

ALLEGATO III

Quadro strategico nazionale

**Sezione b:
Fornitura di idrogeno per il trasporto stradale**

INDICE

	<u>Pagina</u>
LISTA DELLE TABELLE	3
LISTA DELLE FIGURE	3
1 LE POLITICHE DELL'UNIONE EUROPEA PER IL SETTORE DEI TRASPORTI	4
2 LO STATO TECNOLOGICO	5
3 SCENARI EUROPEI	11
4 SCENARI ITALIANI	16
4.1 DIMENSIONAMENTO DEL PARCO VEICOLI FCEV	17
4.2 PRODUZIONE DELL'IDROGENO PER IL SETTORE DEI TRASPORTI	19
4.3 INTEGRAZIONE DELLE RINNOVABILI ELETTRICHE	21
5 DIMENSIONAMENTO DELLA RETE DI STAZIONI DI RIFORNIMENTO	22
6 LE PROSPETTIVE PER LA SOCIETA'	25
6.1 LA PROSPETTIVA DEL CONSUMATORE	25
6.2 RIDUZIONE DELLE EMISSIONI DI CO2 E DI ALTRI INQUINANTI DANNOSI ALLA SALUTE UMANA	25
7 MISURE DI SOSTEGNO	27
7.1 MISURE DI SOSTEGNO ALLO SVILUPPO DELL'IDROGENO E BARRIERE	27
7.2 BARRIERE ALLO SVILUPPO DELL'IDROGENO	27
7.3 MISURE GIURIDICHE	28
8 INTEROPERABILITA' A LIVELLO EUROPEO	311
9 ABBREVIAZIONI, ACRONIMI, UNITÀ DI MISURA E BIBLIOGRAFIA	322
9.1 ABBREVIAZIONI E ACRONIMI	322
9.2 UNITÀ DI MISURA	322
9.3 BIBLIOGRAFIA	333

RIFERIMENTI

APPENDICE A:

LISTA DELLE TABELLE

<u>Tabella No.</u>	<u>Pagina</u>
Tabella 1: Scenari di evoluzione tecnologica riportati nel report “Fuelling Europe's future. How auto innovation leads to EU jobs”	12
Tabella 2: Scenario MobilitàH2IT, riduzione dei principali inquinanti atmosferici attribuiti al trasporto su strada fino al 2050	26
Tabella 3: Iniziative UE per la sperimentazione e la diffusione dell'idrogeno per il trasporto	31

LISTA DELLE FIGURE

<u>Figura No.</u>	<u>Pagina</u>
Figura 1: Dipendenza energetica nel 2013 e spesa dei paesi europei in benzina e diesel nel 2012. Fonte: EUROSTAT	4
Figura 2: Emissioni dal pozzo alla ruota (well-to-wheel, WTW) vs autonomia per diverse opzioni tecnologiche di mobilità	5
Figura 3: La sfida dello stoccaggio energetico per la mobilità	6
Figura 4: Componenti di un'auto FCEV e previsioni di costo delle autovetture per tecnologia di alimentazione in Europa	7
Figura 5: Costo d'acquisto e TCO degli autobus per tecnologia di alimentazione in Europa	8
Figura 6: Flusso di cassa delle stazioni di rifornimento nella prima fase di sviluppo del mercato FCEV	9
Figura 7: La stazione idrogeno di Bolzano	10
Figura 8: Stock delle autovetture per tecnologia negli Stati Uniti, EU4 e Giappone nello scenario IEA 2DS high H ₂ fino al 2050	11
Figura 9: TCO delle diverse tecnologie automobilistiche (considerando un tasso di sconto del 5 %)	13
Figura 10: Proiezione del numero di stazioni di rifornimento a idrogeno previsto in Francia	14
Figura 11: Scenario MobilitàH2IT, stock autovetture FCEV fino al 2050	17
Figura 12: Scenario MobilitàH2IT, stock autobus FCEV fino al 2050	18
Figura 13: Scenario MobilitàH2IT, domanda H ₂ alla pompa veicoli FCEV fino al 2050	18
Figura 14: Scenario MobilitàH2IT, produzione H ₂ fino al 2050	20
Figura 15: Scenario MobilitàH2IT, costo di produzione e trasporto H ₂ fino al 2050	20
Figura 16: Scenario MobilitàH2IT, potenziale di integrazione delle rinnovabili elettriche fino al 2050	21
Figura 17: Scenario MobilitàH2IT, numero e tipologia stazioni rifornimento per autovetture FCEV e autobus FCEV fino al 2050	23
Figura 18: Possibile ubicazione delle stazioni di rifornimento previste al 2020 per autovetture FCEV (sx) e autobus FCEV (dx)	24
Figura 19: Possibile ubicazione delle stazioni di rifornimento previste al 2025 per autovetture FCEV (sx) e autobus FCEV (dx)	24
Figura 20: Scenario MobilitàH2IT, riduzione delle emissioni di CO ₂ rispetto al Reference Scenario fino al 2050	26
Figura 21: Scenario MobilitàH2IT, finanziamenti pubblici Europei e Nazionali necessari fino al 2025	28

1 LE POLITICHE DELL'UNIONE EUROPEA PER IL SETTORE DEI TRASPORTI

Nel settore dei trasporti, sostenere l'innovazione e l'efficienza, frenare la dipendenza dalle importazioni di petrolio e guidare il passaggio a fonti energetiche interne e rinnovabili rappresenta una via da seguire per raggiungere gli obiettivi chiave europei: stimolare la crescita economica, aumentare l'occupazione e mitigare i cambiamenti climatici. In particolare l'Italia presenta un livello di dipendenza energetica tra i più elevati a livello europeo, 76.9% al 2013. Nel 2012, l'import di petrolio grezzo è stato pari a 68.81 milioni di tonnellate e la spesa per benzina e diesel è stata pari a 24.63 miliardi di euro (Fuelling Europe's future. How auto innovation leads to EU jobs. Cambridge Econometrics (CE), in collaboration with Ricardo-AEA, Element Energy. 2013) (Figura 1).

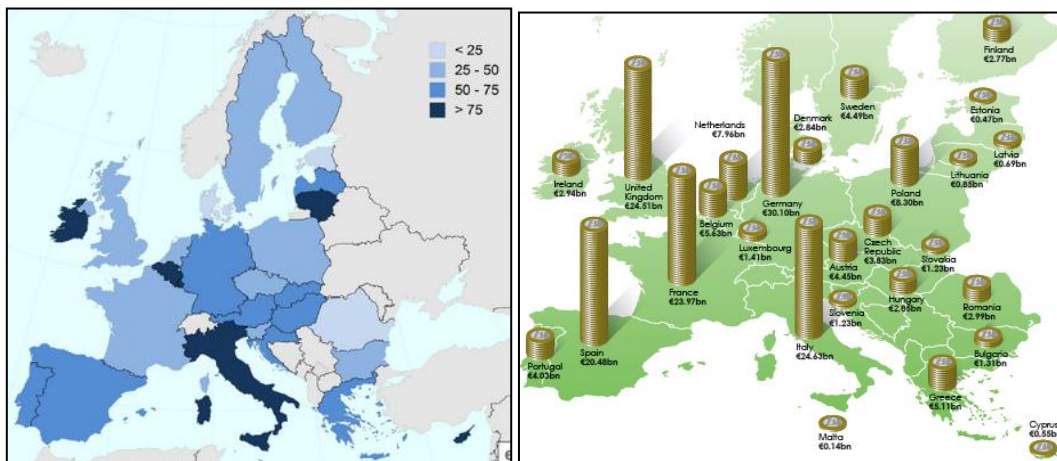


Figura 1: Dipendenza energetica nel 2013 e spesa dei paesi europei in benzina e diesel nel 2012. Fonte: EUROSTAT

Occorre quindi porsi obiettivi di riduzione dei consumi energetici da combustibili fossili, di riduzione delle emissioni di anidride carbonica e di miglioramento della qualità dell'aria anche tramite l'utilizzo dell'idrogeno.

2 LO STATO TECNOLOGICO

La produzione di idrogeno da energia elettrica e lo stoccaggio in forma gassosa o liquefatta rappresenta una valida opzione per aumentare la flessibilità del sistema energetico, consentendo l'integrazione di elevate quote di fonti rinnovabili non programmabili (fotovoltaico, eolico) e la riduzione delle emissioni di CO₂.

In particolare il trasporto su strada è un grande emettitore di anidride carbonica ed è necessario il passaggio a modi di trasporto più efficienti, come il trasporto di passeggeri e merci su rotaia. In alternativa, una sostanziale decarbonizzazione del settore dei trasporti su strada può essere ottenuta:

- 1) aumentando la quota di uso diretto di energia elettrica in veicoli elettrici a batteria (BEVs) e veicoli elettrici ibridi plug-in (PHEVs);
- 2) aumentando in modo significativo la quota di biocarburanti sostenibili (in particolare biometano), in combinazione con motori ad alta efficienza ibridi a combustione interna (ICEs) e PHEVs;
- 3) utilizzando FCEVs veicoli elettrici alimentati da idrogeno prodotto a basso tenore di carbonio.

Tutte e tre le opzioni possono contribuire in modo sostanziale alla riduzione delle emissioni (Figura 2), ma devono superare diverse barriere.

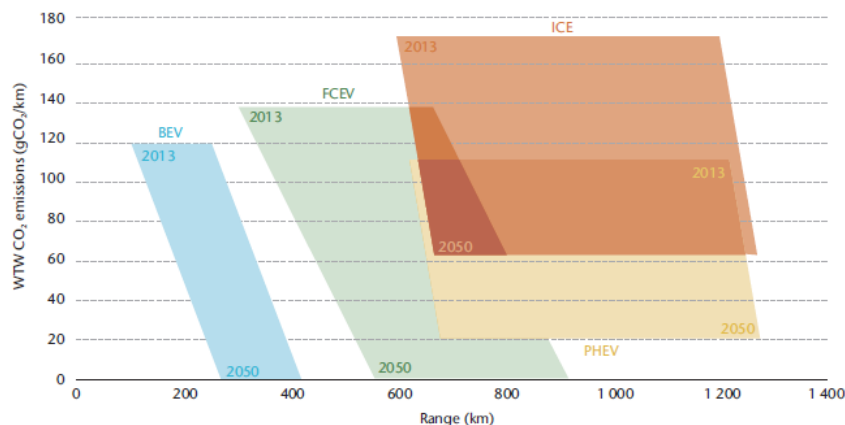


Figura 2: Emissioni dal pozzo alla ruota (well-to-wheel, WTW) vs autonomia per diverse opzioni tecnologiche di mobilità

I veicoli BEVs possono attingere da una produzione di energia elettrica e da un'infrastruttura di trasporto e distribuzione (T&D) già esistenti, nonché fare affidamento sul fatto che il loro impatto in termini di emissioni di CO₂ sarebbe ridotto dalla decarbonizzazione già in atto nel settore elettrico. In ogni caso occorre considerare che le batterie riscontrano un serio compromesso tra capacità e peso, nonché l'incertezza sull'autonomia e i lunghi tempi di ricarica che sono grandi preoccupazioni per l'accettabilità dell'utente finale. Nel caso dei biocarburanti, la produzione solleva dubbi per quanto riguarda la sostenibilità e la sottrazione

dal settore alimentare umano ed animale, in particolare tenendo conto che una considerevole quantità di biocarburanti saranno necessari per decarbonizzare il trasporto di merci su lungo raggio (su strada, aerei e marittimo).

I veicoli FCEV possono fornire un servizio di trasporto paragonabile ai veicoli di oggi e, allo stesso tempo, contribuire agli obiettivi di miglioramento dell'indipendenza energetica e di sicurezza climatica.

