

The background features a light beige color with large, overlapping circular shapes. These circles contain close-up, high-magnification images of various geological rock surfaces, showing different textures, colors (dark brown, black, and some lighter specks), and mineral compositions. The text is overlaid on the upper right portion of the image.

Skalūninių

**geologinių formacijų genezė
ir angliavandenilių gavyba:**

**poveikis aplinkai
ir žmonių sveikatai**

**Skalūninių geologinių formacijų genezė
ir angliavandenilių gavyba:**
poveikis aplinkai ir žmonių sveikatai

Skalūninių

geologinių formacijų genezė ir angliavandenilių gavyba:

poveikis aplinkai ir žmonių sveikatai



Vilnius | 2014

STUDIJOS RENGĖJAI

Prof. habil. dr. VYTAUTAS BASYS – Vilniaus universitetas

Prof. habil. dr. VINCAS BŪDA – Gamtos tyrimų centras

Prof. habil. dr. ALGIMANTAS GRIGELIS – Gamtos tyrimų centras

Prof. habil. dr. VYTAUTAS JUODKAZIS – Vilniaus universitetas

Dr. PETRAS LAPINSKAS – Gamtos tyrimų centras

Dr. JEVLAMPIJUS LAŠKOVAS – Gamtos tyrimų centras

Prof. habil. dr. ALBERTAS MALINAUSKAS – Fizinių ir technologijos mokslų centras

Prof. habil. dr. ALGIRDAS JUOZAS MOTUZAS – Aleksandro Stulginskio universitetas

Prof. habil. dr. JUOZAS VIDMANTIS VAITKUS – Vilniaus universitetas

Prof. habil. dr. ALGIRDAS VACLOVAS VALIULIS – Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Prof. habil. dr. JURGIS VILEMAS – Lietuvos energetikos institutas

Habil. dr. ONYTĖ ZDANAVIČIŪTĖ – Gamtos tyrimų centras

Basys, V., Būda, V., Grigelis, A., Juodkazis, V., Lapinskas, P., Laškovas, J., Malinauskas, A., Motuzas, A. J., Vaitkus, J. V., Valiulis, A. V., Vilemas, J., Zdanavičiūtė, O. Skalūninių geologinių formacijų genezė ir angliavandenilių gavyba: poveikis aplinkai ir žmonių sveikatai / sudarytojas Algimantas Grigelis. – Lietuvos mokslų akademija, Vilnius, 2014, 108 p., lent., iliustr.

Turinys

Įvadas. A. Grigelis | 6

1. Bendrieji duomenys | 6
2. Sąvokos ir terminai | 8
3. Geologinis ištirtumas | 10
4. Skalūninių angliavandenilių potencialas | 11
5. Technologiniai sprendimai | 12

1. Skalūninių geologinių formacijų susidarymo ypatumai | 15

- 1.1. Ordoviko geologinė sistema. J. Laškovas | 15
- 1.2. Silūro geologinė sistema. P. Lapinskas | 20
- 1.3. Skalūninių angliavandenilių kilmė ir ištekliai. O. Zdanavičiūtė | 29

2. Skalūninių angliavandenilių gavyba ir aplinka (apžvalga). A. V. Valiulis | 46

- 2.1. Skalūninių dujų gavyba ir galimas poveikis gyvajai gamtai bei žmogui | 46
- 2.2. Skalūninių angliavandenilių ištekliai (apžvalga) | 49
- 2.3. Reikalavimai gręžviete ir aplinkosaugai | 50
- 2.4. Saugių aplinkai gręžimo aikštelių įrengimas | 54

3. Skalūninių angliavandenilių gavybos poveikis aplinkai | 60

- 3.1. Veiklos galimas poveikis gyvajai gamtai (biotai). V. Būda | 60
- 3.2. Veiklos galimas poveikis dirvožemiui, žemėnaudai, kraštovaizdžiui. A. J. Motuzas | 61
- 3.3. Veiklos galimas poveikis paviršiniams vandenims. A. Malinauskas | 69
- 3.4. Veiklos galimas poveikis požeminiams vandenims. V. Juodkasis | 73

4. Skalūninių angliavandenilių gavybos poveikis žmonių sveikatai | 86

- 4.1. Triukšmas, vibracija, oro tarša. V. Basys | 86
- 4.2. Radiacija: dujų, gręžimo mechanizmų, veiklai naudojamo vandens nuotekų. J. V. Vaitkus | 90

5. Skalūninių angliavandenilių išteklių ekonominis vertinimas. J. Vilemas | 95

6. Skalūninių angliavandenilių verslo ir santykio su visuomene problemos. O. Zdanavičiūtė | 101

7. Šaltiniai | 105

Ivadas

Studijos *Skalūninių geologinių formacijų genezė ir angliavandenilių gavyba: poveikis aplinkai ir žmonių sveikatai* tikslas – parengti visuomenei prieinamą ir suvokiamą, mokslo žiniomis pagrįstą darbą apie skalūnų dujų kilmę, jų geologinio ir geografinio išsidėstymo bei galimų išteklių Lietuvoje tyrimus ir nustatymą, gavybos technologijas, įvairių technologijų pritaikymą žvalgybai ir gavybai, tų technologijų galimo poveikio aplinkai ir žmonių sveikatai analizę. Studija parengta įgyvendinant Europos socialinio fondo ir Lietuvos Respublikos biudžeto lėšomis finansuojamą projektą *Integruoto mokslo, studijų ir verslo centro (slénio) „Nemunas“ programos įgyvendinimas, stiprinant partnerystę ir institucijų veiklą pagal priemonę MTTP tematinų tinklų, asociacijų veiklos stiprinimas* (VP1-3.1-ŠMM-05-K-02-018).

Parengtą studiją, paslaugos gavėjo LMA kvietimu vertino technologijų istorijos, aplinkosaugos ir geomokslų aukščiausios kvalifikacijos ekspertai: prof. dr. Romualdas Šviedrys (Niujorko universiteto Politechnikos institutas), LMA narys Leonardas Kairiūkštis (Lietuvos miškų institutas) ir LMA tikrasis narys Robert Mokrik (Vilniaus universitetas). Autoriai dėkoja ekspertams už teigiamą studijos vertinimą ir vertingas pastabas, padėjusias pagerinti šio veikalo kokybę.

Šioje studijoje dėl skalūninių dujų žvalgybos ir gavybos ypatumų Lietuvoje ir galimo poveikio aplinkai bei žmonių sveikatai pateikiami originalūs autorių parengti duomenys apie skalūninių dujų kilmę, galimus išteklius Lietuvos teritorijoje, žvalgybos geologines sąlygas, galimą poveikį žmonių sveikatai, gamtinei aplinkai, gyvajai gamtai, dirvožemiui ir žemėnaudai, paviršiniams vandenims, požeminiam vandeniui, analizuojama skalūninių angliavandenilių išteklių ekonominė vertė, skalūninių angliavandenilių verslo ir santykio su visuomene problemos.

1. Bendrieji duomenys

Pasaulyje vis aktualesnė tampa energetinių išteklių problema. Naujų energijos šaltinių paieška skatina kurti naujas technologijas, leidžiančias išgauti gamtos turtus iš iki šiol žmonijai neprieinamų šaltinių, būtent iš angliavandenilių, išsisklaidžiusių nuosėdinėse uolienose – skalūnuose, iš kurių jie gali būti išskiriami skalūninės naftos bei skalūninių dujų pavidalu. Dėl sparčiai tobulėjančių technologinių procesų tokia gavyba gali apimti dideles žmonių apgyvendintas teritorijas, todėl gali kelti ne tik gyventojų nerimą, bet ir visos visuomenės susirūpinimą bei konfliktiškų ir kontraversiškų nuostatų. Skalūninių dujų išgavimo problema vis aktyviau propaguojama ir diskutuojama ES ir Lietuvoje, šiuo klausimu susiformavo dvi visuomenės pažiūros:

„už“ ir „prieš“ tokios veiklos plėtrą. Pažiūrų skirtumai, neretai ne visai teisingai suvokiant visos problemos esmę, didina visuomenės įtampą, jos susipriešinimą su valdžios institucijomis.

Žemės gelmių naudingosios iškasenos yra kiekvienos valstybės mineralinių išteklių žaliavos bazė pramonei bei energetinių išteklių gavybai. Per pastarąjį dešimtmetį didėjant naftos ir ypač gamtinių degiųjų dujų kainoms pasaulyje ieškoma naujų alternatyvių energijos šaltinių. Tarp pastarųjų yra ir netradicinės dujos, kurioms priskiriami dujų hidratai, skalūnų ir anglies klodų dujos. Tai angliavandeniliai, kurie nėra susikaupę kaupvietėse žemės gelmėse, vadinamose tradiciniais naftos arba dujų telkiniais. Jie yra dideliuose plotuose išsklaidyti uolienos sluoksnyje ir išgaunami netradiciniu būdu, todėl taip ir vadinami – netradiciniai angliavandeniliai. Lietuvai netradicinių angliavandenilių paieškos klausimai tapo aktualūs per pastaruosius keliolika metų, geologams atkreipus dėmesį į jų buvimą krašto žemės gelmėse.

