

Aktuální trendy ve vodíkových technologiích

Vladimír Matolín

LEANCAT ELECTROLYZERS s.r.o. www.leancatwe.com

Vodík

Vodík je nejlehčí a nejjednodušší plynný chemický prvek, je obsažen ve vodě, která pokrývá 70 % povrchu Země, a v každé organické látce. Vodík je v mnoha ohledech dokonalé palivo. Z vodíku lze získat elektrickou energii a s využitím elektrické energie lze vyrábět vodík, čímž vzniká energetická smyčka, která je obnovitelná a neškodná pro životní prostředí.

Má široké praktické využití jako zdroj energie, redukční činidlo v chemické syntéze nebo metalurgii.

Zatímco zásoby fosilních paliv se tenčí, vodík je všude kolem a vědci mu předpovídají velkou budoucnost.

Jaké jsou možnosti vodíku a jaká úskalí před lidstvem stojí, pokud jej chce začít využívat jako zdroj energie nebo jako prostředek pro dosažení bez/nízko-uhlíkatého průmyslu?

Strategie pro klimaticky neutrální Evropu

Evropská komise představila v prosinci 2019 **Zelenou dohodu (Green deal)** - novou evropskou strategii, která stanoví program, aby se Evropa do roku 2050 stala prvním klimaticky neutrálním kontinentem na světě. Tato zásadní transformace evropské ekonomiky na zelenou a konkurenceschopnou ekonomiku vyžaduje zásadní změny a **průlomové technologie**. Zelená dohoda označila čistý **vodík za prioritní oblast**, protože vodík bude důležitým prvkem této strategie.

Přechod k nulovým emisím v energetice

→ velká ale nereálná očekávání

S ohledem na stávající technologie a trendy jejich vývoje povede přechod na bezemisní systém ke schématu budoucího energetického systému s následujícími hlavními pilíři:

- **Obnovitelné zdroje energie**
- **Inteligentní distribuční síť**
- **Vyvažování sítí (balancing of grids)**
- **Vyvážený energetický mix**

Jedná se o reálný, ale vzdálený cíl, jehož dosažení vyžaduje širokou podporu komplexního výzkumu, **ZATÍM NELZE NAPLÁNOVAT**

Nízkouhlíková energetika a výroba → mezistupeň, který se jeví jako správná cesta pro následný přechod k nulovým emisím

- I snížení uhlíkové stopy je podstatné pro postupné snižování emise skleníkových plynů
- Investičně méně nákladné → zvýšení výroby WE a tím snížení ceny
- Více času na rozvoj přenosových soustav
- Nízkoemisní zdroje jsou cestou k vyváženému energetickému mixu

Výroba vodíku – definice různých druhů vodíku

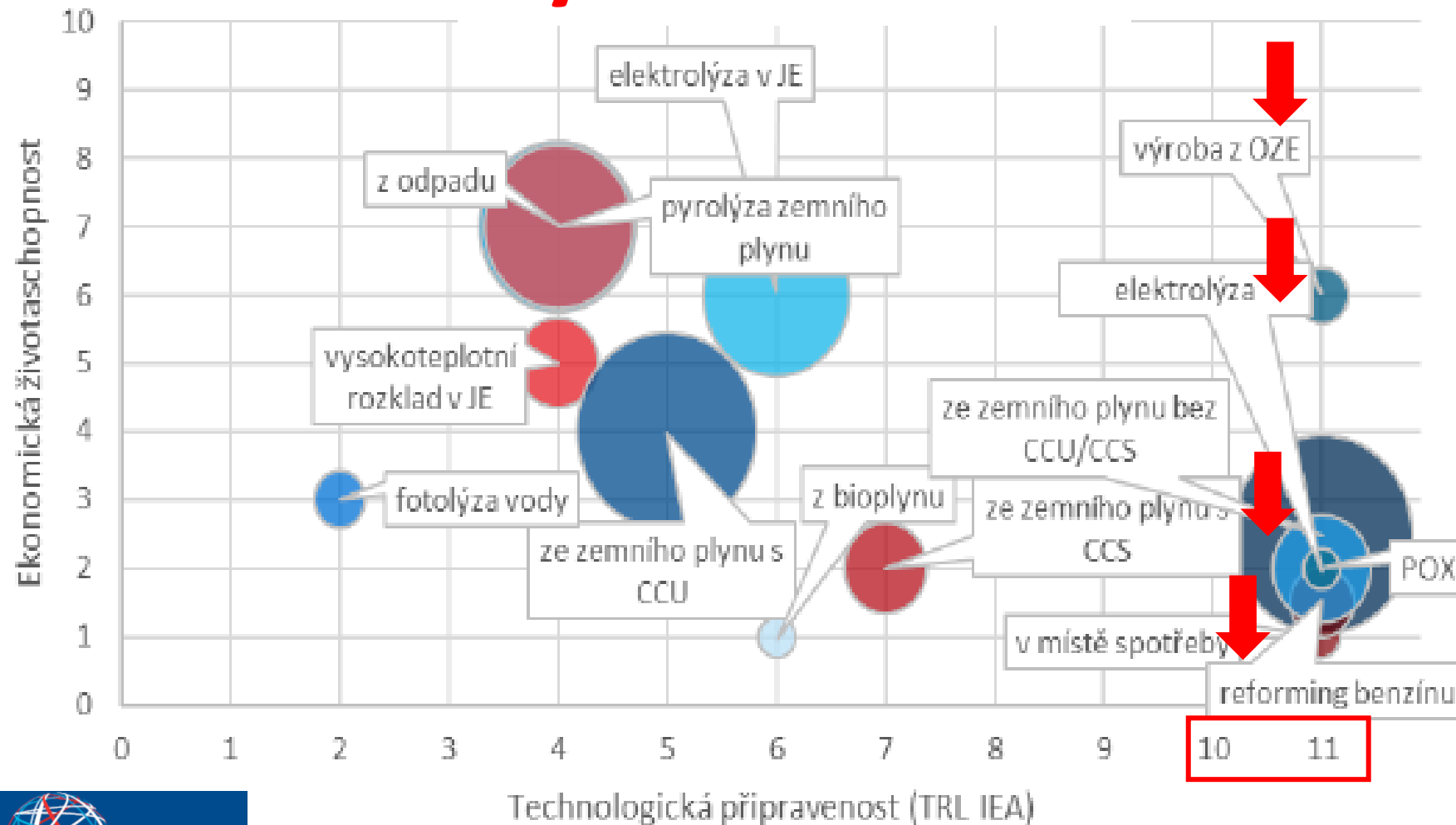
Vzhledem k předpokládanému masivnímu rozvoji výroby vodíku z OZE, ukazuje se potřeba nové definice různých druhů vodíků v rámci evropské legislativy z důvodu nastavení podmínek pro poskytování státní podpory v oblasti vodíkových projektů

