

Využití nízkouhlíkového vodíku v chemickém průmyslu

Martin Šilhan

Vodíková strategie ČR (1/4)

V počáteční fázi: především výroba z OZE, ale jiné možnosti –
zemní plyn + CCS / CCU

pyrolýza/plazmové zplyňování organického odpadu
elektrolýza s využitím elektřiny (popř. páry) z JE

Prioritou je nejprve nasazení v dopravě (nejdražší vodík), poté využití v energetice a jako chemické suroviny a zdroje tepla v průmyslu.

Očekává se budoucí import vodíku ze zemí, kde je více větru (sever) vč. off-shore slunečního svitu (jih) přebytek jaderné energie (např. Ukrajina)



Ve strategii kladen důraz na připravenost tuzemské



Research
Centre Řecko

plynárenské tranzitní soustavy – ETE (1 km), EDU (15 km)



Vodíková strategie ČR (2/4)

Chemický průmysl již dnes vodík produkuje a spotřebovává. Půjde v podstatě o náhradu šedého vodíku za zelený

Nejrozšířenější využití vodíku jsou rafinace ropy a výroba čpavku.

Výroba čpavku bude pravděpodobně pokračovat i v budoucnu v podobném množství a dojde tak ke zvyšování podílu výroby čpavku na výrobě hnojiv, která se bude v souladu s cíli Zelené dohody pro Evropu snižovat.

S přechodem na čistou mobilitu se bude snižovat objem rafinérské výroby benzínu a nafty a také spotřeby vodíku v této oblasti.

Vodíková strategie ČR (3/4) – výroba

OZE



Jaderné elektrárny



Zemní plyn s CCSU



Pyrolýza odpadu



VÝHODY

- Nízko-emisní zdroj
- Stabilní zdroj
- Nízko-emisní zdroj
- Zdroj s vysokým výkonem
- Zemní plyn je levný
- Zemní plyn je dostupný v mnoha lokalitách
- Velký obsah vodíku
- Za odstranění odpadu jsme ochotni platit

NEVÝHODY

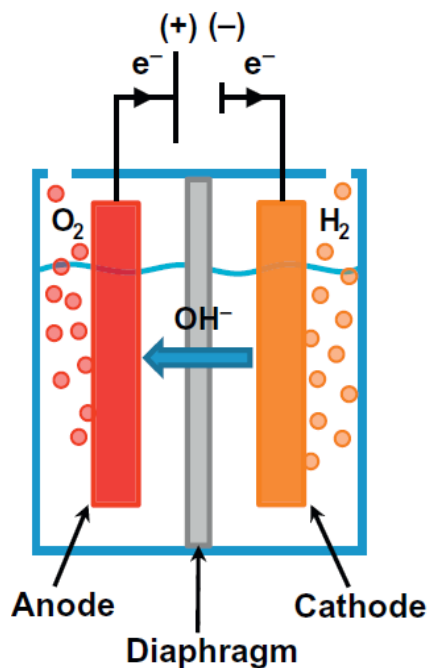
- **Málo slunečního svitu a větru v ČR**
- Ekonomika využití elektrolyzérů vyžaduje připojení k velkému výkonu
- Cena
- Vysoká investiční náročnost
- Technologie CCU jsou zatím nezralé
- Některé technologie CCU vyžadují mnoho energie
- Cena
- Zatím nezralé technologie
- Dostupnost odpadu v místě zpracování
- Cena

