



OVE in NOVE tehnologije v energetiki

Inovativne OVE tehnologije

Inovativne OVE Tehnologije

- Vodikove tehnologije
- Metan
- RFNBO (obnovljiva goriva nebiološkega izvora)
- Tehnologije za zajem CO₂
- SMR (Small Modular Reactors)



Vodikove tehnologije

Green

Hydrogen produced by electrolysis of water, using electricity from renewable sources like wind or solar. Zero CO₂ emissions are produced.

Blue

Hydrogen produced from fossil fuels (i.e., grey, black, or brown hydrogen) where CO₂ is captured and either stored or repurposed.

Grey

Hydrogen extracted from natural gas using steam-methane reforming. This is the most common form of hydrogen production in the world today.

Purple/Pink

Hydrogen produced by electrolysis using nuclear power.

Turquoise

Hydrogen produced by electrolysis of water, using electricity from renewable sources like wind or solar. Zero CO₂ emissions are produced.

Brown/Black

Hydrogen extracted from coal using gasification.

Yellow

Hydrogen produced by electrolysis using grid electricity from various sources (i.e., renewables and fossil fuels).

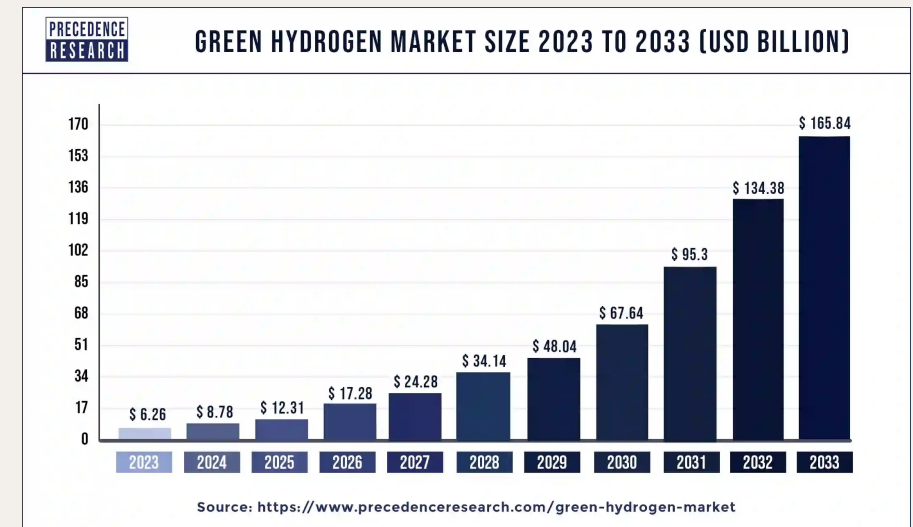
White

Hydrogen produced as a byproduct of industrial processes. Also refers to hydrogen occurring in its (rare) natural form.



Vodikove tehnologije

- Trg
 - 2023: 130 milijard USD
 - 2030: 235 milijard USD
- Trg vodikovih tehnologij se povečuje
 - Hranjenja energije
 - Transportna
 - Industrije
 - Proizvodnje energije
- Vodilni akterji na trgu vodikovih tehnologij
 - Evropa največji vlagatelj v svetu
 - 430 milijard EUR DO 2030
 - Hydrogen Europe
 - Japonska, Južna Koreja z najbolj razvito tehnologijo



Slovenija?

- Brez vodikove strategije
- Na ravni EU brez državnega črpanja sredstev
- NAHV
- ELES/Japonska
- ReCatalyst (Slovenski start-up 2023)
- Pipistrel
- Steklarna Hrastnik
- ...



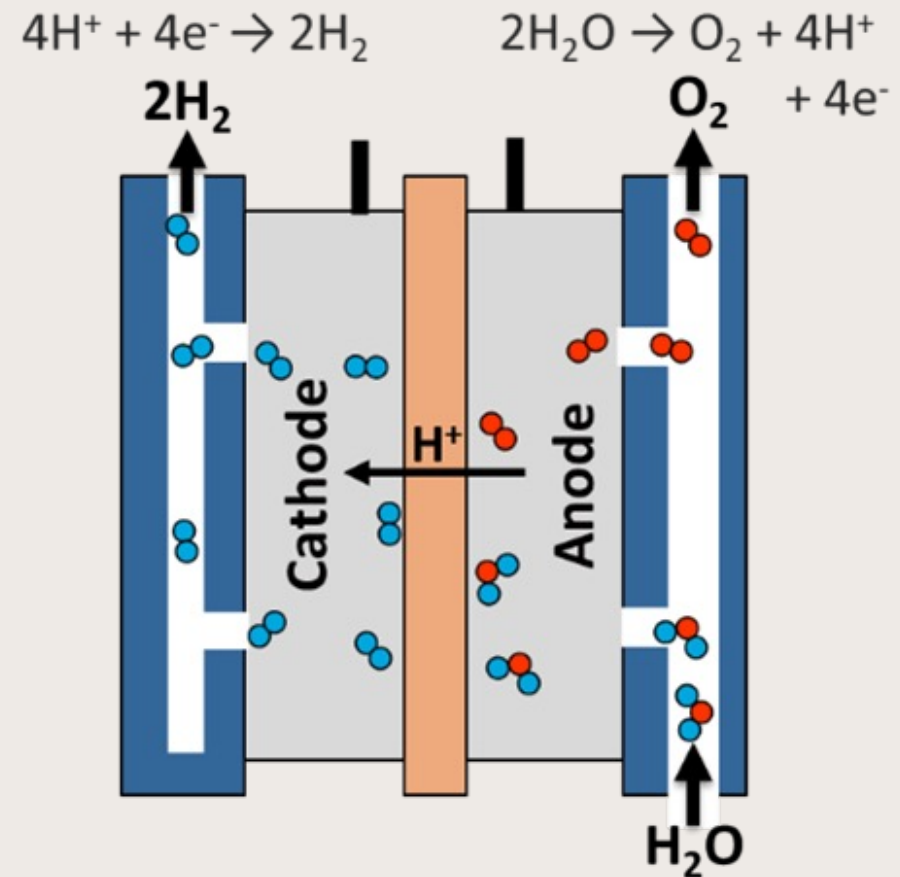
Uspešno smo začeli industrijsko proizvodnjo steklenic premium segmenta z uporabo vodika kot energenta, kar je prva tovrstna komercialna uporaba vodika v industriji proizvodnje embalažnega stekla.

