

**SERVIRE PER CAMBIARE VITE**

# L'idrogeno come fonte energetica per utilizzi in ambiti civili ed industriali

**Paolo Santuz - Giorgio Cantarutti**

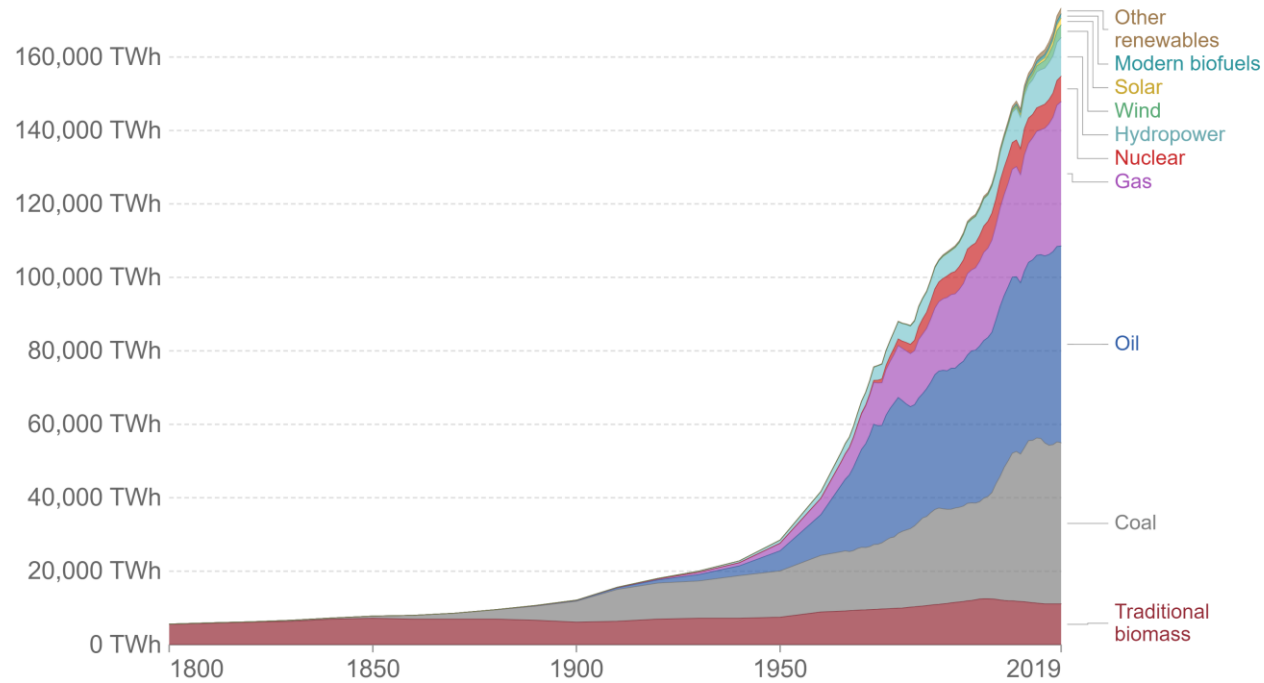
# ALCUNI PUNTI CHE CERCHEREMO DI TOCCARE

- **Quali fonti energetiche stiamo usando?**
- **PNIEC: Piano Integrato per l'Energia e il Clima**
- **Come stiamo cambiando le fonti energetiche?**
- **L'attuale crisi energetica: perchè?**
- **l'idrogeno come mezzo energetico ed i sistemi d'accumulo.**

# ENERGIA E POPOLAZIONE

## Global primary energy consumption by source

Primary energy is calculated based on the 'substitution method' which takes account of the inefficiencies in fossil fuel production by converting non-fossil energy into the energy inputs required if they had the same conversion losses as fossil fuels.



Source: Vaclav Smil (2017) & BP Statistical Review of World Energy

OurWorldInData.org/energy • CC BY

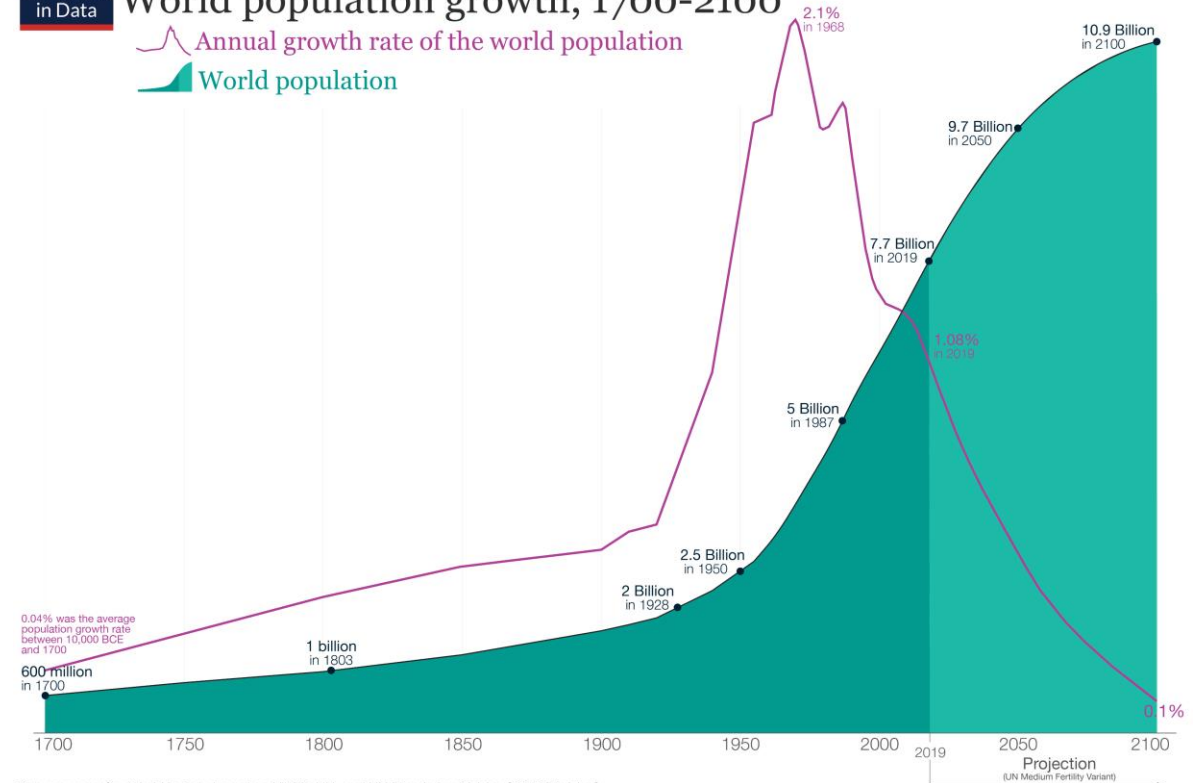
Our World in Data

Our World in Data

## World population growth, 1700-2100

Annual growth rate of the world population

World population



Data sources: Our World in Data based on HYDE, UN, and UN Population Division [2019 Revision]  
This is a visualization from OurWorldInData.org, where you find data and research on how the world is changing.

Licensed under CC-BY by the author Max Roser.

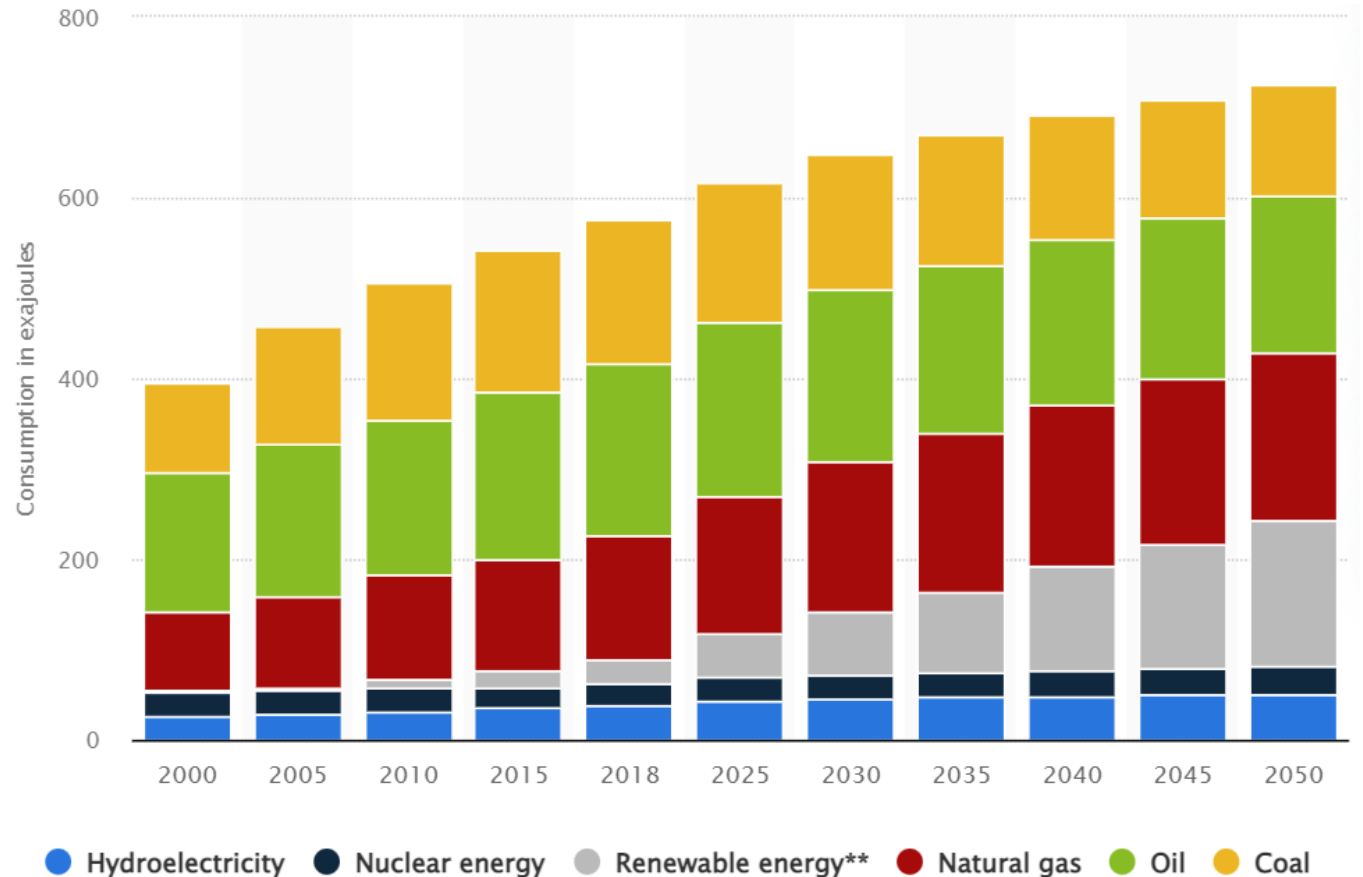


Club Gemona Friuli Collinare

# LE FONTI ENERGETICHE

- Nel mondo (da dati 2018 e previsione 2050):