Paskelbus apie angliavandenilių gavybos kompanijos ketinimus pradėti skalūnų dujų paieškas ir gavybą vakarų Lietuvoje,¹ Seimo Aplinkos apsaugos komiteto prašymu Lietuvos mokslų akademijos sudaryta komisija 2013 m. vasario–kovo mėnesiais parengė rekomendacijas dėl skalūninių dujų žvalgybos ir gavybos poveikio aplinkai bei žmonių sveikatai vertinimo. Komisija, vadovaudamasi Lietuvos Respublikos žemės gelmių įstatymu (Žin., 2001, Nr. 35-1164) ^[1], teisės aktais dėl angliavandenilių išteklių paieškos, žvalgybos ir gavybos Lietuvos Respublikoje bei teisės aktais dėl žemės gelmių priežiūros ^[2], išanalizavo 2011 m. SPAV (Strateginio pasekmių aplinkai vertinimo) ataskaitą dėl angliavandenilių išteklių naudojimo Šilutės–Tauragės plote ^[3], Europos Parlamento 2011 m. tyrimą ^[4] bei Europos Komisijos Aplinkos generalinio direktorato (DG) 2012 m. pranešimą dėl galimų grėsmių aplinkai ir žmonių sveikatai angliavandenilių gavyboje naudojant hidraulinį sluoksnių ardymą ^[5], kitus ES komitetų dokumentus bei apžvalgas ^[6, 7, 8], komisijos kviestų ekspertų duomenis, 2013 m. kovo 18 d. pateikė savo išvadas ir suformulavo šias svarbiausias nuostatas ^[9]:

- skalūninių dujų žvalgyba yra tikslinga kaip vienintelė priemonė norint ištirti jų paplitimą ir galimus išteklius;
- skalūninių dujų gavyba, atlikus jų žvalgymą, galima, pateikus jų naudojimo projektą ir parengus strateginį poveikio aplinkai vertinimą visam skalūnų gavybos plotui ir visam laikotarpiui;
- skalūninių dujų išteklių žvalgyba ir gavyba teisinių aktų požiūriu galima, patobulinus žemės gelmių naudojimo ir apsaugos, aplinkos apsaugos, sveikatos apsaugos, savivaldybių veiklos ir kitus susijusius teisės aktus.

¹ Angliavandenilių išteklių naudojimo (paieškos, žvalgybos ir gavybos) konkursas Šilutės–Tauragės ir Kudirkos–Kybartų plotuose buvo paskelbtas 2012 m. rugsėjo 14 d.; konkurso rengėjas – Lietuvos geologijos tarnyba prie Aplinkos ministerijos. – Europos Sąjungos oficialusis leidinys, 2012/C 278/02, LT, 2012-09-14.

Komisijos išvados pateiktos 2013 m. kovo 19 d. Lietuvos Respublikos Seimo Aplinkos apsaugos ir Ekonomikos komitetų bei Energetikos komisijos bendrame posėdyje, kuriame nutarta parengti reikalingas įstatymų pataisas. LR Žemės gelmių įstatymo straipsnių pakeitimo ir papildymo įstatymas priimtas LR Seime 2013 m. gegužės 30 d., LR Prezidentės pasirašytas 2013 m. birželio 14 d., paskelbtas Valskybės žiniuose 2013 m. birželio 18 d. ^[10]. Įstatymų pataisos sugriežtina skalūninių dujų paieškos, žvalgybos ir gavybos aplinkos apsaugos reikalavimus, radioaktyvių, toksiškų ir pavojingų atliekų laikymo žemės gelmėse sąlygas, įteisina dvi susijusių terminų sąvokas:

- „išsklaidytieji angliavandeniliai – angliavandeniliai, esantys mažai laidžiose, pirminėse nuosėdinėse uolienose ir nesusitelkę į tradicinius telkinius“;
- „tradiciniai angliavandeniliai – angliavandeniliai, susitelkę gamtinėse kaupvietėse poringose, plyšiuotose uolienose (tradiciniuose telkiniuose)“.

Pažymėtina, kad baigiamajame studijos autorių posėdyje, įvykusiame 2013 m. birželio 25 d., buvo pareikšta nuomonių, kad Žemės gelmių įstatymo (ŽGI) naujoje redakcijoje esama trūkumų, todėl įstatymas turėtų būti ir toliau tobulinamas.

2. Sąvokos ir terminai

Apatinio paleozojaus kambro, ordoviko ir silūro geologinių sistemų uolienos yra paplitusios visoje vakarų Lietuvos teritorijoje (1, 2 pav.). Kambro uolienose poringuose Deimenos serijos smiltainiuose žinomos tradicinių angliavandenilių kaupvietės, iš jų išgaunama skysta nafta. Ordoviko ir silūro uolienose mažai laidžiuose argilituose (molio skalūnuose) keliuose intervaluose yra paplitę netradiciniai angliavandeniliai – skalūninės dujos ir skalūninė nafta. Organinė medžiaga, generuojanti angliavandenilius, labiausiai praturtintos uolienos yra apatinio silūro landoverio ir uenlokio tamsiai pilki bei juodi argilitai (molio skalūnai). Jų slūgsojimo gylis 1750–2000 m



1 pav. Silūro molio skalūnas – angliavandenilių motininė uoliena



2 pav. Kambro smiltainis – naftos kolektorius. A. Grigelio nuotr., 2013

(nuo žemės paviršiaus). Efektyvių sluoksnių bendras storis pagal esamus duomenis kinta 30–80 m; bendras silūro uolienų storis 500–750 m (3 pav.). Ordoviko uolienose vakarų Lietuvoje organine medžiaga yra praturtinti juodi skalūnuoti argilitai, priskiriami viršutinio ordoviko Oandu ir Vormsi regioniniams aukštams. Ordoviko uolienų storis 40–250 m; juodų argilitų suminis storis sudaro 3–4 m.

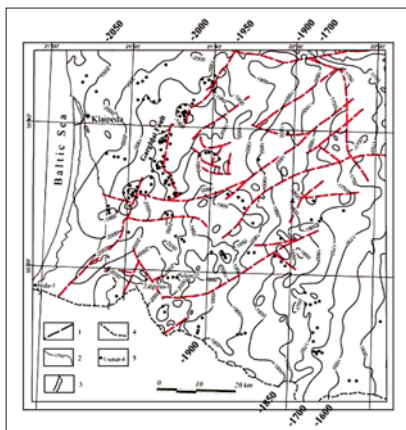
Svarbiausi naudojami terminai

- Ordovikas – antrasis geologinis paleozojaus eros periodas (488–443,7 mln. metų atgal), per kurį susidarė ordoviko geologinės sistemos sluoksniai;
- ordoviko sistemos skyriai: apatinis, vidurinis ir viršutinis, jie skirstomi į regioninius aukštus;
- silūras – trečiasis geologinis paleozojaus eros periodas (443,7–416 mln. metų atgal), per kurį susidarė silūro geologinės sistemos sluoksniai;
- silūro sistemos skyriai: landoveris – pirmasis, uenlokis – antrasis, ludlovis – trečiasis, pržidolis – ketvirtasis;
- argilitas (*shale*) – nuosėdinė nuolaužinė pelitų grupės (itin smulkiagrūdė) uoliena, susidariusi iš sutankėjusių, dehidratuotų ir sucementuotų molio nuosėdų;
- skalūnas (*clay shale*) – nuosėdinė nuolaužinė pelitų grupės (itin smulkiagrūdė) uoliena, kurioje vyrauja sluoksnio tįsoje lygiagrečiai išsidėstę molio mineralai, dėl ko atsiranda skalūnuotumas; praturtinta organine anglimi, uoliena yra tamsiai pilkos arba juodos spalvos;
- išsklaidytieji angliavandeniliai (*unconventional hydrocarbon*) – angliavandeniliai, pasklidę mažai laidžiose pirminėse nuosėdinėse uolienose, turinčiose organinės medžiagos, ir nesusitelkę į tradicinius telkinius; išgaunami netradiciniais gavybos metodais suardant uolieną hidraulinio ardymo būdu;
- skalūninės dujos (*shale gas; сланцевый газ; gaz łupkowy*) – dujinės fazės angliavandeniliai, kurių sankaupoms reikalinga erdvė atsiranda tankių (mažai laidžių) molingų uolienų labai mažuose įtrūkimuose ir porose;
- skalūninė nafta (*shale oil*) – skystosios fazės angliavandeniliai, kurių sankaupoms reikalinga erdvė atsiranda tankių (mažai laidžių) molingų uolienų labai mažuose įtrūkimuose ir porose;
- skalūninių dujų baseinas (*shale gas basin*) – teritorijos plotas, kuriame paplitę perspektyvios dujos išgauti uolienos;
- hidraulinis uolienų ardymas (*hydraulic fracturing*) – naftos ir dujų gavyboje gręžinio aktyvinimo metodas, kai į uolienos sluoksnį dideliu slėgiu įspaudžiamas vandens, smėlio ar dirbtinių kietų dalelių (propantų) ir cheminių medžiagų

- horizontalus gręžimas (*horizontal drilling*) – gręžimo būdas, kai iš vertikalaus gręžinio kamieno, gręžimo metu specialiomis priemonėmis jį iškreivinant, produktyvaus sluoksniu tįsoje išgręžiama viena ar keliolika horizontalių atšakų.

