Geoterminės energetikos ateitis: siekiamybė vs. realybė.

Ilgo intervalo energijos kaupimas žemės gelmėse

2025.03.26. Klaipėda

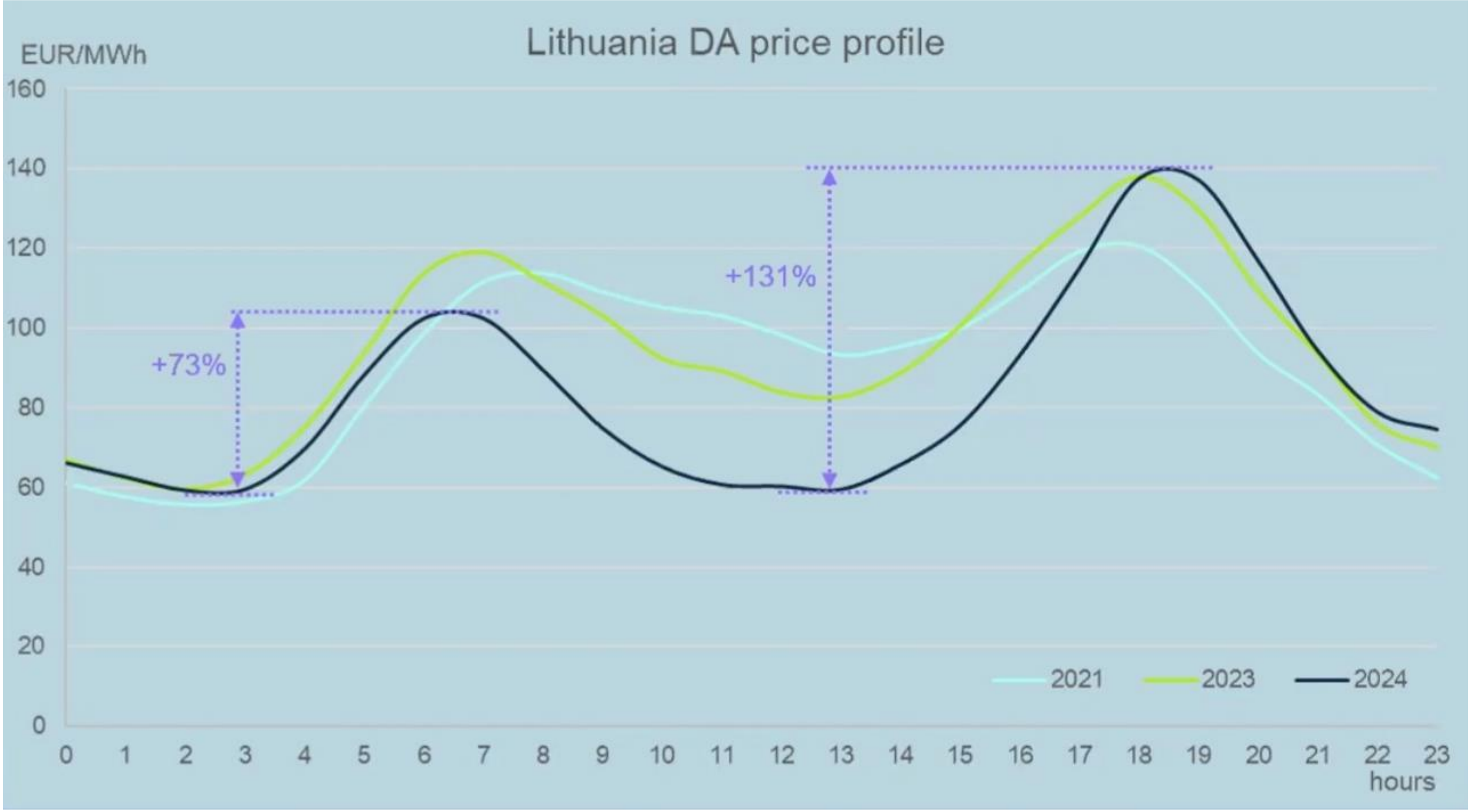
Simonas Valadkevičius
UAB Lavastream
Vilnius, Lietuva

“Gigavatai energijos, nulis emisijų”

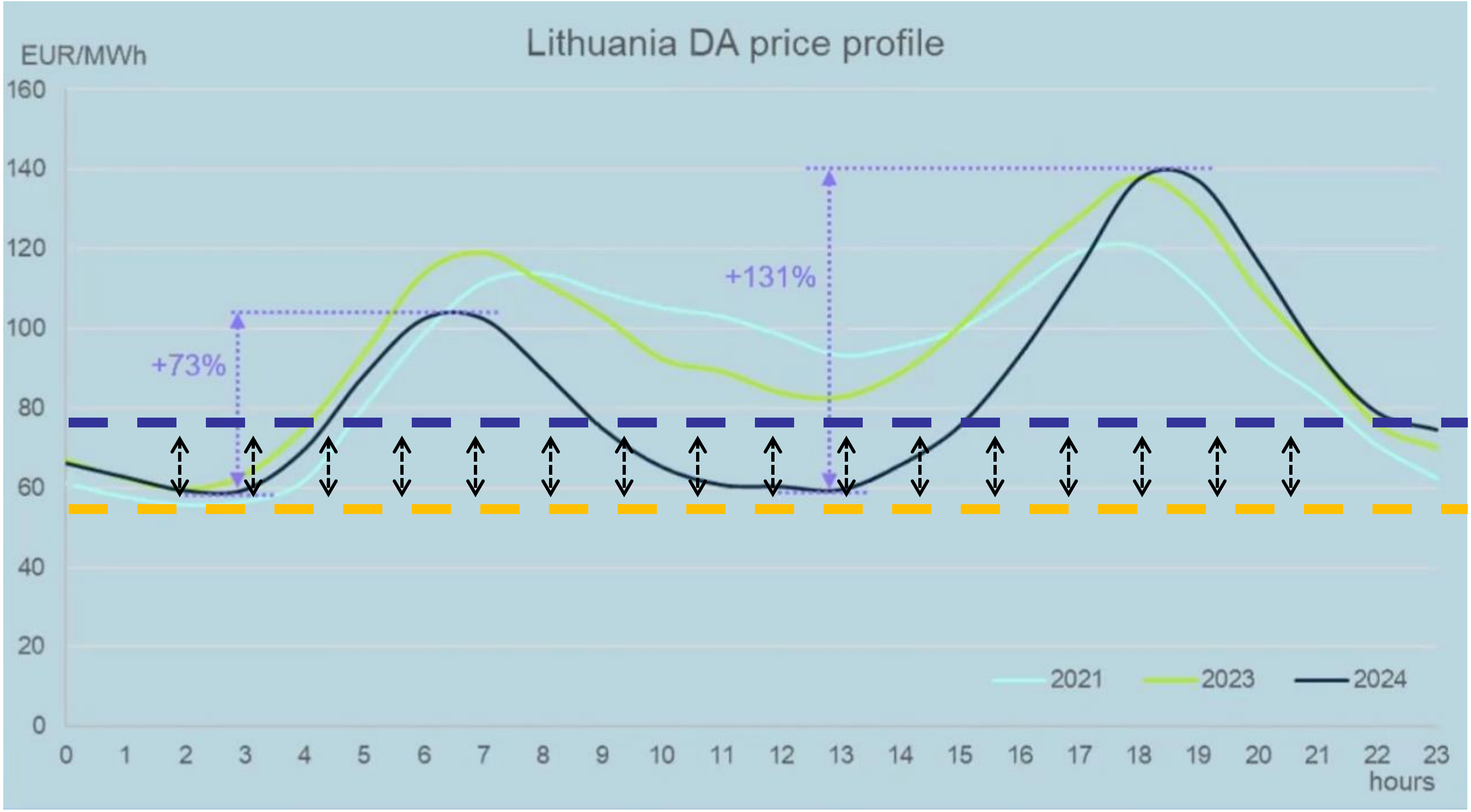
Lavastream verslo kryptys

- Geoterminės energijos gavyba:
  - Šilumai gaminti
  - Elektrai + šilumai gaminti
- **Elektros energijos saugojimas**

Elektros kaina. Realybė.