Definice různých druhů vodíku

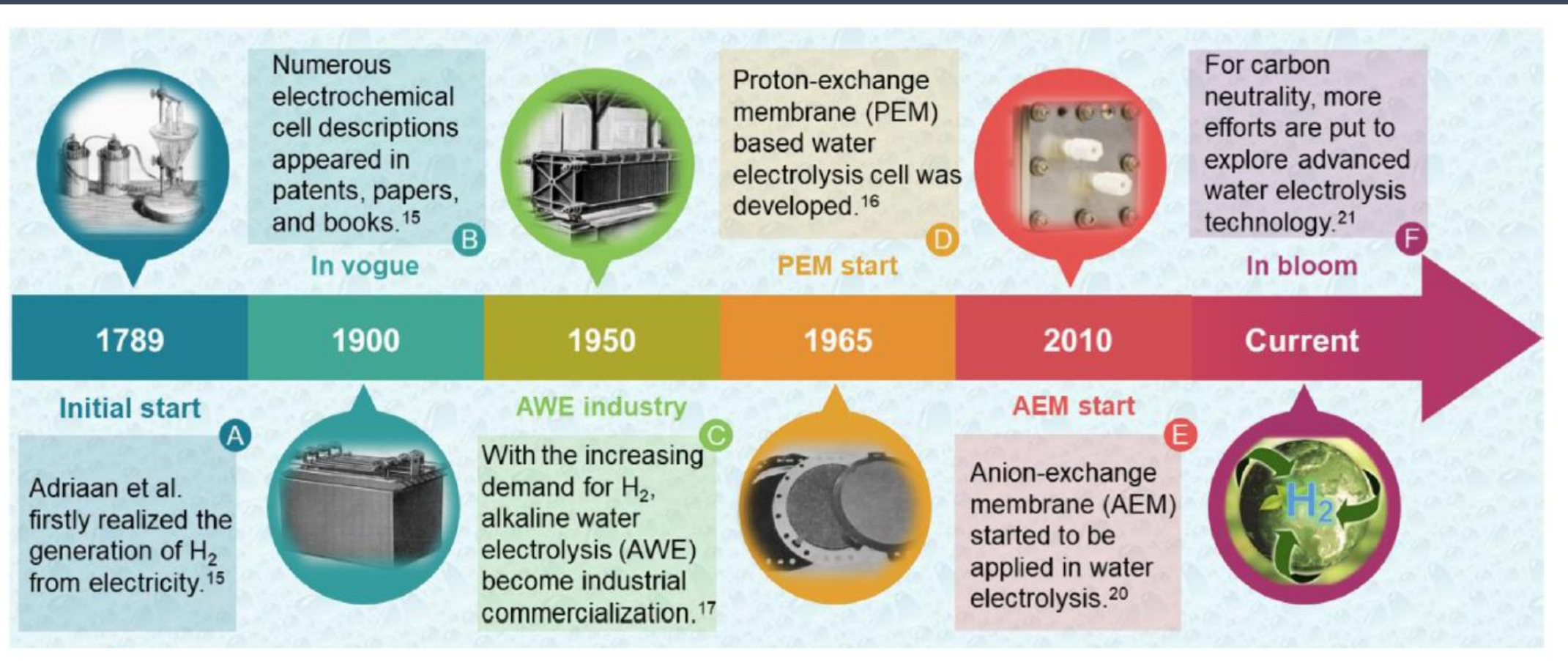
- 1) Obnovitelný vodík*)
- 2) Nízkouhlíkový vodík
 - Vodík vznikající jako odpadní látka
 - Vodík vyrobený pomocí jaderné elektřiny
 - Vodík vyrobený pomocí kombinace různých obnovitelných i „špinavých“ zdrojů.

***) Aby vodík spadal do definice obnovitelných paliv nebiologického původu (RFNBO - Renewable Fuels of Non-biological Origin), musí být tzv. obnovitelný vodík vyráběn elektrolýzou vody za použití elektřiny z obnovitelných zdrojů energie (kromě biomasy).**

Výroba vodíku

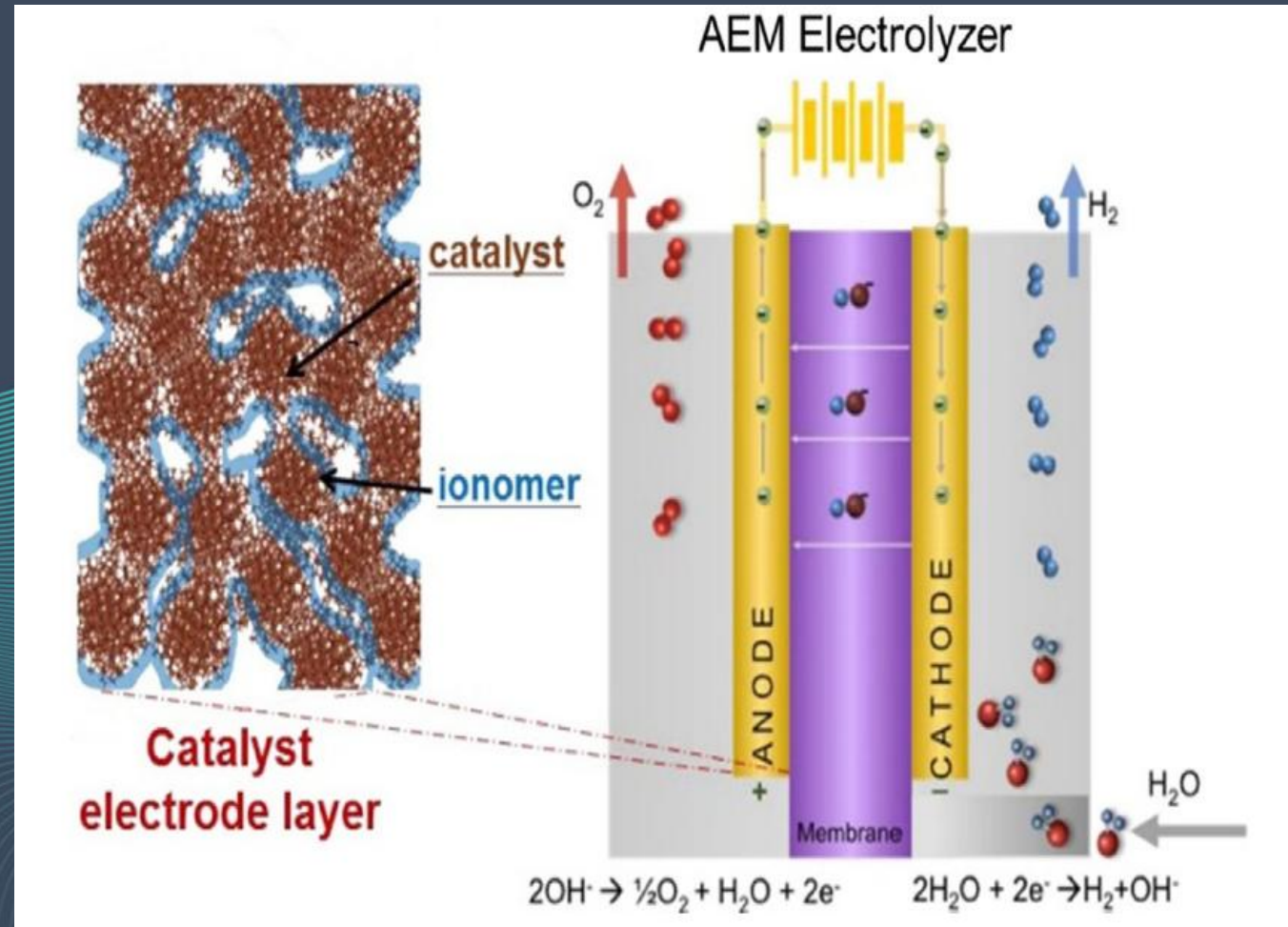
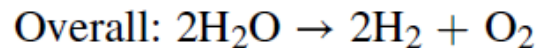
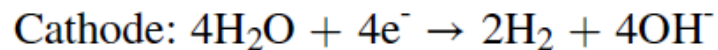
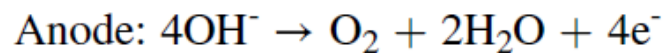


