



EVROPSKÁ UNIE  
Evropský fond pro regionální rozvoj  
Operační program Podnikání  
a inovace pro konkurenceschopnost



SUSCHEM<sup>CZ</sup>

# Nákladová cena vodíku z OZE

## (elektrolytická výroba)

**Martin Šilhan (SUSCHEM CZ, Centrum výzkumu Řež)**

[www.suschem.cz](http://www.suschem.cz)

## Co uvádí literatura?

### Hydrogen Economy Outlook:

- cena H<sub>2</sub> z elýzy+OZE pro různé části světa: 1,4-2,5 / kg v 2030
- ve většině světa: **0,7-1,6 USD/kg** v roce 2050.
- podmíněno pokračováním poklesu ceny elektrolyzérů v důsledku výstavby velkokapacitních výrobníků (především PEM). *Pilotní projekty: AEL*

### BNEF:

- pokles ceny obnovitelného H<sub>2</sub> na **0,8 – 1,6 USD/kg** do r. 2050.
- výrobci PEM elektrolyzérů - plány na výstavbu velkokapacitních výrobníků a související nižší budoucí ceny - objednávky v energetice, chemickém apod. průmyslu
- V EU a USA klesly náklady na alkalický elektrolyzér od roku 2014 o 40 % a v Číně dokonce o 80 %.

Cena vodíku na plnicích stanicích v DE je 9,5 EUR/kg

## Předpoklady, použité při výpočtech

- 20 kg vodíku/h - odpovídá příkonu 1 MWel.
- 5000 hodin ročně při nominálním výkonu - roční produkce 100 t vodíku, odpovídá 3300 MWh.
- Životnosti elektrolyzéru převzaty od výrobce, životnosti pomocných zařízení (kompresory, tlakové zásobníky, úprava vody, sušení vodíku) předpokládány 10 let.
- lineární odpisy
- Časová hodnota peněz neuvažována, mj. vzhledem k možné aplikaci vodíku v různých průmyslových oborech s odlišnými předpoklady o návratnosti investovaného kapitálu.
- čtyři ceny ele: 27-59,2 EUR/MWh

# Náklady na produkci H<sub>2</sub>

Významnou část ceny tvoří **odpisy elektrolyzérů**

- snížení lze dosáhnout zlevněním / zvýšením životnosti elektrolyzérů, nebo
- zvýšením roční výroby elektrolyzérů, čehož je možné docílit dalším technologickým rozvojem, například zajištěním možnosti efektivního a bezpečného provozu elektrolyzérů při nízkých výkonech, nebo zlepšením dynamických vlastností elektrolyzérů, nebo „poddimenzováním“ elektrolyzérů.

**Cena vstupní elektrické energie** z intermitentních zdrojů - může být významně ovlivněna budoucí povinností provozovatelů snižovat výkon v době okamžitých přebytků elektrické energie.

Vliv na konkurenceschopnost vodíku oproti zemnímu plynu má **cena povolenky CO<sub>2</sub>** a **spotřební daň** – vodík z OZE není v systému EU ETS, na vodík není spotřební daň

## Náklady na produkci H<sub>2</sub> II

Náklady na produkci H<sub>2</sub> v závislosti na ceně elektřiny z OZE s uvažováním nulové inv. dotace

	Cena elektřiny z OZE (EUR/MWh)			
	27	36,6	42,3	59,2
Elektrolyzér	Náklady na produkci H <sub>2</sub> (Kč/MWh)			
AEL	1200-1700	1600-2100	1800-2300	2500-2900
PEM	1900-2100	2300-2600	2500-2900	3200-3800
SOEC	3200	3500	3700	4300



EVROPSKÁ UNIE  
Evropský fond pro regionální rozvoj  
Operační program Podnikání  
a inovace pro konkurenceschopnost



SUSCHEM CZ

# Další související náklady I

## Čištění vody

- zabudované v elyzéru, popř. využití neupravené pitné vody.
- Reverzní osmóza 500 l/h - cca 120 tis. Kč, náklady na čištění vody pomocí jsou 3-4 Kč/MWh, tj. zanedbatelné

## Kompresie vodíku

- Např. pístový kompresor v bezolejové úpravě, mechanické kompresory vhodné pro kompresi na vysoké tlaky (nad 3 MPa).
- Ve většině realizovaných pilotních projektů byly využívány pístové kompresory. Náklady na kompresi vodíku jsou 45-65 Kč/MWh.



EVROPSKÁ UNIE  
Evropský fond pro regionální rozvoj  
Operační program Podnikání  
a inovace pro konkurenceschopnost



SUSCHEM CZ

## Další související náklady II

### Skladování vodíku

- nízkotlaké zásobníky levnější na provoz než vysokotlaké (i bez započítání nákladů na kompresi).
- Toto je nejspíše dáno nízkými investičními náklady nízkotlakých zásobníků (obvykle jsou vyrobeny z oceli) i tím, že kompozitní vysokotlaké zásobníky jsou zpravidla vyráběny na skladování menších množství vodíku.
- U varianty nízkotlakého skladování vodíku odpadá pořizování kompresoru, který představuje technologicky složité a potenciálně poruchové zařízení.

## Náklady na uskladnění vodíku II

Množství uskladněného H <sub>2</sub> (kg)		
100	300	700
Náklady na uskladnění (Kč/MWh)		
10,9	32,6	76,1
13,6 – 26,7	38,2 – 80,0	95,3 – 187,0

žlutě – nízkotlaký zásobník, další jsou vysokotlaké

Při velmi malých množstvích vodíku může být výhodné používat svazky tlakových lahví



## Shrnutí

- nejlevnější je produkce vodíku pomocí alkalické elektrolýzy.
- Očekáváme, že do budoucna budou PEM elektrolyzéry levnější než alkalické, především díky lepším schopnostem změn výkonu a lepší schopnosti modulárního uspořádání, což umožňuje snadnou přepravu a instalaci v kontejnerech (**× náklady na likvidaci PEM membrány**)
- Námi vypočítané ceny se pohybují v rozmezí 1,5-3,3 USD / kgH<sub>2</sub>, kde spodní hranice odpovídá AEL při ceně elektřiny 27 EUR/kWh a horní hranice odpovídá SOEC při ceně elektřiny 59,2 EUR/kWh. - to je mírně vyšší než ceny odhadované v Hydrogen Economy Outlook, které jsou pro roky 2030 a 2050.
- *Viz také: A. Tocháčková, A. Laciok M. Šilhan: Chem. Listy 115, 623–627 (2021)*
- Bude vodík skutečně potřeba? Kolik pilotních projektů se staví v EU, kolik v ČR? V jakých zemích, v jakých oborech, jak velké projekty? Sledujte Chemické listy ...