

vujje

Vodíková budoucnost

9. 11. 2023

Branislav Hatala





Vieme vyrábať vodík efektívne ?



Čo je vodík H₂

- **Charakteristika**

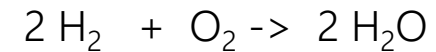
Vodík je najjednoduchší chemický prvok

Molekula vodíka obsahuje dva protóny a dva elektróny

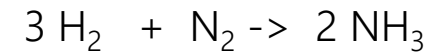
Vodík je bezfarebný, bez chuti a zápachu

- **Vodík reaguje**

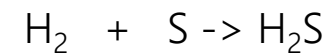
s kyslíkom - vzniká voda:



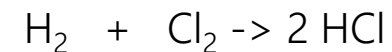
s dusíkom - vzniká amoniak



so sírou - vzniká sulfán:



s chlóróm - vzniká chlorovodík:



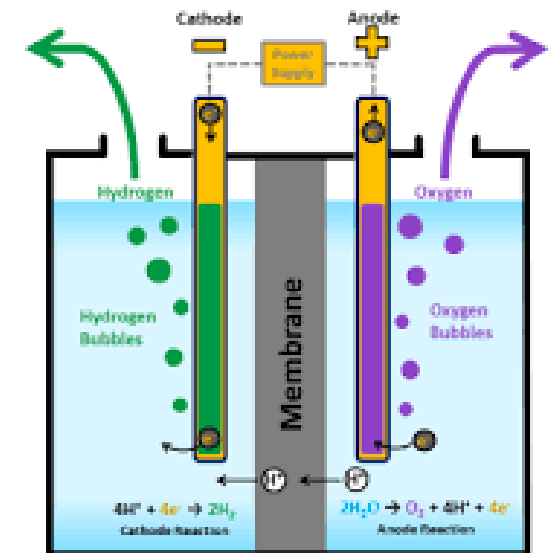
- **Nositeľ energie**

Spôsob výroby vodíka

➤ ELEKTROLÝZA

- vyžaduje výrobu elektrickej energie,
- účinnosť premeny tepelnej energie na elektrickú je cca 30-40 %

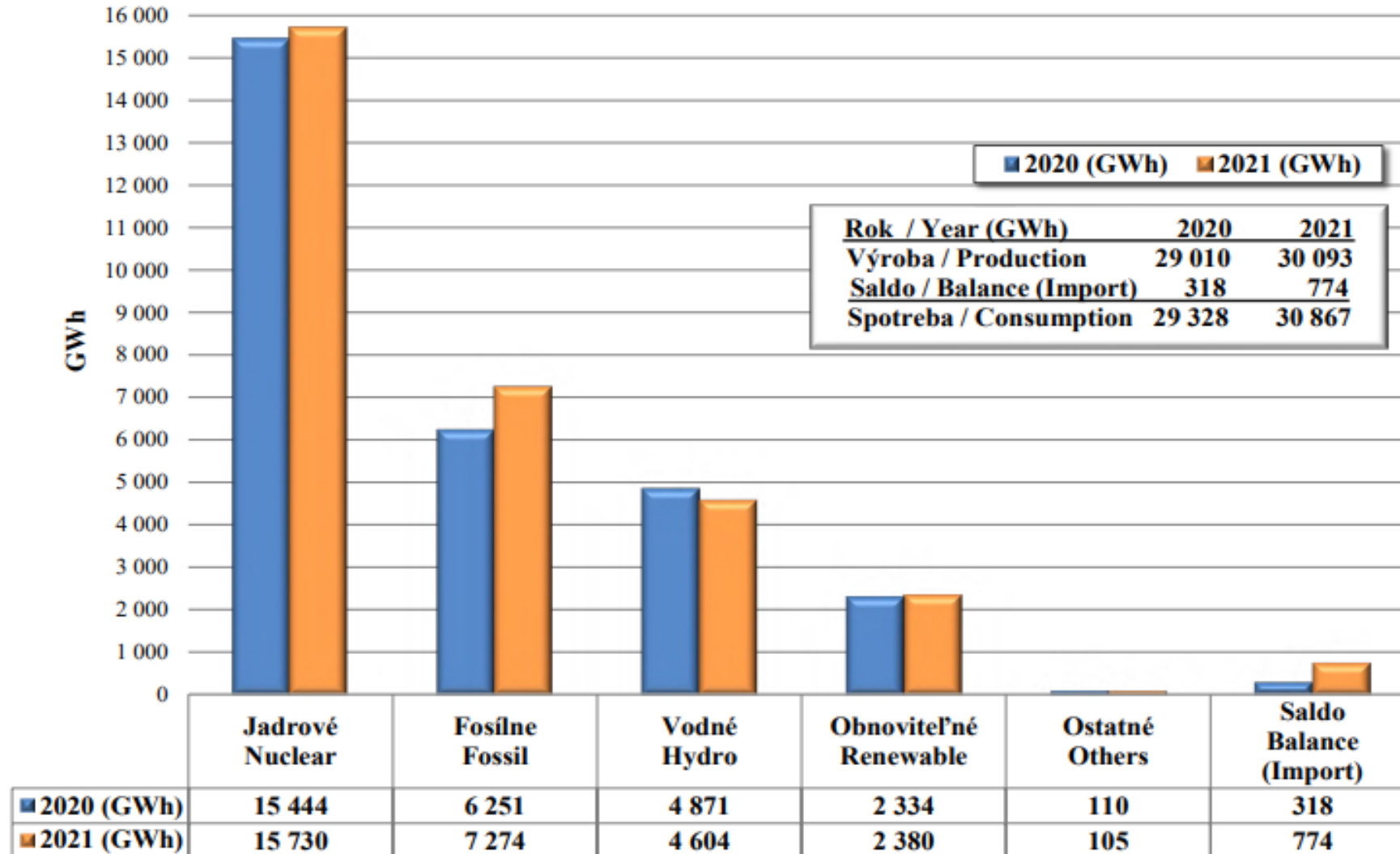
- PEM (elektrolýza s polymérovou - elektrolytickou membránou)



