

## GEOTECHNOLOGIJOS

### ŽEMĖS GELMIŲ ŠILUMA LIETUVOJE: EKOLOGIŠKA, ATSINAUJINANTI ENERGIJOS RŪŠIS

**Povilas Suveizdis, Vita Rasteniėnė**

*Geologijos ir geografijos institutas, T. Ševėenos g. 13, LT-03223, Vilnius*

*El. paštas: vita.rasteniene@geo.lt*

#### Įvadas

Alternatyvių atsinaujinančių energijos rūšių paieška pasaulyje ir Lietuvoje įgyja vis didesnę reikšmę. Tai daryti skatina ne tik senkantys tradicinių energijos gavybos šaltinių (anglių, naftos, dujų) ištekliai, bet ir didėjanti aplinkos (ypač atmosferos) tarša, avarinių situacijų grėsmė ir kt. Nacionalinėje energijos vartojimo efektyvumo didinimo programoje (Nacionalinė..., 2002) numatyta iki 2010 m. pasiekti, kad apie 12% pirminių energijos išteklių būtų pakeista vietiniais atsinaujinančiais ir atliekiniais energijos šaltiniais. Vienas tokių atsinaujinančių energijos šaltinių Lietuvoje neabejotinai yra geoterminė energija, kurios dideli ištekliai aptikti vakarinėje šalies dalyje (Bičkus, Rasteniėnė, Suveizdis, 2004).

#### 1. Žinios apie atliktus tyrimus

Išsamesni duomenys apie Žemės gelmių šilumą Lietuvoje pradėti kaupti išgrėžus pirmuosius giliuosius gręžinius, daugiausia ieškant naftos. Tų duomenų pagrindu iki pereinamo šimtmečio 7-o dešimtmečio buvo nustatyta, kad didesnėje Rytų ir Vidurio Lietuvos teritorijos dalyje geoterminiai rodikliai beveik prilygsta vidurkiniams fono dydžiams, kaip antai geoterminis gradientas yra 2–3°C/100 m, o šilumos srautas – apie 45 mW/m<sup>2</sup>. Tuo tarpu Vakarų Lietuvoje gręžiniais visai nelauktai buvo nustatyti visai kiti, t.y. anomalūs, geoterminio lauko rodikliai. Optimaliais jų dydžiais išsiskiria giliųjų tektoninių lūžių zonos Šilalės, Šilutės bei Tauragės rajonuose. Čia geoterminis gradientas siekia per 3,5–4,0°C/100 m, o šilumos srauto intensyvumas – 100 mW/m<sup>2</sup>. Kadangi šie anomalūs rodikliai nustatyti didokame Lietuvos, Karaliaučiaus (Rusijos Kaliningrado sr.) krašto vakariniame pakraštyje, kartu ir gretimose Baltijos jūros akvatorijoje, konstatuota, kad čia egzistuoja plataus masto regioninė Baltijos geoterminė anomalija (Чермак, Чепмен, Поллак и др., 1982).

Geoterminius tyrimus nuo 1987 m. pradėjo Lietuvos geologijos institutas. Bendradarbiaudami su Sankt Peterburgo Kalnų institutu mokslininkai kompleksiskai (įvairiais metodais) įvertino geologines ir technines ekonomines Vakarų Lietuvos geoterminės anomalijos sąlygas. Vakarų Lietuvos geoterminė anomalija Žemės gelmėse buvo išryškinta įvairių lygių ir sąlygų atžvilgiu: petrogeoterminių – kristaliniame pamate ir hidrogeoterminių – nuosėdinės dangos trijuose giliuosiuose (kambro, apatinio–vidurinio devono ir vidurinio–viršutinio devono) hidrogeoterminiuose horizontuose (Kepežinskas, Rasteniėnė, Suveizdis, 1996). Geoterminės energijos ištekliai apskaičiuoti įvairiais lygiais ištyrus Sankt Peterburgo Kalnų institute parengtomis metodikomis temperatūros, kolektorines, hidrochemines ir kitas

geoterminiam potencialui išaiškinti reikalingas sąlygas (Suveizdis, Rastenenė, 1993). Skaičiuojant išteklius atskirai įvertintas aukštesnio patikimumo ( $C_3$  kategorija) potencialas, kuriuo remiantis galima projektuoti objektuose geoterminės cirkuliacinės sistemos (GCS) įsisavinimą bei atlikti didesnės Lietuvos teritorijos bendruosius prognozinis skaičiavimus (P1 kategorija). Tačiau įvertinant geoterminius išteklius, skirtingai nuo kitų Žemės gelmių turtų, būtina atsižvelgti į labai svarbų natūralų tos energijos atsinaujinimo veiksni. Kai kuriuose GCS objektuose panaudotos geoterminės energijos atsinaujinimas yra ateities tyrimų uždavinys, įvairiai sprendžiamas skirtingose gamtinėse situacijose. Apskritai nuosėdinėje dangoje esančių hidrogeoterminių kompleksų išteklių yra gerokai mažesni už petrogeoterminius techniškai prieinamame kristalinio pamato gylyje (apie 6 km).