Le performance di stoccaggio dell'idrogeno sono migliori rispetto a quelle delle batterie elettriche (Figura 3). È possibile infatti immagazzinare 6 kg di idrogeno (circa 200 kWh) compresso a 700 bar in un serbatoio dal peso complessivo di 125 kg e dal volume di 260 litri, mentre per immagazzinare metà di quest'energia (100 kWh) in batterie elettriche agli ioni di litio occorrono 830 kg di peso e 670 litri di volume. Un serbatoio di 260 litri può rientrare perfettamente nel volume, necessariamente ridotto, di un veicolo, offrendo un'autonomia di 600 km, comparabile con quella offerta dai veicoli a benzina e chiaramente superiore alle ridotte autonomie dei veicoli a batteria BEVs attualmente sul mercato. Da ultimo, e diversamente dalle batterie, le performance di stoccaggio di un serbatoio di idrogeno non si deteriorano con il numero di cariche e scariche o con l'esposizione a temperature estreme.

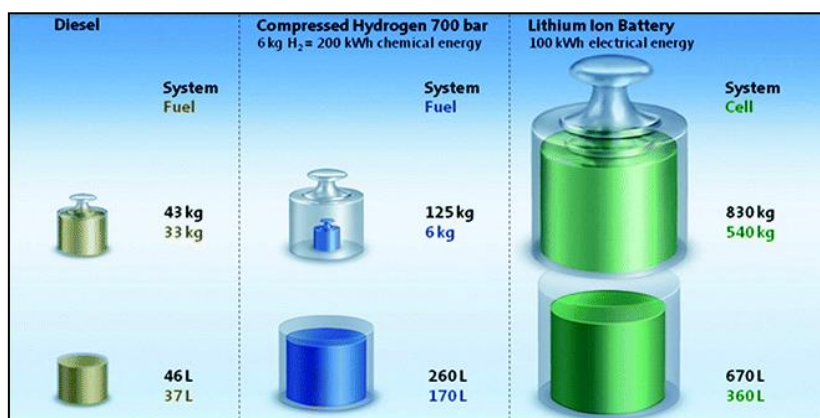


Figura 3: La sfida dello stoccaggio energetico per la mobilità

Attualmente circa 540 FCEVs (autovetture e autobus) sono in attività come vettura pilota in tutto il mondo, in particolare in Europa (192), Stati Uniti, Giappone, Corea del Sud (Technology Roadmap Hydrogen and Fuel Cells. IEA. Giugno 2015). I veicoli FCEVs sono essenzialmente veicoli elettrici che utilizzano idrogeno immagazzinato in un serbatoio pressurizzato e una cella a combustibile per la produzione di energia a bordo. I veicoli FCEVs sono anche auto ibride, l'energia di frenata viene recuperata e accumulata in una batteria. L'alimentazione elettrica della batteria viene usata per ridurre la domanda di picco della cella a combustibile in accelerazione e per ottimizzare l'efficienza operativa. I veicoli FCEVs sono usualmente riforniti con idrogeno gassoso a pressioni tra 35 MPa e 70 MPa. Attualmente, per le autovetture, l'efficienza su strada (fuel economy) è di circa 1 kg di idrogeno ogni 100 km percorsi, con autonomie da circa 500 km a 750 km e tempi di ricarica inferiori ai 5 minuti.

Nonostante i costi delle autovetture FCEV sono ad oggi elevati¹, il costo è previsto convergere entro il 2030 con quello delle altre tecnologie di alimentazione, grazie ad economie di scala (Figura 4, (En route pour un transport durable. Cambridge Econometrics. Novembre 2015)).

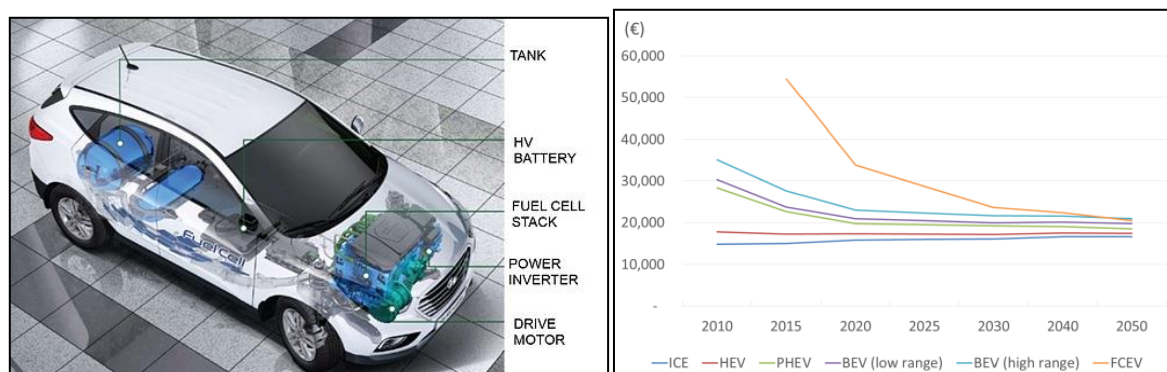


Figura 4: Componenti di un auto FCEV e previsioni di costo delle autovetture per tecnologia di alimentazione in Europa

A conferma dell'interesse nella tecnologia FCEV, alcune delle maggiori case automobilistiche mondiali hanno già integrato la tecnologia delle fuel cell ad idrogeno nei loro piani strategici e dai primi prototipi si è passati rapidamente, negli ultimissimi anni, alla produzione su scala commerciale.

Varie sperimentazioni hanno coinvolto anche il trasporto pubblico, sin dai primi anni '90. Negli ultimi 15 anni, in Europa, sono stati operativi autobus FCEV su circa 8 milioni di km, dimostrando che la tecnologia funziona, è flessibile, operativa e sicura. Un totale di 84 autobus FCEV sono operativi, o in procinto di esserlo, in 17 città e regioni in 8 paesi europei. Le autonomie quotidiane arrivano fino a 450 km, con efficienze di consumo di circa 8-9 kg di H₂/100 km, i tempi di rifornimento sono inferiori a 10 minuti. Gli autobus FCEV sono in grado di raggiungere lo stesso chilometraggio quotidiano degli autobus diesel convenzionali, hanno piena flessibilità di rotta e non richiedono alcuna infrastruttura lungo il percorso. La piattaforma europea "Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking" sta attivamente promuovendo e finanziando diversi progetti, da 10 fino a più di 20 autobus FCEV per località. I futuri costi d'acquisto degli autobus FCEV dipenderanno dalla rapidità nel raggiungere effetti di scala e dal cammino tecnologico seguito. In un percorso in grado di cogliere sinergie di tecnologia con il mercato FCEV automobilistico (Automotive FC), i costi d'acquisto e i TCO (Total Cost of Ownership) potrebbero essere pressoché alla pari con la tecnologia diesel ibrida entro il prossimo decennio (Fuel Cell Electric Buses, Potential for Sustainable Public Transport in Europe. A Study for the Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking. Settembre 2015) (Figura 5).

¹ I prezzi annunciati fino ad oggi sono stati fissati, per le autovetture, a circa 60.000 euro.

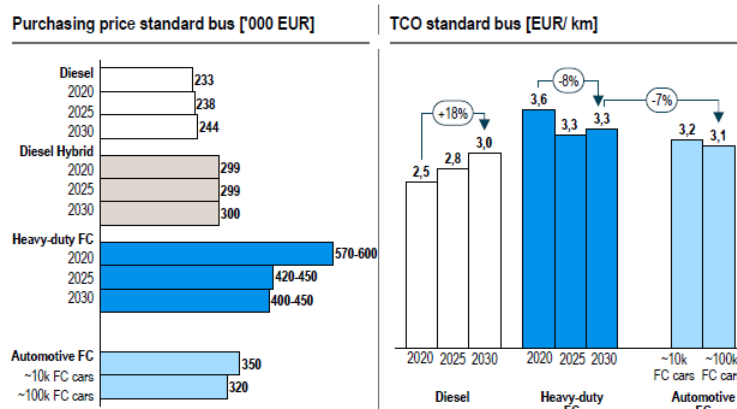


Figura 5: Costo d'acquisto e TCO degli autobus per tecnologia di alimentazione in Europa

Le stazioni di rifornimento di idrogeno possono essere alimentate in due diversi modi:

- 1) Produzione di idrogeno in sito direttamente nella stazione di rifornimento;
- 2) Produzione di idrogeno in impianti centralizzati e trasporto alla stazione di rifornimento.

Sia nella produzione in sito, che nella produzione centralizzata, è possibile l'utilizzo di elettrolizzatori o steam methane reformers (SMR). Ogni approccio ha i suoi vantaggi e compromessi. Mentre la produzione centralizzata di idrogeno offre economie di scala per minimizzare il costo di generazione dell'idrogeno, la necessità di distribuire l'idrogeno comporta costi di trasporto. Per la generazione di idrogeno decentralizzata è vero esattamente il contrario.

In una prospettiva di incremento della produzione elettrica mediante fonti rinnovabili, appare strategico localizzare la produzione di idrogeno da elettrolisi in prossimità dei siti di produzione da RES (sia in modalità in sito che centralizzata), sfruttandone la produzione in surplus. Questi impianti, dotati di propri sistemi di accumulo, avranno maggiori caratteristiche di dispacciabilità, le fonti rinnovabili diventeranno "più programmabili".

Garantire una densità minima di stazioni di rifornimento di idrogeno è un prerequisito fondamentale per raggiungere l'interesse dei consumatori e garantire un ampio mercato per i veicoli FCEV. Attualmente è stimato che circa 300 stazioni sono già state realizzate, principalmente dalle aziende Air Liquide, Linde, Air Products (partner italiano è il Gruppo SAPIO), H₂ Logic, particolarmente in Germania, Giappone, Stati Uniti (California) e in Nord Europa (Danimarca e Olanda) negli ultimi dieci anni (Hydro-gen: the energy transition in the making! Pierre-Etienne Franc, Pascal Mateo. Manifesto. 2015.). Sia in Germania che in Giappone ci sono piani per costruire varie decine di nuove stazioni di rifornimento di idrogeno nei prossimi anni, in modo da completare l'esistente rete.

Le caratteristiche progettuali di una stazione di rifornimento di idrogeno sono determinate dalla domanda giornaliera di idrogeno, dalla modalità di stoccaggio dell'idrogeno a bordo dei veicoli (ad esempio la pressione a 350 bar o 700 bar), e il modo in cui l'idrogeno viene consegnato o prodotto in stazione.

Il rischio di investimento associato con lo sviluppo delle stazioni di rifornimento è dovuto principalmente all'elevato investimento di capitale e ai costi operativi, nonché il sottoutilizzo degli impianti durante la prima fase di sviluppo del mercato FCEV, che può portare a un flusso di cassa negativo nei primi 10-15 anni (Figura 6).

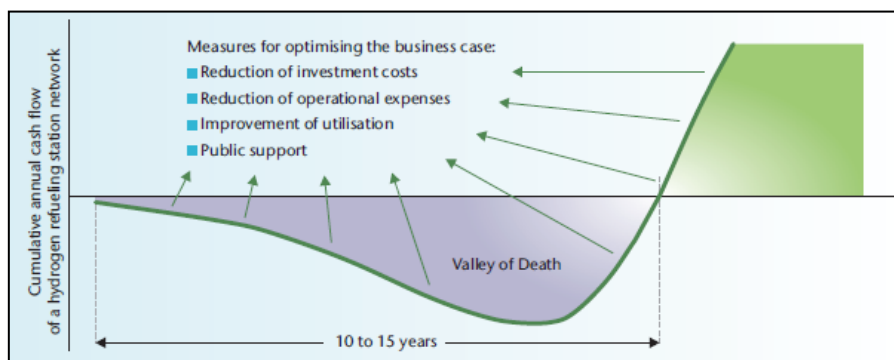


Figura 6: Flusso di cassa delle stazioni di rifornimento nelle prima fase di sviluppo del mercato FCEV

Questa lunga "valle della morte" può essere minimizzata riducendo i costi di capitale e di esercizio e massimizzando l'utilizzo della risorsa, ma per coprire il periodo di flusso di cassa negativo, il sostegno pubblico appare necessario durante la fase di introduzione sul mercato dei veicoli FCEV.