Elektrolýza vody

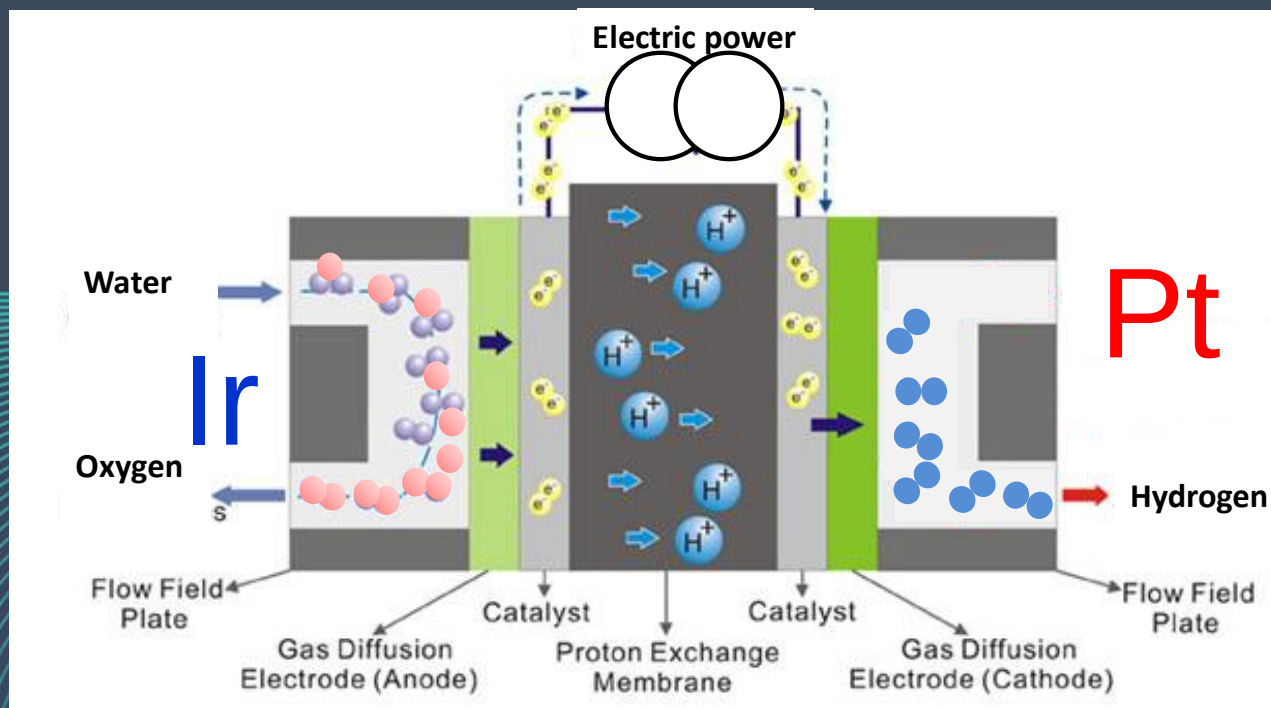


AEM Elektrolýza (Anion Exchange Membrane Water Electrolysis)

Tento druh elektrolýzy je v současné době převážně stále v laboratorní fázi, nicméně vzhledem k nejnovějším výsledkům studií a ekonomických analýz se jedná o odvětví, které je velmi perspektivní.

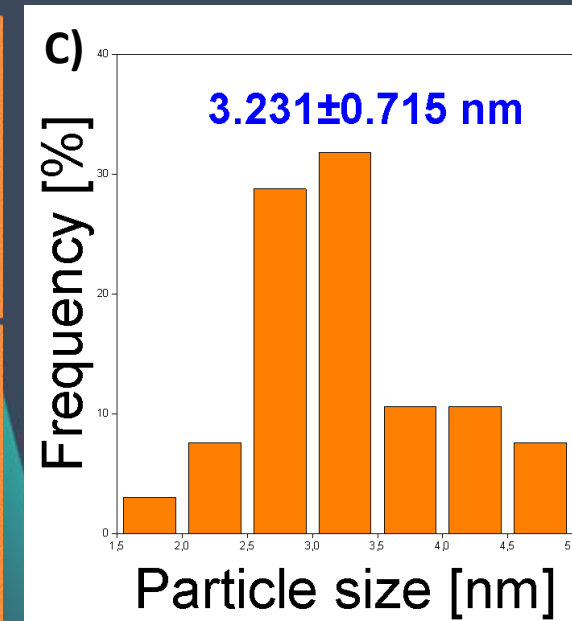
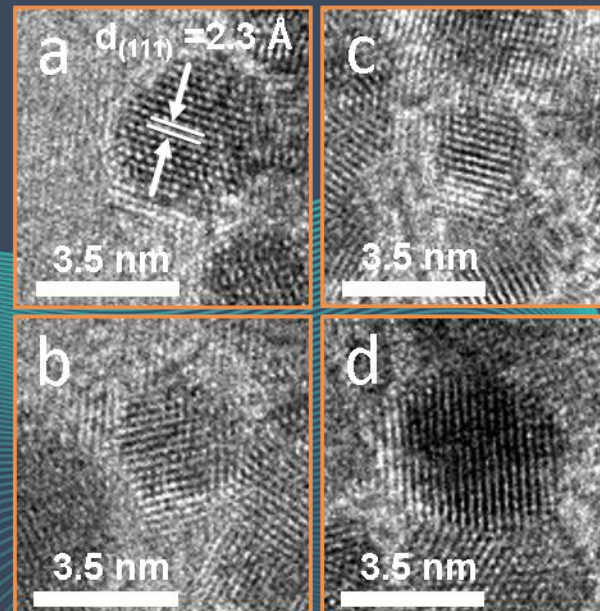
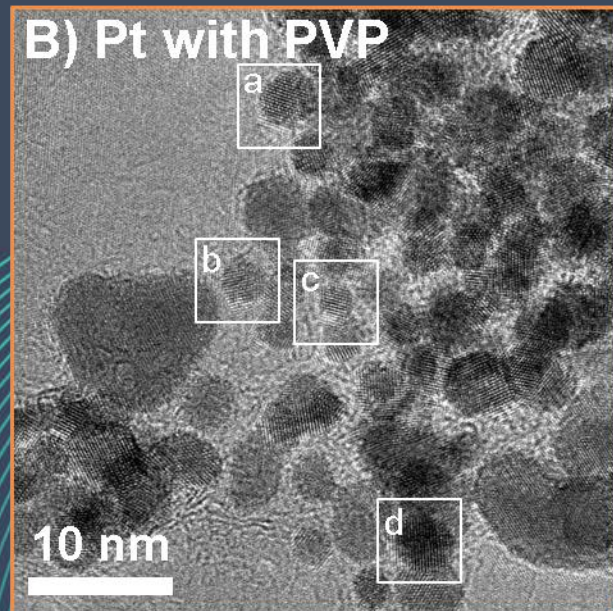
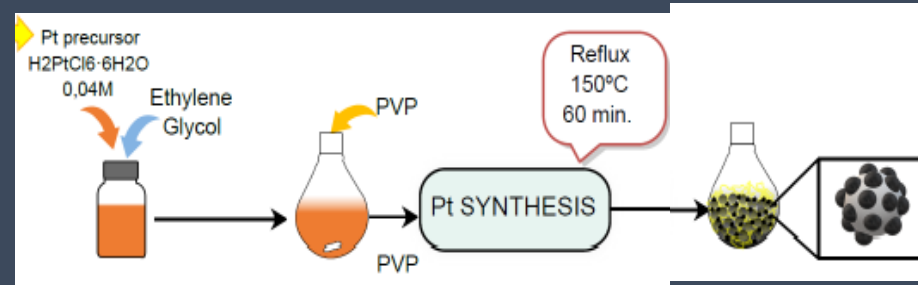


PEM Elektrolýza (Proton Exchange Membrane Water Electrolysis)



Do popředí se dostávají PEMWE – elektrolyzéry s protonově vodivou membránou

Syntéza Pt nanočástic



TEM images of Pt NPs synthesized, and particle size distribution of Pt (C).