Ob več kot **60% deležu vodika**, uporabljenega za taljenje stekla, je Steklarna Hrastnik zmanjšala neposredni **ogljčni odtis taljenja za več kot 30%** v primerjavi s standardnimi postopki. Z uspešno industrijsko uporabo in proizvodnjo z vodikom smo utrdili položaj vodilnega evropskega proizvajalca visokokakovostne steklene embalaže in pionirja na področju zelene transformacije v steklarski industriji.



Tehnologije

- Elektroliza:
 - PEM
 - Alkalna
 - Solid-Oxide
- Parno preoblikovanje zemeljskega plina
- Uplinjanje
- Proliza
 - Razmislek: Barva?
 - Biomasa?



Promovira se proizvodnja zelenega vodika

- Padec cen OVE
- Rešitev pred obremenjenostjo omrežja

Transport

- Ni ustreznega preboja
- Nizka učinkovitost vodikovih celic
- Visoka cena

Distribucija

- Preko cevovodov
- Nemčija gradi več tisoč km vodikovih cevovodov

Medij shranjevanja

- Potencial za sezonsko shranjevanje OVE energije

EU auditor calls for 'reality check' on EC's renewable hydrogen plans

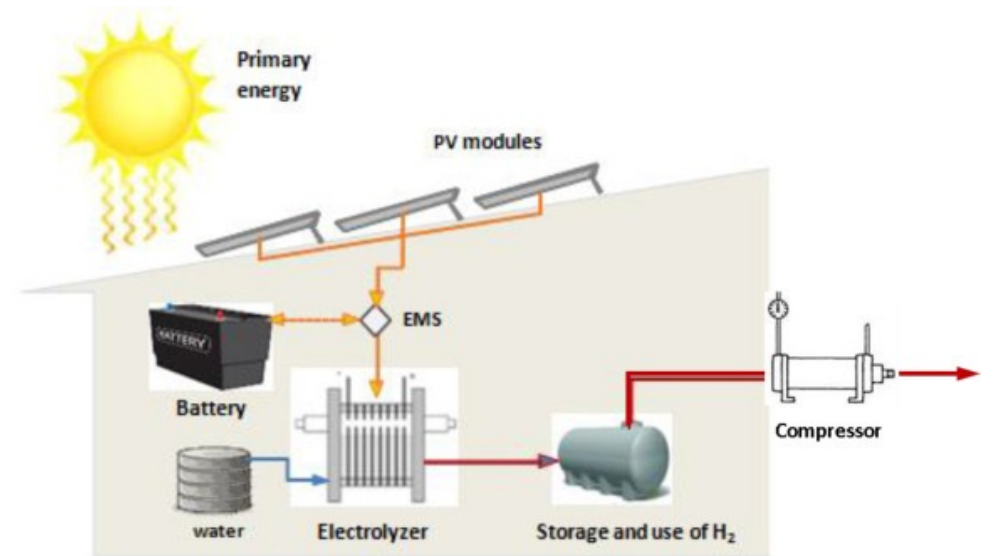
Reality Check!

- Končnega preboja na področju vodika ni
- Ogromno vložene denarja, majhen izplen
- Transportni sektor neprimeren (baterije uspešnejše)
- Uspeh na področju industrijskih procesov
- Shranjevanje vodika – varnost!?
- Rekonstrukcija plinovodov, industrijskih procesov?
- Nemčija največji EU proizvajalec, ki ima namen večino vodika uvažati (IZ KJE?)
- Uveljavitev CCfD finančnega mehanizma
- Podporne sheme na državnem nivoju neučinkovite (visoka cena tehnologije)



Uvoz vodika

- Severna Afrika najprimernješe območje za izgradnjo PV sistemov
- Cenejša elektrika, cenejši vodik
- Distribucija v Evropo?
 - VB in Nemčija – načrt podvodnih cevodov (več 1000 km)
 - Vodni transport
 - Vezanje vodika na amonijak (RAZMISLEK: ekologija, varnost, dodatni stroški...)
 - Utekočinjen vodik (RAZMISLEK: ekstremni pogoji, poraba energije)



Prihodnost vodika

- Mednarodna sodelovanja
- Dodaten razvoj tehnologije
- Potrebno znižanje cen
- Izgradnja infrastrukture
- Podporne sheme
- RAZMISLEK: Sprememba strategije?