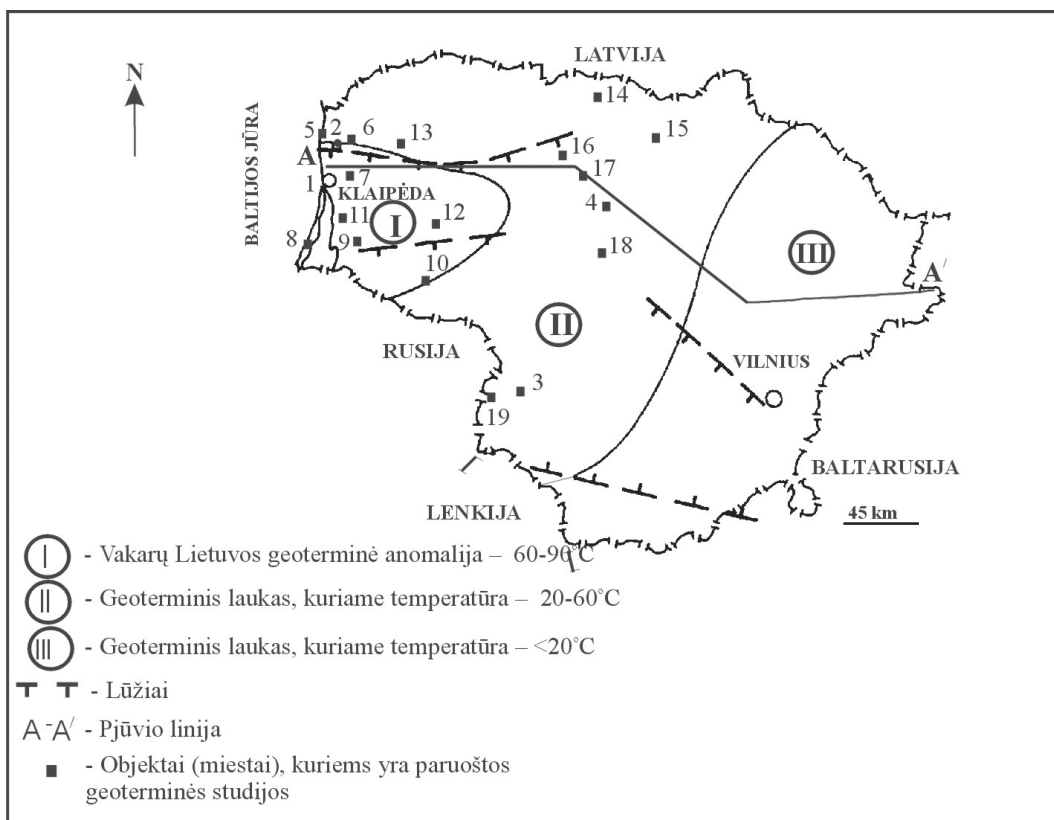
Organizaciniu požiūriu svarbesni įvykiai Lietuvoje susiję su Lietuvos geotermijos asociacijos (LGA) įkūrimu (1991) ir priėmimu į Tarptautinę geotermijos asociaciją (IGA). Tais pačiais metais įkuriamą valstybinę įmonę *Geoterma* tikslu organizuoti Lietuvoje geoterminių jėgainių ir šilumos tinklų statybą, eksploatavimą ir gautos šilumos realizavimą vartotojams. Pradiniame šios įmonės veiklos etape kartu su Lietuvos mokslinių institutų ir užsienio specialistais atlikta keletas specialių geoterminių projektų, kurių svarbiausias jau realizuotas Klaipėdoje – ten įkurta pirmoji Lietuvoje (ir Baltijos regione) pavyzdinė geoterminė jėgainė. Beje, šios ir kitų geoterminių jėgainių kūrimas pagrįstas svarbiausiu ir neišvengiamu Lietuvos sąlygomis cirkuliaciniu geoterminės sistemos technologijos principu, kuomet geoterminis vanduo iš gelmių patenka į paviršinių jėgainės technologinį kompleksą ir, atidavęs šilumą, vėl grąžinamas į sluoksnį uždara sistema.

## 2. Žemės gelmių šiluma Lietuvoje

Geoterminės energijos intensyvumas Lietuvos teritorijos gelmėse tiesiogiai susijęs su mantijos gyliu bei virš jos esančių Žemės sluoksnių geologine sandara – egzistuojančiais lūžiais, plyšiais bei struktūromis, jų tektoniniais judesiais, vulkanizmu, Žemės drebjimais bei kitais Žemės plutoje vykusiais geologiniais procesais. Žemės šiluma (geoterminė energija) iš gelmių link paviršiaus sklinda šiluminės kondukcijos (molekulių šiluminės energijos perdavimas) būdu iš mantijoje kylančios magmos ir jos intruzijų į Žemės plutą. Geoterminę energiją pagal nuoseklaus įsisavinimo prieinamumą sudaro: žemės (grunto) energija (sekieji geoterminiai išteklių), artezinių vandeningųjų sluoksnių hidrogeoterminė energija (hidrogeoterminiai išteklių), karštų sausų uolienų (petrogeoterminė) energija (petrogeoterminiai išteklių) ir magmoje akumuliuota energija.

Lietuvoje kol kas realiai naudojama mišrioji – Žemės ir Saulės išildomos aeracijos zonos vandens šiluminė ir giliau esanti – hidrogeoterminė – energija. Ateityje bus galima naudoti ir karštų sausų uolienų (petrogeoterminę) energiją.

Lietuvos teritoriją geologinės sandaros ir temperatūros atžvilgiu galima suskirstyti į tris zonas (1 pav.), kuriose projektuotini įvairūs geoterminiai objektai. Skersiniame Lietuvos geologiniame profilyje išryškinta erdvinė nuosėdinės stromės ir hidrogeoterminių horizontų padėtis (2 pav.). Gelmių geologinę sandarą sudaro dviejų tipų uolienos: kristalinio pamato magminės ir metamorfinės kompaktiškos, bevandenės uolienos (karštos sausos uolienos) ir per visus geologinius periodus susidariusios fanerozojaus nuosėdinės uolienos, kuriose laidūs fluidams sluoksniai susisluoksniavę su nelaidžiais. Nuosėdinės dangos storis kinta nuo >2300 m (prie Klaipėdos) iki maždaug 200 m (Pietų ir Rytų Lietuva). Nuosėdinėje dangoje yra trys regioniniai hidrogeoterminiai kompleksai: vienas – kambro ir du – devono uolienose.



