

# GEOFIZINIŲ (SEISMINIŲ) TYRIMŲ PROGRAMA

SANTRAUKA

# TURINYS

Santrumpos / 3

01. ĮVADAS / 4

02. POTENCIALIOSE GA ĮRENGIMUI VIETOSE ATLIKTŲ / 5  
GEOLOGINIŲ TYRIMŲ APŽVALGA

03. GEOFIZINIŲ (SEISMINIŲ) TYRIMŲ METODAI / 7  
POTENCIALIOSE GA VIETOSE

04. APIBENDRINIMAS / 7

Literatūros sąrašas / 8

Šią santrauką parengė VĮ Ignalinos atominė elektrinė pagal jos pačios 2020 metais parengtą „Geofizinių (seisminių) tyrimų programą“.

# SANTRUMPOS

AE	/	Atominė elektrinė
GA	/	Giluminis radioaktyviųjų atliekų atliekynas
IAE	/	VĮ Ignalinos atominė elektrinė
LR	/	Lietuvos Respublika
RATA	/	VĮ Radioaktyviųjų atliekų tvarkymo agentūra
TATENA	/	Tarptautinė atominės energijos agentūra

# 01 ĮVADAS

## Apie dokumentą

Lietuvos Respublikos teisės aktuose [1] numatytas įsipareigojimas, kad siekiant užtikrinti panaudoto branduolinio kuro ir ilgaamžių radioaktyviųjų atliekų ilgalaikę saugą, 2068–aisiais Lietuvoje turėtų būti pastatytas ir pradėtas naudoti giluminis atliekynas (GA).

Parenkant tinkamą aikštelę GA statybai ir eksploatacijai, reikalingi detalūs geologiniai, hidrogeologiniai ir geofiziniai tyrimai.

2003–2006 m. buvo atlikta Lietuvos geologinių sąlygų analizė ir parengta galutinė ataskaita [2], skirta atrinkti GA įrengimui potencialiai tinkamas geologines formacijas, apibūdinant jų paplitimą ir slūgsojimo sąlygas, atsižvelgiant į kai kuriuos tektoninius ir socialinius vietovių ypatumus.

GA įrengimo projekto pradinio etapo veiklos, kurių tikslas – parinkti labiausiai tinkamą vietą GA įrengimui, apima potencialiai tinkamų vietų vertinimą ir su tuos susijusių tyrimų vykdymą bei duomenų analizę iki GA vietos patvirtinimo.

Įgyvendinant šį tikslą, VĮ Ignalinos atominė elektrinė (IAE) 2020 metais parengė „Geofizinių (seisminių) tyrimų programą“,

kurioje pateikiamas geofizinių tyrimų aprašas potencialiai GA vietai apibūdinti.