výroba vodíka = výroba elektrickej energie



PODIEL ZDROJOV NA VÝROBE ELEKTRINY - SLOVENSKO



1 blok 3,897 TWh

Energetické zdroje



AP 1000 Westinghouse

Tepelný výkon: 3 415 MW_t

Elektrický výkon: 1 100 MW_e

Ročná produkcia: 8,7 TWh



EPR Framatome

4 300 MW_t

1 600 MW_e

12,6 TWh



VVER 1200 Rosatom

3 212 MW_t

1 200 MW_e

9,5 TWh

Energetické zdroje



Núñez de Balboa (Španielsko) – Iberdrola
Najväčšia fotovoltická elektráreň v Európe

Inštalovaný elektrický výkon	500 MW _e	
Zastavaná plocha	1 000 hektárov (10 km ²)	(1 430 000 solárnych panelov)
Ročná produkcia:	0,832 TWh	(koeficient využitia cca 19 %)

Energetické zdroje



Hornsea 2 (Veľká Británia) - dánska energetická firma Orsted
Najväčšia veterná elektrárň v Európe

Inštalovaný elektrický výkon

1320 MW_e

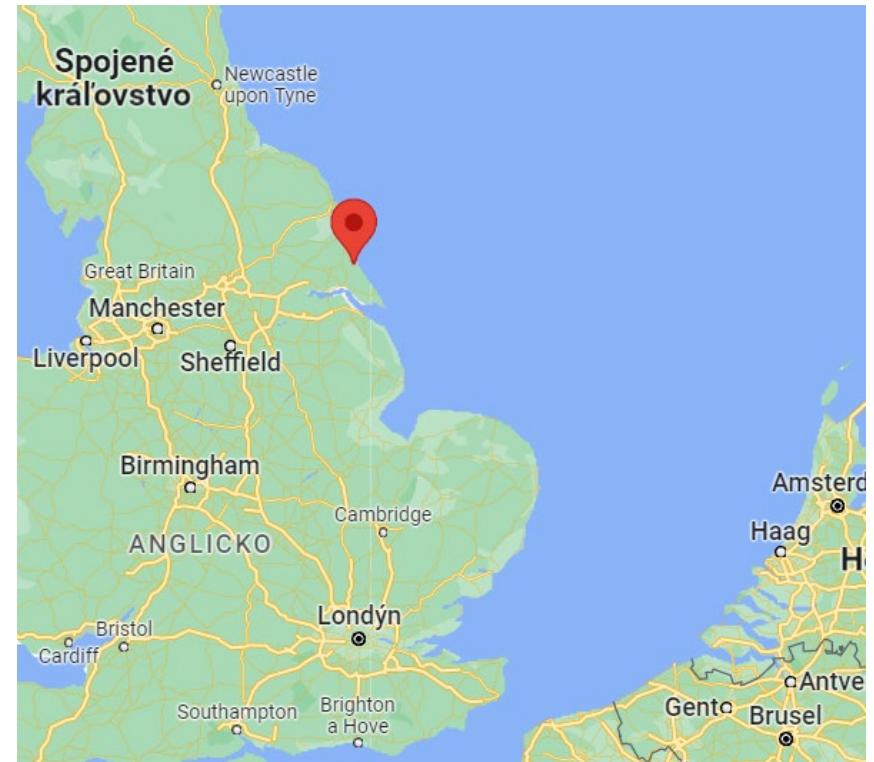
Zastavaná plocha

462 km² (165 veterných turbín, 8MW)

Ročná produkcia:

5,338 TWh

(koeficient využitia cca 46,6 %)



Energetické zdroje

Energetický zdroj	Priemerná doba ročného využitia maxima inštalovaného výkonu	
	hod/rok	% ročne
Veterné elektrárne	1 900	22 %
Fotovoltaika - Slovensko	980 -1 000	11 %
Fotovoltaika - Španielsko	1 664	19 %
Offshore veterná	3 500	40 %
Plynový blok	8 500	97 %
Jadrový blok	7 884	89 %

Počet hodín v roku 8 760



Aké je využitie vodíka?

