



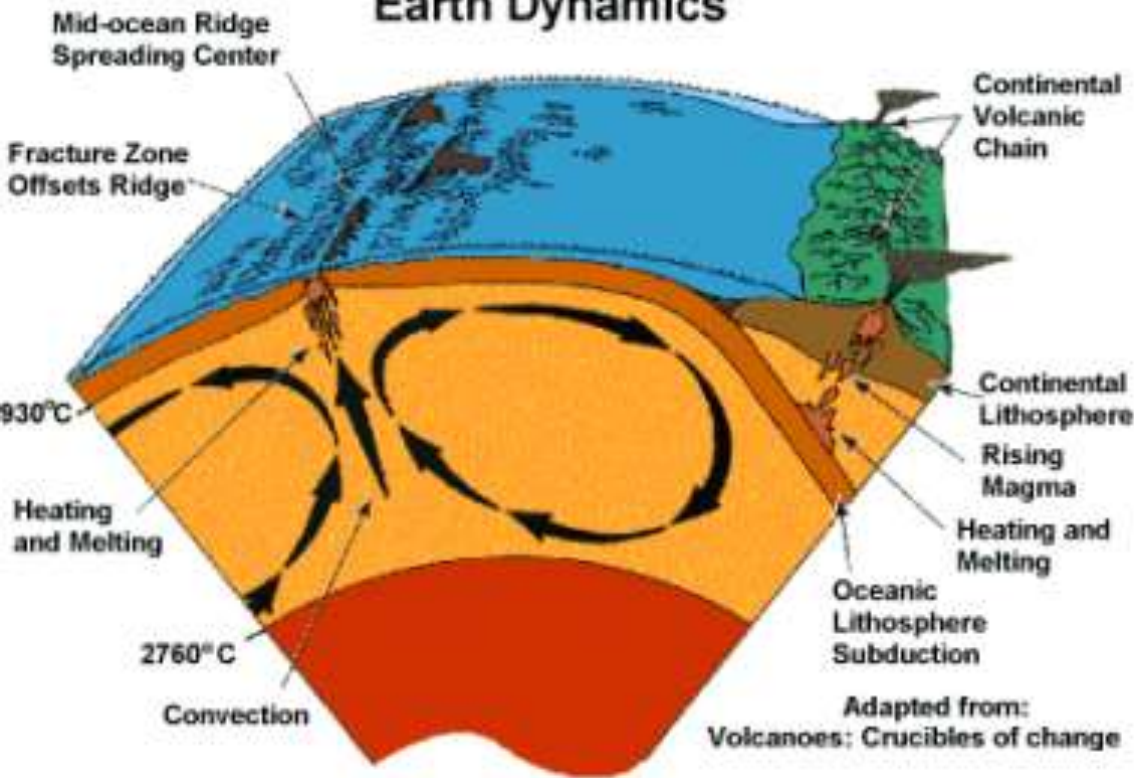
Vilnius - 2011.11.25



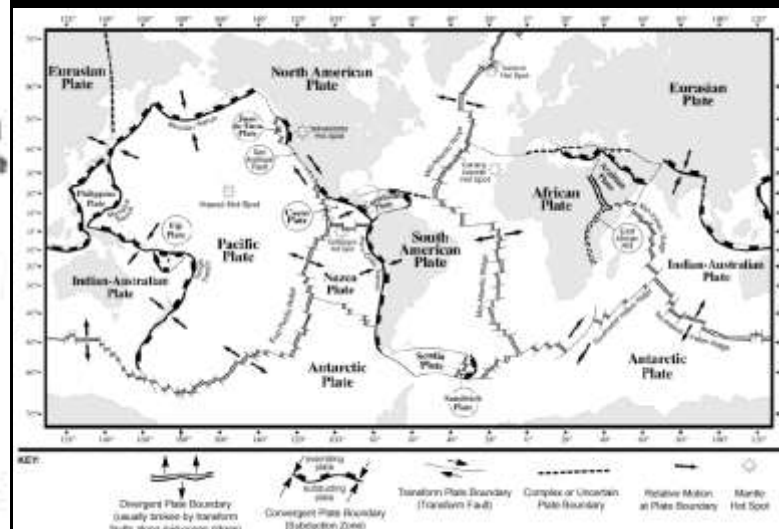
Saulius Šliaupa
Gamtos tyrimų centras

Lietuvos geoterminis potencialas – geologinės prielaidos

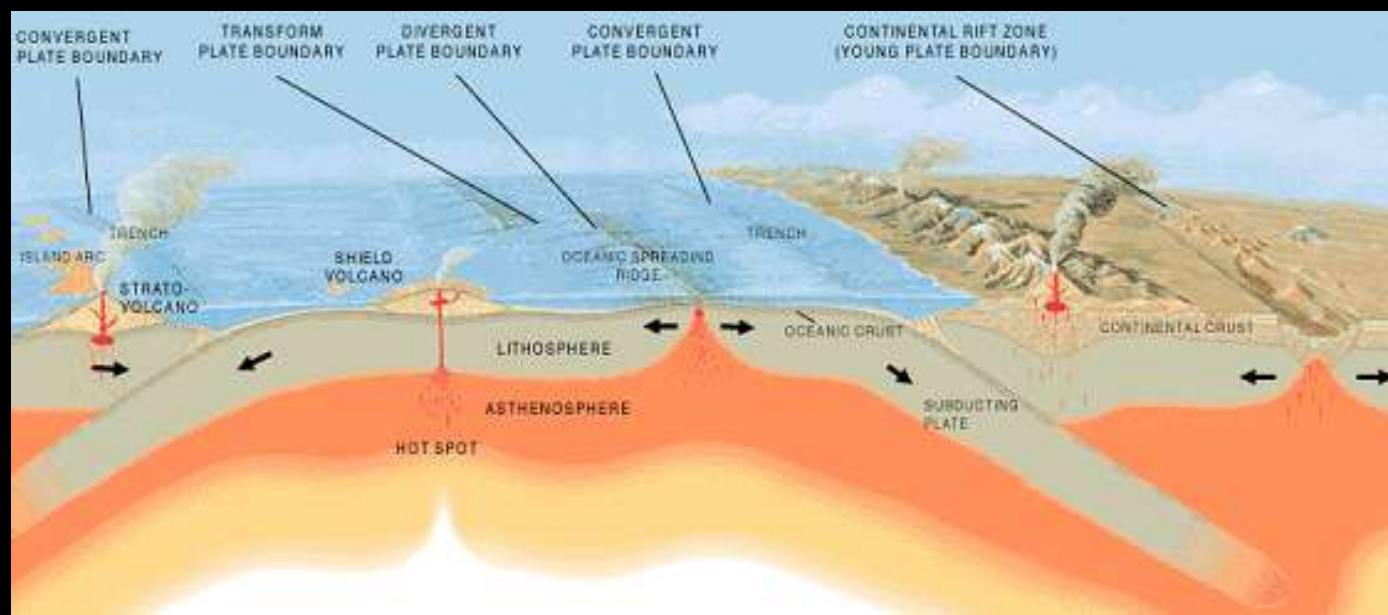
Earth Dynamics

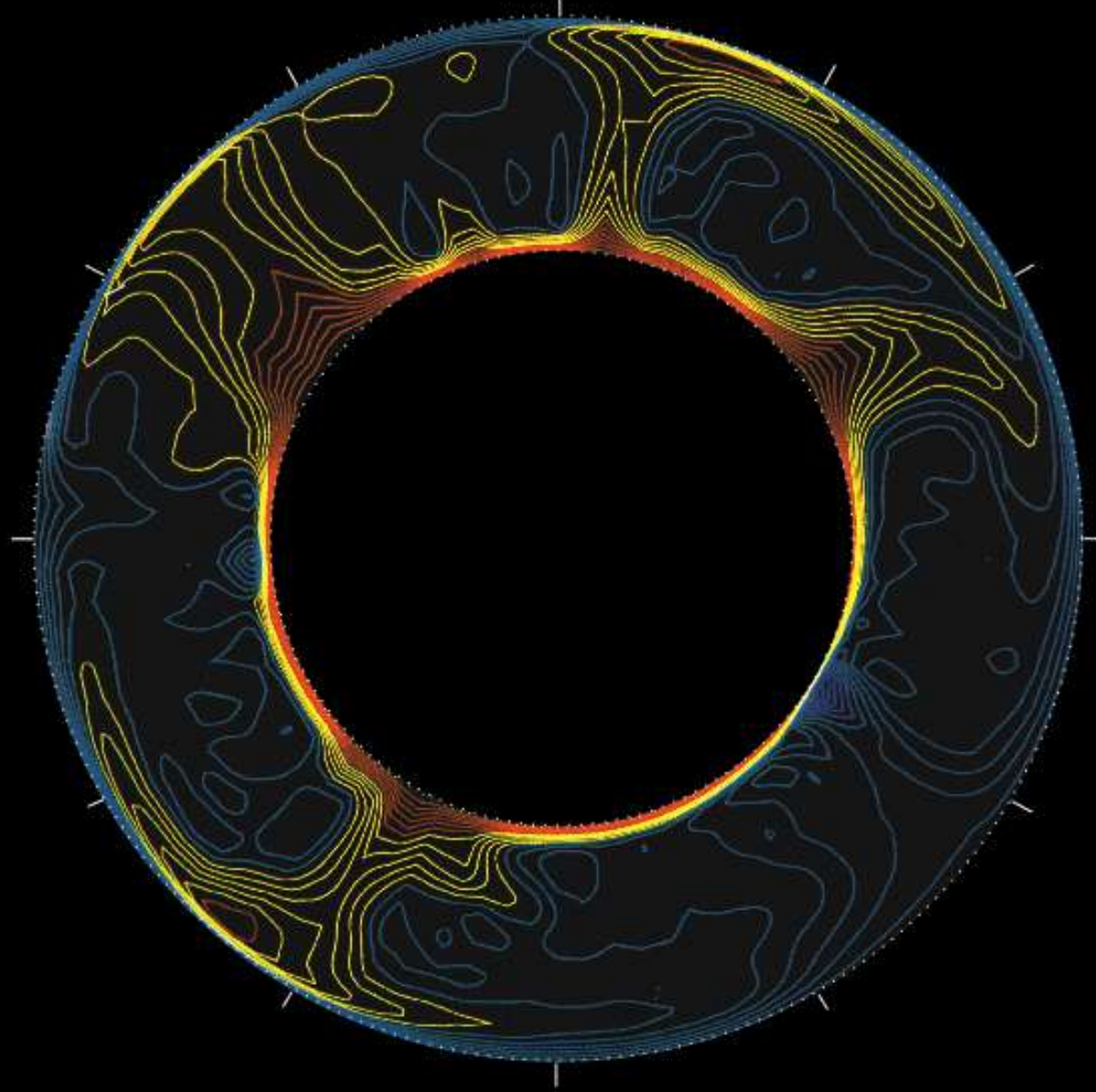
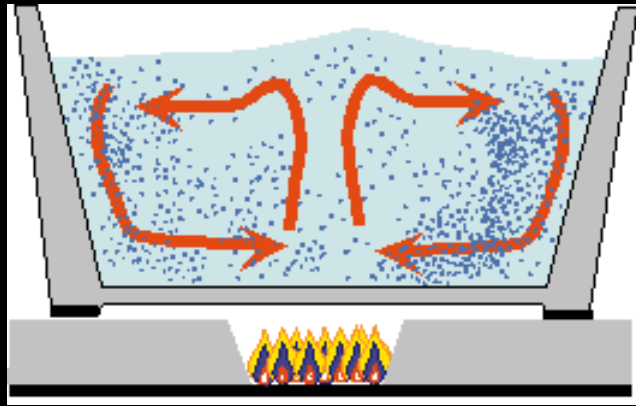


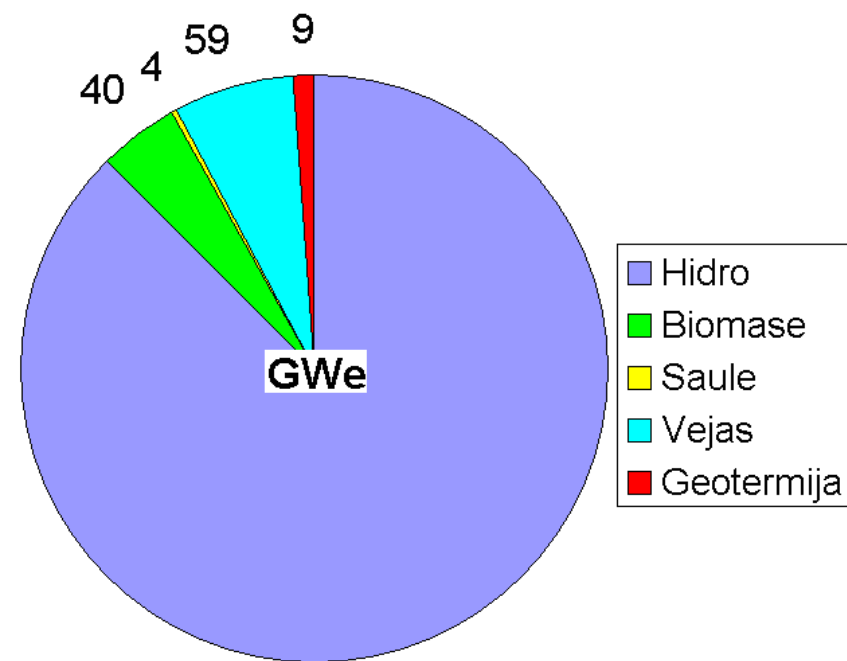
Žemės šiluma – pagrindinis variklis



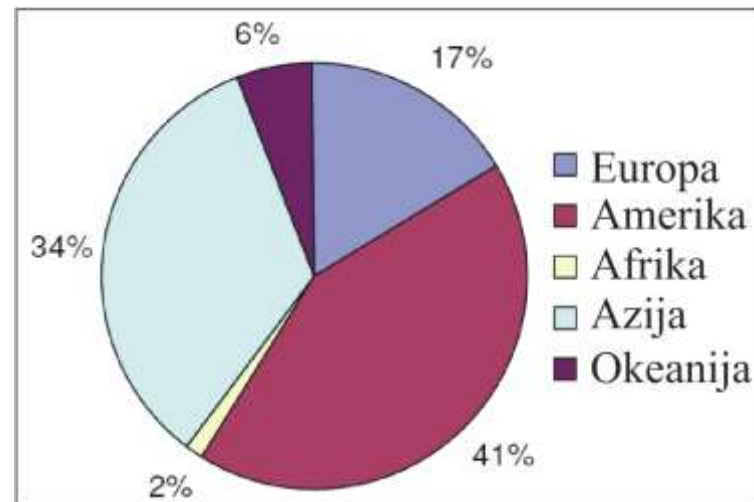
Žemės dinamika



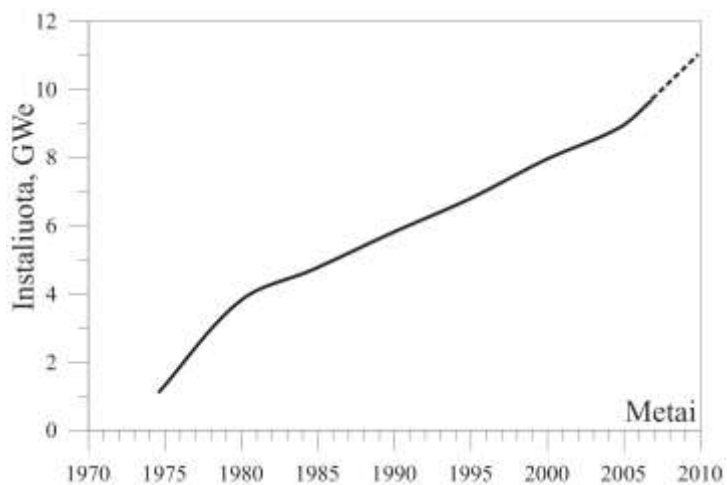




Elektros gamyba pasaulyje iš atsinaujinančių energijos šaltinių.



