



# DE 70 DE ANI DĂM VALOARE RESURSELOR NATURALE

Investim continuu pentru a aduce chimia  
românească la nivelul următor

Chimcomplex. Inovație cu tradiție, din România





# ENERGIA ȘI CHIMIA HIDROGENULUI în proiectele Sustenabile ale Chimcomplex

*Ing. Dumitru Coman  
Director Tehnic Strategie  
Chimcomplex*

*Conf.dr.ing. Liliana Lazăr  
Universitatea Tehnică  
"Gheorghe Asachi" din Iași*



**CHIMCOMPLEX are posibilitatea de a utiliza CO<sub>2</sub> emis și hidrogen (H<sub>2</sub>) produs din energie verde pentru o producție integrată și durabilă !**

**CHIMCOMPLEX produce hidrogen din apă de peste 60 ani (astazi aprox. 6000 t/an), capteaza și utilizeaza CO<sub>2</sub> de peste 50 ani, obține energie din hidrogen de peste 10 ani.**

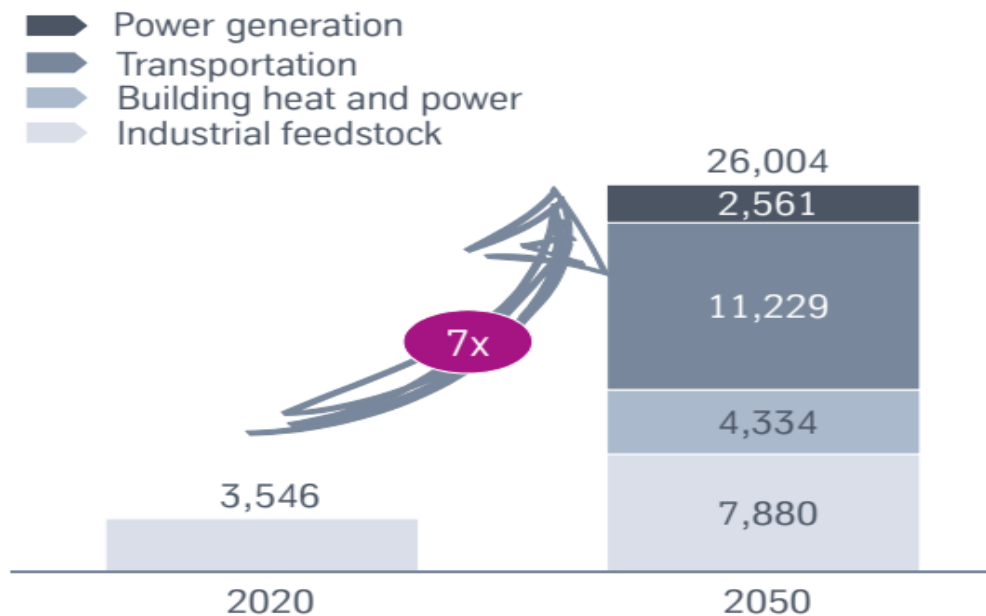
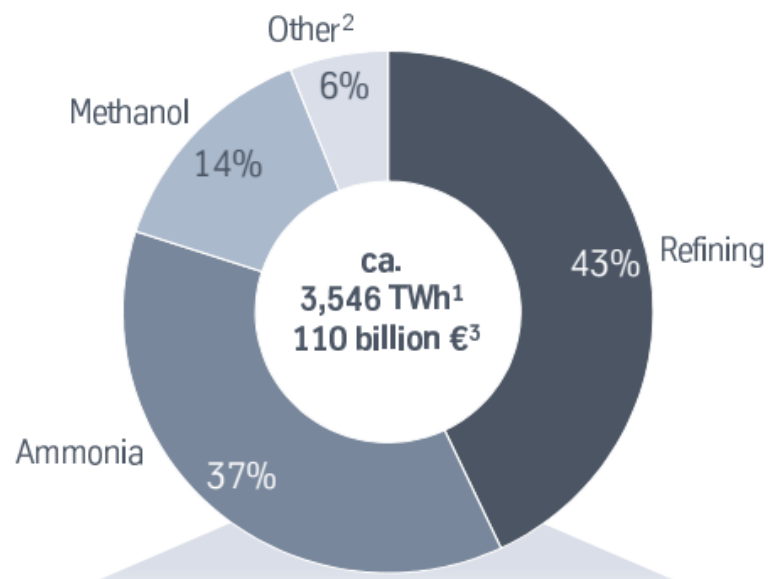
**Avem proiecte integrate pentru o productie de 12.000 t/an hidrogen.**

**CHIMCOMPLEX are fundatia necesara pentru construcția proiectelor cu hidrogen în chimie și energie.**



Pe plan mondial, în 2020 piața hidrogenului reprezintă:

- 3.546 TWh hidrogen, **echivalent a 950 GW electroliza apei**
- aprox. AFACERI de 110 miliarde Euro
- Generand simultan emisii de aprox 900 milioane tone CO<sub>2</sub>
- Principale aplicații / tehnologii 2020 și ... Perspectiva 2050 (!?) ...



**HIDROGENUL ESTE O MARE PROVOCARE !**





## HIDROGENUL – eterna poveste

**HIDROGENUL s-a aflat și se află la rădăcina acestei lumi a materiei.** Paradoxul zilelor noastre este acela că **“vrem să rescriem istoria hidrogenului”**.

*Hidrogenul a fost și va rămâne în civilizația noastră un vector industrial important cu aplicații directe sau indirecte în foarte multe ramuri industriale.*

- ✓ Dacă vorbim de **agricultură**, cel puțin la acest moment, nu avem altă soluție pentru a asigura securitatea alimentară a planetei fără îngrășăminte chimice. Rezultă că: **nu avem soluții alternative la amoniac pentru a obține îngrășămintele chimice pe bază de azot și a celor complexe NPK. Amoniac fără hidrogen nu se poate sintetiza!  $N_2 + H_2 = 2 NH_3$**
- ✓ Nici **industria militară** nu poate funcționa fără **derivatele de amoniac** fabricat din hidrogen (provenit din SMR gaz metan).
- ✓ **Multe ramuri industriale** depind de **prelucrarea metanolului**, care este dependent de hidrogen (provenit din gaz metan).