Srovnání technologií elektrolýzérů

AEM a PEM

Parametr	AEM (Anion Exchange Membrane)	PEM (Proton Exchange Membrane)
Typ membrány	Aniontová výměnná membrána – vede hydroxidové ionty (OH^-)	Protonová výměnná membrána – vede protony (H^+)
Stupeň vyspělosti	Novější technologie, zatím méně komerčně rozšířená	Vyspělá, široce komerčně využívaná
Účinnost přeměny energie	O něco nižší (dohání PEM s novým vývojem)	Vyšší, velmi dobrá účinnost
Čistota vyrobeného vodíku	Nižší (vhodná pro méně náročné aplikace)	Velmi vysoká (vhodná pro palivové články, elektroniku)
Rychlost reakce na kolísání výkonu	Pomalejší (rychle se zlepšuje)	Velmi rychlá – vhodná pro obnovitelné zdroje
Materiály	Nepoužívá vzácné kovy; levnější materiály (nikl)	Vyžaduje drahé PGM katalyzátory a titanové komponenty
Citlivost na čistotu vody	Nízká – zvládne i méně čistou vodu	Vysoká – vyžaduje kvalitní deionizovanou vodu

Srovnání technologií elektrolyzérů

AEM a PEM

Parametr	AEM (Anion Exchange Membrane)	PEM (Proton Exchange Membrane)
Životnost membrány	Zatím nedostatečná, brání širokému nasazení	Omezená – polymerní membrána degraduje
Možnost vysokotlaké výroby	Obvykle nižší tlak, nutná komprese	Možnost výroby při vysokém tlaku
Cena systému	Nižší CAPEX i OPEX	Vyšší náklady (materiály, údržba)
Vhodnost pro decentralizaci	Velmi dobrá – ideální pro menší a modulární systémy	Také vhodná, ale nákladnější
Rychlý start/stop režim	Ano	Ano
Hlavní výhody	Nízké náklady, odolnost, bez vzácných kovů, škálovatelnost	Vysoká účinnost, čistota vodíku
Hlavní nevýhody	Zatím nižší účinnost a čistota, méně ověřená technologie	Vysoké náklady, citlivost na vodu, riziko degradace membrány
Typické aplikace	Decentralizovaná výroba H ₂ , akumulace z obnovitelných zdrojů, průmysl s nižšími nároky na čistotu	Palivové články, mobilní a stacionární stanice, elektronika, čistý průmysl, Decentralizovaná výroba H ₂
Budoucí potenciál	Rychle roste – pravděpodobně se stane hlavním směrem díky nižší ceně a absenci vzácných kovů	Stabilní, ale nákladná technologie vhodná pro vysoce čisté aplikace

Elektrolýza vody

AEM elektrolýzéry– technologie je zatím méně vyzrálá a zatím nedosahuje účinnosti PEM. Jsou ale výhodné tam, kde je prioritou **nízká cena, odolnost a rychlé přizpůsobení výkonu.**

Díky nižším nákladům, absenci vzácných kovů, rostoucí účinnosti a životnosti mají AEM elektrolýzéry potenciál stát se v budoucnu hlavní technologií pro výrobu zeleného vodíku, který bude **ekonomicky dostupný, škálovatelný a udržitelný.**

PEM elektrolýzéry také procházejí stálým vývojem a pokud se podaří dotáhnout do výroby spolehlivé MEA s velmi malým obsahem drahých kovů, tak i tato technologie výrazně zlevní a bude **ekonomicky dostupná, škálovatelná a udržitelná.**



Leancat
Electrolyzers

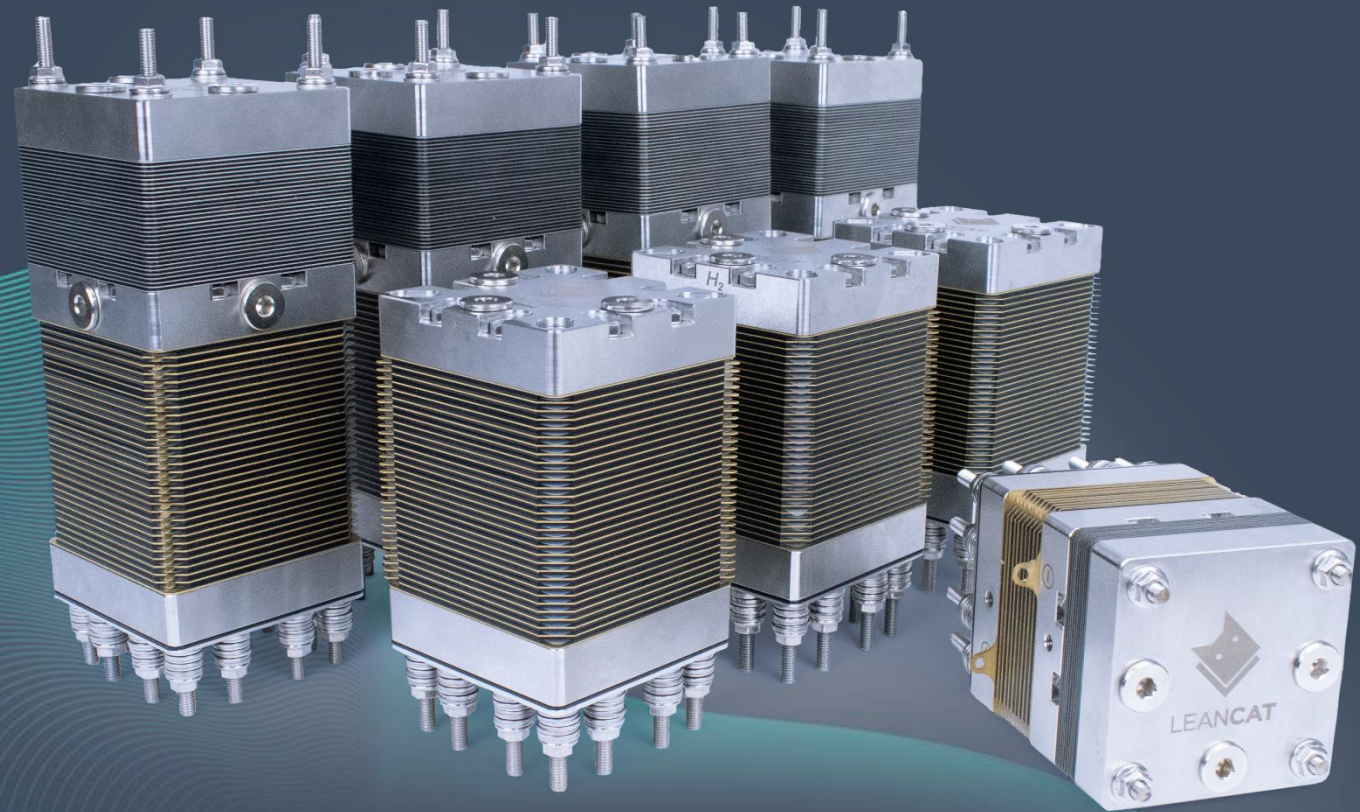
**Development and production of
PEM water electrolyzer stacks
and
Modular hydrogen generators**

Development and production of PEM-based electrolyzer stacks

The beating heart of each water electrolyzer unit is a stack. We offer stacks based on the established PEM technology with proven record of high flexibility and durability.