Geoterminės energijos gamyba įvairiuose pasaulio regionuose (R.Berani, 2008)

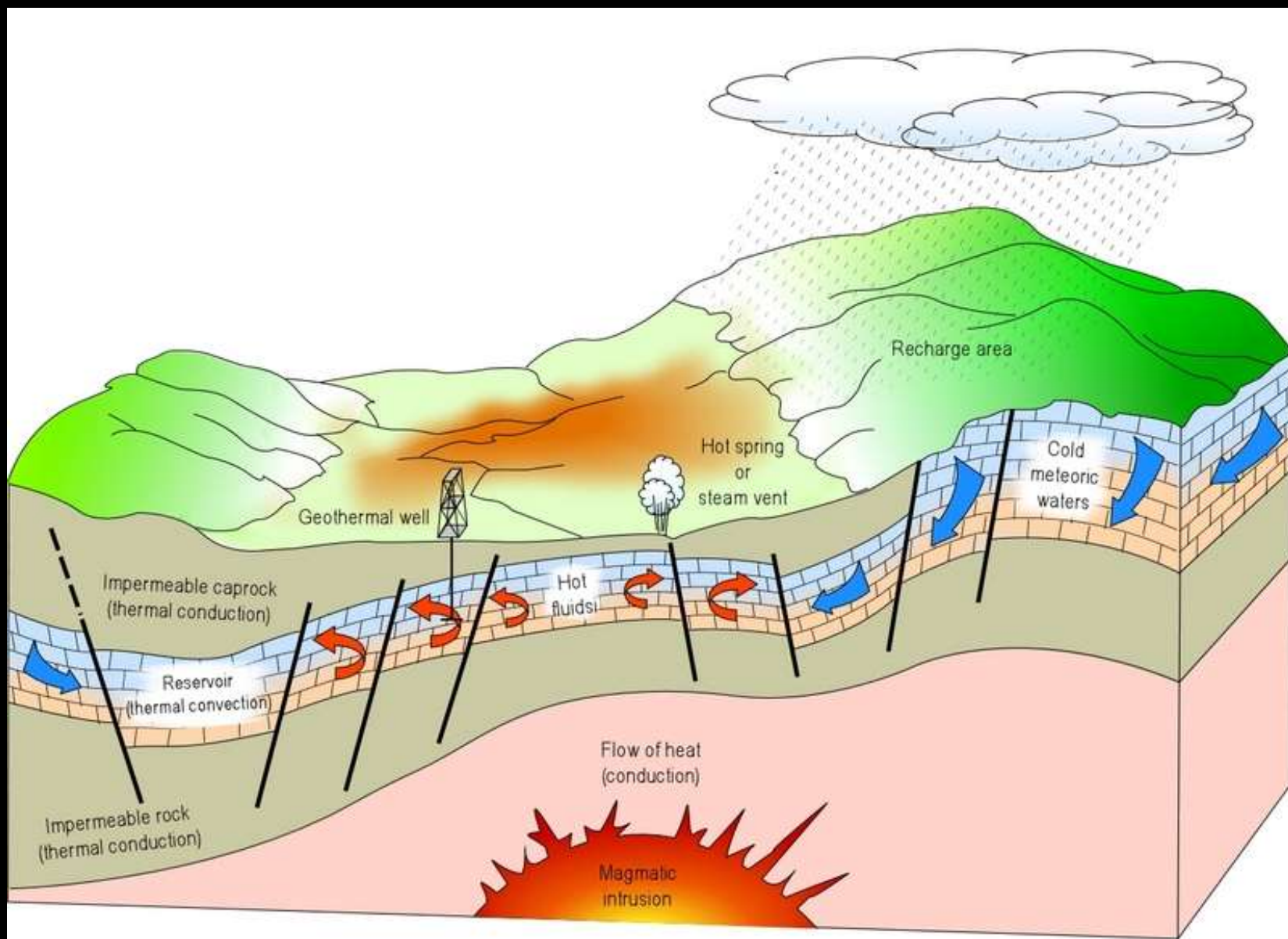


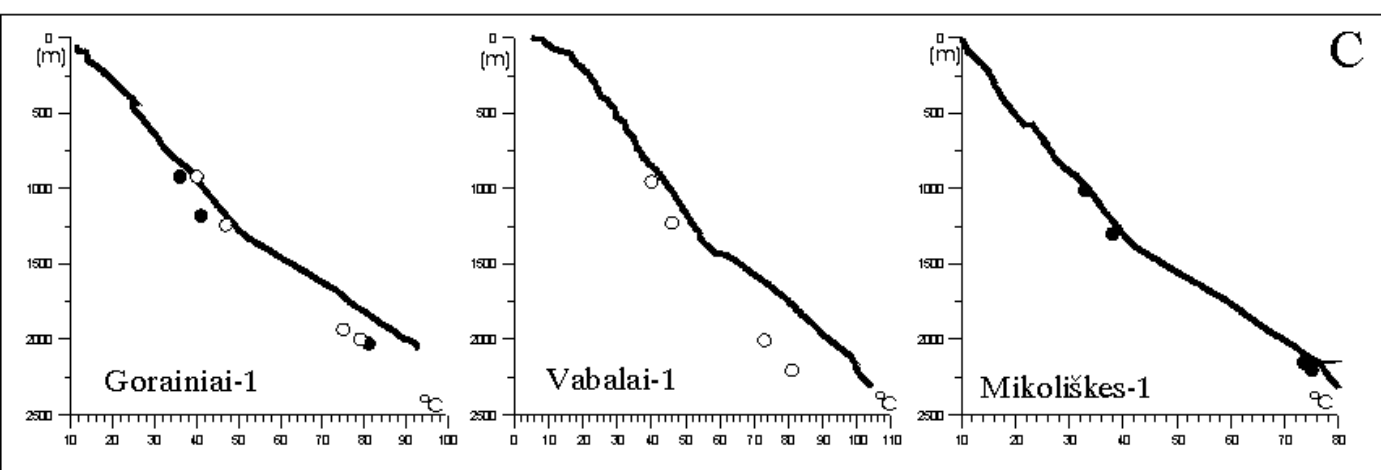
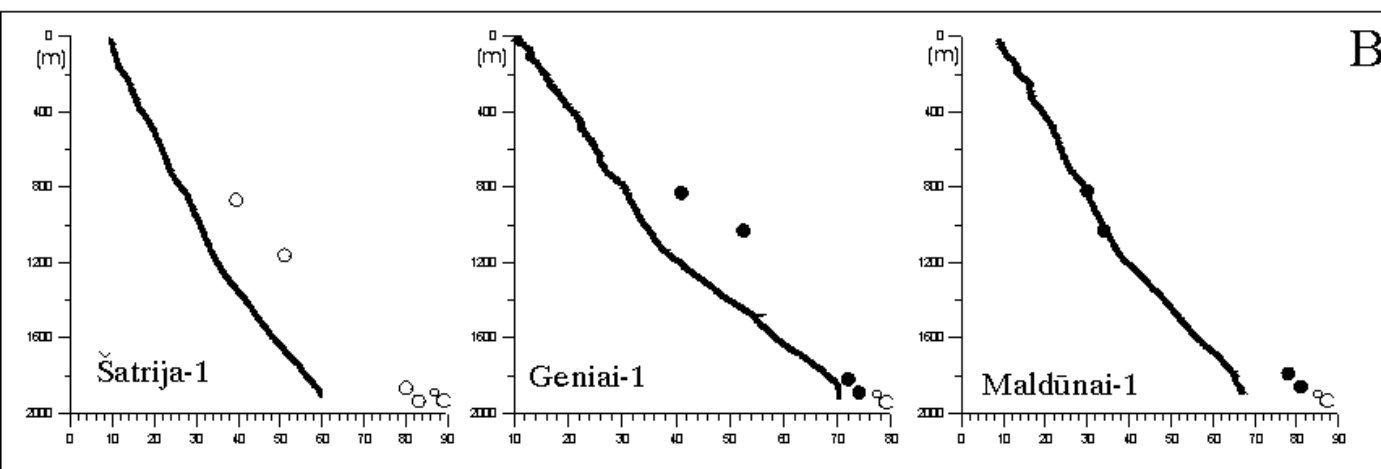
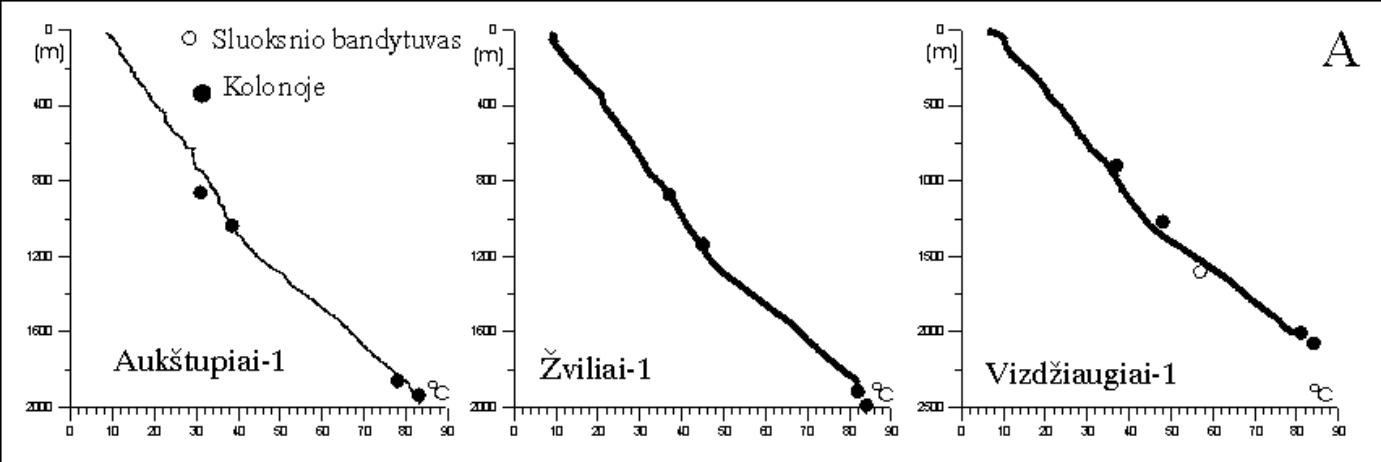
Geoterminių jėgainių bendro galingumo tendencija nuo 1975 metų ir prognozė 2010 metams (R.Berani, 2008)



Geoterminės jėgainės

Geoterminių telkinių susidarymas tektoniškai aktyviuose regionuose





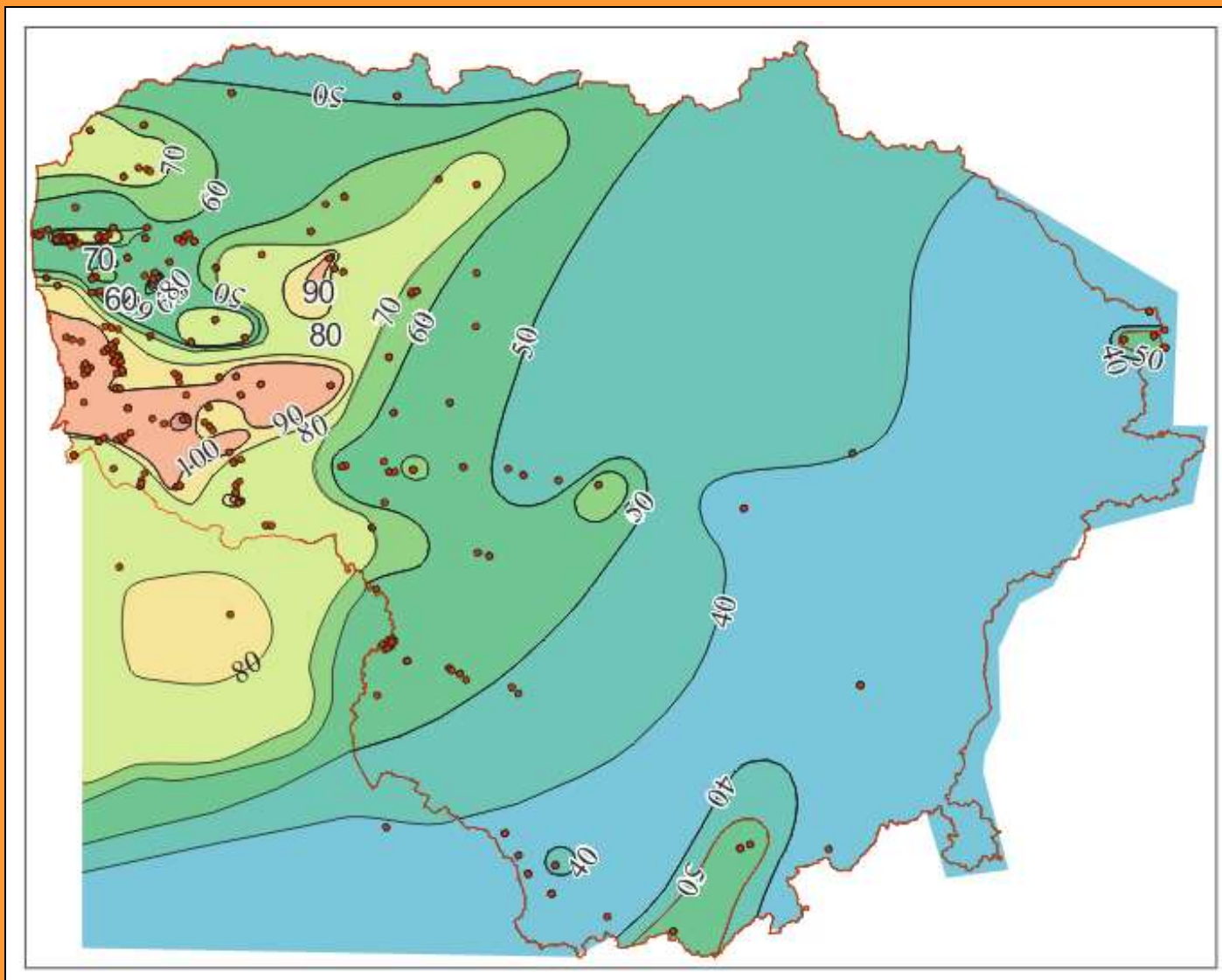
Telkinys tai kategorija

Ekonominė

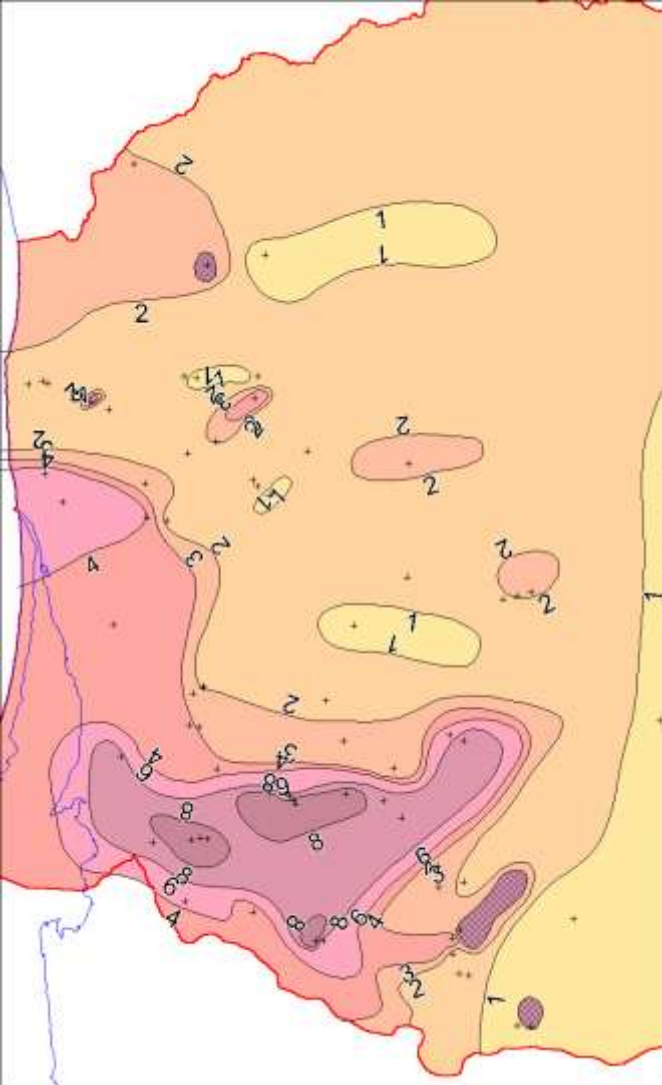
Ekologinė

Teisinė

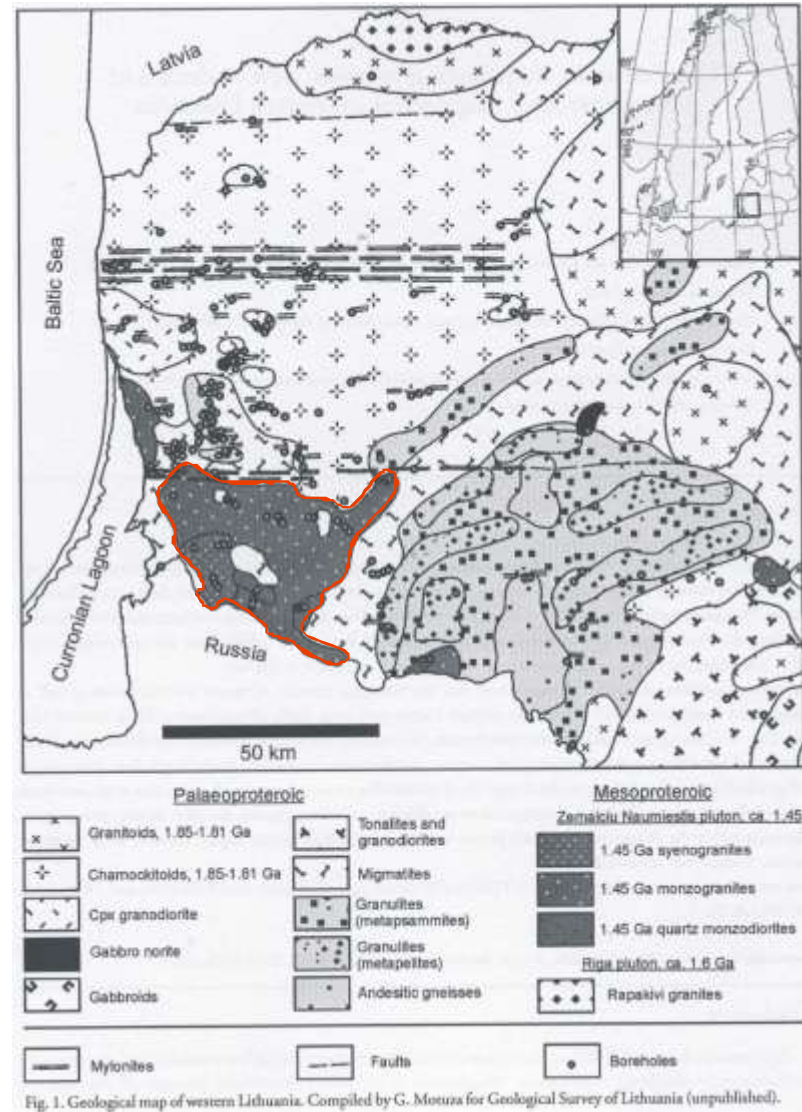
Psichologinė



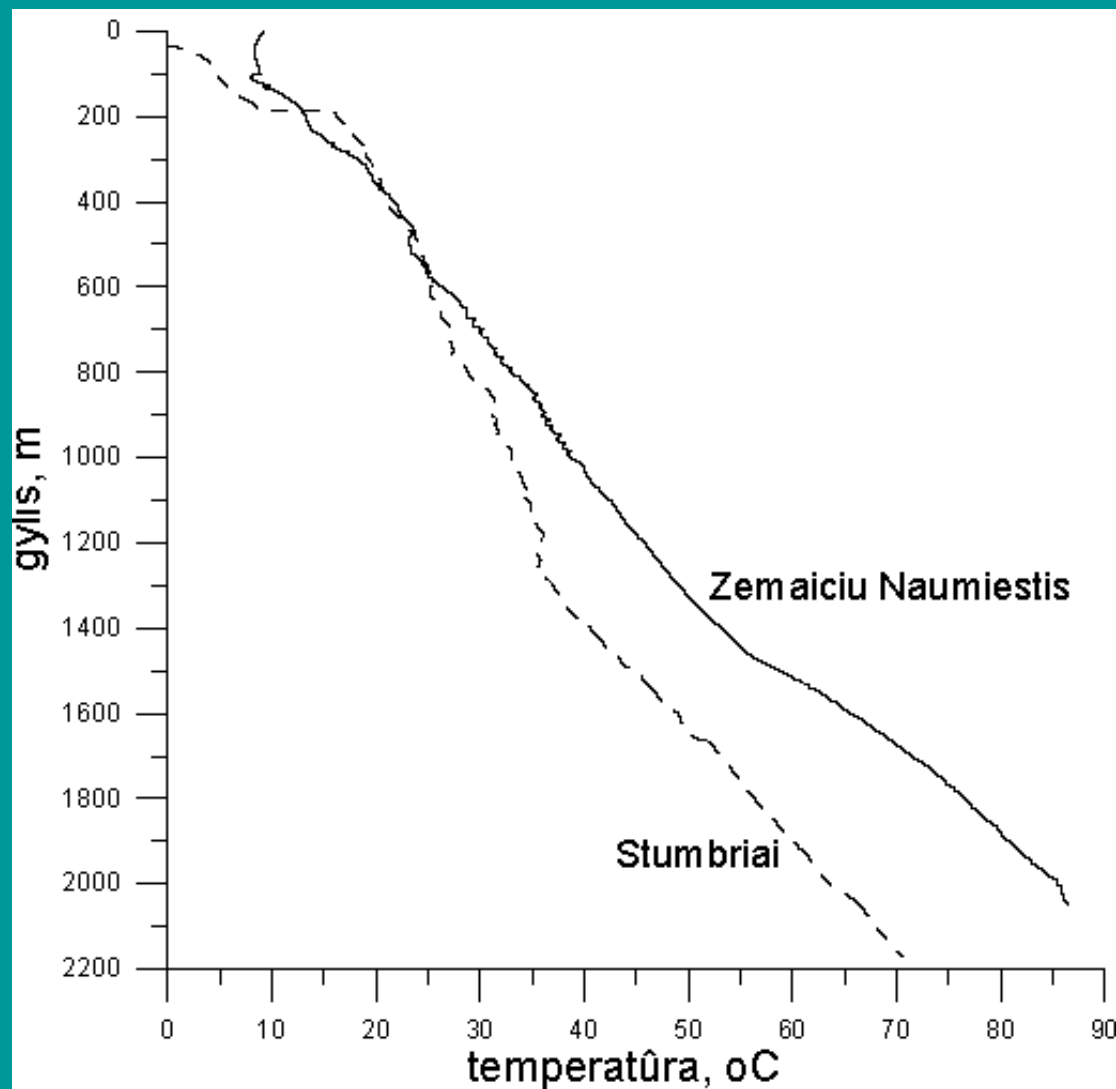
***Lietuvos šilumos srauto žemėlapis (mW/m^2).
Raudoni taškai - gręžiniai***