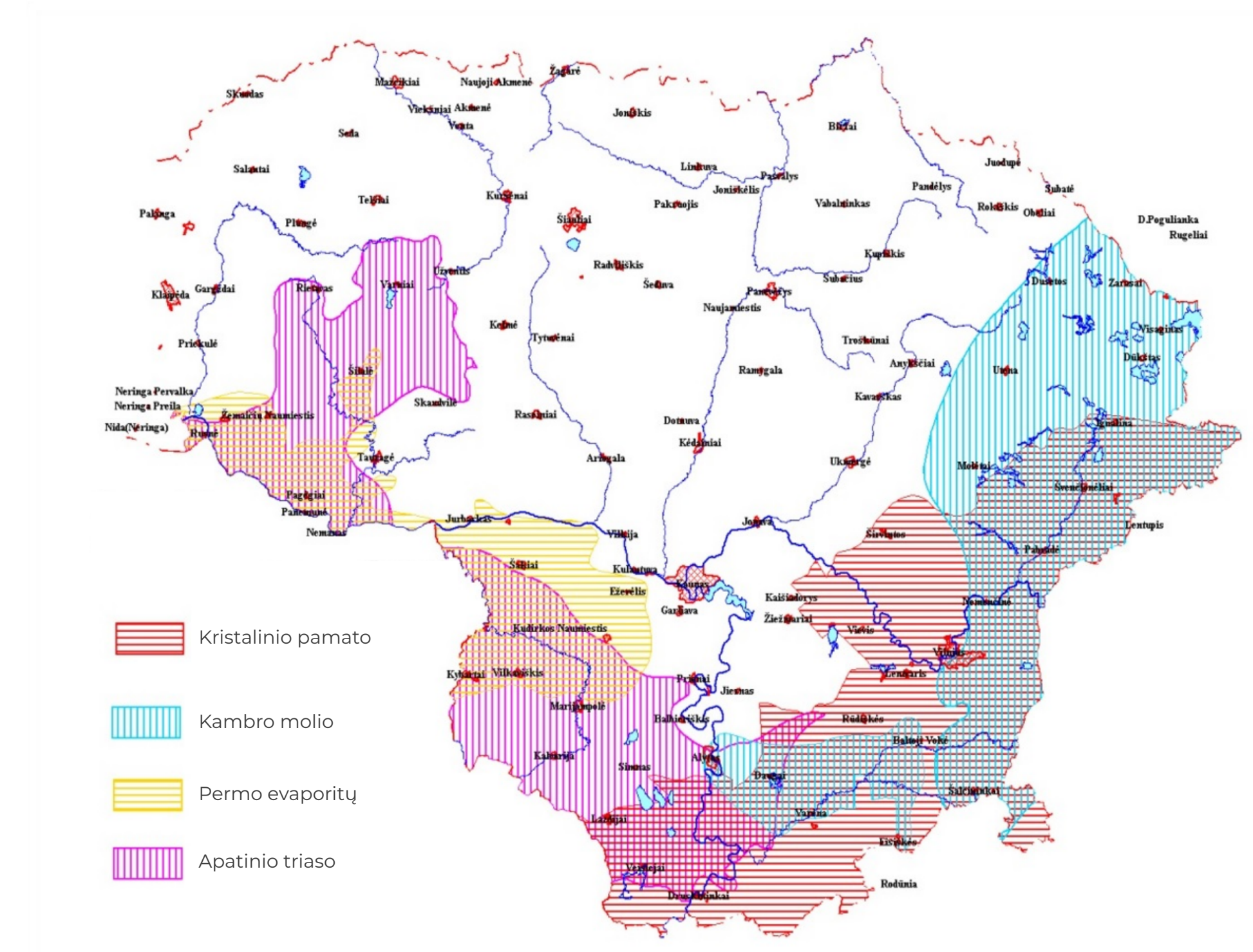
## Situacijos apžvalga

Remiantis visa sukaupta geologinės aplinkos informacija, vertinimais ir tyrimais buvo išskirtos keturios potencialiai tinkamos GA įrengimui geologinės formacijos Lietuvos teritorijoje:

- 1 Kristalinis pamatas
- 2 Apatinio triaso molis
- 3 Apatinio kambro molis
- 4 Permo evaporitai

Visos keturios formacijos buvo parinktos pagal TATENA rekomendacijas, pasaulinę patirtį ir pagrindinius geologinius kriterijus – formacijos slūgsojimo gylį, storį, struktūrą, tekstūrą, susidarymą, kitimą, mineralinę ir cheminę uolienu sudėtį. Nustatyta, kad pagal geologinės aplinkos tinkamumą perspektyviausi plotai slūgso pietrytinėje, pietinėje ir pietvakarinėje Lietuvos dalyje.

## Potencialiai tinkamų GA įrengimui geologinių formacijų paplitimas



Preliminariai GA įrengimui tinkamos teritorijos atrinktos pagal nustatytas ribines sąlygas, arba kitaip – netinkamumo kriterijus, įskaitant vandenviečių apsaugos zonas, saugomas teritorijas ir naudingųjų iškasenų telkinių plotus, miestus ir kt.