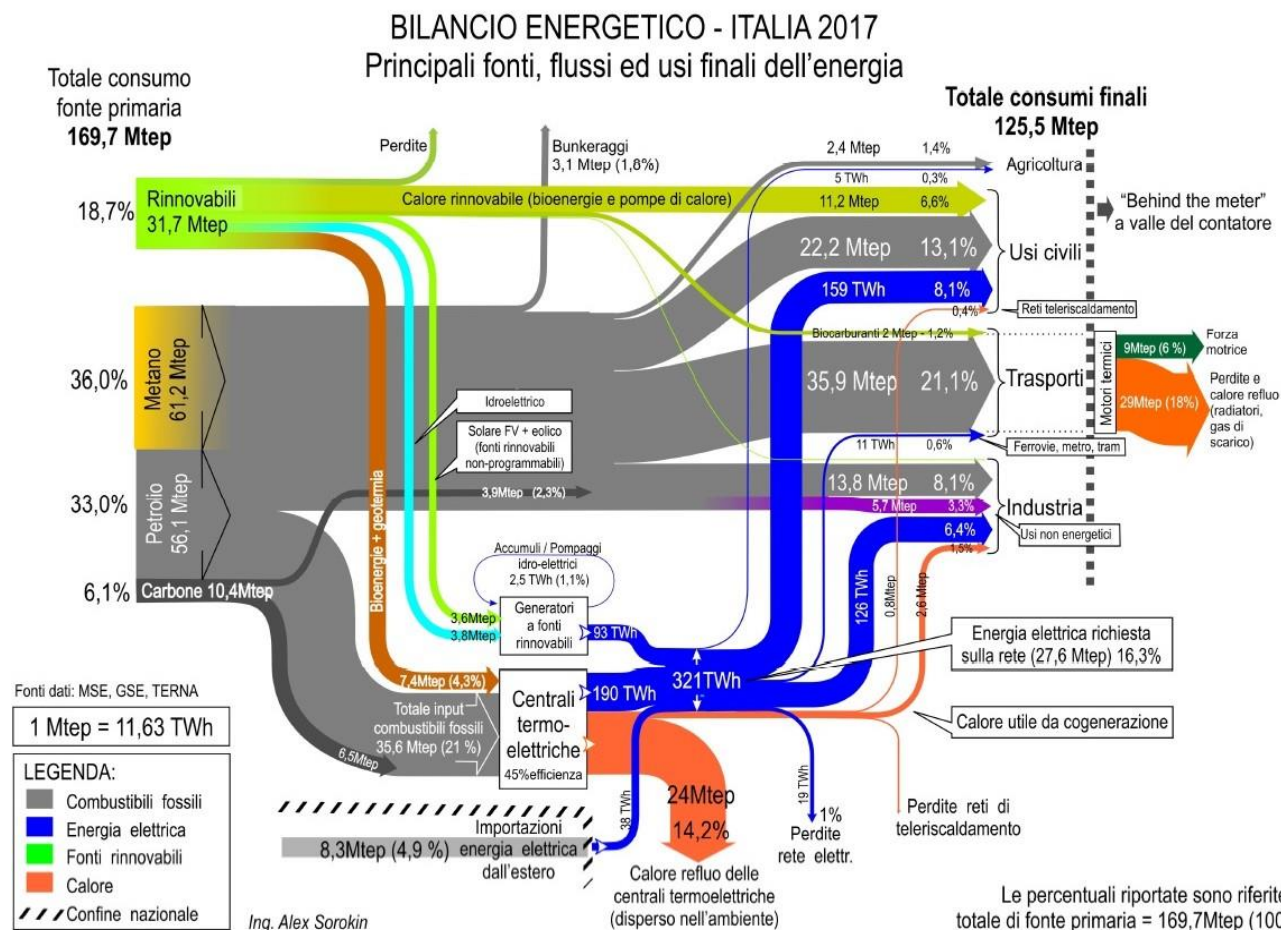
	2018	2050	Differenza
• Energia tot:	575	725	+26%
• Petrolio:	33%	24%	+10%
• Carbone:	28%	17%	-35%
• Gas:	24%	26%	+35%
• Idroelettrico:	6.6%	7%	+89%
• Nucleare:	4,1%	4,3%	+26%
• Rinnovabili:	4.3%	21,7%	+323%



# LE FONTI ENERGETICHE

• In Italia (dati 2017):

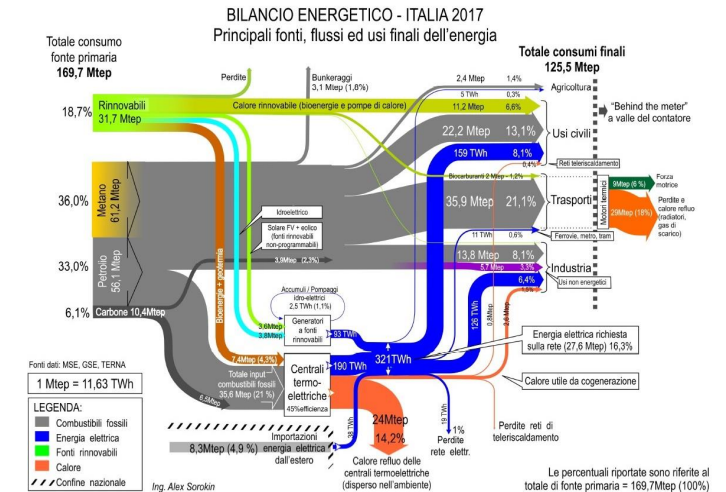
	Mondo (2018)	Italia (2017)
• Energia tot:	575	10
• Petrolio:	33%	33%
• Carbone:	28%	6%
• Gas:	24%	36%
• Idroelettrico:	6.6%	6%
• Nucleare:	4.1%	0%
• Rinnovabili:	4.3%	13%
• Importazioni		5%



# LE FONTI ENERGETICHE

## • CONSIDERAZIONI

- Anche sfatando certi falsi miti come elettrificazione, l'idrogeno, il nucleare, la fusione nucleare del futuro etc., cui si ricorre per allontanare le preoccupazioni, prospettando una soluzione vicinissima ed a portata di mano per tutti i problemi, ben sapendo che sono solo specchietti per allodole.
- **Anche denunciando che si parla molto di questi miti e di cosa possono fare i singoli, e poco o nulla di lotta allo spreco, del risparmio, e di questi 2 concetti soprattutto nelle produzioni industriali energivore.**
- Anche ragionando per prendere coscienza di quale sia l'effettiva gravità della situazione in cui ci troviamo, così da rendere possibili anche azioni che senza questa coscienza si reputano impossibili.
- Credo che per il 2050 sia indispensabile ridurre almeno del 50% la nostra richiesta di energia PARTENDO DA 33.000 kWh pro capite anno del 2020 con l'aiuto della tecnologia (migliori rendimenti) e di una migliore responsabilità e coscienza ambientale delle future generazioni.



# IL PNIEC: PIANO INTEGRATO PER L'ENERGIA E IL CLIMA

IL PIANO SI STRUTTURA SU **5 LINEE D'INTERVENTO**, CHE SI SVILUPPERANNO IN MANIERA INTEGRATA



DECARBONIZZAZIONE



EFFICIENZA



SICUREZZA  
ENERGETICA



SVILUPPO DEL MERCATO  
INTERNO  
DELL'ENERGIA



RICERCA,  
INNOVAZIONE  
E COMPETITIVITÀ

# IL PNIEC

- **OBIETTIVI:**

**- 56%**

DI EMISSIONI NEL SETTORE DELLA GRANDE  
INDUSTRIA

**- 35%**

TERZIARIO, TRASPORTI TERRESTRE E CIVILE

**30%**

OBIETTIVO RINNOVABILI



# IL PNIEC

Tabella 1 - Principali obiettivi su energia e clima dell'UE e dell'Italia al 2020 e al 2030

	Obiettivi 2020		Obiettivi 2030	
	UE	ITALIA	UE	ITALIA (PNIEC)
<b>Energie rinnovabili (FER)</b>				
Quota di energia da FER nei Consumi Finali Lordi di energia	20%	17%	32%	30%
Quota di energia da FER nei Consumi Finali Lordi di energia nei trasporti	10%	10%	14%	22%
Quota di energia da FER nei Consumi Finali Lordi per riscaldamento e raffrescamento			+1,3% annuo (indicativo)	+1,3% annuo (indicativo)
<b>Efficienza energetica</b>				
Riduzione dei consumi di energia primaria rispetto allo scenario PRIMES 2007	-20%	-24%	-32,5% (indicativo)	-43% (indicativo)
Risparmi consumi finali tramite regimi obbligatori efficienza energetica	-1,5% annuo (senza trasp.)	-1,5% annuo (senza trasp.)	-0,8% annuo (con trasporti)	-0,8% annuo (con trasporti)
<b>Emissioni gas serra</b>				
Riduzione dei GHG vs 2005 per tutti gli impianti vincolati dalla normativa ETS	-21%		-43%	
Riduzione dei GHG vs 2005 per tutti i settori non ETS	-10%	-13%	-30%	-33%
Riduzione complessiva dei gas a effetto serra rispetto ai livelli del 1990	-20%		-40%	
<b>Interconnettività elettrica</b>				
Livello di interconnettività elettrica	10%	8%	15%	10% <sup>1</sup>
Capacità di interconnessione elettrica (MW)		9.285		14.375

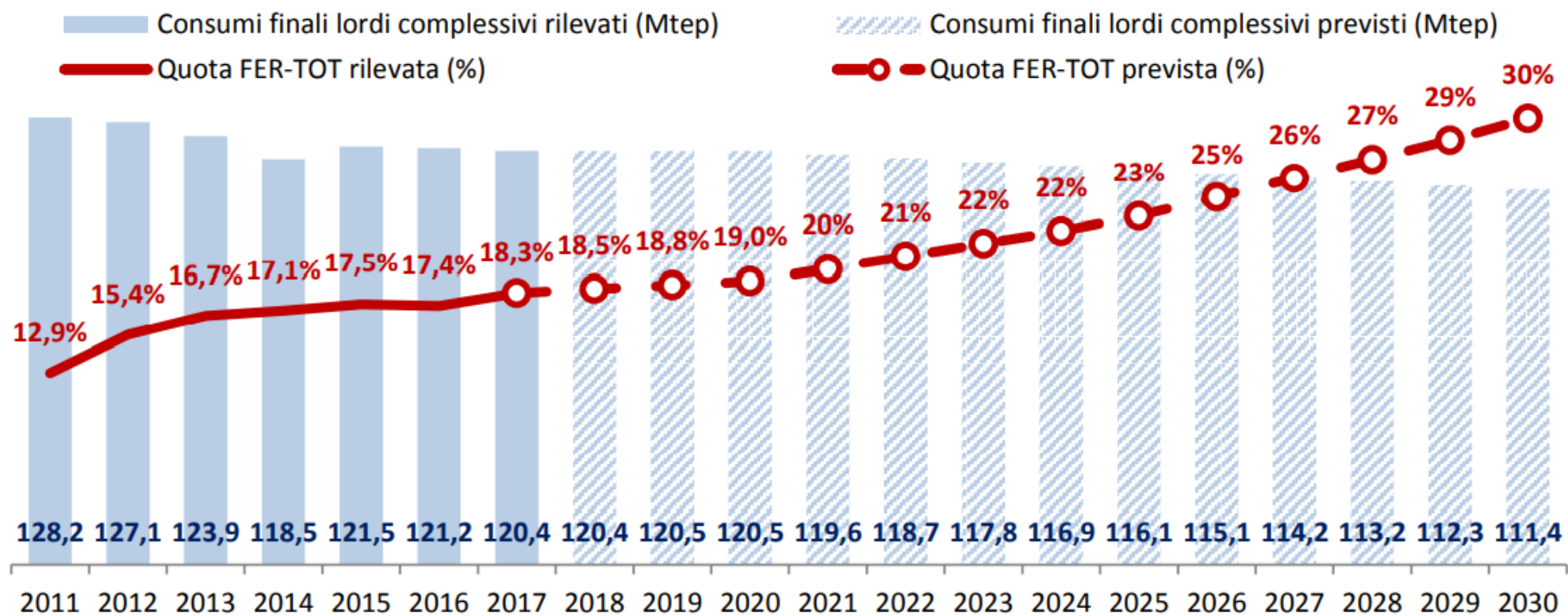
- **I NUMERI**

- Nel 2021 gli obiettivi sono stati rivisti al rialzo

# IL PNIEC

- **Obiettivi**  
quota  
rinnovabili  
complessiva
- **+30%**

Figura 7 - Traiettoria della quota FER complessiva [Fonte: GSE e RSE]



# IL PNIEC

## • Obiettivi quota rinnovabili elettrica +55% (rivisto nel 2021)

Figura 8 - Traiettorie della quota FER elettrica [Fonte: GSE e RSE]