Inoltre nella progettazione delle stazioni di rifornimento dell'idrogeno è importante l'armonizzazione delle norme europee e la loro essenzialità: i costi possono infatti diminuire, anche considerevolmente, se si riducono le prescrizioni normative nazionali che vanno oltre gli standard europei. Infine, sarà fondamentale garantire snellezza nelle pratiche autorizzative, evitando che tempi burocratici lunghi possano scoraggiare gli operatori del settore e rallentare la transizione verso una mobilità sostenibile.

Approfondimento: IL PROGETTO H2 ALTO ADIGE

In Italia spicca il progetto H2 Alto Adige. Produrre idrogeno, ovvero "carburante made in Alto Adige" generato tramite energie rinnovabili, stoccarlo, rifornire le silenziose vetture elettriche a emissioni zero per raggiungere una graduale indipendenza energetica, questa è l'idea alla base del progetto H2 di Bolzano. L'Alto Adige, nel 2006, ha deciso di perseguire questo importante obiettivo, attraverso una stretta collaborazione con l'Autostrada del Brennero SpA e grazie al sostegno del FESR, il Fondo Europeo per lo Sviluppo Regionale. L'impianto di produzione di Bolzano è considerato uno dei più grandi e innovativi a livello mondiale. I tre elettrolizzatori modulari sono in grado di produrre fino a 345 kg/giorno. L'idrogeno compresso e stoccato sotto forma gassosa attualmente può rifornire fino a 15

autobus urbani (con tratte giornaliere di 200-250 km) o fino a 700 vetture. Contemporaneamente alla messa in servizio del centro idrogeno sono stati avviati i progetti europei HYFIVE e CHIC.



Figura 7: La stazione idrogeno di Bolzano

3 SCENARI EUROPEI

Numerosi studi hanno recentemente analizzato possibili scenari di transizione energetica nel settore dei trasporti, con estensioni temporali fino al 2050.

Nel settore autovetture, nel “Technology Roadmap Hydrogen and Fuel Cells” (Technology Roadmap Hydrogen and Fuel Cells. IEA. Giugno 2015), pubblicato dall’IEA nel Giugno 2015, viene presentato uno scenario di introduzione delle autovetture FCEV fino al 2050 (Figura 8). Per quanto riguarda le autovetture FCEV, l’IEA prevede per i tre principali mercati, Stati Uniti, EU4 (Francia, Germania, Regno Unito, Italia) e Giappone i seguenti target commerciali:

- 2020: saranno in circolazione circa 30,000 FCEVs;
- 2025: le vendite annue raggiungono i 400,000 FCEVs;
- 2030: le vendite cumulate raggiungono gli 8 milioni di FCEVs (2,3 milioni di vendite annue);

2050: la quota di FCEVs sul totale delle vendite di autovetture è di circa il 30% (25% lo share sullo stock complessivo dei veicoli in circolazione), la frazione di veicoli convenzionali ICE e ibridi senza la possibilità di inserimento nella rete elettrica dovrà scendere a circa il 30 % del parco veicoli.

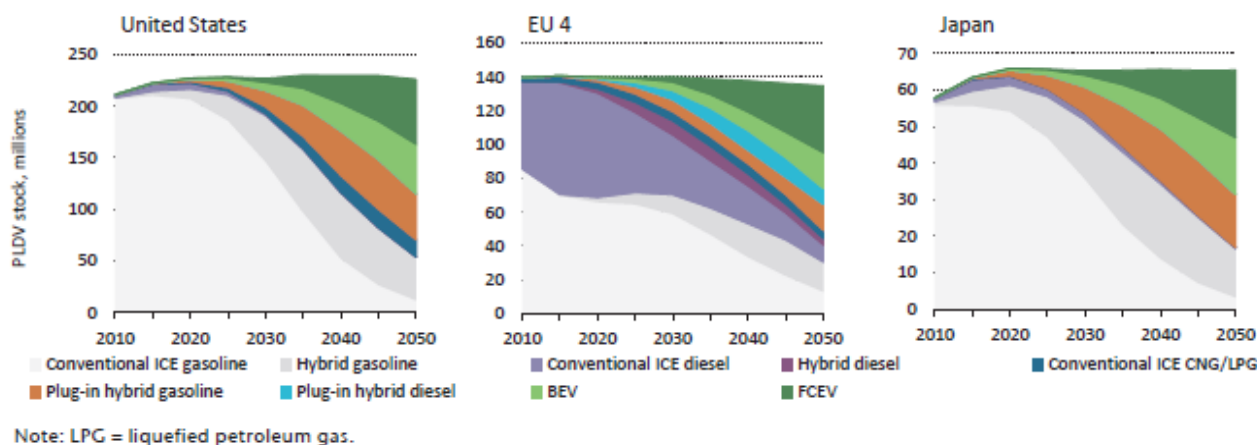


Figura 8: Stock delle autovetture per tecnologia negli Stati Uniti, EU4 e Giappone nello scenario IEA 2DS high H₂ fino al 2050

Inoltre, per comprendere gli impatti macro-economici della transizione verso una mobilità alternativa, nell'arco di tempo 2010-2050, il Report “Fuelling Europe's future. How auto innovation leads to EU jobs” (Fuelling Europe's future. How auto innovation leads to EU jobs. Cambridge Econometrics (CE), in collaboration with Ricardo-AEA, Element Energy. 2013) ha sviluppato e analizzato cinque scenari di evoluzione tecnologica. Tali Scenari sono riassunti in Tabella 1.

Tabella 1: Scenari di evoluzione tecnologica riportati nel report “Fuelling Europe's future. How auto innovation leads to EU jobs”

Nome Scenario	Descrizione
<i>Reference Scenario (REF)</i>	Le emissioni di CO ₂ delle nuove vendite di autoveicoli in Europa rimangano agli attuali livelli di 135 g/km, la corrente suddivisione tra veicoli diesel e benzina rimane invariata e nessun ulteriore tecnologia viene introdotta per migliorare l'efficienza.
<i>Current Policy Initiatives (CPI)</i>	Raggiungimento dell'obiettivo proposto alle autovetture di 95 g/km nel 2020 e ai furgoni di 147 g/km nel 2020. Nessun ulteriore obiettivo politico viene fissato dopo il 2020, ci saranno comunque alcuni ulteriori progressi nella riduzione del consumo di carburante, guidati dalla preoccupazione dei consumatori per le emissioni di CO ₂ , dall'incremento nel prezzo del carburante e dal proseguimento nell'esistente sviluppo tecnologico (tasso di miglioramento inferiore all'1% all'anno dopo il 2020). L'introduzione di veicoli HEV nel nuovo parco auto raggiunge il 5% nel 2020, il 12 % nel 2030 e il 22 % entro il 2050.
<i>Scenario Tech1</i>	Lo scenario si propone di esplorare l'impatto di un'introduzione ambiziosa di veicoli HEV. Si presuppone una penetrazione di mercato per gli HEV del 10 % sulle nuove vendite di veicoli nel 2020, del 50 % nel 2030 e del 96 % nel 2050.
<i>Scenario Tech2</i>	Questo scenario presuppone una penetrazione di mercato dei veicoli HEV del 20 % nelle vendite di nuovi veicoli nel 2020, 42% nel 2030, 10 % nel 2050. I veicoli elettrici avanzati (PHEV, BEV, FCEV) vengono introdotti al 2.5 % nel 2020, 37 % nel 2030, 90 % nel 2050.
<i>Scenario Tech3</i>	Questo scenario presuppone un ritmo più rapido di introduzione dei veicoli elettrici avanzati (PHEV, BEV, FCEV), possibile con apposite misure di sostegno. Questo scenario presuppone una penetrazione di mercato dei veicoli elettrici avanzati del 9.5 % nel 2020, 80 % nel 2030 e 100 % nel 2050. I veicoli HEV raggiungono, nelle vendite di nuovi veicoli, il 20 % nel 2020, il 15 % nel 2030, il 0 % nel 2050.

Le innovazioni indagate negli scenari Tech1, Tech2 e Tech3 hanno portato alle seguenti conclusioni:

- Le emissioni dirette di CO₂ delle auto e dei furgoni vengono ridotte tra il 64 % e il 93 % entro il 2050, contribuendo al raggiungimento dell'obiettivo UE di riduzione delle emissioni complessive dei trasporti del 60%.
- Le emissioni degli inquinanti dannosi alla salute sono drasticamente tagliate, l'NOx di oltre l'85 %, il particolato fine di oltre il 70%.
- I consumatori selezionano i loro veicoli sulla base di un'un'ampia gamma di fattori, di cui il costo del capitale è solo un elemento. Nel calcolo dell'impatto complessivo sugli automobilisti legato al miglioramento nell'efficienza dei veicoli, è anche utile guardare al “Costo Totale di Proprietà” (Total Cost of Ownership, TCO), che include i costi del

carburante e la manutenzione. Utilizzando un tasso di sconto del 5 % i TCO delle diverse tecnologie automobilistiche sono attesi convergere verso il 2020 (ad eccezione dei FCEV), con il TCO di tutti i propulsori inferiore a quello del 2010, nonostante la previsione di un significativo (circa +30%) aumento del prezzo dei combustibili (Figura 9). Invece i veicoli FCEV avvicinano i TCO delle altre tecnologie a partire dal 2030.

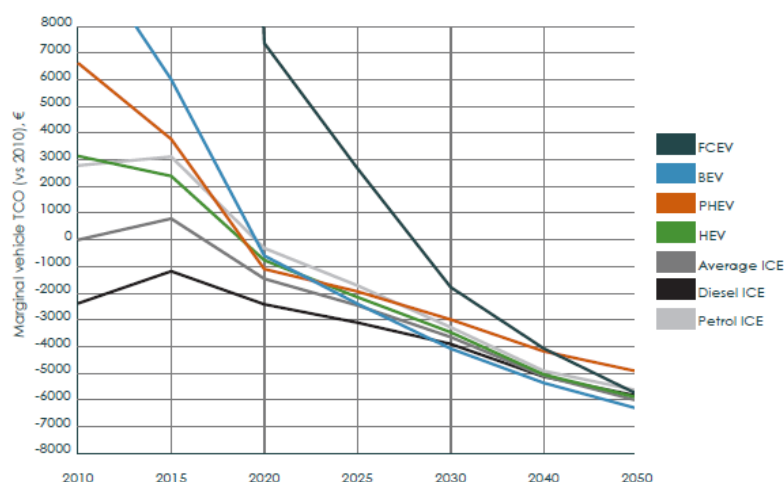


Figura 9: TCO delle diverse tecnologie automobilistiche (considerando un tasso di sconto del 5 %)

- Il passaggio a combustibili alternativi, può avere un impatto positivo sull'economia europea. In primo luogo, porta a una maggior efficienza nei veicoli.
- Gli investimenti nelle infrastrutture per il rifornimento hanno un impatto positivo sul PIL, perché stimolano l'industria nazionale e richiedono un alto input di lavoro nella catena di fornitura.
- L'Europa eccelle nella tecnologia per il settore automobilistico, un aumento della spesa per veicoli a basse emissioni di carbonio creerà lavoro. Tra 660.000 e 1,1 milioni di nuovi posti di lavoro (al netto dell'intera forza lavoro) potranno essere generati entro il 2030. Nel 2050, questi valori salgono tra 1.9 e 2.3 milioni di nuovi posti di lavoro. La transizione verso veicoli a basse emissioni di carbonio genererà la domanda di nuove competenze nella forza lavoro. L'Europa potrà sviluppare adeguati percorsi formativi per far crescere le necessarie competenze nella sua futura forza lavoro.
- L'analisi suggerisce anche che la tassazione della maggior attività economica risultante da un passaggio ai veicoli a basse emissioni in gran parte compensa le entrate fiscali perse dalla vendita dei combustibili convenzionali (benzina e diesel).