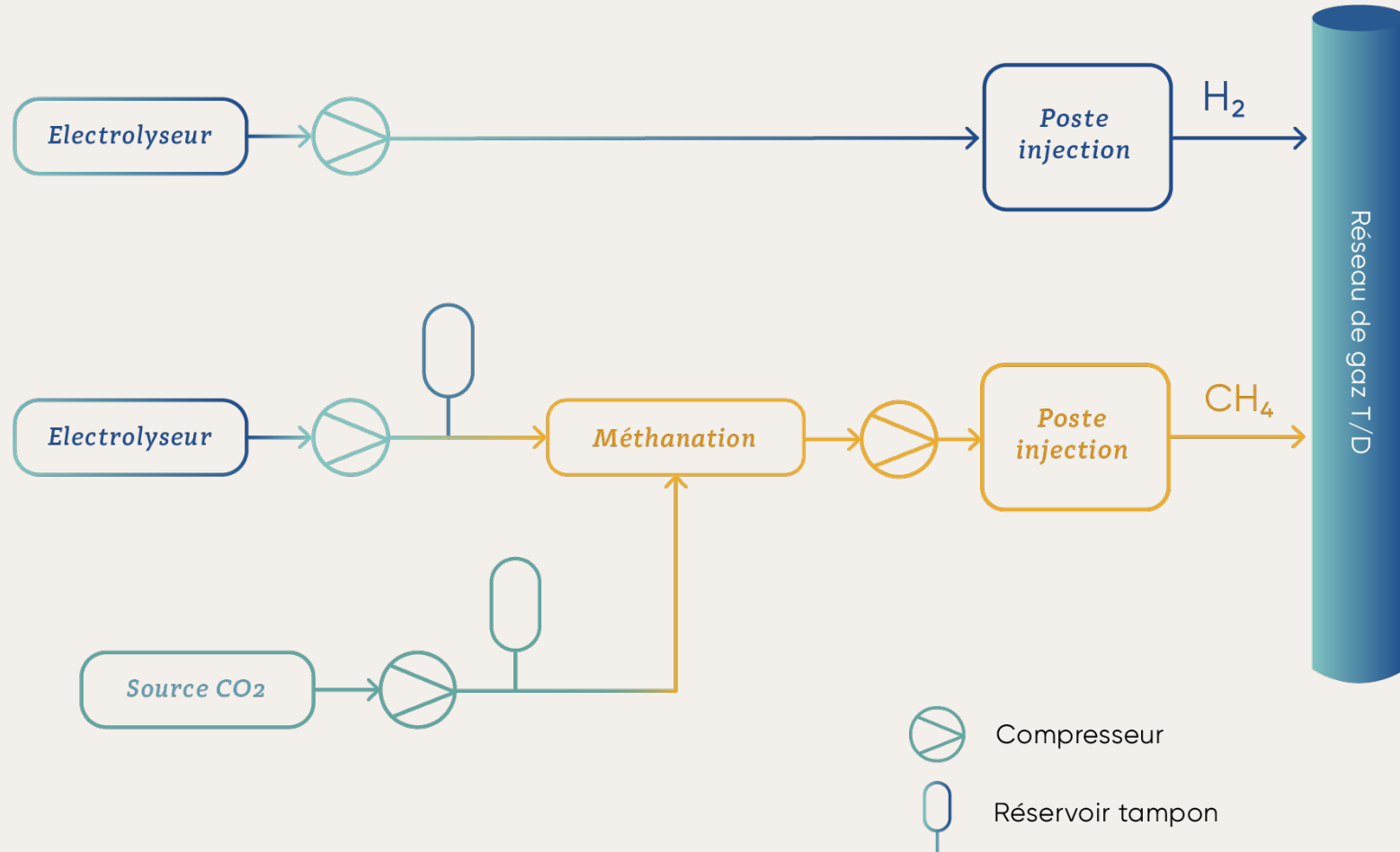


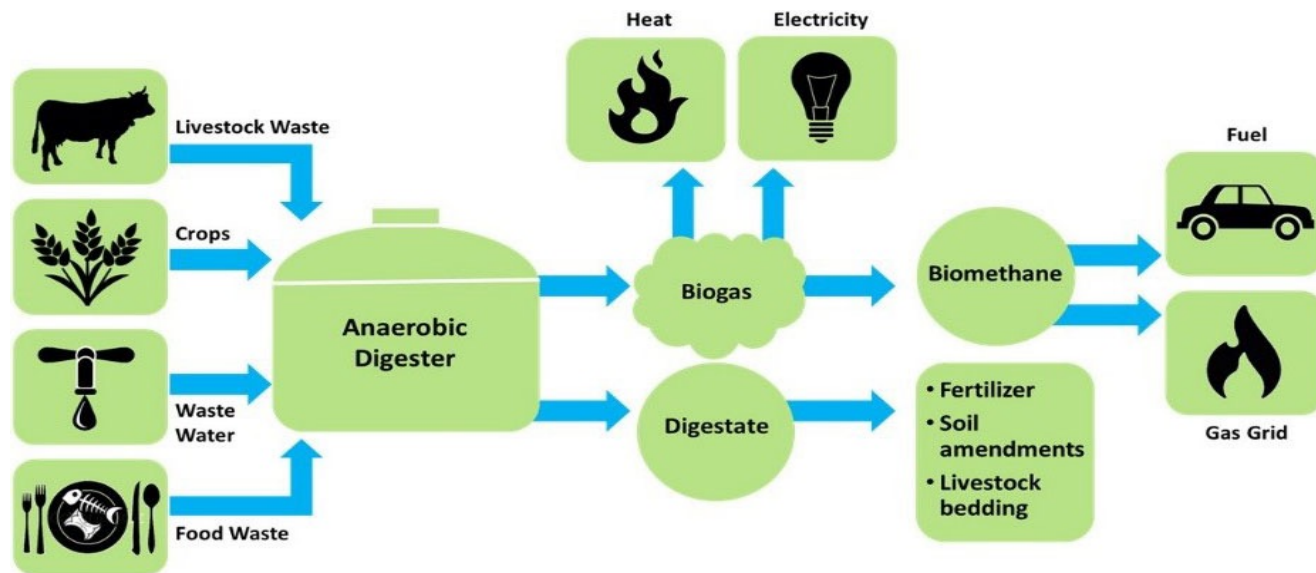
Metan

- Metanacija: reakcija CO_2 in vodika
- Zeleni vodik pomeni zeleni metan
- Varnejše, učinkovitejše hranjenje energije kot vodik
- Nastaja tudi iz biomase in odpadkov s pomočjo anaerobnih reakcij
- Metan je primeren za že izdelane plinovode (prednost pred vodikom)



Metan





Aplikacije

- Shranjevanje, izravnavanje potreb omrežja
 - Sezonsko shranjevanje
 - Nadomestilo izpada energije v omrežju
- Transport
 - CNG, LNG
- Ni konkurenčno električnim vozilom
- Gretje in industrijski procesi
 - Daljinsko ogrevanje
 - Namesto fosilnih goriv v proizvodnji
- Proizvodnja energije
 - Gorivo v plinskih elektrarnah (zmanjšanje emisij)

Priložnosti

- Alternativa vodiku, sklapanje z vodikom
- Prenos po že obstoječih plinovodih – medcelinsko

Izzivi

- Proizvodnja biometana je omejena s surovinami
- Reakcijske izgube pri generaciji vodika in pri generaciji metana
- Metan ne zmanjšuje CO₂, neto računica je min. 0
- Izgradnja dodatne infrastruktura – cena