Naftos paieškos ir žvalgyba

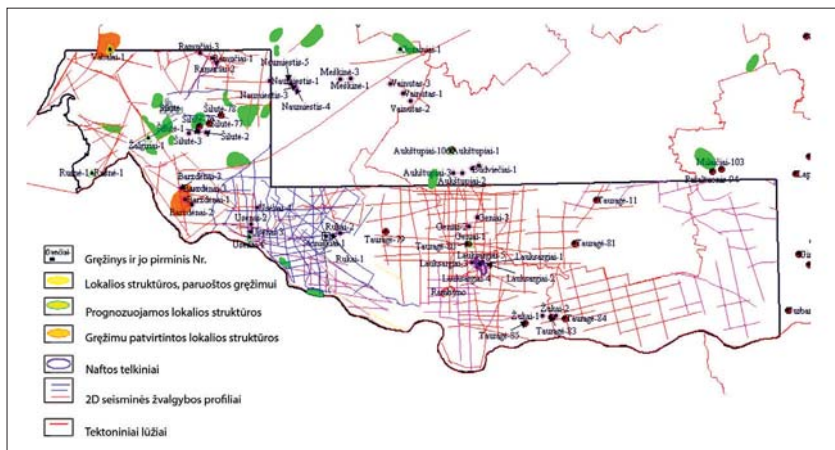
Pažymėtina, kad angliavandenilių paieškų ir žvalgybos tikslas skalūnų uolienose gali būti ne tik nustatyti jų potencialų kiekį, bet ir uolienos cheminius komponentus. Šios uolienos gali būti praturtintos cheminiais elementais, kurių pramoninė eksploatacija gali būti perspektyvi (Švedijos pavyzdys: urano gavyba [20], detaliau žr. 4.2 skirsnį). Taip pat skalūnų uolienose gali būti gamtinių medžiagų – radono, urano, torio, kurių susikaupimas technologinio proceso atliekose gali kelti pavojų žmonių sveikatai.



3 pav. Silūro uolienų slūgsojimo gylis vakarų Lietuvoje ^[11]



4 pav. Plotai, kuriems išduoti angliavandenilių išteklių naudojimo leidimai vakarų Lietuvoje; Šilutės–Tauragės plotas – ruda spalva ^[9]



5 pav. Šilutės–Tauragės ploto geologinio ištirtumo schema ^[12]

4. Skalūninių angliavandenilių potencialas

Vakarų Lietuvoje angliavandenilius generuojančioms uolienoms priskiriami viršutinio ordoviko (Oandu ir Vormsi), landoverio ir uenlokio argilitai (molio skalūnai), kuriuose C_{org} kiekis viršija 2 proc. Bendras organinės anglies kiekis (TOC) šiose uolienose kinta 0,74–17,2 proc. ribose, jos brandumas R_o (pagal „vitrinito“ atspindžio rodiklį) kinta 0,8–1,5 proc. ribose. Tirtose uolienose esanti organinė medžiaga gali generuoti skystus ir dujinius angliavandenilius, turi aukštą angliavandenilių generacijos efektyvumą. Tačiau uolienų organinė medžiaga yra ištirta mažame mėginių kiekyje ^[13].

Skaiciuojant Lietuvos silūro netradicinių skalūninių dujų potencialą įvairių šaltinių jis vertinamas skirtingai. Kaip minėta, JAV energijos informacijos administracija (EIA) 2011 m. nurodė geologinių išteklių dydžius (113 mlrd. m^3 ^[14]), tačiau, GGI specialistų nuomone, jie yra netikslūs ir nepriimtini. 2013 m. LMA komisijos išvados naujai atliktais skaičiavimais gauta, kad Šilutės–Tauragės 1800 kv. km plote apatinio silūro landoverio ir uenlokio sluoksniuose galėjo būti generuota ~5,778 mlrd. m^3 skystų ir ~1,6254 trilijonai m^3 dujinių angliavandenilių (5 pav.).

Šioje studijoje trimis variantais atlikti nauji skaičiavimai visam perspektyviam vakarų Lietuvos plotui, remiantis apatinio paleozojaus sluoksniuose esančios organinės medžiagos brandumo laipsniu, parodė tokius rezultatus. Prognoziniai dujų ir naftos ištekliai apskaičiuoti plotams, apribotiems skirtingomis „vitrinito“ izolinijomis: minimalus išteklių kiekis apskaičiuotas 1143 km^2 plotui, apribotam „vitrinito“ izolinija $R_o = 1$ proc.; vidutinis išteklių kiekis apskaičiuotas 2912 km^2 plotui, apribotam „vitrinito“ izolinija $R_o = 0,9$ proc.; maksimalus išteklių kiekis

apskaičiuotas 5691 km² plotui, apribotam „vitrinito“ izolinija $R_0 = 0,8$ proc. (žr. 1.3. skirsnį; 4 lentelę).

Palyginimui galima nurodyti, kad JAV Energijos departamento duomenimis ^[15], Lenkijoje vien tik Baltijos jūros baseine esama 3,66 trilijonų m³ skalūninių dujų, o visoje Lenkijoje EIA nurodo 5,3 trilijonus m³ ^[16]. Lietuvoje, kol nepradėta vykdyti žvalgybos darbų, nėra žinoma, koks dujų kiekis gali būti nustatytas silūro skalūnuose, kokios jų savybės ir kokiame teritorijos plote bus atliekami gręžimo darbai. Akivaizdu, kad reikia vykdyti žvalgybos bandymus bent dviejose gręžimo aikštelėse. Tik turint daugiau informacijos apie molio skalūnų savybes, gręžimo darbų sąlygas, išgaunamų dujų kiekius galima priimti sprendimus dėl tolesnių dujų žvalgybos ir galimos gavybos veiksmų.

5. Technologiniai sprendimai

Angliavandenilių išteklių, tiek tradicinių, tiek ir netradicinių, paieškos, žvalgybos (ir gavybos) technologijos būtų panašios, naudojamoms ir kituose perspektyviuose vakarų Lietuvos plotuose ^[17]. Tai visos turimos informacijos analizė ir įvertinimas, seisminės žvalgybos darbai, gręžimas ir gavyba. Seisminės žvalgybos darbai yra skirti atskirų sluoksnių paviršiaus žemėlapiams sudaryti, struktūrinėms ar kitokioms galimoms angliavandenilių gaudyklėms rasti. Gręžimo darbai pagal paskirtį skirstomi į paieškos, žvalgybos ir gavybos. Paieškos gręžinys yra skirtas ištirti, ar konkrečioje vietoje yra angliavandenilių, atlikti visus įmanomus tyrimus ir gauti kuo daugiau informacijos apie perspektyvius sluoksnius ir jų savybes. Žvalgybos gręžiniuose tiriami tie sluoksniai, kuriuose gauti angliavandenilių pritekėjimai, jų tikslas – nustatyti naudingos iškasenos slūgsojimo ir gavybos sąlygas, efektyvias gavybos technologijas ir ekonominę vertę. Gavybos (eksploatacijos) gręžiniai gręžiami jau išsamiai ištirtą telkinį.

Kalbant apie angliavandenilių paieškas skalūnuose paieškos gręžinyje jau turi būti atliekamas horizontalus gręžimas ir hidraulinis skalūno sluoksnių ardymas, kad būtų gautas atsakymas apie dujų arba fluidų prieteką. Žvalgybos ir gavybos gręžiniai gali būti gręžiami vertikaliais, iškreivintais ar horizontaliais per naftos arba dujų požiūriu perspektyvų sluoksnį. Paieškos, žvalgybos ar gavybos tikslams įrengiamo gręžinio aikštelės technologiją, gamtinės aplinkos, gruntinio, požeminio, gėlo ar mineralizuoto vandens apsaugos priemonės ir pačią gręžimo technologiją lemia vietinės geologinės sąlygos ir gręžimo tikslai ^[18].