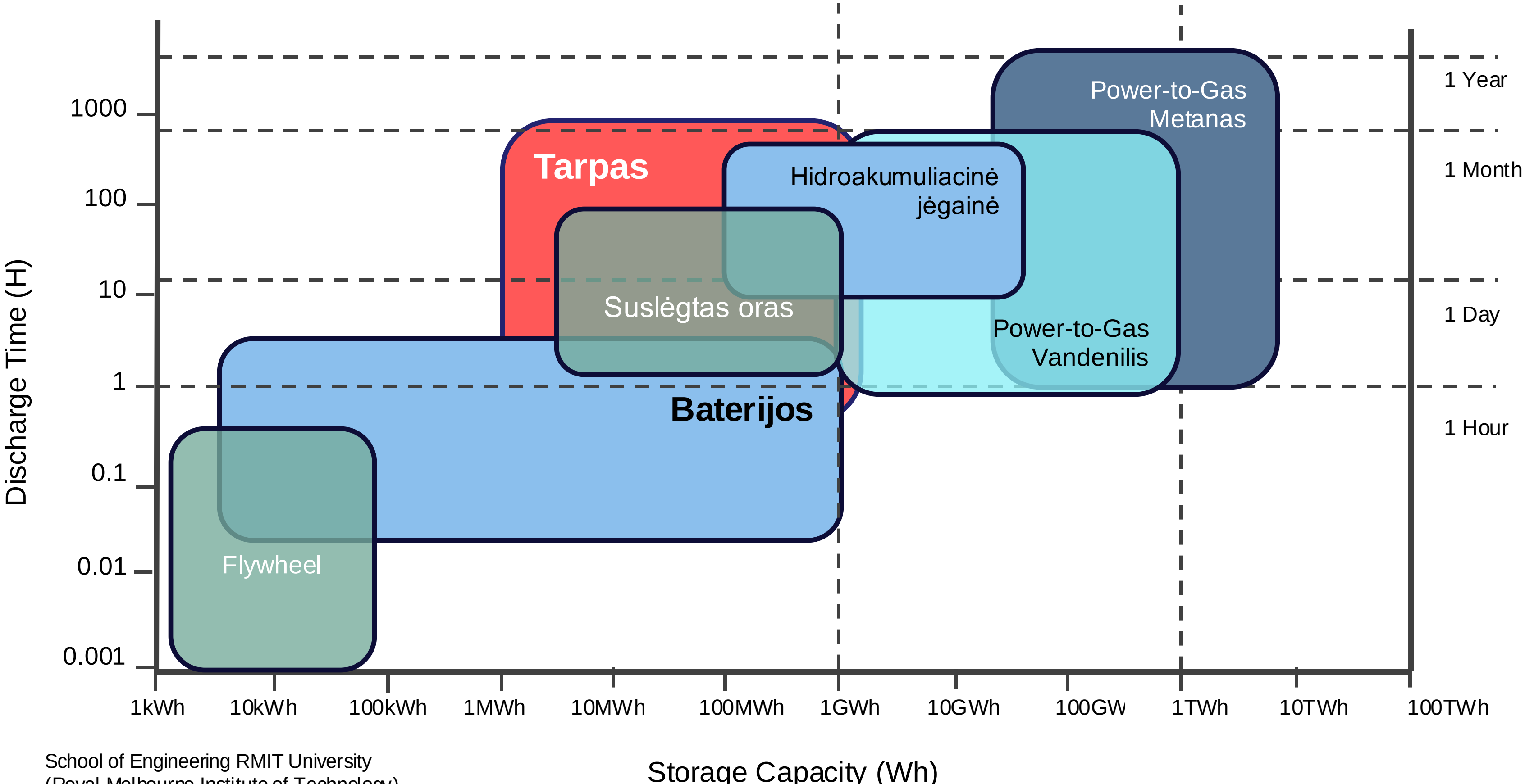


Elektros kaina. Siekiamybė.



Kaip tai pasiekti?

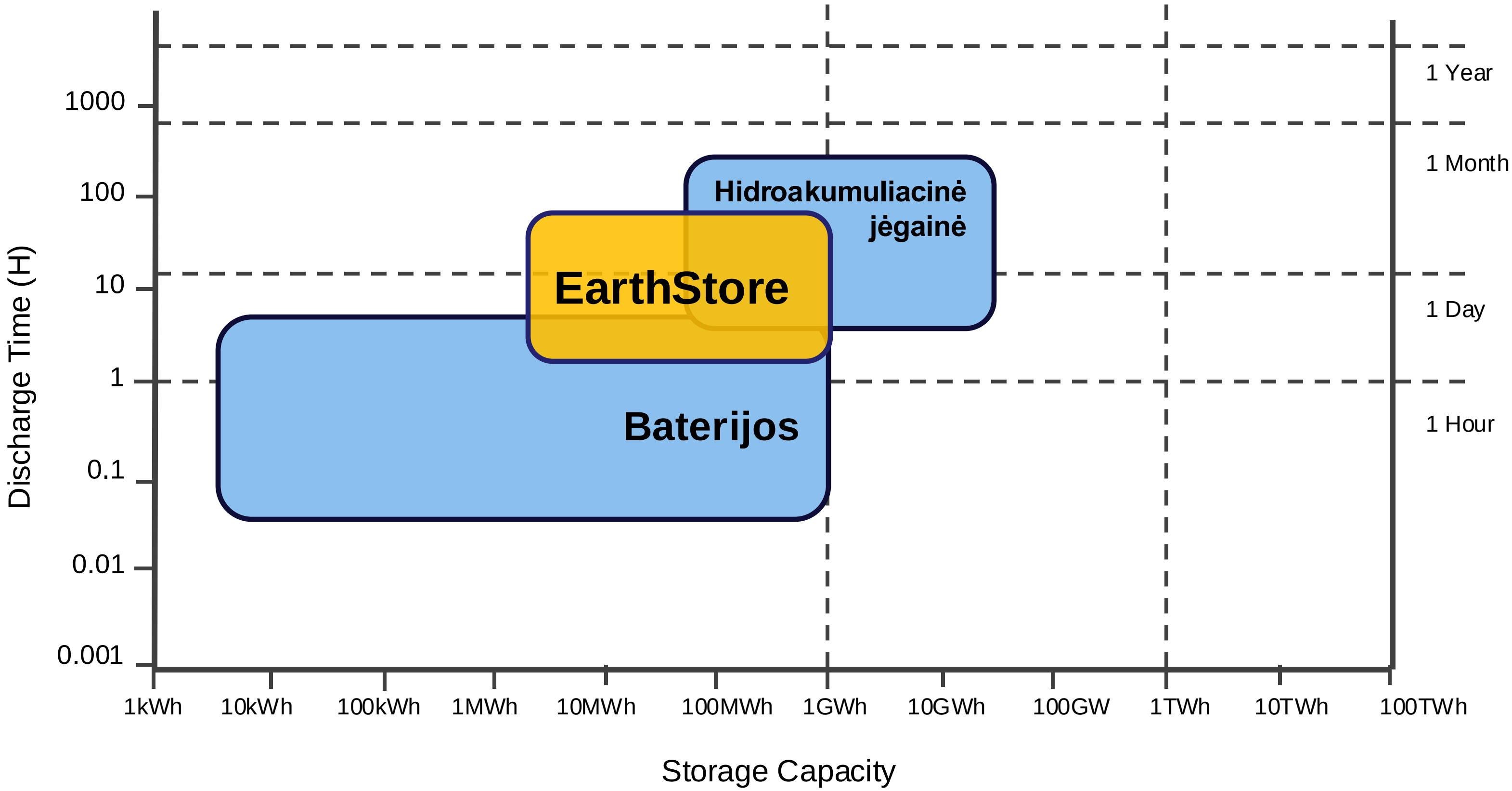
Yra aiškus poreikis sistemai, kuri gali būti manevringesnė nei HAE, bet talpesnė arba dirbti ilgiau negu baterijos, t.y. atliepti tarpą tarp 10 MWh ir 1 GWh.



School of Engineering RMIT University
(Royal Melbourne Institute of Technology)

Kaip tai pasiekti?