## Programos tikslai ir uždaviniai

Geofizinių (seisminių) tyrimų programos tikslas – parengti geofizinių tyrimų, skirtų potencialiai GA vietovei apibūdinti, aprašą, kuriame pateikiami metodiniai nurodymai, kokiais geofiziniais tyrimo metodais ir apimtimis turi būti ištirtos potencialiai tinkamos geologinės formacijos GA įrengimui.

### Programa pateikia:

- 1 Potencialias GA įrengimui vietas, kuriuose būtų galimas geofizinių (seisminių) tyrimų vykdymas, išskirtų keturių geologinių formacijų paplitimo teritorijose.
- 2 Metodinius nurodymus, kokiais geofiziniais tyrimo metodais ir apimtimis turi būti ištirtos ankstesnių geologinių ir geofizinių tyrimų duomenimis išskirtos potencialiai tinkamos GA įrengimui geologinės formacijos.

# 02

## POTENCIALIOSE GA ĮRENGIMUI VIETOSE ATLIKTŲ GEOLOGINIŲ TYRIMŲ APŽVALGA

### Potencialių GA vietų geologinis ištirtumas

Pažymėtina, kad LGT rekomendacijose patvirtintų kristalinio pamato, apatinio kambro molio, apatinio triaso molio ir permo evaporitų geologinių formacijų plotai tarpusavyje persidengia.

Bendras 2003 m. LGT išskirtų ir patvirtintų keturių geologinių formacijų plotas Lietuvoje sudaro 28 069 kv. km. Visų formacijų teritorijų, kuriose galimas geofizinių tyrimų vykdymas, bendras plotas sudaro 5 632 kv. km.

#### Šiame plote:

- 85–95 proc. teritorijų nėra tirta seisminės žvalgybos metodais.
- 50–60 proc. teritorijų nėra tirta seisminės žvalgybos metodais ir gręžimu.
- 30–40 proc. teritorijų yra mažai ištirta.
- 10–20 proc. teritorijų yra pakankamai arba gerai ištirta.

### Ištirtų geologinių formacijų palyginamoji analizė

#### 1. Kristalinio pamato geologinė formacija

Kristalinio pamato geologinės formacijos bendras plotas žemės paviršiuje siekia 13 225 kv. km. Šios formacijos dalis (apie 59 proc.) persidengia su apatinio kambro ir triaso formacijomis (persidengiantis plotas – 7 804 kv. km).

Kristalinio pamato geologinės formacijos ribose įvairaus gylio gręžinių skaičius siekia iki 1000, tačiau į kristalinį pamatą įsigrėžusių gręžinių skaičius siekia tik 187. Didžioji jų dalis išsidėstę pietinėje formacijos paplitimo dalyje (Varėnos geležies rūdos telkinio ir Lazdijų miesto apylinkėse), sudarančioje apie 43 proc. bendro formacijos paplitimo ploto.

Ankstesniais metais buvo vykdyti ir tiksliniai tyrimai bei kerno duomenų analizė GA vietos parinkimui. Šių tyrimų metu yra detaliai aprašyta Pietų Lietuvos geologija, kristalinį pamatų sudarančių uolienų tipai ir struktūra, surinkti ir apibendrinti turimi duomenys apie kristalinio pamato uolienų savybes, detaliai išnagrinėta ir apibendrinta formacijos tektoninė sandara.

#### 2. Apatinio triaso molio geologinė formacija

Apatinio triaso molio geologinė formacija Lietuvoje paplitusi didelėje teritorijoje, pietinėje ir pietvakarinėje šalies dalyse. Jos plotas žemės paviršiuje siekia 10 394 kv. km. Apatinio triaso

molio formacijos dalis (apie 49 proc.) persidengia su kristalinio pamato, apatinio kambro ir permo evaporitų formacijomis (persidengiantis plotas – 5 081 kv. km).

Apatinio triaso molio formacijai ištirta 2600 gręžinių, bet pilnai visą formaciją yra kirtę tik 214 gręžinių, iš kurių tik dalis yra išgręžta su kerno pakėlimu.