Passando al settore autobus, a livello europeo è prevista l'attuazione di progetti dimostrativi su larga scala, con un totale da circa 300 a 400 autobus FCEV in Europa entro il 2020 [19].

Questo scenario prevede un volume totale di 8,000-10,000 autobus FCEV necessari fino al 2025.

Alcune importanti iniziative europee hanno già iniziato a sostenere l'introduzione dell'idrogeno come carburante per il trasporto attraverso lo sviluppo e l'attuazione di una strategia nazionale. Queste sono :

- Regno Unito: "UK H2 Mobility" (www.ukh2mobility.co.uk);
- Francia: "Mobilité hydrogène France" (www.afhypac.org) (Figura 10);
- Scandinavia: "Scandinavian Hydrogen Highway Partnership" (www.scandinavianhydrogen.org);
- Germania: "H2 Mobility" (h2-mobility.de).

Le prime indicazioni quantitative risultano essere:

Paese	FCEV 2020	FCEV 2025	FCEV 2030	HRS 2020	HRS 2025	HRS 2030
Regno Unito	-	-	1.600.000	-	-	1.150
Francia	2.500	167.000	773.000	21	355	602
Germania	156.000	658.000	1.773.000	377	779	992

Iniziative simili sono in fase di lancio anche in altri paesi europei come Austria, Belgio, Finlandia, Paesi Bassi, Svizzera.

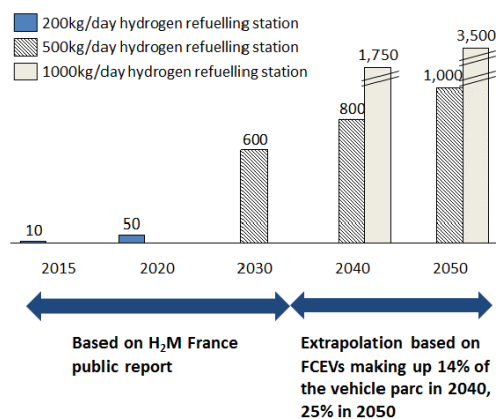


Figura 10: Proiezione del numero di stazioni di rifornimento a idrogeno previsto in Francia

I progetti di cui sopra dimostrano che lo sviluppo di idrogeno come combustibile alternativo è possibile quando si trova:

- una strategia stabilita per diffondere le stazioni di rifornimento di idrogeno;
- un forte sostegno del governo nazionale e locale (legislativo e finanziario);

- una presenza importante di attori industriali nel campo dell'idrogeno;
- un potenziale di produzione di idrogeno "green".

Questi possono essere riconosciuti come elementi fondamentali per la definizione di una strategia per la mobilità a idrogeno.

4 SCENARI ITALIANI

Il seguente contesto caratterizza lo stato attuale del settore dei trasporti in Italia:

- Al 2014 il settore dei trasporti rappresentava il 31,8 % dei consumi finali totali di energia (38.117 ktep su un totale di 119.769 ktep)².
- Al 2013 le emissioni atmosferiche attribuibili al settore trasporti rappresentavano il 24% delle emissioni totali nazionali (104,9 Mt CO_{2eq} su un totale di 438,0 Mt CO_{2eq})³.
- L'Italia è il Paese dell'Unione europea che registra più morti premature a causa dell'inquinamento dell'aria. In Italia nel 2012 59.500 decessi prematuri sono attribuibili al particolato fine (PM 2,5), 3.300 all'ozono (O₃) e 21.600 al biossido di azoto (NO₂) (Air quality in Europe. European Environmental Agency. 2015 Report).
- Per quanto riguarda il trasporto su strada, al 2014 la consistenza del parco veicolare è risultata pari a circa 49,2 milioni di veicoli, tra cui: 37,1 milioni di autovetture, 6,5 milioni di motocicli, 3,9 milioni di autocarri per merci, 97.914 autobus. Tra le autovetture la predominanza è netta per l'alimentazione a benzina (51%) e gasolio (41%), seguono le alimentazioni ibride benzina/GPL (6%) e benzina/metano (2%). Allo stato attuale, la presenza di veicoli elettrici avanzati (PHEV, BEV, FCEV) è pressoché nulla. (Annuario Statistico ACI 2015)

La definizione degli obiettivi nazionali è basata su una modellazione analitica di dettaglio estesa fino al 2050, prendendo in considerazione i seguenti aspetti:

- obiettivi ambientali per la riduzione dei gas serra e delle emissioni inquinanti;
- futura flotta di veicoli alternativi attesi per diversi orizzonti temporali e stima della domanda futura di idrogeno⁴;
- produzione dell'idrogeno e aumento della rete di alimentazione (cioè l'implementazione di un'infrastruttura adeguata) per favorire lo sviluppo della mobilità alternativa e, di conseguenza, per soddisfare le future esigenze della domanda.

L'intera analisi è stata scomposta nelle seguenti aree:

1. Dimensionamento del parco veicoli FCEV;
2. Produzione dell'idrogeno per il settore dei trasporti;
3. Integrazione delle rinnovabili elettriche;
4. Dimensionamento delle stazioni di rifornimento;

² I dati del bilancio energetico nazionale MiSE

³ I dati delle emissioni di gas ad effetto serra sono di fonte UNFCCC così come comunicati per l'Italia da ISPRA secondo il mandato stabilito dal Decreto legislativo 51/2008

⁴ Lo scenario di introduzione dell'idrogeno nella mobilità italiana (denominato Scenario MobilitàH2IT), proposto in questa sezione è stato modellato tenendo conto degli studi di riferimento illustrati nel precedente Capitolo, adattandoli al contesto italiano

5. La prospettiva del consumatore;
6. Riduzione delle emissioni di CO₂ e di altri inquinanti dannosi alla salute umana;
7. Misure di sostegno allo sviluppo dell'idrogeno.

4.1 DIMENSIONAMENTO DEL PARCO VEICOLI FCEV

La vendita di autovetture FCEV proposta nello Scenario MobilitàH2IT è riportata in Figura 11 per il contesto italiano⁵. Lo scenario di vendita in Italia delle autovetture FCEV pone come punto di partenza un'introduzione di 1.000 autovetture entro il 2020, per poi raggiungere uno stock di circa 27.000 al 2025 (0,1% del parco veicoli italiano), circa 290.000 al 2030 (0,7% del parco veicoli italiano) e circa 8,5 Milioni al 2050 (20% del parco veicoli italiano).

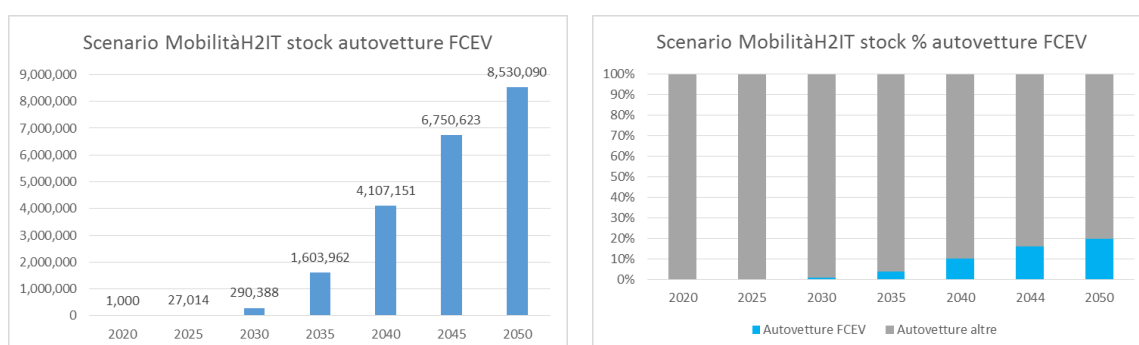


Figura 11: Scenario MobilitàH2IT, stock autovetture FCEV fino al 2050

Passando agli autobus, lo scenario di ramp-up italiano è indicato in Figura 12⁶. Lo scenario di vendita in Italia degli autobus FCEV prevede obiettivi più ambiziosi rispetto alle autovetture. Gli operatori del trasporto pubblico, attivi in ambito cittadino, dovranno infatti garantire un ruolo guida nella transizione verso una mobilità alternativa, specialmente nelle prime fasi di mercato. Il punto di partenza è posto nell'introduzione di 100 autobus entro il 2020, per poi raggiungere uno stock di circa 1.100 al 2025 (1,1 % dello stock totale), circa 3.700 al 2030 (3,8 % dello stock totale) e circa 23.000 al 2050 (25,0 % dello stock totale).

⁵ Nel calcolo dello stock autovetture FCEV è stato considerato un life-time di 12 anni

⁶ Nel calcolo dello stock autobus FCEV è stato considerato un life-time di 12 anni

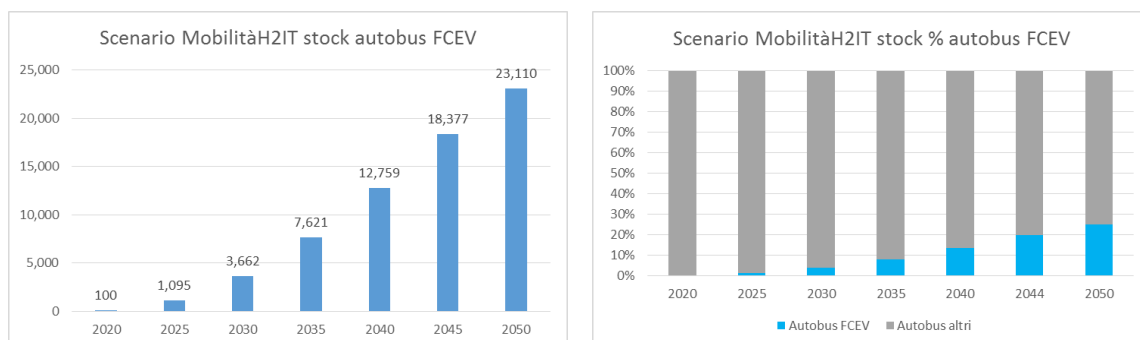


Figura 12: Scenario MobilitàH2IT, stock autobus FCEV fino al 2050

Un notevole miglioramento nella fuel economy delle autovetture e degli autobus FCEV è atteso fino al 2050, incrementando la competitività con i veicoli convenzionali ICE, soggetti anch'essi a miglioramenti ma in maniera meno marcata. Questo fa sì che la percentuale di finanziamento per gli acquirenti (eco-bonus), nella copertura del costo addizionale dei veicoli FCEV, potrà essere ridotta progressivamente.

La domanda di idrogeno alla pompa delle autovetture FCEV e degli autobus FCEV introdotti nello Scenario MobilitàH2IT, è indicata in Figura 13. Al 2020 è prevista una domanda alla pompa di circa 2.000 kg/giorno, portata a circa 25.600 kg/giorno al 2025.

