



Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

Mobilità ad Idrogeno



**CONFINDUSTRIA EMILIA
AREA CENTRO**
Le imprese di Bologna,
Ferrara e Modena

«Webinar Confindustria FOCUS IDROGENO: lo stato delle diverse tecnologie e le prospettive di sviluppo a livello nazionale »

ENEA Antonino Genovese



1101 0110 1100
0101 0010 1101
0001 0110 1110
1101 0010 1101
1111 1010 0000



Idrogeno per i trasporti



2050 net zero GHG emissions

PNIEC

H2 - 1% al 2030 delle FER trasporti (22%) attraverso l'uso diretto nelle auto, autobus, trasporto pesante e treni a idrogeno (per alcune tratte non elettrificate), trasporto marino e miscela

0.275 Mtep 96.000 t H2

Strategia Nazionale Idrogeno

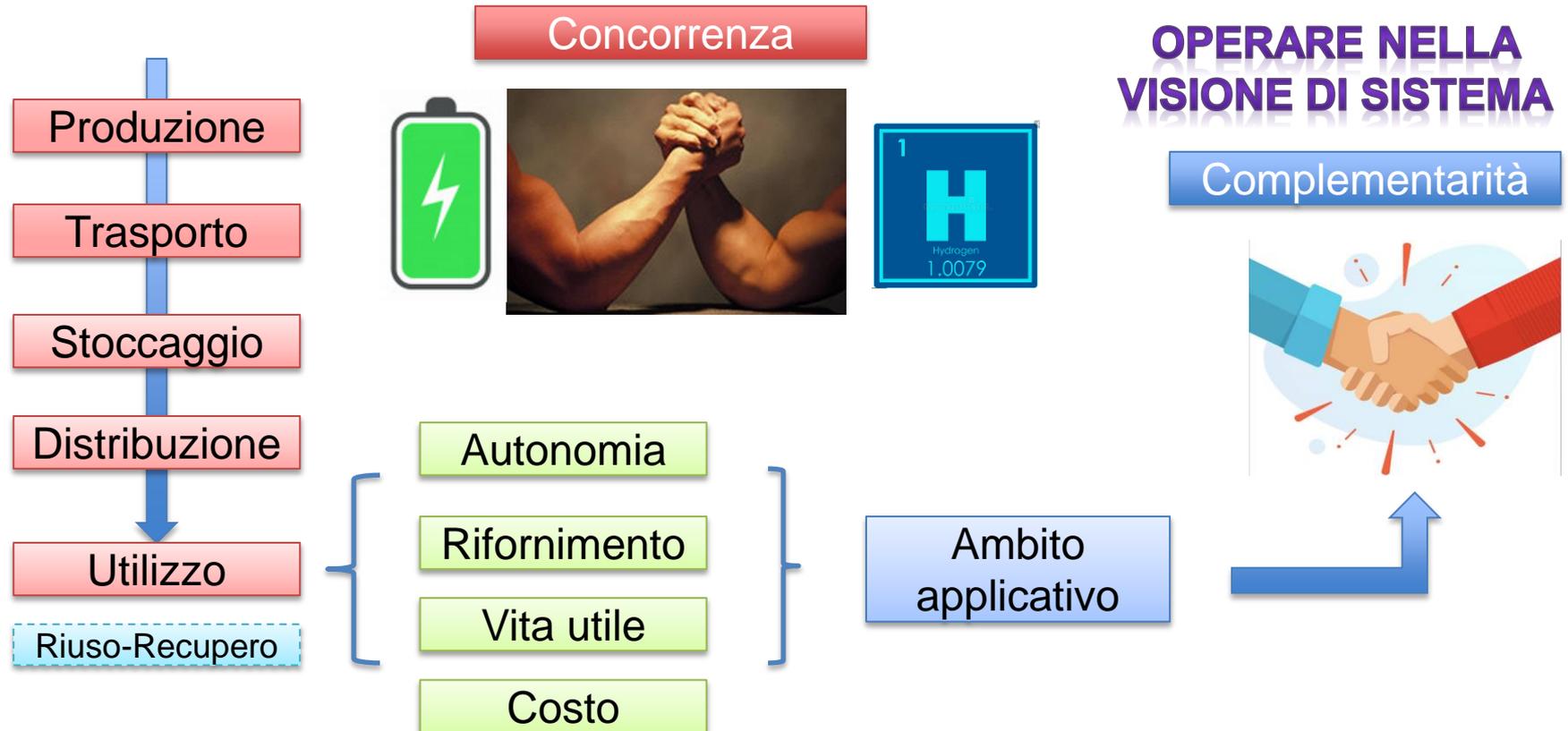
2% dei consumi finali (con industria) al 2030

20% al 2050 (930.000 t H2)

Hydrogen strategy for a climate-neutral Europe

- **2024** installazione di almeno **6 gigawatt** di elettrolizzatori per l'idrogeno rinnovabile nell'UE (**1 Mton H2 verde**)
- **2030** almeno **40 gigawatt** di elettrolizzatori (**10 Mton H2 verde**)
- **2050** le tecnologie basate sull'idrogeno rinnovabile dovrebbero trovare applicazione su **larga scala** in tutti i settori difficili da decarbonizzare.

Batterie vs. idrogeno ?