Vodíková strategie ČR (4/4) – spotřeba

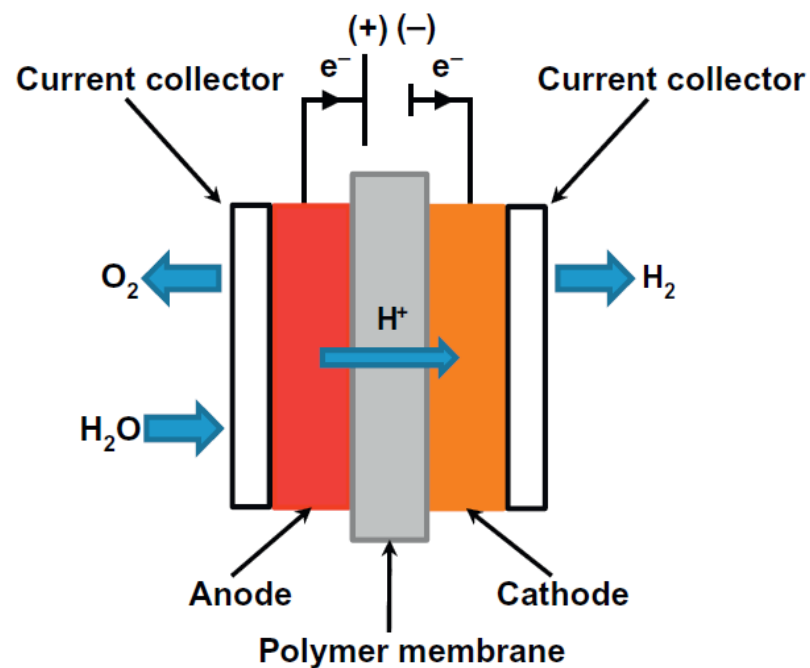
		VÝHODY	NEVÝHODY
DOPRAVA		Provozní efektivnost (cena nafty 32 Kč/l je provozně srovnatelná s cenou vodíku 116 Kč/kg (ceny s DPH))	- Drahá vozidla - Infrastruktura ve výstavbě - Malá výroba nízko-emisního vodíku
PRŮMYSL NÁHRADA ŠEDÉHO		Není nutná žádná změna technologie	- Cena - Malá výroba nízko-emisního vodíku
PRŮMYSL NÁHRADA ZEMNÍHO PLYNU		Velký potenciál	- Nutné změny technologie - Cena zemního plynu 1 326 Kč/MWh je provozně srovnatelná s cenou vodíku 52 Kč/kg - Malá výroba nízko-emisního vodíku
PRŮMYSL NÁHRADA KOKSU		- Vodík může nahradit uhlík jako redukční činidlo - Velký potenciál	- Nutná změna technologie - Cena vodíku - Malá výroba nízko-emisního vodíku
ENERGETIKA UKLÁDÁNÍ ENERGIE		- Propojení elektroenergetiky a plynárenství - Velký potenciál	Nízká účinnost