- Lavastream partneris – Sage Geosystems išvystė ir įgyvendino technologiją **EarthStore.**
- Tai yra lanksti ir moduliari saugojimo sistema leidžianti vartoti ir generuoti viename cikle tarp 30 MWh ir 1 GWh elektros energijos **minutinei, valandinei, dieninei ar savaitinei** elektros prekybai



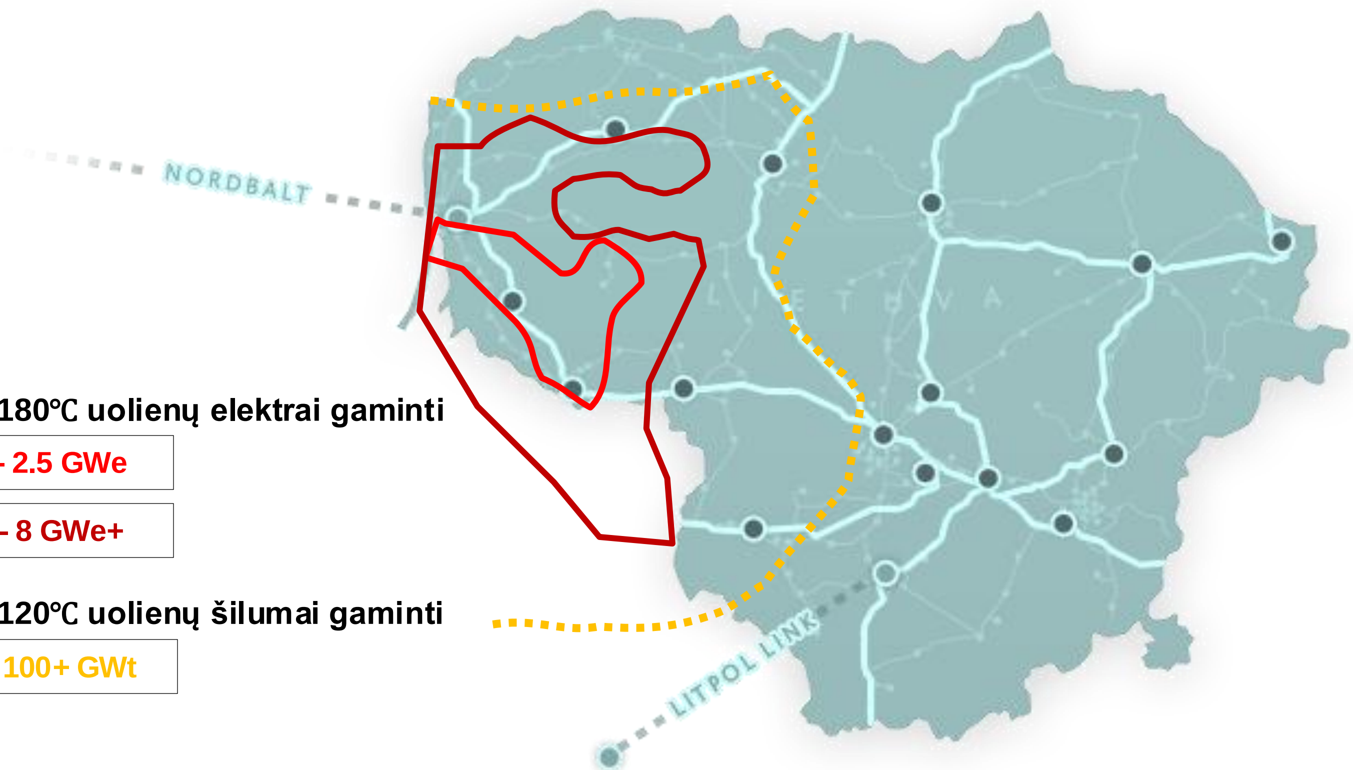
Ateitis po dujų bei biokuro

Vilniaus TV bokštas – 326 m aukštis

Deginti **1,4 milijoną tonų** biomasės yra ekvivalentu 30 metų gaminti elektrą 26MW geoterminėje jėgainėje.

Geoterminė energija Lietuvoje

Lietuvos geoterminės energijos potencialas.



Gylis iki 180℃ uolienų elektrai gaminti

5 km – 2.5 GWe
6 km – 8 GWe+

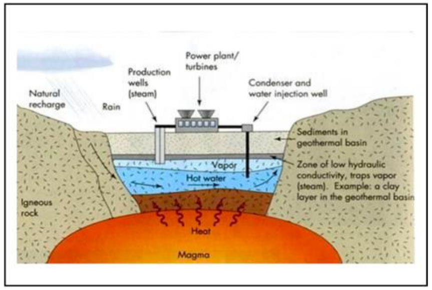
Gylis iki 120℃ uolienų šilumai gaminti

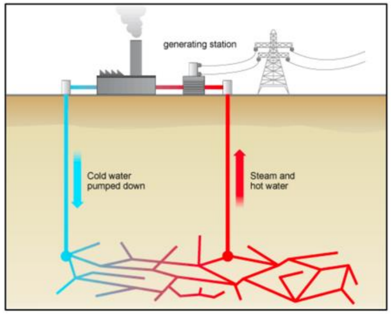
5 km – 100+ GWt

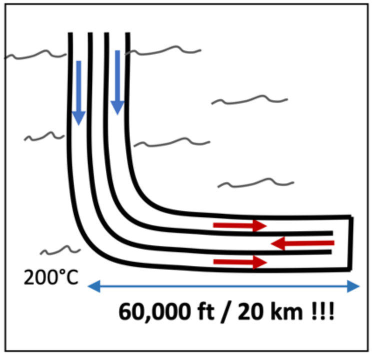
Giliosios geoterminės sistemos

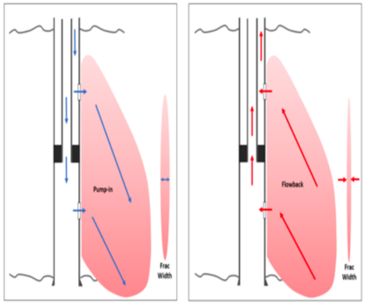
- **Siekiamybė – atrakinti neribotą energiją <u>iš karštų sausų uolienų.</u>**

Tradicinė geotermija	**Karšta sausa uoliena**		
Hidrotermija: Karšto vandens horizontas uolienose, kuris natūraliai teka garais ar vandeniu	**“EGS”: Uolienų ardymas sukuriantis dirbtinį horizontą**	**“Closed-loop”: Vamzdynas sukuriantis radiatoriaus formą**	**Sage Geothermal: „Kelių cilindrų variklis”**
Gamyba ribotose vietovėse, gamyba sunkiai nuspėjama	Plyšiai privalo susijungti tarp kelių gręžinių ir skystis turi pasiskirstyti vienodai.	Reikalauja dešimčių kilometrų vamzdynų ir naujo bei sudėtingo kryptinio gręžimo.	Vertikalūs gręžiniai, plyšys <1km, plyšiai nesusijungia ir skysčiai nepereina.