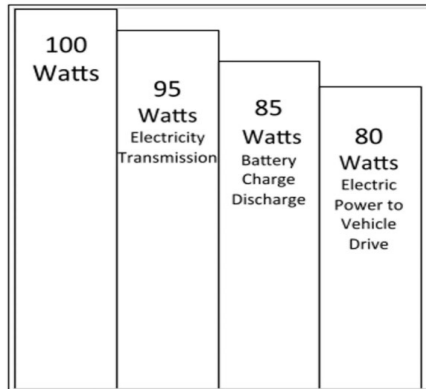
- doprava (automobilová, lodná, vlaková)
- priemyselné odvetvia
- uskladnenie energie

Automobilizmus

Batérie

Vodík

elektrická energia → elektrická energia



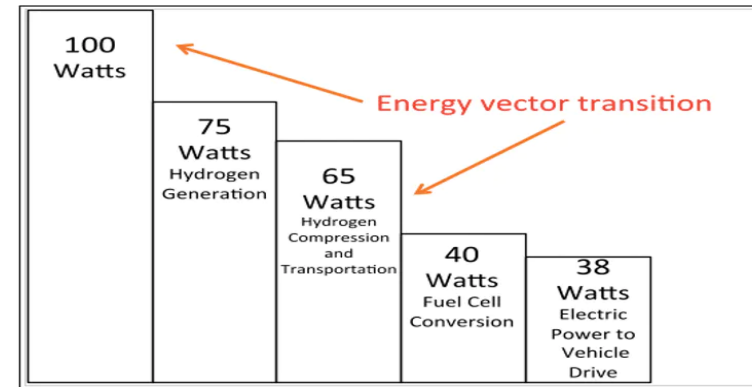
15 – 20 kWh / 100 km



elektrická energia → vodík → stlačenie vodíka → elektrická energia



Spotreba



1 kg Vodíka / 100 km (60 kWh)



Má význam vyvíjať vodíkové technológie?

Vieme vyrobiť vodík efektívne ?





ÁNO
Vieme !



vuje

Ďalšie spôsoby výroby vodíka

➤ ELEKTROLÝZA

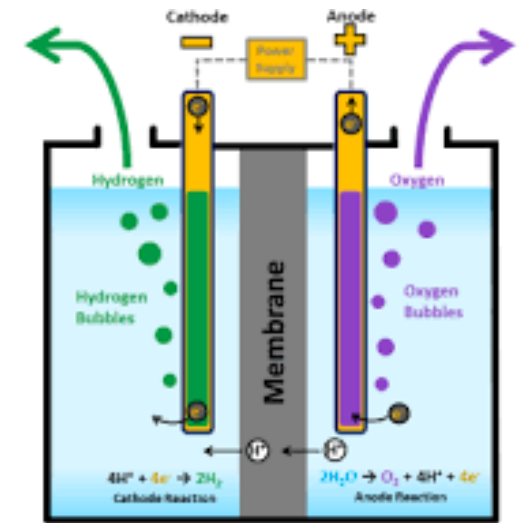
- vyžaduje výrobu elektrickej energie,
- účinnosť premeny tepelnej energie na elektrickú je cca 30 - 45 %

- alkalická

- PEM (elektrolýza s polymérovou elektrolytickou membránou)

účinnosť výroby vodíka 25 %

- vysokoteplotná (600 – 1 000 °C)



Ďalšie spôsoby výroby vodíka

➤ TERMO – CHEMICKÝ spôsob

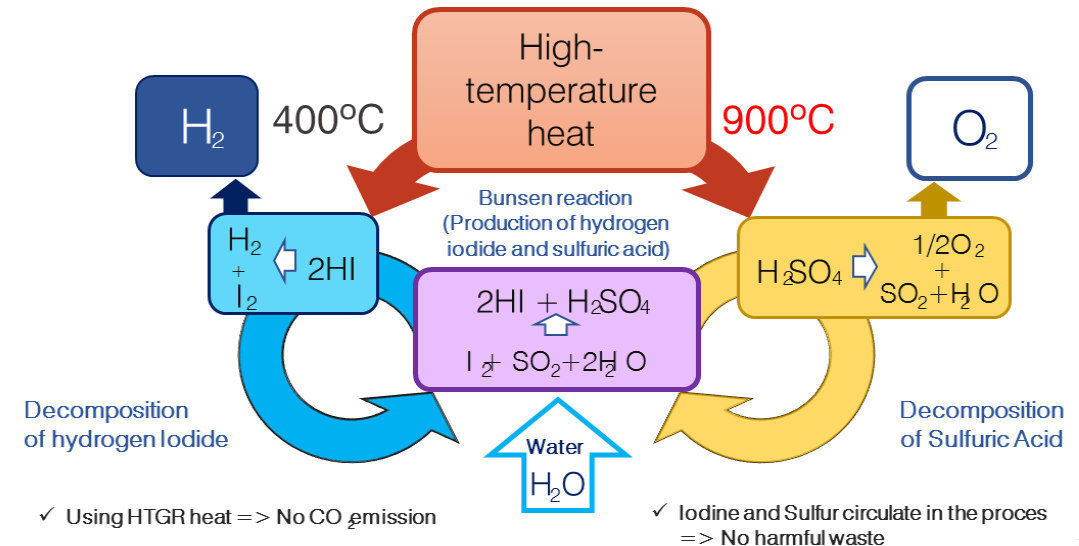
vyžaduje výrobu vysokoparametrického tepla 850 – 900 °C

účinnosť výroby vodíka 40 – 50 %

nie je potrebná výroba elektrickej energie

nie sú straty pri premene tepelnej energie na elektrickú

IS proces decomposes water with heat of ca. **900°C**
Using chemical reactions of Iodine (I) and Sulfur (S)