### Producția de hidrogen low carbon

are o evoluție timidă:

- **2021 = 240 Kt**
- **2022 = 285 Kt**

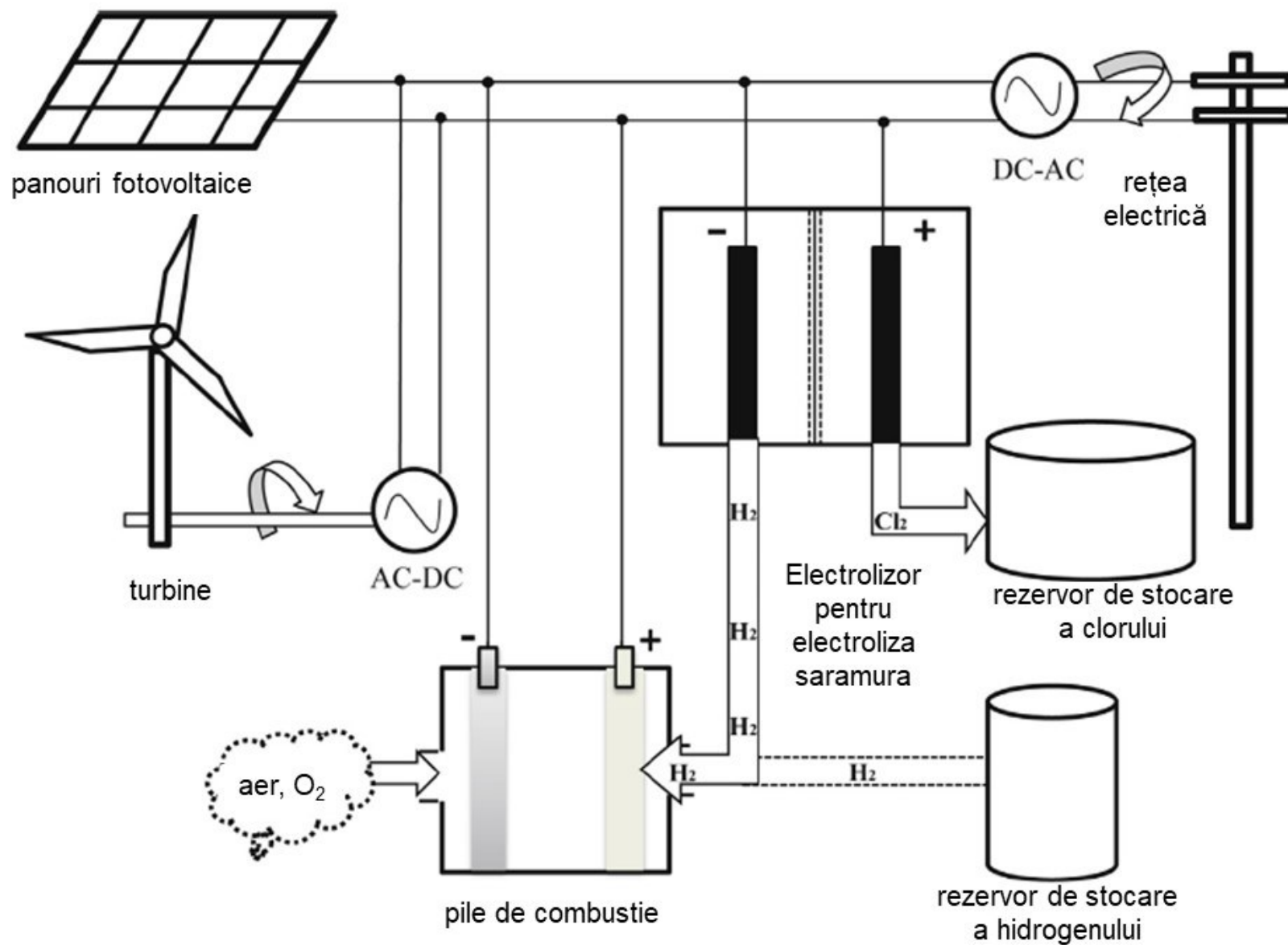
În anul **2022**, doar **proiecte mici** de hidrogen verde

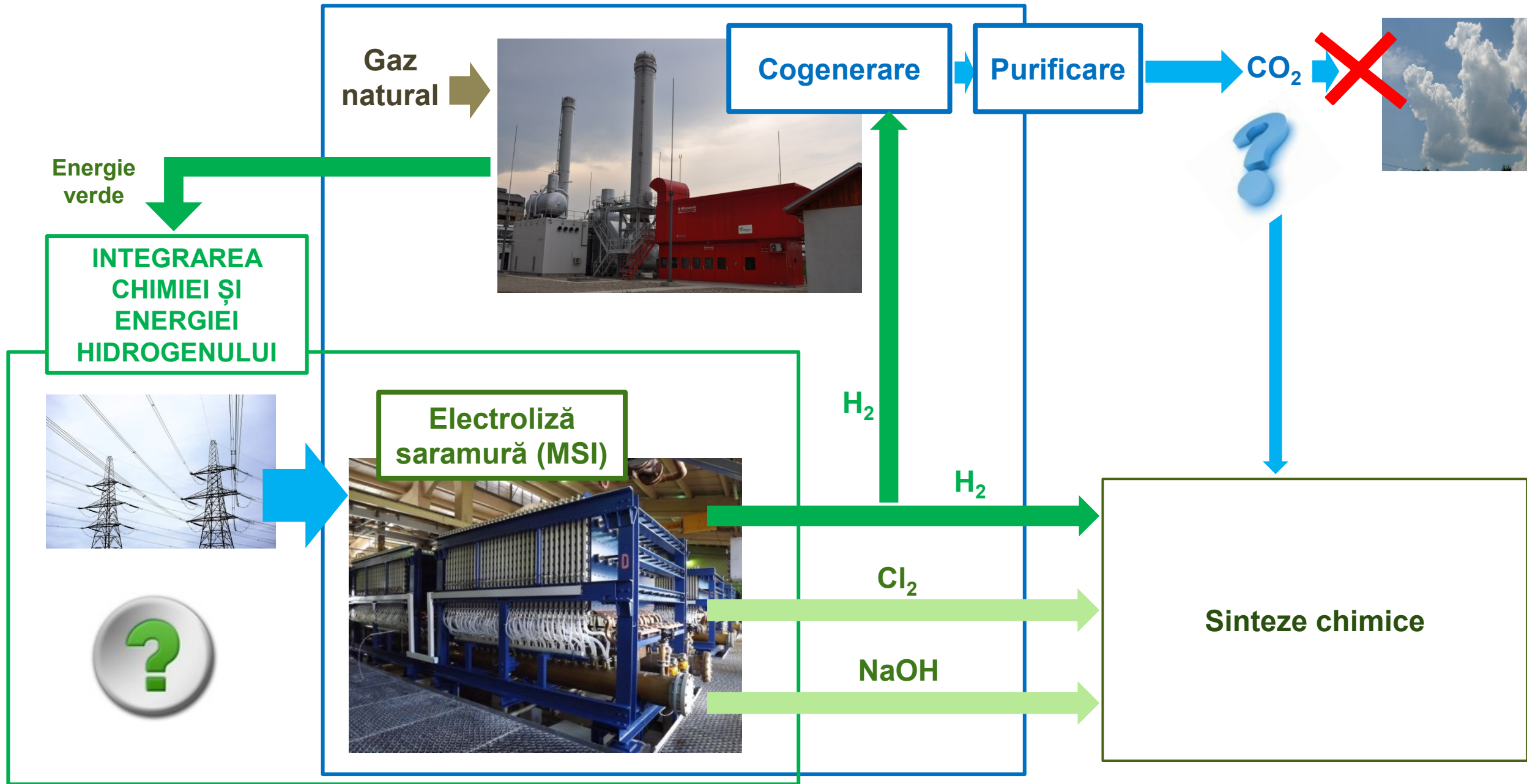
- **8 MW H<sub>2</sub> electroliză** în **Spania** (pentru a înlocui gazul natural cu H<sub>2</sub>)
- **17 MW H<sub>2</sub> electroliză** în **Suedia** (pentru industria siderurgică)
- **5 MW H<sub>2</sub> electroliză** în **India** (pentru producția de metanol)