Produzione ed uso finale nei trasporti

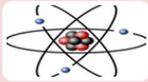
Green

Electrolysis of water using electricity from renewable energy



Pink

Electrolysis of water using electricity from nuclear energy



Blue

Steam reforming of methane with CCUS



Turquoise

Thermal splitting of CH₄ with solid carbon as by-product



Yellow

Electrolysis using energy mix



Grey

Steam reforming by natural gas



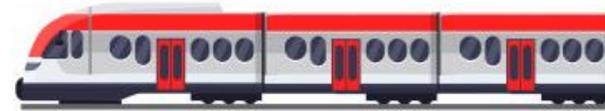
Brown

From coal with no CO₂ capture



Utilizzo idrogeno nei trasporti

- Merci a lungo raggio
- Treni non elettrificati
- Trasporto pubblico locale
- Navigazione interna e ferries



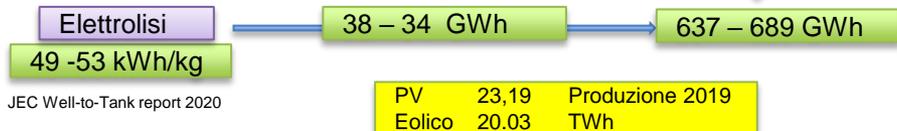
TPL ed idrogeno

Tab. V.5.6 - Indicatori dell'offerta di servizio di trasporto pubblico locale (autolinee) secondo la tipologia del servizio - Anni 2005, 2010, 2013-2019

	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018 ^(*)	2019 ^(**)
Servizio urbano									
Autobus utilizzati	18.974	19.220	18.639	18.532	18.919	18.764	18.463	18.188	17.857
Autobus-km (milioni)	755,70	736,23	702,04	698,73	685,54	676,09	654,76	663,45	651,38
Posti offerti (milioni)	1,77	1,67	1,60	1,59	1,60	1,58	1,56	1,56	1,53
Posti-km offerti (milioni)	71.662,87	63.455,98	61.987,17	62.701,06	60.130,46	58.690,84	56.933,28	57.690,49	56.640,61
Servizio extraurbano									
Autobus utilizzati	26.717	27.070	27.387	27.457	27.544	26.337	26.276	25.779	25.310
Autobus-km (milioni)	1.076,11	1.096,48	1.044,96	1.046,85	1.048,39	997,64	975,29	977,26	959,47
Posti offerti (milioni)	1,74	1,81	1,82	1,85	1,85	1,78	1,77	1,76	1,73
Posti-km offerti (milioni)	70.355,96	73.622,79	70.417,97	70.862,31	70.745,51	67.822,36	66.163,13	67.526,27	66.297,39

Conto Nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti 2018-19

Extra Urbano 2050
20% flotta 20.000 t/anno



JEC Well-to-Tank report 2020

Urbano

Km/anno percorsi x bus → 36.477

Consumo specifico H2 → 100 g/km

Fonte CHIC project

Consumo/anno H2 x bus → 3647 kg

Trasporto merci ed idrogeno

Tab. V.4.2. - Trasporto merci su strada interno, internazionale e complessivo per titolo di trasporto^(a) - Anno 2018

Titolo di trasporto	Conto proprio		Conto terzi		Complessivo	
	Tonnellate (migliaia)	Tonnellate-km (milioni)	Tonnellate (migliaia)	Tonnellate-km (milioni)	Tonnellate (migliaia)	Tonnellate-km (milioni)
Trasporti interni	153.191	7.209	743.244	104.520	896.436	111.728
Trasporti internazionali	1.753	304	22.543	12.882	24.296	13.187
Trasporti complessivi	154.945	7.513	765.787	117.402	920.732	124.915



Km/anno percorsi x mezzo >14 t → 120.000

Consumo specifico H2 → 70 g/km

Consumo/anno H2 x veicolo → 8.400 kg

140.000
veicoli

16.800.000.000
veicoli*km

PV 23,19 Produzione 2019
Eolico 20.03 TWh

2030

2% flotta

23.500 t/anno

1.17 TWh

2050

20 % flotta

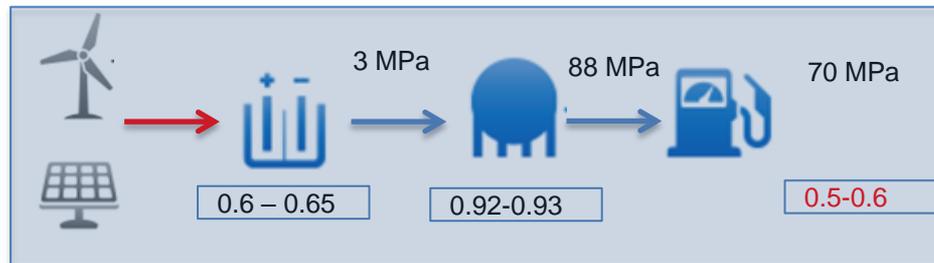
235.800 t/anno

11.76 TWh

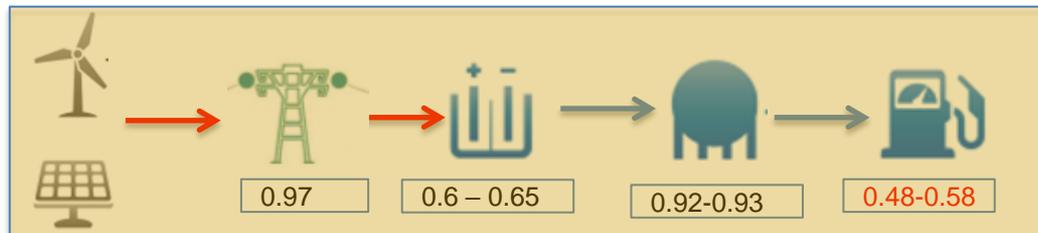


Idrogeno da elettrolisi

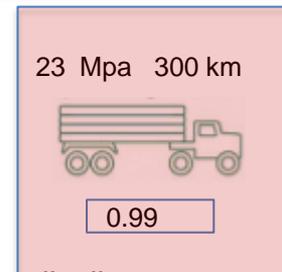
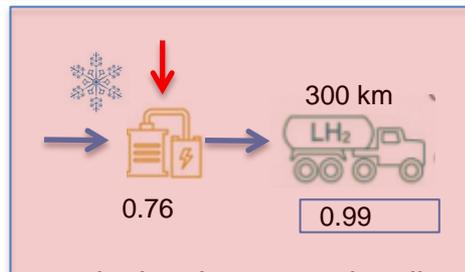
Produzione sul posto con FR