Vysokoteplotné reaktory

Výstupná teplota 800 °C – 900 °C

Chladiace médium Hélium

spektrum neutrónov

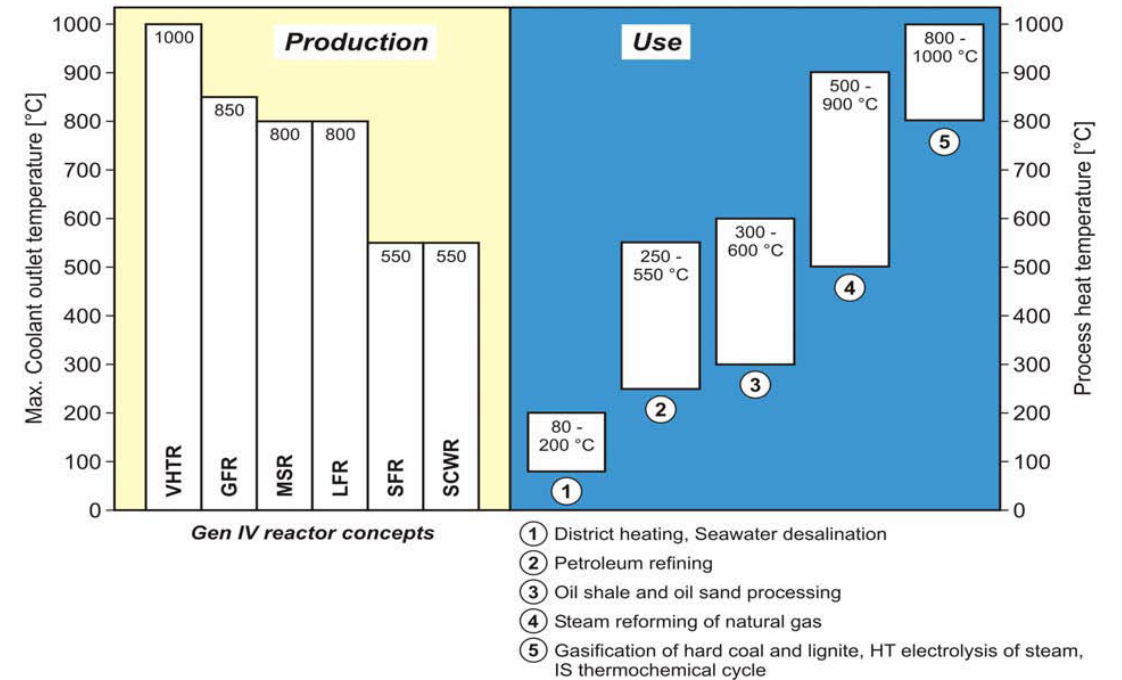


tepelné reaktory



rýchle reaktory

Temperature ranges in production and use of nuclear energy