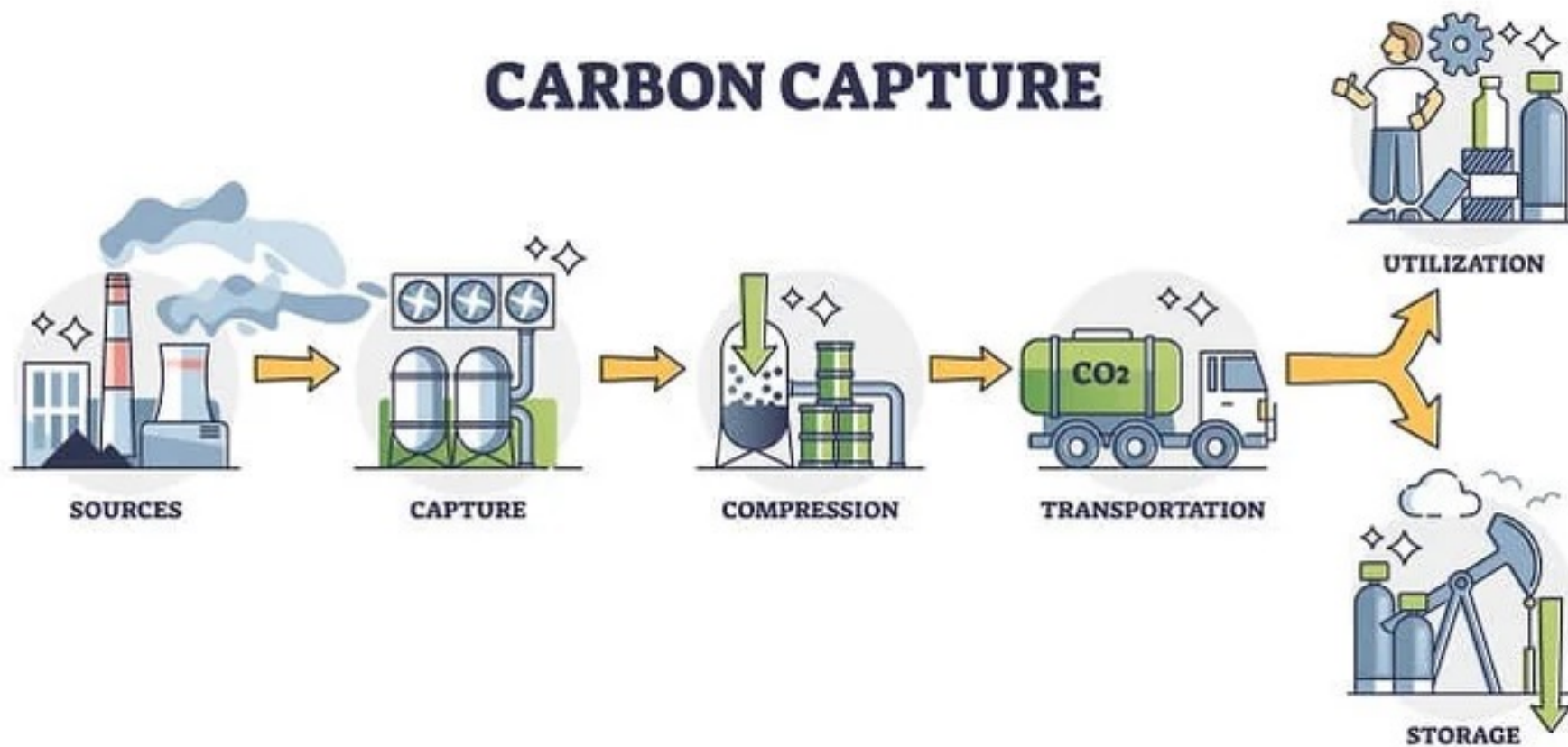


Tehnologije za zajem in shranjevanje CO₂ (CCS)

- Definicija
 - Tehnologije, ki omogočajo vsaj 90 % zajem CO₂ izpustov iz vira onesnaženja (industrijski proces, elektrarne...) in s tem preprečitev izpustov v atmosfero



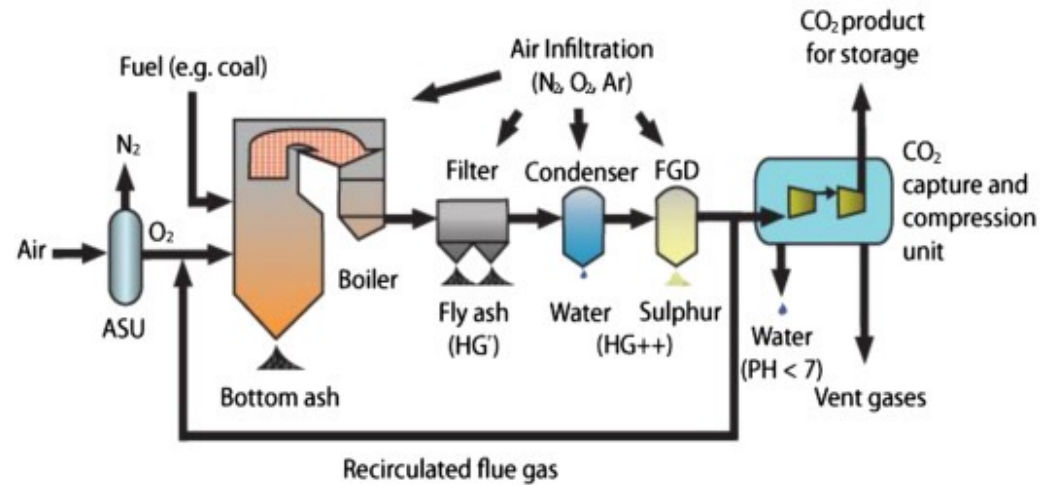
CARBON CAPTURE



Tehnologije

- Zajem po izgorevanju
 - Po sežigu fosilnih goriv v procesih
 - Zajem deluje na osnovi kemijskih spojin (npr.amini) iz izpušnih plinov
 - Tehnološko enostavno aplikacija na obstoječe procese
 - Zahtevna regeneracija topila – visoka cena
- Zajem pred izgorevanjem
 - V procesih, kjer se fosilna goriva še pred izgorevanjem pretvori v CO₂
 - V proizvodnji vodika iz fosilnih goriv
 - Zahtevna implementacija v že obstoječih procesih