Výroba nízkouhlíkového vodíku - elektrolýza

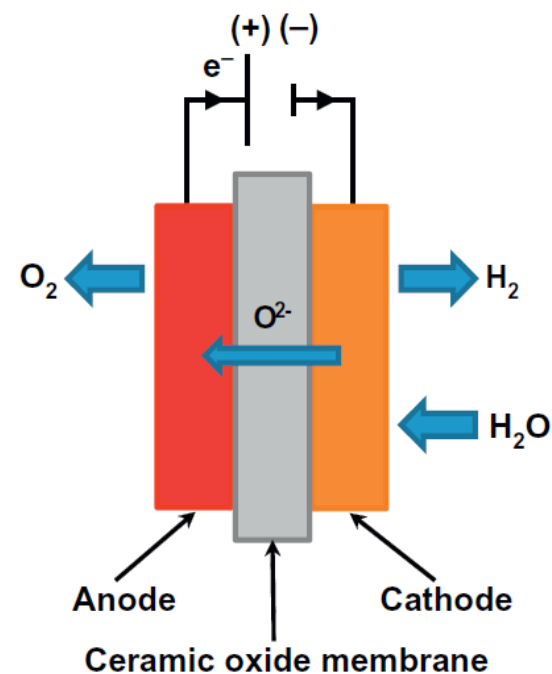
Alkaline electrolyzer



Polymer-electrolyte membrane electrolyzer



Solid oxides electrolyzer



*Přenos protonů
(nízkoteplotní)
vs. oxidových
aniontů
(vysokoteplotní)*

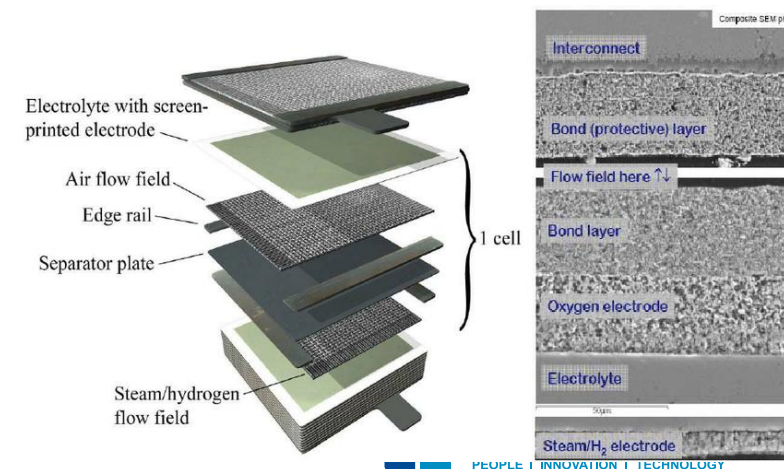
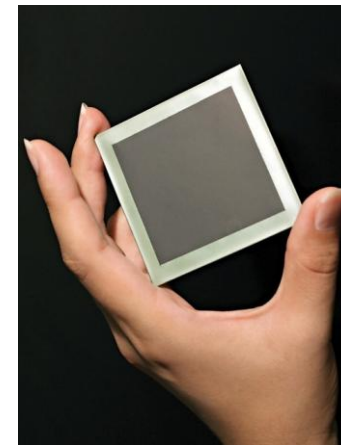
Princip HTE

MEA

- = membrane-electrode assembly (katoda, elektrolýt, anoda),
 - Také „vodíková-strana“ a „kyslíková strana“ kvůli SOEC / SOFC reversibilitě
- Čím tenší, tím lepší (el. odpor) – náročná výroba, tenká keramika
- elektrolýtově vs. anodově nesená

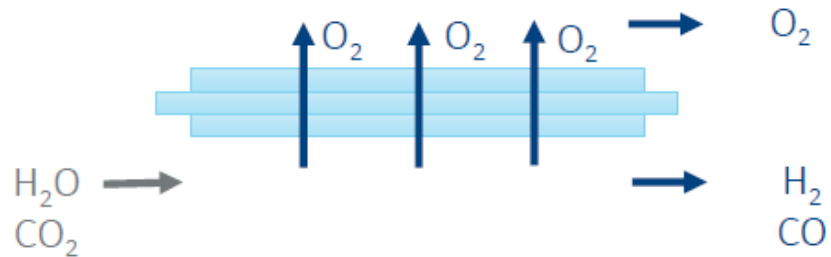
Anodově-nesená MEA o tloušťce cca 0,3 mm

- Elektrolýt – 10 μm
- Katoda – 30 μm
- Anoda – 250 μm (mechanicky zpevňuje MEA)
- napětí pod 1 V – proto se MEA řadí do stacku



Výhody vysokoteplotní elektrolýzy (1/2)

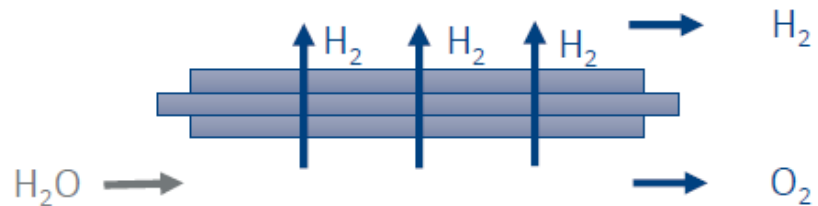
Sunfire-HyLink / SynLink



3,7
4
 ale:
 a

$\text{kWh}_{\text{AC}} / \text{Nm}^3 \text{H}_2 \text{LHV}$
 mil EUR / MW CAPEX
 cena zahrnuje PČ
 možná ko-elektrolýza

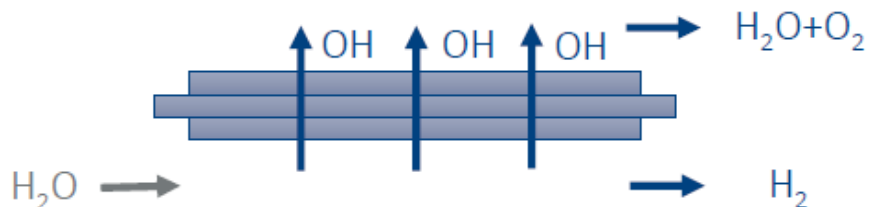
PEM electrolysis



5-5,5
1,2

$\text{kWh}_{\text{AC}} / \text{Nm}^3 \text{H}_2 \text{LHV}$
 mil. EUR / MW CAPEX

Alkaline electrolysis



5-5,4
1,4

$\text{kWh}_{\text{AC}} / \text{Nm}^3 \text{H}_2 \text{LHV}$
 mil. EUR / MW CAPEX

Výhody vysokoteplotní elektrolýzy (2/2)