Noi proiecte demarate în anul **2023**

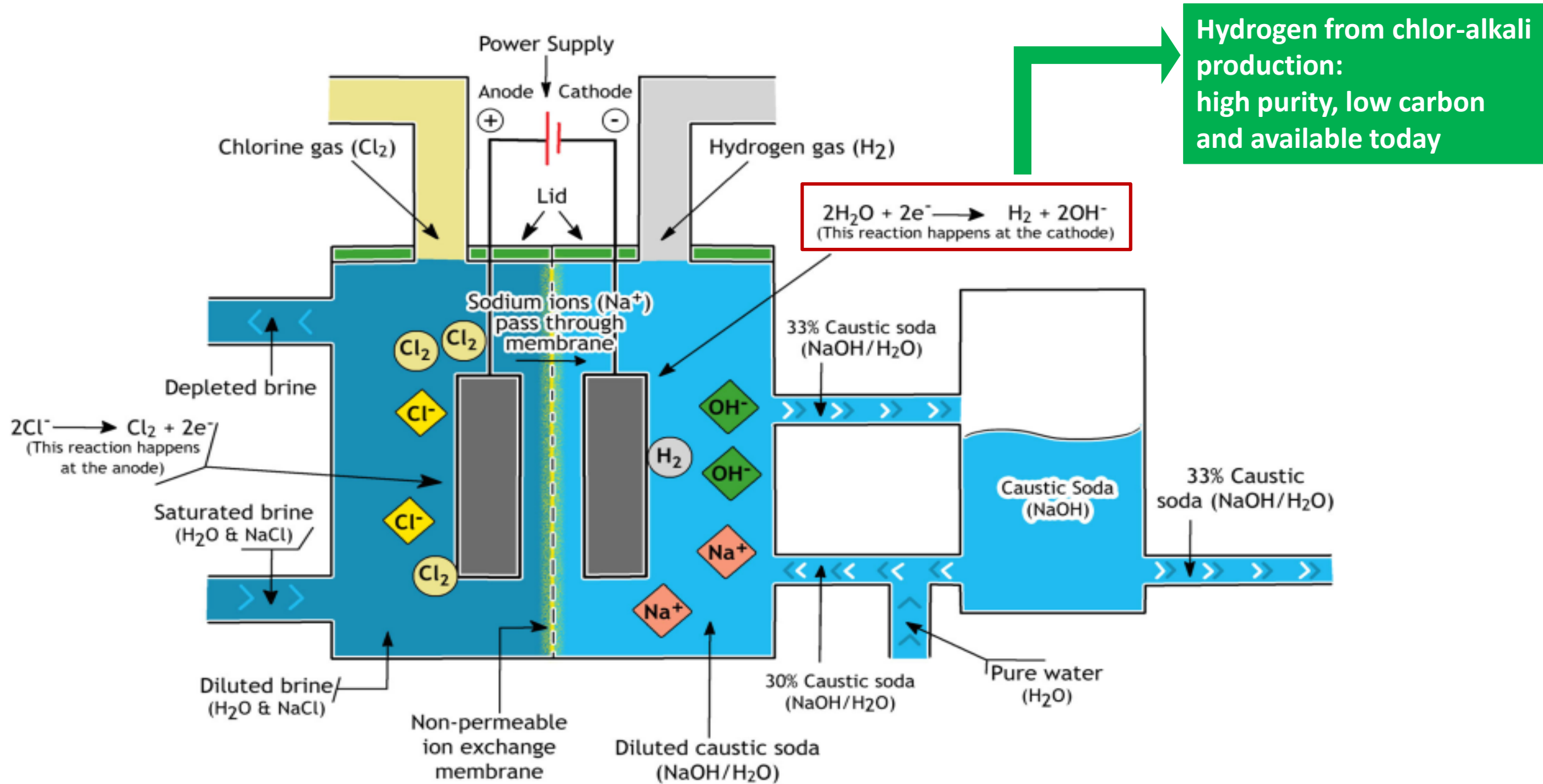
- **390 Kt NH<sub>3</sub> /an** cu H<sub>2</sub> din electroliză (Sinopec - **China**)
- **450 Kt CO<sub>2</sub> /an** captat pentru fabrica de NH<sub>3</sub> (Jowa - **USA**)
- **700 – 800 MW H<sub>2</sub> electrolize** pentru a produce 100 Kt H<sub>2</sub> pentru industria metalurgică (**Suedia**)
- **30 Kt H<sub>2</sub> /an** pentru aplicații în industria chimică (**China**)
- **40 Kt H<sub>2</sub> /an** pentru fabricații de NH<sub>3</sub> cu CCU (Catalina Project, **Spania**)
- **300 Kt H<sub>2</sub> /an** pentru aplicații industriale (North H<sub>2</sub> Project, **Olanda**)