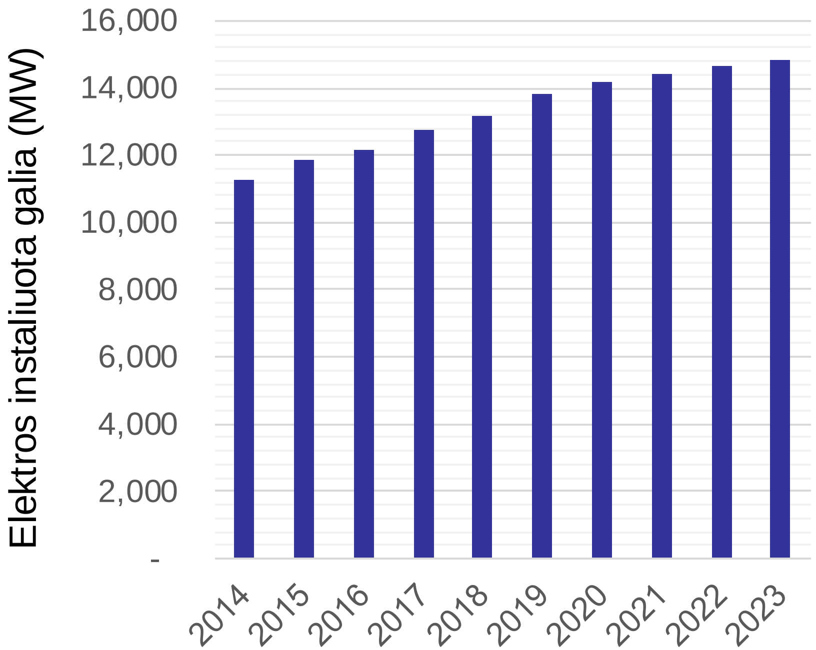




99% dabartinių jėgainių ~16GW

Geoterminė energija šiandien

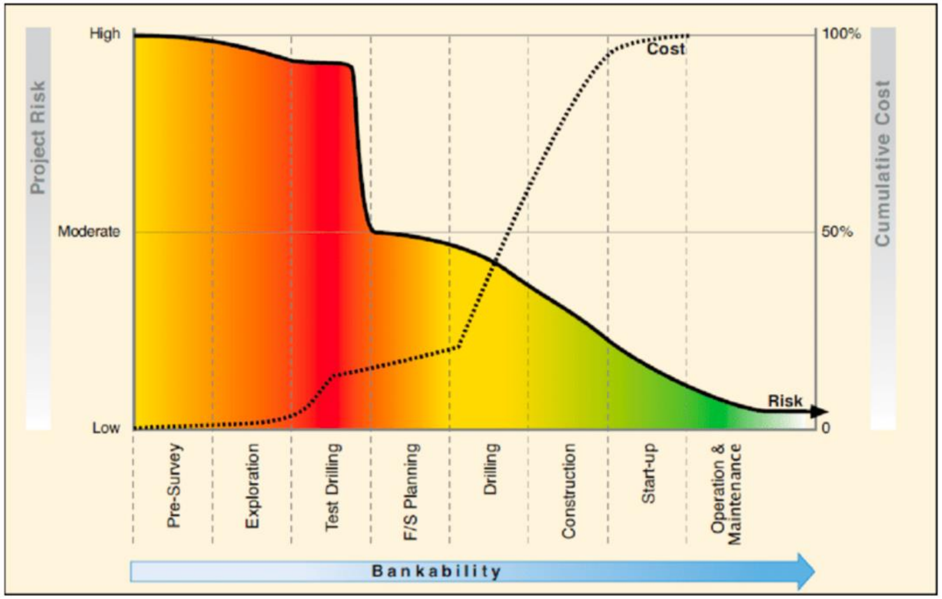
- Tik x1.6 augimas per 10 metų

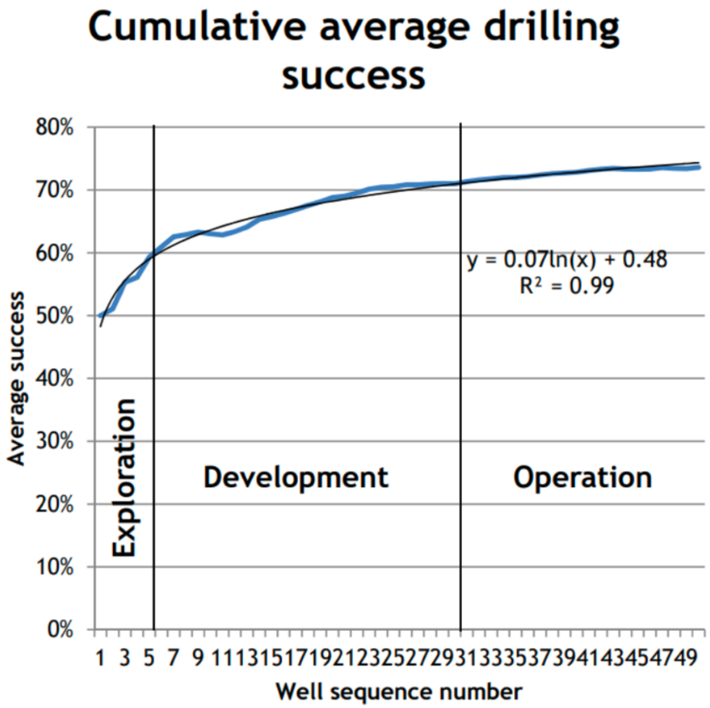


15 GW / 0,4% pasaulinės galios

Teksase bendra instaliuota galia: 130GW

Praeities geoterminiai projektai – aukšta rizika, prasta grąža



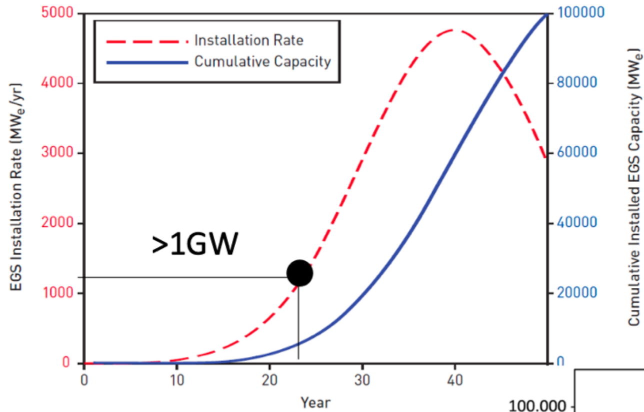


Pagal Pasaulio Banką geoterminių projektų grąža:
Projekto IRR = 8-14%

Aukšta rizika, žema grąža

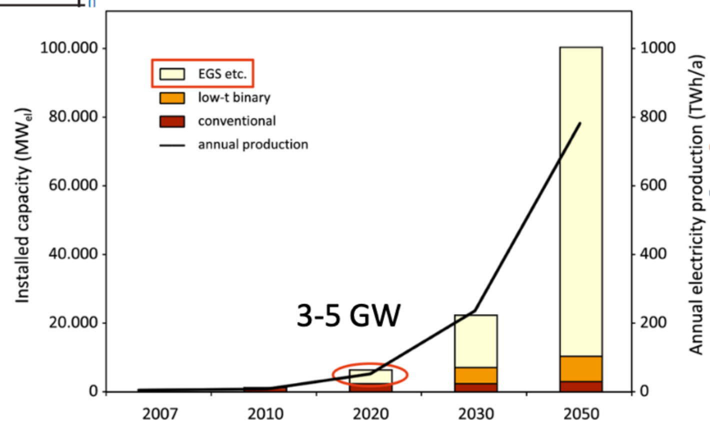
Sėkmei reikia: mažinti riziką, didinti grąžą

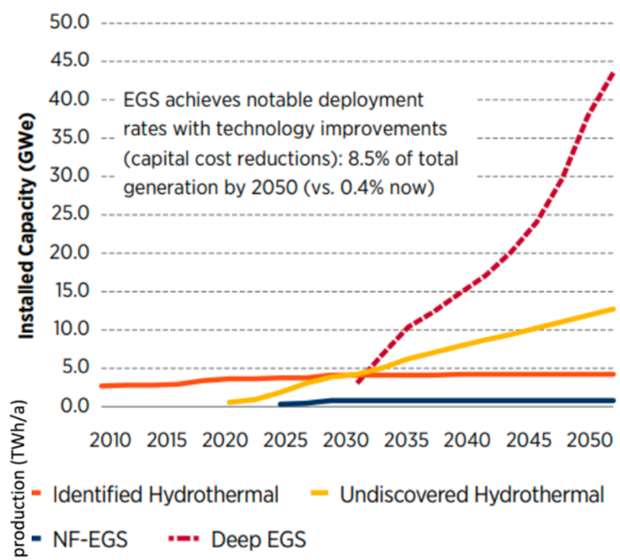
Ko tikėjosi pasaulis?



Vision of European Geothermal Energy Council (EGEC) about geothermal electricity growth until 2050, from EGEC 2012

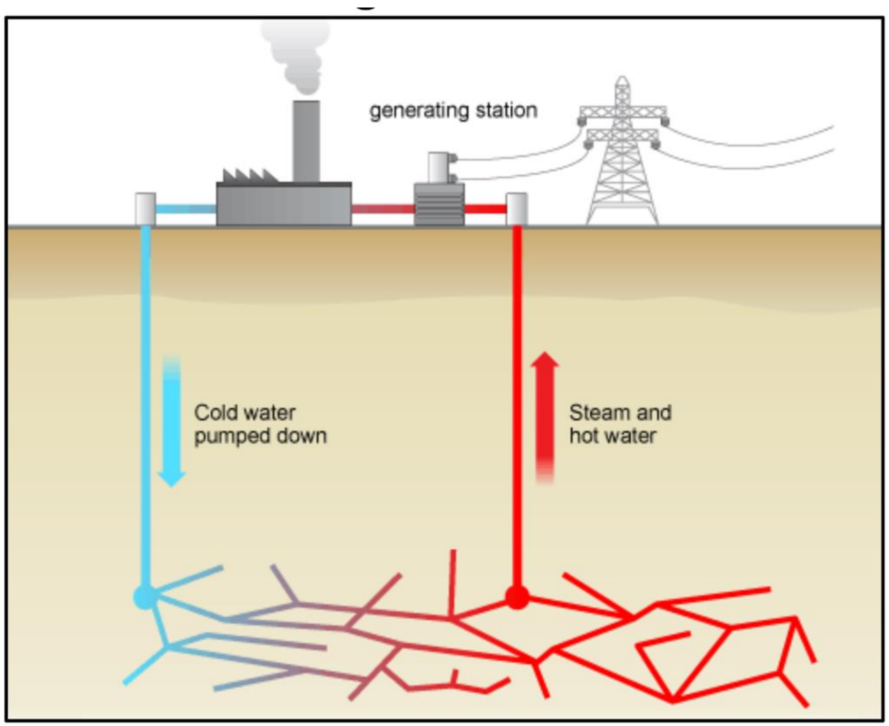
MIT: The Future of Geothermal Energy 2006