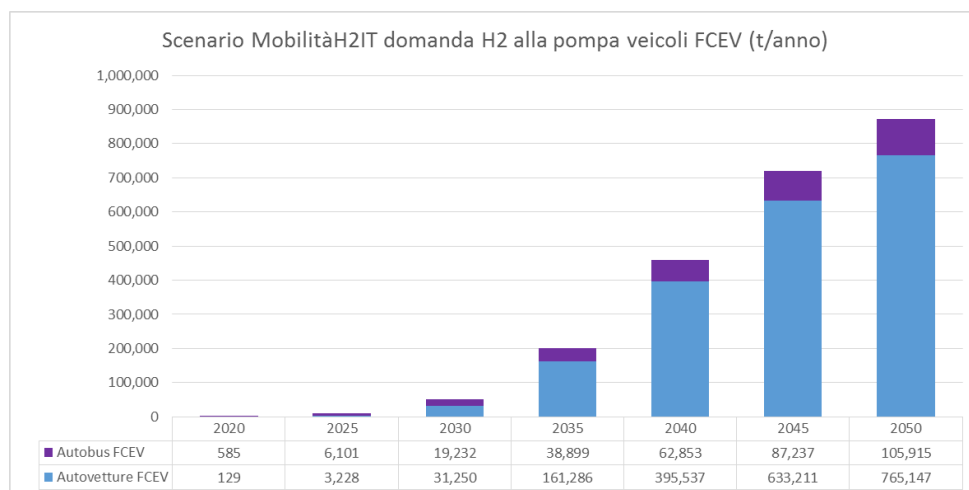


Figura 13: Scenario MobilitàH2IT, domanda H2 alla pompa veicoli FCEV fino al 2050

4.2 PRODUZIONE DELL'IDROGENO PER IL SETTORE DEI TRASPORTI

Negli scenari proposti l'idrogeno può essere prodotto secondo quattro diverse modalità operative:

- 1) Produzione di idrogeno in impianti centralizzati mediante SMR (H2 da SMR C) e trasporto gassoso su camion fino alla stazione di rifornimento;
- 2) Produzione di idrogeno in impianti centralizzati mediante elettrolisi da rinnovabili (H2 da ELR C) e trasporto gassoso su camion fino alla stazione di rifornimento;
- 3) Produzione di idrogeno on-site nella stazione di rifornimento mediante elettrolisi con energia elettrica da rete (H2 da ELG OS);
- 4) Produzione di idrogeno on-site nella stazione di rifornimento mediante elettrolisi con energia elettrica rinnovabile (H2 da ELR OS).

Attualmente, più del 95% dell'idrogeno viene prodotto da fonti fossili. La produzione centralizzata di idrogeno da SMR, a basso costo, permetterà di agevolare il periodo di transizione iniziale 2020-2030. Superata questa fase tutta la nuova produzione di idrogeno avverrà mediante elettrolisi. In particolare dovrà essere particolarmente incentivato l'utilizzo di energia rinnovabile prodotta on-site (autoconsumo). Lo Scenario MobilitàH2IT prevede una rapida transizione verso una produzione di idrogeno "green" da elettrolisi e il raggiungimento di risultati ambiziosi in termini di:

- 1) Maggior contributo dei veicoli FCEV nella riduzione delle emissioni di CO2;
- 2) Maggior indipendenza energetica nazionale;
- 3) Maggior potenzialità di integrazione delle fonti rinnovabili non programmabili (fotovoltaico, eolico).

La produzione di idrogeno, con relativo mix, nello Scenario MobilitàH2IT è indicata in Figura 14. Al 2020 è prevista una domanda di produzione pari a circa 2.500 kg/giorno (circa 1.500 kg/giorno da SMR e circa 1.000 kg/giorno da elettrolisi), portata a circa 32.000 kg/giorno al 2025 (circa 12.800 kg/giorno da SMR e circa 19.200 kg/giorno da elettrolisi).

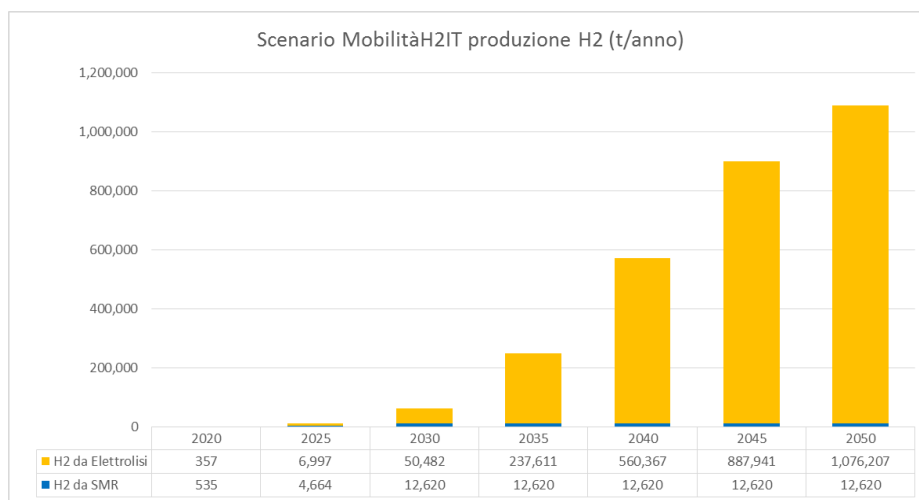


Figura 14: Scenario MobilitàH2IT, produzione H2 fino al 2050

In Figura 15 sono stati analizzati e comparati i costi di produzione e trasporto dell'idrogeno nelle quattro modalità operative precedentemente descritte. Il costo di produzione e trasporto dell'idrogeno è calcolato sulla base di parametri economici quali i costi di investimento (CAPEX), costi finanziari, costi dell'energia primaria (gas ed elettricità), costi operativi e di manutenzione (OPEX), margine di guadagno sulla produzione, costi di trasporto e margine di guadagno sul trasporto, così come sulla base di parametri tecnici quali l'efficienza di conversione e il life-time.

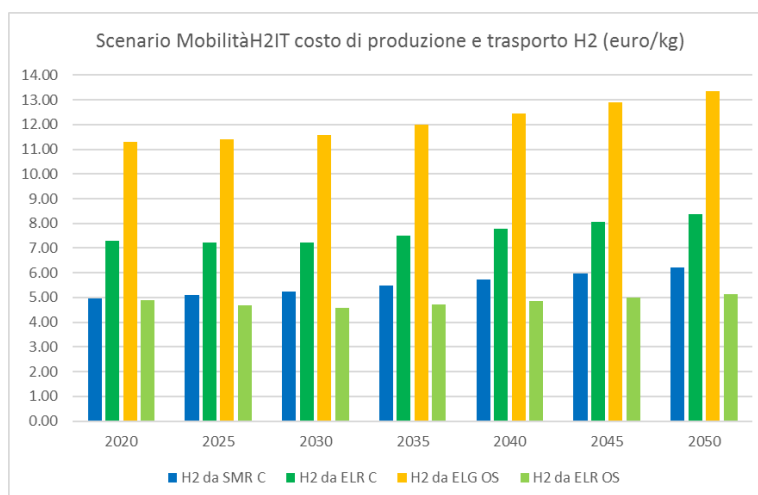


Figura 15: Scenario MobilitàH2IT, costo di produzione e trasporto H2 fino al 2050

4.3 INTEGRAZIONE DELLE RINNOVABILI ELETTRICHE

La produzione di idrogeno da energia elettrica e lo stoccaggio in forma gassosa o liquefatta potrebbe rappresentare una valida opzione per aumentare la flessibilità del sistema energetico, consentendo l'integrazione di elevate quote di fonti rinnovabili non programmabili (fotovoltaico, eolico). In particolare potrebbe essere di grande interesse l'accumulo mediante power to fuel: l'elettricità viene trasformata in idrogeno utilizzato poi come combustibile per FCEV nel settore dei trasporti. La Figura 16 quantifica il potenziale di integrazione delle rinnovabili elettriche offerto nello Scenario MobilitàH2IT: circa 2,3 TWh/anno al 2030, circa 24,7 TWh/anno al 2040, circa 47 TWh/anno al 2050.

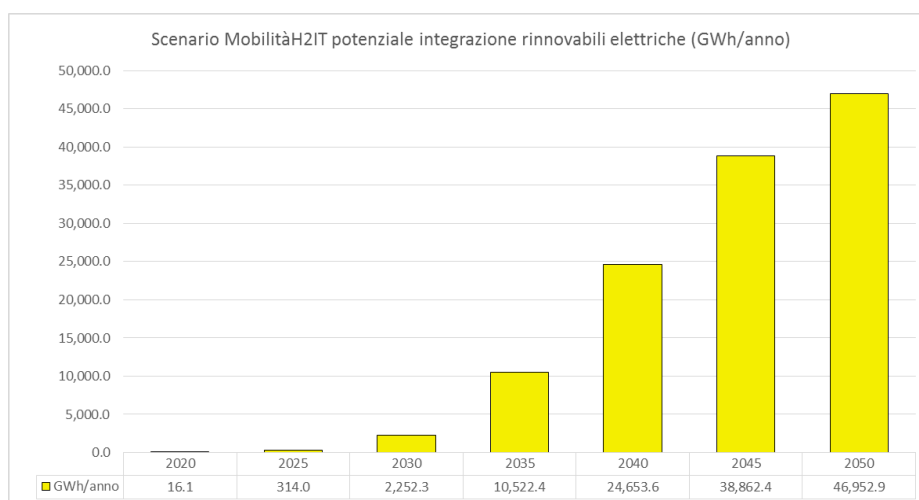


Figura 16: Scenario MobilitàH2IT, potenziale di integrazione delle rinnovabili elettriche fino al 2050

5 DIMENSIONAMENTO DELLA RETE DI STAZIONI DI RIFORNIMENTO

La configurazione dell'infrastruttura di rifornimento è determinata da molti parametri, tra cui: la domanda di idrogeno, la densità di popolazione dell'ambiente urbano, ipotesi sulla necessaria prossimità di una stazione rispetto ad un'altra per i consumatori. Per necessità operative, autovetture e autobus saranno serviti da stazioni di rifornimento diverse.

Le stazioni più piccole saranno costruite nelle due fasi iniziali di captive fleet (2020-2022 e 2023-2025), a servizio di piccole flotte di veicoli. Nella prima fase 2020-2022 si prevedono captive fleets fino a 99-109 autovetture e fino a 10-11 autobus, con stazioni rispettivamente da 50 kg/giorno e 200 kg/giorno. Nella seconda fase 2023-2025 si prevedono captive fleets fino a 222-229 autovetture e fino a 29 autobus, con stazioni rispettivamente da 100 kg/giorno e 500 kg/giorno. La costruzione di piccole stazioni permette il rapido raggiungimento di una copertura minima delle principali arterie di trasporto (TEN-T) e dei principali centri abitati, garantendo il successivo passaggio alla mass transportation. Dopo questa fase iniziale è prevista solamente la costruzione di stazioni di grande taglia, 500 kg/giorno per le autovetture (in grado di rifornire fino a 1169 autovetture/giorno al 2026) e 1000 kg/giorno per gli autobus (in grado di rifornire fino a 60 autobus/giorno al 2026), economicamente attrattive per gli operatori del settore.

L'approccio captive fleet permette i seguenti benefici:

- I mezzi di trasporto e le stazioni di rifornimento dell'idrogeno saranno sviluppati una volta identificato un numero sufficiente di clienti locali;
- Un adeguato fattore di carico (AL) per le stazioni di rifornimento già dai primi anni, evitando rischi di sottoutilizzo;
- Notevole riduzione della necessità di investimento.