# Schema tehnologică a procesului de electroliză a saramurii folosind energie din resurse regenerabile



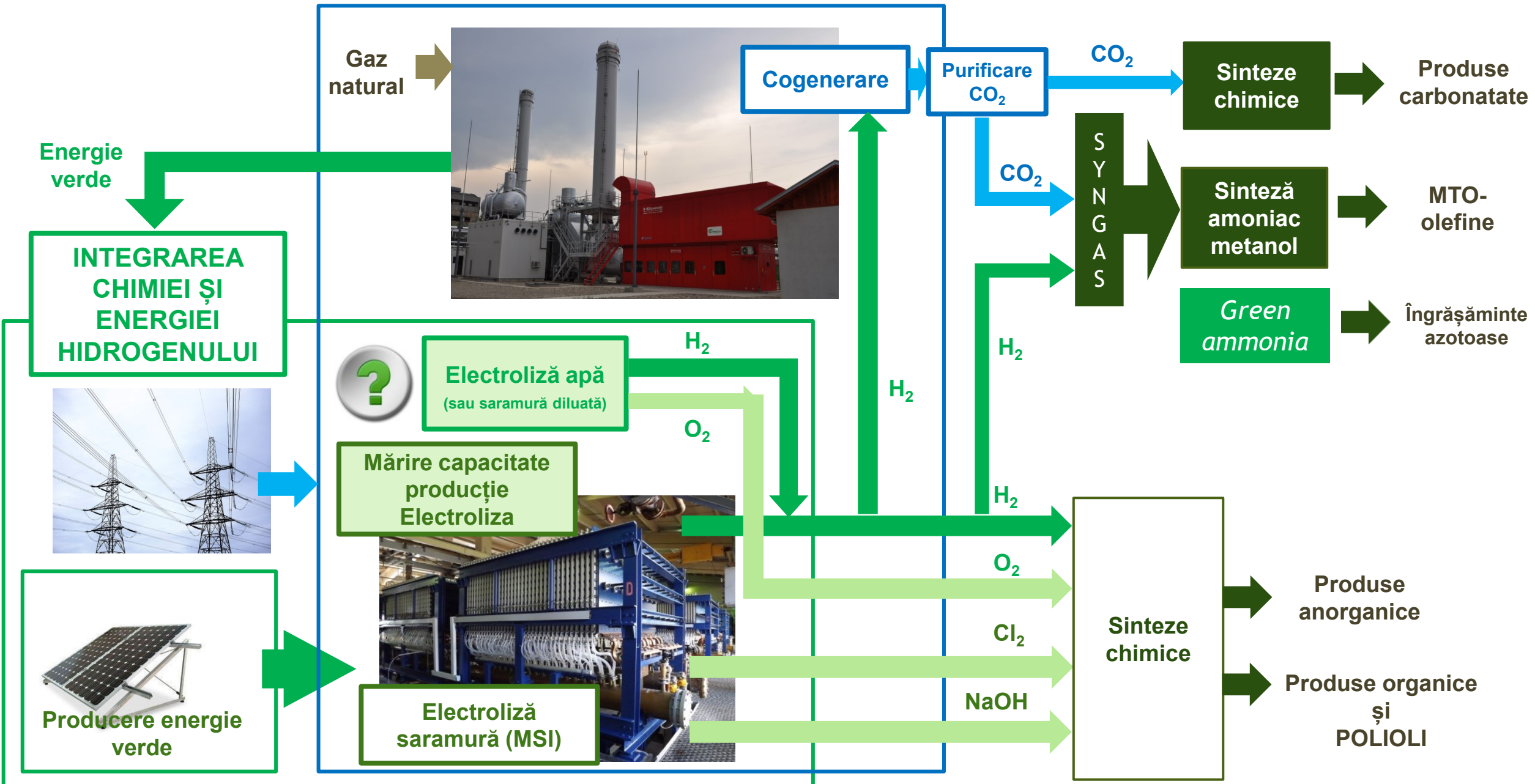


# ELECTROLIZA SARAMURII CU MENMBRANA SCHIMBATOARE DE IONI PENTRU PRODUCTIE DE HIDROGEN

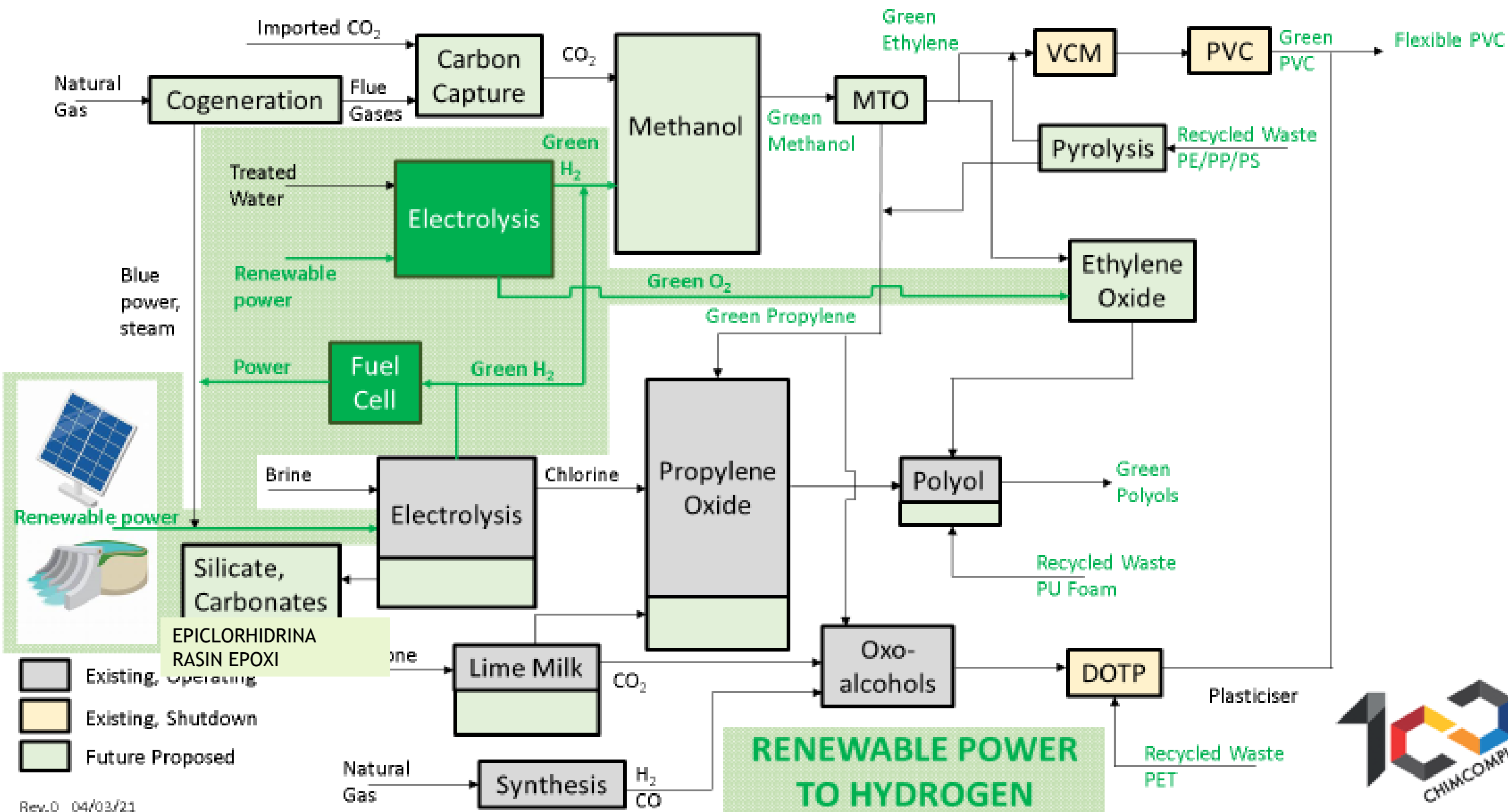


Hydrogen from chlor-alkali production: high purity, low carbon and available today





# HIDROGEN PENTRU CHIMIZARE



## Chimcomplex ofera spatiul unde se integrează eficient CCH și hidrogenul verde.

- Cel mai mic consum specific de energie electrică pentru hidrogen produs din apă
- Decarbonizare totală sau parțială
- Lanț de produse chimice înalt prelucrate (polioli/polieteri, plastifianți)



- Electroliza saramurii cu membrană schimbătoare de ioni (1,3 kWh/kg H<sub>2</sub>)
- De 40 de ori mai mic consumul decat în cazul electrolizei apei
- Flux integrat de energia și chimia hidrogenului, prin CCU captare și utilizare CO<sub>2</sub>