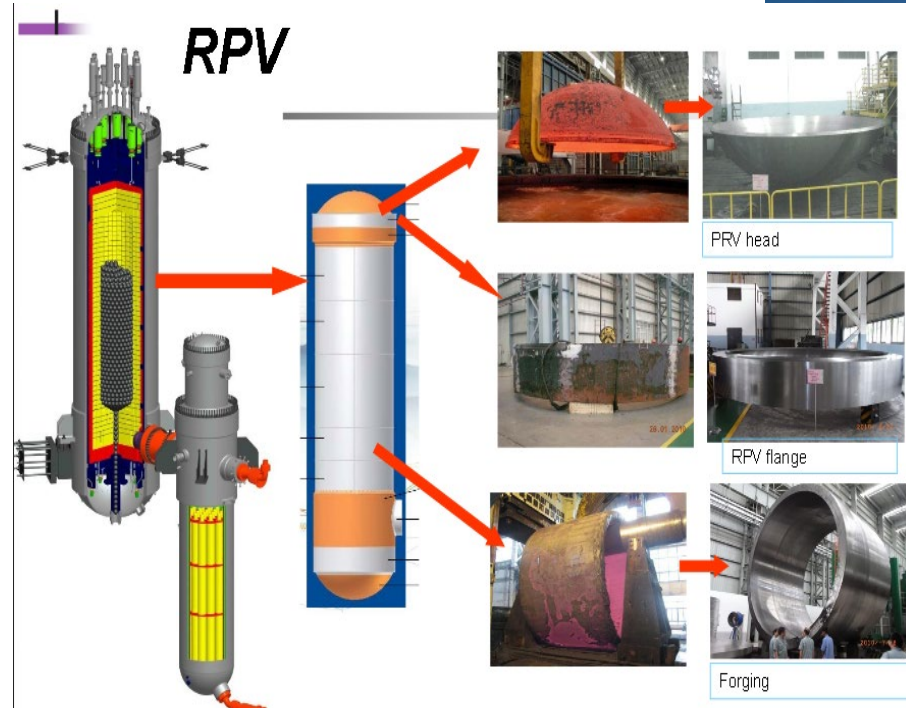


Vysokoteplotné reaktory

HTR – PM

Shidao Bay-1 - China National Nuclear Corporation
reaktor IV. generácie

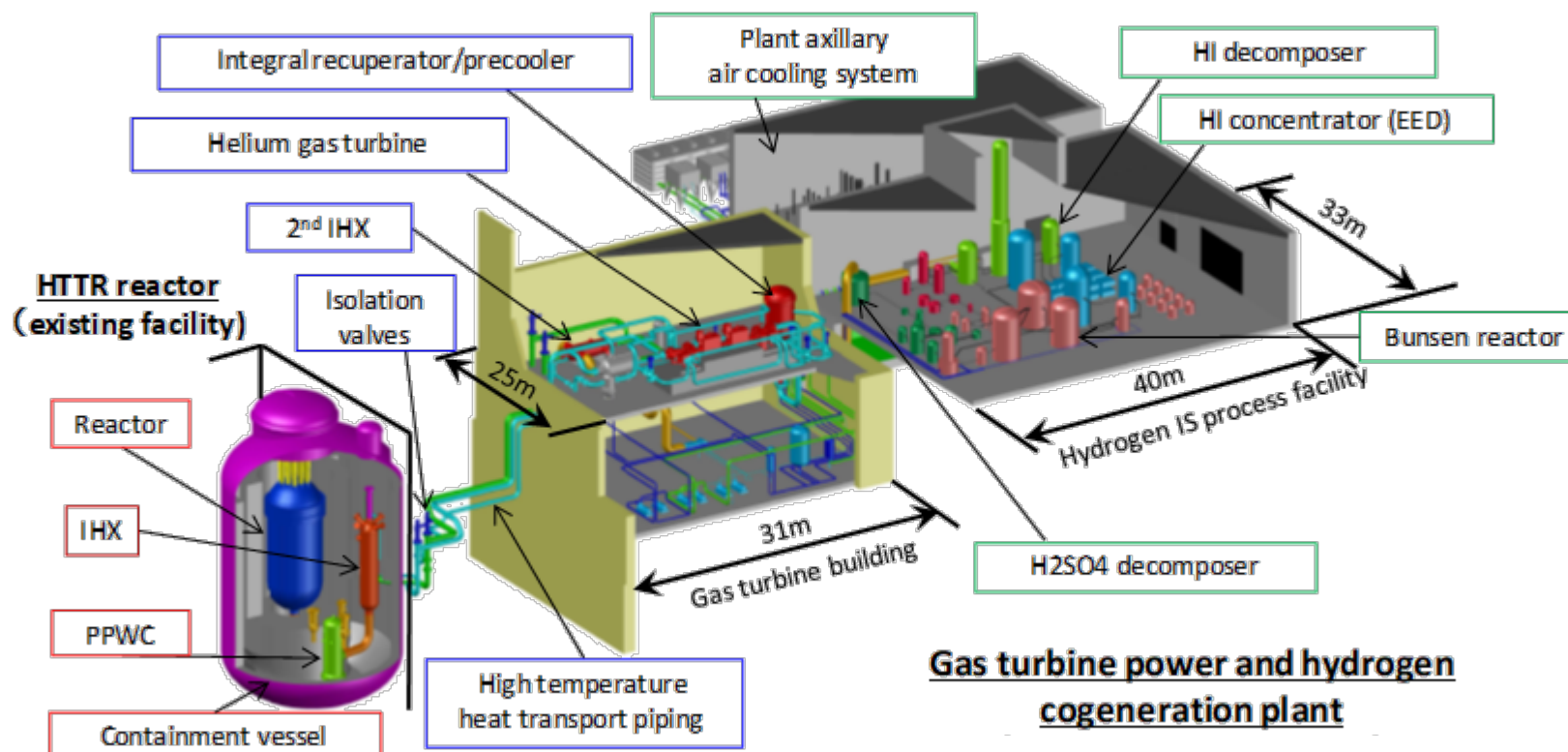
Tepelný výkon: 500 MW_t Elektrický výkon: 200 MW_e