**1 pav.** Lietuvos geoterminio lauko rajonavimas pagal kambro kraigą.

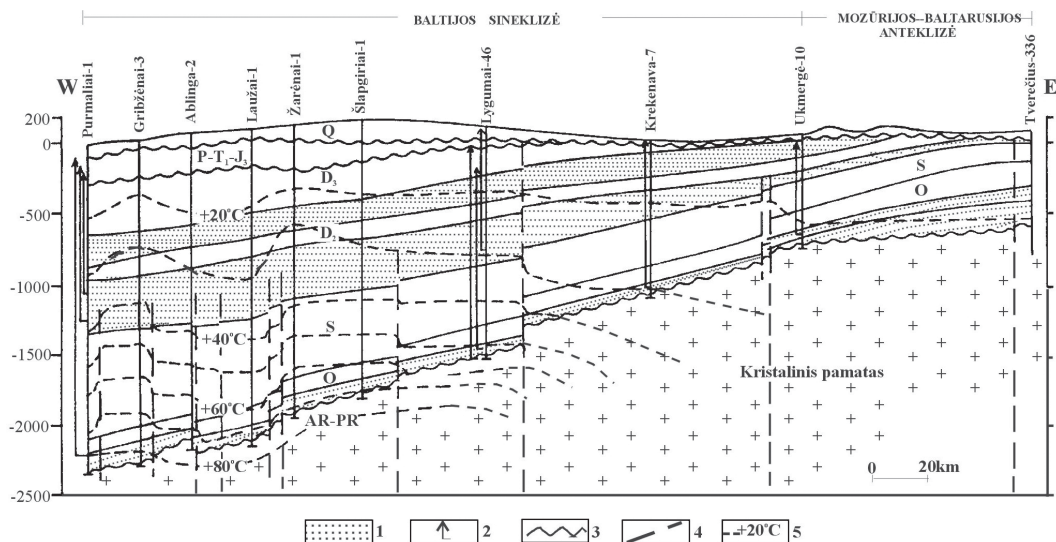
Geoterminės energijos praktinio naudojimo ir perspektyvūs objektai: 1 – Klaipėdos pavyzdinė geoterminė jėgainė, 2 – Vydmantų geoterminiai gręžiniai (2), 3 – Vilkaviškio balneologinis geoterminis projektas, 4 – Baisogala, 5 – Palanga, 6 – Kretinga, 7 – Gargždai, 8 – Nida, 9 – Šilutė, 10 – Lauksargiai,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

**Fig. 1.** Subdivision of geothermal field of Lithuania according to the Cambrian roof.

Practically used and promising objects of geothermal energy: 1 – Klaipėda geothermal demonstration plant, 2 – geothermal wells (2) in Vydantai, 3 – balneological geothermal project in Vilkaviškis, 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.

Pirmiausia, dar 1989 m., buvo įvertinti petrogeoterminiai išteklių Vakarų Lietuvoje (Vakarų Lietuvos geoterminė anomalija) iki gręžiniais pasiekiamo 6 ir 10 km gylio (Сувейздис и др., 1989). Tai visi uolienuų masyve esantys potencialūs energijos išteklių. Nors skaičiais išreiškiami bendri išteklių yra santykiniai, nes tai atsinaujinantieji išteklių, vis dėlto ilgalaikiams strateginiams vertinimams svarbu jų skaitmeninė reikšmė. Taigi iki 6 km gylio petrogeoterminių išteklių yra 298,5x10<sup>9</sup> t sąlyginio naftos ekvivalento. Papildomai buvo įvertinti išteklių iki 3 ir 7 km gylio. Apie Vakarų Lietuvos petrogeoterminių išteklių panaudojimą šilumos bei elektros energijai gamybai yra atliktos kelios studijos.

Vėliau buvo atskirai įvertinti ir nuosėdinėje dangoje esančių regioninių hidrogeoterminių kompleksų išteklių (Suveizdis ir kt., 1992). Išteklių įvertinimo samprata pavaizduota schematiškai (3 pav.).



**2 pav.** Geologinis pjūvis A–A' Pūrmalīai-1–Tverėčius:

1 – regioniniai hidrogeoterminiai kompleksai, 2 – požeminio vandens pjezometrinis lygis, 3 – stratigrafinė nedarna, 4 – tektoniniai lūžiai, 5 – geozoterma.

**Fig. 2.** Geological section A–A' Pūrmalīai-1–Tverėčius:

1 – regional hydrogeothermal complexes, 2 – piezometric level of groundwater, 3 – stratigraphic disharmony, 4 – tectonic faults, 5 – geoisotherm.