Vakarų Lietuvos kristalinio pamato uolienų radiogeninės šilumos generacijos potencialo žemėlapis ($\mu\text{W}/\text{m}^3$).



Kristalinio pamato geologinis žemėlapis. Tamsiai pilka spalva parodyti mezoproterozojaus „karštieji“ granitai (Žemaičių Naumiesčio intruzija paryškinta raudonu kontūru).



Dviejų gręžinių palyginimas Vakarų Lietuvoje. Žemaičių Naumiesčio gręžinyje šilumos srautas yra 95 mW/m², Stumbrių – 55 mW/m². Temperatūros skirtumas 2100 m gylyje siekia 20°C. 70°C laipsnių temperatūros gylių skirtumas – 600 m. Didesniuose gyliuose šis temperatūrų skirtumas bus dar didesnis

GEOTERMINĖS ENERGIJOS PANAUDOJIMAS

3-10°C

Seklioji geotermija

30-80°C

Gilioji geotermija šiluminės energijos tiekimui

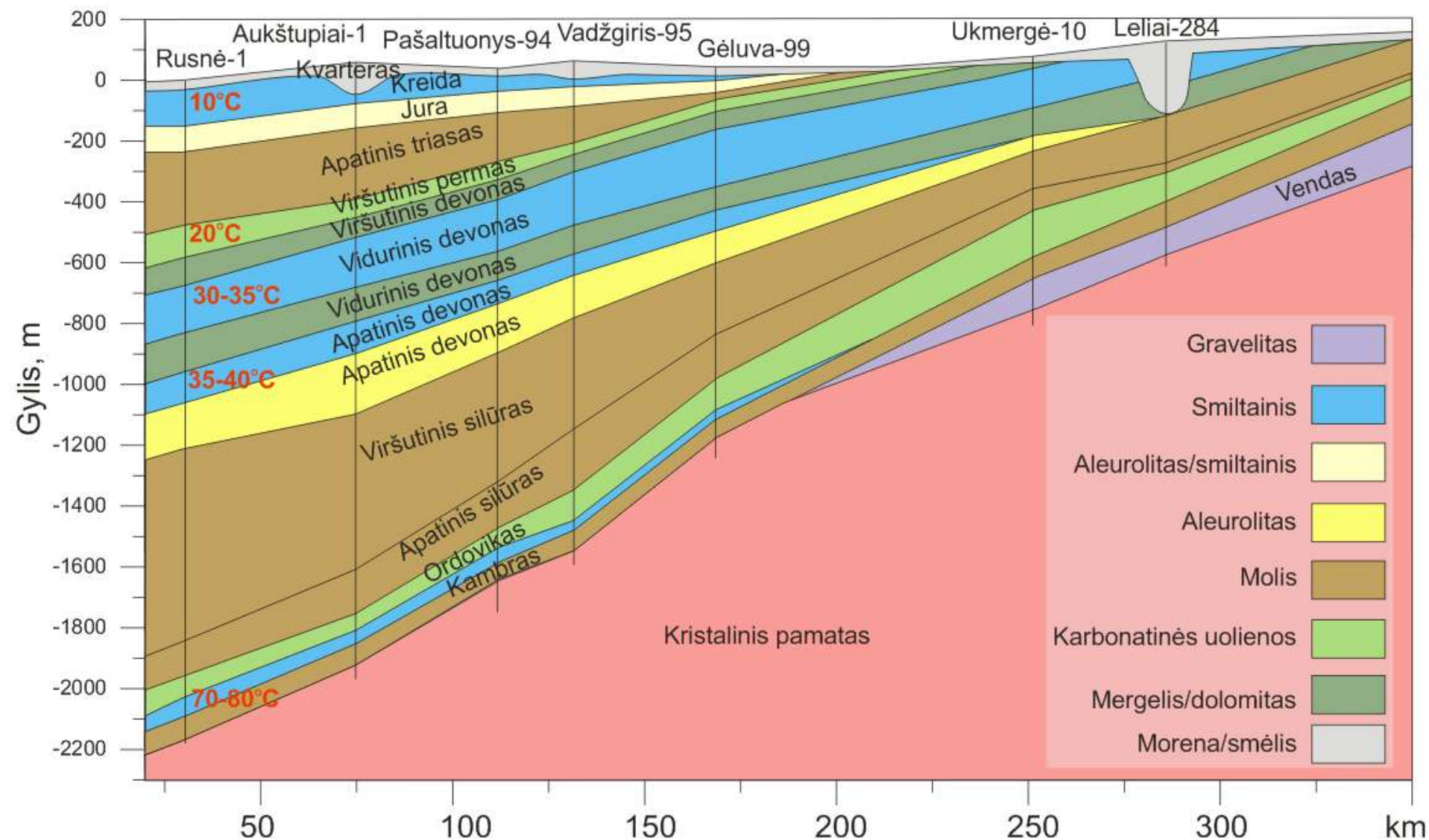
>120°C

Gilioji geotermija elektros energijos gamybai

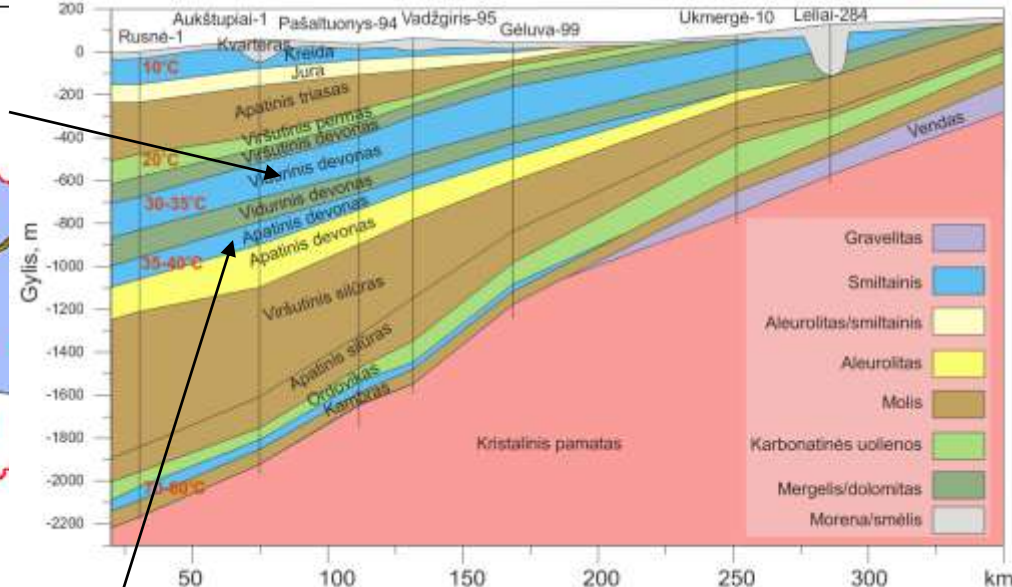
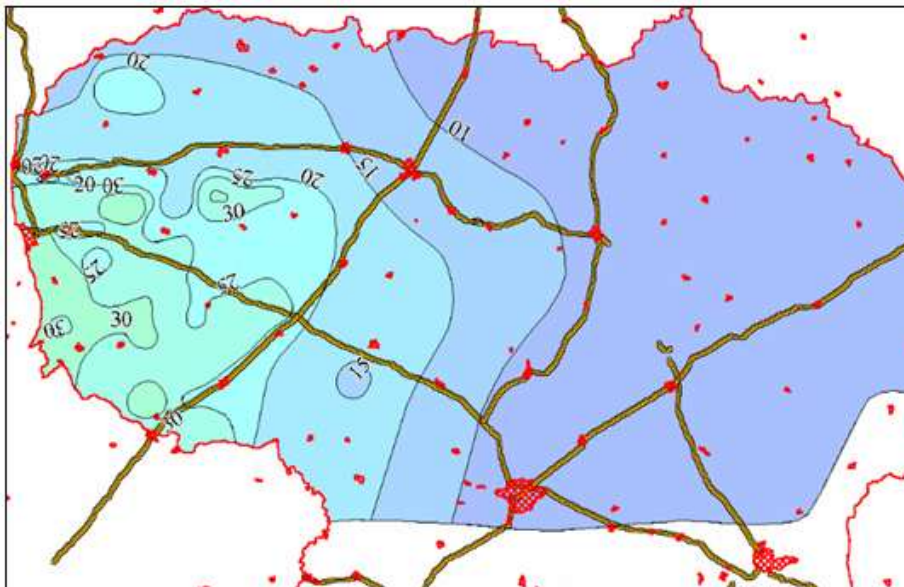
1. HIDROTERMINIAI IŠTEKLIAI

Šilumos energijos gamyba

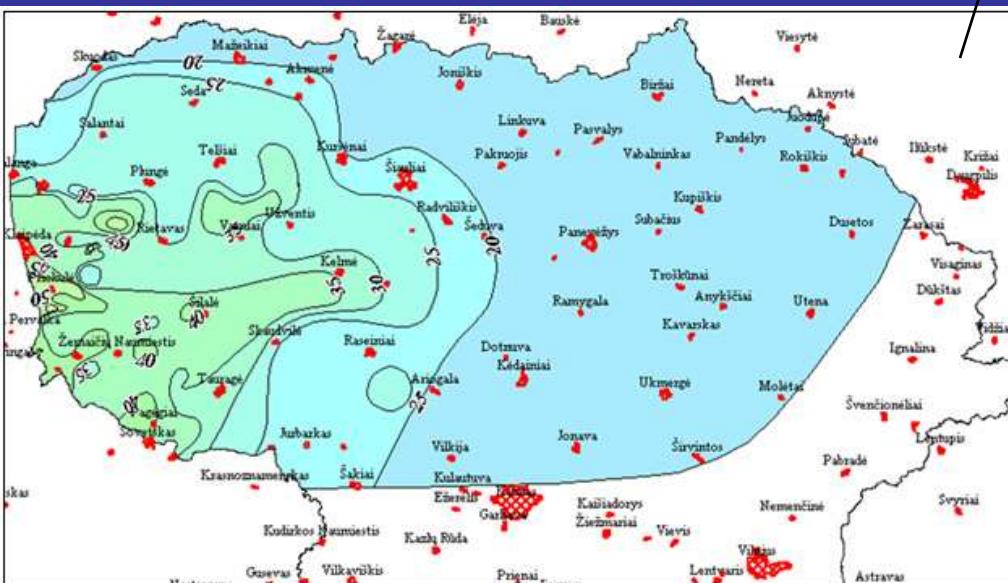




Lietuvos geologinis pjūvis vakarai-rytai. Mėlyna spalva parodyti pagrindiniai smėlingi vandeningi sluoksniai, kuriuos galima panaudoti geoterminėms stotims.

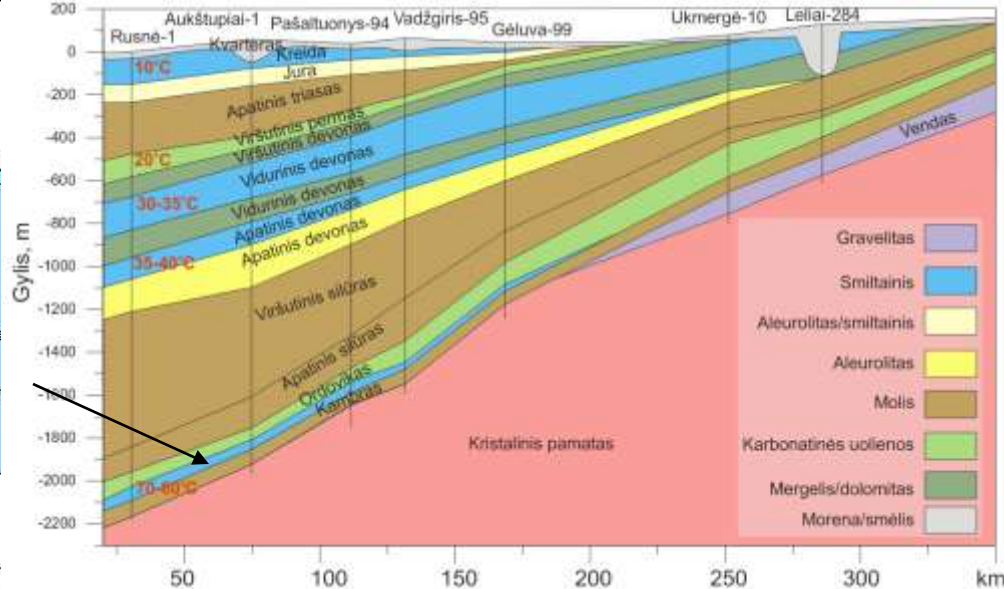


Šventosios-Upninkų geoterminio horizonto temperatūrų žemėlapis



DEVONAS

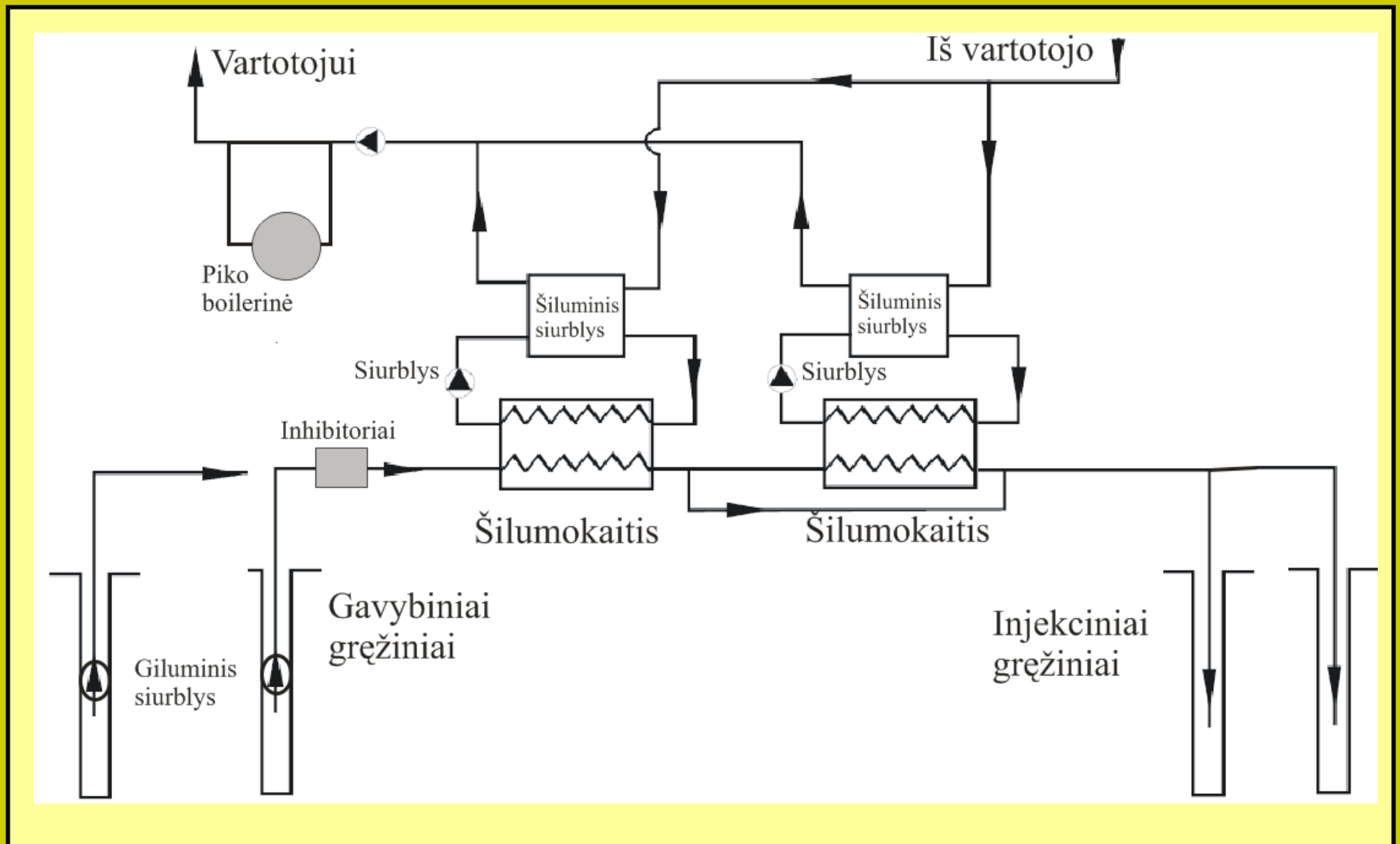
Pernu-Kemerijų vandeningo horizonto temperatūrų žemėlapis