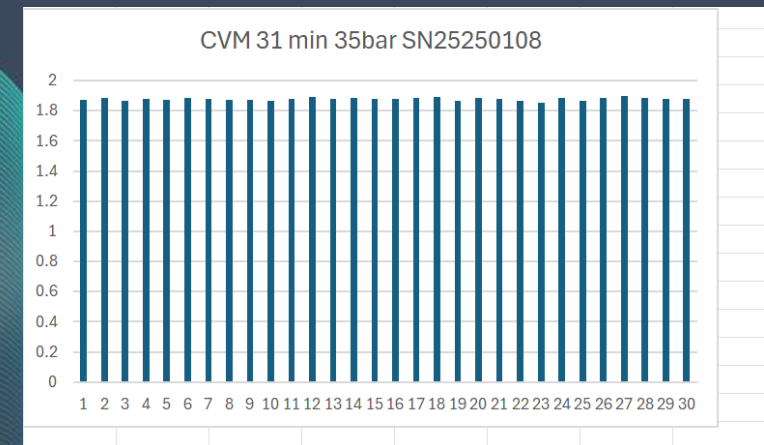
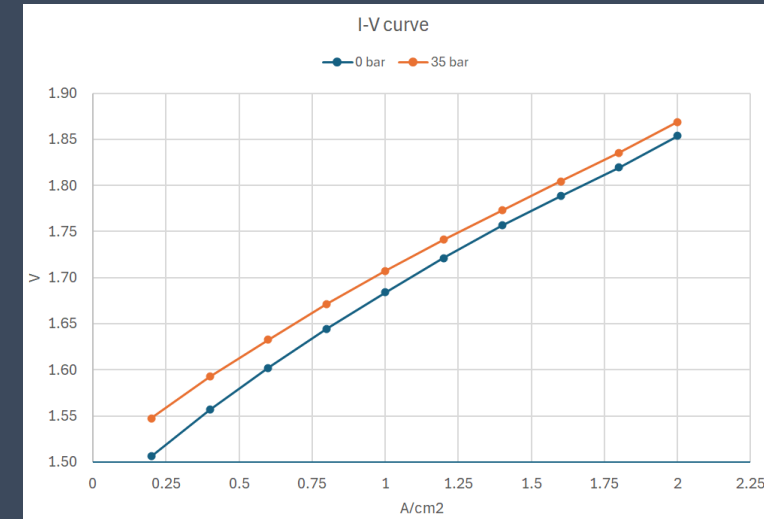
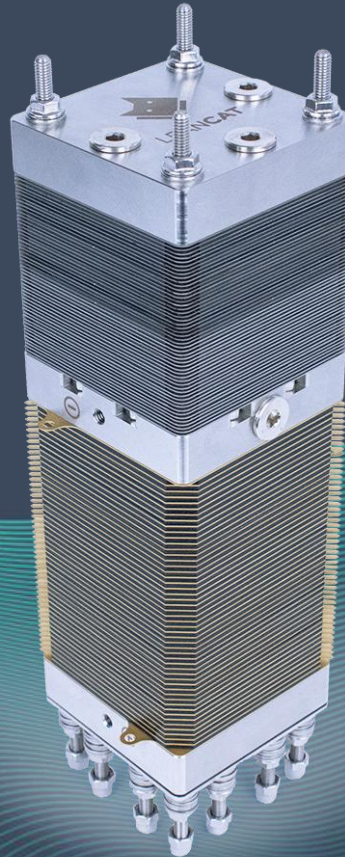
Key features

- Produces hydrogen at high pressure up to 35 Bar
- Designed for integration in H₂ modular systems
- Power range up to 5 kW
- Optional integrated heat exchanger for the stack cooling



Electrolyzer stack LCWE25-45-HEX

- Integrated heat exchanger – cooling and possibility of using waste heat
- Service life – at least 30,000 hours under operating conditions
- Maximum power 4,5 kW@50A
- $I_{\max}$ 65A
- I_{nominal} 50A
- H_2 production ≤ 1000 NL/h
- H_2 output 35 Bar



Cell voltage monitoring – 30 cells, 3 kW,

- efficiency 80%
- cell standard deviation $\sigma = 0,0089$

H₂Gem

Composition of the modular hydrogen generator:

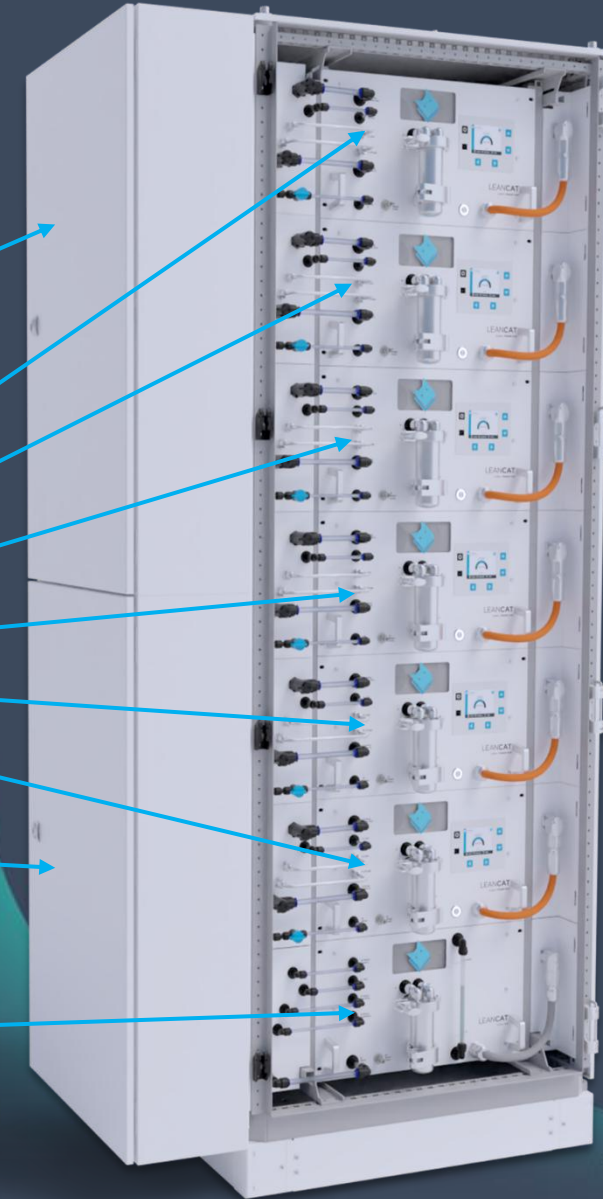
- electrolyzer modules – 1 to 6 modules depending on the application
- Drying module
- Control of deionized water

Drying module

Electrolyzer modules

Electrical switchboard

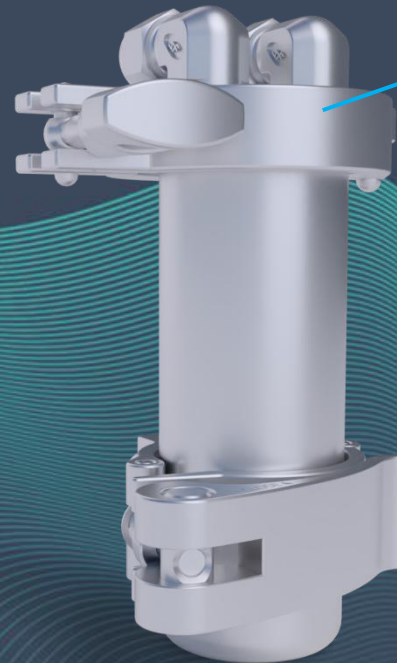
Control of deionized water



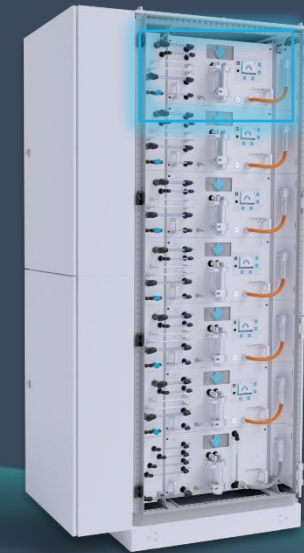
Electrolyzer module - PEMWE 1000

electrolyzer module parts:

- electrolyzer bundle (LCWE25-45-HEX)
- 3-phase DC power supply for WE
- 5L deionized water tank
- circulation pump
- DI water quality sensor
- ion trap
- Embeded module control