Lietuvoje esama (UAB *Minijos nafta*) kelerių metų sluoksniu hidrauliniu ardymo, siekiant aktyvinti naftos pritekėjimą gavybos gręžinyje, patirties ^[18]. Nurodoma, kad naftos gavybos gręžinyje Pietų Šiūpariai-5 hidroardymui sunaudota: gėlo vandens – 234 kub. metrai, smėlio (propanto) – 41 tona, priedų 1,267 m³, t. y. 0,538 proc. viso bendro skysčio tūrio. Naudotos tokios cheminės medžiagos: druskos rūgštis; biocidai (natrio hipochloritas, chloro dioksidas); trinties mažintojai (poliakrilamidai);

gelinės medžiagos (Guaro guma, celiuliozė ir jos dariniai); deoksidatorius (amonio bisulfitas); kitos medžiagos. Atlikus hidraulinio ardymo darbus ir ištyrus požeminio vandens bandinius, nustatyta, kad jie neturėjo įtakos iš aukščiau esančių vandeningų sluoksnių išgaunamo vandens kokybei [21].

Literatūra

- [1] Lietuvos Respublikos žemės gelmių įstatymas, 1995 m. liepos 5 d. Nr. I-1034, nauja redakcija Nr. IX-243, 2001-04-20 (Žin., 2001, Nr. 35-1164).
- [2] Teisės aktų dėl žemės gelmių priežiūros sąrašas (LGT, 2013-02-20) http://www.lgt.lt/index.php?option=com_content&view=
- [3] „Angliavandenilių išteklių naudojimo Šilutės–Tauragės plote strateginis pasekmių aplinkai vertinimas“. SPAV ataskaita, COWI, DGEbaltic, Vilnius, 2011 (LGT fondas Nr. 15939).
- [4] Skalūnų dujų ir skalūnų alyvos gavybos poveikis aplinkai ir žmonių sveikatai [*Impacts of Shale Gas Extraction on the Environment and on Human Health-2012 Update. Study*] (IP/A/ENVI/ST/2011-07); interaktyvus: <http://www.europarl.europa.eu/activities/committees/studies.do?language=EN&file=77879>.
- [5] Support to the identification of potential risks for the environment and human health arising from hydrocarbons operations involving hydraulic fracturing in Europe Report for European Commission DG Environment (AEA/R/ED57281, Issue Number 17, 10/08/2012; <http://ec.europa.eu/environment/integration/energy/pdf/frackingproc.20study.pdf>).
- [6] Proceedings of the Workshop on “Shale Gas in the EU: Its Impact on the Environment and the Energy Policy, from the Perspective of Petitions Received”; <http://www.europarl.europa.eu/committees/en/studies.html#studies>.
- [7] Impacts of Shale Gas Extraction on the Environment and on Human Health – 2012 Update; <http://www.europarl.europa.eu/committees/en/studies.html#studies>.
- [8] Shale gas from country; <http://www.europeunconventionalgas.org/>.
- [9] Basys V., Būda V., Grigelis A., Juodkazis V., Malinauskas A., Motuza G., Motuzas A. J., Vaitkus, J. V., Valiulis A., Vilemas J. Komisijos dėl skalūnų dujų žvalgybos ir gavybos poveikio aplinkai bei žmonių sveikatai vertinimo išvados / sudarė Algimantas Grigelis. Lietuvos mokslų akademija, Vilnius, 2013 m. kovo 18 d. 32 p., 2 lent., 15 il. [Žr. Lietuvos mokslų akademijos tinklalapio skyrių „Mokslas ir visuomenė“: <http://lma.lt/>].
- [10] Lietuvos Respublikos žemės gelmių įstatymo straipsnių pakeitimo ir papildymo ir įstatymo papildymo 6¹ straipsniu įstatymas, 2013 m. gegužės 30 d. Nr. XII-352 (Žin., 2013, Nr. 64-3176).
- [11] Zdanavičiūtė O., Lazauskienė J. Organic matter of Early Silurian succession – the potential source of unconventional gas in the Baltic Basin (Lithuania). *Baltica* 22 (2), 2009, p. 89–99.
- [12] Lazauskienė J., Bitinas, J. Šilutės–Tauragės licencinio ploto silūro uolienų, perspektyvių skalūno dujų žvalgybai, geologinių sąlygų apžvalga. Lietuvos mokslų akademijos Skalūnų dujų vertinimo komisijos ataskaita / sudarė Algimantas Grigelis. Lietuvos mokslų akademija, Vilnius, 2013 m. kovo 18 d. <http://lma.lt/>.
- [13] Zdanavičiūtė O. Šilutės–Tauragės licencinio ploto silūro uolienų, perspektyvių skalūno dujų žvalgybai, geocheminė charakteristika. Lietuvos mokslų akademijos Skalūnų dujų vertinimo komisijos ataskaita / sudarė Algimantas Grigelis. Lietuvos mokslų akademija, Vilnius, 2013 m. kovo 18 d. <http://lma.lt/>.
- [14] World shale gas resources: an initial assessment of 14 regions outside the United States. US Energy Information Administration, 2011, XI-27. [Interneto versija].
- [15] US Department of Energy; <http://www.energy.gov/>.
- [16] Poprawa P. Assessment of the shale gas potential of the Lower Paleozoic shales in the Baltic Basin. The Energy Study Institute, Warszawa, manuscr. (pers. com.), 2013.

- [17] Vaičieliūnas I. Šilutės–Tauragės licencinio ploto telkinių žvalgymo ir gavybos technologinės sąlygos. Lietuvos mokslų akademijos Skalūnų dujų vertinimo komisijos ataskaita / sudarė Algimantas Grigelis. Lietuvos mokslų akademija, Vilnius, 2013 m. kovo 18 d. <http://lma.lt/> .
- [18] Vaičieliūnas I. Angliavandeniliai iš skalūnų – pavojai tikri ar išgalvoti? *Geologijos akiračiai*, 2013, Nr. 1, p. 7–10.
- [19] Mockevičius J. Molio skalūnų perspektyvos. LGT, rankr. (asm. duom.), 2013.
- [20] Dyni R. J. Geology and resources of some world oil-shale deposits. Scientific investigations report 2005–5294, U. S. Department of the Interior, U. S. Geological Survey, Virginia, 2006.
- [21] Vaičieliūnas I., Gintilas R. Skalūninių angliavandenilių žvalgybos technologijos Lietuvoje. *Mokslas ir technika*, 2013. Nr. 11, p. 4–7.

1. Skalūninių geologinių formacijų susidarymo ypatumai

1.1. Ordoviko geologinė sistema

Sedimentacijos baseinas ir subformacinės sritys

Lietuvos ir gretimų teritorijų ordoviko periodo (488–443,7 mln. metų atgal) jūrinis baseinas užėmė šiaurinę epikontinentinio baseino dalį Rytų Europos platformos pietvakariniame pakraštyje (nuo Pabaltijo iki Juodosios jūros; 1 pav.). Ordoviko geologinės sistemos pjūvį sudaro terigeninė-karbonatinė formacija (geogeneracija), kaledoniniame tektono-sedimentaciniame cikle atitinkanti jūrinės transgresijos inundacinę stadiją ^[1]. Todėl pirminis ir net šiuolaikinis ordoviko nuogulų paplitimo arealas iš visų ankstyvojo paleozojaus geologinių sistemų yra didžiausias.

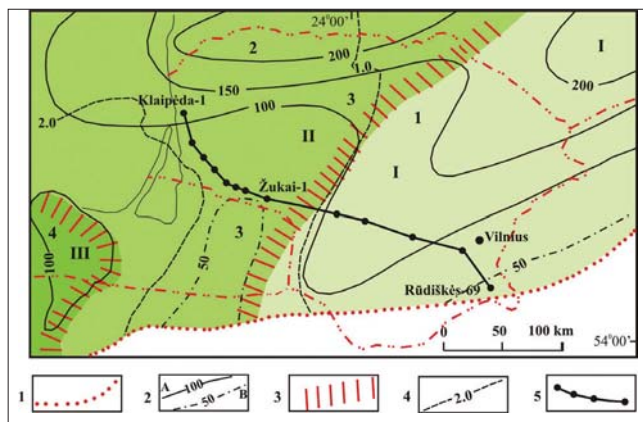
Ordoviko sistemos pjūvio nuosėdų sudėtį lėmė globali tektonika – Rytų Europos platformos (Baltikos kontinento) dreifas nuo 60 °–40 ° pietų platumos pusiaujo link, periodo pabaigoje pasiekęs 30–20 ° subtropinio klimato juostą ^[2,3]. Dėl tos priežasties sedimentaciniame baseine laikui bėgant kito vandens temperatūrinis režimas, lėmęs dugninės faunos (bentos), fito- ir bioplanktono evoliuciją ir reproduktivumą ^[4]. Didžioji karbonatinių nuosėdų dalis susiformavo organizmų liekanų dėka. Globali tektonika lėmė baseino dugno gylius, morfotektoninių struktūrų susidarymą ir lateralinių nuosėdų pasiskirstymą. Pagal šiuos požymius išskiriamos trys baseino subformacinės sritys: Rytų Pabaltijo, Vakarų Pabaltijo ir Skonės ^[5].