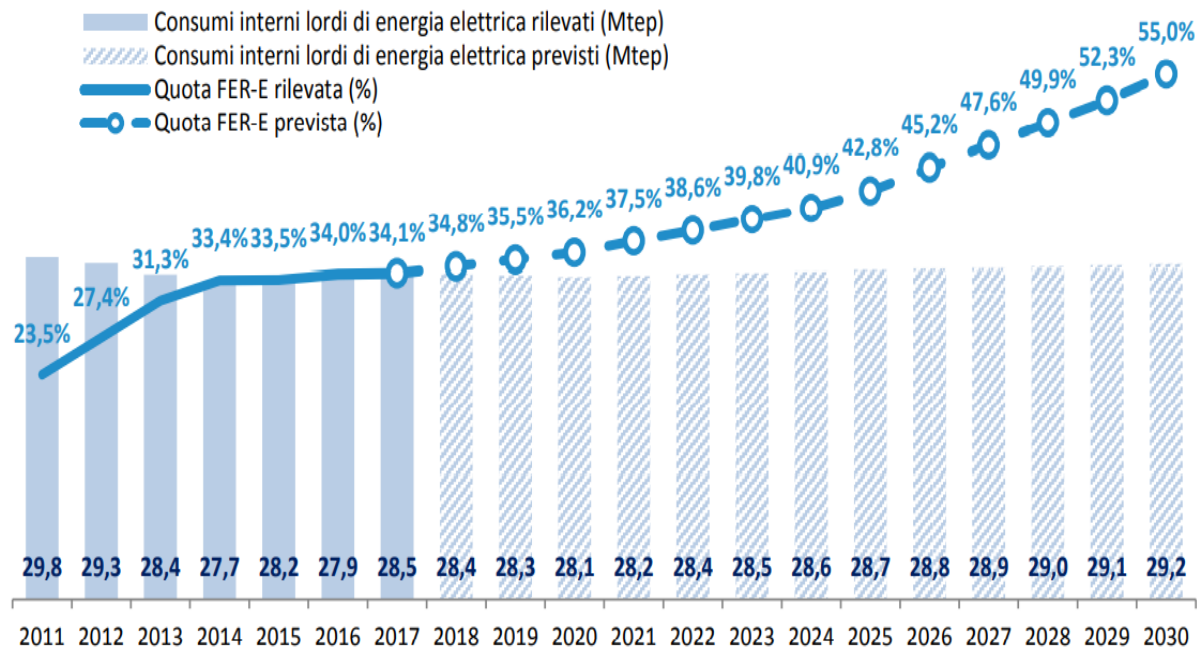
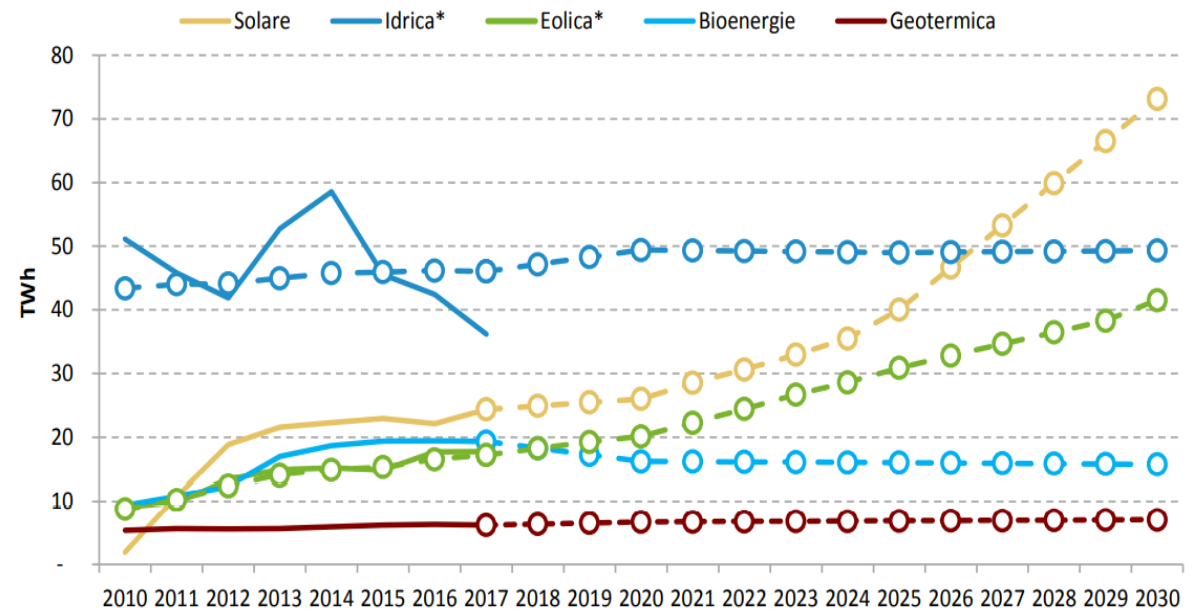


Figura 11 - Traiettorie di crescita dell'energia elettrica da fonti rinnovabili al 2030 [Fonte: GSE e RSE]



# IL PNIEC

## • Obiettivi quota rinnovabili termico +34% (rivisto nel 2021)

Figura 9 - Traiettorie della quota FER nel settore termico [Fonte: GSE e RSE]

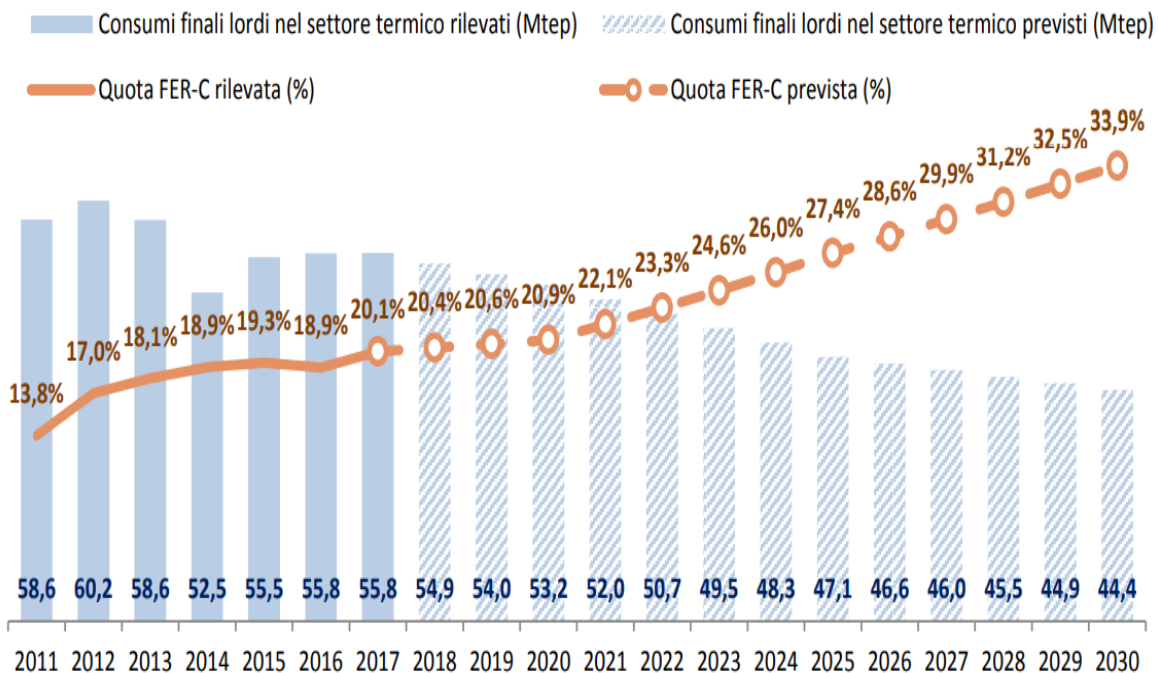
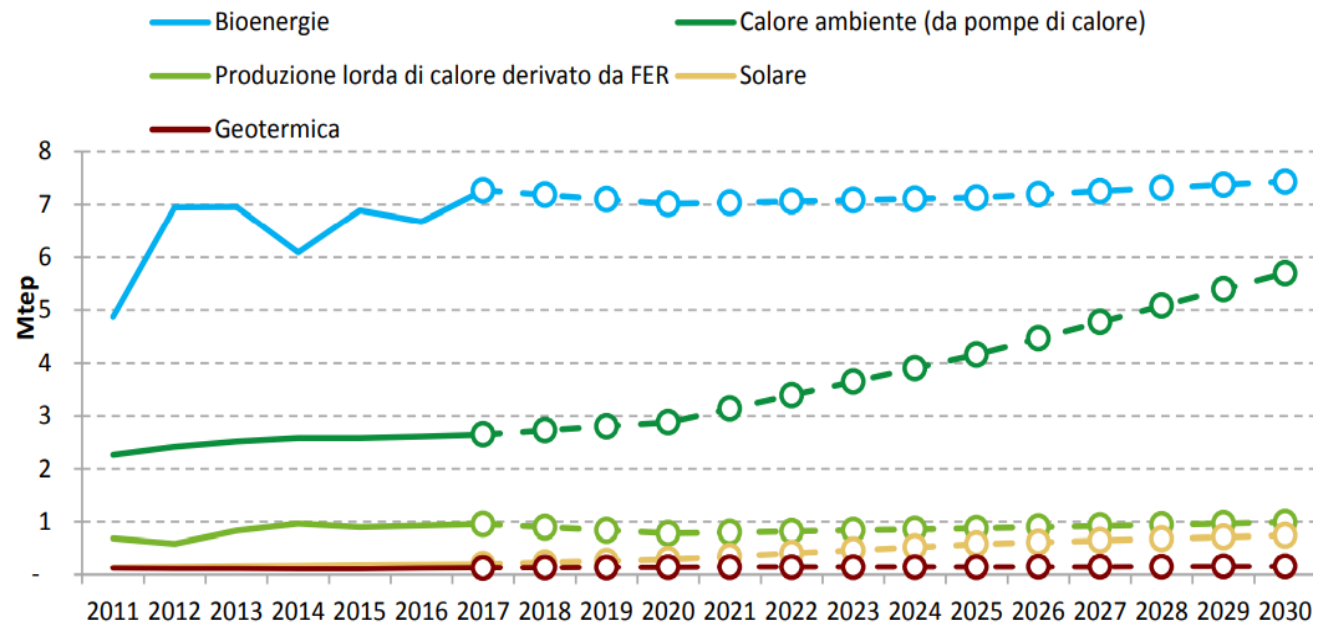


Figura 12 - Traiettorie di crescita dell'energia da fonti rinnovabili al 2030 nel settore termico [Fonte: GSE e RSE]



# IL PNIEC

## • Obiettivi quota rinnovabili trasporti +22% (rivisto nel 2021)

Figura 10 - Traiettoria della quota FER nel settore trasporti [Fonte: GSE e RSE]