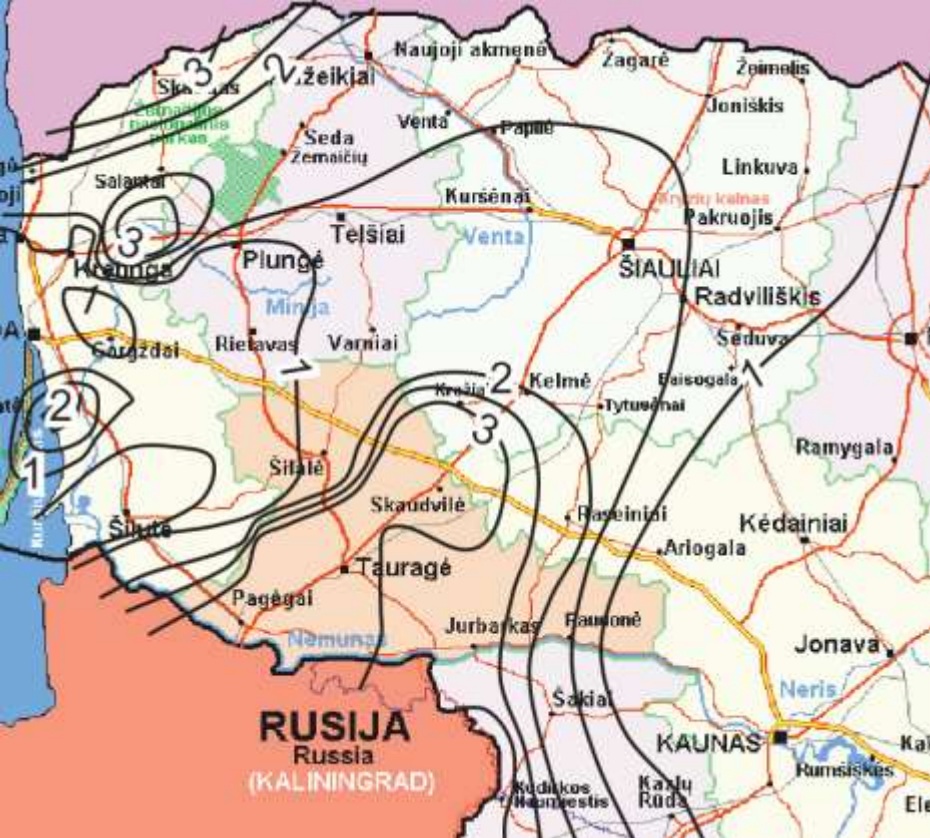
Kambro vandeningo horizonto temperatūrų žemėlapis

KAMBRAS

Geoterminės stoties schema

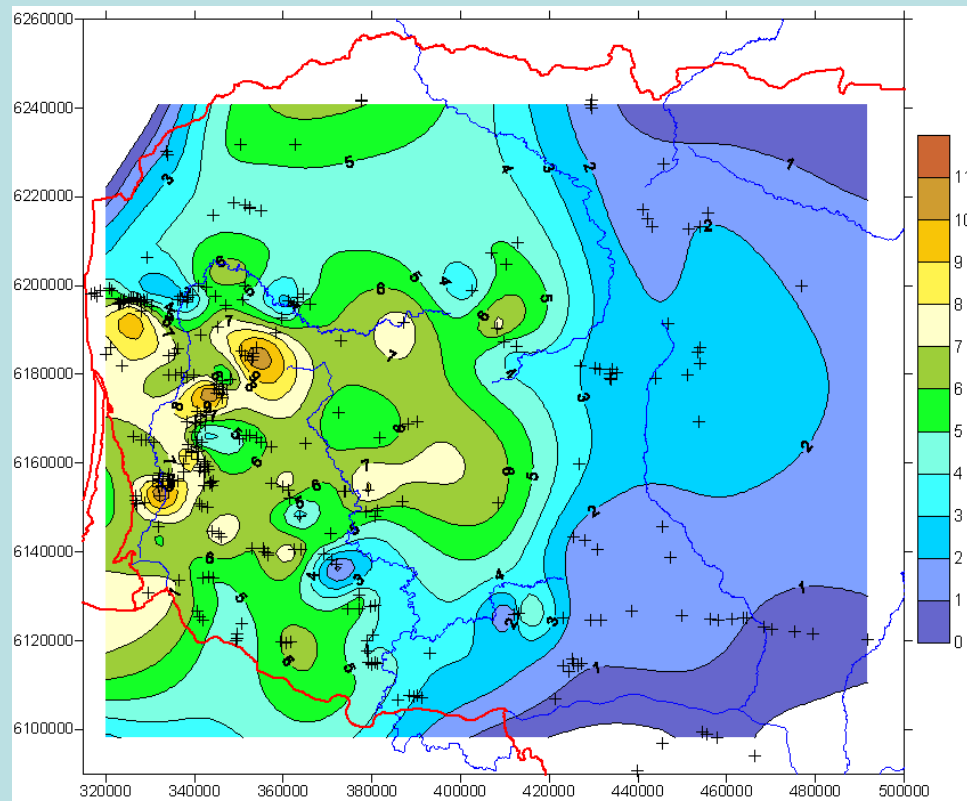


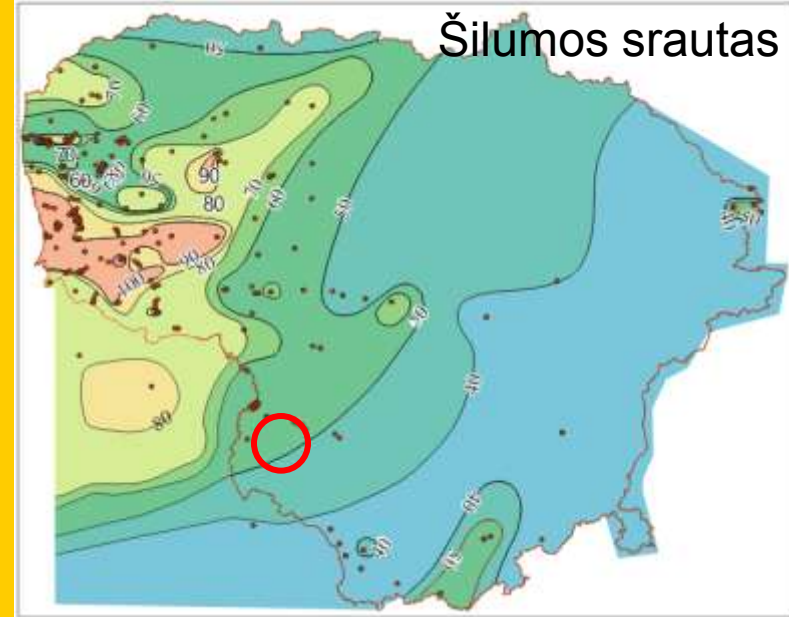
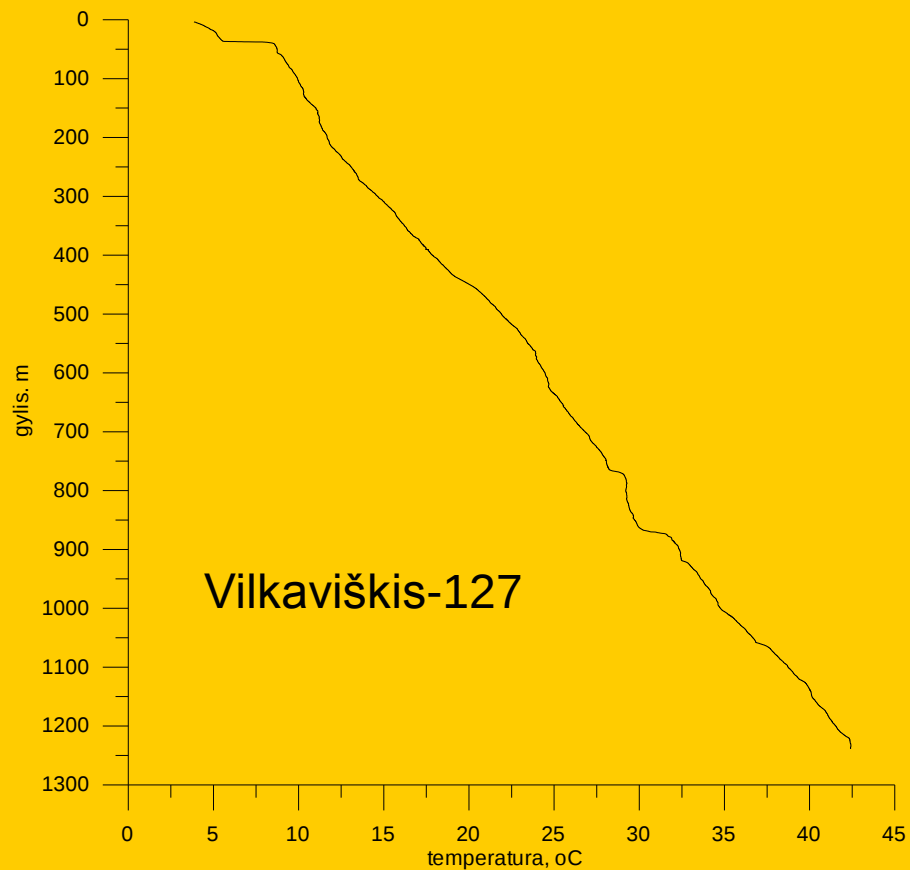
Geoterminis potencialas (gręžinių dupletų galia, MW)



Kambras

Apatinis devonas





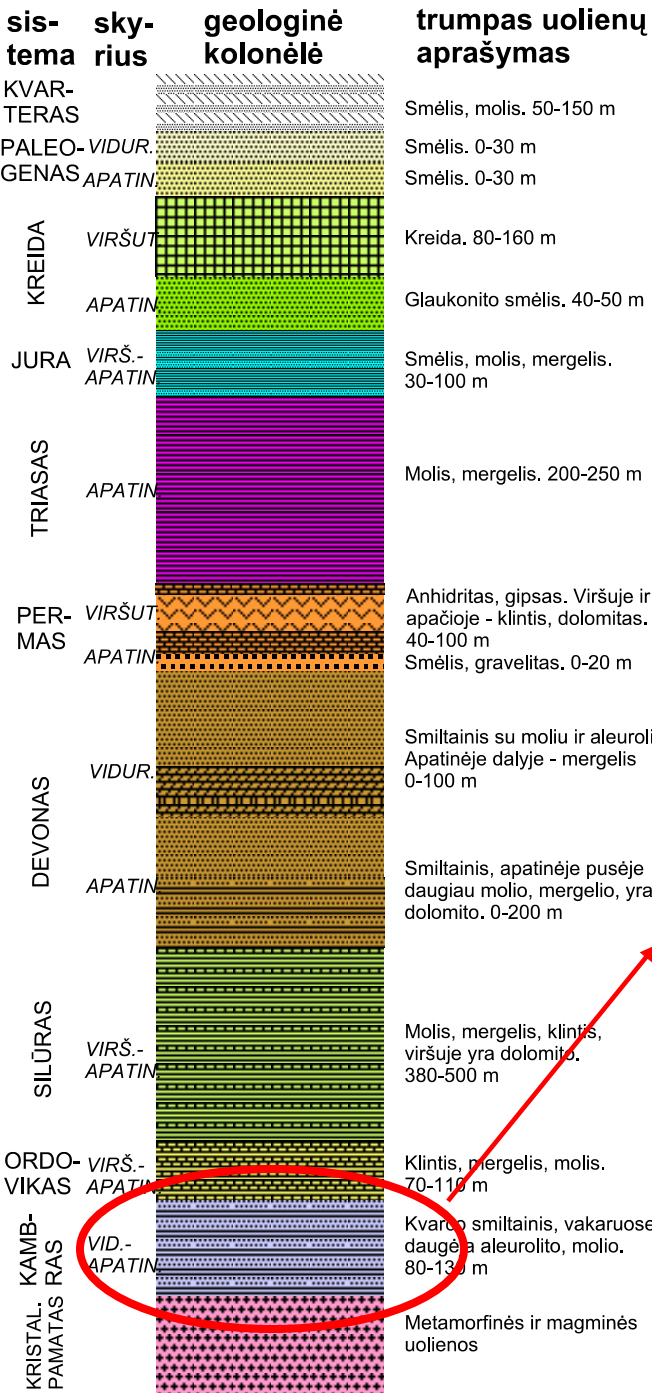
Vilkaviškio kambro vandens cheminė sudėtis

bmin g/l	Cl	SO4	HCO3	Na+K	Ca	Mg
131	77,2	1,9	90	93,5	6,8	2,7

Perspektyvus kambro geoterminis
sluoksnis apie 1,2 km gilyje

Temperatūra iki 40-48°C

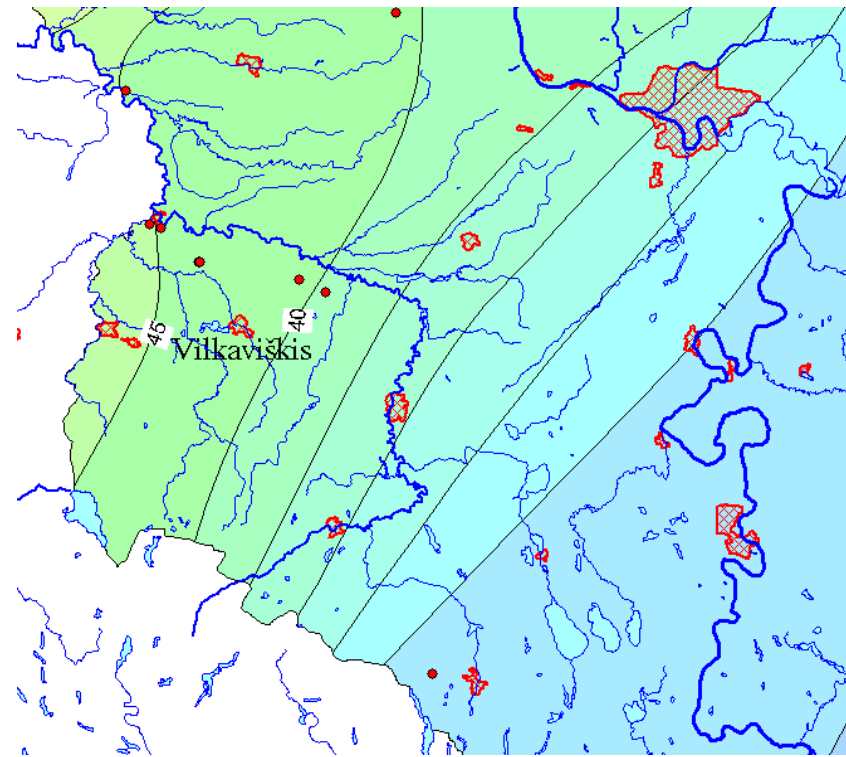
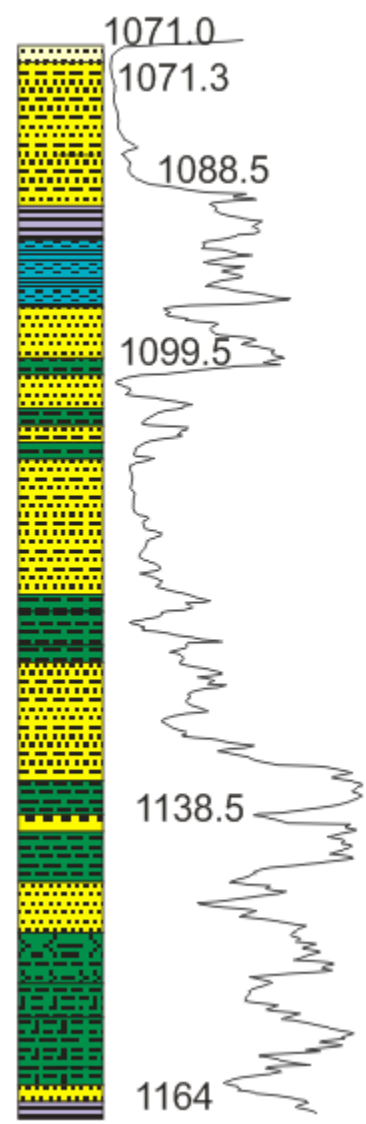
SUVESTINĖ STRATIGRAFINĖ KOLONĖLĖ



Vilkaviškio rajono geologinis pjūvis

Kambro sluoksnis

Pilviskiai-141



Kambro sluoksnio temperatūros

Grežinys	Gylis m	Temperatūra
Vilkav.-127	1220	46
Vilkav.-131	1302	48



1 pav. Lietuvos geoterminio lauko rajonavimas pagal kambro kraigą.

Geoterminės energijos praktinio naudojimo ir perspektyvūs objektai: 1 – Klaipėdos pavyzdinė geoterminė jėgainė, 2 – Vydmantų geoterminiai gręžiniai (2), 3 – Vilkaviškio balneologinis geoterminis projektas, 4 – Baisogala, 5 – Palanga, 6 – Kretinga, 7 – Gargždai, 8 – Nida, 9 – Šilutė, 10 – Lauksargiai, 11 – Venskai, 12 – Šilalė, 13 – Plungė, 14 – Joniškis, 15 – Joniškėlis, 16 – Šiauliai, 17 – Radviliškis, 18 – Krakės, 19 – Virbalis.

Vilkaviškio balneologinis geoterminis projektas.