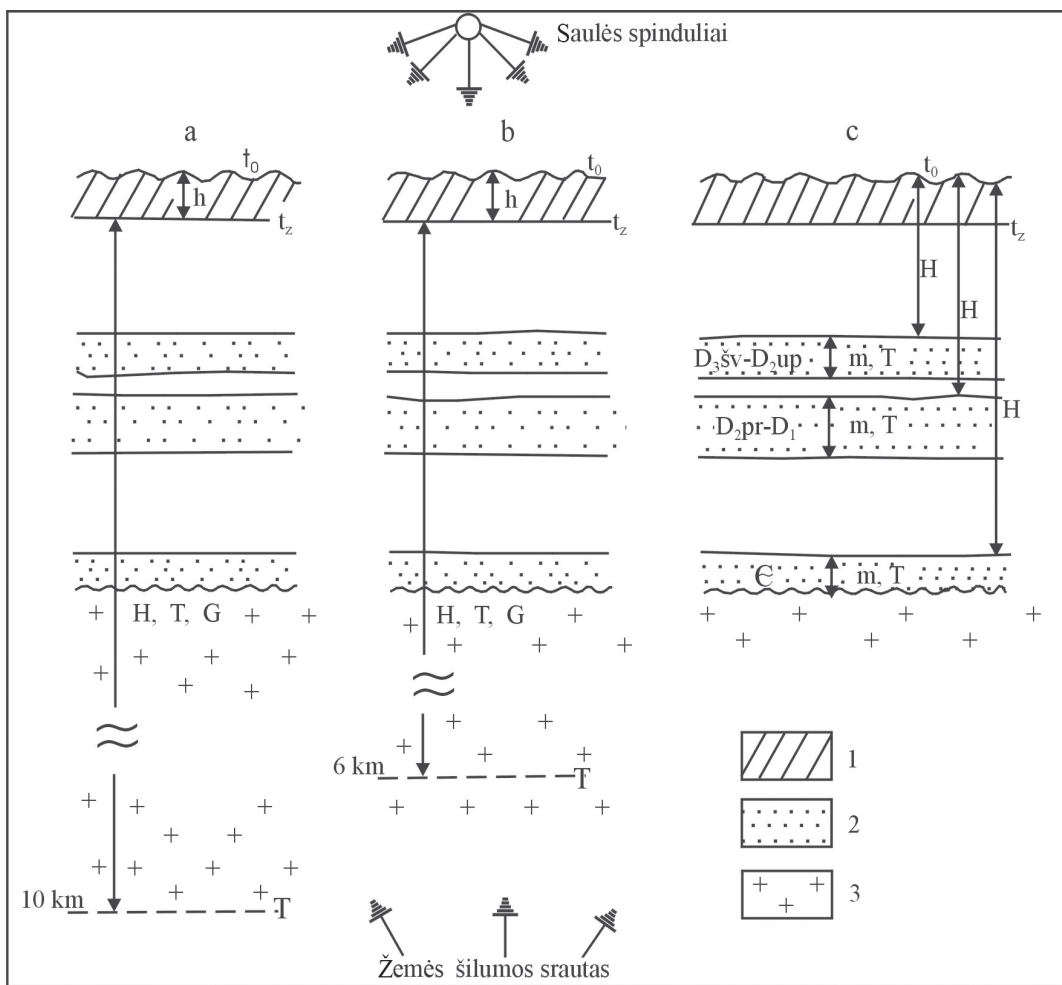
Daugiausia hidrogeoterminių išteklių yra sutelkta trijuose regioniniuose hidrogeoterminiuose kompleksuose: giliausiame – kambro, viduriniame – apatinio ir vidurinio (Piarnu) devono ir viršutiniame – vidurinio (Upninkų svitos) ir viršutinio (Šventosios svitos) devono. Geoterminę energiją iš jų galima įsisavinti cirkuliacinės technologijos principu (gavybiniu gręžiniu pakeliant požeminį mineralizuotą karštą vandenį, kuris cirkuliuodamas uždara kilpa per šilumokaitį atiduoda šilumą termofikaciniam vandeniui ir po to injekciniu gręžiniu gražinamas į produktyvųjį horizontą). Visi šie kompleksai sudaryti iš terigeninių uolienu (įvairiagrūdžių smiltainių, susisluoksniavusių su aleurolitais ir moliais), besiskiriančių kolektorinėmis savybėmis. Šilumos tiekėjas – požeminis įvairios mineralizacijos ir cheminės sudėties vanduo.

Giliausio kambro hidrogeoterminio komplekso (kraigo gylis kinta nuo 500–2100 m) bendras uolienu storis kaitus (10,5–177 m). Nevienodas ir laidžių fluidams uolienu suminis storis: kinta nuo 5 m iki 66 m. Vidutinis poringumas – <20% (Vidurio Lietuva) ir <10% (Vakarų Lietuva). Požeminio vandens mineralizacija kinta nuo 0,2 g/l (Poškos-75) iki 201,2 g/l (Žalgiriai-1). Temperatūra – 7–93°C.

Apatinio ir vidurinio devono ( $D_1$ – $D_2$ ) hidroterminiai ištekliai jau naudojami Klaipėdos mieste patalpoms šildyti ir karštam vandeniui tiekti. Šio komplekso kraigo gylis – 400–900 m. Temperatūra – 10–50°C. Bendras storis kinta nuo 15 m (Navikai-1) iki 442 m (Laužai-1). Laidžių fluidams sluoksnių poringumas viršija 20–25%.

Vidurinio ir viršutinio devono ( $D_{2up}$ – $D_{3šv}$ ) hidrogeoterminiai ištekliai dar laukia savo vartotojo. Kraigas slūgso 100–670 m gylyje, bendras storis – 148–235 m (neerodotas), temperatūra – 8–33°C. Geologijos ir Lietuvos energetikos institutų atliktoje studijoje įvertinta šių išteklių panaudojimo galimybė (Rastėnienė ir kt., 1995).