O cca 35 % méně el než nízkoteplotní elektrolýza

Část energie dodána v tepla (páře), které je typicky levnější než ele

Neobsahuje nákladné (Pt u PEM), nebo potenciálně problematické materiály (PTFE u PEM)

Vratný proces (elektrolýza – palivový článek) v jednom zařízení

Možná ko-elektrolýza (dále)

Není nutné chlazení

Možná integrace s jadernými reaktory GEN IV

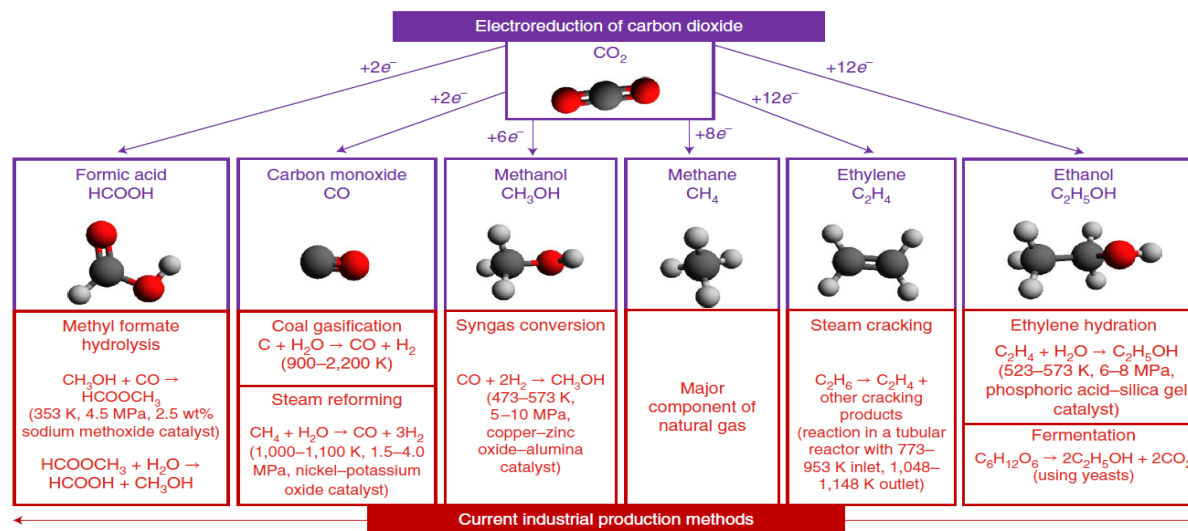
Nevýhody

Méně flexibility (provozní teplota, nižší životnost, CAPEX)

Příklady ko-elektrolýzy

Společná elektrochemická přeměna dvou běžně dostupných látek, která je transformuje na cenné chemické produkty (methan, methanol, vyšší uhlovodíky – podle reakčních podmínek)

- Příklad: $\text{CO}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$
- Příklad: $2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2$



Příklad ko-elektrolýzy (Sunfire)



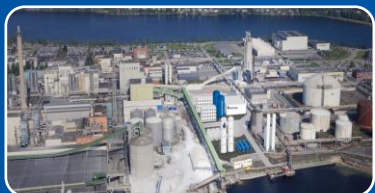
Hydrogen for clean steel production

- Salzgitter Steel in Germany
- GrInHy 2.0 with output power 740 kW installed in 2020
- Since 2022, 100 t / year of green hydrogen is planned



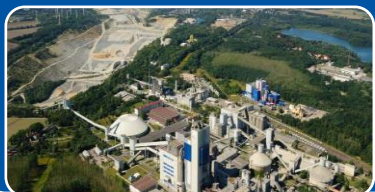
Renewable methanol for Chemical industry

- e-CO2Met project for TOTAL company in the hydrogen laboratory at Leuna (DE)
- construction of 1 MW HTE construction commenced in 2021
- Goal is production of 20 t green hydrogen and subsequently 20 t green methanol



Clean synthetic aviation fuel

- E-fuel project for Norsk in the Herøya industrial zone
- Production of 10 mil litres of renewable fuel planned in the pilot phase



Cement production decarbonisation

- Concrete Chemicals for Cemex Deutschland in Rüdersdorf (Germany)
- Production of clean syngas planned, up to 5000 t / year since 2025

Děkuji za pozornost!

Martin Šilhan

martin.silhan@cvrez.cz

Centrum výzkumu Řež

Hlavní 130, 250 86, Husinec

www.cvrez.cz