Gręžinių pasiskirstymas teritorijoje netolygus: formacijos ribose esantys gręžiniai pasiskirstę maždaug 67 proc. formacijos teritorijos. Daugiausia gręžinių ir didžiausias jų tankis yra apatinio triaso molio formacijos pietvakariniame regione bei pietinio regiono vakarinėje dalyje Lietuvos pasienyje (Kudirkos ir Kybartų naftos telkinių ir jų apylinkių teritorijose). Tačiau 33 proc. bendro apatinio triaso molio formacijos ploto (pietinio regiono vidurio dalis) nėra tirta nei seisminės žvalgybos metodais, nei gręžiniais.

Daugelio apatinio triaso molio stovymėse gręžtų gręžinių kernas nėra išlikęs. Daugelyje iš šių gręžinių litologinė uolienų sudėtis buvo nustatyta tik pagal bendriausius, vizualinius kerno aprašymus arba geofizinių tyrimų gręžiniuose diagramų interpretaciją. Todėl uolienų aprašymas nepakankamas, nėra tiksliai išskirti litologiniai pogrupiai, juos tikslinant reikalingi laboratoriniai tyrimai.

Ankstesnių tyrimų metu buvo padaryta išvada, kad, lyginant apatinio kambro Baltijos serijos ir apatinio triaso molio storymes, geologiniu požiūriu perspektyviausios sąlygos GA įrengimui yra apatinio triaso molio geologinėje formacijoje.

### 3. Apatinio kambro molio geologinė formacija

Apatinio kambro molio formacija sudaro seniausią apatinio kambro dalį – Baltijos seriją, kuri paplitusi rytinėje–pietrytinėje Lietuvos dalyse. Formacijos plotas žemės paviršiuje siekia 10 868 kv. km. Apatinio kambro molio formacijos dalis (apie 59 proc.) persidengia su kristalinio pamato ir apatinio triaso molio formacijomis (persidengiantis plotas – 6 452 kv. km).

Kambro Baltijos serijos molio formaciją kerta, arba į ją yra įsigręžę, 65 gręžiniai, kurių didžioji dalis išsidėstę pietrytinėje formacijos paplitimo ploto dalyje. Tačiau tai sudaro tik apie 23 proc. bendro formacijos paplitimo ploto. Maždaug 95 proc. apatinio kambro molio formacijos paplitimo teritorijos nėra tirta seisminės žvalgybos metodais. Šiais metodais ištirtos tik Ignalinos AE apylinkės.

Apatinio kambro molio formacijos ištyrimo lygis seisminės žvalgybos metodais yra minimalus.

### 4. Permo evaporitų geologinė formacija

Permo evaporitų geologinė formacija daugiausia paplitusi pietvakarinėje ir pietinėje Lietuvos dalyse. Jos plotas žemės paviršiuje siekia apie 4 935 kv. km. Didelė formacijos dalis (apie 62 proc.) persidengia žemės paviršiuje su apatinio triaso molio formacija, persidengiantis plotas – 3042 kv. km).

Permo evaporitų geologinė formacija daugiausia paplitusi pietvakarinėje ir pietinėje Lietuvos dalyse. Jos plotas žemės paviršiuje siekia apie 4 935 kv. km. Didelė formacijos dalis (apie 62 proc.) persidengia žemės paviršiuje su apatinio triaso molio formacija, persidengiantis plotas – 3042 kv. km).

Permo evaporitų formacija ištirta 107 gręžiniais, kuriais ištirta 70 proc. bendro formacijos ploto. Gręžinių pasiskirstymas netolygus: daugiausia gręžinių ir didžiausias jų tankis yra formacijos pietvakariniame regione ir pietiniame regione pietrytinėje dalyje (Pagirių bei Usėnų anhidrito ir akmens druskos telkinių, jų apylinkių teritorijose). 30 proc. bendro formacijos ploto (pietinio regiono vidurio dalis) nėra tirta nei seisminės žvalgybos metodais, nei gręžiniais. Didesnioji šių permo evaporitų formacijos gręžinių dalis kerta ir apatinio triaso molio geologinę formaciją.