iontová past

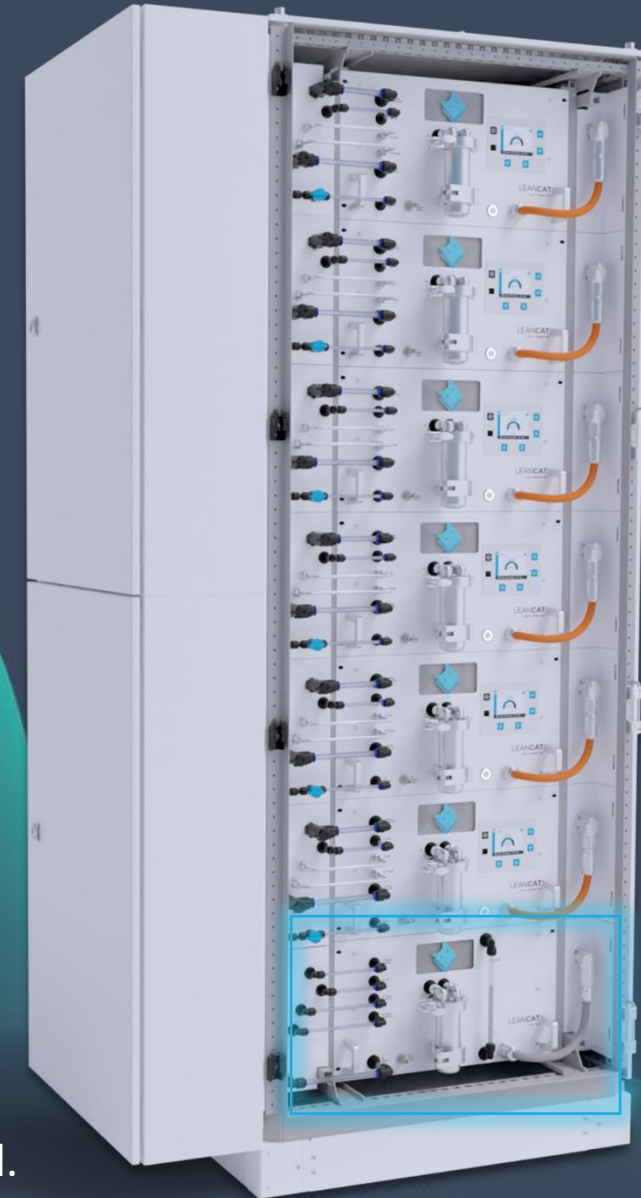


Leancat
Electrolyzers

Water control module

- The water control module provides deionized water (DI) for the electrolyzer modules.
- *) The DI tank has a volume of 20L and guarantees system operation even in the event of a reverse osmosis failure for approximately 2-15 hours, depending on the configuration and hydrogen production.
- The DI tank is replenished from the reverse osmosis (not included in the delivery). The system controls the reverse osmosis by means of a relay potential-free contact as standard – Start/Stop based on the DI level.
- The DI water is then fed to the individual WE modules using a pump.

*) the upgraded modul containg the reverse osmosis is tested.



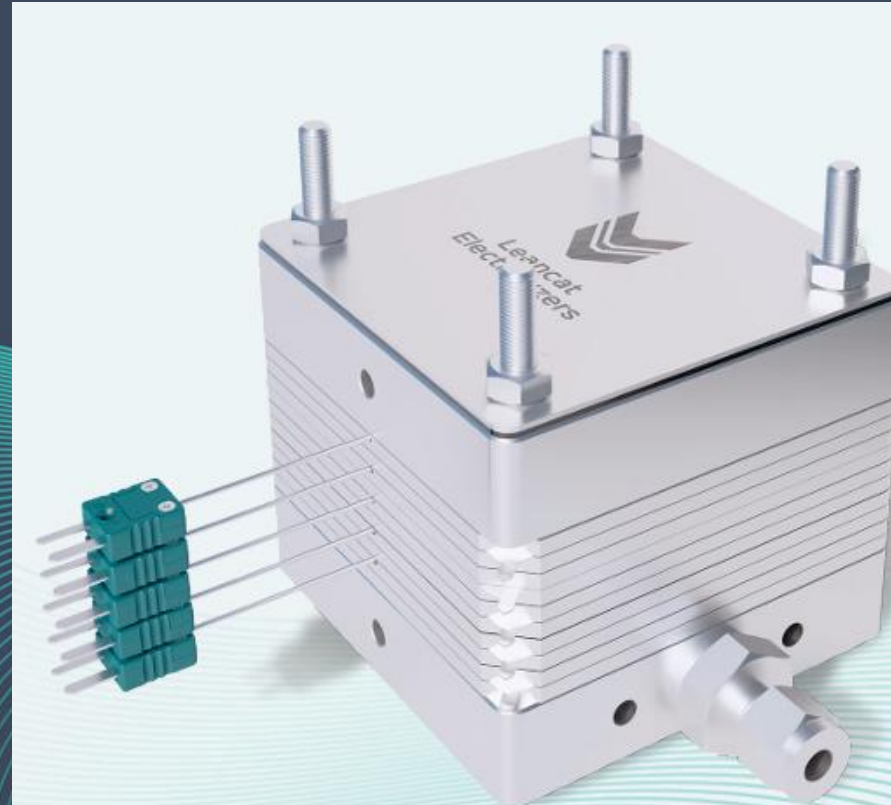
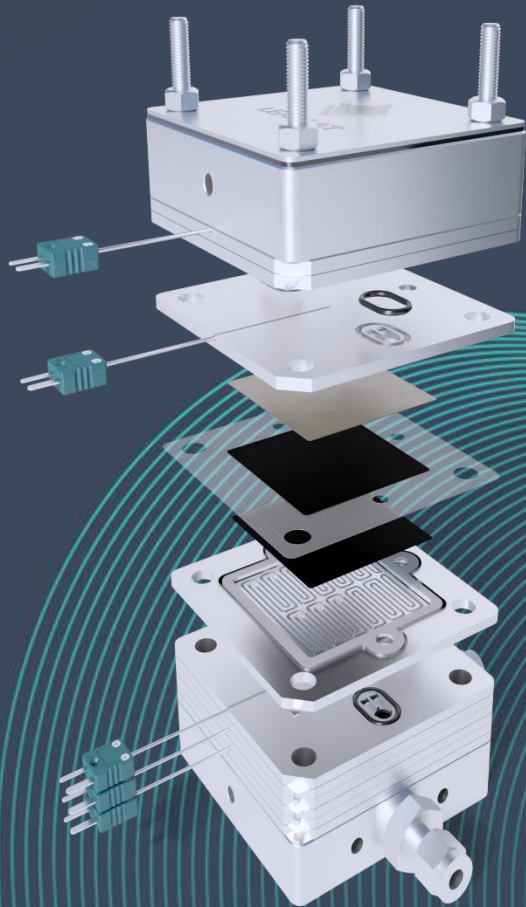
H₂Gem – Modular solutions for higher outputs

- The required power of the entire system can be expanded by soldering racks up to 1MW
- Maximum single rack performance
- 31 kW - without WM module (central system solution)
- 27.5 kW - with WM module
- H₂ drying and PLC control is handled centrally for the entire system
- 1 Rack Dimensions (W×D×H): 800×600×2100