Tehnologije

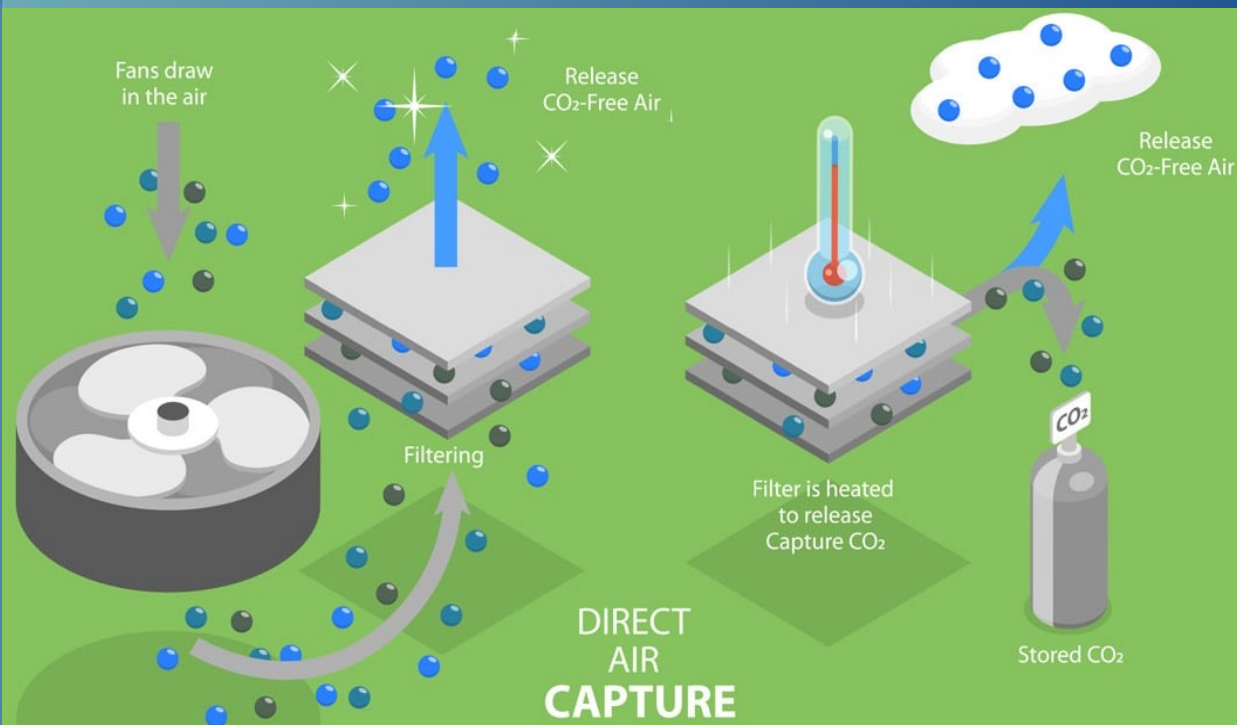
- Izgorevanje v prisotnosti čistega kisika
 - Namesto zraka v industrijskih procesih kisik
 - Gorivo gori pri višjih temperaturah, produkti so čistejši, zajem je lažji
 - RAZMISLEK: Zakaj je v mešanici plinov žveplo?
- Bioenergija s CCS
 - Biomasa med rastjo absorbira CO₂
 - Po izgorevanju se CO₂ shrani – negativen neto rezultat
 - Uporablja v različnih industrijskih procesih
 - Potrebna je velika količina biomase



Tehnologije

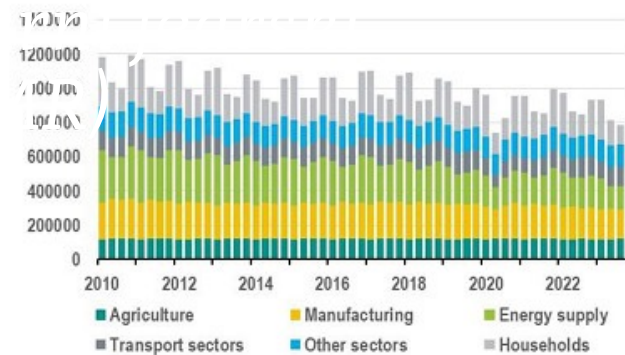
- Neposredni zajem iz zraka (DAC)
 - Kemijski postopki
 - Trdni sorbent
 - MOF tvorijo kemijsko spojino s CO₂
 - Ob visoki temperaturi in/ali tlaku se koncentriran CO₂ izloči
 - Tekoče topilo (alkalna raztopina), ki reagira s CO₂
 - Spojina se segreje in koncentriran CO₂ se shrani, topilo pa regenerira

- State-of-the-Art
- Neto rezultat je negativen (dejansko se CO₂ odstranjuje iz ozračja)
- Visoka cena (250–600 USD/tono zajetega CO₂), energetske potratno



EU GHG emissions by sector

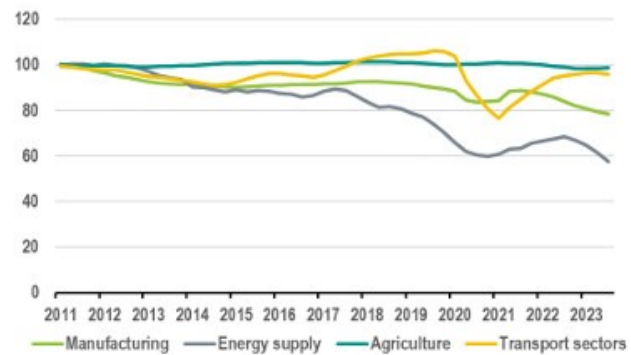
1,000 ton CO₂-eq.