DOE: GeoVision: Harnessing the Heat Beneath Our Feet 2019

Tradicinio EGS realybė



1977 - 2025

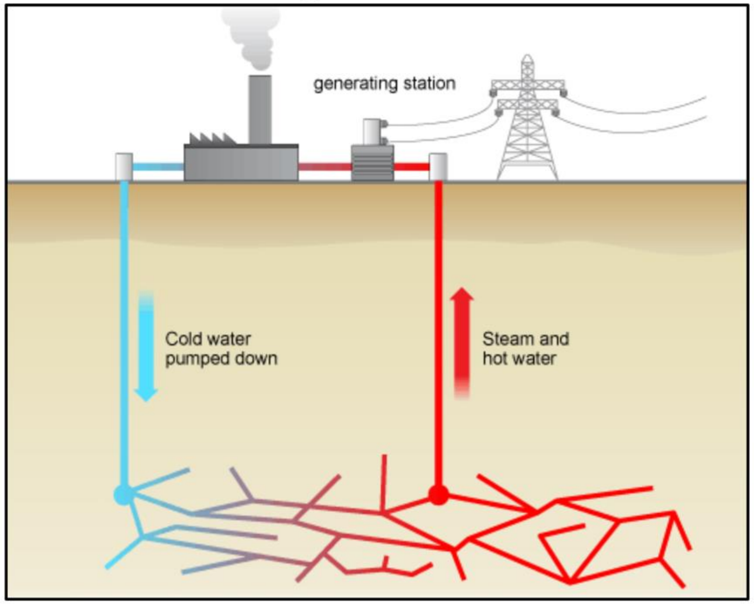
4 neišpręsti iššūkiai:

- Sujungiamumas
- Uolienų laidumas
- Vandens praradimas, trintis
- Seismika

45+ metų – nei vieno komercinio projekto

Pagrindinis išradimas – gręžinio konstrukcija

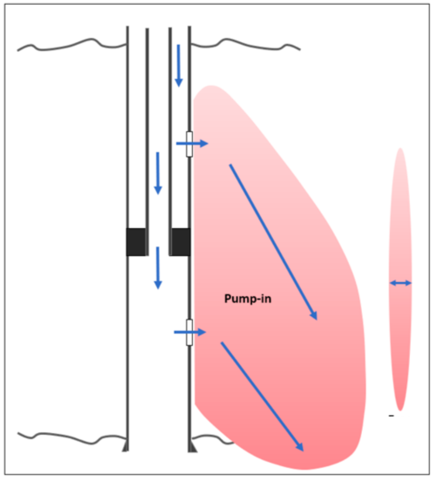
Tradicinės geoterminės sistemos



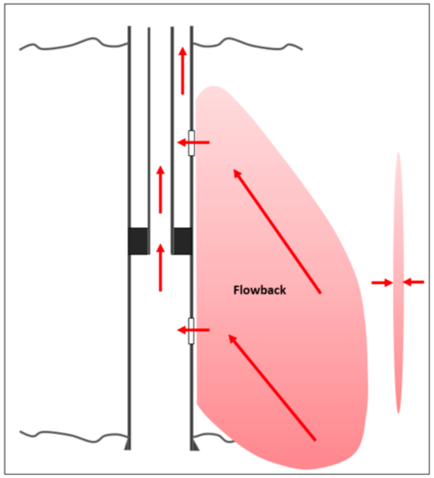
Įvairūs bandymai nuo 1970-ųjų – nei vieno pavykusio komercinio projekto.
Problemos:
- Sujungiamumas tarp gręžinių.
- Uolienų laidumas.
- Vandens praradimas, šilumos nuotėkis.

Sage Geosystems gręžinys

0-8h



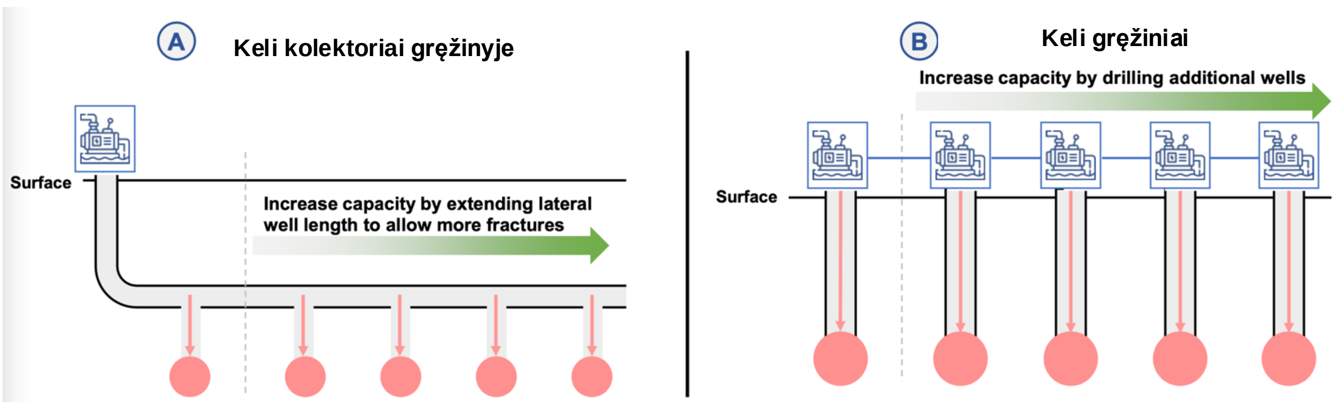
8-24h



Išspręsta:
- ✓ Sujungiamumas
  - ✓ Gręžinio nereikia sujungti su kitais gręžiniais žemės gelmėse.
- ✓ Laidumas
  - ✓ Žemyn nukreiptas plyšys skatina natūralią konvekciją pasiekus gilesnius sluoksnius.
- ✓ Atitikimas
  - ✓ Neprarandamas vanduo, nėra seismikos.

Gręžinių subalansavimas 24/7 energijos gamybai

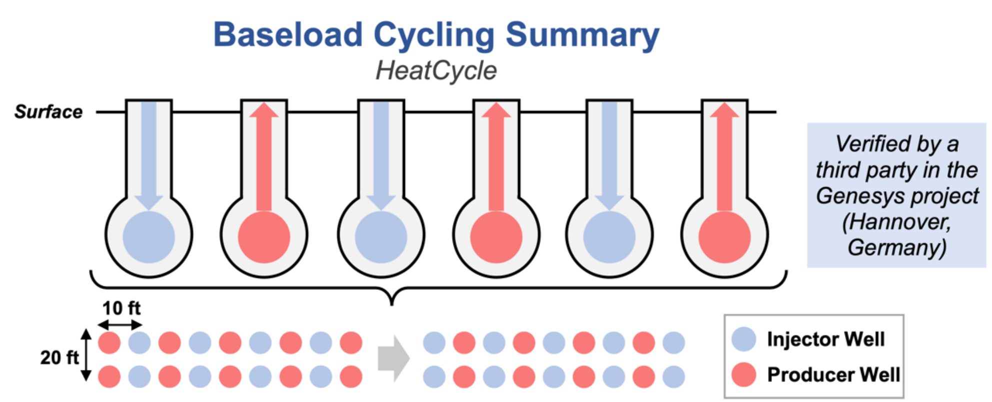
- Gręžiniai kaip cilindrai vidaus degimo variklyje. Vieno gamybos ciklas perdengia kitą.
- **Galima plėsti jėgainę viename sklype būdu A – viename gręžinyje įrengti kelis kolektorius, or B – įrengis kelis gręžinius viename sklype.**



- ✓ Vienas sklypas
- ✓ Vienas prijungimas
- ✓ Micro-grid
- ✓ Moduliarumas

Lanksti jėgainė dirbanti tiek kaip automobilio variklis 24/7.

Tiek kaip kaupiklis, kurios visi gręžiniai dirba sinchroniškai.