Testing Hardware

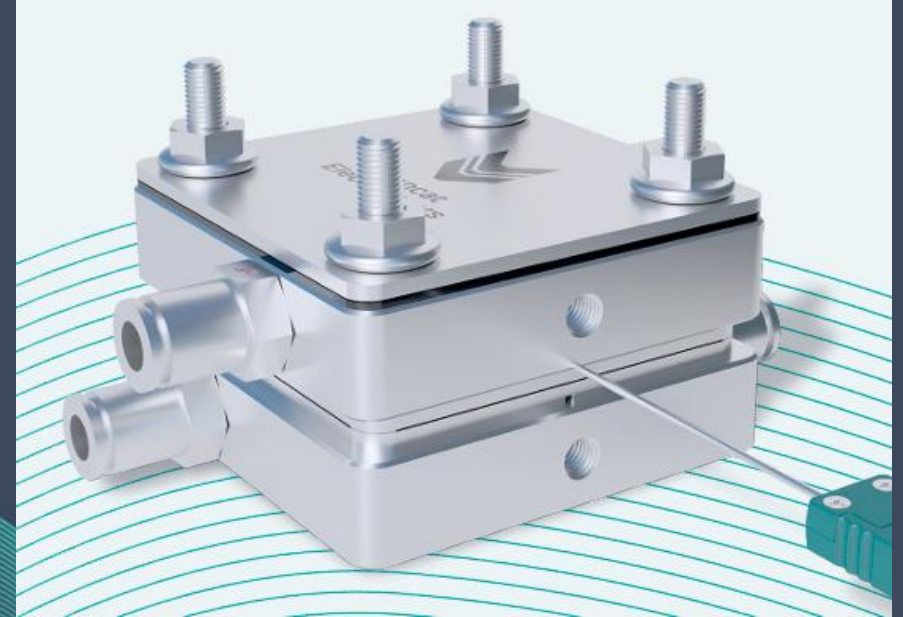
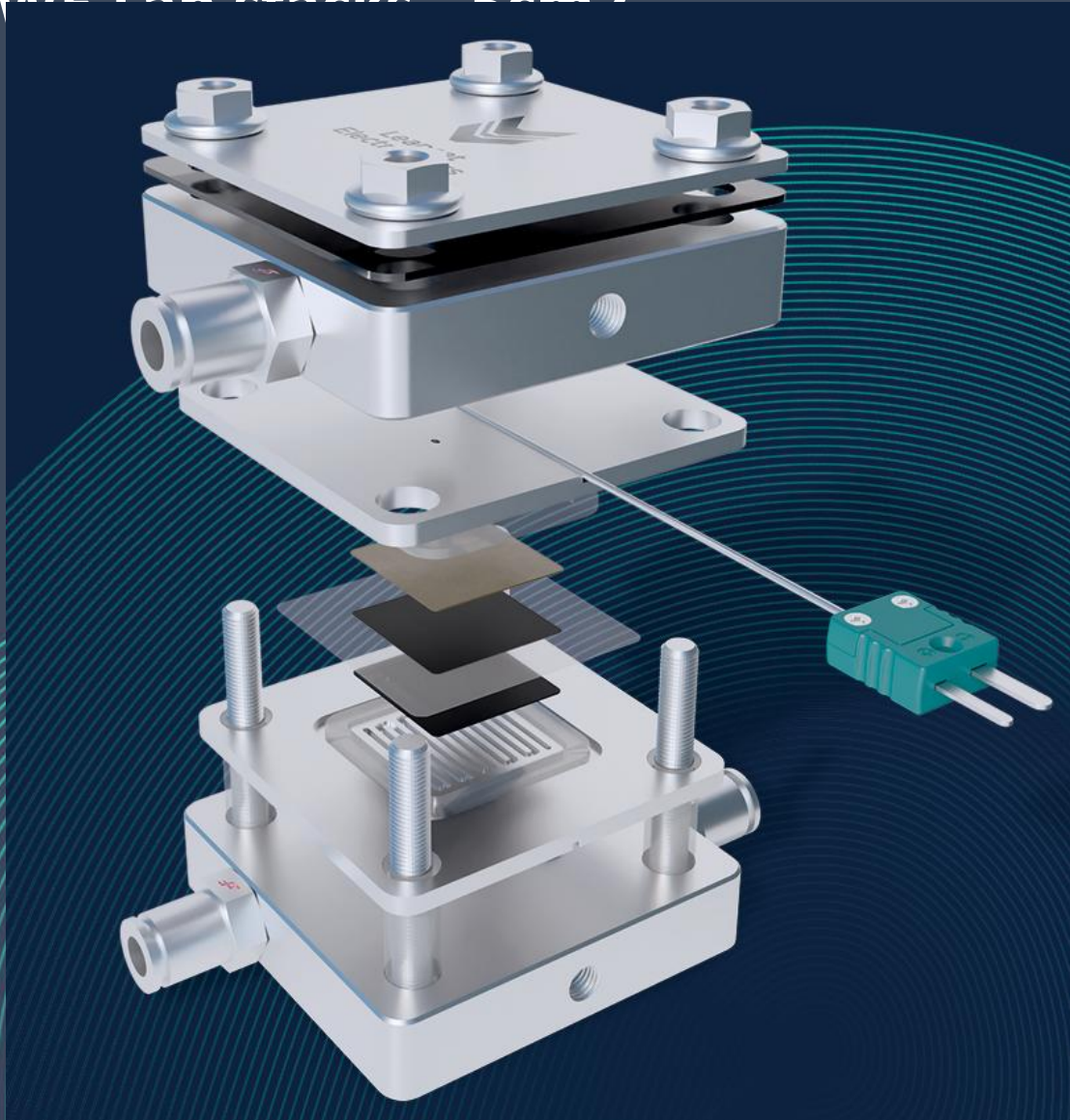
PEMWE Lab stacks - 25cm²



Key features

- test hardware for multi-cell testing
- testing up to 5 cells at the same time
- suitable for PEM or AEM electrolyzers
- possibility to pressurize up to 50 bar
- simple assembly and durable construction