Vysokoteplotné reaktory

HTTR – Japan Atomic Energy Agency

High Temperature Test Reactor



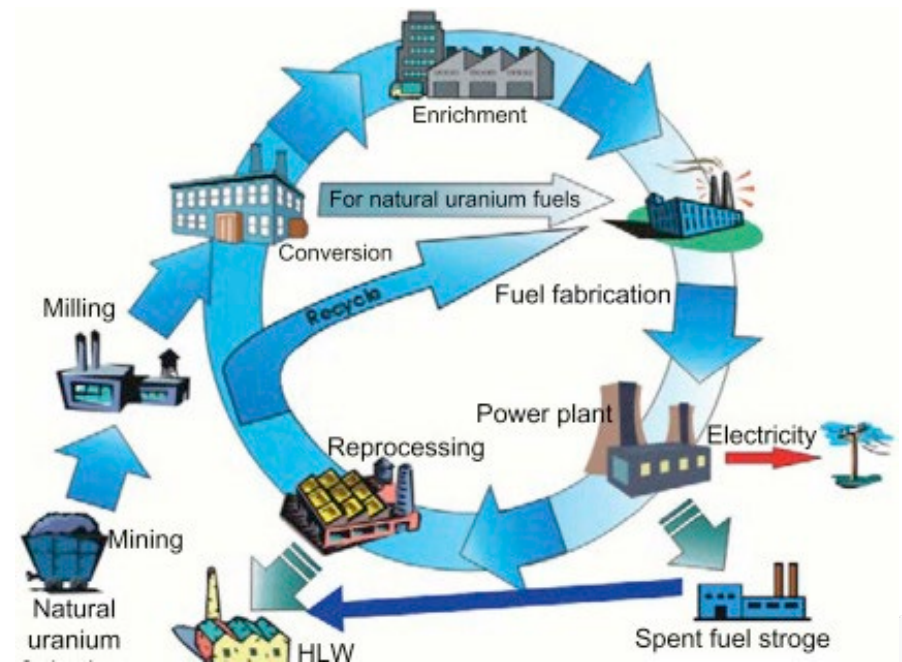
Vysokoteplotné reaktory

rýchle reaktory – chladiace médium Hélium

- Vysoká výstupná teplota (850 – 900 °C)
- Uzavretý palivový cyklus
- opätovné využitie ožiareného paliva

trvalo udržateľný energetický zdroj

znižuje záťaž pre životné prostredie



Vysokoteplotné reaktory



rýchle reaktory

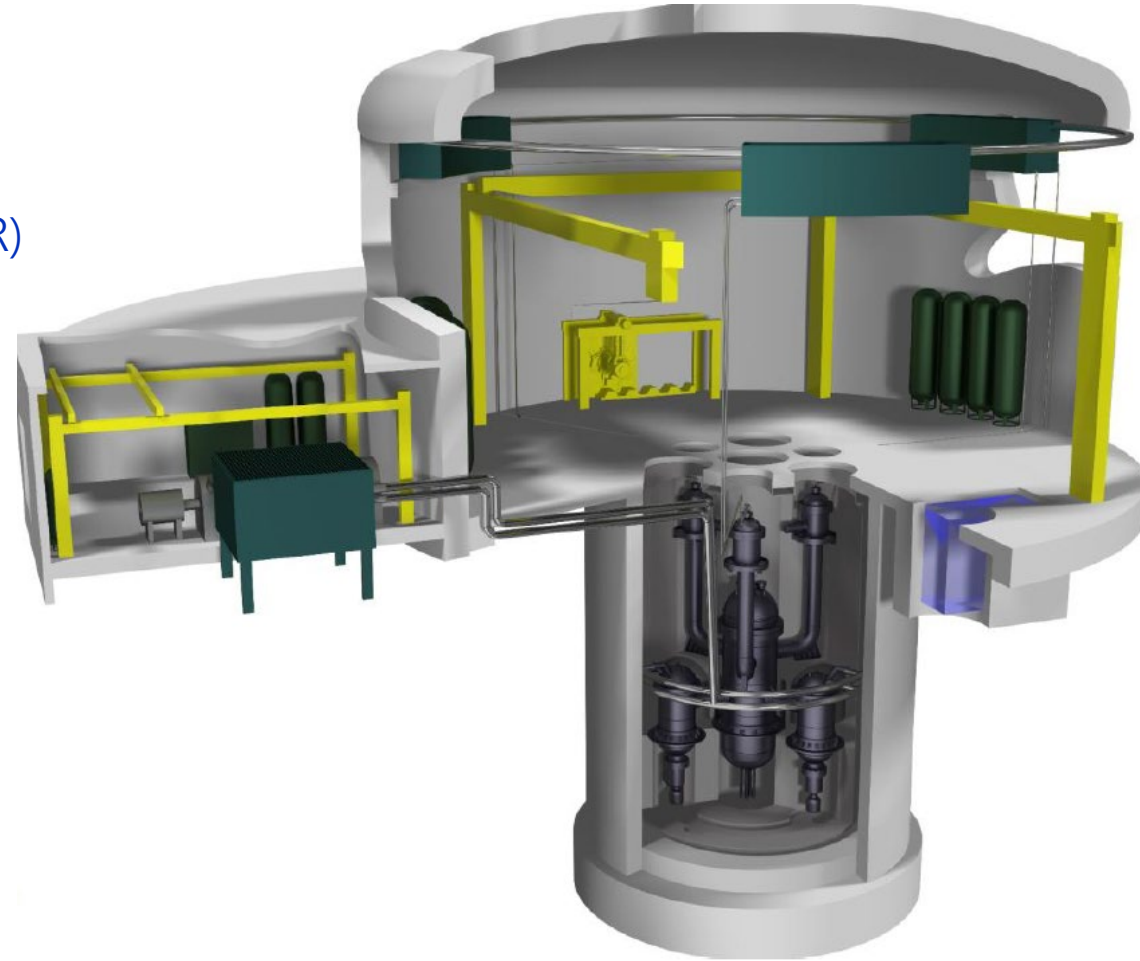
➤ Gas Cooled Fast Reactor (GFR)