Source: Emissieregistratie, ABN AMRO Group Economics

Trend sectors with highest GHG emissions EU-27

index (2010=100)



Source: Eurostat, ABN AMRO Group Economics

■ Izzivi

- Cena: v povprečju 50-100 USD – odvisno od tehnologije
- Energetsko intenzivni procesi
- Varnost! – shranjevanje plinov

■ Prihodnost

- Scale-up

- 2050: 2 giga t CO₂ letno
- **Industrijski procesi**
 - Proizvodnja jekla
 - Proizvodnja cementa
 - Petrokemikalije
- Podporne sheme
- CO₂ kuponi

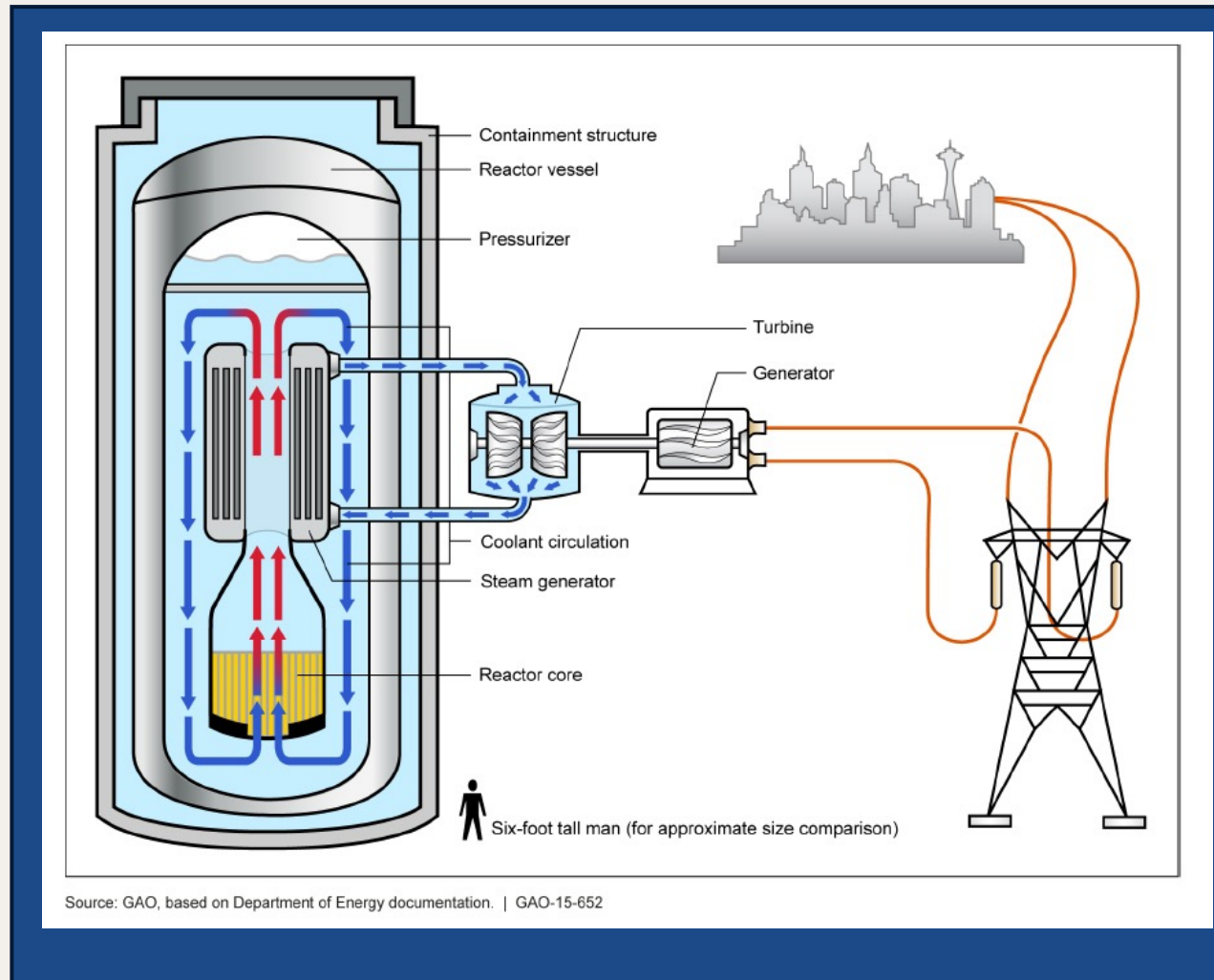


Mali modularni jedrski reaktorji (SMR)

- Nuklearni reaktorji z močjo 300 MW
- Modularna zasnova
 - Lažji transport
 - Hitra namestitev
 - Možnost povečanja s časom
- Tehnologija
 - Vodno hlajeni reaktorji
 - Reaktorji hlajeni s tekočim natrijem (višja temperatura, manj izgub)
 - Reaktorji hlajeni s tekočim svincem ali mešanico svinec, bizmut (višja učinkovitost, izboljšana varnost)



Mali modularni jedrski reaktorji (SMR)



VS velike JE

- Krajši čas postavitve (3-5 let), možnost prilagajanja velikosti
- Varnost – pasivne varnostne komponente, neodvisni od zunanjega omrežja
 - Hladilno sredstvo potuje brez črpalk
 - Hladilno sredstvo nameščeno nad reaktorsko sredico
 - Vgraditev toplotno absorpcijskih materialov
 - Avtomatska regulacija tlaka
 - Izolacijski zasnova – lokalna onesnaženost
- Hladilni sistemi
 - Alternativni sistemi
 - Izboljšana učinkovitost – delovanje pri višji T



Mali modularni jedrski reaktorji (SMR)

- State-of-the-Art
 - NuScale Power Module (ZDA)
 - Vodno hlajenje
 - 60 MW (možno kombiniranje modulov za večjo moč)
 - Terra Power (ZDA)
 - Natrij kot hladilno sredstvo
 - 345 MW (možnost povečanja)
 - Staljena sol kot hranilnik energije – lahko se prilagaja potrebam
 - BREST-OD-300 (RUS)
 - Svinec kot hladilno sredstvo
 - 300 MW
 - Reaktorji s staljeno soljo
 - Gorivo raztopljeno v soljo
 - Sol deluje kot gorivo in hladilno sredstvo
 - Visoke obratovalne T



State-of-the-Art

- NuScale Power Module (ZDA)
 - Vodno hlajenje
 - 60 MW (možno kombiniranje modulov za večjo moč)
- Terra Power (ZDA)
 - Natrij kot hladilno sredstvo
 - 345 MW (možnost povečanja)
 - Staljena sol kot hranilnik energije – lahko se prilagaja potrebam

- BREST-OD-300 (RUS)
 - Svinec kot hladilno sredstvo
 - 300 MW
- Reaktorji s staljeno soljo
 - Gorivo raztopljeno v soljo
 - Sol deluje kot gorivo in hladilno sredstvo
 - Visoke obratovalne T

The next generation of power is here – the Natrium® Reactor and Energy Storage System

Built for the 21st century grid, TerraPower's Natrium technology is one of the fastest and lowest-cost paths to advanced, zero carbon energy.