Produzione sul posto con e.e. da rete



Trasporto su strada:criogenico e gassoso



Dati :JEC Well-to-Tank report v5: Annexes, Publications Office of the European Union

Idrogeno come fuel

Vantaggi

- Zero emissioni al punto uso (se FC)
- Disponibilità abbondante via elettrolisi
- Elevata autonomia (oltre 600 km)
- Rifornimento veloce (3-7 min)
- Zero rumore (se FC)

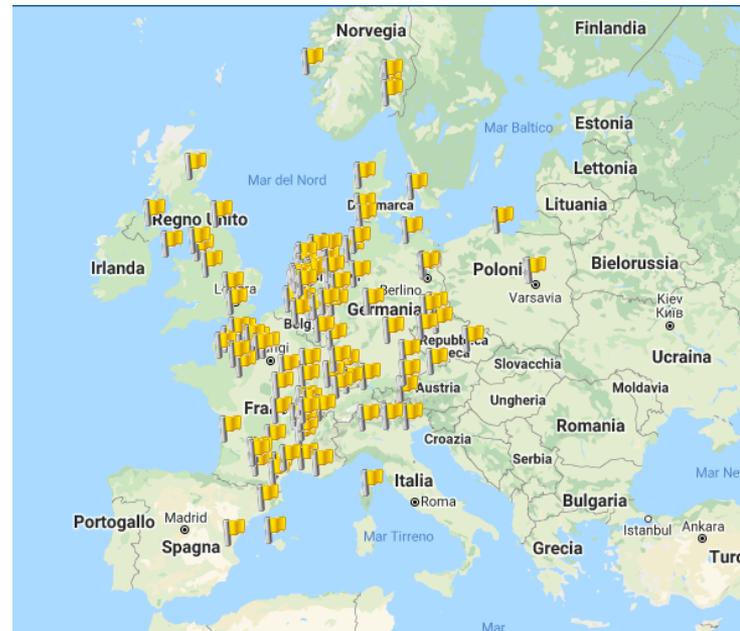
Svantaggi

- Efficienza non elevata
- Infiammabilità elevata
- Carenza di infrastrutture
- Costo

Infrastrutture di rifornimento



Stazioni operative



Stazioni pianificate

Trasporto su strada



228 bar, vol. capacità≈23m³ H₂ 450 kg



10 bus



70 bus



Carri bombolai con semirimorchi dotati di un'intelaiatura protettiva e di una serie di cilindri capaci di contenere **300-400 Nm³** di idrogeno compresso a **20 Mpa**. Il materiale impiegato è generalmente acciaio al Cromo-Molibdeno per il problema di infragilimento da idrogeno.



350 bar 10 L
30 MJ

Energia
disponibile



1 bar 10 L
85 MJ

Carro con serbatoio criogenico ad una temperatura di **-253°C** per H₂ liquido

capacità 45 m³ 20 °K H₂ 3.200 kg



Idrogenodotti



- Opzione a basso costo per il trasporto di ampi volumi di idrogeno
- Alti costi di investimento

•**Purezza** che potrebbe richiedere impianti di purificazione alla distribuzione

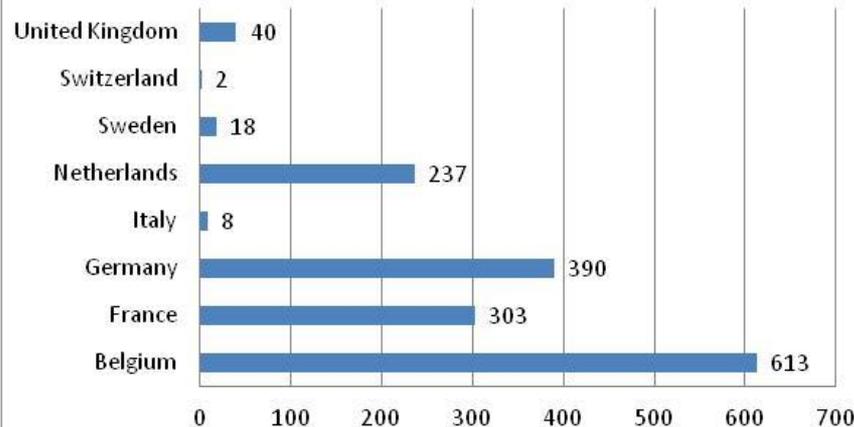
Infragilimento acciaio e saldature:

- Rivestimento interno
- Acciai meno permeabili,
- Monitoraggio frequente (pigging)
- Riduzione pressione
- Materiali polimerici rinforzati (tubazioni più lunghe con minori giunzioni per km e minori costi impianto)

In Europa sono in esercizio **1600 km** di pipeline per H₂

Essenzialmente dedicate al servizio di impianti chimici e raffinerie

Idrogenodotti in Europa 2016 (km)



Idrogeno in miscela con GN

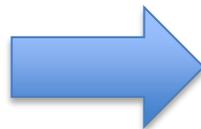
NATURALHY project 2004-09

Valutare le condizioni entro cui l'idrogeno può essere trasportato in miscela con il GN con accettabili impatti su:

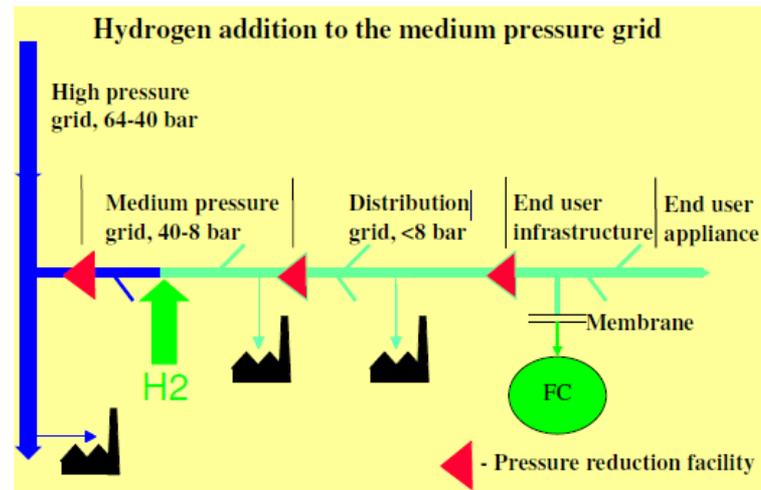
- Integrità della rete
- Vita utile della rete
- Sicurezza
- Prestazioni degli apparati a GN



Sino al **20% di H2** non sono significativamente compromesse le condizioni di sicurezza della rete di trasmissione, distribuzione ed uso rispetto al GN. Un incremento deve essere valutato caso per caso sino al 50%.

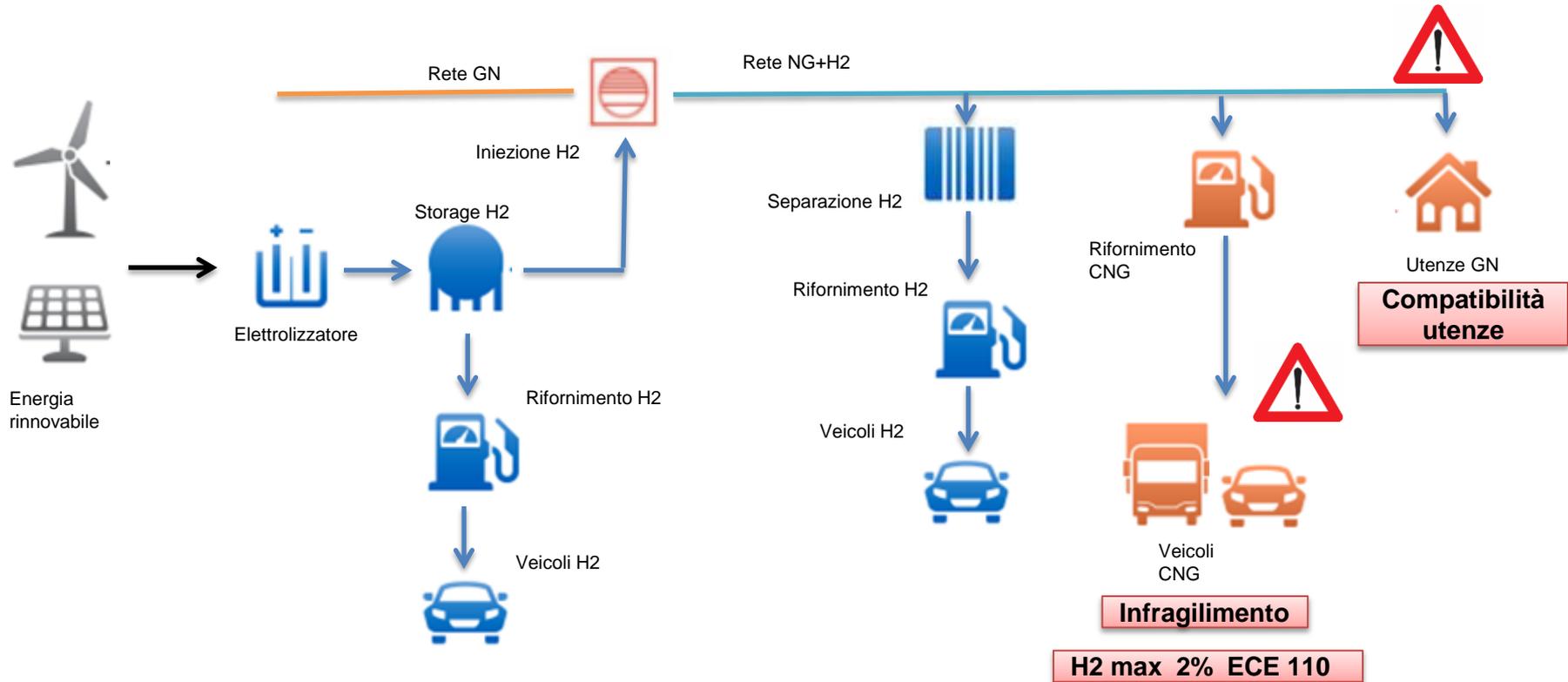


Sino al **50% di H2** potrebbe essere utilizzato nella rete di trasmissione in base alla tipologia della tratta.