Prototyp ALLEGRO

umožňuje vyrobiť vysokoparametrické teplo

➔ **efektívna výroba vodíka**

vytvára možnosť uzatvoriť palivový cyklus





V4G4 Centre of Excellence

rozvoj GFR technológié



VUJE, a. s., Slovakia



Centre for Energy Research, Hungary



National Centre for Nuclear Research, Poland



UJV Řež, a.s., Czech Republic

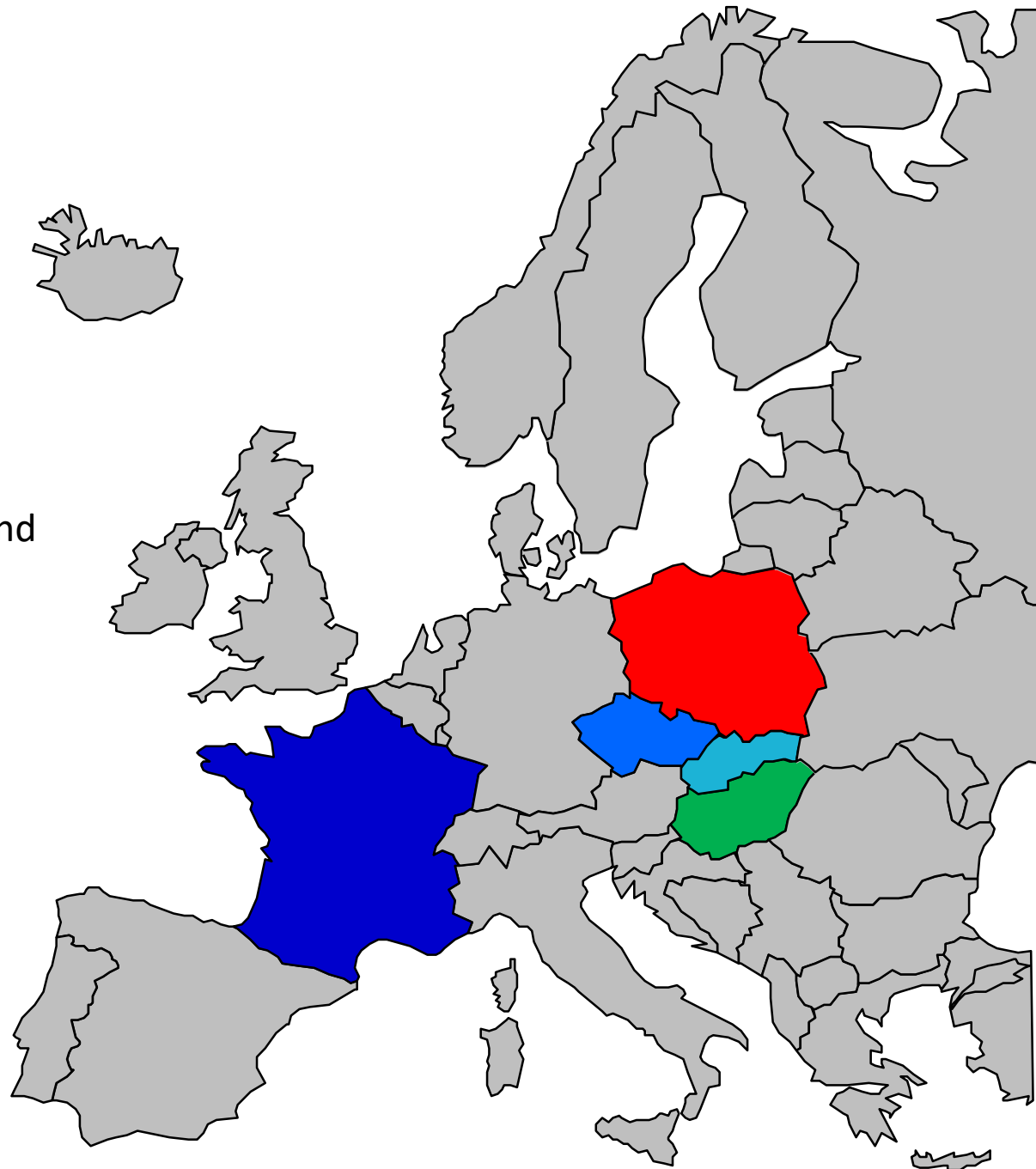
Associated members:



Alternative Energies and Atomic Energy Commission, France



Research Centre Řež, Czech Republic





HORIZON 2020 EURATOM- Projekt SafeG



List of participants

Participant No.	Participant organisation name	Short name	Country
1 (Coordinator)	VUJE, a. s.	VUJE	Slovakia
2	ÚJV Řež, a. s.	UJV	Czech Republic
3	Energiatudományi Kutatóközpont	EK	Hungary
4	Narodowe Centrum Badań Jądrowych	NCBJ	Poland
5	Centrum výzkumu Řež s.r.o.	CVR	Czech Republic
6	Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives	CEA	France
7	Jacobs Clean Energy Limited	JACOBS	United Kingdom
8	Brinkmann Gerd Friedrich	BriVaTech	Germany
9	National University Corporation, Kyoto University	KU	Japan
10	České vysoké učení technické v Praze	CVUT	Czech Republic
11	Budapesti Muszaki es Gazdasagtudományi Egyetem	BME	Hungary
12	Slovenská technická univerzita v Bratislave	STU	Slovakia
13	The University of Sheffield	USFD	United Kingdom
14	The Chancellor Masters and Scholars of the University of Cambridge	UCAM	United Kingdom
15	Evalion s.r.o.	EVALION	Czech Republic

- vyriešenie otvorených otázok v koncepcii bezpečnosti GFR
- návrh kľúčových bezpečnostných systémov reaktora ALLEGRO
- získavanie nových experimentálnych údajov pomocou najmodernejších výskumných zariadení
- prehĺbenie spolupráce medzi Európou a Japonskom v oblasti výskumu GFR