- Chimia de sinteză (prin tehnologii validate deja) utilizând hidrogen și CO<sub>2</sub>

Avantajele implementării proiectelor de integrare a producerii și consumului de hidrogen verde:

- Valorificarea resurselor naturale tradiționale având ca rezultat cea mai mare valoare adăugată
- Dezvoltarea conexiunilor pe orizontală între multiple sectoare industrial
- Integrarea cercetării românești pe proiecte cu aplicabilitate direct
- Creșterea competitivității produselor prin reducerea amprentei de carbon
- Investiții de portofoliu cu eficiență ridicată.

DECARBONIZARE  
COGENERARE / CAPTARE CO<sub>2</sub> / UTILIZARE CO<sub>2</sub>

Gaz  
natural



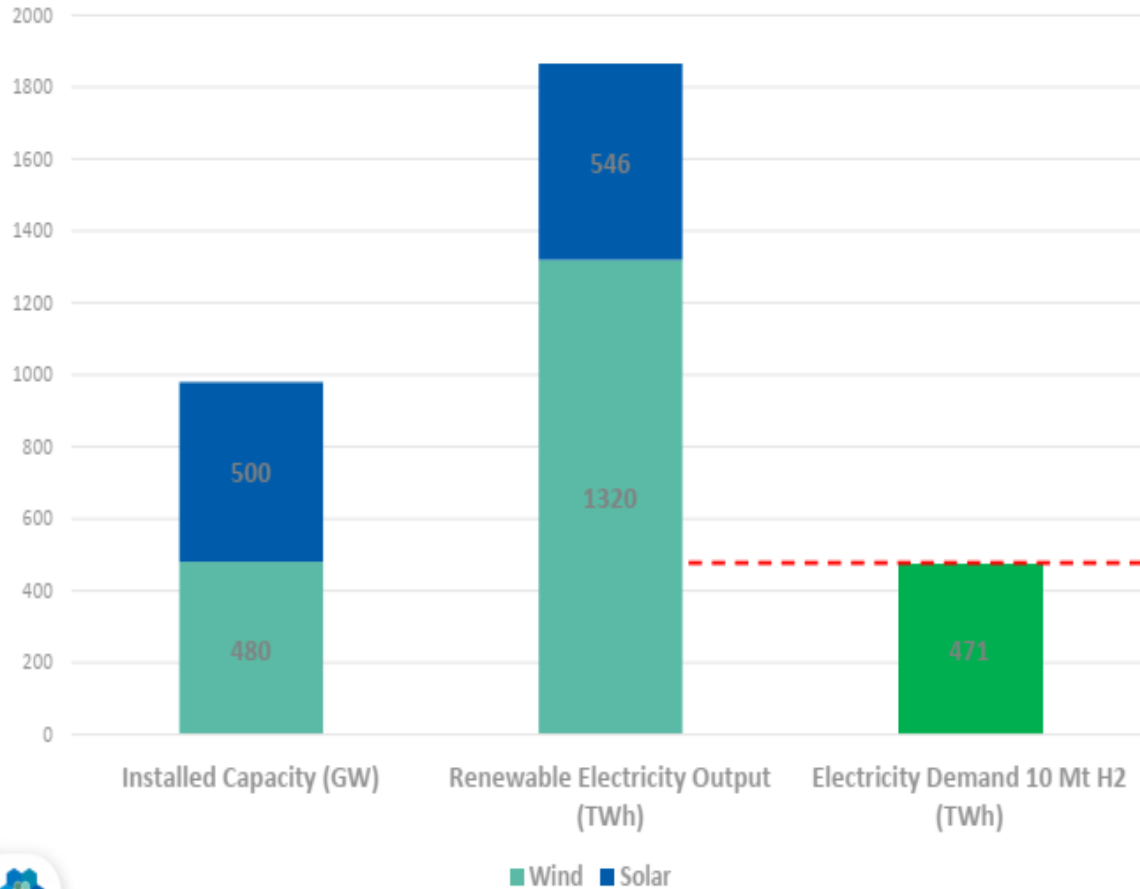
INTEGRAREA CHIMIEI ȘI ENERGIEI  
HIDROGENULUI VERDE

Chimcomplex are experienta și knowhow pentru a fi cel mai important operator în strategia hidrogenului din România.