Lengviausiai įsisavinami Lietuvoje arti Žemės paviršiaus esantys geoterminiai ištekliai, tiekiami vartotojui šilumos siurblių sistema. Tai vadinamieji seklieji (iki ~100 m gylio)



**3 pav.** Geoterminės energijos išteklių struktūros schema.

Petrogeoterminiai ištekliai: a) iki 10 km gylio, b) iki 6 km gylio; c) hidrogeoterminiai ištekliai kambro ir devono hidrogeoterminiuose kompleksuose:

1 – kaičios (žemiau – pastovios) laiko atžvilgiu temperatūros zona; 2 – vandeningieji kompleksai, kuriuose yra hidrogeoterminių išteklių; 3 – kristalinio pamato uolienos; H – gylis, T – temperatūra, G – geoterminis gradientas, h – nepastovios temperatūros zonos storis,  $t_0$  – vidutinė metinė temperatūra,  $t_z$  – „neutralaus sluoksnio“ temperatūra, m – komplekso storis.

**Fig. 3.** Schemes of the structure of geothermal resources.

Petrogeothermal resources: a) up to the depth of 10 km, b) up to the depth of 6 m, c) hydrogeothermal resources in the Cambrian and Devonian hydrogeothermal complexes:

1 – zone of temporally changing (below the stable value) temperature; 2 – aquiferous complexes with hydrogeothermal resources; 3 – rocks of crystalline basement; H – depth, T – temperature, G – geothermal gradient, h – thickness of the zone of unstable temperature,  $t_0$  – average annual temperature,  $t_z$  – temperature of the „neutral layer”, m – thickness of the complex.

geoterminiai ir mišrieji (kartu Saulės ir atmosferos įtakoti) ištekliai. Gėlas kvarterio nuogulų požeminis vanduo (bendroji mineralizacija – <1 g/l, gruntinis ir spūdinis) slūgso įvairios kilmės smėlinguose ir priemėlinguose dariniuose. Požeminio vandens temperatūra kaiti metų laikų ir gylio atžvilgiu. Žemiausia temperatūra būna kovą–birželį (<8°C), aukščiausia – rugpjūtį–gruodį (<15°C).

### 3. Geoterminės energijos panaudojimas užsienyje ir Lietuvoje

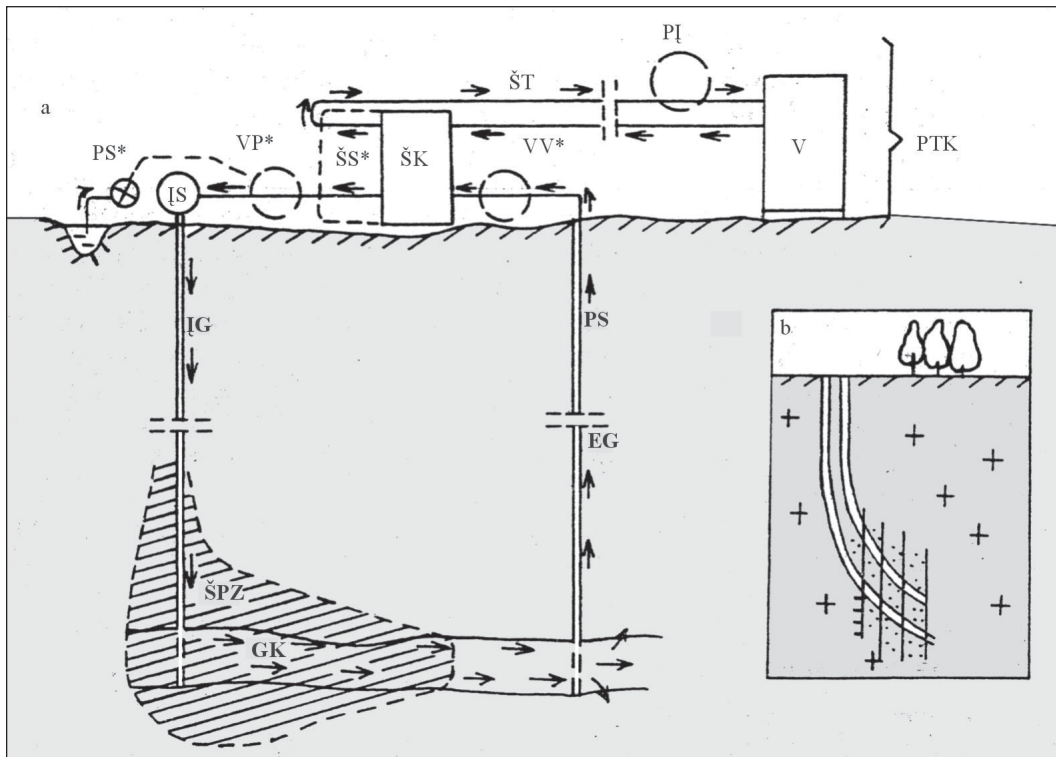
Užsienio šalių geoterminės energijos praktinio įsisavinimo patirtis rodo (Lund, 2004), kad jį lemia ne patys gamtiniai išteklių, o jų gavybos technologija ir šios energijos rūšies virsmas konkrečiu produktu. Pavyzdžiui, temperatūros atžvilgiu oficialūs „kuro standartai“ geoterminiams šilumos šaltiniams netinka, nes pastarųjų šiluminę potenciją lemia gamtinės sąlygos. Deginant kietąjį ar skystąjį kūrą susidaro kita situacija – galima pasiekti bet kurią norimą temperatūrą. Naudojant geoterminę energiją, aukštesnė temperatūra gaunama gilinant gręžinius. Tačiau tuomet sparčiai auga ir išlaidos. Todėl naudojami įvairūs techniniai sprendiniai bei priemonės: papildomo šildymo konvektoriai, šilumą akumuliuojantys siurbliai, kuriamos vadinamojo dinario ciklo geoterminės elektrinės. Taigi naudojant geoterminės energijos išteklius minimalią temperatūros ribą lemia ne kokie griežtai riboti geologiniai ar techniniai rėmai, bet, pirmiausia, – išlaidos tai geoterminiai energijai gauti. Suprantama, išlaidos priklauso ir nuo gamtinių rajono sąlygų, ir nuo šilumos energijos gavimo technologijos, taip pat atsižvelgiama ir į aplinkos ekologijos gerinimo efektą.