Inovacijos rezultatas

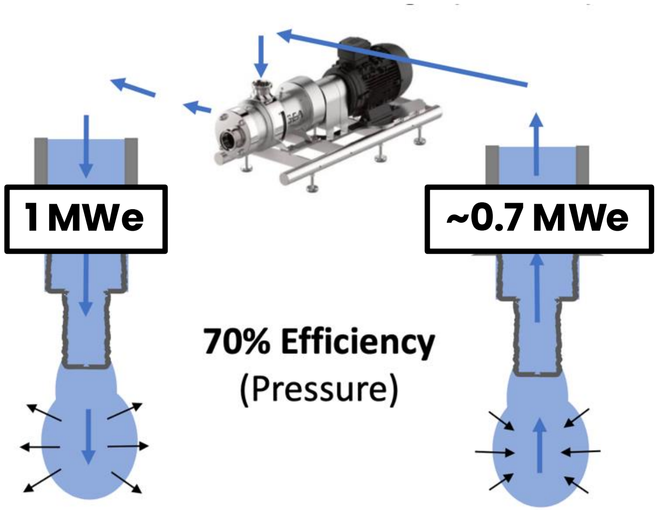
Verslas kai uolienos temperatūra <100℃	Verslas kai uolienos temperatūra >150℃

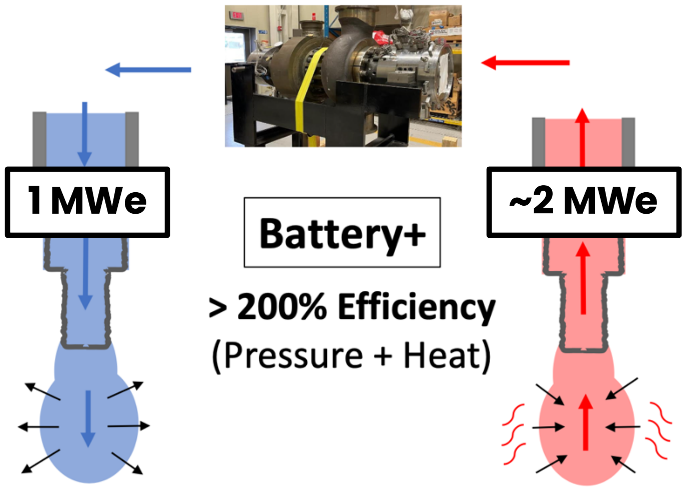
Geologinis kaupiklis

- Valandinis, dieninis, ar net savaitinis kaupiklis.
- Vienas ciklas: gręžinys krauna energiją 8 val., generuoja energiją iki 16 val.
- **Geologinis kaupiklis bet kur.**

Geoterminė jėgainė

- Garantinis 24/7 elektros energijos tiekimas
- Arba – šilumos gamintojas CŠT ar garo gamintojas pramonei.
- Energija be tinklo kritinei infrastruktūrai – telekomunikacijų centram, gynybos infrastruktūrai.

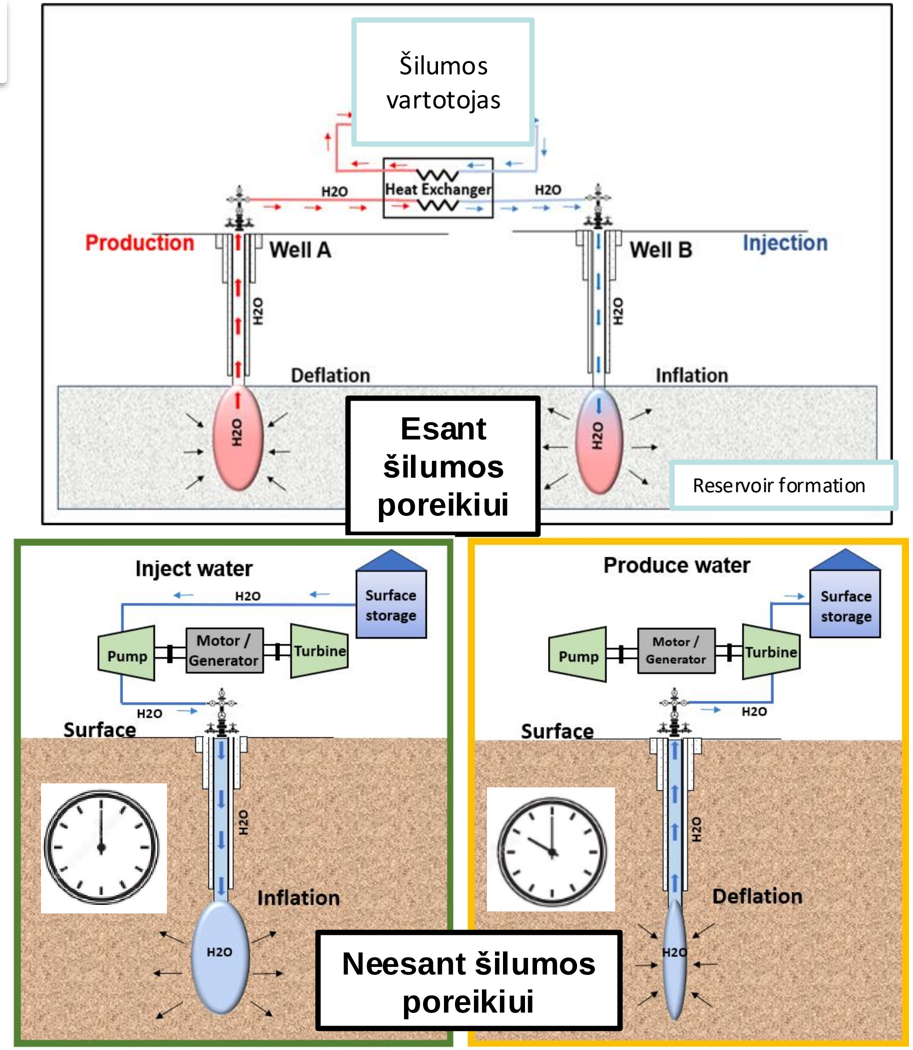




Du gręžiniai – šilumai ir elektrai

Kai žemės gelmės 80℃ <x<120℃

- Lavastream inovacija – sukombinuoti šilumos ir elektros gamybą panaudojant gręžinių porą.
- Pora gręžinių – du verslo modeliai:
  - Esant šilumos poreikiui – **24/7 šilumos energijos gamyba centriniam šilumos tinklui arba pramonei.** Pora gręžinių veikia 12-12 valandų ciklu.
  - Neesant šilumos poreikiui - **geologinis elektros kaupiklis prekybai elektros biržoje ir balansavimo rinkoje.**
- Maksimaliai išnaudojamas jėgainės potencialas, stabilios pajamos nepriklausomai nuo oro sąlygų.
- Šiluma ir Elektra su nuliu emisijų, mažais kintamais kaštais, nuliu logistikos ir nuliu geopolitinių rizikų.