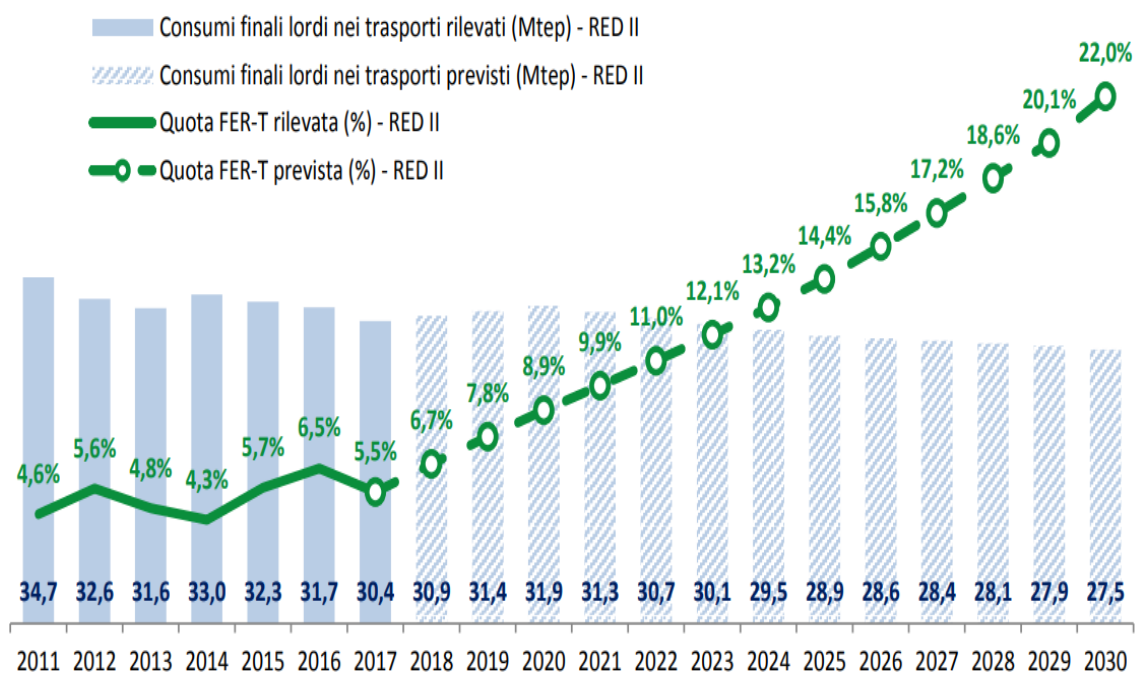
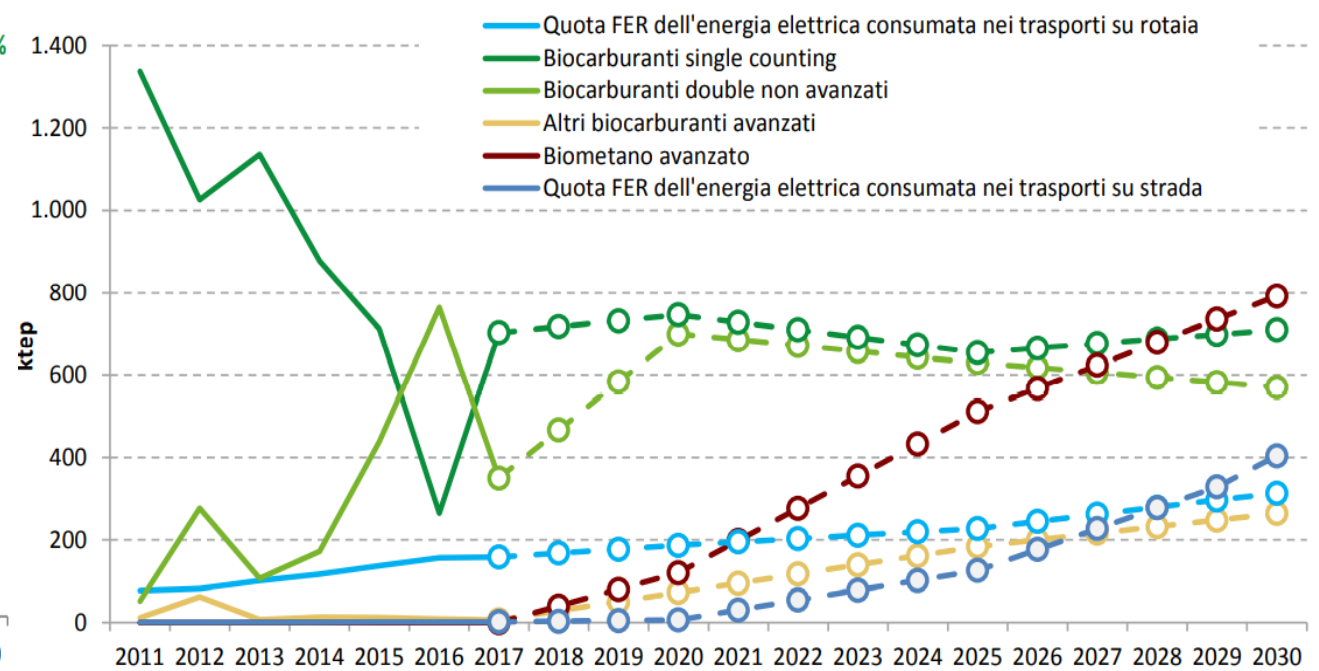


Figura 13 - Traiettorie di crescita dell'energia da fonti rinnovabili al 2030 nel settore dei trasporti [Fonte: GSE e RSE]



# IL PNIEC

- **Conseguenze obiettivi futuri:**

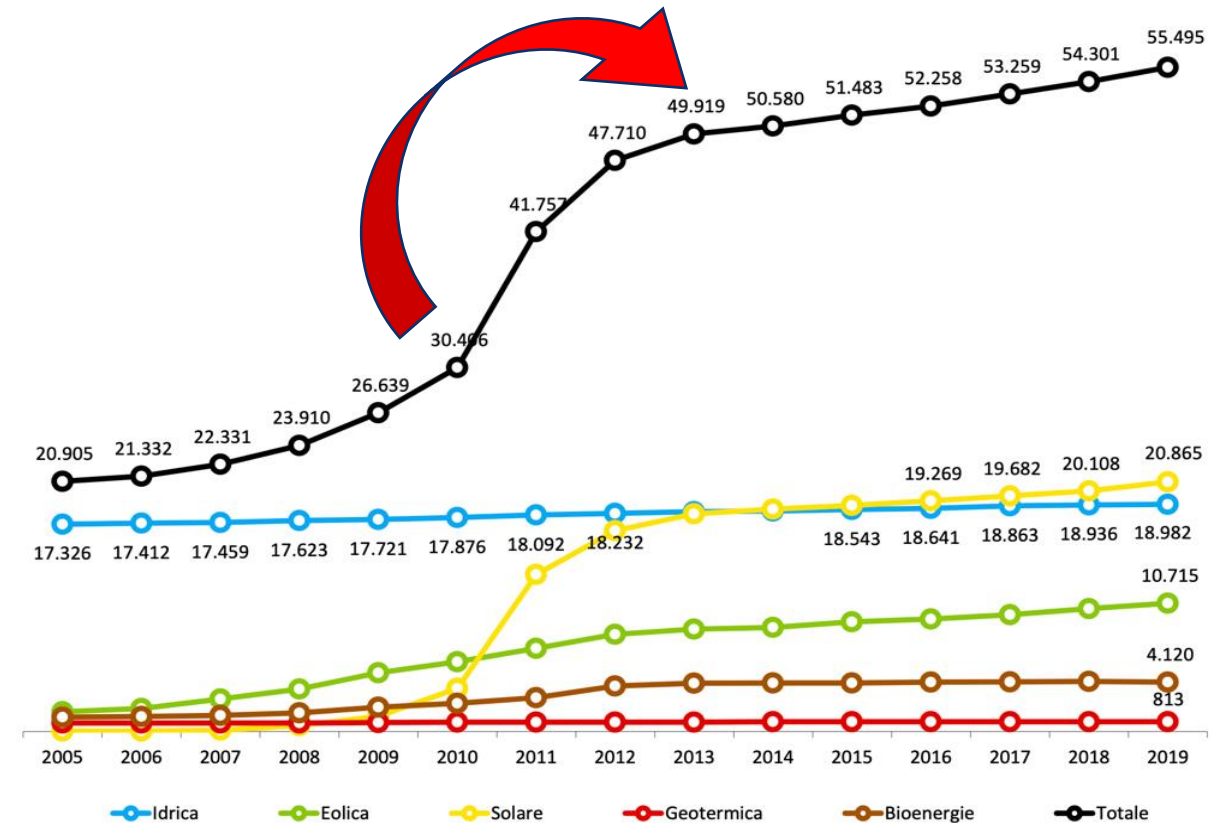
- **Efficientamento**
  - Termico
  - Dei processi industriali
- **Elettrificazione**
  - Produzione, distribuzione e stoccaggio
  - Estensione dell'utilizzo di sistemi elettrici rispetto ai sistemi a combustione

## IMPORTANTE

- Nel 1987 ho progettato il primo corso nelle scuole primarie di Tavagnacco per informare e sensibilizzare i bambini delle 4 e 5 elementare alla raccolta differenziata dei rifiuti domestici, quando solo nei 60% dei comuni del Fvg c'erano i cassonetti per raccogliere i rifiuti domestici .
- Nel 2015 a Gemona abbiamo iniziato la raccolta differenziata porta a porta di carta, vetro, plastica e organico e aperto la ecopiazzola per gli ingombranti.
- Sono serviti 27 anni e ora raccogliamo l'85% dei rifiuti in modo differenziato riducendo il rifiuto finale del 80% in volume rispetto al 1987.
- **Mancano 28 anni al 2050 dobbiamo arrivare allo stesso risultato con l'energia aiutati dalle nuove tecnologie e dalla cultura del risparmio energetico che troverà esecuzione nei figli dei nostri figli**

# COME STIAMO CAMBIANDO LE FONTI ENERGETICHE?

- **Dipende dagli investimenti possibili:**
  - Solo il conto energia ha dato una spinta importante
  - Aste inter-tecnologiche introdotte negli ultimi tempi, potrebbero effettivamente migliorare le cose



Fonte: elaborazioni GSE su dati Terna e GSE

# COME STIAMO CAMBIANDO LE FONTI ENERGETICHE?

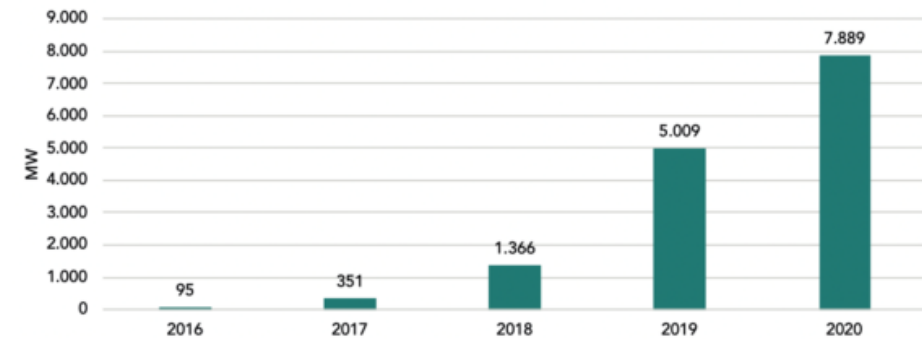
- **Ragioni del rallentamento:**

- Imposto un tetto per gli incentivi pari a 5,8 miliardi di euro nel 2012
- Difficoltà della Pubblica Amministrazione nel processare le autorizzazioni per progetti di impianti a fonte rinnovabile
- Troppi incentivi al solare
- Richiesta di consumo dei terreni

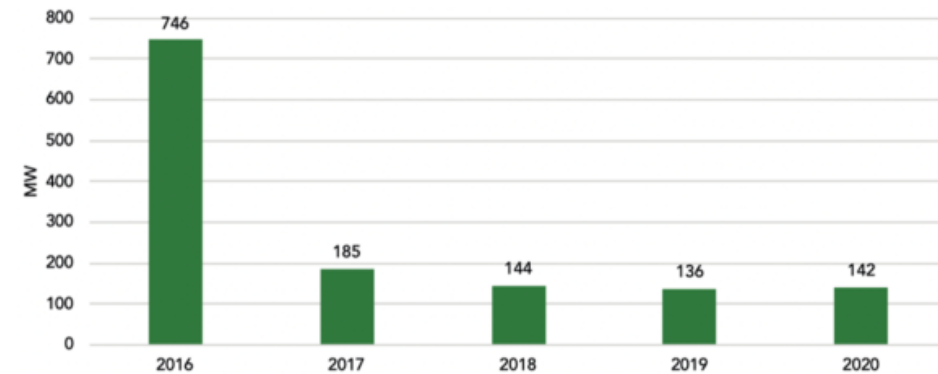
- **Contromisure:**

- Decreto semplificazioni
- Introduzione delle Energy Community nel quadro normativo nazionale;
- Istituzione del nuovo Ministero della Transizione ecologica