Atlikus permo sulfatinių uolienu geologinės formacijos tinkamumo GA įrengimui analizę, nustatyta, kad daugelis svarbiausių geologinių kriterijų, tokių kaip nedidelis paplitimo plotas, naudingųjų iškasenų paplitimas – apibūdina neigiamus faktorius. Taip pat konstatuota pasaulinė praktika – valstybės, vykdančios GA įrengimo tyrimus, daugeliu atveju atsisakė permo anhidrito tyrimų dėl sudėtingos tokių formacijų mechaninių savybių kaitos dėl šilumos poveikio.

Geologų pateiktose rekomendacijose teigiama, kad permo evaporitų formacijos tinkamumo laipsnis yra labai žemas ir ši formacija laikytina mažiausio prioriteto tolimesnių GA tyrimų metu.

### Ištirtų geologinių formacijų analizės apibendrinimas

Potencialių formacijų teritorija seisminės žvalgybos metodu ištirta netolygiai. Rytinėje Lietuvoje, Ignalinos AE rajone, ankstesniais metais atliktas detalus geologinis ir geofizinis kartografavimas, vykdyta seisminė žvalgyba panaudojant dvimatį 2D seisminio profiliavimo metodą. Iš viso šiame plote atliktas 21 dvimatės seisminės žvalgybos profilis. Jų bendras ilgis – apie 220 km.

Pietvakarinėje Lietuvoje, Vilkaviškio ir Marijampolės rajonuose, ankstesniais metais atlikta 50 dvimatės seisminės žvalgybos profilių. Jų bendras ilgis – apie 425 km.

Vakarinėje Lietuvoje, Šilalės ir Pagėgių rajonuose, ankstesniais metais atliktas 321 dvimatės seisminės žvalgybos profilis. Jų bendras ilgis – apie 2462 km.

Atsižvelgiant į LGT rekomendacijose nurodytus teritorijų tinkamumo kriterijus, buvo išskirtos potencialios vietos (teritorijos), kuriose būtų galimas geofizinių seisminės žvalgybos tyrimų vykdymas GA įrengimui tinkamų geologinių formacijų paplitimo teritorijose.

Potencialių GA vietų geologinis ištirtumas buvo įvertintas LGT rekomendacijose pagal šias ypatybes:

- Mažiausio ištirtumo potencialūs geofizinių tyrimų atlikimo plotai, kurie nėra tirti nei gręžiniais, nei seisminės žvalgybos metodais.
- Gręžiniais tirti potencialūs geofizinių tyrimų atlikimo plotai, kuriuose yra daugiau nei 1 gręžinys, kirtęs tiriamąją formaciją.
- 2D seisminės žvalgybos metodu tirti potencialūs geofizinių tyrimų atlikimo plotai, kuriuose yra išsidėstę ankstesniais metais atliktų 2D seisminės žvalgybos tyrimų profiliai.
- Geriausio ištirtumo potencialūs geofizinių tyrimų atlikimo plotai, kuriuose yra daugiau nei 1 gręžinys, kirtęs tiriamąją formaciją ir, kurie yra tirti anksčiau vykdytais 2D seisminės žvalgybos darbais.

Anksčiau atliktų 2D seisminės žvalgybos profilių tinklo tankis negali pilnai apibūdinti teritorijų ištirtumo, nes tyrimai 2D/3D seisminės žvalgybos metodais, išskyrus tikslinius tyrimus, skirtus Ignalinos AE apylinkių geologinei ir tektoninei sandarai nustatyti, daugiausia buvo atliekami naftos paieškai ir žvalgybai, orientuojantis į vidurinio kambro Deimenos serijos smiltainių bei silūro karbonatinių uolienu išskyrimą.

# 03

## GEOFIZINIŲ (SEISMINIŲ) TYRIMŲ METODAI POTENCIALIOSE GA VIETOSE

Vykdamas geofizinius žemės gelmių giluminės sandaros tyrimus, taikant 2D/3D seisminės žvalgybos metodus, turi būti dirbtinai inicijuojamos seisminės bangos – sukeliama dirbtinai grunto dalelių virpesiai. Vykdamas šiuolaikinę seisminę žvalgybą virpesiai dirbtinai sukeliama sprogdinant užtaisą negiliumose, iki 4 m, gręžiniuose, naudojant seisminius vibratorius, pagreitinoto svorio kritimo sistemą ar kitus metodus.