Rytų Pabaltijo subformacinė sritis yra kraštinėje baseino dalyje ir sutampa su Vidurio Lietuvos–Bresto įlinkiu ^[4,6]. Jos sudėtyje vyrauja pilkos spalvos terigeninės-karbonatinės facijos, nuosėdų bendras storis siekia 194 m. Vakarų Pabaltijo subformacinė sritis užima centrinę baseino dalį ir sutampa su Jelgavos įlinkiu ir Nemuno žemupio pakiluma ^[7]. Jos sudėtyje vyrauja margaspalvės (pilkos, raudonos, juodos) karbonatinės-terigeninės facijos, nuosėdų bendras storis kinta nuo 40–50 m iki 250 m. Skonės subformacinė sritis apima baseino giliausią dalį ir sutampa su Notangos įlinkiu ^[8]. Jos sudėtyje vyrauja tamsiai pilkos karbonatinės-terigeninės (molingos) facijos, nuosėdų storis iki 120 m.

Stratigrafija, litologija ir facijos

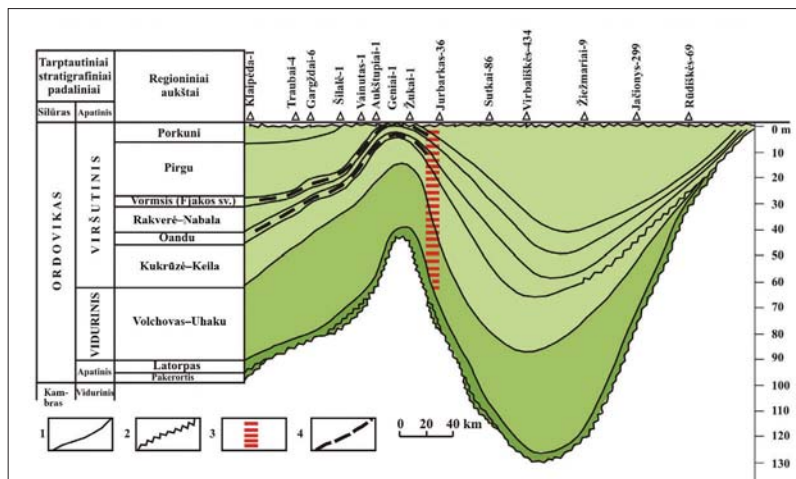
Juodi skalūnuoti argilitai, praturtinti organine medžiaga, sutinkami Vakarų Pabaltijo subformacinės srities pjūvyje viršutinio ordoviko Oandu ir Vormsi aukštuose (1, 2 pav.). Oandu aukštą sudaro Plungės ir Žarėnų svitos ^[9].

Plungės (Mosseno) svitą sudaro juodi argilitai, Žarėnų svitą – pilkas mergelis su mikrokristalinių klinčių tarp sluoksniais. Juodi argilitai mikrosluoksniuoti nuo



1 pav. Rytų Europos platformos pietvakarinio pakraščio ordoviko baseino subformacinis ir morfotektoninis rajonavimas. 1 – nuogulų šiuolaikinio paplitimo riba; 2 – nuogulų storio izolinijos (m), tikros (A) ir atkurtos (B); 3 – subformacinių sričių ribos; 4 – ordoviko nuogulų kraigo izohipsės (km); 5 – stratigrafinio pjūvio linija (žr. 2 pav.). Subformacinės sritys: I – Rytų Pabaltijo; II – Vakarų Pabaltijo; III – Skonės.

Morfotektoninės struktūros: 1 – Vidurio Lietuvos–Bresto įlinkis; 2 – Jelgavos įlinkis; 3 – Notangos įlinkis; 4 – Nemuno žemupio pakiluma



2 pav. Ordoviko stratigrafinis pjūvis per sedimentacinio baseino subformacines sritys ir morfotektonines struktūras (žr. 1 pav.). 1 – stratigrafinių padalinių ribos; 2 – stratigrafinės pertraukos; 3 – riba, skirianti Rytų Pabaltijo ir Vakarų Pabaltijo subformacines sritys; 4 – juodi skalūnuoti argilitai, praturtinti organine medžiaga

dalies milimetrų iki 1–3 mm, rečiau storesni arba net masyvūs. Jie susideda iš molio mineralų (hidrožeručio, kaolinito, chlorito) ir organinės medžiagos, nevienodai išsibarsčiusios sluoksneliuose. Tai lemia sluoksniuotą uolienos tekstūrą, o pakitus gyliams dėl padidėjusio slėgio – skalūnuotumą.

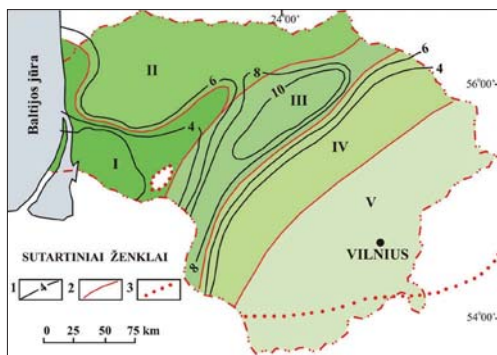
Argilituose yra smulkių kalcito ir dolomito kristalų (0,01–0,07 mm), pavienių kvarco ir lauko špato grūdelių (0,01–0,03 mm). Juose randama planktono (graptolitų), judraus bentoso (trilobitų) ir pasyvaus nektono (smulkių bespynių pečiakojų) liekanų. Organinės medžiagos kiekis argilituose siekia 14,9 proc, vidurkis – 3,2 proc. ^[10]. Nekarbonatinė medžiaga argilituose sudaro 75,2–86,7 proc., kalcitas – iki 6,7 proc., dolomitas – 4,7–7,8 proc.

Žarėnų svitos pilkas mergelis yra masyvios tekstūros, silpnai sucementuotas, kartais molingas, persisluoksniuoja su mikrokristaline klintimi. Mergelio sluoksnių storis – 5–12 cm, klinties – 2–5 cm. Organinės medžiagos kiekis klintyse neviršija 0,11 proc., mergeliuose – 0,21 proc.

Plungės svitos juodų argilitų storis kinta atsižvelgiant į padėtį morfotektoninėje struktūroje. Jelgavos įlankyje jų storis – 3,5–4,5 m ir sudaro 40–50 proc. Oandu aukšto pjūvio. Nemuno žemupio pakilumos pietvakariniame šlaite argilitų storis neviršija 1,5–2 m ir sudaro 80–95 proc. aukšto pjūvio.

Vormsi aukšto juodas skalūnuotas argilitas (Fjacka svita) sutinkamas Vakarų Pabaltijo subformacinės srities pjūviuose. Nemuno žemupio pakilumos pietrytinėje dalyje dėl vėlyvojo ordoviko pabaigoje baseino susėklėjimo Vormsi aukšto nuogulos buvo nudenuduotos (gręž. Tauragė-11, Lauksargiai-1, Geniai-1, Kunkojai-12, Žūkai-1 ir kt.). Argilitai nuosėdų sudėtimi ir tekstūra yra analogiški Oandu aukšto Plungės svitos argilitams. Organinės medžiagos kiekis neviršija 7,9 proc.

Oandu amžiaus nuogulos kaupėsi jūros transgresijos sąlygomis. Baseinas, palyginti su ankstesniu laikotarpiu, pagilėjo. Kranto linija pasistūmėjo į rytus ir jūros vandenys padengė Keilos amžiuje nueroduotą Vidurio Lietuvos įlankio rytinį šlaitą (3 pav, V zona). Čia klostėsi litoralės nuolaužinės facijos. Įlankio priekinėje dalyje



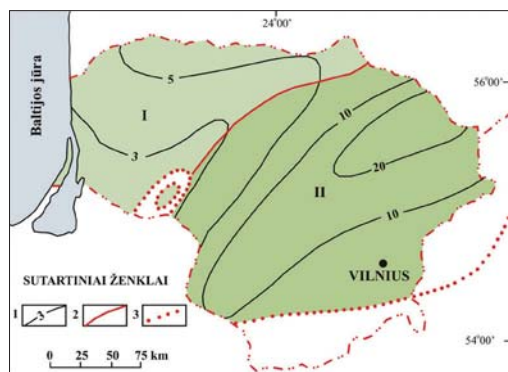
3 pav. Oandu amžiaus facijos.