Šio projekto įgyvendinimas išplėstų Žemės energijos pritaikymą ne tik šildymo reikmėms, bet ir gydymui bei sveikatos stiprinimui.

Prieš daugiau kaip 10 metų buvo parengtas Vilkaviškio balneologinis geoterminis projektas, numatęs kambro gamtinio vandeningo kolektoriaus vandens kompleksinį panaudojimą šilumos tiekimo ir balneologinio gydymo tikslams.

Miestas	Gyventojai	MWt poreikis, žiema		Dupletų galia, MWh	Optimaus dupletų skaičius
		Max	Min		
Šiauliai	125461	186	27	1.2	13
Marijampolė	46261	62	9	2.4	2-3
Radviliškis	19189	24	4	1.2	2-3
Kalvarija	13607	10	4	1.83	2-3
Kuršėnai	13372	12	2	1.23	1-2
Vilkaviškis	12764	12	5	1.69-5.91	1-2
Raseiniai	12541	16	3	1.02	1-2
Jurbarkas	12510	16	3	2.91	1-2
Kelmė	9967	8	4	1.37	1-2
Kazlų Rūda	6950	7	2	2.4	1
Šakiai	6377	3	1	3.57	1
Ariogala	3332	4	1	0.44	1
Tytuvėnai	2614	4	2	1.37	2
Ežerėlis	1959	3	1	3.57	1
Viduklė	1911	1	-	1.02	1
K.Naumiestis	1911	2	1	2.12-3.58	1
Skaidvilė	1884	2	-	2.14	1
Kulautuva	1367	2	1	3.57	1

Vidurio Lietuvos geoterminis potencialas



Dupleto galingumas, MW

Geoterminio vandens naudojimo galimybės sezoniškumo mažinimui

Veiksniai	Aprašymas	Pagrindimas
Gydomasis	Tai balneologinės, psichofizioterapinės, kineziterapinės procedūros ir sveikos gyvensenos mokymas.	Geoterminis vanduo gali būti naudojimas sveikatingumo ir SPA paslaugoms vystyti, kurios yra teikiamos ištisus metus. Šios paslaugos yra mažiau priklausomos nuo sezoniškumo
Terminis	Rekreacijos ir turizmo paslaugos, kurios teikti yra reikalinga šiluma (t.t. ir vandens pašildymas).	Įvairių rekreacinių ir turizmo paslaugų terikimas siejasi su sezonu. Šaltuoju metų laiku ypač daug lankytojų traukia tokios pramogos kaip, pirčių lankymas, šilto vandens baseinai ir kt. Šiuo atveji geoterminis vanduo gali būti naudojamas kaip energijos šaltinis ir kaip pramoga.
Rekreacinių erdvių formavimo ir eksploatacijos	Tai šildomi atvirieji baseinai, žiemos sodai bei rekreacinių kompleksų šildymas (rekreacinių kompleksų energetiniai poreikiai, rekreacinės erdvės reikalaujančios didelių šilumos šaltinių).	Geoterminis vanduo gali būti naudojamas ir kaip energijos šaltinis patalpų ir vandens šildymui. Šis veiksnys sudarytų sąlygas ekologiškos aplinkos kūrimui bei leistų formuoti specifines erdves (žiemos sodus, šildomas lauko erdves ir kt.).

Geoterminės balneologijos perspektyvos

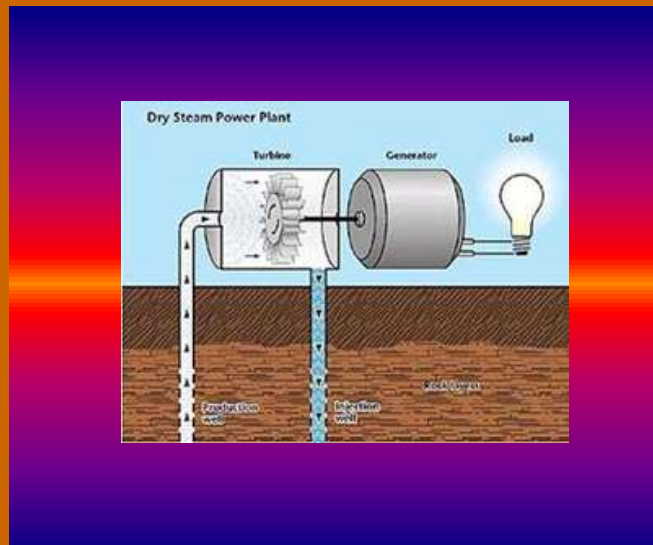
Eil.num.	Priemonės pavadinimas	Vienetai	Kiekis	Vieneto kaina, Lt	Viso, Lt
1	7,5 MW suminės galios dvipakopiai amoniakiniai šilumos siurbiai		1	9000000	9000000
2	Trasa DN250 Palangoje nuo šilumos siurblio iki objekto	m	500	785,5	392750
3	Trasa DN250 Palangoje nuo šilumos siurblio iki antro gręžinio vandens gražinimui į sluoksnį	m	800	785,5	628400
4	Du nauji gręžiniai iki devono sluoksniu (gylis 1 km, vieno gręžinio kaina 1,5 mln USD)		1	8033100	8033100
5	Įrenginiai Palangoje (pastatas šilumos siurbliui, siurbline vandens gražinimui, akumuliacinės talpos ir kt.)		1	750000	750000
6	Projektavimo darbai 5 proc. nuo samatinės vertės		1	940212,5	940212,5
7	Užsakovo rezervas, 10 proc.		1	1974446	1974446
8	Viso, be PVM:				21,718,909

Tech-ekonom.skaičiavimas Palangos miesto jėgainė (apatinis devonas, dupletas)



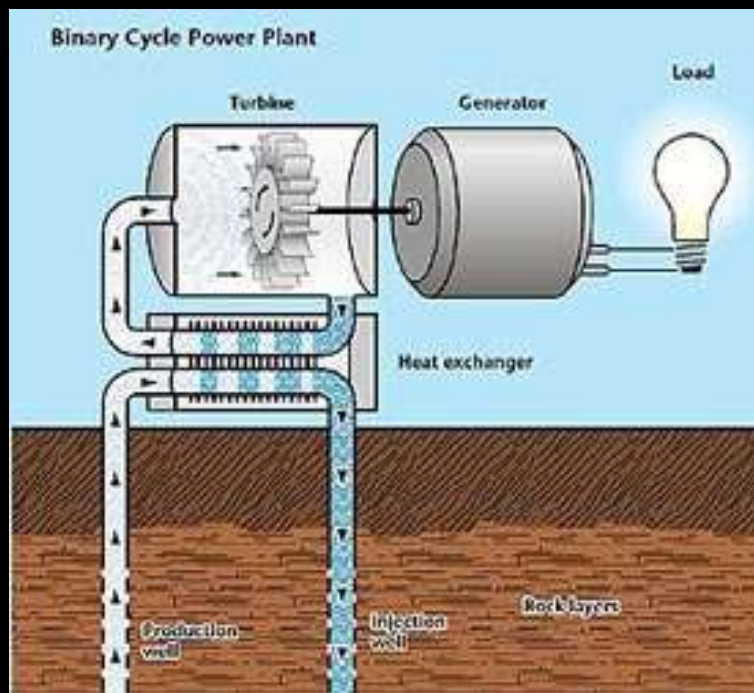
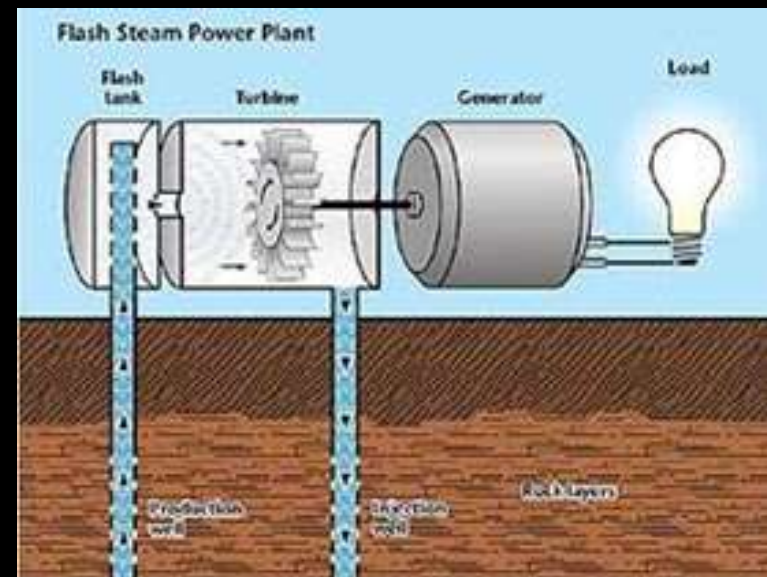
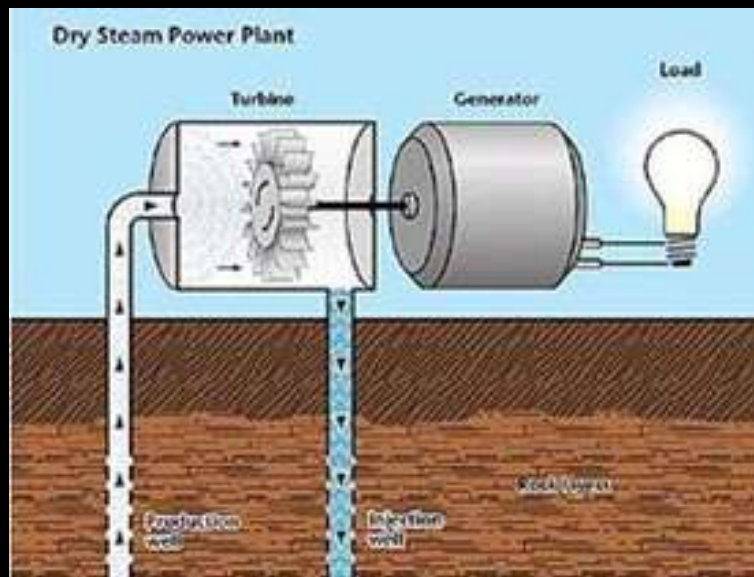
Eil.num.		Vienetai	
1	Patiktos šilumos kiekis, MWh per metus	MWh/metus	33516,25
2	Patiktos šilumos savikaina, Lt/MWh	Lt/MWh	144,6
3	Šilumos kaina Palangoje iš CŠT	Lt/MWh	268
4	Metiniai sutaupymai dėl projekto	Lt/metus	4134914
5	Reikalingas investicijų dydis	Lt	21718909
6	Paprastas atsipirkimo laikas	metais	5,3

2. ELEKTROS GAMYBA

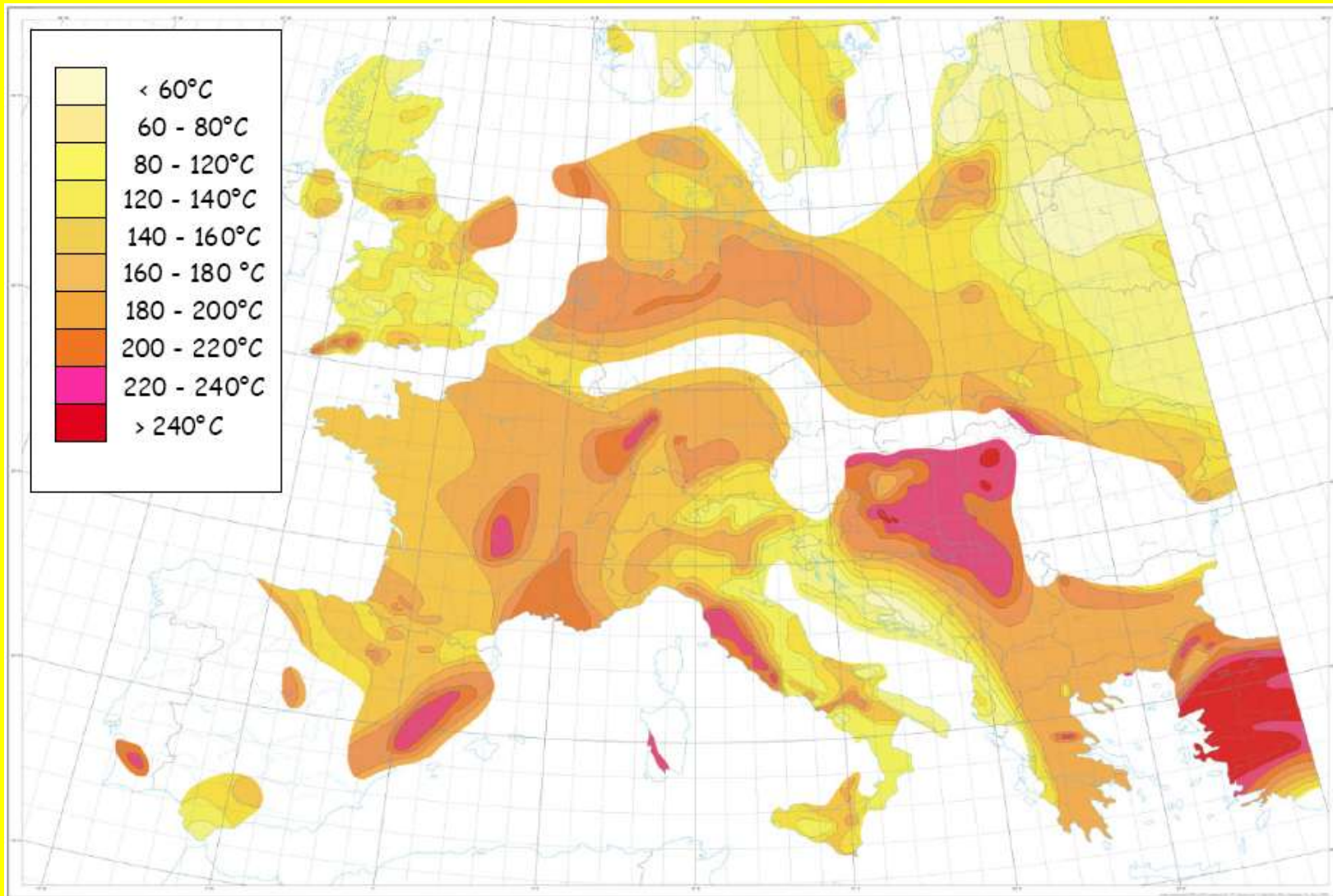




Nesjavellir elektrinė, Islandija

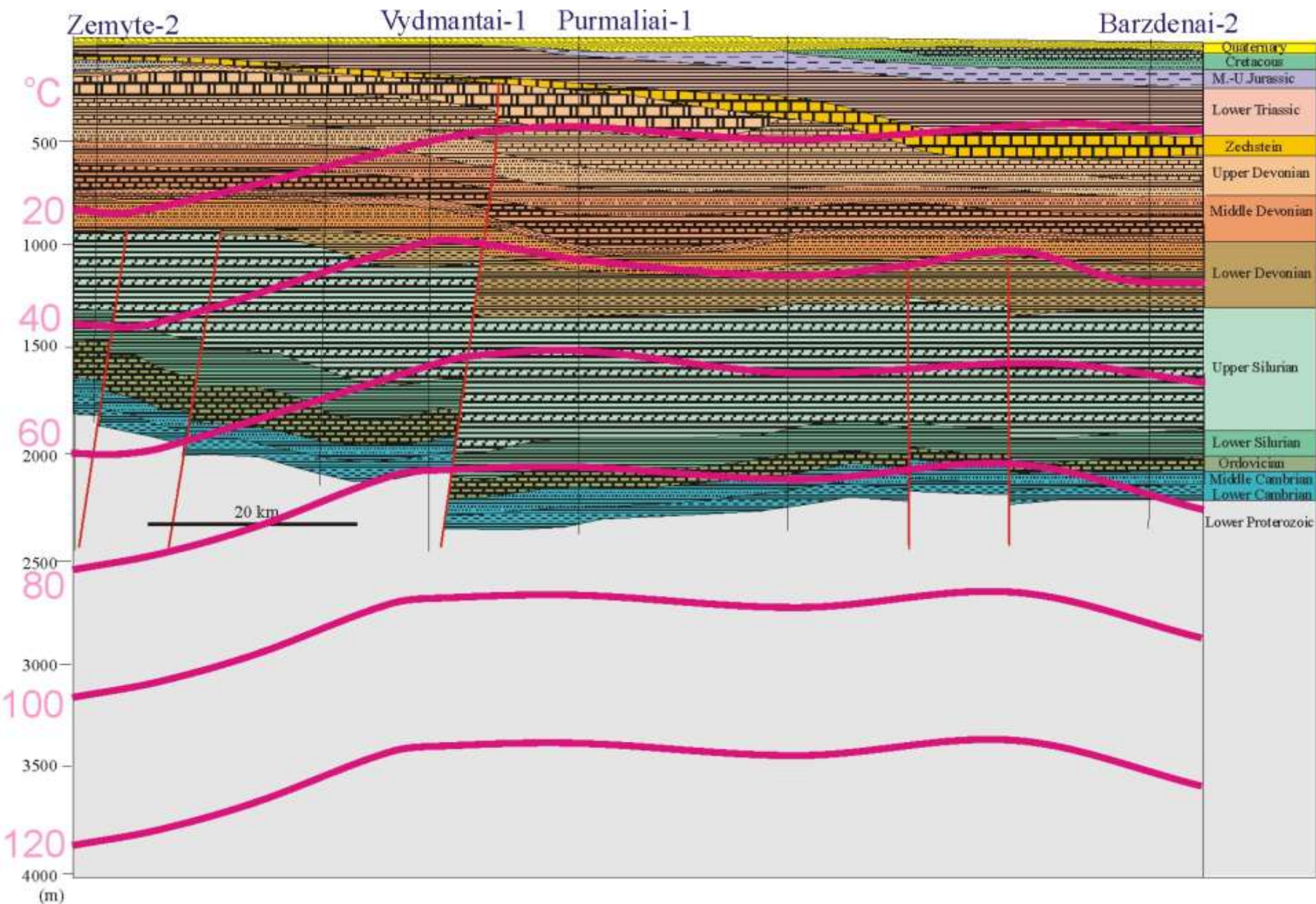


Elektros gamybos technologijos



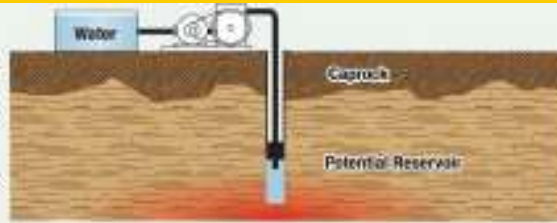
Europos temperatūrų 5 km gylyje žemėlapis (pagal Shell International).