Le captive fleet sono flotte di veicoli con modelli di guida e di rifornimento prevedibili. Ogni flotta fa riferimento ad una specifica stazione di rifornimento. Esempi di captive fleet sono le flotte di taxi, veicoli per la consegna della merce, le flotte di veicoli per i dipendenti comunali, per le forze dell'ordine, veicoli della posta, flotte di veicoli aziendali. Tali utenze devono essere coinvolte per il successo della prima fase di introduzione sul mercato.

Lo Scenario MobilitàH2IT utilizza le seguenti assunzioni per quanto riguarda le stazioni di rifornimento dell'idrogeno:

- annual load factor (AL) delle stazioni di rifornimento pari al 70 % fino al 2020 e al 75% nel periodo successivo per le autovetture e 80% fino al 2020 e 90 % nel periodo successivo per gli autobus;
- costi finanziari pari al 7 % (Fuel Cell Electric Buses, Potential for Sustainable Public Transport in Europe. A Study for the Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking. Settembre 2015),
- margine di guadagno per le stazioni di rifornimento pari al 20 %.

Numero e tipologia delle stazioni di rifornimento, per autovetture FCEV e autobus FCEV, nello Scenario MobilitàH2IT è indicato in Figura 17.

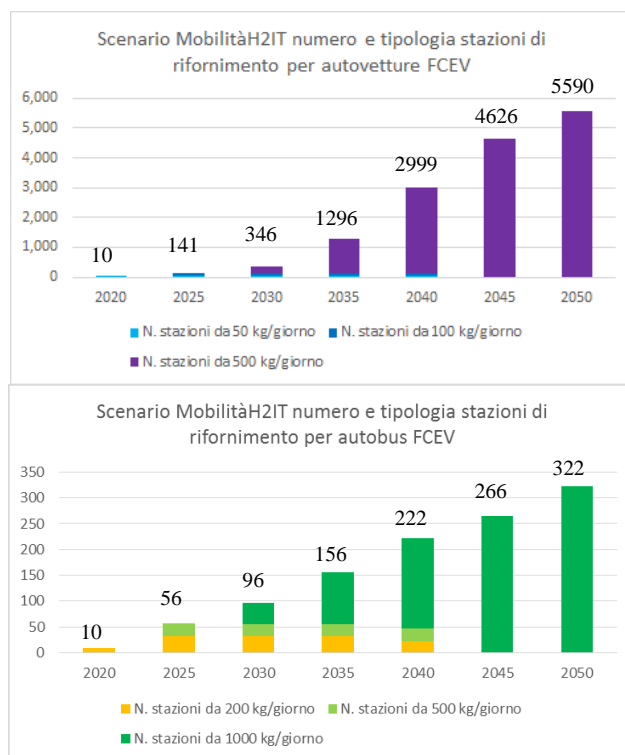


Figura 17: Scenario MobilitàH2IT, numero e tipologia stazioni rifornimento per autovetture FCEV e autobus FCEV fino al 2050

In Figura 18 e in Figura 19 è indicata una possibile ubicazione delle stazioni di rifornimento per autovetture FCEV e autobus FCEV previste al 2020 e al 2025. La scelta dell'ubicazione rispetta i seguenti criteri:

- città già attive o in fase progettuale avanzata per la sperimentazione del trasporto idrogeno, alla data di redazione del presente documento (Bolzano, Milano, Sanremo, Roma, Venezia, Brunico, Rovereto);
- popolazione residente nel comune (priorità ai comuni con maggior popolazione, dati ISTAT 2015).

Le Figura 18 e la Figura 19 ipotizzano una possibile distribuzione territoriale delle stazioni di rifornimento dell'idrogeno. L'effettiva ubicazione dipenderà infatti dall'adesione delle città ai bandi di finanziamento appositamente promosse a livello europeo, nazionale e regionale.

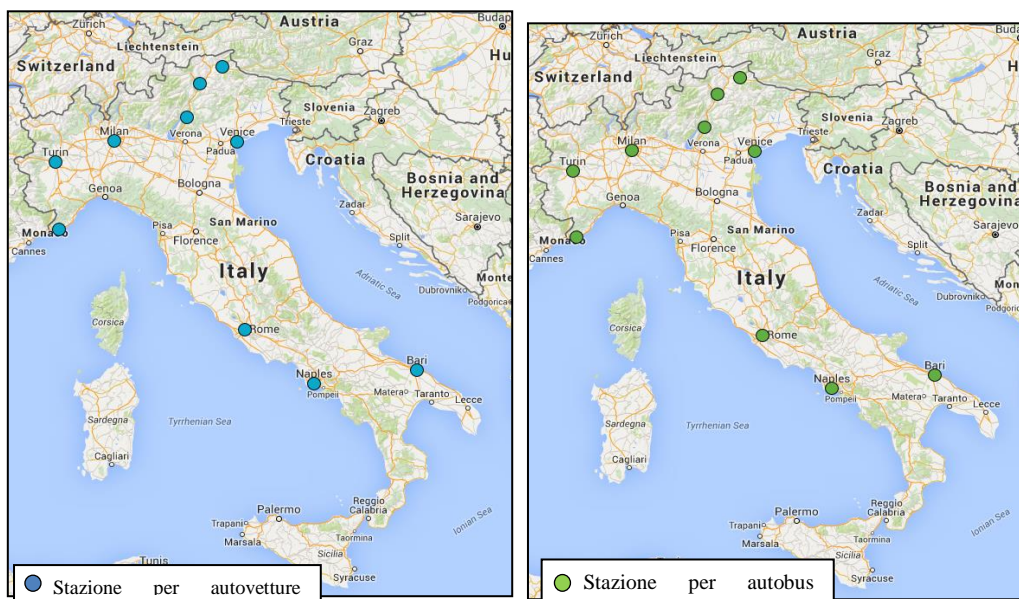


Figura 18: Possibile ubicazione delle stazioni di rifornimento previste al 2020 per autovetture FCEV (sx) e autobus FCEV (dx)

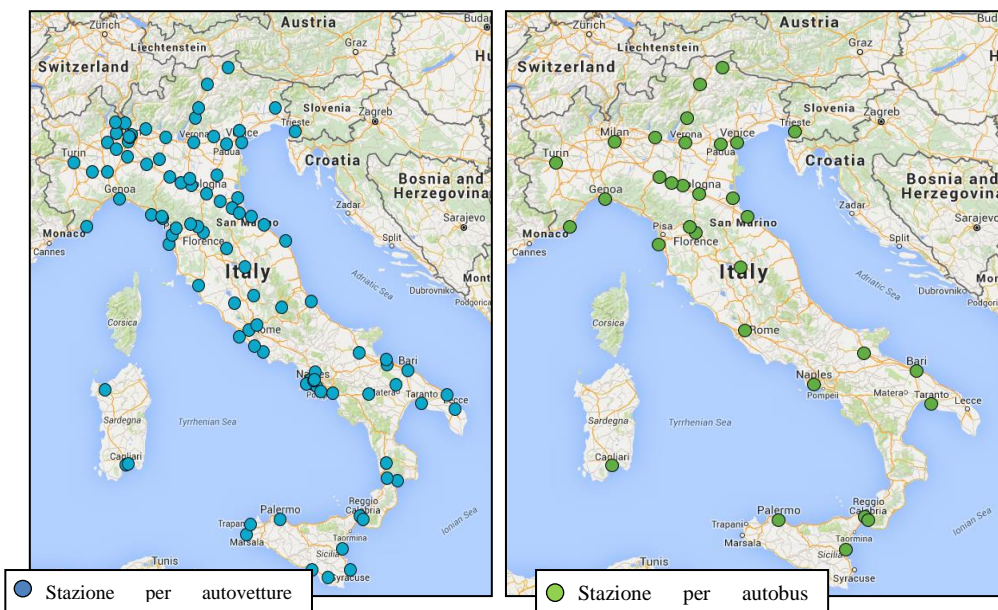


Figura 19: Possibile ubicazione delle stazioni di rifornimento previste al 2025 per autovetture FCEV (sx) e autobus FCEV (dx)

Per quanto riguarda le autovetture, l'infrastruttura prevista dallo scenario a fine 2020 permette solamente l'attività di un numero limitato di captive fleets in alcune città italiane, a fine 2025 invece l'infrastruttura prevista dallo scenario appare adeguata per una vera e propria mass transportation. L'ubicazione delle stazioni sarebbe ben collocata rispetto alla rete TEN-T e alla rete autostradale italiana.

6 LE PROSPETTIVE PER LA SOCIETÀ'

6.1 LA PROSPETTIVA DEL CONSUMATORE

Come facilmente prevedibile, tra le modalità considerate, l'idrogeno più economico è quello prodotto mediante elettrolisi on-site con autoconsumo da rinnovabili e mediante SMR centralizzato, in stazioni di grandi dimensioni (500 kg/giorno per le autovetture e 1000 kg/giorno per gli autobus).

Al fine di valutare la competitività del vettore idrogeno rispetto al concorrenziale diesel, è stato valutato il costo per la percorrenza di 100 km per autovetture e autobus FCEV e per autovetture e autobus diesel. Il costo per la percorrenza di 100 km dipende dal costo del vettore energetico alla pompa e dalla fuel economy del veicolo.

Per le autovetture, nella prima fase 2020-2022, nonostante l'utilizzo di stazioni di piccole dimensioni (50 kg/giorno) e gli elevati costi di mercato di tutte le componenti di produzione/distribuzione, i costi del vettore idrogeno sono alla pari con il vettore diesel nella produzione da elettrolisi on-site con autoconsumo da rinnovabili e mediante SMR centralizzato, mentre sono superiori di circa 2 euro/100 km in modalità "H2 da ELR C" e di circa 6 euro/100 km in modalità "H2 da ELG OS". Nella seconda fase, cioè dal 2023, il passaggio a stazioni più grandi, dapprima 100 kg/giorno e poi 500 kg/giorno, nonché la rapida e notevole diminuzione del costo di mercato di tutte le componenti di produzione/distribuzione rende il vettore idrogeno ancor più conveniente rispetto al vettore diesel, da subito anche in modalità "H2 da ELR C", poco prima del 2030 nella modalità "H2 da ELG OS".

Per gli autobus, già dal 2020 (stazioni 200 kg/giorno) il vettore idrogeno è più conveniente rispetto al vettore diesel nella produzione da elettrolisi on-site con autoconsumo da rinnovabili e mediante SMR centralizzato, mentre è più costoso sia in modalità "H2 da ELR C" che in modalità "H2 da ELG OS". Dal 2025, il passaggio a stazioni da 1000 kg/giorno, nonché la rapida e notevole diminuzione del costo di mercato di tutte le componenti di produzione/distribuzione rende il vettore idrogeno più conveniente rispetto al vettore diesel anche nella modalità "H2 da ELR C".

Riassumendo, la competitività del vettore idrogeno si manifesterà in tempi rapidi, già nella fase iniziale con captive fleets, ancor più nel momento in cui si raggiungerà la maturità commerciale e l'idrogeno sarà distribuito in stazioni di grandi dimensioni (a partire dal 2025 con stazioni da 500 kg/giorno per le autovetture e 1000 kg/giorno per gli autobus).

6.2 RIDUZIONE DELLE EMISSIONI DI CO₂ E DI ALTRI INQUINANTI DANNOSI ALLA SALUTE UMANA

Occorre sottolineare che la produzione di idrogeno mediante elettrolisi da fonti energetiche rinnovabili è priva di emissioni di CO₂.