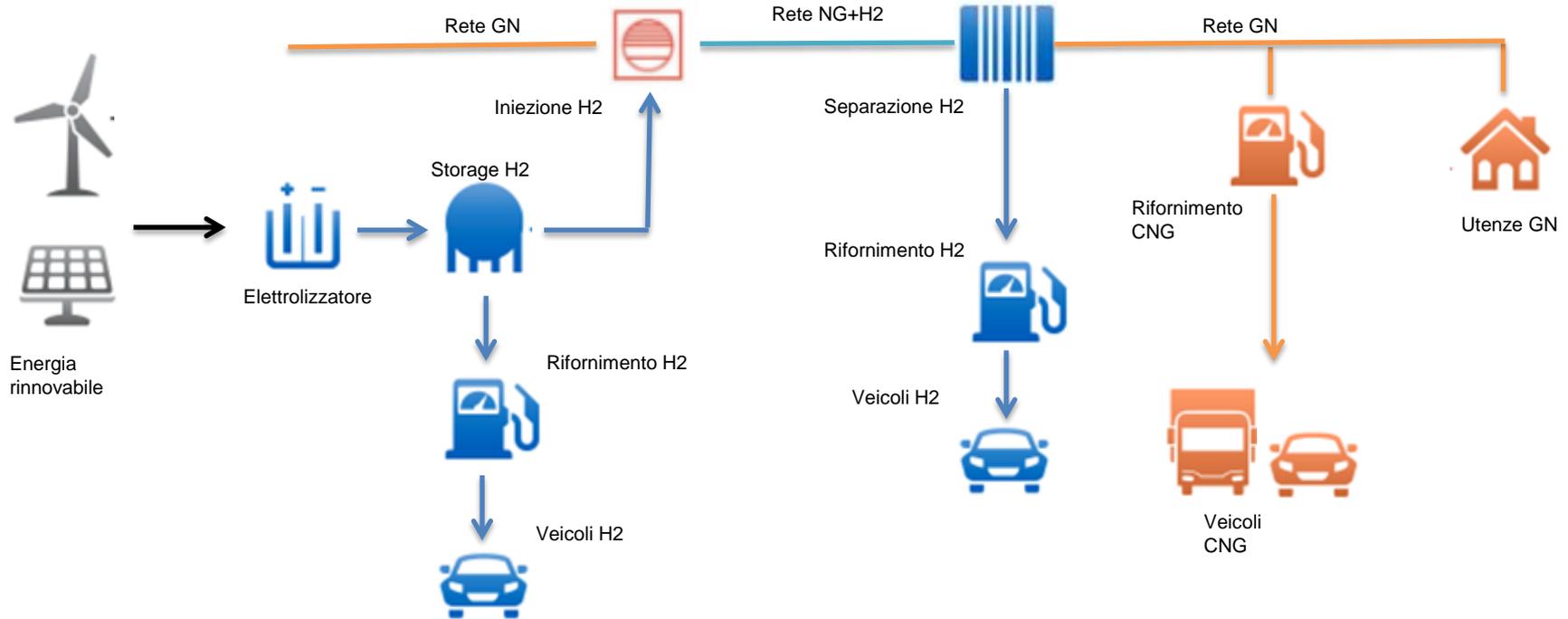


The NATURALHY project: first step in assessing the potential of the existing natural gas network for hydrogen delivery G. Tiekstra F. Koopman

H2 in miscela con gas naturale



H2 in miscela con gas naturale



Qualità idrogeno per PEM FC

Contaminant	ISO 14687-2: 2012 [11] SAE J2719:2011 [19]		ISO/DIS 14687 [18] EN 17124:2018 [12]	
	Max. admissible value [$\mu\text{mol/mol}$]	notes	Max. admissible value [$\mu\text{mol/mol}$]	notes
Water	5	-	5	-
Total hydrocarbons	2	Due to CH ₄ , TC > 2 $\mu\text{mol/mol}$	2 except CH ₄	including oxygenated organic species
Methane	-	-	100	-
Oxygen	5	-	5	-
Helium	300	-	300	-
Nitrogen	100	N ₂ +Ar<100	300	-
Argon	100	N ₂ +Ar<100	300	-
carbon dioxide	2	-	2	-
Carbon monoxide	0.2	-	0.2	CO+HCHO+HCOOH < 0.2 $\mu\text{mol/mol}$
Total sulphur compounds	0.004	H ₂ S, COS, CS ₂ , mercaptans (NG)	0.004	H ₂ S, COS, CS ₂ , mercaptans (NG)
Formaldehyde	0.01	-	0.2	CO+HCHO+HCOOH < 0.2 $\mu\text{mol/mol}$
Formic acid	0.2	-	0.2	CO+HCHO+HCOOH < 0.2 $\mu\text{mol/mol}$
Ammonia	0.1	-	0.1	-
Halogenated compounds	0.05 (total)	i.e. HBr, HCl Cl ₂ , organic R-X	0.05	HCl, organic R-Cl
Max. particulate conc.	1 mg/kg	-	1 mg/kg	-



DIRETTIVA 2014/94/UE (DAFI)

sulla realizzazione di un'infrastruttura per i combustibili alternativi

“La **purezza dell'idrogeno** fornito nei punti di rifornimento è conforme alle specifiche tecniche della norma **ISO 14687-2**”