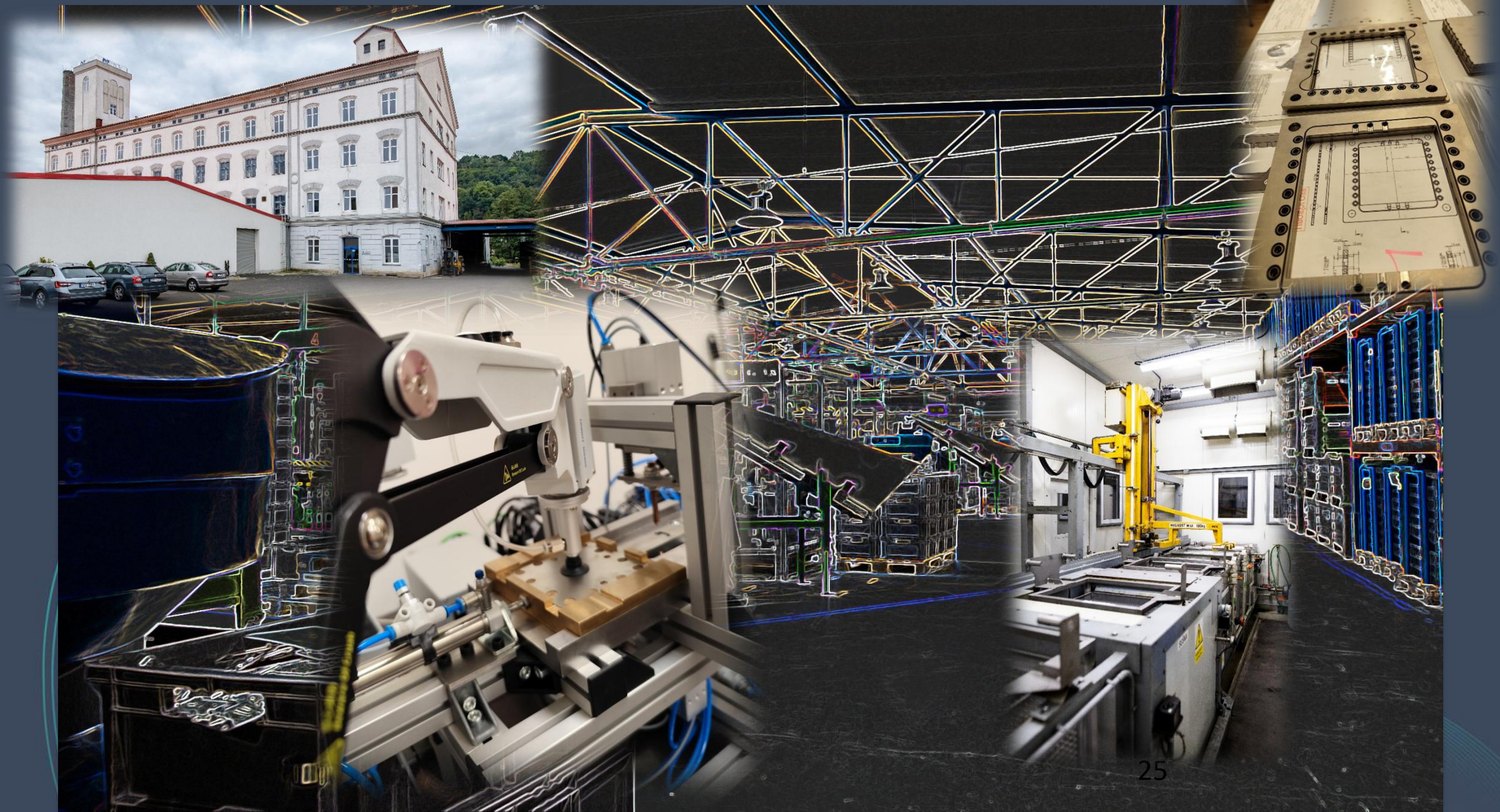
PEMWE Lab stack - 5cm²



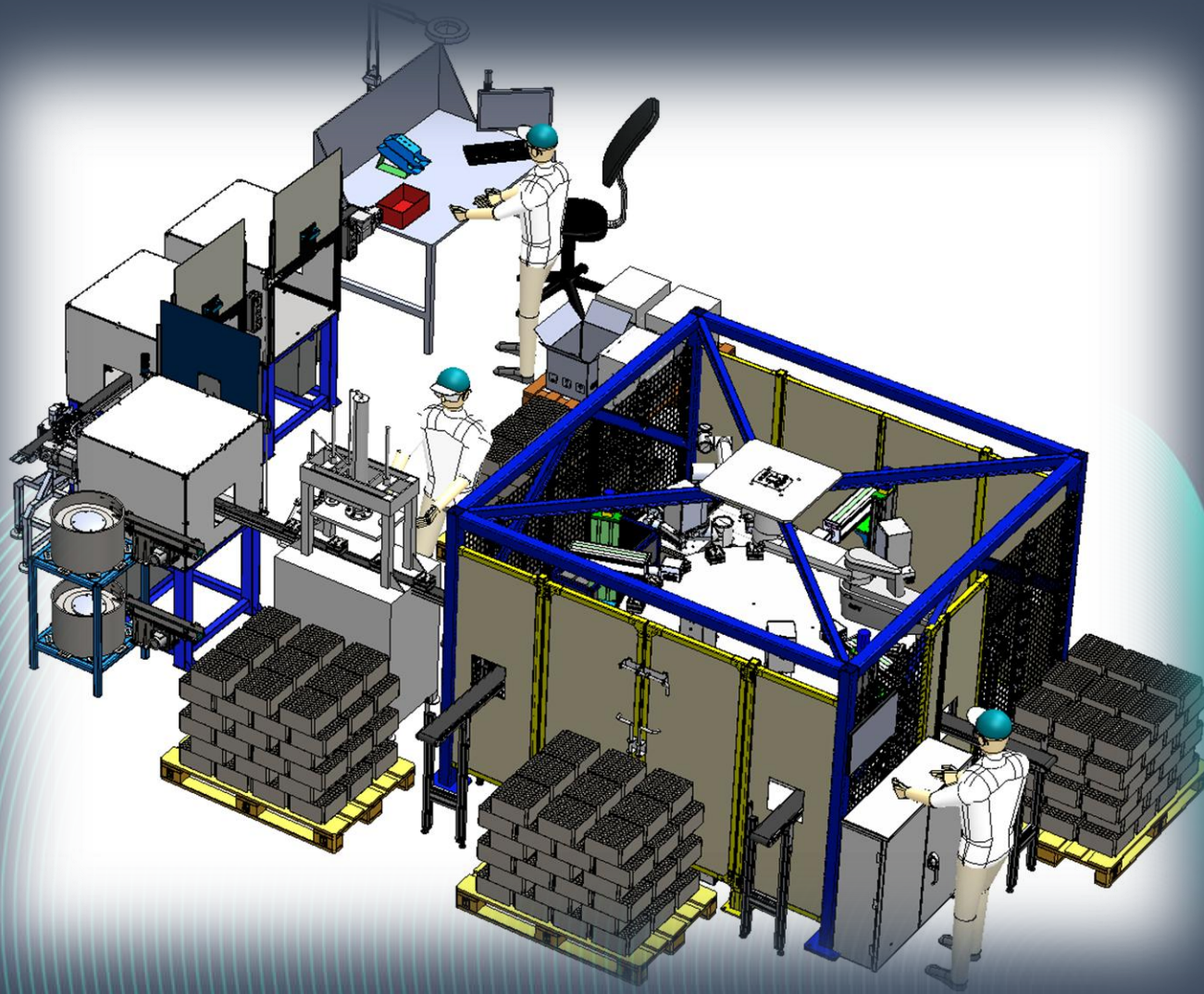
Key features

- test hardware for MEA and porous layers
- suitable for PEM or AEM electrolyzers
- possibility to pressurize up to 50 bar
- simple assembly and durable construction

Manufacturing plant – INTERKOV s.r.o.



Visualisation of the stack assembly line planned at INTERKOV in 2026



Děkuji za pozornost



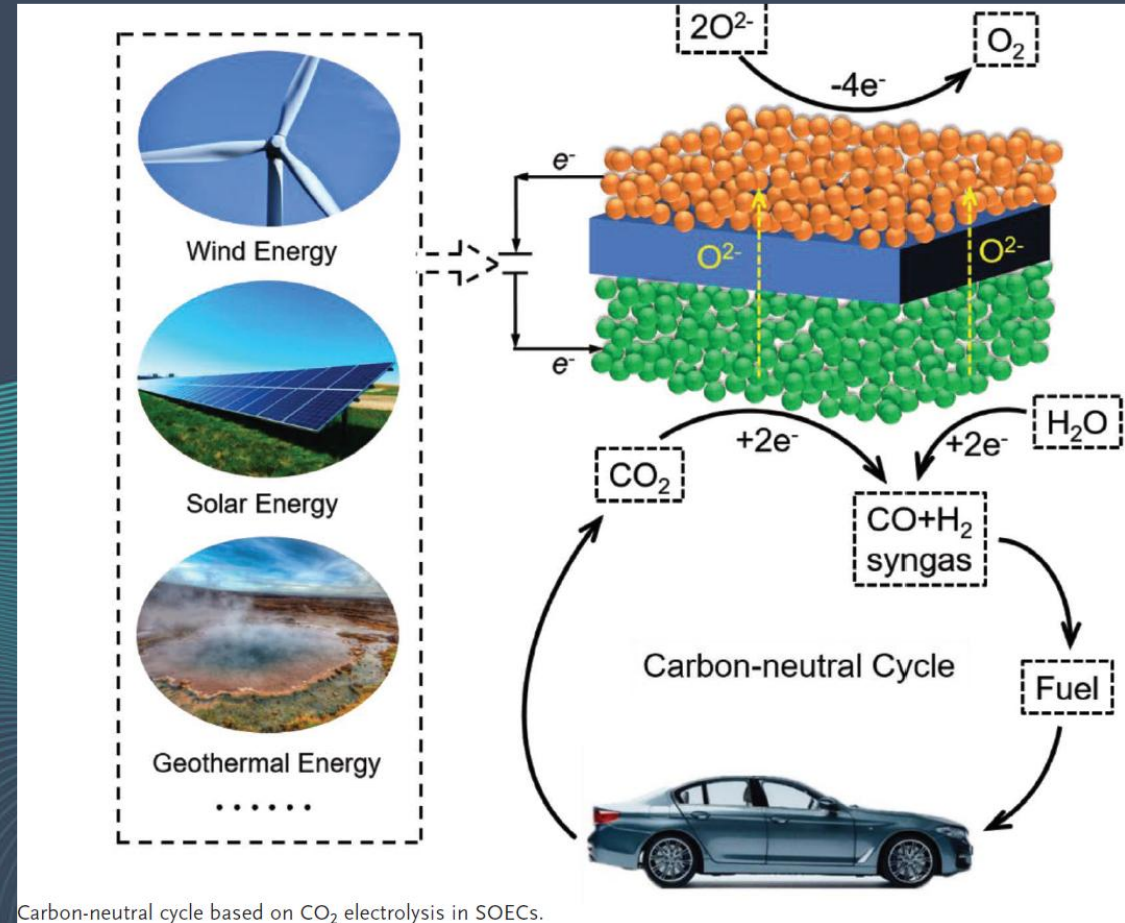
**Leancat
Electrolyzers**

Hledáme nové spolupracovníky
matolin@leancatwe.com

Dekarbonizace – SOEC

Elektrolýzér s pevným oxidem (SOEC) je palivový článek, který umožňuje následující procesy :

- Elektrolýza $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2$
- nebo
- Elektrolýza $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{syngas} (\text{CO} + \text{H}_2)$



Carbon-neutral cycle based on CO_2 electrolysis in SOECs.