**Strategia națională în domeniul hidrogenului ar trebui :**

- ▶ să susțină financiar proiectele pentru producția hidrogenului prin **electroliza saramurii**
- ▶ să asigure bonusul financiar pentru **chimizarea hidrogenului**
- ▶ să asigure bonusul financiar pentru **utilizarea hidrogenului în energie**
- ▶ să asigure bonusul financiar pentru proiectele de integrare a CO<sub>2</sub> în produse chimice utile - CCU
- ▶ să susțină un proiect național de chimizare a gazelor naturale în Methanol → Olefine → Polioli → Poliuretani → PVC, cu integrare hidrogen și CO<sub>2</sub>

# REPowerEU – Hydrogen Production ‘old’ Scenario – 2030



## REPowerEU 2030 Ambition:

- 480 GW installed wind capacity
- 420 GW installed solar capacity (now 600 GW)
- Additional 80 GW installed capacity to ‘accommodate’ higher renewable H<sub>2</sub> target (assumed to be added to the solar ambition based on leaked Solar Strategy)

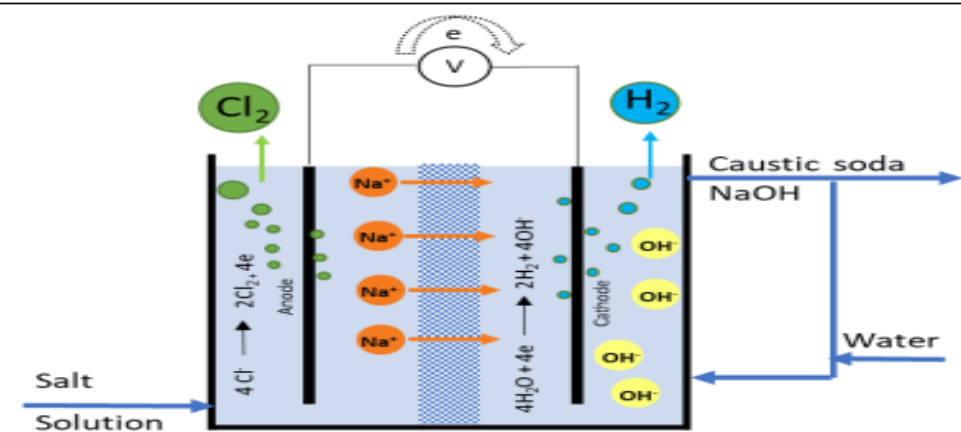
## Assumptions:

- 10 Mt of H<sub>2</sub> = 330 TWh, produced at 70% efficiency (471 TWh electricity input needed)
- Capacity to output efficiency derived from [WindEurope](#) & [SolarPowerEurope](#) data

Estimated renewable H<sub>2</sub> production of REPowerEU consumes 25% of total estimated renewable electricity production in 2030



Hydrogen is a by-product of chlor-alkali production. Together with chlorine and caustic soda/ potash it is the starting point in many value chains (health protection, construction, green energy devices, etc.)  
The hydrogen from chlor-alkali electrolysis is high quality and has a better environmental performance score than other production techniques. As such it should be classified as very low carbon hydrogen.  
Further, when produced with renewable electricity, our hydrogen is also renewable.



For caustic potash production, sodium (Na+) in the diagram above is replaced by potassium (K+)

#### Available today

**Production capacity of 270,000 tonnes/year** or approx. 3.5% of the total hydrogen production in Europe is available today in chlor-alkali production sites. This capacity is equal to a water electrolyser of around 2 GW.

#### Very low carbon

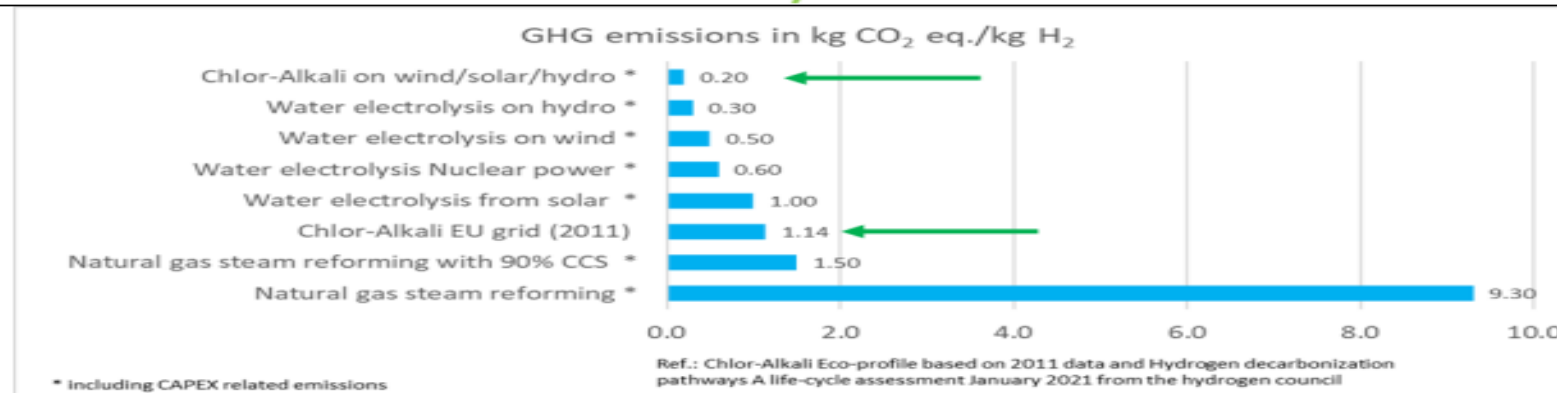
Hydrogen from chlor-alkali has a favourable carbon footprint of 1.14 kg CO<sub>2</sub> eq/kg H<sub>2</sub> or 0.2 kg CO<sub>2</sub> eq/kg H<sub>2</sub>. This is lower than other available techniques.

#### 200,000 tonnes available to kick-start H<sub>2</sub> economy

Currently in chlor-alkali plants in Europe, 77,000 tonnes of hydrogen is used as a chemical building block and 145,000 tonnes as fuel (e.g. heat application). However, 48,000 tonnes/year of our hydrogen remains unused. Our fuel and unused hydrogen is available for applications with higher carbon savings and could help to kick-start Europe's hydrogen economy.