The Nuclear + Storage Solution

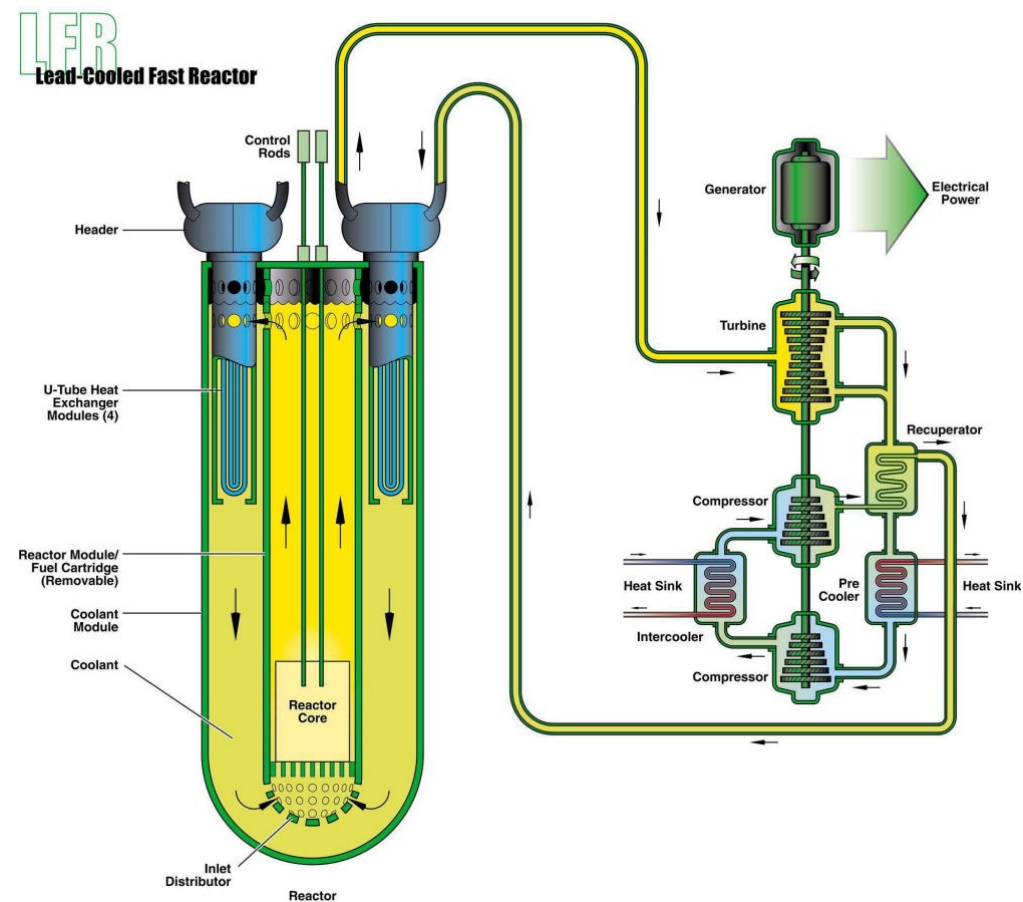
Unlike today's Light Water Reactors (LWR), the Natrium reactor is a **345-megawatt sodium fast reactor** coupled with TerraPower's breakthrough innovation—a molten salt integrated energy storage system, providing **built-in gigawatt-scale energy storage**. The Natrium reactor maintains constant thermal power at all times, maximizing its capacity factor and value. Molten salt energy storage is more resilient, flexible and cost-effective than current grid-scale battery technology.

THE NATRIUM TECHNOLOGY'S ADVANCED DESIGN ENABLES SIMULTANEOUS PRODUCTION OF CARBON-FREE ELECTRICITY, HEAT AND STEAM TO SUPPORT DECARBONIZATION OF POWER AND INDUSTRIAL SECTORS.

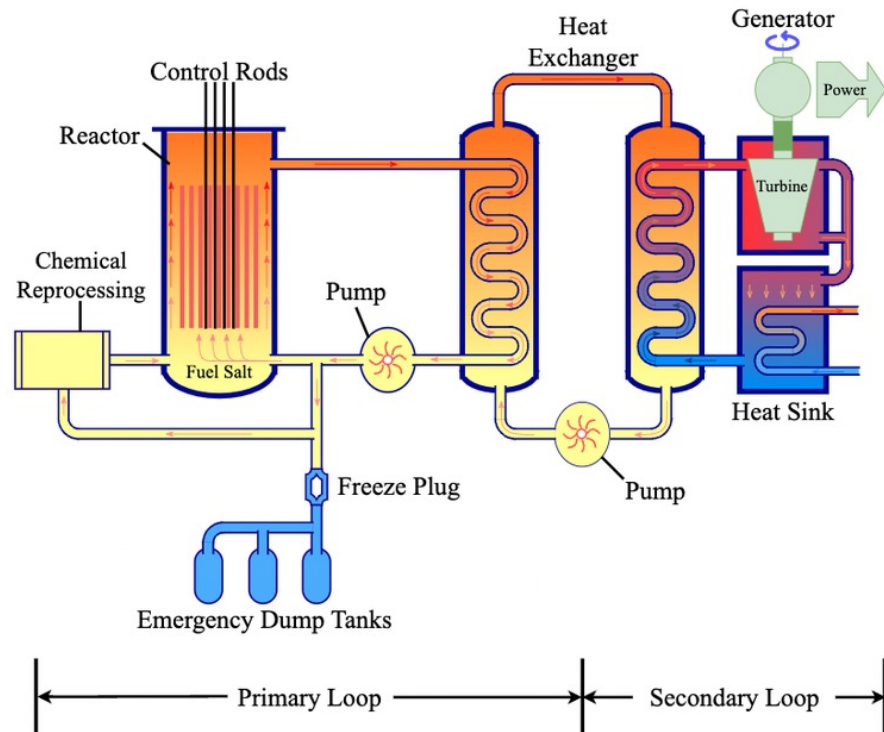


State-of-the-Art

- NuScale Power Module (ZDA)
 - Vodno hlajenje
 - 60 MW (možno kombiniranje modulov za večjo moč)
- Terra Power (ZDA)
 - Natrij kot hladilno sredstvo
 - 345 MW (možnost povečanja)
 - Staljena sol kot hranilnik energije – lahko se prilagaja potrebam
- **BREST-OD-300 (RUS)**
 - **Svinec kot hladilno sredstvo**
 - **300 MW**
- Reaktorji s staljeno soljo
 - Gorivo raztopljeno v soljo
 - Sol deluje kot gorivo in hladilno sredstvo
 - Visoke obratovalne T