Lauko darbų metu gauti 2D/3D seisminės žvalgybos pirminiai (lauko) duomenys yra apdorojami specialios programinės įrangos pagalba. Apdorojimo rezultatas – pagal seisminių bangų sklaidimą greitai išilgai 2D seisminių profilių sudaromi laiko pjūviai, kuriuose interpretacijos metu yra identifikuojami tektoniniai lūžiai ir žemės gelmių geologinių sluoksnių slūgsojimo ypatumai.

Panaudojus 2D seisminės žvalgybos profilių duomenis toliau yra sudaromi tirtos teritorijos struktūriniai gylio žemėlapiai. Juose atkuriamas žemės gelmių giluminė sandara tiriamajame intervale.

Dėl geologinių sąlygų ypatumų techninės

2D seisminės žvalgybos metodo galimybės ne visada leidžia nustatyti visus reikiamus geologinius parametrus – pavyzdžiui, tam tikrus slūgsojimo, struktūrinės ir tektoninės sandaros elementus, išskirti detalesnes litologines uolienų atmainas, jų persisluoksniavimą.

Trimatės (3D) seisminės žvalgybos metodai taikomi paprastai tolimesniame žemės gelmių geologinės sandaros tyrimų etape, siekiant detalizuoti 2D seisminės žvalgybos metodais nustatytas charakteristikas, arba detaliam tiriant konkrečią geologinę struktūrą ar objektą išskirtoje teritorijoje. 3D seisminės žvalgybos metodas leidžia nustatyti tas pačias charakteristikas, kaip ir 2D metodas, tačiau didesniu detalumu.

Atsižvelgiant į nurodytus tinkamumo kriterijus, pagal kuriuos atrinktos tik tos geologinių formacijų teritorijos, kuriuose būtų galimas geofizinių seisminės žvalgybos tyrimų vykdymas GA įrengimui kristalinio pamato, apatinio kambro molio, apatinio triaso molio ir permo evaporitų geologinių formacijų paplitimo teritorijose, buvo išskirta 110 potencialių GA įrengimo vietų.

# 04

## APIBENDRINIMAS

Bendras 2003 m. LGT išskirtų ir patvirtintų kristalinio pamato, apatinio kambro molio, apatinio triaso molio ir permo evaporitų geologinių formacijų plotas Lietuvoje sudaro 28 069 kv. km. Visų formacijų teritorijų, kuriose galimas geofizinių tyrimų vykdymas, bendras plotas sudaro 5 632 kv. km, iš kurių ~85-95 proc. visai nėra tirta seisminės žvalgybos metodais; ~50-60 proc. nėra tirta seisminės žvalgybos metodais ir gręžimu, ~30-40 proc. pasižymi mažu ištirtumu, ~10 proc. yra pakankamo/gero ištirtumo.

Minėtų teritorijų ištirtumas gręžiniais ir seisminės žvalgybos metodais yra netolygus, todėl kiekvienai iš šių potencialių geologinių formacijų, atsižvelgiant į jų geologinę sandarą, geografinį paplitimą Lietuvos teritorijoje bei ištirtumą, reikalingi atskiri individualūs tyrimai.

Atsižvelgiant į nurodytus tinkamumo kriterijus ir atmetus jų neatitinkančias teritorijas, kristalinio pamato, apatinio kambro molio, apatinio triaso molio ir permo evaporitų geologinių formacijų paplitimo teritorijose buvo išskirta 110 potencialių GA įrengimo vietų (bendras plotas sudaro 5 632 kv. km).