Terminis vanduo iš Žemės gelmių turi nemažą ištirpusių druskų kiekį, be to, ir dujų, kurie, kartu paėmus, yra kenksmingi gamtinei aplinkai. Radikaliausia priemonė išvengti teršimo – panaudotą terminį vandenį supumpuoti atgal į sluoksnį. Tačiau supumpavimui (injekcijai) reikalingi papildomi gręžiniai, kurie didina geoterminės energijos gavybos kainą. Stengiantis sumažinti kaštus, susijusius su gręžinių įrengimu, didinamas gręžinių debitas žeminant vandens lygį nardinamaisiais siurbliais. Atgal į sluoksnį pumpuojamas vanduo išlegiamas, t.y. naudojama vadinamoji cirkuliacinė geoterminė technologija. Ji jau paplitusi pasaulyje ir tinka tiek įsisavinant hidrogeoterminius, tiek petrogeoterminius išteklius. Geoterminės cirkuliacijos sistemos (GCS) skirstomos į tris dideles grupes: 1) su gamtiniu 2) su dirbtiniu ir 3) su kombinuotuoju kolektorais (4 pav.).

Cirkuliacinės sistemos su gamtiniu kolektoriumi gali būti įrengtos tik tam tikromis gamtinėmis sąlygomis. Šiam tikslui tinka netgi ne kiekvienas poringų ir plyšiuotų uolienų sluoksnis, kuriame yra reikiamos temperatūros vanduo. Prancūzų patirtis rodo, jog efektyviam GCS darbui reikiama vandens debitą (30–50 l/s) galima gauti sukūriant apie eksploatacinį gręžinį dirbtinę darbinę zoną (Geothermal..., 1981). Tai būtų trečiasis – kombinuotojo kolektoriaus – naudojimo atvejis. GCS su dirbtiniu kolektoriumi yra universalesnės. Jos įrengiamos masyviosiose uolienose, kurių aukšta temperatūra. Tačiau ekonomiškai tokia sistema gali ir neapsimokėti, nes techniškai dirbtinio kolektoriaus sukūrimas yra gana sudėtingas ir brangus.

Pasirenkant geoterminės energijos įsisavinimo būdus ir vietą, pirmiausia dėmesys kreipiamas į gamtines regiono sąlygas. Stambi Žemės plutos struktūra – Rytų Europos platforma, kurios vakarinėje dalyje ir yra Lietuva, pasižymi didesnėje teritorijos dalyje palyginti vidutiniu geoterminio lauko intensyvumu ir dideliuose plotuose mažai kintančiais parametrais (tai daugiausia 40–50 mW/m<sup>2</sup> šilumos srauto intensyvumo plotai) (Kepežinskas, Rastėnienė, Suveizdis, 1996). Tačiau šiame fone išsiskiria labai retos dviejų kategorijų sritys – mažareikšmės anomalijos ir didelio šilumos srauto intensyvumo sritys, kurių dauguma sutampa su egzistavusiomis tektoninėmis struktūromis bei jų neotektoniškai atsinaujinusiomis dalimis. Viena tokių būtų pakankamai stambi, kartu intensyviausia Baltijos anomalija (jos plotas pagal ribojančią 50 mW/m<sup>2</sup> intensyvumo liniją sudaro per 90 tūkst. km<sup>2</sup>).

Baltijos geoterminė anomalija išplitusi Vakarų Lietuvoje ir Baltijos akvatorijoje, taip pat Karaliaučiaus (Kaliningrado) krašto šiaurvakarinėje dalyje iki Elando ir Gotlando salų Švedijoje ir į pietvakarius nuo jų (Чермах, Чепмен, Поллак и др., 1982).



**4 pav.** Geoterminė cirkuliacijos sistema (GCS) ir jos įranga: a) dėl hidrogeoterminių išteklių; b) dėl petrogeoterminių išteklių:

IG – įslegiamasis (injekcinis) gręžinys; EG – eksploatacinis gręžinys; ŠPZ – šilumos ėmimo zona (štrichuota); GK – gamtinis kolektorius; PTK – paviršinis technologinis kompleksas; VV\* – vandens valymo įrenginys; ŠK – šilumokaitis; ŠS\* – šilumos siurblys; VP\* – vandens paruošiamasis įrenginys; IS – išlėgimo siurblys; PS – nardinamasis siurblys; PI – pašildymo įrenginys; ŠT – šilumos trasa; V – vartotojas; PS\* – paviršinis siurblys nutekėjusiam vandeniui kompensuoti („žvaigždute“ pažymėti esant būtinybei įjungiami GCS elementai).

**Fig. 4.** Geothermal circulation system (GCS) and equipment: a) for the hydrogeothermal resources; b) for the petrogeothermal resources:

IG – injection well; EG – production well; ŠPZ – thermal energy extraction zone (line-drawn); GK – natural reservoir rock (collector); PTK – surface technological complex; VV\* – water cleaning equipment; ŠK – heat exchanger; ŠS\* – heat pump; VP\* – water processing equipment; IS – injection pump; PS – downhole pump; PI – heating device; ŠT – heat piping; V – consumer; PS\* – surface pump for compensation of water leakages (asterisk for GCS elements switched on in cases of emergency).