Vakarų Lietuvos geologinis profilis. Parodytos izotermos.



1 Injection Well

An injection well is drilled into hot basement rock that has limited permeability and fluid content. All of this activity occurs considerably below water tables, and at depths greater than 5000 feet. This particular type of geothermal reservoir represents an enormous potential energy resource!



2 Injecting Water

Water is injected at sufficient pressure to ensure fracturing, or open existing fractures within the developing reservoir and hot basement rock.



3 Hydro-fracture

Pumping of water is continued to extend fractures and reopen old fractures some distance from the injection wellbore and throughout the developing reservoir and hot basement rock. This is a crucial step in the EGS process.



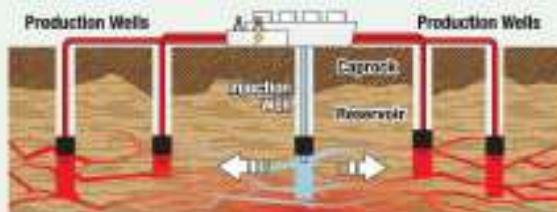
4

A production well is drilled with the intent to intersect the stimulated fracture system created in the previous step, and circulate water to extract the heat from the hot basement rock with improved permeability.



5

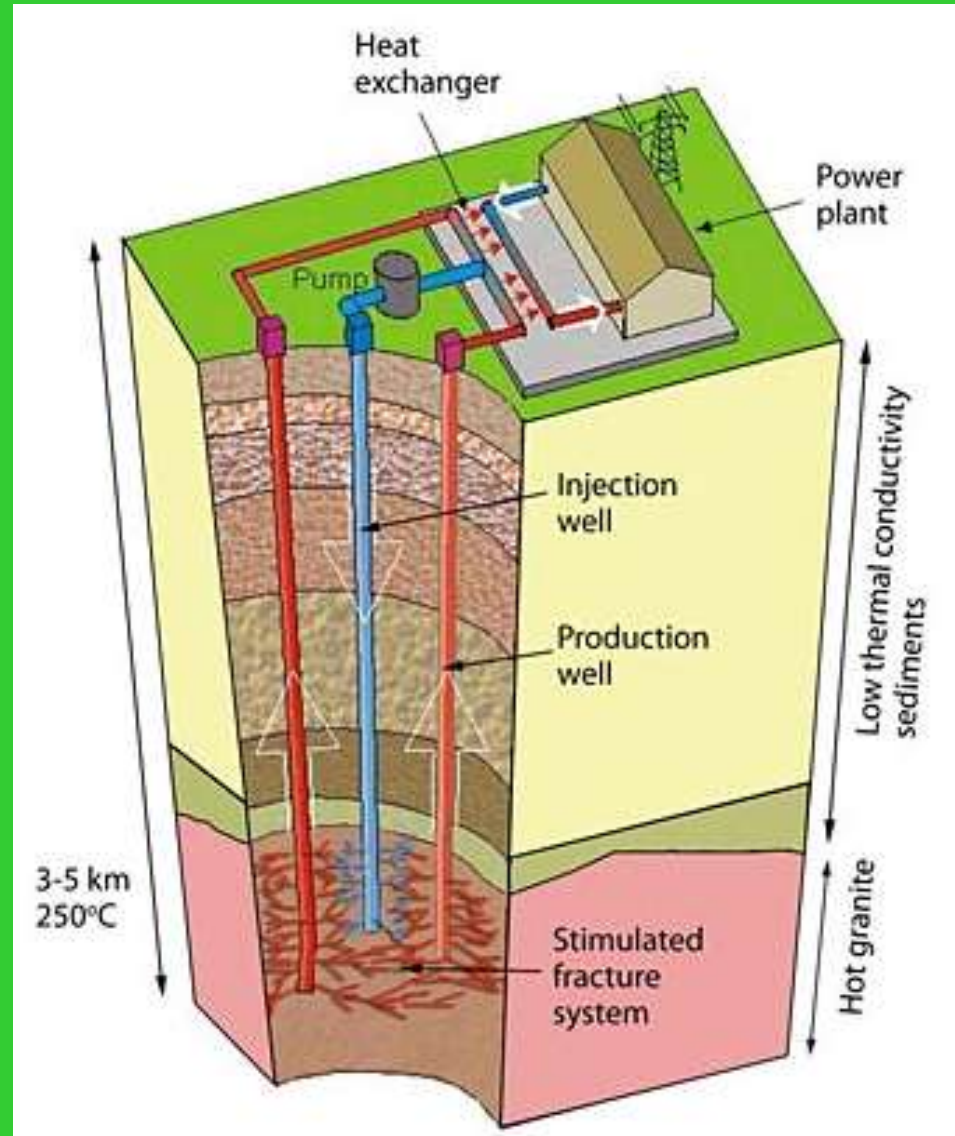
Additional production wells are drilled to extract heat from large volumes of hot basement rock to meet power generation requirements. Now a previously unused but large energy resource is available for clean, geothermal power generation.



HDR požeminio kolektoriaus suformavimas hidrosuplėšimo būdu



Navy 1 geotermiņē jēgainē, Coso Hot Springs, California, naudoja EGS tehnoloģiju



Žemaičių Naumiesčio intruzijos uolienos

Masyvios uolienos



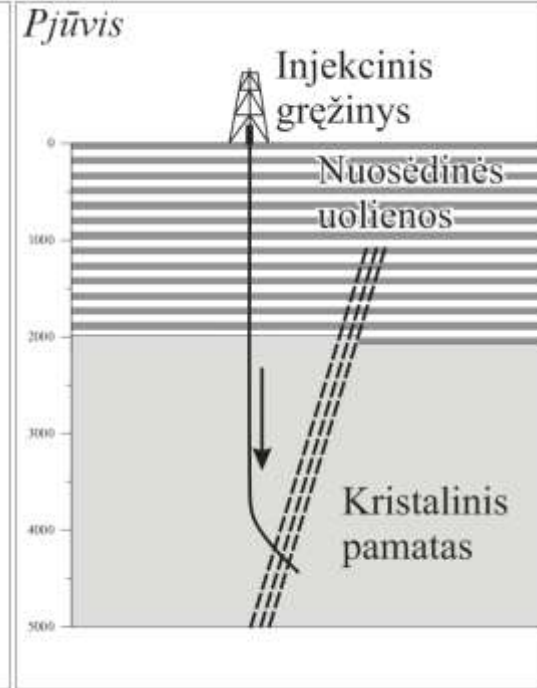
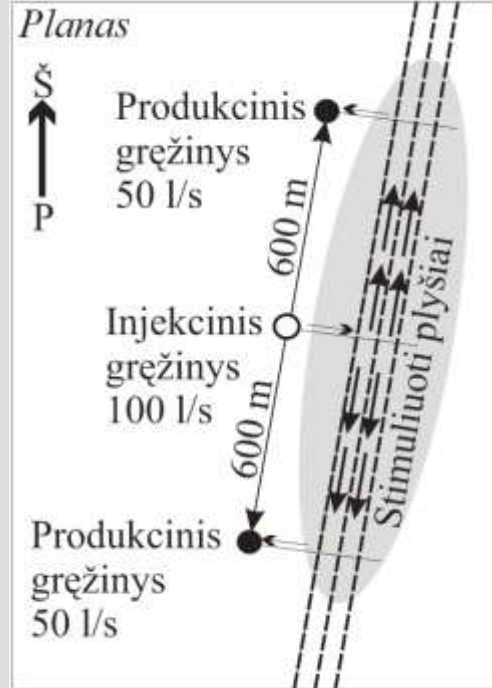
Žemaičių Naumiesčio intruzijos uolienos

Trupintos uolienos





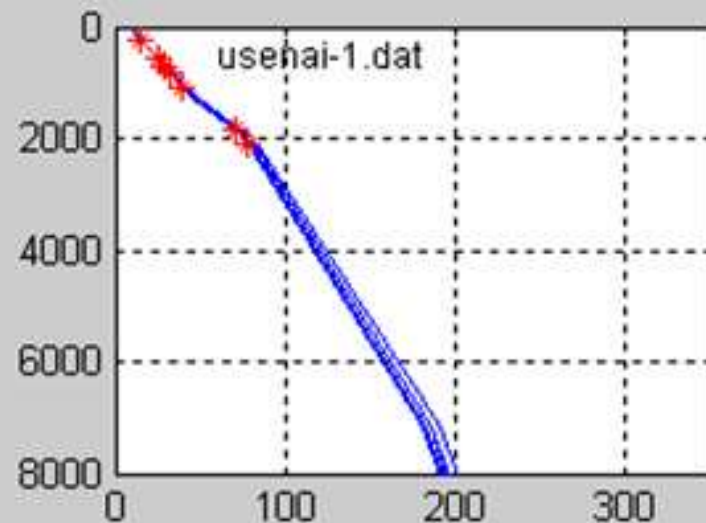
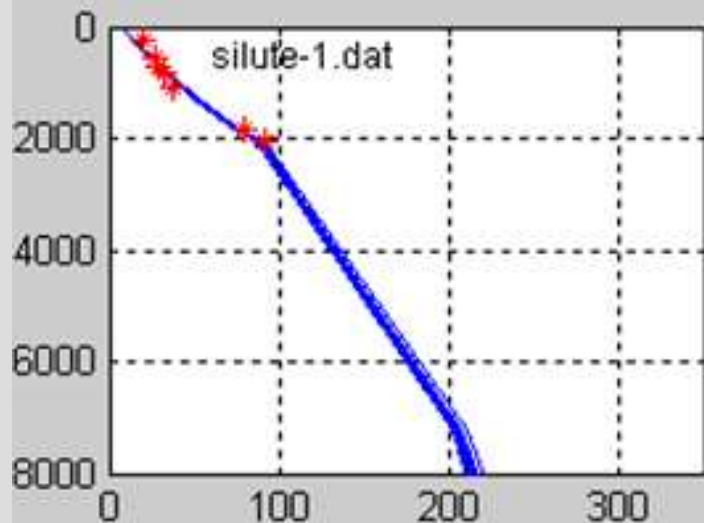
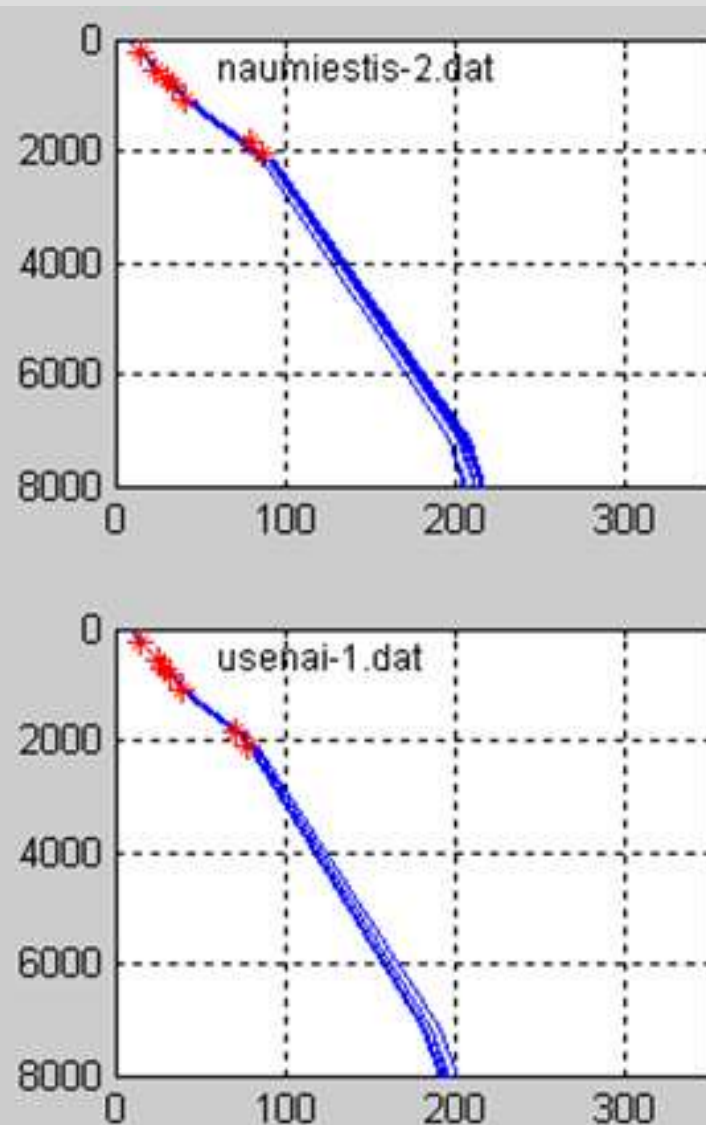
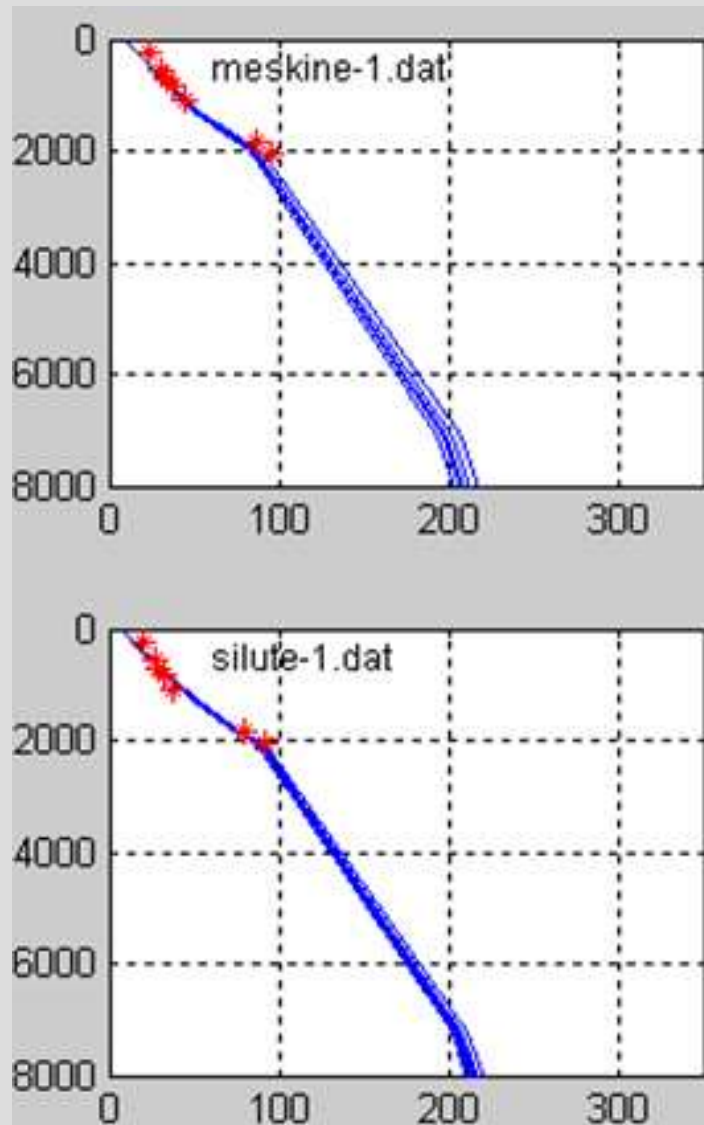
*Kristalinio pamato
plyšiuotos uolienos
Žemaičių Naumiesčio
gręžinyje, 2,2 km gylis.*



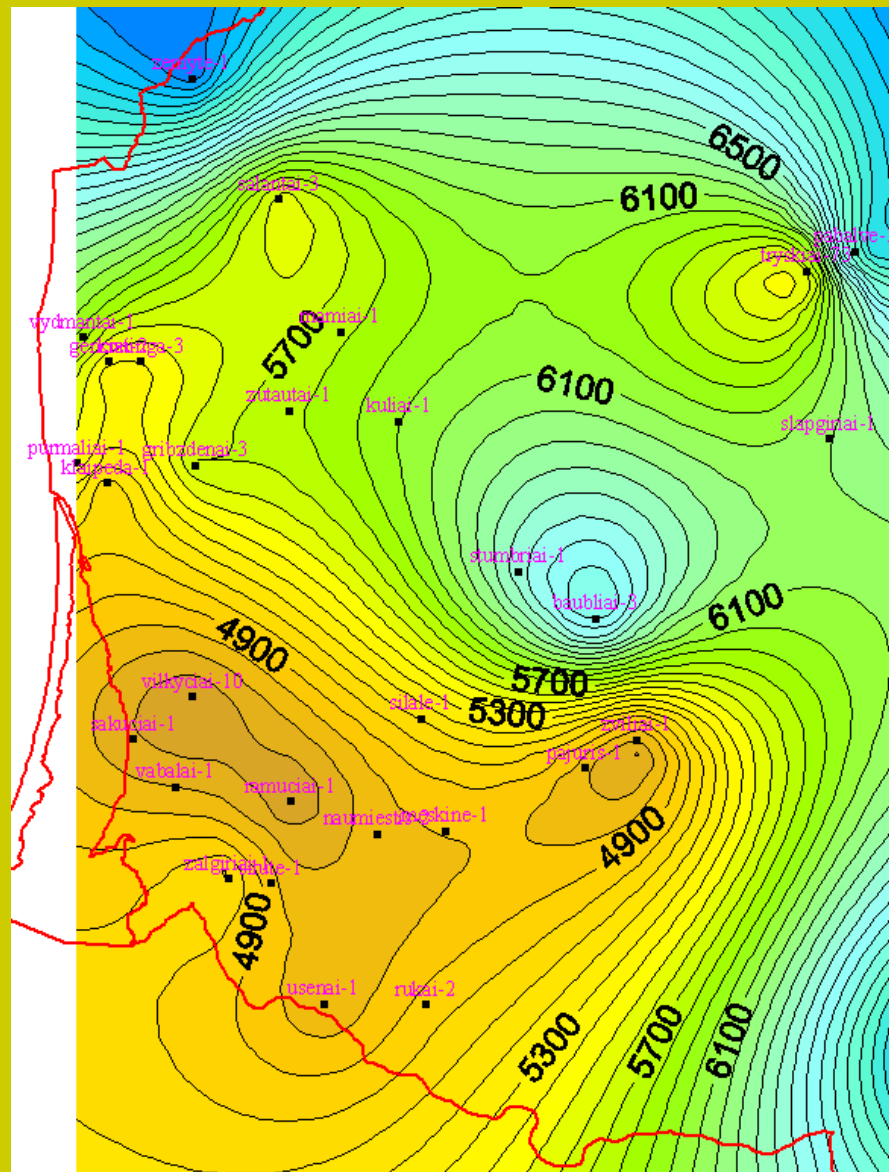
*Principinė geoterminės jėgainės
cirkuliacinės požeminės sistemos
Lietuvoje schema.*