When using renewable electricity, the products from chlor-alkali are also renewable

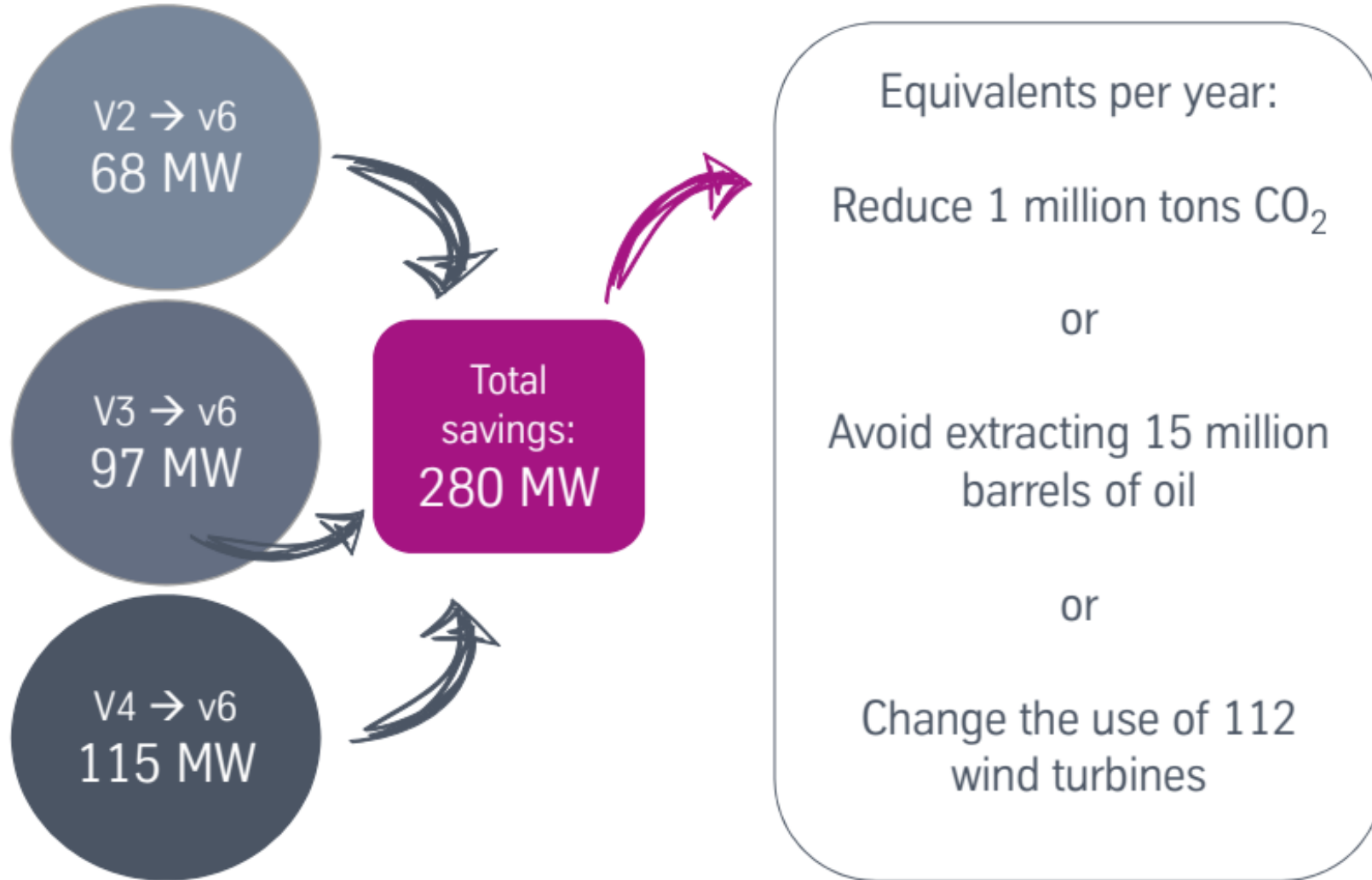
### What is the carbon footprint for different types of hydrogen based on Life Cycle Analyses?



References: Chlor-Alkali Eco-profile based on 2011 data, see <https://www.eurochlor.org/topics/sustainability/ecoprofile/>  
Others: Hydrogen decarbonization pathways A life-cycle assessment January 2021 from the hydrogen council

# Reduction of CO<sub>2</sub> emission worldwide

Saving potential worldwide for upgrading v2, v3 and v4 plants to v6



CO<sub>2</sub> equivalent: 0.42 kg CO<sub>2</sub>/kWh; Average wind turbine size: 2.5 MW

- Greener chlorine production worldwide
- Contribute to climate protection
- Save energy



# HYDROGEN FROM CHLOR-ALKALI PRODUCTION: AS GREEN AS GREEN CAN BE

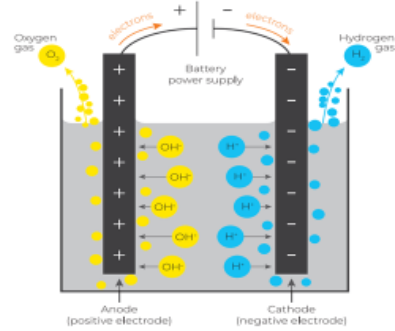
# HYDROGEN FROM CHLOR-ALKALI PRODUCTION... HIGH PURITY, LOW CARBON AND AVAILABLE TODAY



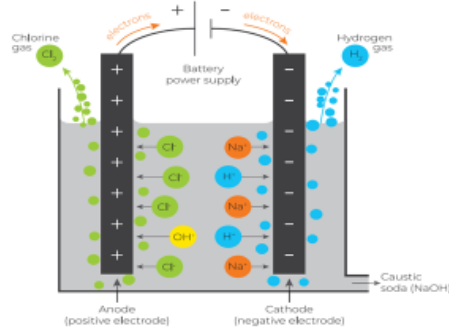
## Electrolysis makes use of electricity to split molecules

Hydrogen is considered as green when climate neutral electricity is used during electrolysis. When using climate neutral electricity within chlor-alkali production, green hydrogen is produced as a by-product. The climate neutrality of the electricity used determines the carbon footprint of the hydrogen.

### Water electrolyser



### Chlor-alkali electrolyser



Hydrogen is a by-product of the chlor-alkali process. It is co-produced with chlorine and caustic soda/ potash and can be used to make chemicals and steel and to store energy, as well as for transportation.

It is of high purity and, when you consider that three products are made at the same time, hydrogen from chlor-alkali also has a low carbon footprint, even when it comes from conventional (grid) electricity.

By only using renewable electricity, it is possible to reduce our carbon footprint even further and produce renewable hydrogen.

### Available today

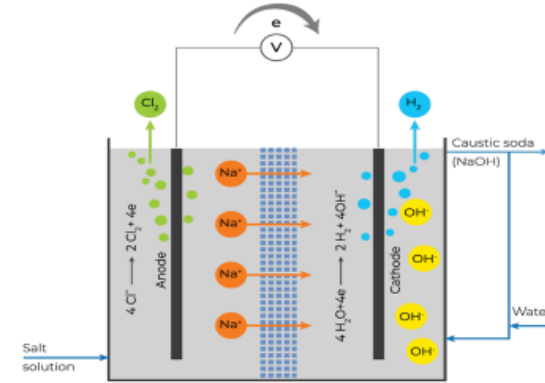
European chlor-alkali has a hydrogen production capacity of **270,000 tonnes/year**, meaning that around 3.5% of the total hydrogen made in Europe is available today from chlor-alkali production sites. This amount is equal to a 2GW water electrolyser.