Sostituito da **EN 17124:2018**

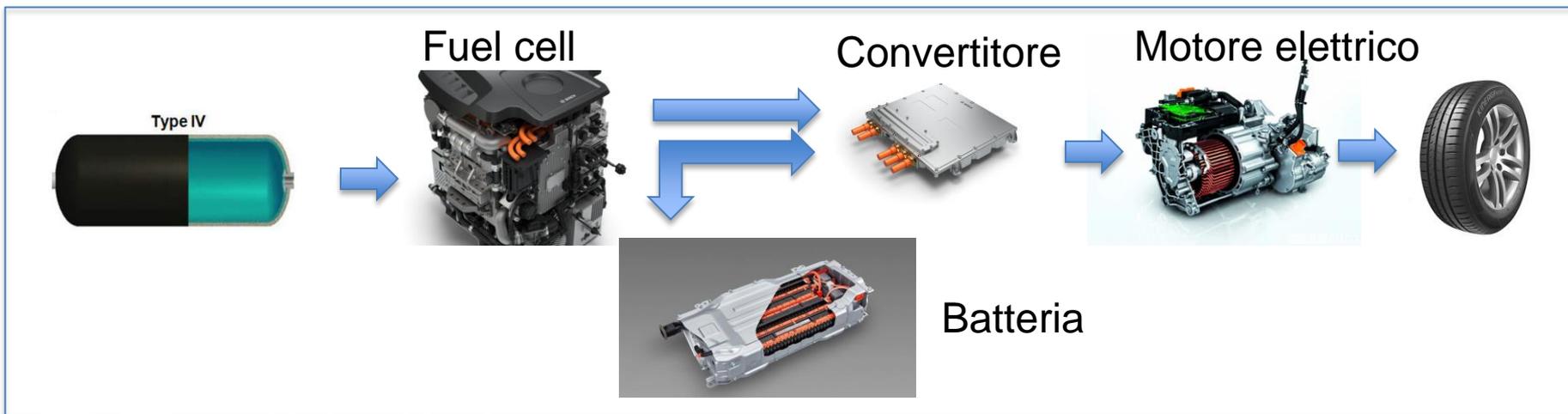
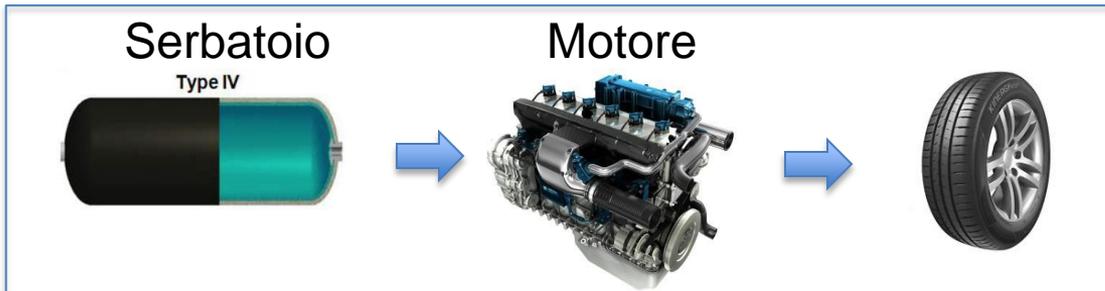
H₂ 99,97 %

L'assenza di contaminanti nell'idrogeno per le PEMFC è critico per garantire una vita **> 5000 h**

Target vita FC

5.000 ore per autoveicoli 20.000 ore per bus 50.000 ore per trasporto merci

Idrogeno per la mobilità



ICE e FC

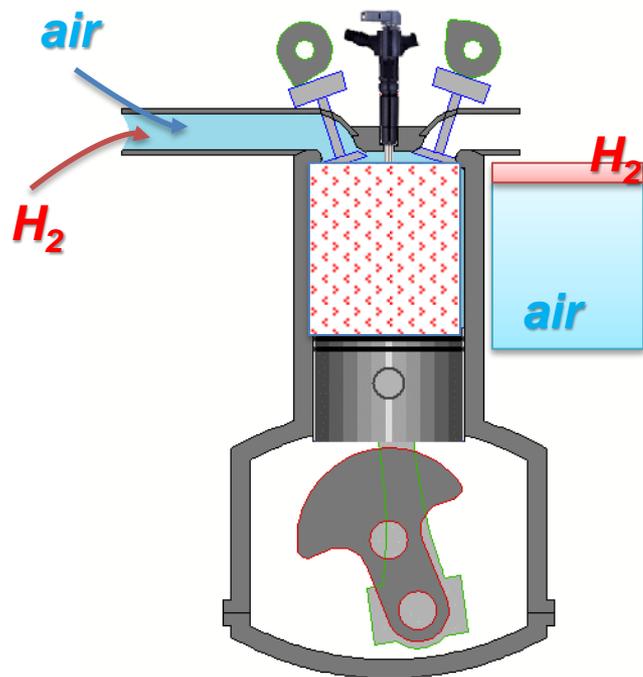


*	ICE	FC
Efficienza	😊	😊😊
Emissioni	😊	😊😊
Affidabilità	🤔	🤔🤔
Costo	🤔	🤔🤔

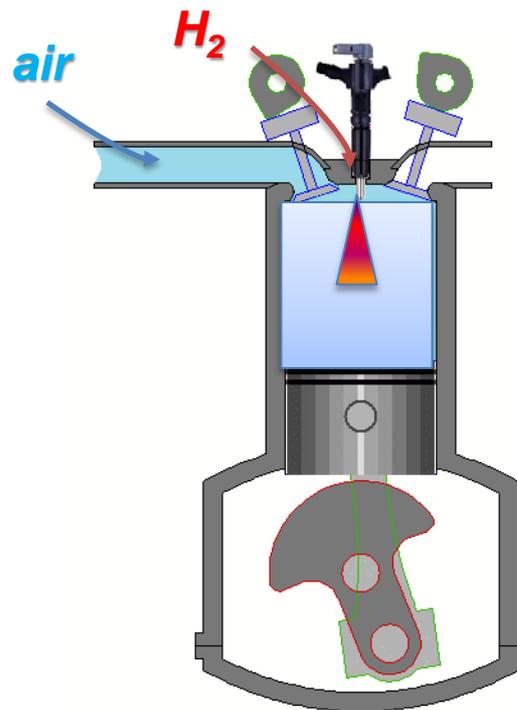
* Rispetto al Diesel

NOx controllabili : prospettive di emissione prossime al limite in atmosfera ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3 \approx 0.1\text{-}0.5 \text{ mg}/\text{km}$ per una berlina)