Andamento delle istanze di Autorizzazione Unica per impianti eolici



Andamento delle Autorizzazioni Uniche rilasciate per impianti eolici



Fonte: Energy & Strategy Group



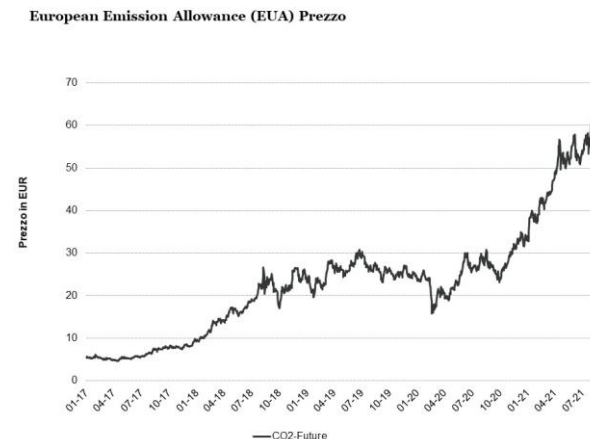
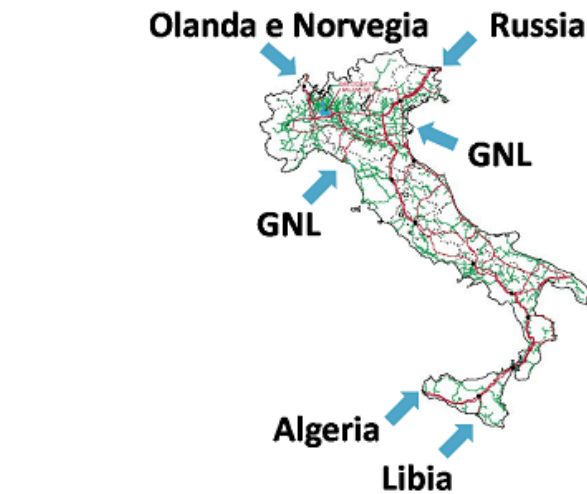
# L'ATTUALE CRISI ENERGETICA: PERCHÈ?

- **Cosa sta accadendo (fonte ARERA):**

- +55% prezzo energia elettrica (+65% senza aiuti)
- +42% prezzo del gas (+59% senza aiuti)
- 1000euro/anno in più per famiglia

- **Perché:**

- Molto legato al gas, il cui prezzo (produzione e trasporto) è aumentato del 500%
- Il meteo: inverno lungo ed estate lunga → non ci sono le mezze stagioni (dal cambiamento climatico)
- Ripresa economica
- Mancanza di riserve
- Limiti tecnici e geopolitici: dimensione impianti produttivi e gasdotti
- Fonti rinnovabili: poco vento sul Mare del Nord
- Prezzo certificati di emissione di CO2



Fonte: Bloomberg 01.01.2017 - 31.07.2021  
 Si precisa che i rendimenti passati e le simulazioni eventualmente rappresentati non sono indicativi né garantiscono gli stessi rendimenti per il futuro.

## Nord Stream 2

Il gas russo verso la Germania

ISPI

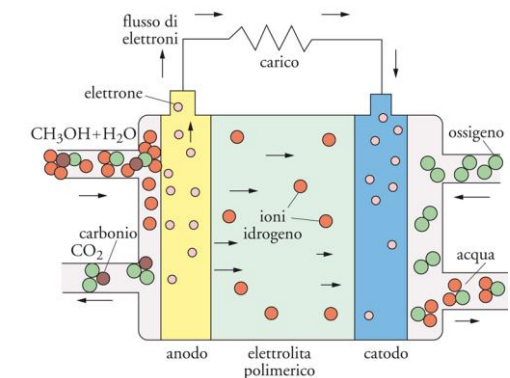


# L'ATTUALE CRISI ENERGETICA: PERCHÈ?

- **Che fare in Italia:**
  - Ricercare maggiore indipendenza dall'estero
  - Ampliare la rete di fornitori
  - Diversificare la tipologia di fonti energetiche utilizzate
- **Ovviamente perseguendo la transizione energetica**
  - **Proviamo a pensare all'IDROGENO:**
    - Come mezzo energetico
    - Come mezzo d'accumulo energetico

# L'IDROGENO COME MEZZO ENERGETICO ED I SISTEMI D'ACCUMULO.

- **Perchè un sistema d'accumulo**
  - Molte fonti rinnovabili, quasi tutte, non sono programmabili:
    - Eolico: dipende dal vento
    - Solare: dipende dal giorno/notte e dal meteo
    - ....
  - C'è la necessità di stoccare l'energia elettrica, per rispondere alle richieste della rete
    - In batterie
    - Con l'idrogeno che tramite celle a combustibile trasforma il gas H<sub>2</sub> in elettricità



# L'IDROGENO COME MEZZO ENERGETICO ED I SISTEMI D'ACCUMULO.

- **Idrogeno green: prodotto da fonti rinnovabili**

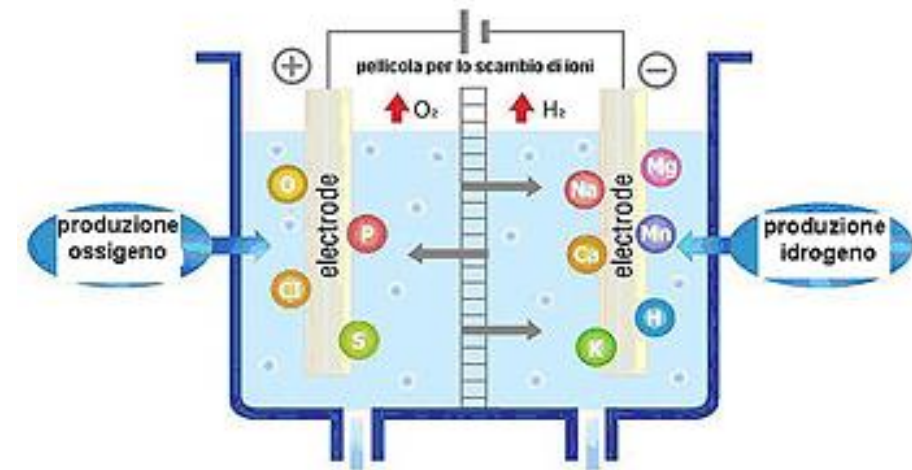
- Un po' di chimica: l'idrolisi dell'acqua

- Acqua distillata troppo poco dissociata → poco conduttiva → aggiunta di piccole quantità di sale (solfato di sodio, cloruro di potassio, ...)

- **Reazione globale:**



- Al catodo:  $4H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^- + 2H_2$
- All'anodo:  $6H_2O \rightarrow 4H_3O^+ + O_2 + 4e^-$
- Reazione globale dettagliata:  $10H_2O \rightarrow 4H_3O^+ + 4OH^- + 2H_2 + O_2$
- Reazione di neutralizzazione:  $4H_3O^+ + 4OH^- \rightarrow 8H_2O$



# L'IDROGENO COME MEZZO ENERGETICO ED I SISTEMI D'ACCUMULO.

- **Idrogeno: diamo i numeri**

- 1litro  $H_2O \rightarrow 1Kg H_2O \rightarrow 1000/18=55,6$  moli
- Moli prodotte per litro/kilo d'acqua: 55,6 moli di  $H_2$ ,  $55,6/2=27,8$  di  $O_2$
- Idrogeno prodotto per litro/kilo d'acqua: 111,2grammi
  
- **Quindi per produrre 1Kg di  $H_2$  servono  $1000/111,2=8,99$  kili/litri d'acqua**
  
- **A 300atm, 25°C, 1Kg di  $H_2 \rightarrow V=55,6*0,0821*298,15/300=4,54$ litri**

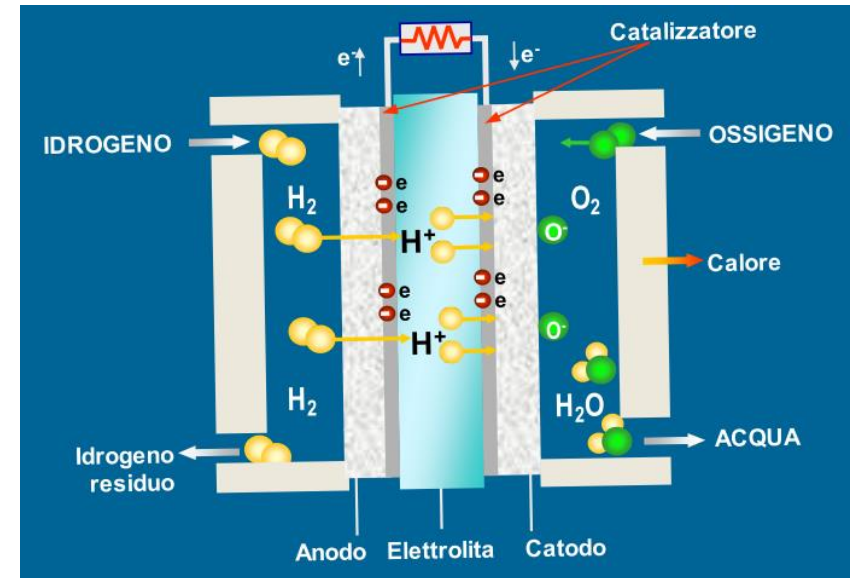


# L'IDROGENO COME MEZZO ENERGETICO ED I SISTEMI D'ACCUMULO.

- **Ovvero di che energia parliamo?**
- **Poteri calorifici:**
  - H<sub>2</sub>: superiore= 141,8 KJ/g inferiore=**120** KJ/g
  - Benzina: superiore=46 KJ/g inferiore=43,6 KJ/g
  - Metano: superiore=55,5 KJ/g inferiore=50 KJ/g
- **Potere calorifico inferiore=tenendo conto del vapore d'acqua prodotto (perso)**
- **1Kilo di H<sub>2</sub> → 120000KJ/kg=33,3kWh**

# L'IDROGENO COME MEZZO ENERGETICO ED I SISTEMI D'ACCUMULO.

- La pila a combustibile ad idrogeno
- Reazione:  
$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O + \text{elettricit\`a} + \text{calore}$$
- Caratteristiche:
  - Rendimento elettrico del 40-50% rispetto PCI (tecnologia attuale)
  - Efficienza costante con carichi variabili (tra il 30 ed il 100% del carico massimo).
  - Acqua calda prodotta (si pu\`o recuperare 90% delle perdite dovute al rendimento elettrico).



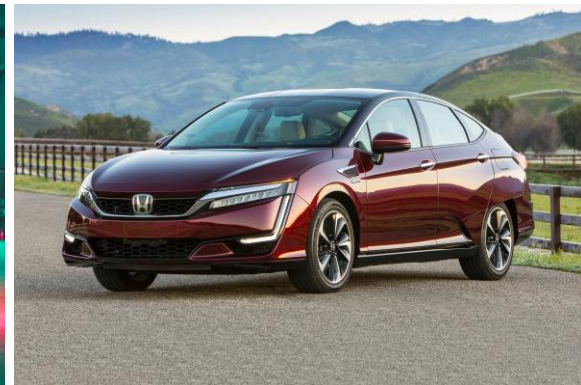
# L'IDROGENO COME MEZZO ENERGETICO ED I SISTEMI D'ACCUMULO.

- **Auto ad idrogeno:**

- Toyota Mirai → 0,8kg/100km
- Hyundai Nexo → 0,95kg/100km
- Mercedes GLC → 0,91kg/100kg
- Honda FCX → 0,8kg/100km



- Distributore di Bolzano (feb. 2020):
  - 13,7euro/kg



Auto a benzina: 15km/litro → 6.6 litri/100Km  
Benzina a 1.9euro/litro → 12,7 euro



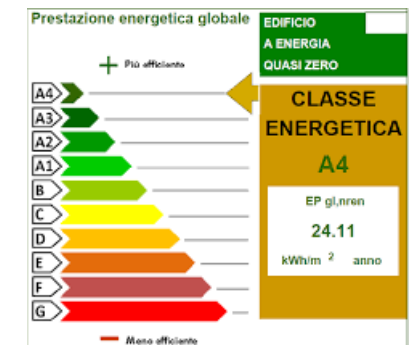
# L'IDROGENO COME MEZZO ENERGETICO ED I SISTEMI D'ACCUMULO.