La potenzialità di riduzione delle emissioni di CO₂ nello Scenario MobilitàH2IT (Figura 20) è stata calcolata comparando le emissioni per il mix di produzione di idrogeno destinato ai veicoli FCEV rispetto alle emissioni dei veicoli diesel di ultima generazione (Reference

Scenario). Per lo Scenario MobilitàH2IT si sono ipotizzate due opzioni: (1) la produzione da elettrolisi avviene con elettricità solo da rete elettrica con mix nazionale, (2) la produzione da elettrolisi avviene con elettricità solo da produzione rinnovabile. Nel Reference Scenario, per le autovetture diesel lo standard di riferimento è quello raggiunto dai nuovi veicoli venduti in Unione Europea nel 2014 (123,4 gCO₂/km), per gli autobus lo standard EURO VI (1.200 gCO₂/km). Al 2020, la riduzione delle emissioni di CO₂ garantite dalla mobilità idrogeno, rispetto allo stato attuale del Reference Scenario, è in un range tra 269 e 5.066 t/anno, per poi raggiungere un range tra circa 8.000 e 92.000 t/anno al 2025, circa 116.000 – 655.000 t/anno al 2030 e circa 12 - 15 Mt/anno al 2050.

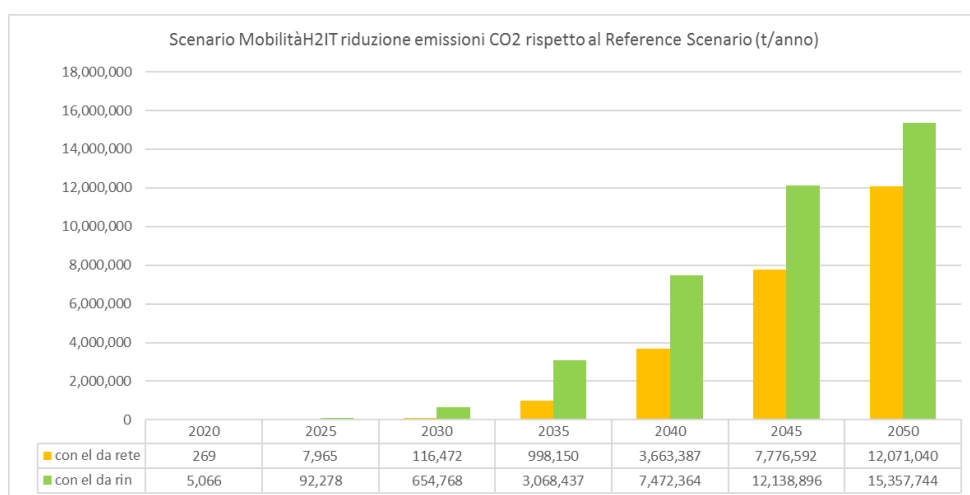


Figura 20: Scenario MobilitàH2IT, riduzione delle emissioni di CO₂ rispetto al Reference Scenario fino al 2050

In Tabella 2 viene invece riportato il potenziale di riduzione dei principali inquinanti atmosferici grazie all'applicazione dello Scenario MobilitàH2IT.

Tabella 2: Scenario MobilitàH2IT, riduzione dei principali inquinanti atmosferici attribuiti al trasporto su strada fino al 2050

Riduzione emissioni	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
SO ₂ (kg/anno)	10	265	2.847	15.725	40.267	66.183	83.629
NO _x (t/anno)	49	627	3.159	11.886	27.455	43.981	55.525
CO (t/anno)	25	473	4.033	20.644	51.986	85.109	107.530
PM ₁₀ (kg/anno)	964	13.543	82.551	358.016	864.228	1.400.315	1.768.572

7 MISURE DI SOSTEGNO

7.1 MISURE DI SOSTEGNO ALLO SVILUPPO DELL'IDROGENO E BARRIERE

Al fine di promuovere l'idrogeno e lo sviluppo delle relative infrastrutture, appare necessario ed indispensabile mettere in campo diverse azioni/misure.

In particolare sono di grande rilevanza le misure, legislative, regolamentari /amministrative, finanziarie e di comunicazione e la disponibilità di incentivi pubblici europei, nazionali, regionali e locali così come di investimenti privati. Si segnalano in particolare il programma quadro Horizon 2020, i Fondi strutturali e di investimento europei, gli orientamenti della rete transeuropea di trasporto (TEN-T), e le iniziative della Banca Europea per gli Investimenti (BEI) ed in particolare del Fondo “European Local ENergy Assistance” <http://www.eib.org/products/advising/elena/index.htm>)

Lo Scenario MobilitàH2IT indica una partecipazione nella quota di finanziamenti pubblici UE&IT al 60% da fondi comunitari europei e al 40% da fondi nazionali

7.2 BARRIERE ALLO SVILUPPO DELL'IDROGENO

Considerando le prospettive tecnologiche e di mercato, almeno fino al 2030, appaiono non trascurabili sulla effettiva realizzazione dello scenario illustrato due barriere finanziarie:

- 1) L'investimento nell'acquisto dei costosi veicoli FCEV;
- 2) L'investimento nella realizzazione degli impianti di produzione e nelle stazioni di distribuzione dell'idrogeno.

Non è infatti possibile sviluppare un mercato per i veicoli FCEV senza un'adeguata infrastruttura di produzione e distribuzione dell'idrogeno e viceversa, non è sostenibile sviluppare un'infrastruttura di produzione e distribuzione dell'idrogeno senza una domanda da parte di veicoli FCEV in circolazione.

Relativamente al primo punto si stima idonea una copertura pubblica sul costo aggiuntivo delle autovetture e degli autobus FCEV mentre, relativamente al secondo punto, al fine di ridurre il rischio di investimento associato allo sviluppo degli impianti di produzione e delle stazioni rifornimento dell'idrogeno, sarebbe altresì funzionale un sostegno pubblico:

- per le stazioni di rifornimento:
 - ✓ 40% fino 2020,
 - ✓ 35% dal 2021 al 2025,
 - ✓ 30% dal 2026 al 2030,
 - ✓ 20% dal 2031 al 2035,
 - ✓ 10% dal 2036 al 2040,
 - ✓ 5% dal 2041 al 2050;
- per gli impianti di produzione da SMR:
 - ✓ 15% fino al 2025,
 - ✓ 10% nel periodo 2026-2030;
- per gli impianti di produzione da elettrolisi:
 - ✓ 40% fino 2020,

- ✓ 35% dal 2021 al 2025,
- ✓ 30% dal 2026 al 2030,
- ✓ 25% dal 2031 al 2035,
- ✓ 20% dal 2036 al 2040,
- ✓ 15% dal 2041 al 2050.

Per la riuscita dello Scenario MobilitàH2IT sono stimati opportuni finanziamenti pubblici europei ed nazionali (compresi gli Enti locali) pari a circa 47 M€ fino al 2020 e circa 419 M€ nel successivo periodo 2021-2025, di cui 60% da fondi comunitari europei e 40 % da fondi nazionali italiani compresi gli Enti locali (Figura 21).

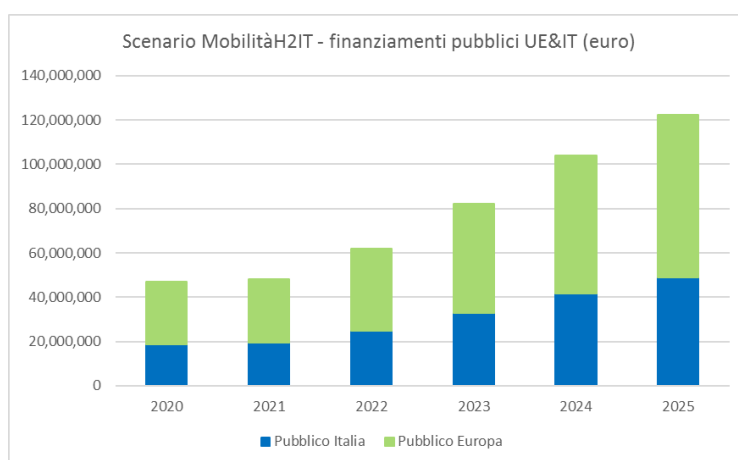


Figura 21: Scenario MobilitàH2IT, finanziamenti pubblici Europei e Nazionali necessari fino al 2025

Al momento, tuttavia, non è previsto alcun impegno finanziario per la implementazione di tale scenario MobilitàH2IT che, pertanto, deve intendersi come mero scenario potenziale che si realizzerebbe in presenza di tutte le condizioni riportate nello stesso ed in particolare della disponibilità di fondi pubblici nazionali, regionali e locali per finanziarne la prevista parte pubblica.

7.3 MISURE GIURIDICHE

Lo sviluppo della mobilità terrestre a idrogeno e fuel-cell è oggetto di un intenso lavoro di standardizzazione a livello internazionale, giunto oramai nella fase terminale.

Il punto 2.3 dell'allegato II della Direttiva 2014/94/UE del Parlamento europeo e del Consiglio sulla realizzazione di un'infrastruttura per i combustibili alternativi stabilisce che *“I punti di rifornimento di idrogeno utilizzano algoritmi per i carburanti e apparecchiature conformi alla norma ISO/TS 20100 relativa all'idrogeno allo stato gassoso utilizzato come combustibile”*.

Proprio per evitare una frammentazione delle competenze, ISO ha deciso di sviluppare in parallelo un intero pacchetto di standard che coprano tutti gli aspetti tecnici e di sicurezza riguardanti il rifornimento dei veicoli a idrogeno e fuel-cell. Questo approccio è stato seguito proprio per assicurare il massimo livello di sicurezza in tutto il sistema.

Attualmente (maggio 2016) i lavori di revisione della norma ISO/TS 20100 curati da ISO/TC 197 (Hydrogen (Technologies)) hanno portato al suo ritiro e all'elaborazione della ISO/PRF TS 19880.

In particolare, la *ISO 19880-1: Gaseous hydrogen fueling stations - General requirements* raccomanderà le caratteristiche progettuali minime per garantire la sicurezza e, ove appropriato, le prestazioni delle stazioni di rifornimento pubbliche e “non pubbliche” (cioè per esempio quelle riservate al rifornimento di mezzi di trasporto pubblici) che forniscono idrogeno gassoso per veicoli di trasporto leggero (veicoli elettrici a fuel cell). Gli impegni iniziali sono proprio dedicati al rifornimento dei veicoli leggeri, ma una versione successiva sarà focalizzata anche sull'impiego per gli autobus e i carrelli elevatori. Lo standard (inizialmente diffuso come Technical Report, approvato in data 5 ottobre 2015, per raccogliere eventuali osservazioni dagli utilizzatori) sintetizza l'attuale esperienza e conoscenza nell'ambito del rifornimento con idrogeno, incluse le distanze di sicurezza suggerite e le alternative per i protocolli di rifornimento.

La *ISO 19880-2: Gaseous hydrogen - Fueling stations – Dispensers* fornisce le prescrizioni e i metodi di test della sicurezza per stazioni di rifornimento complete con idrogeno gassoso sia alla pressione di 35 MPa (350 bar) sia alla pressione di 70 MPa (700 bar).

La *ISO 19880-3: Gaseous hydrogen - Fueling stations – Valves* fornisce le prescrizioni e i metodi di test delle prestazioni di sicurezza delle valvole per gas idrogeno ad alta pressione (1 MPa e oltre) installate presso le stazioni di rifornimento per idrogeno gassoso.

La *ISO 19880-4: Gaseous hydrogen - Fueling stations – Compressors* contiene le prescrizioni di sicurezza relative ai materiali, alla progettazione, alla costruzione e alla verifica di sistemi di compressione di idrogeno gassoso utilizzati nelle stazioni di rifornimento per idrogeno gassoso.