Įvertinant kitų Europos šalių (Prancūzijos, Slovakijos, Lenkijos, Pietų Švedijos, Vokietijos ir kt.) geoterminės energijos išteklių naudojimo patirtį galima tvirtinti, jog ši energija taikant cirkuliacinę geoterminę technologiją daugiausia naudojama pastatų šildymui (Lund, 2004). Tokiais atvejais geoterminė energija visiškai ar iš dalies pakeičia šildymo sistemose organinį kurą. Pavyzdžiui, Pietų Švedijoje Lundo mieste (apie 70 tūkst. gyv.) veikianti GCS stotis dirba sezoniškai dvejopu režimu: 1) vasaros (gegužė–spalis) – šildymui (karšto vandens ruošimui) naudojant vien geoterminę energiją (tada šilumos vienetas atsieina 1,5–2 kartus pigiau nei deginant organinį kurą) ir 2) žiemos (lapkritis–balandis) – šildymui ir karšto vandens ruošimui naudojama kombinuotoji sistema: geoterminė energija sudaro 56%, dujos – 22%, elektros energija – 17%, nafta – 3% ir kietasis kuras – 1,5–2% (Sweden’s..., 1989). Kitu atveju – Latvijoje Rygos įlankos pakrantėje (Garnikų gyvenvietėje), žemos temperatūros

(~15°C) geoterminis silpnai mineralizuotas (5,4 g/l) vanduo panaudojamas žuvivaisai (upėtakiams auginti). Jų auginimo ciklas naudojant geoterminį vandenį sutrumpėja perpus – nuo 42 iki 18–20 mėnesių (Сувейздис и др., 1989).

Tačiau optimaliausio geoterminės energijos išteklių panaudojimo galima tikėtis taikant kompleksinę panaudojimo schemą: patalpų, šiltnamių, džiovyklų šildymas, balneologinių ir kitų fizinės terapijos bei žuvivaisos įrenginių aprūpinimas geoterminiu vandeniu ir panašūs procesai.

Lietuvoje geoterminę energiją pradėti išsivinti buvo tikėtasi Vydmantuose (netoli Palangos), kur buvo pragręžti du gilieji gręžiniai. Čia buvo tikimasi gamtinės šilumos pagrindu plėtoti agroūkį, auginti daržoves ir pan. Šio geoterminio objekto kūrimas sustabdytas dėl minėto ūkio pasikeitusios veiklos ir su ja susijusių ekonominių problemų. Išgręžti gręžiniai užkonservuoti. Ieškoma optimaliesnių, platesnio išteklių panaudojimo sprendinių. Galimi perspektyvūs geoterminės energijos panaudojimo variantai siejami su balneologijos ir fizinės terapijos centro kūrimu. Tam tikslui vandens mineralizacija (iki 180 g/l) ir druskų sudėtis yra tinkami, o temperatūra (~75°C) ir debitas (80–100 m<sup>3</sup>/h) – dar gerokai viršija poreikius, kad užtikrintų viso komplekso (gydymo procedūrų, patalpų šildymo) autonominę veiklą. Be to, šiame objekte galima organizuoti papildomą technologinę įvairių cheminių elementų (K, Na, Br, Li, J ir kt.), ypač bromo, pramoninę gavybą.

#### **4. Klaipėdos pavyzdinė geoterminė jėgainė**

Realus giluminės pramoninės geoterminės energijos išsivinimas pradėtas 2004 m. Klaipėdoje. Čia šiuo metu veikianči pavyzdinė geoterminė jėgainė yra pirmoji tokio tipo (uždaro cirkuliacinės sistemos) jėgainė Baltijos regione. Joje dviem gavybiniais apie 1 km gylio gręžiniais naudojant nardinamuosius siurblius į paviršių pakeliamas +38°C temperatūros mineralizuotas (93 g/l) geoterminis vanduo. Šilumos siurbliais jo temperatūra padidinama ir po to šiluma perduodama į termofikacinius Klaipėdos miesto tinklus. Atidirbęs geoterminis vanduo dviem injekciniais gręžiniais grąžinamas į tą patį sluoksnį. Bendra jėgainės galia – 35 MW (13,6 MW šilumos iš geoterminio vandens ir 21,4 MW iš katilinės karšto vandens). Šilumos savikaina – 0,0544 Lt/kWh.

Be minėtos jėgainės, Lietuvos miestuose (Vilniuje, Alytuje ir kt.) pradėjo kurtis ir jau veikia individualius būstus šildančios sekliuosius (iki 100 m gylio) geoterminius išteklius naudojančios mažos galios šildomosios sistemos (iki 55 kW), suporintos su papildomais vandens šildytuvais. Visa sistema valdoma mikroprocesoriumi, norint palaikyti pastate reikiamą temperatūrą. Šilumos siurblys tiekia šilumą šildymo sistemai, karštą vandenį ir, jei reikia, pašildo baseino vandenį. Apie 70% energijos gaunama nemokamai (mokama tik už sunaudotą elektros energiją).

#### **Išvados**

1. Optimalioje Vakarų Lietuvos geoterminės anomalijos dalyje išsidėstę stambesni miestai – Klaipėda, Palanga, Kretinga, Plungė, Gargždai, Nida, Šilutė, Šilalė – bei rajonai yra pagrindiniai potencialūs geoterminės energijos išteklių vartotojai. Šioje šalies dalyje tikslinga projektuoti uždaro cirkuliacijos geoterminės jėgainės įvairios aukštos temperatūros vandeninguose horizontuose:

a) 1900–2200 m gylio kambro sluoksniuose, kur vandens mineralizacija – 140–200 g/l, temperatūra – 70–85°C,

b) 900–1000 m gylio apatinio ir vidurinio devono sluoksniuose, kur vandens mineralizacija – 40–100 g/l, temperatūra – 35–40°C,



c) 400–600 m gylio vidurinio ir viršutinio devono sluoksniuose, kur vandens mineralizacija – 15–35 g/l, temperatūra – 25–30°C.