### Very low carbon or even renewable

Hydrogen from the chlor-alkali process has a **low carbon footprint of 0.2 - 0.55 kg CO<sub>2</sub> eq/kg H<sub>2</sub>**, depending on the electricity type (renewable or conventional electricity, see graph below). This footprint is over 90% lower than hydrogen from fossil fuel-based processes.

### Ready to kick-start the European Hydrogen Economy

Currently, 118,000 tonnes/year of our hydrogen is used as a chemical building block, 119,000 tonnes/year as fuel and 33,000 tonnes/year remains unused. The last two are **available for new 'carbon neutral' applications**. They could help to kick-start Europe's low carbon and green Hydrogen Economy.



For caustic potash production, sodium (Na+) in the diagram above is replaced by potassium (K+).



## How much electricity is needed to produce 1kg of hydrogen?

**1kg of hydrogen required 60kWh of electricity**  
9kg water → 1kg hydrogen + 8kg oxygen

Process needs 60kWh/all products or 60kWh/kg H<sub>2</sub>  
(Oxygen is not used)

**1kg of hydrogen required 1.3kWh of electricity**

58.5kg salt + 18kg water → 1kg hydrogen + 35.5kg chlorine + 40kg caustic soda

Process needs 97kWh/all products or 1.3kWh/kg H<sub>2</sub>



## How does hydrogen score in terms of carbon neutrality?

Electricity based on 50% renewable energy (0g CO<sub>2</sub>/kWh) + 50% average EU-27 electricity mix (in 2019, 275g CO<sub>2</sub>/kWh)

60kWh/kg H<sub>2</sub>  
8.8kg CO<sub>2</sub> emission/kg hydrogen

1.3kWh/kg H<sub>2</sub>  
0.2kg CO<sub>2</sub> emission/kg hydrogen

Electricity based on 100% renewable energy (0g CO<sub>2</sub>/kWh)

60kWh/kg H<sub>2</sub>  
0kg CO<sub>2</sub> emission/kg hydrogen

1.3kWh/kg H<sub>2</sub>  
0kg CO<sub>2</sub> emission/kg hydrogen

Electricity based on 98% renewable energy + 2% average EU electricity mix

60kWh/kg H<sub>2</sub>  
**0.35kg CO<sub>2</sub> emission/kg hydrogen**

Electricity based on 100% average EU electricity mix

1.3kWh/kg H<sub>2</sub>  
**0.35kg CO<sub>2</sub> emission/kg hydrogen**



Hydrogen is obtained as a by-product in chlor-alkali production, the starting point of many value chains (in health protection, construction, green energy devices, digital devices, etc.)

Hydrogen from chlor-alkali electrolysis scores even better in being carbon neutral than water electrolysis, so certainly deserves to be classified as green.

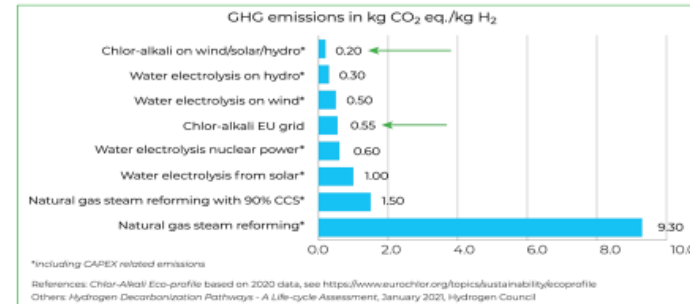
[www.eurochlor.org/mcs](http://www.eurochlor.org/mcs) #eurochlorMCS



When using renewable energy, the products from chlor-alkali are renewable...



...but what is the actual carbon footprint for different types of hydrogen based on Life Cycle Analyses?



[www.eurochlor.org/mcs](http://www.eurochlor.org/mcs)  
#eurochlorMCS

## Evoluția reacțiilor pentru hidrogen, oxigen și clor în apă, apă de mare și saramură

Reacția	Semi-reacția	Potențialul redox Standart (V) versus Potențialul Electrodeului Standard de Hidrogen	Mecanism
HER (pH acid)	$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$	$E^0 = 0.000V, pH\ 0$	$HER \begin{cases} H^+ + e^- \rightarrow H_{ads} & \text{Volmer} \\ H_{ads} + H_{ads} \rightarrow H_2 & \text{Tafel} \\ H_{ads} + H^+ + e^- \rightarrow H_2 & \text{Heyrovsky} \end{cases}$
HER (pH neutru)	$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$	$E^0 = -0.827V, pH\ 7$	
HER (pH bazic)	$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$	$E^0 = -0.827V, pH\ 14$	
OER	$2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$	$E^0 = +1.229V, pH\ 0$	$OER \begin{cases} M + H_2O \rightleftharpoons MOH + H^+ + e^- \\ MOH + OH^- \rightleftharpoons MO + H_2O + e^- \\ MO + H_2O + e^- \rightleftharpoons 2M + O_2 \\ MOO + H_2O \rightleftharpoons MOOH + H^+ + e^- \\ MOOH + H_2O \rightleftharpoons M + O_2 + 2H^+ + 2e^- \end{cases}$
OER (pH bazic)	$2OH^- \rightarrow O_2 + H_2O + 2e^-$	$E^0 = +0.402V, pH\ 14$	
CER	$2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$	$E^0 = +1.358V, pH\ 0$	
Formarea hipocloratului (electroclorinare)	$Cl^- + 2OH^- \rightarrow ClO^- + H_2O + 2e^-$	$E^0 = +0.810V, pH\ 14$	$\hat{\text{În mediu alcalin}} \begin{cases} M + OH^- \rightleftharpoons MOH + e^- \\ MOH + OH^- \rightleftharpoons MO + H_2O + e^- \\ MO + OH^- \rightleftharpoons MOOH + OH^- \rightleftharpoons M + O_2 + H_2O + e^- \end{cases}$
Electroliza clor-alkali	Catod $2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$	$E^0 = -0.827V, pH\ 14$	
	Anod $2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$	$E^0 = +1.358V, pH\ 0$	

M: Metal; HER: Hidrogen Evolution Reaction; OER: Oxygen Evolution Reaction; CER: Chlorine Evolution Reaction.

# Precious metal market

## Ruthenium



Source: heraeus.com  
\*19.08.2022

Ruthenium  
increased by  
630 % in last  
6 years



DĂM VALOARE  
RESURSELOR NATURALE

**CHIMIA NU ESTE TOTUL, DAR TOTUL VINE DIN CHIMIE !**