La *ISO 19880-5: Gaseous hydrogen - Fueling stations – Hoses* considera le prescrizioni relative alle manichette per idrogeno gassoso e le giunzioni di manichette impiegate per collegare il distributore alla pistola di rifornimento, ma anche a quelle utilizzate per le linee di spurgo del gas in zona sicura e quelle flessibili da poter utilizzare in altri punti dove è richiesta la flessibilità del collegamento.

La *ISO 19880-6: Gaseous hydrogen - Fueling stations – Fittings* specifica metodi uniformi per la valutazione e la verifica delle prestazioni dei raccordi, inclusi connettori e chiusure terminali utilizzati nelle stazioni di rifornimento per idrogeno gassoso.

Recentemente, sono anche partiti i lavori per lo sviluppo di altri due standard: *ISO 19880-7: Gaseous hydrogen - Fueling stations - Fueling protocols* e *ISO 19880-8: Gaseous hydrogen - Fueling stations - Hydrogen quality control*.

In Europa, oltre alla ISO 19880-1 in fase di pubblicazione, lo stato dell'arte dell'esperienza di settore può essere individuato nel documento EIGA (European Industrial Gases Association) IGC DOC 15/06/E “*Gaseous Hydrogen Stations*”. Il settore dei gas industriali ha un'esperienza secolare nel trasporto e stoccaggio dell'idrogeno, vantando livelli di sicurezza fra i migliori in campo industriale (con un indice di frequenza infortuni medio europeo dell'intero settore gas industriali e medicinali inferiore a 2 eventi per milione di ore lavorate).

Sebbene il documento sia orientato alle installazioni di idrogeno per impiego industriale, esso riassume le migliori tecniche e pratiche disponibili atte a garantire la massima sicurezza nelle operazioni di compressione, purificazione, riempimento e stoccaggio di idrogeno gassoso.

I recipienti a pressione con materiali metallici sono progettati e fabbricati in Europa con normative, quali AD2000 Merkblatt o EN 13445, consolidate da anni di esperienza, con le quali vengono garantiti i requisiti di sicurezza richiesti dalla Direttiva Apparecchi a Pressione (PED, Pressure Equipment Directive) 97/23/CE, emanata dalla Comunità Europea, e recepita in Italia con il Decreto Legislativo n° 93/2000.

Riguardo ai recipienti per gas a 700 bar collocati sui veicoli esiste la specifica tecnica *ISO/TS 15869* del 2009 intitolata *“Gaseous hydrogen and hydrogen blends - Land vehicle fuel tanks”*. Un altro standard di riferimento è il *“SAE J 2579 Compressed Hydrogen Vehicle Fuel Containers”*. In Europa le prescrizioni di sicurezza sono coperte dal *“Regolamento (CE) N. 79/2009 del Parlamento europeo e del Consiglio del 14 gennaio 2009 relativo all’omologazione di veicoli a motore alimentati a idrogeno e che modifica la direttiva 2007/46/CE”*. La pressione di scoppio ammessa per questi recipienti è superiore al doppio della pressione normale di esercizio.

Maggiori dettagli sugli aspetti omologativi dei veicoli a idrogeno sono contenuti nel *“Regolamento (UE) N. 406/2010 della Commissione del 26 aprile 2010 recante disposizioni di applicazione del regolamento (CE) n. 79/2009 del Parlamento europeo e del Consiglio relativo all’omologazione di veicoli a motore alimentati a idrogeno”*.

Come già detto, l’Italia ha cominciato a occuparsi di mobilità a idrogeno fin dal 2002 e degno di nota è il lavoro di collaborazione portato avanti dall’Università di Pisa con i settori industriali e i Vigili del Fuoco. Ciò ha portato nel 2006 alla pubblicazione del *Decreto del Ministero dell’Interno 31 agosto 2006 “Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio degli impianti di distribuzione di idrogeno per autotrazione”*.

A livello italiano esistono allo stato attuale delle condizioni di legge più restrittive di quelle applicate negli altri Paesi e questo ha fatto sì che, in una prima fase, le case automobilistiche abbiano scartato l’Italia come mercato di sbocco iniziale delle auto a fuel-cell che saranno distribuite nei prossimi anni.

In particolare, la pubblicazione del Decreto 31 agosto 2006 avvenuta prima dei più recenti e concreti sviluppi tecnologici a livello internazionale prevede una limitazione a 350 bar della pressione di compressione ed erogazione di idrogeno presso le stazioni di servizio e sui veicoli.

Tale limitazione potrà essere superata alla luce dei nuovi criteri di costruzione dei recipienti e di omologazione dei veicoli previsti dalle normative europee.

Tale normativa antincendio sarà pertanto rivista entro il 18 novembre 2017 per tener conto dei nuovi standard internazionali sui criteri costruttivi delle stazioni di rifornimento di idrogeno gassoso.

8 INTEROPERABILITA' A LIVELLO EUROPEO

In accordo con il punto (10) delle considerazioni iniziali e l'articolo 3, comma 1 della Direttiva, laddove la continuità extraterritoriale dell'infrastruttura ovvero la realizzazione di una nuova infrastruttura in prossimità di confini lo richieda, sarebbe opportuno collaborare con gli Stati Membri limitrofi coinvolti al fine di garantire la continuità transfrontaliera dell'infrastruttura per i combustibili alternativi.

Al fine di valutare la necessità di detta continuità transfrontaliera, ai sensi dell'articolo 5, comma 1 della Direttiva, particolare attenzione potrà essere data ai punti di rifornimento lungo i collegamenti stradali transfrontalieri.

La valutazione della necessità e delle eventuali modalità da adottare per garantire la continuità transfrontaliera dell'infrastruttura così come l'eventuale sviluppo di progetti pilota e/o progetti infrastrutturali potrebbe essere fatta tenendo in considerazione, per quanto pratico ed applicabile, anche i risultati dei progetti europei di collaborazione transfrontaliera conclusi o in itinere quali, a titolo d'esempio, quelli co-finanziati a valere sui bandi TEN-T ovvero CEF, una lista non esaustiva dei quali, aggiornata al Dicembre 2015, è fornita nel seguito:

Tabella 3: Iniziative UE per la sperimentazione e la diffusione dell'idrogeno per il trasporto

TITOLO	IDENTIFICATIVO	INIZIO	FINE	PILOTA O STUDIO
EAS HYMOB	2014-Fr-Ta-0519-S	01/2016	12/2018	Pilota
H2NODES - evolution of a European hydrogen refuelling station network by mobilising the local demand and value chains	2014-EU-TM-0643-S	03/2014	12/2018	Pilota
COHRS - Connecting Hydrogen Refuelling Stations	2014-EU-TM-0318-S	09/2015	06/2019	Pilota
HIT2 Corridors	2013-EU-92077-S	03/2014	12/2015	Pilota
HIT - (Hydrogen Infrastructure for Transport)	2011-EU-92130-S	04/2012	12/2014	Pilota

A completamento di quanto precedentemente riportato va ricordata l'iniziativa MEHRLIN (Models for Economic Hydrogen Refuelling Infrastructure) che vede coinvolta anche l'Italia e che mira alla realizzazione di n. 8 stazioni di rifornimento di idrogeno di 4 alimentate ad idrogeno di produzione elettrolitica tramite energia rinnovabile. Il progetto include aspetti innovativi quali: da un punto di vista HW soluzioni per l'accumulo di idrogeno a base idruri metallici, da un punto di vista gestionale lo sviluppo di un nuovo modello operativo e da un punto di vista tecnologico lo sviluppo di un nuovo modello integrativo per l'elettromobilità a base di cella a combustibile e a base di batterie. Per l'Italia è coinvolta la città di Brunico sita lungo il Corridoio Scan - Med e il Corridoio Verde del Brennero per l'installazione di una nuova stazione di ricarica che funzionerà a punto di collegamento ed accesso agli altri Corridoi europei come il Mediterraneo ed il Baltico Adriatico.

9 ABBREVIAZIONI, ACRONIMI, UNITÀ DI MISURA E BIBLIOGRAFIA

9.1 ABBREVIAZIONI E ACRONIMI

AL:	annual load factor
BEV:	battery electric vehicle
CAPEX:	costi di investimento
DSM:	demand side management
FC:	fuel cell
FCEV:	fuel cell electric vehicle
FER:	fonti energetiche rinnovabili
GPL:	gas di petrolio liquefatto
HEV:	hybrid electric vehicle
ICE:	internal combustion engine
OPEX:	costi operativi e di manutenzione
PHEV:	plug-in hybrid electric vehicle
RES:	renewable energy sources
SEF:	standard emission factor
SMR:	steam methane reforming
T&D:	transmission and distribution
TCO:	total cost of ownership
VRE:	variable renewable energy
WTW:	well-to-wheel

9.2 UNITÀ DI MISURA

€:	euro
g:	grammi
GW:	gigawatt
kg:	kilogrammi
km:	kilometri
ktep:	kilo tonnellate equivalenti di petrolio
kW:	kilowatt
kWh:	kilowatt hour
l:	litri

m: metri
MPa: megapascal
Mt: megatonne
MWh: megawatt hour
t: tonnellate
TWh: terawatt hour

9.3 BIBLIOGRAFIA

- Air quality in Europe. European Environmental Agency. 2015 Report. (s.d.).
- Air quality in Europe. European Environmental Agency. 2015 Report. (s.d.).
- Annuario Statistico ACI 2015. (s.d.).
- Direttiva 2014/94/UE del Parlamento europeo e del Consiglio sulla realizzazione di un'infrastruttura per i combustibili alternativi . (s.d.).
- En route pour un transport durable. Cambridge Econometrics. Novembre 2015. (s.d.).
- Energia pulita per i trasporti: una strategia europea in materia di combustibili alternativi. Commissione europea. Gennaio 2013. (s.d.).
- Fonti rinnovabili e rete elettrica in Italia. Considerazioni di base e scenari di evoluzione delle fonti rinnovabili elettriche in Italia. Falchetta Massimo. ENEA. 2014 . (s.d.).
- Fuel Cell Electric Buses, Potential for Sustainable Public Transport in Europe. A Study for the Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking. Settembre 2015. (s.d.).
- Fuelling Europe's future. How auto innovation leads to EU jobs. Cambridge Econometrics (CE), in collaboration with Ricardo-AEA, Element Energy. 2013. (s.d.).
- Hydro-gen: the energy transition in the making! Pierre-Etienne Franc, Pascal Mateo. Manifesto. 2015. . (s.d.).
- Indagine conoscitiva sui prezzi finali dell'energia elettrica e del gas naturale. Memoria per l'audizione presso la 10° Commissione Industria, Commercio e Turismo del Senato della Repubblica. AEEG. Aprile 2015. (s.d.).
- Le politiche dell'Unione europea: Trasporti. Commissione Europea. Novembre 2014. (s.d.).
- LIBRO BIANCO, Tabella di marcia verso uno spazio unico europeo dei trasporti - Per una politica dei trasporti competitiva e sostenibile. Commissione Europea. Marzo 2011 . (s.d.).
- Mal'ARIA di città 2016. Legambiente. Gennaio 2016. (s.d.).
- Mercato dei carburanti in Italia. Ministero dello Sviluppo Economico. (s.d.).

Newsletter del GME n.78 Gennaio 2015. (s.d.).

Regolamento (UE) N. 1291/2013 del Parlamento europeo e del Consiglio che istituisce il programma quadro di ricerca e innovazione (2014-2020) - Orizzonte 2020. Commissione europea. Dicembre 2013. (s.d.).

Relazione finale del gruppo ad alto livello CARS 21. Commissione europea. 6 giugno 2012. (s.d.).

Technology Roadmap Hydrogen and Fuel Cells. IEA. Giugno 2015. (s.d.).