State-of-the-Art



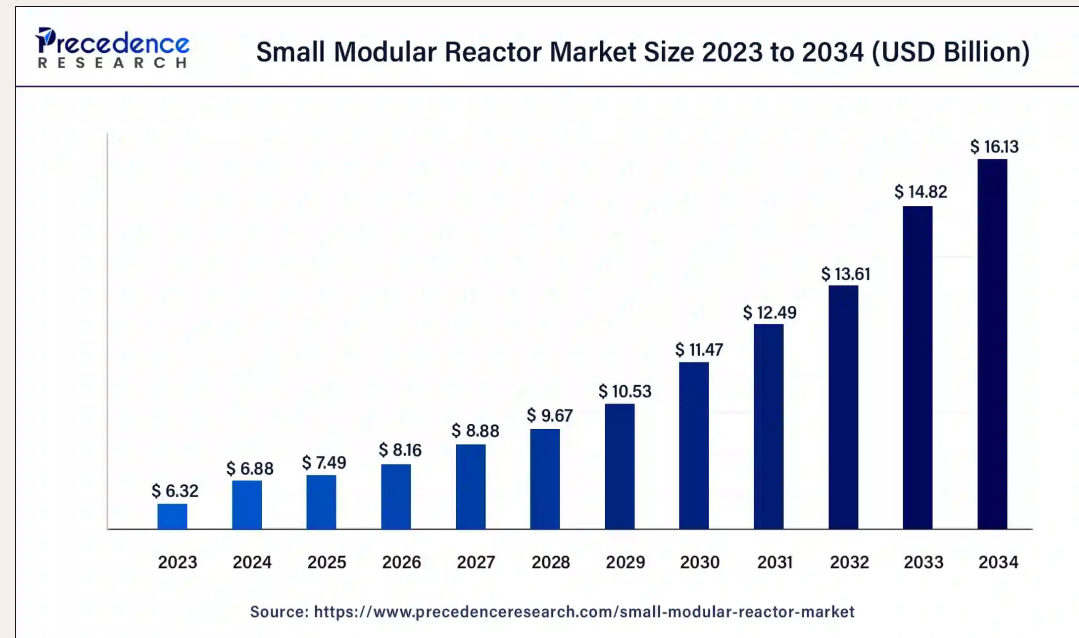
- **NuScale Power Module (ZDA)**
 - Vodno hlajenje
 - 60 MW (možno kombiniranje modulov za večjo moč)
- **Terra Power (ZDA)**
 - Natrij kot hladilno sredstvo
 - 345 MW (možnost povečanja)
 - Staljena sol kot hranilnik energije – lahko se prilagaja potrebam
- **BREST-OD-300 (RUS)**
 - Svinec kot hladilno sredstvo
 - 300 MW
- **Reaktorji s staljeno soljo**
 - Gorivo raztopljeno v soljo
 - Sol deluje kot gorivo in hladilno sredstvo
 - Visoke obratovalne T



Trg

- ZDA, Kanada, Rusija, Kitajska
- ZDA preučuje uporabo v vojaški industriji (napajanje oddaljenih vojaških baz)

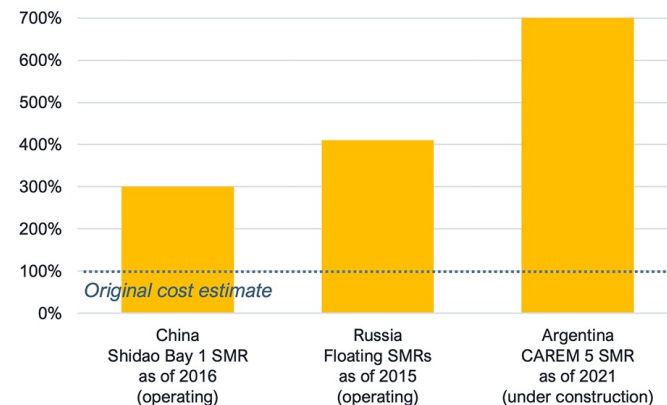
- Primerni za napajanje energijsko intenzivnih podjetij, oddaljenih območij
- Poleg električnega vira tudi toplotni vir



Mali modularni jedrski reaktorji (SMR)

- Izzivi
 - Splošni
 - Visoka cena EE
 - Upravljanje z odpadki
 - Licenciranje in regulatorne ovire
 - Dobavna veriga materialov
 - Tehnološki
 - Korozivnost svinca
 - Gostota (masa) svinca
 - Reaktivnost natrija

Figure 1: Cost Escalation Experienced by SMRs in Operation or Under Construction



Source: IEEFA calculations from data in the 2023 World Nuclear Industry Status Report and Bellona Environmental Foundation.

UAMPS NuScale SMR Target Price of Power



Sources: UAMPS statements; January 3, 2023 Talking Points IEEFA





MIKRO SMR

- 1+MW
 - Napajanje industrijskih con, odmaknjeni predeli, "behind-the-meter solution"
 - Prevoz s tovornjaki
 - Hitra namesititev (nekaj tednov)
 - CAPEX: <100 M EUR
- LAST ENERGY
 - Višina elektrarne: 12 metrov
 - Kapaciteta 20 MW, T=300 °C
 - Hlajenje z zrakom
 - Minimalna potreba vode – geografsko neovirana postavitvev
 - Dobavni rok 24 mesecev
 - PPA prodaja električne energije
 - <https://www.lastenergy.com/technology>