H₂ ICE

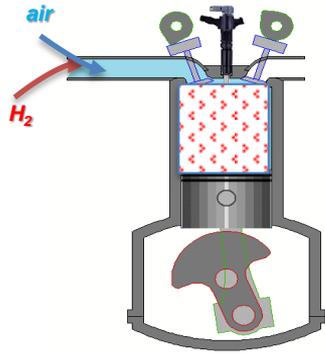


Iniezione nel collettore di aspirazione

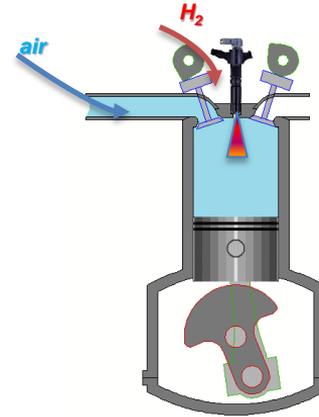


Iniezione diretta

Idrogeno nei motori a combustione



Iniezione nel collettore di aspirazione



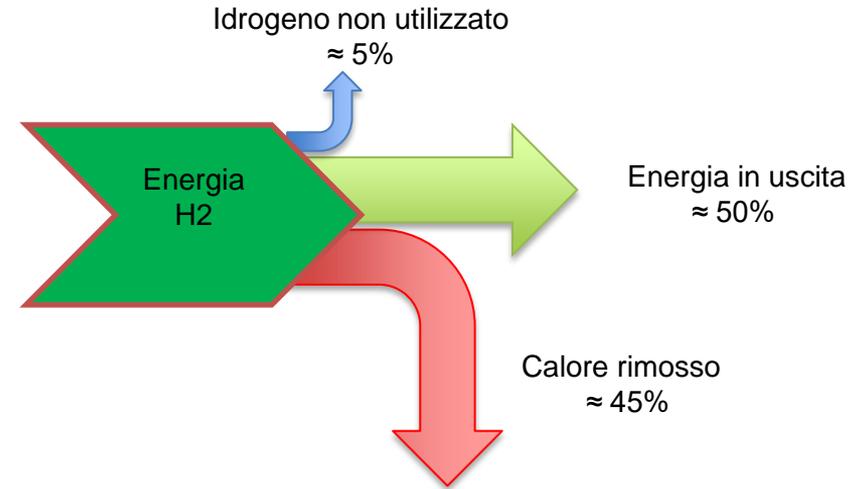
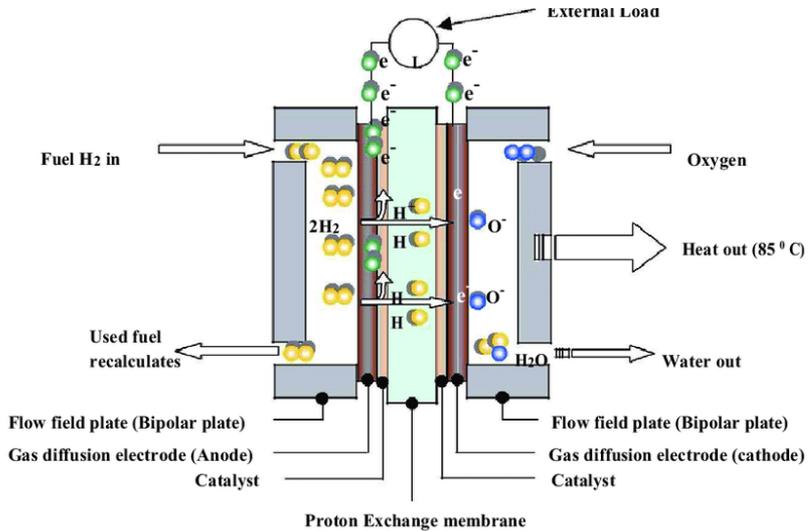
Iniezione diretta