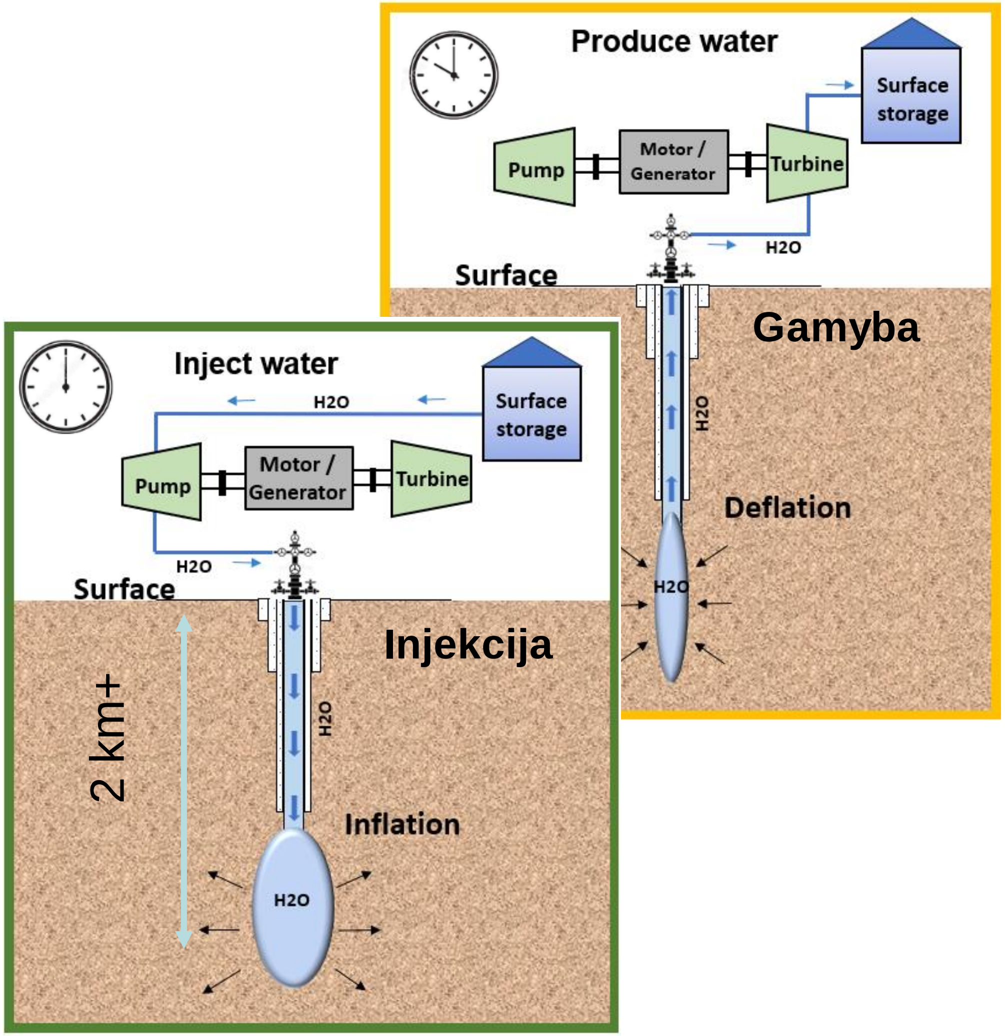


EarthStore – geomechaninis kaupiklis žemės gelmėse

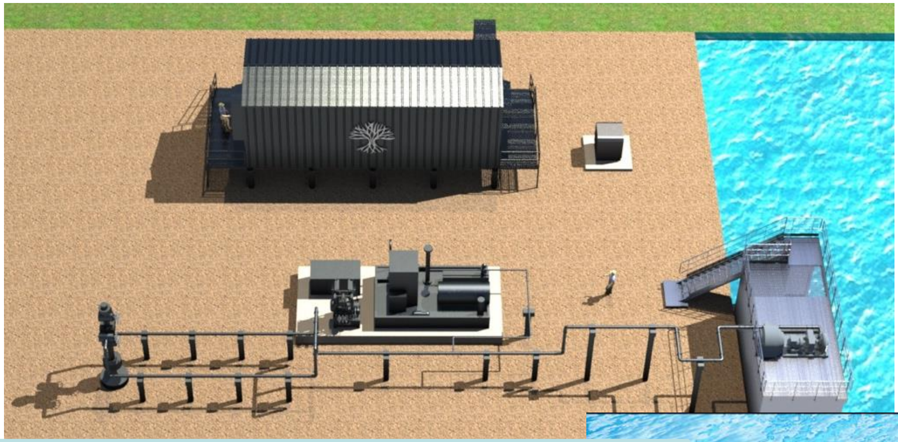
- Pagrindiniai elektros saugojimo principai:
  - Naudojami tie patys gręžiniai su vandens rezervuaru įrengtu nelaidžioje uolienoje.
- Tai leidžia:
  - Slėgti vandenį į uolieną kai elektros kaina biržoje žema (0-12 valandų per parą) arba tiesiai iš saulės ar vėjo jėgainės.
  - Išlaikyti slėgį uolienoje reikiamą laiką.
  - Išleisti slėgį kai elektra rinkoje pabrangsta (0-16 valandų per parą).

Ciklo pavyzdys:

Vandens srautas	= 45 bpm (120 l/s)
Slėgis paviršiuje	= 4,000 psi (276 bar)
Bruto galia	**= 3.3 MW**
Turbinos našumas	= 90%,
Netto galia	**= 2.96 MW**
Gamybos laikas	= 4 hours
Pagaminta energija	**= 11.84 MWh**
Jėgainės našumas	*= 70%*
Suvartota energija	**= 16.91 MWh**



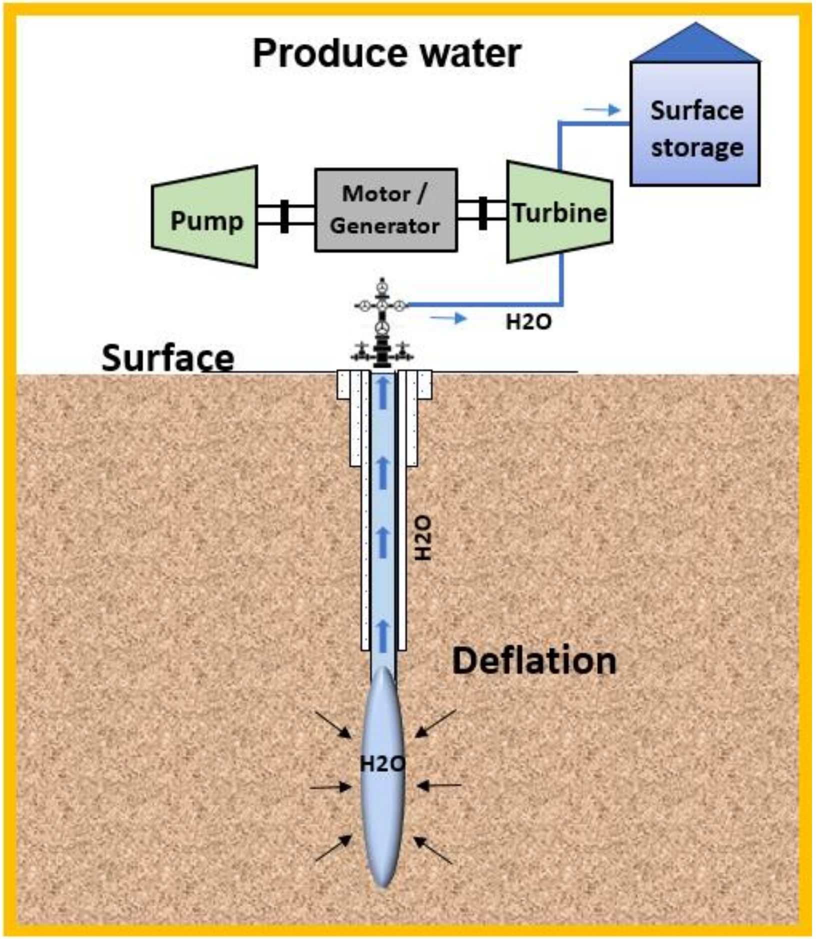
Jėgainės vizualizacija



Vieno gręžinio Sistema (3-4 MW_e, 30-50MWh)

Dešimties gręžinių Sistema (30-50 MW_e, 100-1200 MWh)

Ekonomika - EarthStore



Sage's EarthStore

	Power (MW)	Cost per MW	Total CAPEX Thousand USD
Well to 10,000 ft	3	n/a	$ 3,500
Pumps	3	$ 750	$ 2,250
Turbine	3	$ 500	$ 1,500
EPC	3	$ 500	$ 1,500
			$ 8,750.00
		CAPEX/kW	**$ 2,917**
		Duration (hours)	**CAPEX $/kWh**
		10	**$ 291.67**

PRE-SCALE
$2.5-3.5 Mio per MW
(Any duration)

LCOS = $0.03-0.04/kWh

>50MW SCALE
$2.0-2.7 Mio per MW
(Any duration)

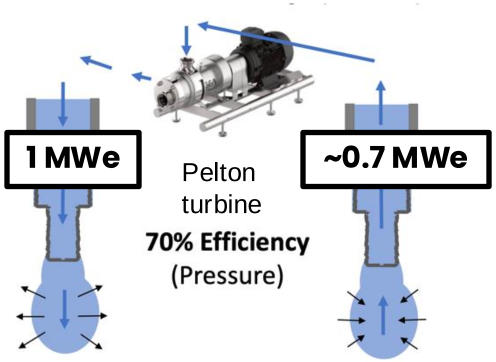
LCOS = $0.02-0.03/kWh

200 MW mąstas: Saulė + EarthStore = 24/7 gamyba

Saulė

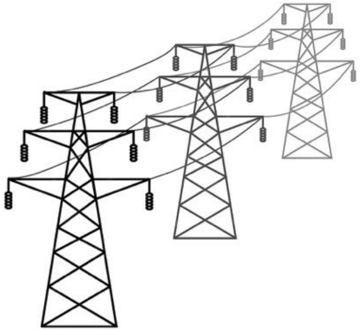
+

EarthStore



=

24/7 gamyba



- Saulės jėgainė = 200MW tiesioginiam pardavimui 8h per dieną (1.6 GWh/dieną)
- **Papildomai įrengta** 600MW gamybai ir saugojimui 8h (4.8 GWh/day)

- **EarthStore = 200 MW** generuoja kasdien **16h kai nešviečia saulė** (3.2 GWh/dieną)

- **24/7 gamyba. 24h pardavimai** 200 MWe galios (1.6+3.2=4.8 GWh/dieną)