- **Quanto idrogeno mi serve?**

- Abitazione classe A di 200mq → 6000kWh/anno
- Produzione acqua calda per 3 persone → 3000kWh/anno
- Cottura e conservazione cibi → 600kWh/anno

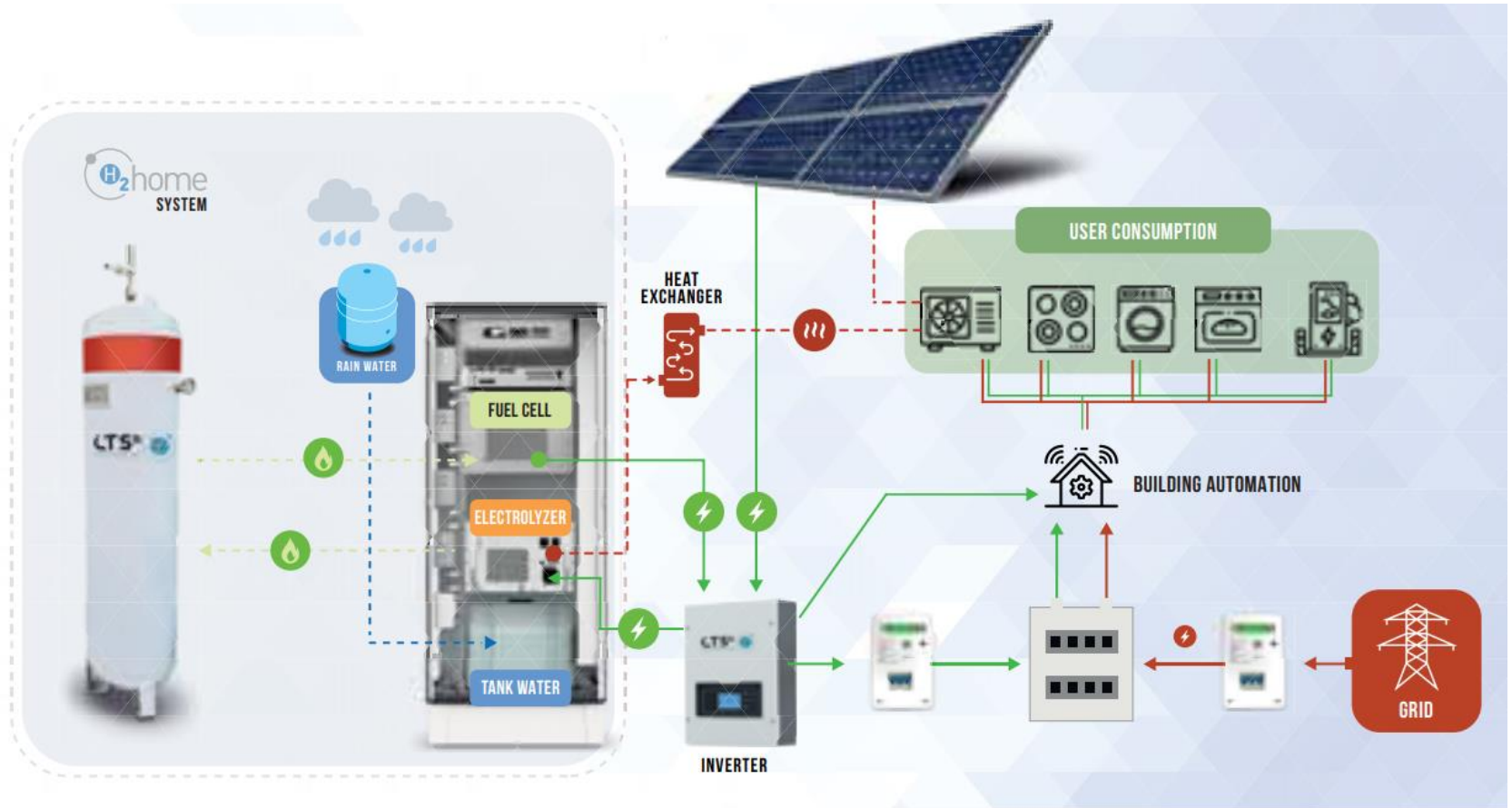
- Totale 9600kWh/anno → 720,7kg/anno (con un rendimento del 40%)

- Consumo totale con idrogeno



# L'IDROGENO COME MEZZO ENERGETICO ED I SISTEMI D'ACCUMULO.

- L'idrogeno in casa



# L'IDROGENO COME MEZZO ENERGETICO ED I SISTEMI D'ACCUMULO.

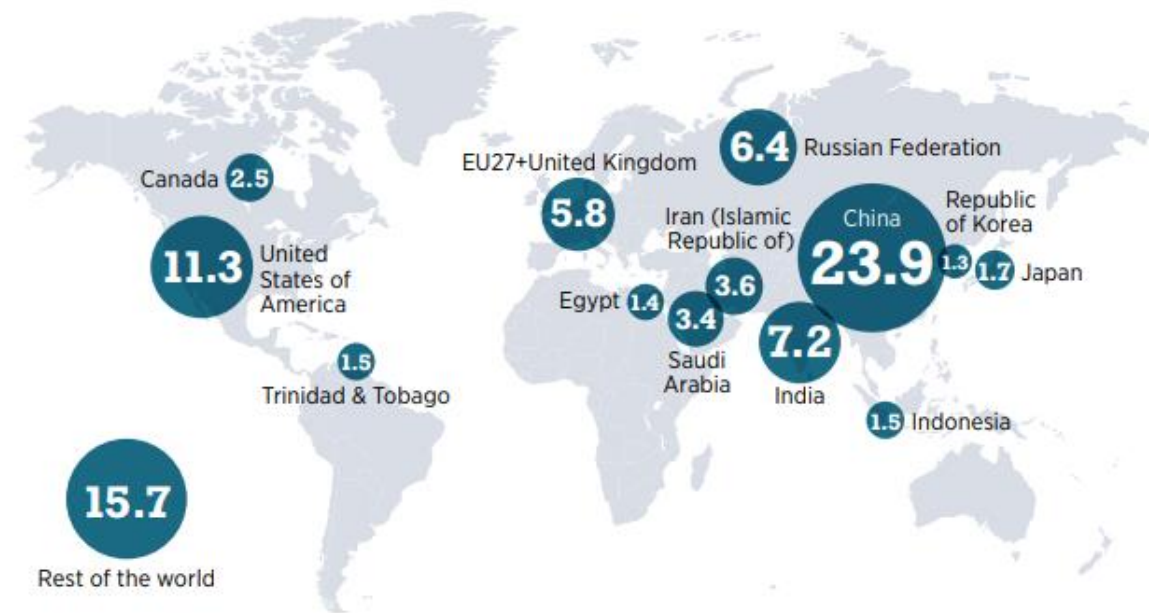
- L'idrogeno

Figure 2.2 Selected colour-code typology of hydrogen production

	GREY HYDROGEN	BLUE HYDROGEN	GREEN HYDROGEN
Process	Reforming or gasification	Reforming or gasification with carbon capture	Electrolysis
Energy source	Fossil fuels 	Fossil fuels 	Renewable electricity 
Estimated emissions from the production process <sup>a</sup>	Reforming: 9 - 11 <sup>b</sup> Gasification: 18 - 20	0.18 - 6.1 <sup>c</sup>	0

Note: a) CO<sub>2-eq</sub>/kg = carbon dioxide equivalent per kilogramme; b) For grey hydrogen, 2 kg CO<sub>2-eq</sub>/kg assumed for methane leakage from the steam methane reforming process. c) Emissions for blue hydrogen assume a range of 99.8% and 68% capture rate.

Figure 2.1 Hydrogen consumption in 2020 (million tonnes per year)



Map source: Natural Earth, 2021

Note: Values are derived from current production of ammonia, methanol, refining and direct reduced iron for steel.

Disclaimer: This map is provided for illustration purposes only. Boundaries and names shown on this map do not imply any endorsement or acceptance by IRENA.

# L'IDROGENO COME MEZZO ENERGETICO ED I SISTEMI D'ACCUMULO.

## • L'idrogeno

Figure 2.4 Clean hydrogen policy priorities

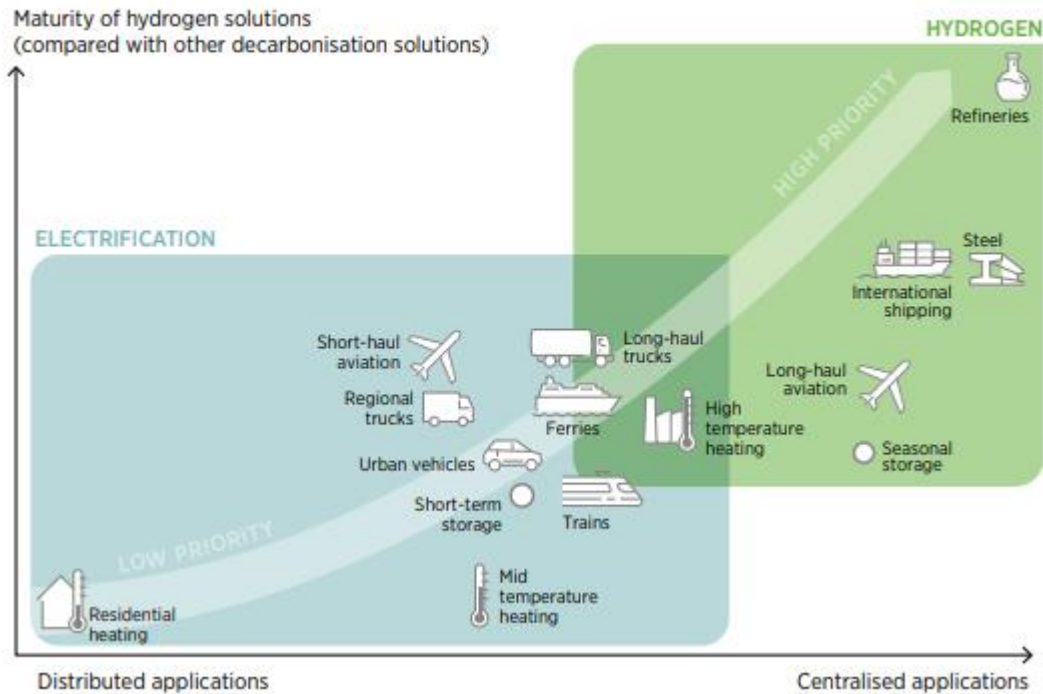
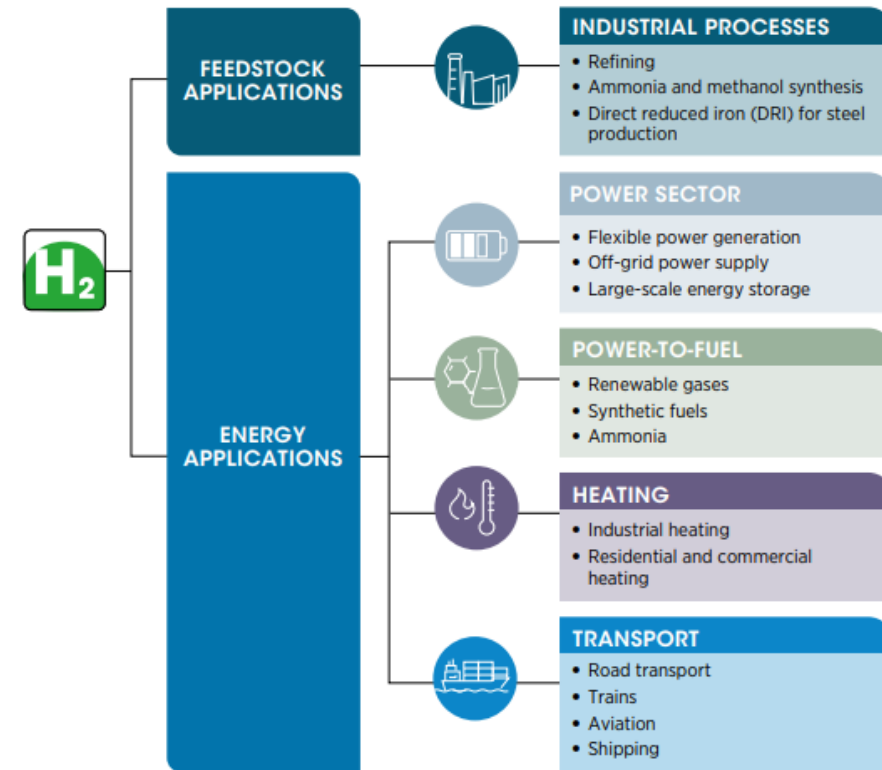