Back fire
Pre ignition
Knocking

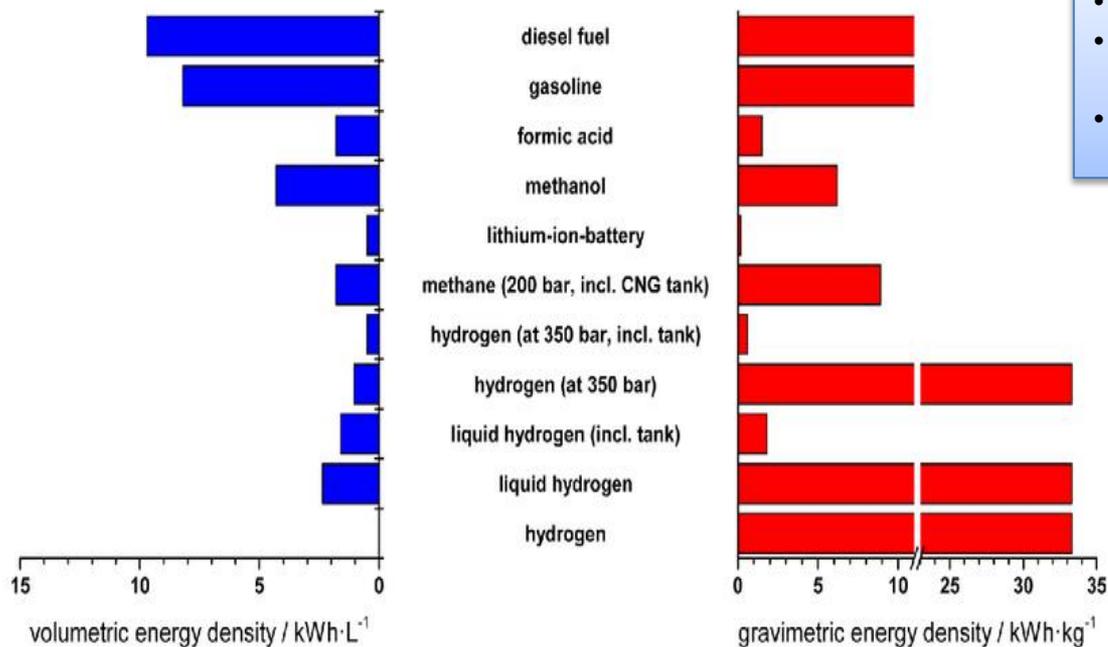


PEM Fuel cell



- > Catalizzatore Pt -Ru
- > Gestione termica
- > Efficienza area membrana
- > Idrogeno non utilizzato
- > Vita utile

Storage a bordo

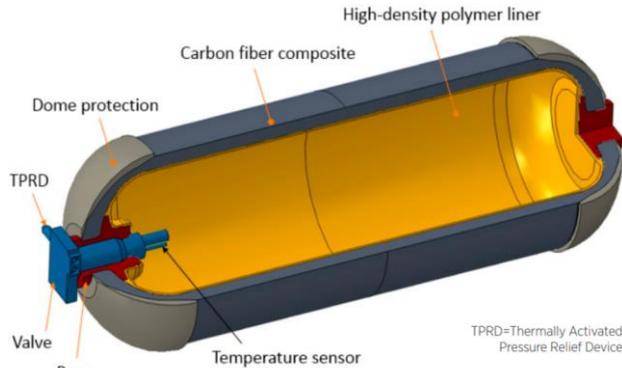


- I combustibili liquidi occupano minore spazio
- Le batterie sono quelle maggiormente voluminose
- H2 liquido offre il minor volume dei fuel non fossili

- Includendo il serbatoio l'idrogeno risulta più pesante
- Per H2 liquido la situazione migliora
- Le batterie sono sempre penalizzate

Liquid Organic Hydrogen Carriers (LOHCs): Toward a Hydrogen-free Hydrogen Economy.
P. Preuster, C. Papp, P. Wasserscheid

Storage gassoso , liquido , solido

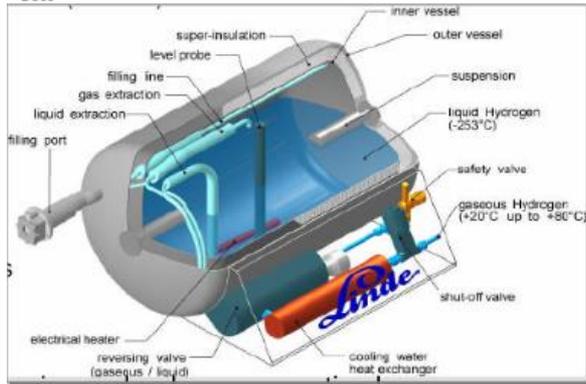


Idrogeno compresso 350/700 bar (serbatoio con liner polimerico e materiale composito in fibra di carbonio

- Ingombro

Idruri : l'idrogeno penetra nei siti interstiziali del reticolo cristallino del metallo operando in pressione. Il rilascio avviene fornendo calore .

Elevato peso in rapporto all'idrogeno, dinamica di rilascio lenta, consumo energetico per il calore necessario



Liquido H2 @ 1 bar / -253°C

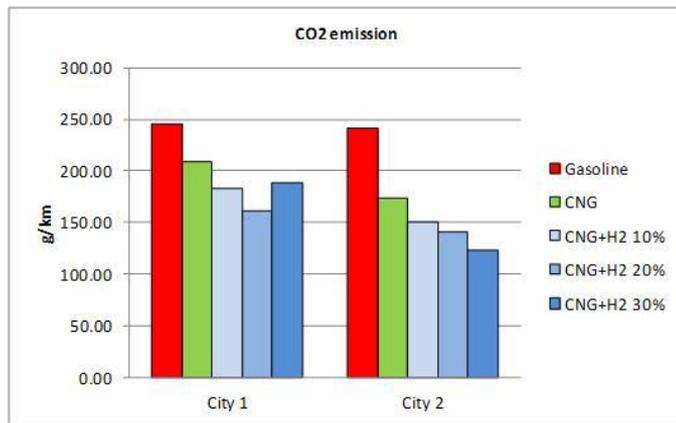
- Costo energetico di liquefazione (circa 1/3 dell'intero contenuto energetico di H2)
- Perdite evaporative (Boil-off) con autoscarica
- Minore volatilità rispetto allo H2gassoso in caso di incidente

Idrogeno in miscela per la transizione

Panda H2-CNG
10% 20% 30%



CO2 -25% to -50% vs. benzina



Mhybus 15% H2
- 15% CO2
100.000 km

Sfruttamento tecnologia esistente
Beneficiare del trasporto in rete Gas Naturale

Il futuro per H2-mobility

- Evitare la concorrenza con altri vettori energetici
- Maggiore utilizzo nel TPL urbano ed extraurbano
- Ottimizzare l'uso nei settori del trasporto a maggiore intensità energetica
- Sfruttare nell'immediato le potenzialità del trasporto in miscela per la transizione (uso di miscele H2-NG per motori endotermici)
- Integrazione con le strutture di supporto al trasporto (porti, hub merci, aeroporti)



Antonino Genovese
antonino.genovese@enea.it



1101 0110 1100
0101 0010 1101
0001 0110 1110
1101 0010 1101
1111 1010 0000