Apatinio triaso molio formacijos bendras plotas žemės paviršiuje siekia 10 394 kv. km, ~49 proc. formacijos persidengia su kristalinio pamato, apatinio kambro molio ir permo evaporitų formacijomis

(persidengiantis plotas - 5081 kv. km). Formacijos ribose yra 2600 gręžiniai, bet pilnai visą apatinio triaso molio formaciją yra kirtę tik 214 gręžinių. Jų pasiskirstymas teritorijoje yra netolygus: gręžiniai pasiskirstę ~67 proc. formacijos teritorijos – daugiausia gręžinių ir didžiausias jų tankis yra pietvakariniame regione taip pat ir pietinio regiono pietinėje dalyje ir Lietuvos Respublikos pasienyje.

Permo evaporitų geologinės formacijos bendras plotas žemės paviršiuje siekia 4 935 kv. km; ~62 proc. formacijos persidengia su apatinio triaso molio formacija, persidengiantis plotas - 3042 kv. km). Permo evaporitų formacija ištirta 107 gręžiniais: ~70 proc. bendro formacijos ploto yra tirta gręžiniais. Gręžinių pasiskirstymas yra netolygus: daugiausia gręžinių ir didžiausias jų tankis yra formacijos pietvakariniame regione taip pat ir pietinio regiono pietrytinėje dalyje Lietuvos Respublikos pasienyje.

Apatinio kambro molio geologinės formacijos bendras plotas žemės paviršiuje siekia 10 868 kv. km (~59 proc. formacijos persidengia su kristalinio pamato ir triaso formacijomis (persidengiantis plotas - 6 452 kv. km). Šią formaciją kerta 65 gręžiniai, kurių didžioji dalis yra pietinėje formacijos paplitimo dalyje – tai sudaro tik ~23 proc. bendro paplitimo ploto. Apatinio kambro molio geologinės formacijos paplitimo

# Literatūros sąrašas

teritorija (~95 proc.) nėra tirta seisminės žvalgybos metodais, išskyrus Ignalinos ir Visagino atominių elektrinių apylinkes.

Kristalinio pamato formacijos bendras plotas žemės paviršiuje siekia 13 225 kv. km (~59 proc. formacijos persidengia su apatinio kambro ir triaso molio formacijomis (persidengiantis plotas – 7 804 kv. km). Formacijos ribose yra apie 1000 gręžinių, tačiau į kristalinį pamatą įsigręžusių gręžinių yra tik 187, kurių didžioji dalis yra pietinėje formacijos paplitimo dalyje, tai sudaro ~43 proc. bendro formacijos paplitimo ploto.

Pradiniame potencialių plotų tyrimų etape, įvertinus išskirtų potencialių plotų tirtinos teritorijos dydį ir jos ištirtumą, geofizinius tyrimus pirminiame etape reikia atlikti, naudojant dvimatės (2D) seisminės žvalgybos BGTM (bendro giluminio taško) metodiką.

Bendras tyrimų 2D seisminės žvalgybos seisminių profilių, išdėstytų tinkleliu kas 2 km (2x2 kv. km) ilgis geologinių formacijų potencialiuose plotuose siektų ~5 632 kv. km (apie 226 680 sužadavimo taškų).

Atstumas tarp seisminių bangų priėmimo punktų turėtų būti – 12,5 m, atstumas tarp seisminių bangų virpesių sužadavimo punktų – 25 m, tačiau lauko darbų vykdymo metu kiekviename konkrečiame darbų plote 2D seisminės žvalgybos profilių išdėstymo konfigūracija turi būti darbų vykdytojo optimaliai planuojama, priklausomai nuo geografinių ir kitų darbų vykdymo sąlygų.

[1] LR Vyriausybės 2015 m. gruodžio 23 d. nutarimo Nr. 1427 „Radioaktyviųjų atliekų tvarkymo plėtros programa“, trečiasis uždavinys.

[2] Geologinės formacijos parinkimas panaudoto branduolinio kuro ir ilgaamžių radioaktyviųjų atliekų giluminiam kapinynui įrengti, 2003 m. darbų etapas. Mokslinis – techninis darbas, galutinė ataskaita, 2003, LGT, Vilnius.