Figure 2.3 Potential uses for clean hydrogen

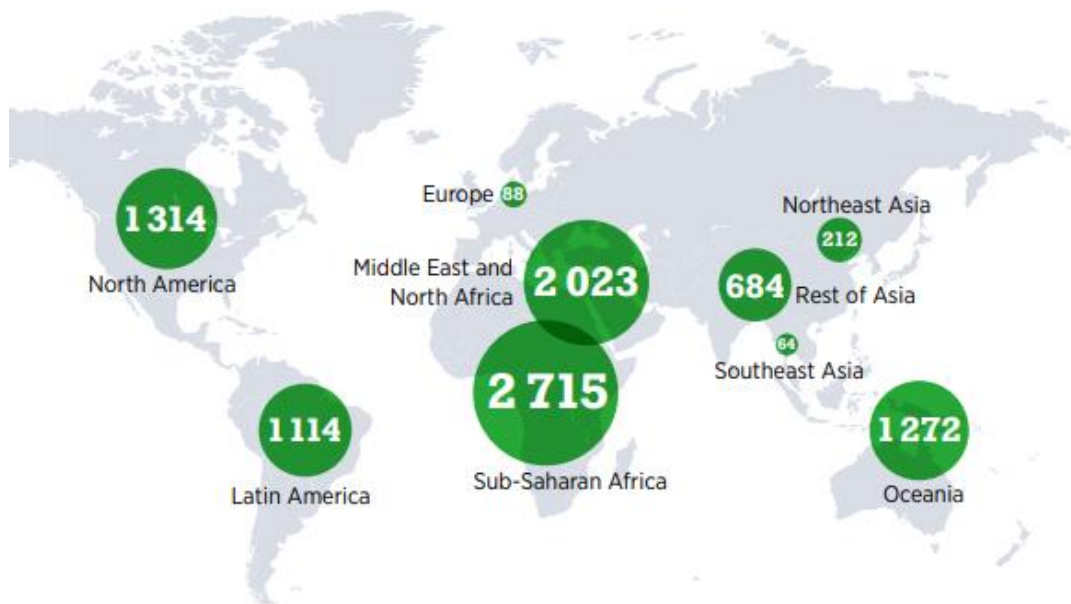


Source: IRENA (2020b).

# L'IDROGENO COME MEZZO ENERGETICO ED I SISTEMI D'ACCUMULO.

- L'idrogeno

Figure 3.4 Technical potential for producing green hydrogen under USD 1.5/kg by 2050, in EJ

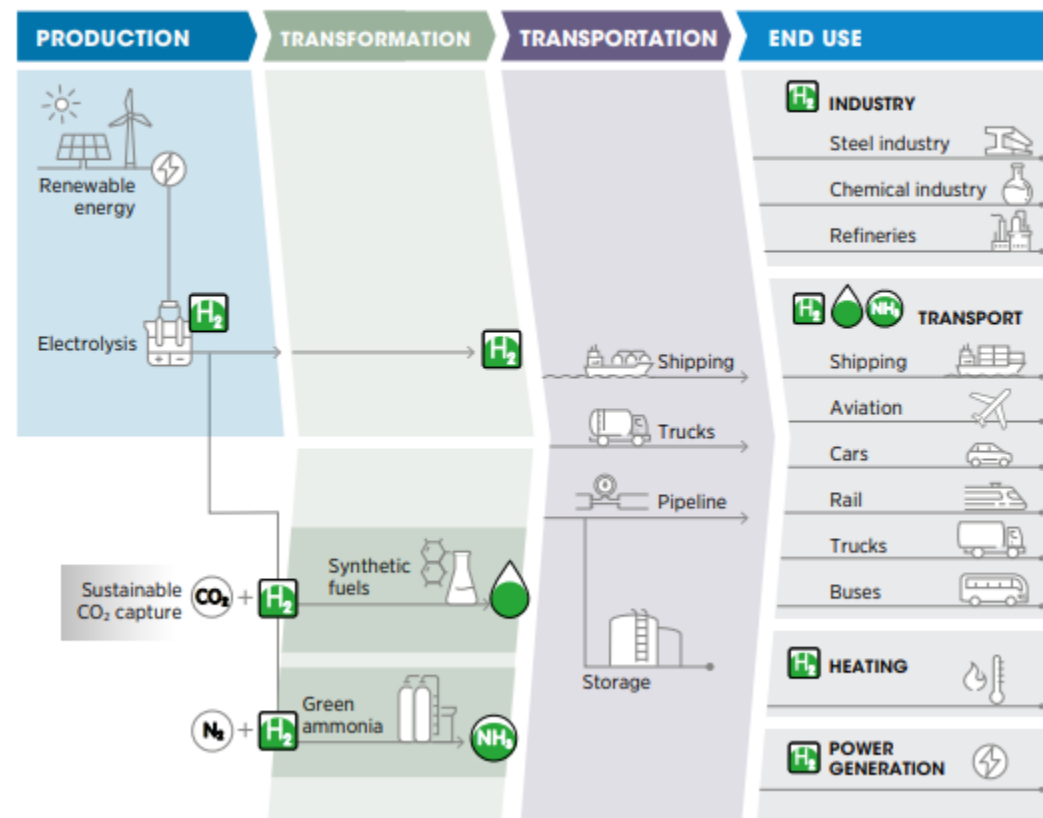


Source: IRENA (forthcoming-a). Map source: Natural Earth, 2021

Note: Assumptions for capital expenditures (CAPEX) 2050 are as follows: PV: USD 225-455/kW; onshore wind: USD 700-1070/kW; offshore wind: USD 1275-1745/kW. Weighted average cost of capital: Per 2020 values without technology risks across regions. Technical potential has been calculated based on land availability considering several exclusion zones (protected areas, forests, permanent wetlands, croplands, urban areas, slope of 5% [PV] and 20% [onshore wind], population density). Water availability was not considered in the analysis. EJ = exajoule; kW = kilowatt.

Disclaimer: This map is provided for illustration purposes only. Boundaries and names shown on this map do not imply any endorsement or acceptance by IRENA.

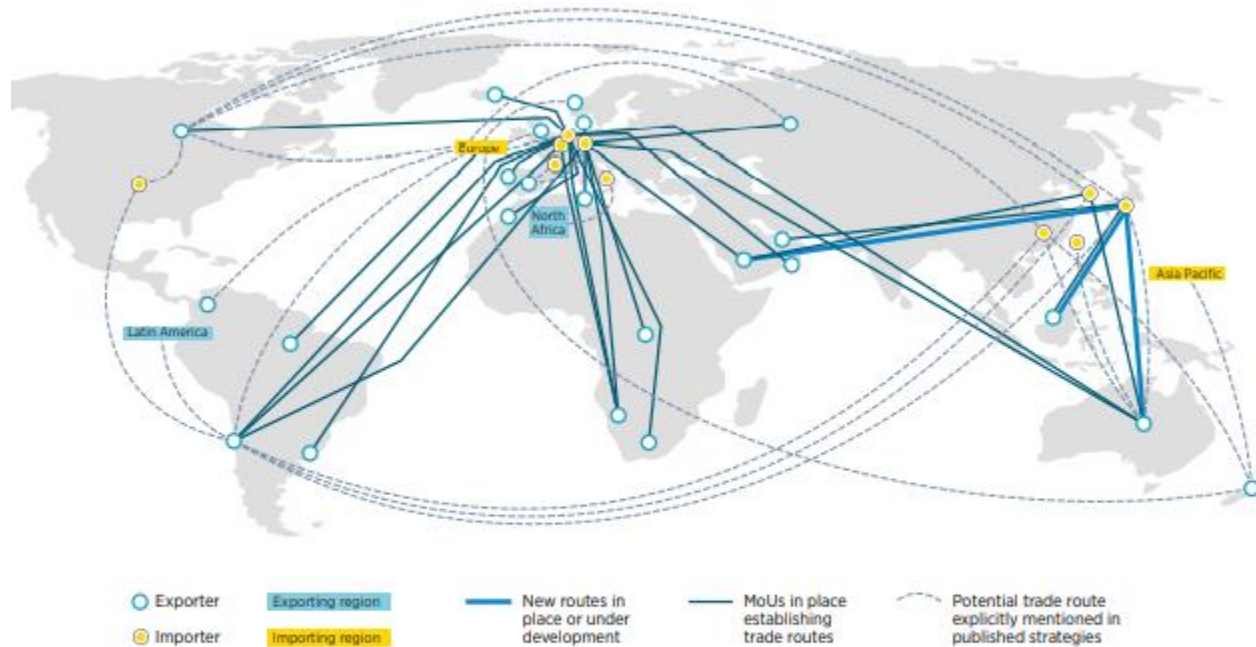
Figure 3.9 Technology leadership opportunities in green hydrogen value chains



# L'IDROGENO COME MEZZO ENERGETICO ED I SISTEMI D'ACCUMULO.

## L'idrogeno

Figure 2.9 An expanding network of hydrogen trade routes, plans and agreements

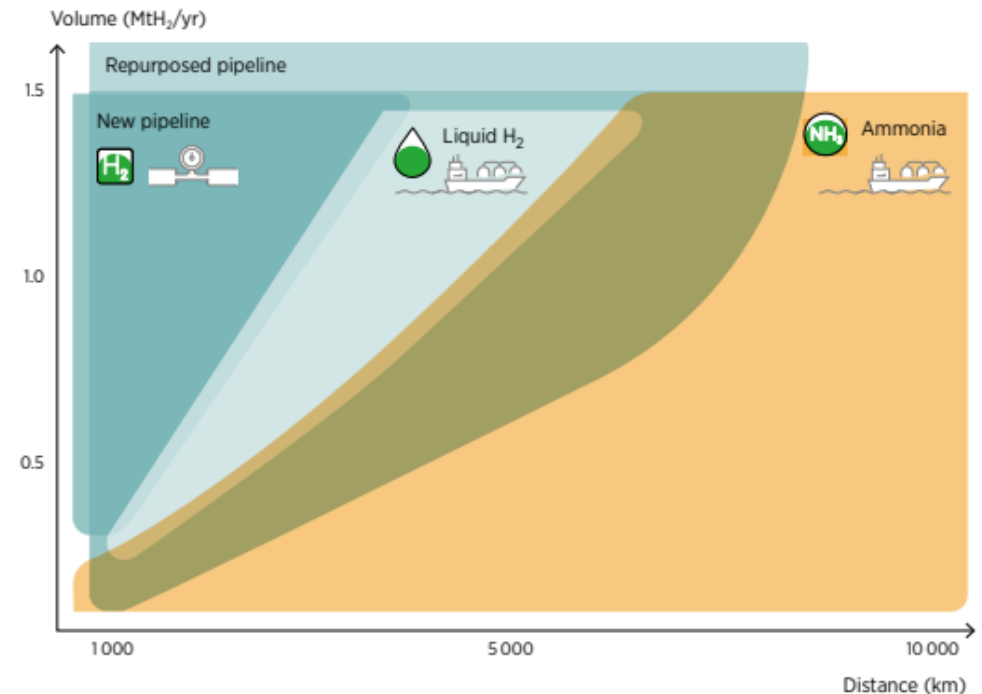


Map source: Natural Earth, 2021

Notes: Information on this figure is based on the information contained in government documents at the time of writing.

Disclaimer: This map is provided for illustration purposes only. Boundaries and names shown on this map do not imply any endorsement or acceptance by IRENA.