HydroGen IV

- Výskum fyzikálnych, technických a materiálových aspektov vysokoteplotných reaktorov s potenciálom výroby vodíka
- Operačný program Integrovaná infraštruktúra - Výskumná agentúra
- Partneri projektu
 - Slovenská technická univerzita v Bratislave**
 - Fakulta elektrotechniky a informatiky
 - Strojnícka fakulta
 - Materiálovotechnologická fakulta
 - VUJE, a.s.**
- Ciele:
 - 1) Simulácia relevantných termohydraulických procesov;
 - 2) Podstatné rozšírenie spektra konštrukčných materiálov pre vysokoteplotné technológie s potenciálom výroby vodíka.

Infraštruktúra – STU Helium Loop

Slovenská technická univerzita v Bratislave
Strojnícka fakulta

Parametre:

chladiace médium	hélium
výstupná teplota	400°C - 520 °C
tlak	3 MPa - 7 MPa
výkon	500 kW



Infraštruktúra – S-ALLEGRO

Centrum výzkumu Řež

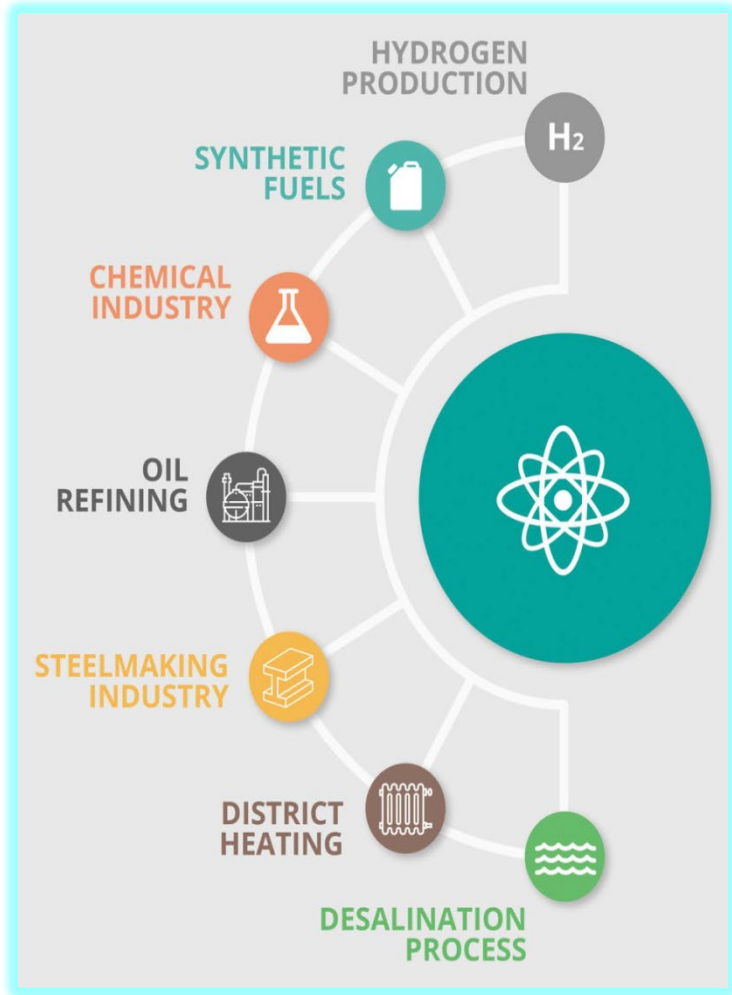
Parametre:

chladiace médium	hélium
tlak	7 MPa
výkon	1 MW
výstupná teplota	850°C
prietok	0,5 kg/s



Záver

Je nespochybniteľné, že dopyt po vodíku, využiteľného v doprave ako aj v ťažkom chemickom priemysle bude na celom svete neustále narastať.



- nové jadrové technológie môžu byť veľkým prínosom pre výrobu vodíka
- výsledky analýzy Európskeho výskumného centra JRC, **neuvádzajú žiadne vedecky podložené dôkazy** o tom, že jadrová energia škodí viac ľudskému zdraviu alebo životnému prostrediu ako iné technológie na výrobu elektriny
- Realizujeme činnosti v oblasti výskumu a využitia pokročilých jadrových technológií s **potenciálom efektívnej výroby vodíka**
- Vysokoteplotný reaktor s rýchlym spektrom neutrónov reprezentuje trvalo udržateľný zdroj energie s možnosťou **uzavretého palivového cyklu**.



Záver

Vysokoteplotný reaktor s rýchlym spektrom neutrónov

- reprezentuje spoľahlivý a bezpečný zdroj energie
- reprezentuje trvalo udržateľný zdroj energie
- s potenciálom efektívnej výroby vodíka
- s možnosťou uzavrieť palivový cyklus



Ďakujem za pozornosť

Branislav.Hatala@vuje.sk

vuje

Kontakt:

VUJE, a. s.

Okružná 5

918 64 Trnava

Slovak Republic

Tel.: + 421 33 599 1111

Fax: + 421 33 599 1200

E-mail: vuje@vuje.sk

Web: www.vuje.sk