EGS kolektoriaus parametrai (kol kas pasiekti)

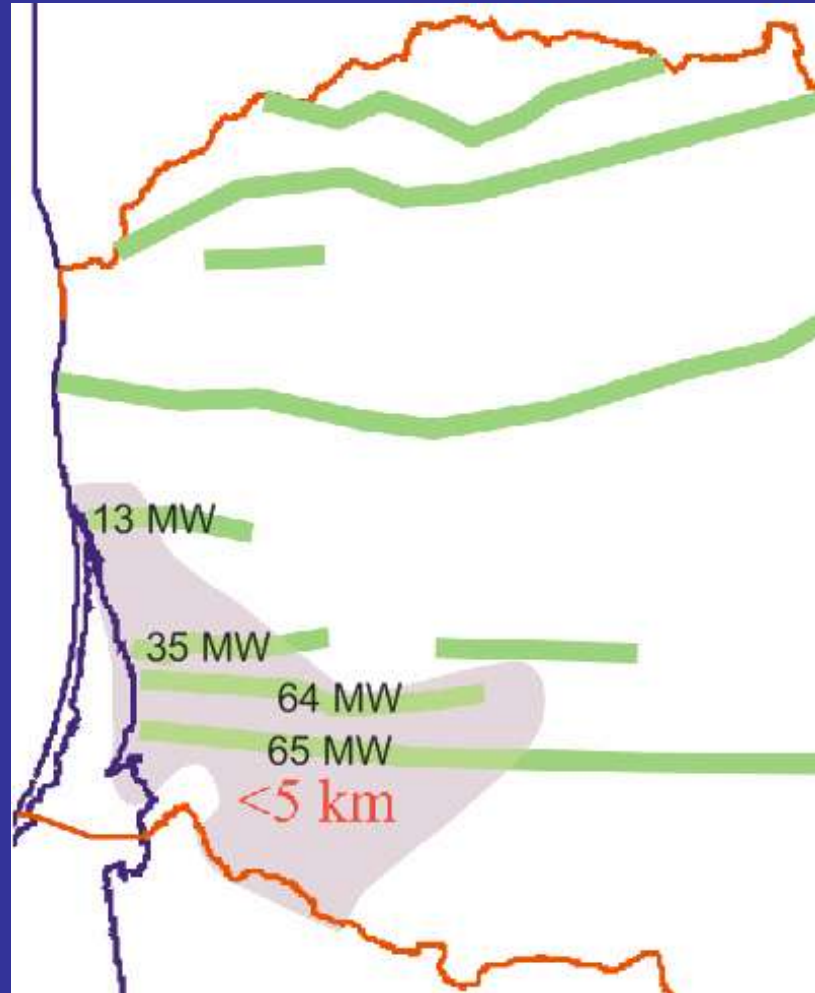
Rodiklis	Ekonominis tikslas	Iki šiol pasiektas geriausias
Telkinio gyvenimo trukmė (atšalimas)	20 metų	5 metai
Temperatūra	150-200°C	270°C
Atstumas tarp gręžinių (uolienų suplėšymas)	600 m	600 m
Pasipriešinimas injekcijai	0,1 MPa/(l/s)	0,29 MPa/(l/s)
Cirkuliacijos debitas	75 l/s	26 l/s
Vandens praradimas	10%	0%
Atšalimas	10% po 20 metų	Duomenų nėra
Kolektoriaus dydis	300 mln.m ³	Duomenų nėra
Plyšių paviršiaus plotas	10 mln.m ²	Duomenų nėra



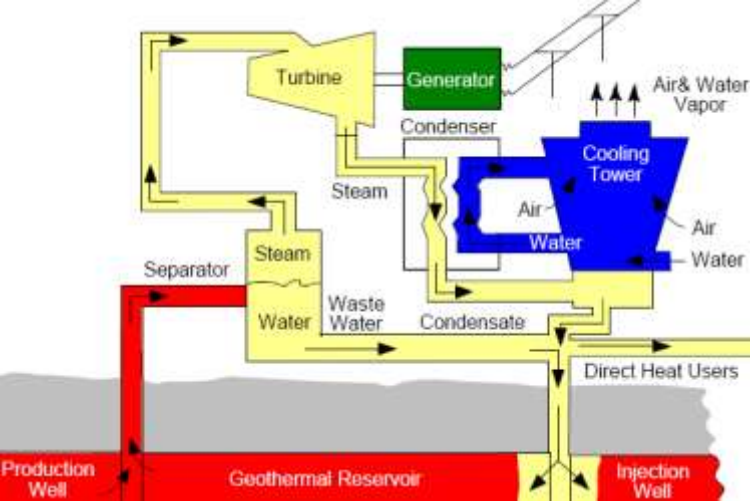
Temperatūrų pasiskirstymas Naumiesčio GR. Raudoni taškai rodo išmatuotas temperatūras, linijos – modeliuotos geotermos (su tam tikra tikimybe)



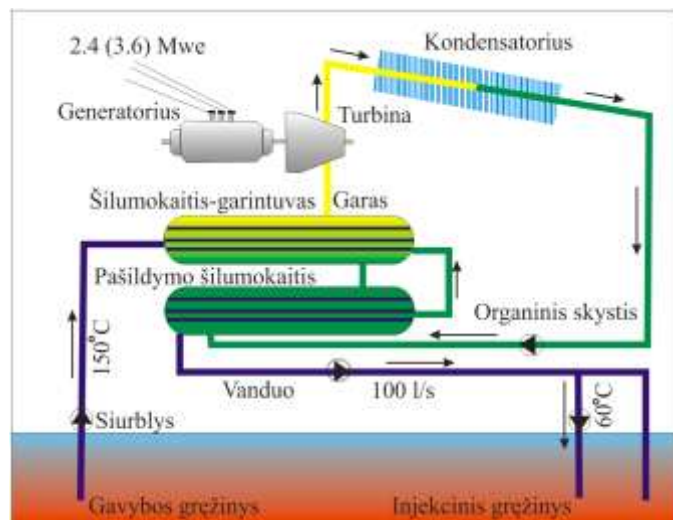
150°C izotermos gylių žemėlapis Vakarų Lietuvoje



Geoterminių tektoninių zonų elektros gamybos potencialas (bendras 242 MW)
PV Lietuvos anomalijos bendras potencialas yra 2,2 GW.



Flush tipo elektrinės schema



Binarinio tipo elektrinės schema. Darbo skystis aušinimas gali būti oru (kaip parodyta schemoje) arba vandeniu.

ORC ciklo elektros energijos gamybos efektyvumą galima įvertinti pagal žemiau pateiktą formulę:

$$\eta_{th} = 0.0935 \cdot T - 2.3266,$$

čia η_{th} – efektyvumas procentais, T – temperatūra (°C).

Priimant 150°C darbinę temperatūrą, sistemos efektyvumas yra **11,7%**.

Kalinos cikle naudojamos kelių skysčių mišinys. Santykis gali būti skirtingas, tačiau dažniausiai minimas 70% azoto (NH₃) ir 30% vandens (H₂O) mišinys. Kalinos ciklo efektyvumas, lyginant su vandens-garų sistemos efektyvumu, yra **2-3%** didesnis. Lyginant su ORC jis efektyvesnis esant temperatūromis žemesnėmis nei 130-140°C. Šiuo metu dirba tik viena jėgainė, kuri naudoja Kalina ciklą (Islandijoje), ir yra gana daug elektrinių, kurios naudoja ORC schemą. Šie du metodai nėra konkuruojantys – pasirinkimas priklauso nuo konkrečių sąlygų. Tiek Kalina ciklui, tiek ORC ciklui naudojamos ašinės turbinos, kurios yra tipiškos ir vandens-garo įprastinėse sistemose.



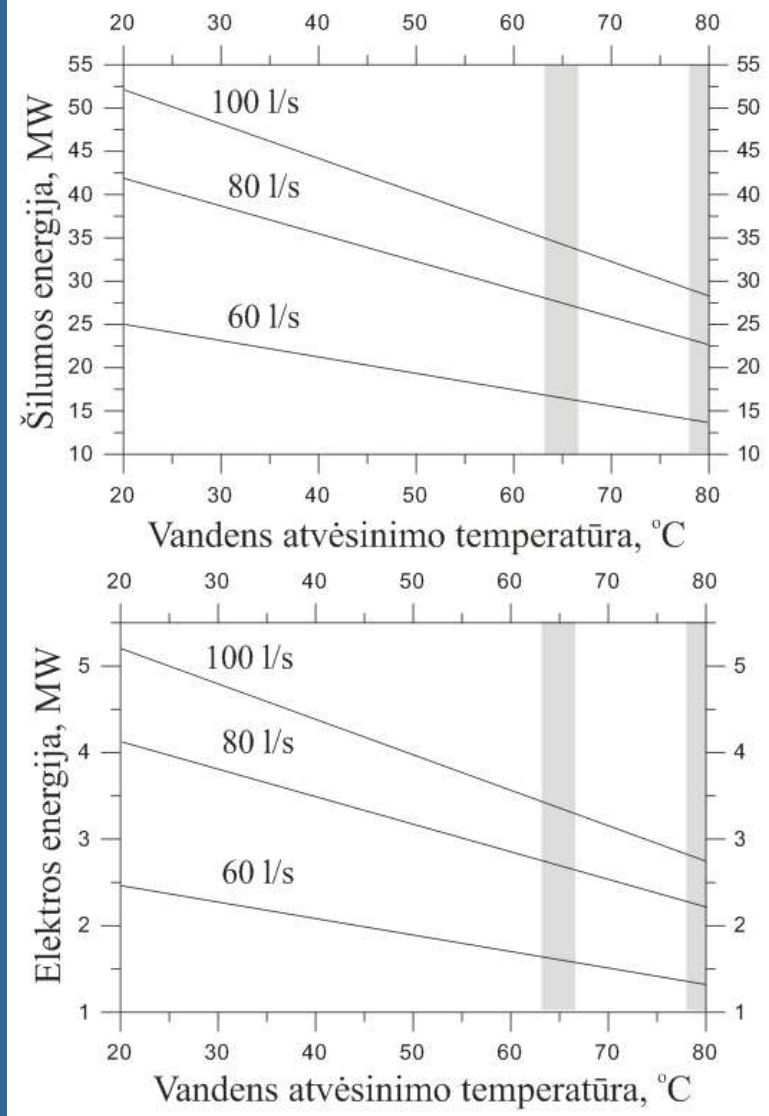
Binarinė geoterminė elektrinė, Wendell-Amadee, Kalifornija (dirba autonominiu režimu). Aušinimas oru

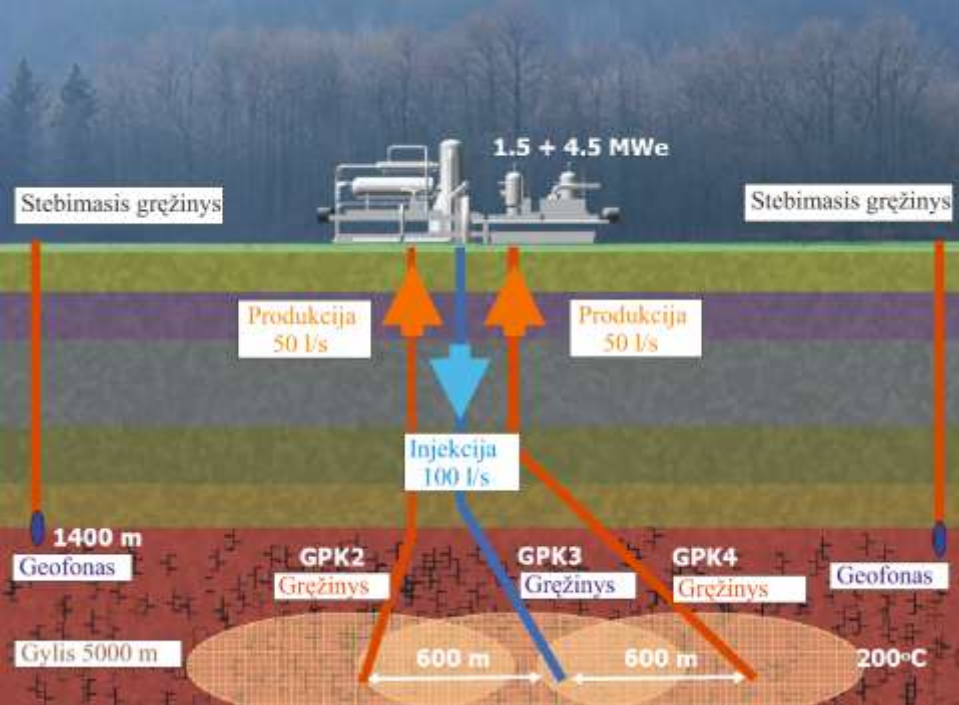


Tipinę EGS jėgainės schemą Lietuvoje galima apibūdinti šiais rodikliais:

- Gręžinių skaičius – du (dupletas) arba trys (tripletas);
- Gylis – 4-5 km;
- Vienas injekcinis siurblys (400 m gylyje);
- Telkinio temperatūra – 150°C;
- Vandens debitas – 75-100 kg/s;
- Injekcinio vandens temperatūra – 65-75°C;
- Binarinę sistema sudaro ORC ciklas – efektyvumas 10-12,5%;
- Bendras jėgainės galingumas – 3-4 MW;
- Parazitinė elektra, kurią sunaudoja injekcinis siurblys – 1,0-1,5 MW;
- Telkinio gyvenimo trukmė – 20-30 metų.

Lietuvos sąlygomis 3,5 MW elektrinės kaštai:
Kapitaliniai įdėjimai – 85-100 mln.Lt
Eksploatacinės išlaidos – 76-255 mln.Lt (30 m.)
Savikaina – 24-52 cnt/kWh (be pinigų kainos)

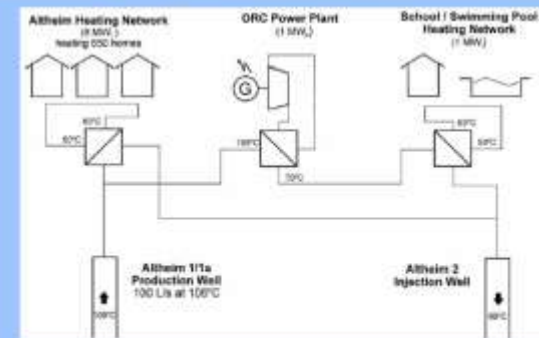




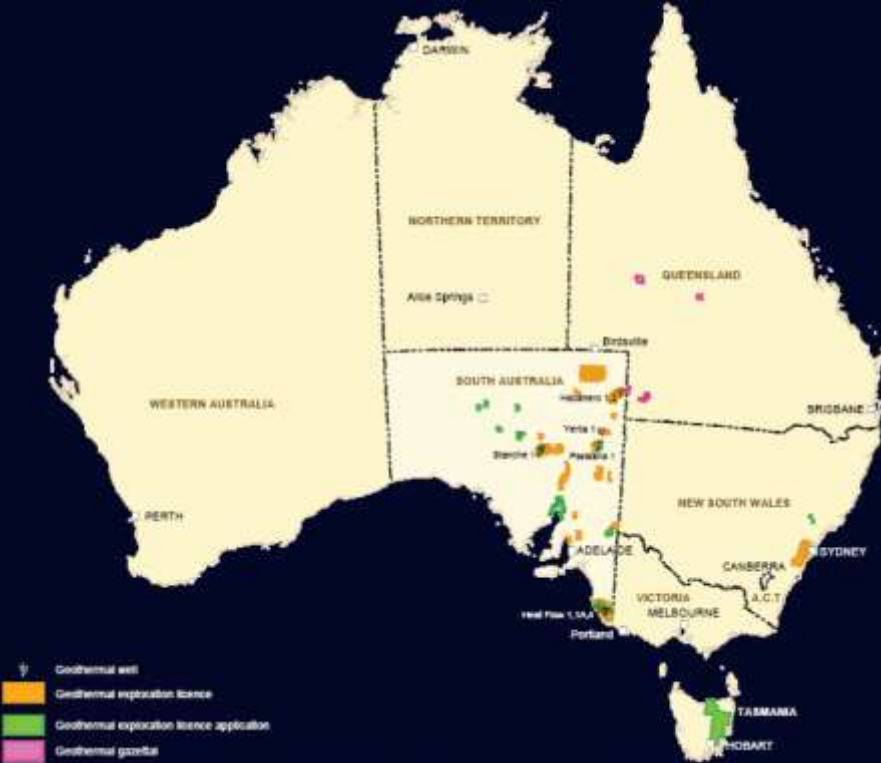
Soultzo elektrinės schema



- Altheim, Austria
- 1 MWe ORC
- 10 MWt – 4.7c/kWh
- Well: 2,300 m
- 106°C @ 100 L/s



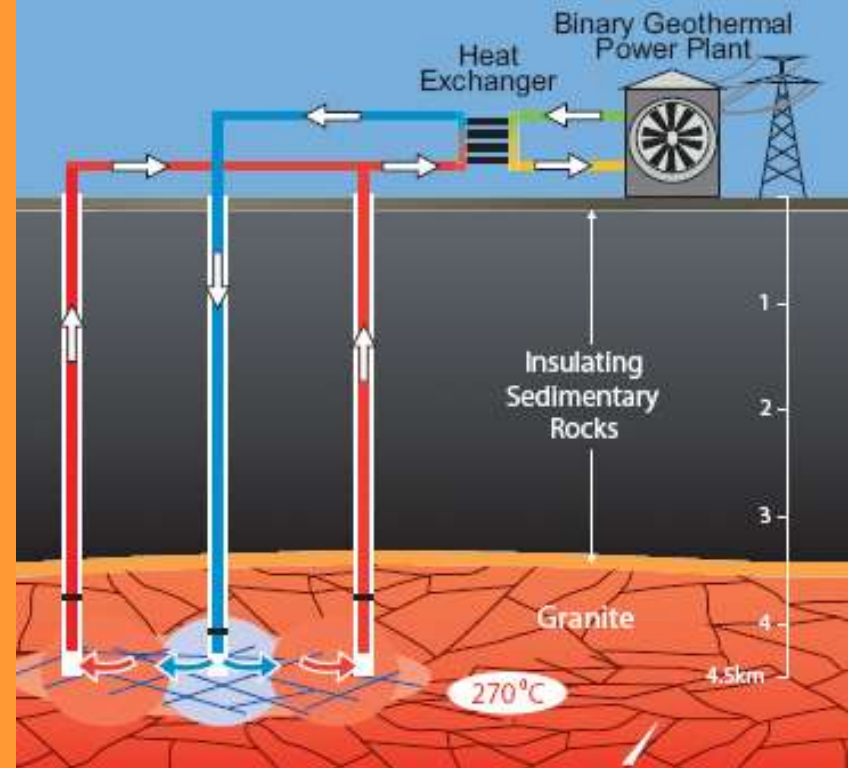
Altheimas, Austrija



Geoterminių telkinių paieškų licenciniai plotai Australijoje (geltona – išduotos, žalios – paruoštos licencijavimui). 2006 m. rugpjūčio mėn.