Figure 2.8 Cost efficiency of transport options when considering volume and distance



Source: IRENA (forthcoming-a)

Note: H<sub>2</sub> = hydrogen gas; km = kilometre. Mth<sub>2</sub>/yr = million tonnes of hydrogen per year.

# L'IDROGENO COME MEZZO ENERGETICO ED I SISTEMI D'ACCUMULO.

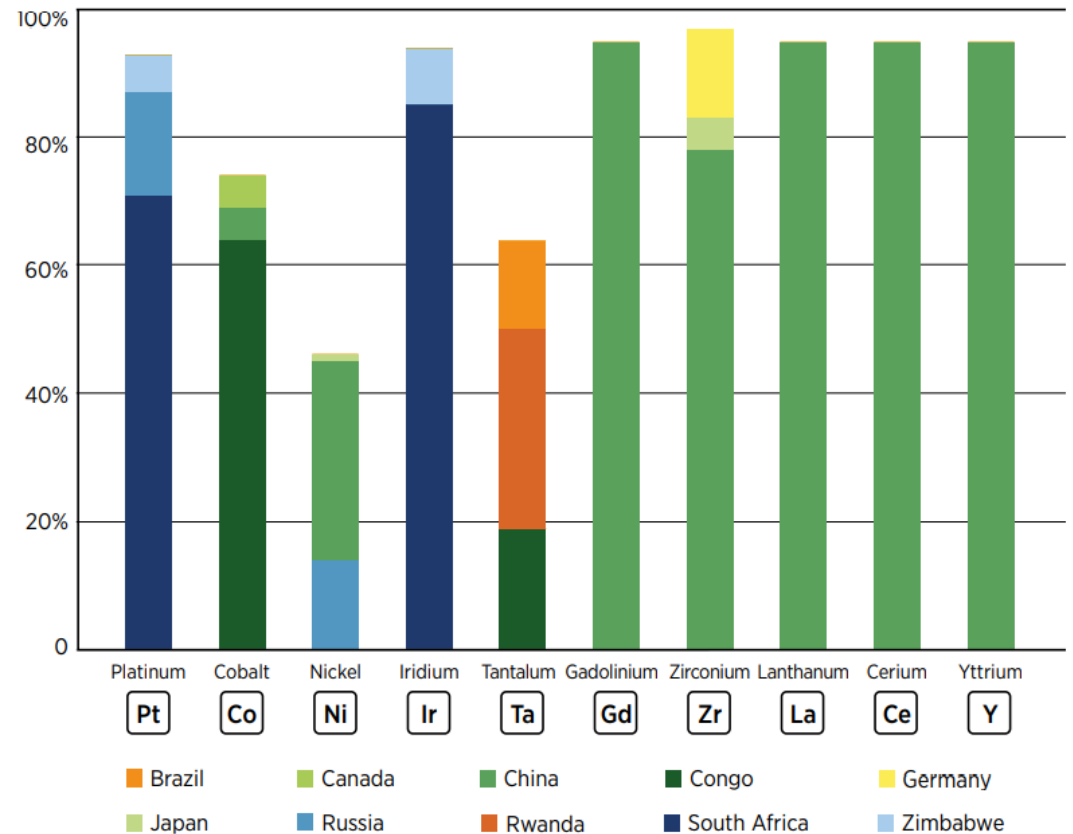
Figure 4.6 The world's 20 largest announced giga-scale green hydrogen projects



- |  |  |
|--|--|
| 1 HyDeal Ambition (67GW) ..... Western Europe          | 11 Project Nour (5GW) <sup>a</sup> ..... Mauritania                      |
| 2 Unnamed (30GW) ..... Kazakhstan                      | 12 HyEnergy Zero Carbon Hydrogen (4GW) <sup>a</sup> . Australia          |
| 3 Western Green Energy Hub (28GW) ..... Australia      | 13 Pacific solar Hydrogen (3.6GW) ..... Australia                        |
| 4 AMAN (16GW) <sup>a</sup> ..... Mauritania            | 14 Green Marlin (3.2GW) ..... Ireland                                    |
| 5 Asian Renewable Energy Hub (14GW) ..... Australia    | 15 H2-Hub Gladstone (3GW) ..... Australia                                |
| 6 Oman Green Energy Hub (14GW) <sup>a</sup> ..... Oman | 16 Moolawatana Renewable Hydrogen Project (3GW) <sup>a</sup> - Australia |
| 7 AquaVentus (10GW) ..... Germany                      | 17 Murchison Renewable Hydrogen Project (3GW) - Australia                |
| 8 NorthH2 (10GW) ..... Netherlands                     | 18 Unnamed (3GW) ..... Namibia   |
| 9 H2 Magallanes (8GW) ..... Chile                      | 19 Base One (2GW) <sup>a</sup> ..... Brazil                              |
| 10 Beijing Jingneng (5GW) ..... China                  | 20 Helios green Fuels Project (2GW) ..... Saudi Arabia                   |

Figure 4.7 Top producers of critical materials in electrolyzers

Fraction of global mining supply (%)



# L'IDROGENO COME MEZZO ENERGETICO ED I SISTEMI D'ACCUMULO.

## • L'idrogeno

Figure 4.5 Selected country bilateral trade agreements and MOUs, announced as of November 2021

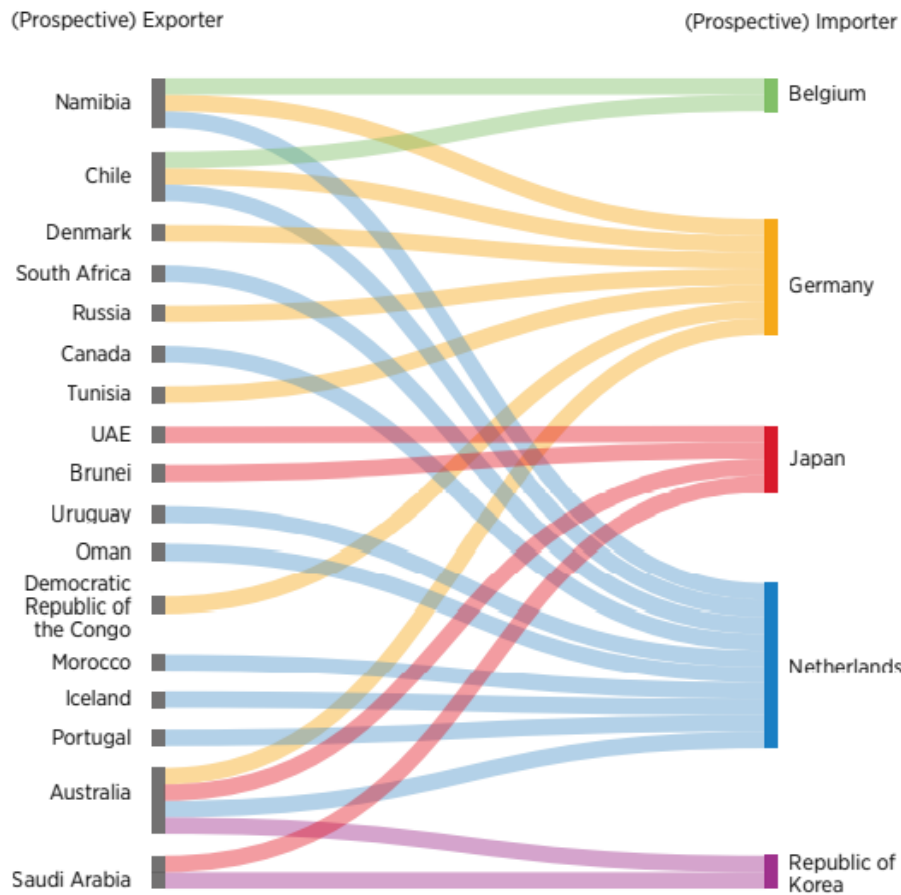


Figure 4.4 Possible hydrogen routes across Africa along existing and future trans-African highway

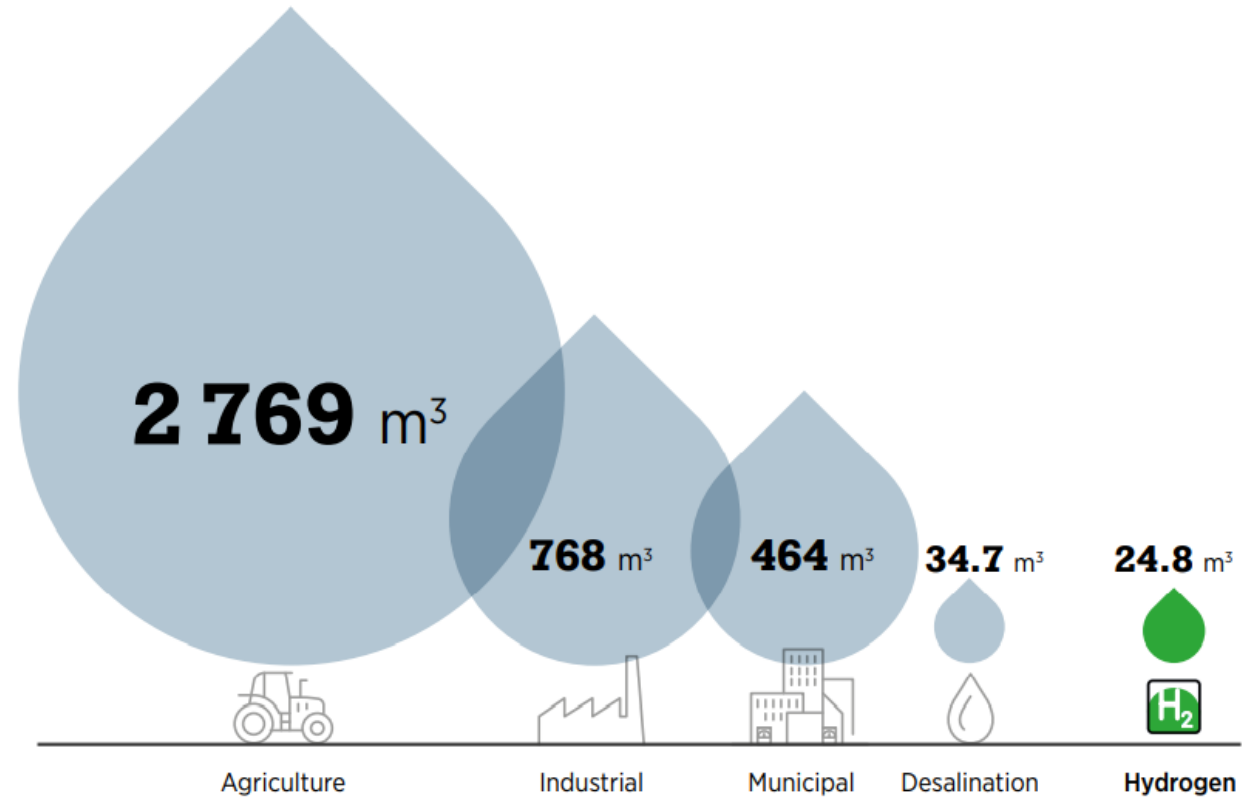




# L'IDROGENO COME MEZZO ENERGETICO ED I SISTEMI D'ACCUMULO.

- L'idrogeno

Figure 5.3 Water consumption of hydrogen in 2050 compared with selected sectors today (billion cubic metres)



# CONCLUSIONI.

- **L'idrogeno NON è LA SOLUZIONE A TUTTI I PROBLEMI**
- **Nei prossimi 30 anni dovremo :**
  - **Ridurre i consumi pro-capite di energia con l'aiuto della tecnologia e della informazione responsabile alla riduzione del consumo di energia (quanta acqua calda per fare una doccia ?)**
  - **Investire in tecnologia per efficientare i sistemi produttivi**
  - **Modificare gli stili di vita dalla mobilità, all'acquisto responsabile di beni a basso impatto ambientale**
- **SE NON LO FAREMO CI PENSERA' LA TERRA A RISOLVERE IL PROBLEMA .... Uomini**