2. Visoje Lietuvoje sekliuosius geoterminius išteklius (žemos temperatūros požeminį vandenį ir grunto šilumą) galima naudoti individualių būstų šildymui;

3. Tolimesnėje ateityje didesniuose Lietuvos miestuose (Palangoje, Klaipėdoje) arba geologiškai palankiose vietovėse reiktų atlikti tyrimus, kad būtų galima parengti petrogeoterminės energijos įsisavinimo šildymui ir kartu elektros gamybai projektus.

Gauta 2005-03-15

## Literatūra

**Bičkus A., Rasteniėnė V., Suveizdis P.** (2004). Geoterminės energijos išteklių naudojimas šalyje, Vilnius. *Geothermal Energy* (1981). BRGM, Orleans Cedex, France.

**Kepežinskas K., Rasteniėnė V., Suveizdis P.** (1996). Vakarų Lietuvos geoterminė anomalija. P. Suveizdis (ats. red.)/Geologijos in-tas, Vilnius, 68 p.

**Lund John W.** (2004) Geothermal Energy Resources in the World: Present Status and Prospects for Development. *International geothermal days POLAND 2004 – Proceedings*. B. Kepinska, K. Popovski (Ed.), p. 19–33.

**Nacionalinė** energijos vartojimo efektyvumo didinimo programa (2001), Vilnius.

**Rasteniėnė V., Suveizdis P., Makarevičius V., Diadkin J.D.** ir kt. (1995). Geoterminės energijos įsisavinimo kompleksinis geologinis, techninis ir ekonominis įvertinimas Klaipėdos mieste, I-III t.: Ataskaita/Geologijos in-tas, Vilnius, 195 p.

**Suveizdis P., Rasteniėnė V., Diadkin J.D.** ir kt. (1992). Kompleksiniai geologiniai, techniniai ir ekonominiai tyrimai, įvertinant žematemperatūrinės geoterminės energijos panaudojimo galimybes Lietuvoje: Ataskaita/Geologijos in-tas, Vilnius, 101 p.

**Suveizdis P., Rasteniėnė V.** (1993). The Geothermal Resources in Lithuania. *Lietuvos geoterminiai resursai/Lietuvos geologų s-ga*, Vilnius, 26 p.

**Sweden's** First Production Plant for Geothermal Energy is Now Being Built in Lund (1989). *Geothermal energy/Lunds energiverk* (The Lund Energy Authority), Lund, p. 4–6.

**Сувейздис П., Мотуза Г., Скридлайте Г., Дилюнас Й., Дядкин Ю.** и др. (1989). Комплексная геологическая и технико-экономическая оценка Западно-Литовской геотермальной аномалии: Ataskaita/Geologijos in-tas, Vilnius, 260 p.

**Чермах В., Чепмен Д., Поллак Г.** и др. (1982). Тепловое поле Европы. Пер. с англ. Под ред. В. Чермаха и Л. Рыбаха, Москва: Мир, 376 с.

## **The Earth's heat in the Lithuania: ecological, sustainable energy source**

### **Summary**

In the context of geothermal field of Middle Europe of average intensity of heat flow density 30–60 mW/m<sup>2</sup> Lithuania (especially its western part) is notable for a particularly high potential of geothermal energy (heat flow reaching up to 80–100 mW/m<sup>2</sup>).

Resources of geothermal energy of Lithuania are accumulated in two stages: 1) magmatic–metamorphic rocks (mostly granitoids) of crystalline basement of temperature over 100°C and 2) terrigenous rocks of sedimentary cover (thickness of cover reaching 2 300 m). There are three geothermal aquifers: a) Cambrian (thickness up to 200 m and temperature 70–95°C), b) Lower-Middle Devonian (~250 m, 35–50°C), c) Middle-Upper Devonian (up to 200 m, 20–30°C). Reservoirs are sandstones, sands, siltstones, silts, which porosity reaches from 6–20% (in Cambrian) to 20–30% (in Devonian) and permeability accordingly 5–380 mD to 15–7.000 mD. Mineralization of pore water varies between 15 and 200 g/l. The evaluated petrogeothermal resources up to the depth of 6 km in the western Lithuania are 298.5·10<sup>9</sup>. Most of these resources are accumulated in West Lithuania.

The operating Klaipėda demonstration geothermal plant with looped circulation system is the only of this type in the Baltic Region. Deep-mounted pumps supply 38°C saline (93 g/l) water from two production wells about 1 km deep. The temperature of water in heat pumps is raised to 70°C and the heat is then transmitted to district heating network of Klaipėda city. The used geothermal water is pumped back to the layer through two injection wells. The overall capacity of the plant is 35 MW (13.6 – geothermal and 21.4 from subsidiary peak boiler). Heat costs are 0.0544 Lt/kWh.

There also exist geothermal heat pump systems coupled with boilers for private houses of capacities up to 45 kW. Heat pump supplies heat for space heating, hot water production, warming up pool water or cooling in some cases. Expenses for heating during the season are about 1.2 Lt/m<sup>2</sup>.

The guidelines for further utilization of geothermal resources in Lithuania should emphasize:

1. Cambrian, lower–middle Devonian and middle-upper Devonian aquifers of geothermal water for heating, balneology, etc. in western Lithuania.

2. Shallow geothermal water utilization in the whole country for private space heating.

3. In more distant future, accomplishment of explorations in some bigger Lithuanian cities (Klaipėda, Palanga) or geologically favorable areas designed to elaborate petrogeothermal energy utilization projects for heating and power generation.