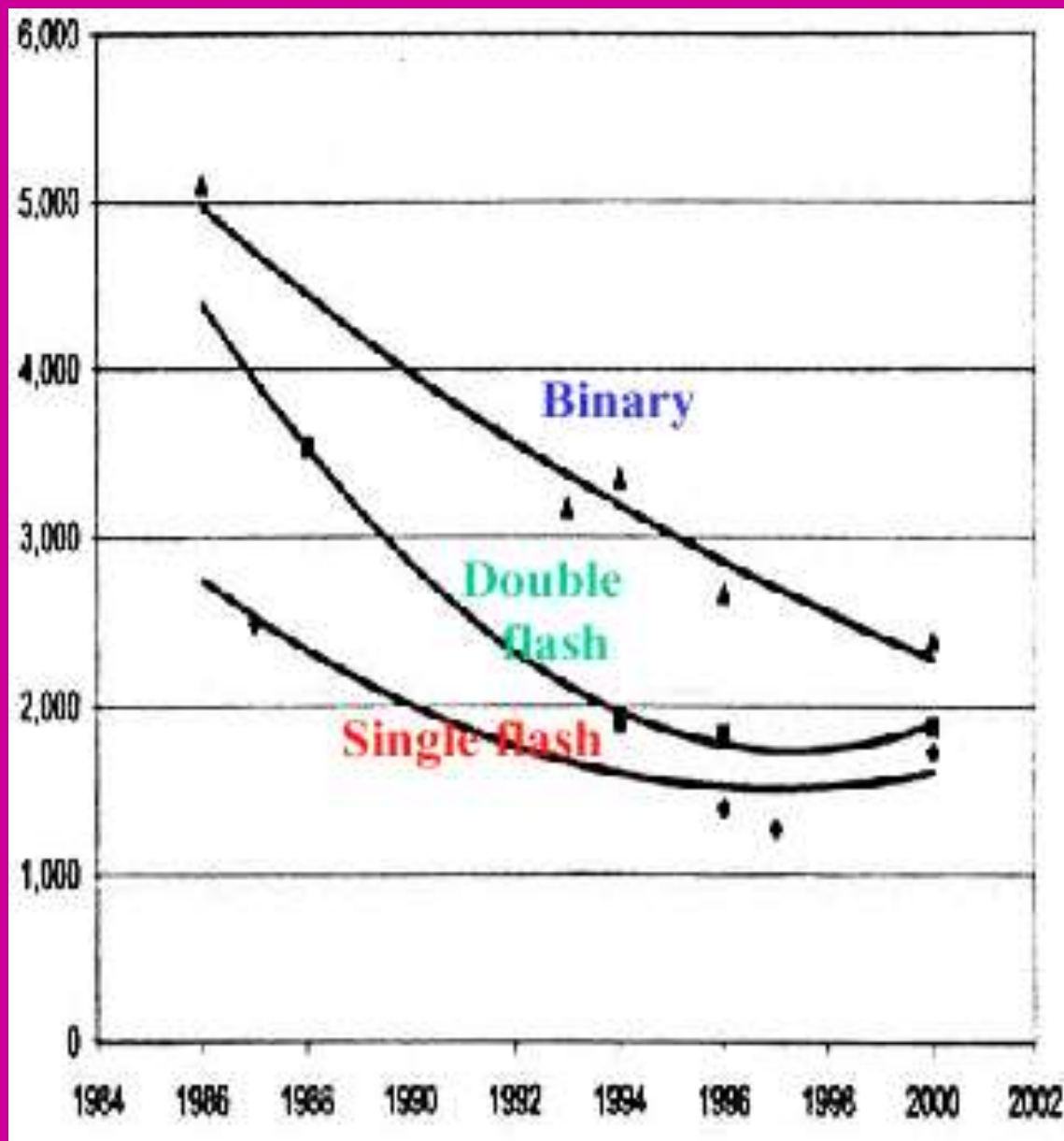
AUSTRALIJA

Nuo 2004 m. išduotos 103 licencijos geoterminių telkinių žvalgybai ir geoterminių jėgainių steigimui.



Habanero projektas, Australija (supaprastinta schmea)



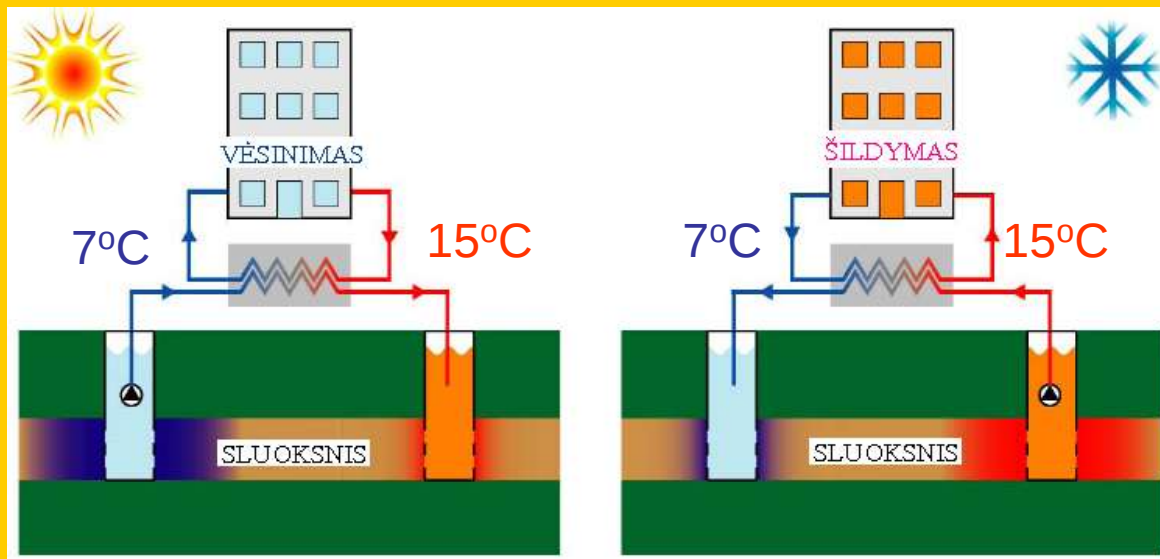


Geoterminės energijos kainų kitimo tendencija nuo 1984 m.

III. Šilumos saugojimas

Požeminės (geologinės) šilumos energijos saugyklos (UTES)

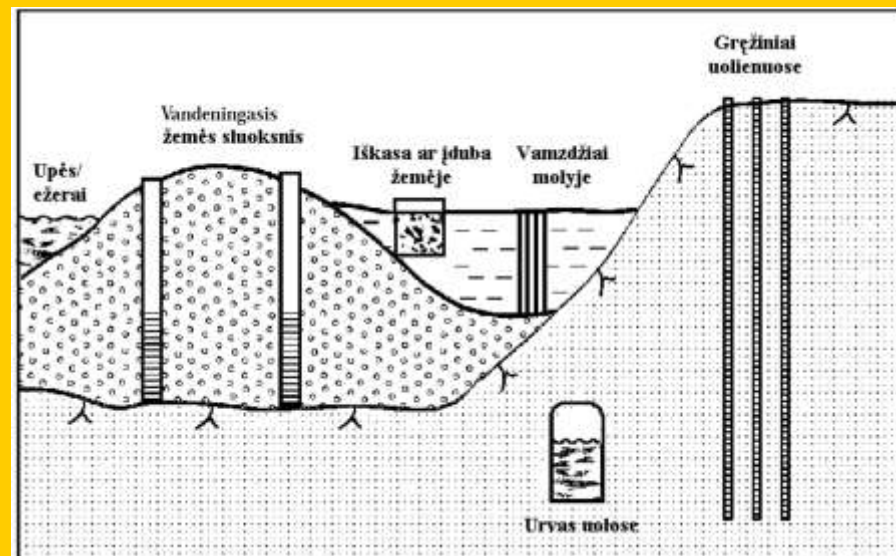
Energijos konservavimo būdas



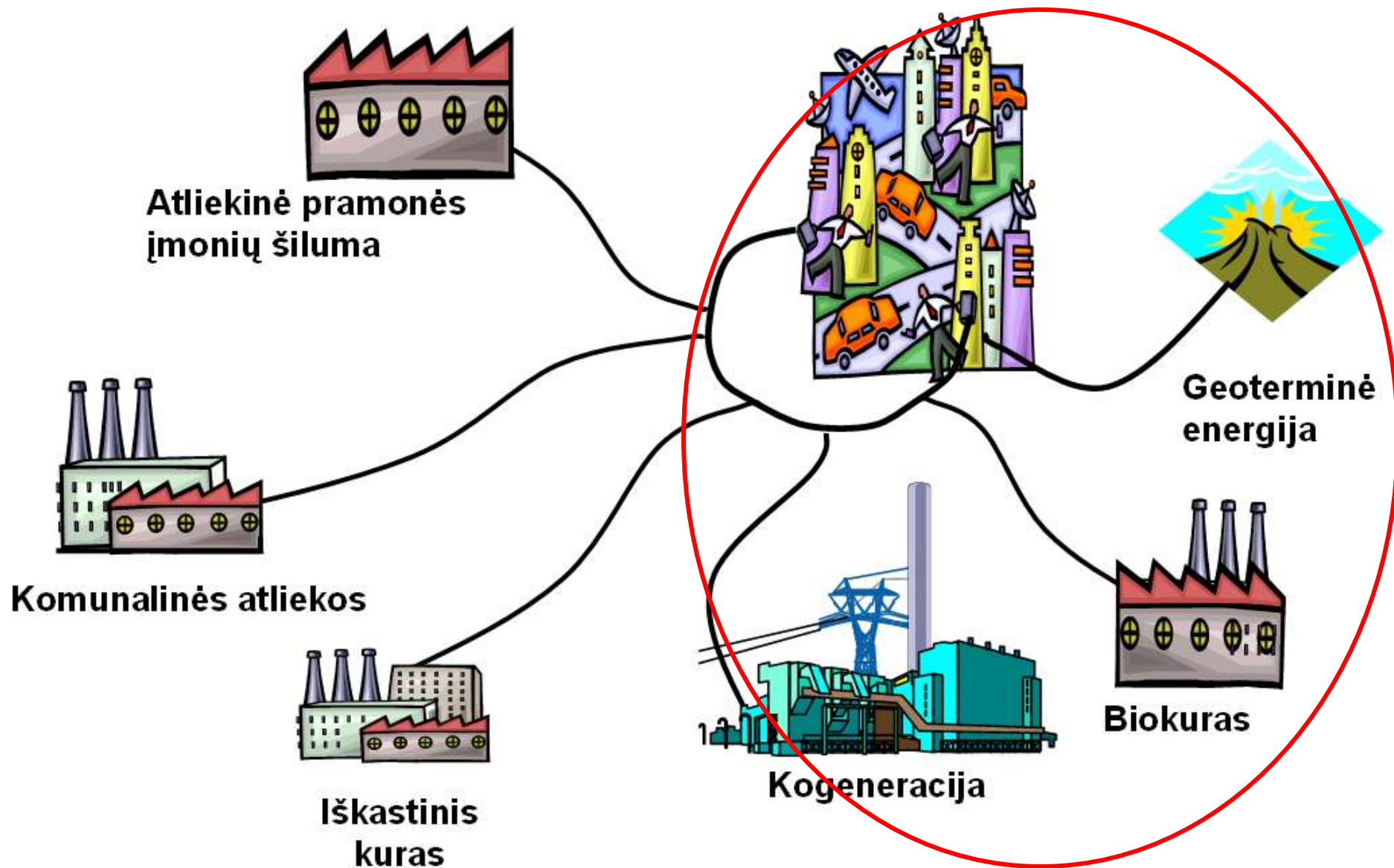
Dažnai šilumos gamyba ir poreikis labai skiriasi sezonais.

Pavyzdys: kogeneracinės stotys gamina šilumą ir elektrą (tai racionalus būdas efektyviai panaudojant energijos resursus), tačiau šilumos poreikis vasarą ir žiemą yra labai skirtingi. Tai sezoninė geologinė šilumos energijos saugykla.

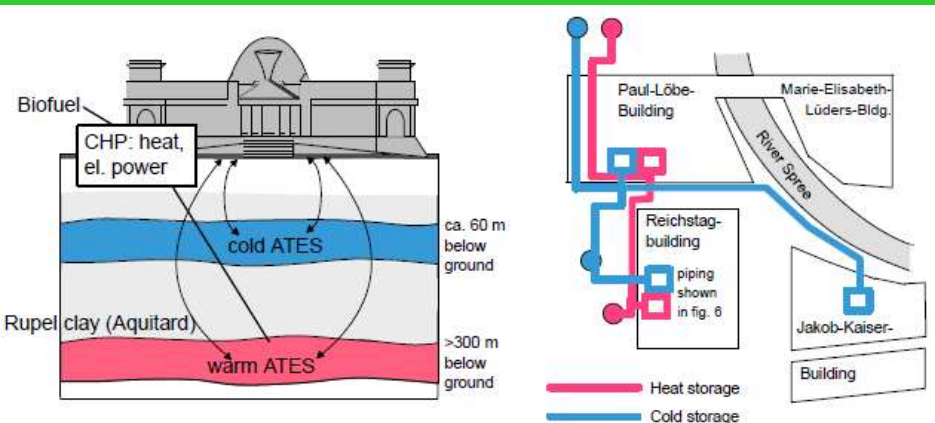
Technologijos: (a) šilumos saugojimas vandeninguose sluoksniuose; (b) šilumos saugojimas gręžiniuose (šilumokaitis); (c) kitos (kavernose,)



Centralizuotas šilumos tiekimas – lanksti, patikima ir galinti naudoti įvairų kurą sistema

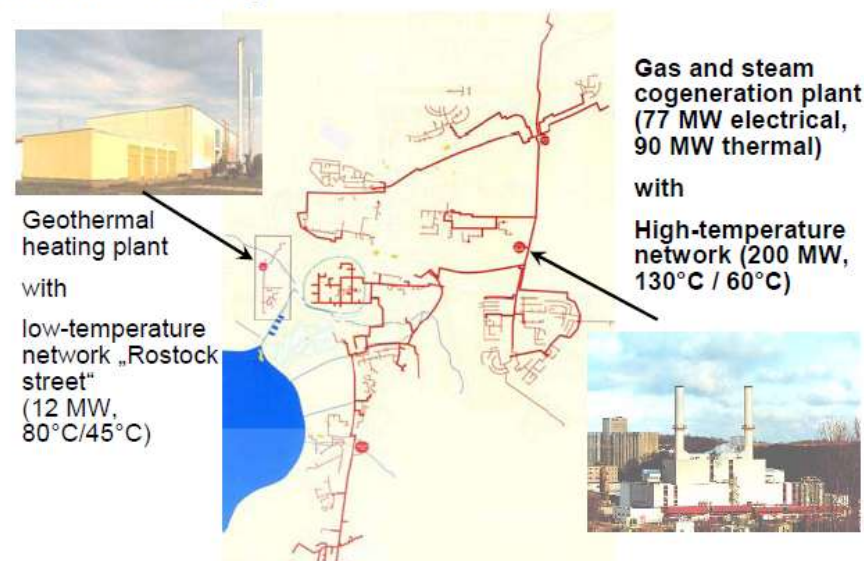


ATES Reichstage Berlyne



Summer	mean production temp.	20 °C
(loading)	injection temperature	70 °C
	stored heat	2.650 MWh/a
Winter	production temperature	65 ... 30 °C
(retrieving)	heat retrieved	2.050 MWh/a

Neubrandenburg



Geological formation	Upper Postera sandstone
Depth	1,228 m – 1,268 m
Reservoir temperature	55 °C
Mineralisation	135 g/l
Porosity	26.6 %
Permeability	0.94 μm^2 – 2.8 μm^2
Number of wells	2
Internal distance	1,300 m
Production and injection flow rate	100 m ³ /h
Start of operation	2004
Injection temperature	80 °C
Discharging temperature (5th year)	78 °C – 72 °C

APIBENDRINIMAS (I)

Hidroterminiai sluoksniai turi didžiulį potencialą Lietuvoje šilumos energijos tiekimui (praktiškai kiekvienas miestas vakarinėje Lietuvos pusėje gali būti ekonomiškai apšildomas naudojant geologiniuose sluoksniuose esančią šilumos energiją).

APIBENDRINIMAS (II)

Elektros gamybos, naudojant geoterminę energiją, ateitis iš esmės yra susijusi su dirbtinių geologinių šilumokaičių įrengimo patirtimi. Pirmasis sėkmingas projektas Europoje įgyvendintas Soultze.

Geoterminė “karštinė” Australijoje.

Tai turėtų sudaryti technologinę platformą geoterminių elektrinių statybai Lietuvoje.

Ačiū už dėmsį