+ kai kuriose vietovėse galime išgauti šilumą 60-95C

200 MW mąstas. Saulė + EarthStore Economics

Plant Power (MW)	**200**		
RTE	**0.7**		
	7 hours Solar	8 hours Solar	9 hours Solar
EarthStore Injection Duration	7	8	9
EarthStore Production Duration	**17**	**16**	**15**
Solar LCOE ($/kWh)	€ 0.019	€ 0.017	€ 0.016
EarthStore LCOE (€/kWh)	€ 0.068	€ 0.067	€ 0.064
Blended LCOE (€/kWh)	**€ 0.054**	**€ 0.050**	**€ 0.046**
Blended LCOE (€/MWh)	**€ 54.060**	**€ 50.070**	**€ 45.830**

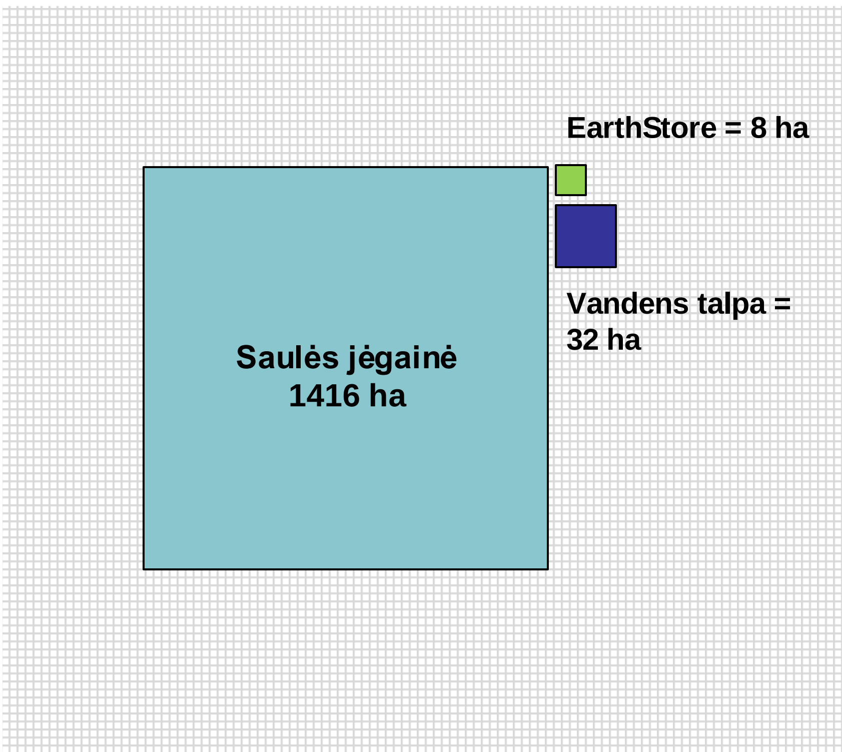
Prielaidos:

- Be subsidijų
- Saulės energijos kainа ~0.02 EUR/kWh

Plant Power (MW)		**200**
RTE		**0.7**
Injection duration (hours)		**8**
Production duration (hours)		**16**
EarthStore CAPEX	**€**	**681,065,866.67**
EarthStore CAPEX per MW	**€**	**3,405,329.33**
Surface	€	378,700,000.00
Subsurface (wells)	€	170,546,666.67
Other	€	131,819,200.00
Solar CAPEX	**€**	**120,000,000.00**
Solar CAPEX per MW	**€**	**600,000.00**
Additional Solar CAPEX	€	342,857,142.86
Total System CAPEX	**€**	**1,143,923,009.52**
Total System CAPEX per MW	**€**	**5,719,615.05**

200 MW mąstas. Saulė + EarthStore žemės poreikis

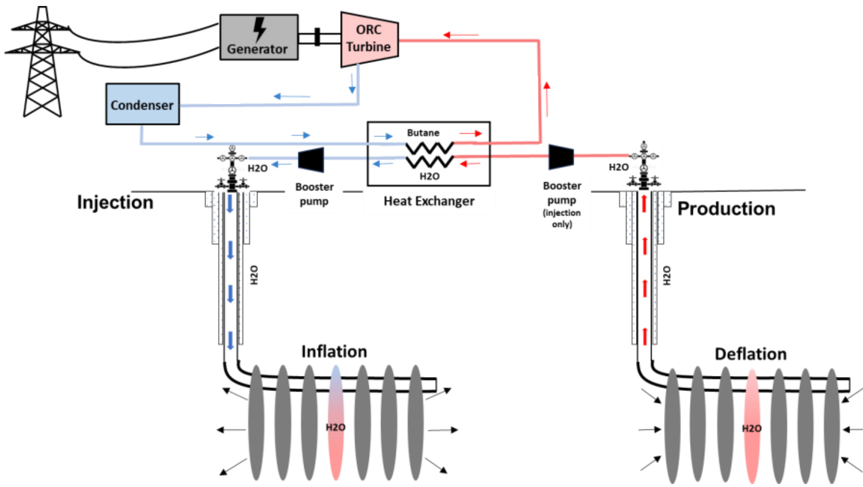
200 MW (4.8 GWh/diena)
24/7 gamybai



- Žemės poreikis ha/MW:
  - Saulės jėgainė = 1.62 ha/MW
  - EarthStore = 0.04 ha/MW
  - Vandens talpa* = 0.08 ha/MW

*Įmanoma optimizuoti statant uždaras vertikalias talpas.

Ekonomika – Battery+



	Number of Wells	Cost per well	Total Subsurface Capex
Wells to 18,000 ft	2	$ 8,000	**$ 16,000**
	Power (MW)	Cost per kW	Total Surface CAPEX
ORC	4.5	$ 2,500	$ 11,250
EPC	4.5	$ 1,250	$ 5,625
Misc	4.5	$ 1,000	$ 4,500
			$ 37,375.00
		CAPEX/kW	**$ 8,306**

$7-9mln per MW

- ***Sage can deliver today***
- ***One-off well efficiency***

$5-6mln per MW

- ***Design standardization***
- ***Multi-well pad drilling***
- ***Supply chain leverage***
- ***10-50MW scale***

$3-4mln per MW

- ***Technology development***
- ***Manufacturing mode***
- ***> 100MW scale***

PRE-SCALE
$7-9 Mio per MW

LCOE w/ ORC = $0.08-0.09/kWh

>100MW SCALE
$3-4 Mio per MW

LCOE w/ sCO2 = $0.04-0.05/kWh

sCO2 ciklas

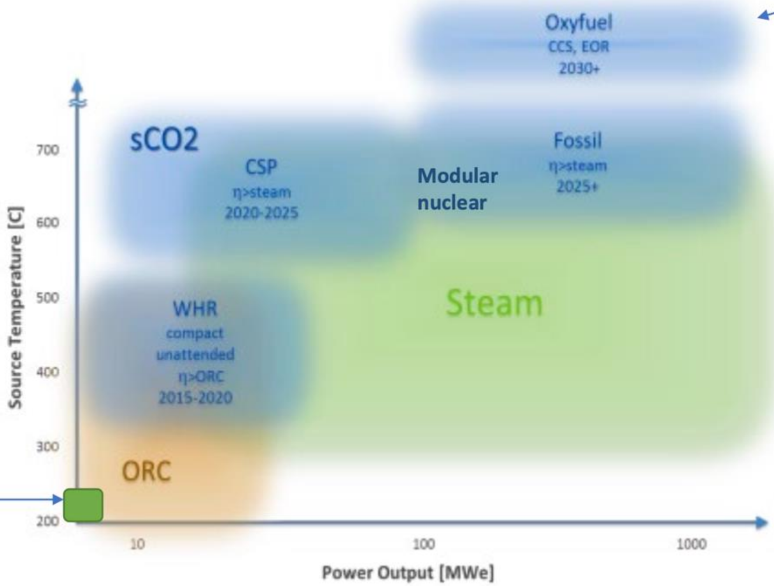
Sage patentuotas sCO2 turbinos dizainas.
Pademonstruota 3 MW gamybos galia. Sėkmingi testai tikroje aplinkoje (TRL6)

Tikslai:
- 50x mažesnė
- 100x mažiau tūrio
- 10x pigesnė
- Didesnis efektyvumas

sCO2 pritaikymo žemėlapis

DOE STEP program

Geothermal
Sage



NETPower (Allam Cycle)
8Rivers, OXY, Baker,
Rice SPAC

Geothermal, waste heat recovery, nuclear, and concentrated solar power, and power generation are all relevant for the sCO2 cycles and machinery

Simonas Valadkevičius
+370 6123 0800
sv@lavastream.energy