I – gilaus šelfo stagnacinė;
 II – gilaus šelfo stagnacinė ir aeracinė; III – seklaus šelfo poštorminė ir štormų;
 IV – seklaus šelfo štormų ir bangavimo; V – seklaus šelfo litoralės. 1 – nuogulų storio izolinijos (m); 2 – facijų zonų ribos; 3 – nuogulų nėra dėl epigenetinės erozijos

(IV zona) vyraavo seklaus šelfo bangavimo ir štormų zonos karbonatinės facijos, turinčios gausią dugninę fauną. Ašinėje įlinkio dalyje kaupėsi poštorminės ir štormų molingos facijos. Giliausioje baseino dalyje (I ir II zonos) ramaus hidrodinaminio režimo sąlygomis klostėsi moliai, turtingi organinės medžiagos (fito- ir bioplanktono liekanų), nusėdusios jūros dugne. Tai gilaus šelfo stagnacinės zonos facija.

Oandu amžiaus pabaigoje (Žarėnų laikotarpis) baseinas suseklėjo. Rakvere–Nabala amžiais baseinui vis labiau seklėjant kaupėsi karbonatinės, terigeninės-karbonatinės bangavimo ir štormų zonos facijos, nuosėdų storis iki 20 m.

Vormsi amžiuje paleogeografinės-facinės sąlygos baseine buvo artimos Oandu amžiui. Po Rakvere–Nabala amžių baseino suseklėjimo nauja jūros transgresija plačiausiai padengė žemyną rytuose (4 pav.). Vidurio Lietuvos įlinkyje (II zona) formavosi seklaus šelfo poštorminės, štormų ir bangavimo zonų terigeninės-karbonatinės ir karbonatinės facijos, nuosėdos iki 20 m. Terigeninės komponentės nešimą į gilesnę baseino dalį riboja Nemuno žemupio pakiluma ir jos tęsinyje šiaurės rytų krypties gūbrys. Todėl dėl gausaus planktono nusėdimo tiek Nemuno žemupio pakilumoje, tiek Jelgavos įlinkyje formavosi stagnacinė facija (I zona).



4 pav. Vormsi amžiaus facijos.

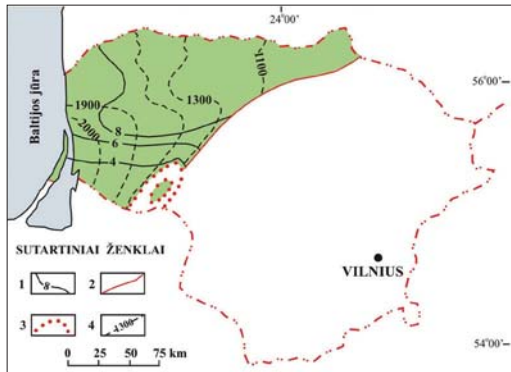
I – gilaus šelfo stagnacinė;
II – seklaus šelfo poštorminė,
štormų ir bangavimo.

1 – nuogulų storio izolinijos
(m); 2 – facijų zonų riba;

3 – nuogulų nėra dėl
epigenetinės erozijos

Geologinis vertinimas

Oandu ir Vormsi aukštų juodų skalūnuotų argilitų, turtingų organinės medžiagos, suminis storis nėra didelis (5 pav.). Nemuno žemupio pakilumoje jis sudaro 3–4 m. Pakilumos kraige dėl ordoviko periodo pabaigoje sekusios sedimentacinės pertraukos, susijusios su pasaulinio vandenyno vandens lygio pažemėjimu, Vormsi aukšto argilitai buvo nueroduoti, o Tauragės-11 gręžinio rajone erozijos gylio siekė Keilos aukšto nuogulas. Jelgavos įlinkyje suminis argilitų storis siekia 8–9 m. Argilitų sluoksnius skiria Rakvere–Nabala aukštų karbonatinės uolienos (klintys, mergeliai), kurių storis lateraliai keičiasi analogiškai suminiam argilitų kaitos storiui. Nemuno žemupio pakilumos vakarinėje dalyje jie sudaro vos 1–2 m (gręž. Rusnė-1, Usėnai-1,



5 pav. Oandu ir Vormsi aukštų juodų skalūnuotų argilitų, praturtintų organine medžiaga, sluoksnių suminis storis. 1 – argilitų sluoksnių suminio storio izolinijos (m); 2 – argilitų rytinė paplitimo riba; 3 – Vormsi ir Oandu aukšto argilitų epigenetinės erozijos arealai; 4 – Vormsi aukšto argilitų sluoksniu kraigo stratoizohipsė (km)

Šilutė-1, Ramučiai-1). Šiaurės kryptimi tarpinis sluoksnis storėja ir Jelgavos įlinkyje siekia 8–10 m, o kartu su Žarėnų svitos uolienomis – 14 m.

Vormsi aukšto juodų skalūnuotų argilitų, turtingų organinės medžiagos, kraigo absoliutus aukštis kinta nuo –1100 m rytinėje jų paplitimo dalyje iki –2000 m vakarinėje (5 pav.). Submeridionalia kryptimi Vormsi aukšto kraigo izohipsės atkartoja struktūrinius elementus, nustatytus seismožvalgybiniais metodais pagal apatinio silūro Stačiūnų–Apasčios svitų atspindžio horizontą.

Dujų ir skystų angliavandenilių išgavimas iš Oandu ir Vormsi aukštų juodų argilitų sluoksnių reikalauja papildomo detalaus tyrimo, nes hidraulinio ardymo technologijos naudojimas susijęs su aplinkosaugos reikalavimais. Atliekant sluoksnių hidraulinį ardymą sudaromas slėgis, didesnis už sluoksniu slėgį, tai padidina argilitų sluoksniu skvarbumą, bet kartu galima ir lūžio zonos uolienų pažaida. Tik tokiu atveju angliavandenilių tirpiklis, išgautos dujos ir skysti produktai, kildami per lūžių zonas, gali patekti į aukščiau slūgsančius vandeninius sluoksnius.

Reikėtų atkreipti dėmesį į tai, jog turimos geologinės medžiagos pagrindu Tauragės–Šilutės plose, Tauragės kyšulyje galima prognozuoti lokalias struktūras kambro ir ordoviko sluoksniuose ^[11]. Kambro nuogulose į pietus nuo Nemuno rasti naftos telkiniai Vostočno–Gorinskoje, Novo Serebrianskoje ir Novo Iskrinskoje plotuose. Juose viršutinio ordoviko Porkuni aukšto Saldus svitos nuolaužinėse klintyse taip pat aptikta naftos apraiškų. Lokalios struktūros, kaip žinoma, siejasi su tektoniniais lūžiais kristalinių uolienų pamate ir nuosėdinėje dangoje, kartais siekiančiais devono, permo, kreidos sluoksnius ^[12].

Ankstesniais metais atliktų seismožvalgybos darbų tinklas yra nepakankamas. Tik papildomai atlikus seismožvalgybos darbus ir naujai interpretavus ankstesnę medžiagą, galimas Tauragės ploto vertinimas tiek dėl naftos struktūrinių telkinių radimo, tiek ir dėl juodų skalūnuotų argilitų žvalgyimo bei dujų bei skystų angliavandenilių išgavimo perspektyvos.

Literatūra

- [1] Laškov, E. M. Rytų Europos platformos pietvakarinio pakraščio ordoviko subformacijos. Kn. *Rytų Europos platformos vakarinės dalies tektonika, facijos ir formacijos*, Minsk, 1987, p. 96–103. [Rusų k.].
- [2] Torsvik, T. H., Smethurst, M. A., Van der Voo, R., Trenck, A., Abrahamsen, N., Halvorsen, E. Baltica. A synopsis of Vendian-Permian palaeomagnetic data and their palaeotectonic implications. *Earth Science Reviews* 33, 1992, p. 133–152.
- [3] Torsvik, T. H. Paleozoic palaeogeography: a North Atlantic viewpoint. *GFF* 120, 1998, p. 109–118.
- [4] Laškovas, J. Rytų Europos platformos pietvakarinio pakraščio ordoviko baseino sedimentacinės sąlygos ir nuosėdų litogenezė. Vilnius, 2000, p. 137–157, 195–201.
- [5] Männil, R. M. *Baltijos baseino raidos istorija ordovike*. Tallin, 1966, 200 p. [Rusų k.].
- [6] Paškevičius, J. J. Pietų Pabaltijo ordoviko ir silūro nuogulų stratigrafija ir fauna. Vilnius, 1958, 27 p. [Autoref., rusų k.].
- [7] Lapinskas, P. P. Pietų Pabaltijo viršutinio ordoviko ir apatinio silūro (landoerio) nuogulų litologija ir facijos. Vilnius, 1967, 19 p. [Autoref., rusų k.].
- [8] Laškovas, E. M. Pietų Pabaltijo ordoviko nuogulų litostratigrafija, litologija ir facijos. Vilnius, 1968 24 p. [Autoref., rusų k.].
- [9] Sidaravičienė, N. (sudarytoja). *Lietuvos stratigrafiniai padaliniai*. Vilnius, 1999, p. 43, 51.
- [10] Kadūnienė, E. Organinės medžiagos pasiskirstymas Rytų Europos platformos vakarinio pakraščio kaledoniškajame struktūriniame komplekse. Kn. *Lietuvos naftingieji kompleksai*, Vilnius, 1996, p. 39–47.
- [11] Suveizdis, P. Lietuvos tektoninis žemėlapis. Kn. *Lietuvos tektoninė sandara*, Vilnius, 2003.
- [12] Sakalauskas, K. Tectonics: an overview of oil-bearing complexes. In O. Zdanavičiūtė and K. Sakalauskas (eds). *Petroleum geology of Lithuania and south-eastern Baltic*, Vilnius, 2001, p. 19–36. [Laškovas, J. ir kt., *Geologiniai pjūviai*, p. 25–28].

