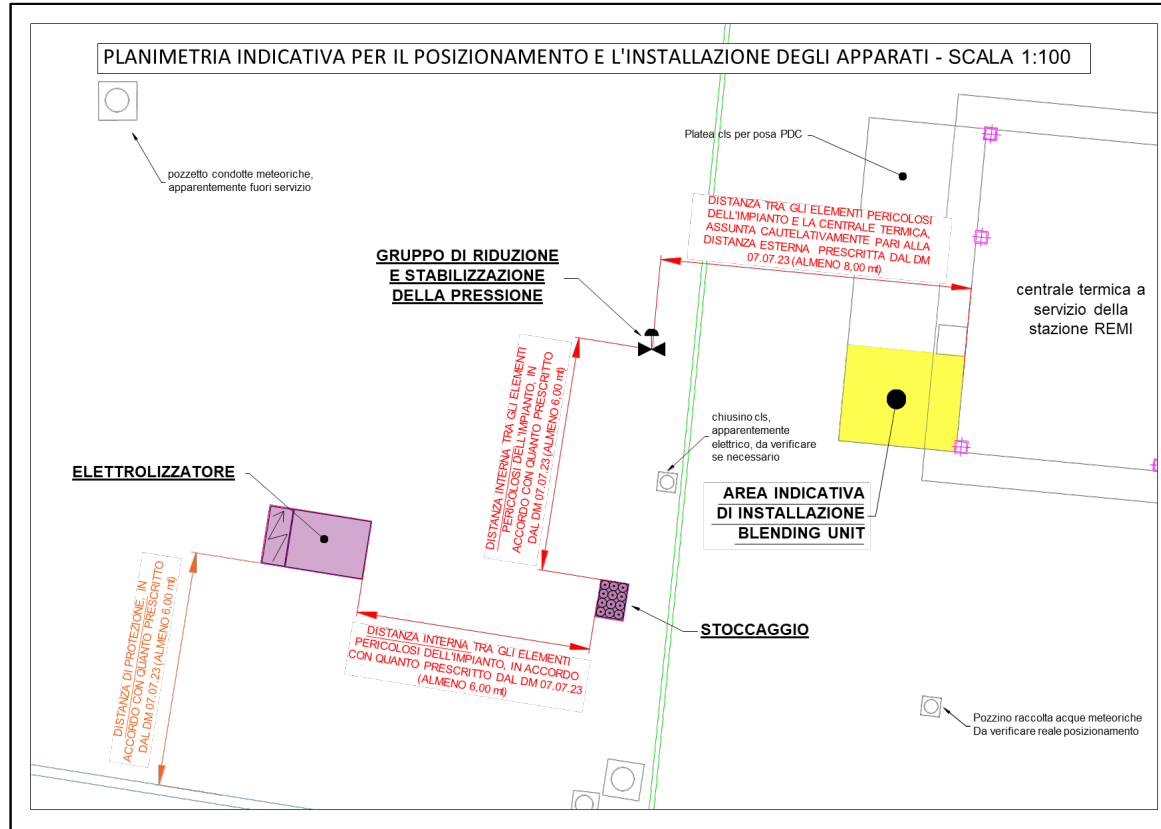
PRESSIONE IDROGENO (barg)	DISTANZE DI SICUREZZA (m)		
	ESTERNA	PROTEZIONE	INTERNA
$700 < P \leq 1000$	30	15	15
$500 < P \leq 700$	25	15	15
$300 < P \leq 500$	20	15	15
$100 < P \leq 300$	17	12	12
$50 < P \leq 100$	12	8	8
$30 < P \leq 50$	8	6	6
$10 < P \leq 30$	7	5	5
$P \leq 10$	5	3	3

IPOTESI REVISIONI PROGETTUALI

CONFIGURAZIONE IMPIANTISTICA	PRESSIONE MASSIMA IDROGENO	ESITO
1. PROGETTAZIONE <i>(Baseline)</i>	PRESSIONE MAX H2 450 barg	Mancato rispetto di TUTTE le distanze di sicurezza DM 07/07/2023 (cfr. Titolo IV - Par. 19.1)
2. REVISIONE PROGETTAZIONE <i>(Hyp. 1)</i>	PRESSIONE MAX H2 100 barg	Mancato rispetto delle distanze interne, eventuale approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio (cfr. Titolo IV - Par. 19.1)
3. REVISIONE PROGETTAZIONE <i>(Hyp. 2)</i>	PRESSIONE MAX H2 35 barg	Rispetto di TUTTE le distanze di sicurezza DM 07/07/2023 (cfr. Titolo IV - Par. 19.1)

Presentata al MASE la riprogettazione dell'impianto al fine di rispettare le prescrizioni normative del DM 07.07.2023
Il MASE non ha comunicato nei termini previsti alcun rilievo al resizing dell'impianto pilota.

risultati raggiunti





cosa resta da fare



- Realizzazione impianto pilota small scale Fano
- Realizzazione impianto pilota in scala industriale Arezzo
- Validazione degli algoritmi di ottimizzazione
- Integrazione Digital Twin su piattaforma cloud
- Test della piattaforma Digital Twin negli impianti pilota



Grazie per l'attenzione

Prof.ssa Anna Pinnarelli,
responsabile scientifico di progetto