1.2. Silūro geologinė sistema

Sedimentacijos baseinas ir paleogeografijos ypatumai

Lietuvos ir gretimų teritorijų geologinėje sandaroje silūro periodo (443,7–416 mln. metų atgal) epikontinentinis jūrinis baseinas plytėjo, kaip ir ordoviko periodu, Rytų Europos platformos pietvakariniame pakraštyje. Silūro geologinė sistema Lietuvoje išsiskiria savo dideliu storiu ir paplitimu (1 pav.). Didžiausias uolienų storis žinomas regiono pietinėje dalyje – Lietuvos įdauboje, kur sausumoje siekia 144–828 m, o jūros akvatorijoje iki 1120 m. Silūro uolienų pado slūgsojimo gylis kinta nuo 234 iki 2044 m.

1949 m. Vilniaus gręžinyje pirmą kartą pragręžus silūro darinius, vėlesniais darbais vakarų ir rytų Lietuvoje buvo nustatyta didelė šios sistemos uolienų įvairovė, itin ryški platumine kryptimi (2 pav.). Todėl silūro baseino vakarinės ir rytinės dalies formacijų stratigrafinių padalinių išskyrimo ir gretinimo problema buvo sprendžiama palyginti ilgus metus^[1,2,3]. Tai padarius, atsirado galimybė patikimiau nei anksčiau atkurti silūro periodo ir jo trumpesnių laikotarpių paleogeografijos ypatumus, išaiškinti uolienų susidarymo ir paplitimo dėsningumus.

Silūro periodo pradžioje Baltijos regionas pradėjo grimzti, susidarė didelis, iš pietvakarių į šiaurės rytus nutįsęs, jūrinis baseinas. Jo dydis buvo kaitus – didelių baseino paplitimus (transgresijas) keitė sumažėjimai (regresijos). Iš viso būta trijų tokių transgresijų ir regresijų kaitos ciklų: landoverio pradžioje–landoverio viduryje; landoverio pabaigoje–uenlokyje–ludlove; pržidolyje ^[2]. Jūrinis baseinas iš trijų pusių buvo apsuptas sausumos. Pietryčiuose ir šiaurės rytuose jos būta žemos, o šiaurės vakaruose – dabartinėje Skandinavijoje – kalnuotos. Pietvakariuose Baltijos silūro jūros baseinas susisiekė su Rytų Europos tektoninės plokštės pakraštyje tyvuliavusiu vandenynu.

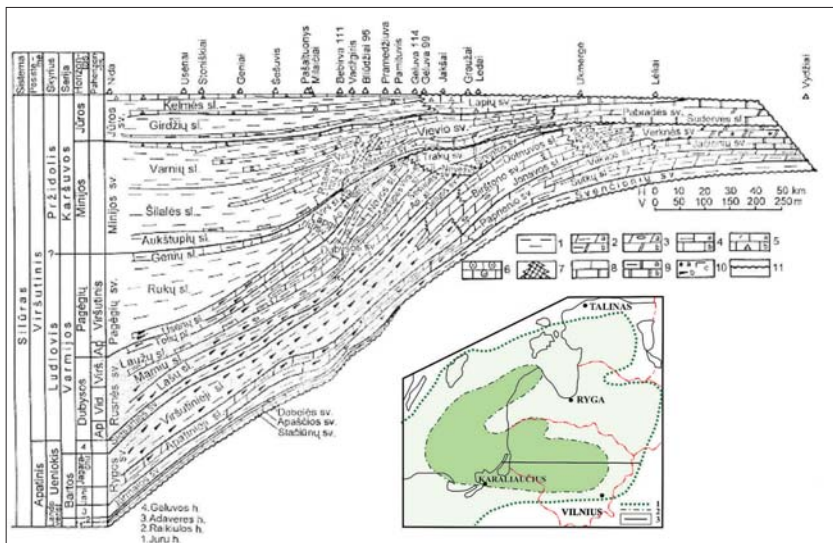
Kaip ir visa Rytų Europa, Baltijos baseinas silūro periodu buvo Pietų pusrutulio aridinio klimato zonoje ^[4]. Dėl klimato įtakos jūrinio baseino rytiniame pakraštyje klostėsi įvairios karbonatinės nuogulos, kartais su raudonspalvių gipsingų darinių sluoksniais. Didesnėje centrinėje ir pietvakarinėje Baltijos baseino dalyje atsiklojo stori terigeninių–molingų nuogulų sluoksniai. Juos suformavo intensyvus molingos medžiagos srautas, plūdęs iš pietvakarių. Čia, Rytų Europos tektoninės plokštės sandūroje su Vidurio Europos mikrokontinentais, stūksojo kalnai. Jų ardymo medžiaga buvo atnešama ir nusėsdavo silūro jūroje ^[5].

Trumpų silūro periodo laikotarpių paleogeografijos atkūrimas atvėrė itin margą paleogeografinių aplinkų ir atsiklojusių nuogulų vaizdą. Didžiausia jų įvairovė buvo uenlokio–ludlovio laikmečiu (žr. 1 pav.) ^[2, 3]. Sausumos ir jūros riboje driekėsi retsykliais jūros užliejamų lygumų (sebhų) ir druskingų ežerų juosta. Čia atsiklojo nuogulos, šiuo metu virtę žalsvai pilkais plonai sluoksniuotais dolomitais, margaspalviais molingais dolomitiniais mergeliais su anhidrito tarp sluoksniais ir džūvimo plyšiais.

Atskirais laikotarpiais pačiame jūrinio baseino pakraštyje telkšojo lagūnos. Jose klostėsi karbonatinės nuosėdos, virtę tamsiaspalviais dolomitais su dugninės faunos liekanomis. Šios lagūnos nuo atviros jūros buvo atskirtos intensyvios bangomūšos plotais. Juose formavosi karbonatinių smėlių barai, retsykliais rifai.

Vakarų kryptimi plytėjo negilus atviros jūros šelfas. Čia vyko intensyvi karbonatinių ir molingų dumblių sedimentacija. Vandens turbulencija užtektinai prisotindavo deguonimi dugno lygį, kas sudarė palankias sąlygas tarpti dugninei faunai. Gausių faunos liekanų sutinkama iš šio šelfo nuogulų susiformavusiuose mergeliuose ir klintyse.

Pačioje didžiausioje centrinėje Baltijos silūro jūrinio baseino dalyje driekėsi specifiniai stagnacinio priedugninio vandens plotai. Čia gilaus šelfo ir mažos vandens turbulencijos sąlygomis kaupėsi molingas, rečiau karbonatinis dumblas, turintis organinės medžiagos ir planktoninės gyvūnijos liekanonų. Vandens užterštumas sieros vandeniliu dėl yrančių organinių liekanų buvo ypač didelis landoverio viduryje, kai organinės medžiagos kiekis mažo storio dumbliuose (per 9 m) siekė 19,2 proc. ^[6]. Uenlokio–ludlovio laikotarpiu bendram nuosėdų storiui padidėjus iki 320 m, orga-



1 pav. Pietų Pabaltijo silūro geologinis-stratigrafinis pjūvis: 1 – argilitas; 2a – molingas mergelis; 2b – molingas dolomitinis mergelis; 3a – mergelis su klinčių gniužulais; 3b – dolomitinis mergelis; 4a – mikrogrūdė molinga klintis; 4b – mikrogrūdė klintis; 5a – organogeninė detritinė klintis; 5b – nuolaužinė klintis; 6 – oolitinės ir onkolitinės klintys; 7 – rifinė klintis; 8 – dolomitinė klintis ir klintingas dolomitas; 9a – molingas dolomitas; 9b – dolomitas; 10a – raudonspalviškumas; 10b – organinės medžiagos priemaiša; 11 – stratigrafinių pertraukų paviršiai.

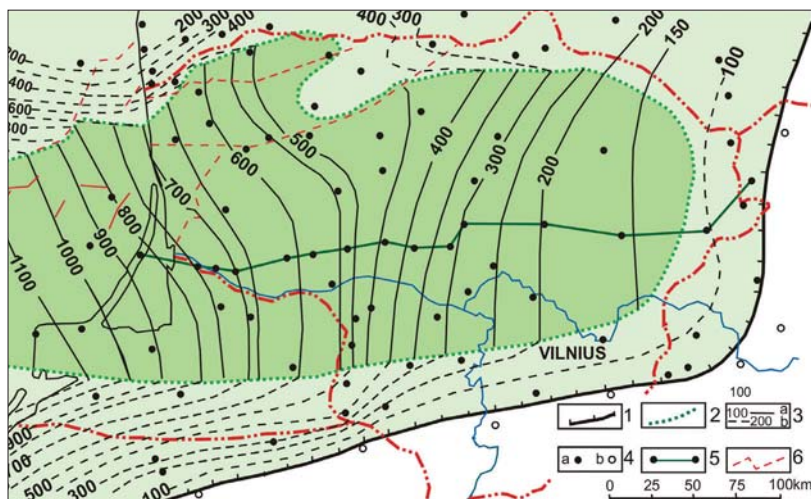
Sutrupinimai: hor. – horizontas, sv. – svita; sl. – sluoksniai; pl. – pluoštas; ap. – apatinis; vid. – vidurinis; virš. – viršutinis; Prm. sl. – Pramedžiuvos sluoksniai.

Įbraižoje Baltijos silūro darinių paplitimo schema: 1 – dabartinė silūro darinių paplitimo riba; 2 – dabartinė silūro darinių, nepalietusių posilūrinės erozijos, paplitimo riba; 3 – darbe nagrinėjamų silūro darinių paplitimo sritis ir litologinio-stratigrafinio pjūvio linija

ninės medžiagos kiekis sumažėjo iki 1–2 proc.^[7], bet priedugninio vandens režimas išliko stagnacinis–anaerobinis, nepalankus dugninei faunai egzistuoti. Tos faunos nedaug buvo tik baseino pakraščio rytiniuose rajonuose (1 nuotr.).

Baseino sandara ir angliavandenilių generacijos kompleksas

Silūro periodu Baltijos sedimentacinio baseino centrinėje dalyje susiformavo du sluoksniai (storymės). Jie sudaro silūro tamsiaspalvį terigeninį kompleksą (STTK), kuris yra pagrindinis angliavandenilių generacijai visoje Baltijos baseino nuosėdinėje dangoje^[8]. Pirmoji storymė – tai landoverio vidurinės dalies uolienos.



2 pav. Pietų Pabaltijo silūro darinių paplitimo žemėlapis. 1 – silūro darinių šiuolaikinė paplitimo riba; 2 – silūro darinių, nepaliestų posilūrinės erozijos, paplitimo riba; 3a – posilūrinės erozijos nepaliestų silūro darinių storio izopachitos, m; 3b – posilūrinės erozijos paliestų silūro darinių storio izopachitos, m; 4a – gręžiniai, kuriuose rasta silūro darinių; 4b – gręžiniai, kuriuose nerasta silūro darinių; 5 – geologinio-stratigrafinio pjūvio (1 pav.) linija; 6 – tektoniniai lūžiai

Jų sandaroje vyrauja plonai sluoksniuoti juodi argilitai, gausiai (iki 19,2 proc.) turintys organinės medžiagos ir planktoninės gyvūnijos, ypač graptolitų liekanų. Retos klinties konkrecijos ir tarp sluoksniai, piroto sankaupos. Storis neviršija 9 m. Viršutinėje dalyje sluoksniuojasi su žalsvai pilkais argilitais (2 nuotr.).

Antrąją uenlokio–ludlovio apatinės dalies storumę sudaro tamsiai pilkas arba juodas, masyvus arba plonai horizontaliai sluoksniuotas argilitas bei molingas mergelis (3 nuotr.). Retos klinties konkrecijos (4 nuotr.); kai kuriuose pjūviuose mikrogrūdės molingos klinties sluoksniai iki 16 m storio. Kartais stebimi vulkaninių pelenų (metabentonitų) sluoksniukai iki keleto centimetrų storio (5 nuotr.). Gausios planktoninių organizmų liekanos (6 nuotr.). Dispersinės organinės anglies kiekis apatinėje–uenlokio storumės dalyje vidutiniškai siekia 1,24 proc. ir sumažėja iki 0,76 proc. viršutinėje–ludlovio dalyje ^[7]. Uolienų struktūros detalės matyti iš petrografinių šlifų nuotraukų (7, 8, 9 nuotr.). Šios storumės storis siekia 320 m, o bendras STTK storis sudaro 360 m.

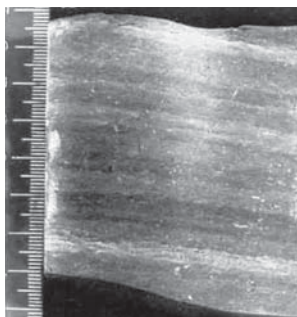
Landoverio pradžios ir pabaigos, ludlovio pabaigos ir pradžios laikotarpių vienalaikių sedimentacinių aplinkų ir nuogulų sekos turėjo savo ypatumų. Pavyzdžiui, stagnacinės aplinkos jose arba dar, arba jau nesusidarė. Pradžios



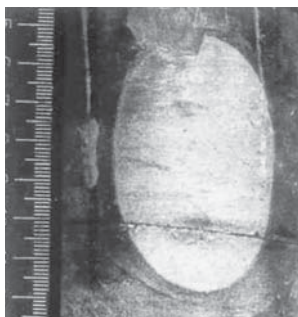
1 nuotr. Tamsiai pilkas argilitas su jūrų lelijos stiebelių; apatinis silūras, Rygos svita, grėž. Pajavonys-13, gylis 1137,3 m



2 nuotr. Žalsvai pilkų ir juodų argilitų sluoksniavimasis; apatinis silūras, Jūrmalos svita, grėž. Kybartai-23, gylis 1175,0–1175,3 m



3 nuotr. Tamsiai pilkas plonai horizontaliai sluoksniuotas argilitas; apatinis silūras, Rygos svita, grėž. Stačiūnai, gylis 1236,2 m



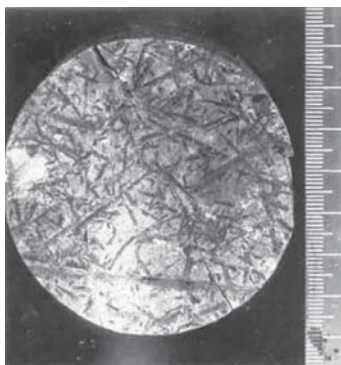
4 nuotr. Klinties konkretija tamsiai pilkame argilite; apatinis silūras, Rygos svita, grėž. Stačiūnai, gylis 1198,7 m

sedimentacinių aplinkų sekoje vidurio Lietuvoje plačiai paplito negilaus aerobinio šelfo aplinka su karbonatinių dumblių sedimentacija. Čia buvo gausu pavienių rifų, kuriuose aptikta naftos telkinių, bei formavosi jų barjerinės juostos^[2]. Už pastarųjų telkšojo lagūnos, kuriose klostėsi tamsiaspalviai karbonatiniai dumblai, turintys daug dugninės faunos liekanų.

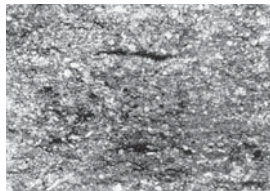
Paleogeografinių–sedimentacinių zonų paplitimas plote ir laike buvo nepastovus. Pavyzdžiui, bangomūšos aplinkos karbonatinių smėlių ir rifų zona uenlokio laikotarpio pradžioje tęsėsi iš pietvakarių į šiaurės rytus per Vilniaus apylinkes. Panašių darinų zona ludlovio pabaigoje jau driekėsi meridionalia kryptimi nuo Kybartų



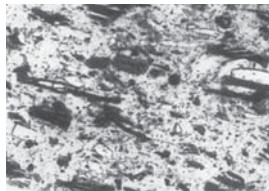
5 nuotr. Žalsvai pilkas argilitas su metabentonito tarp sluoksniu; apatinis silūras, Jūrmalos svita, grėž. Kybartai-23, gylis 1182 m



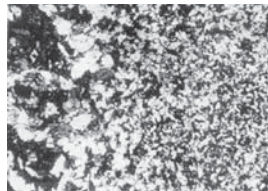
6 nuotr. Juodas argilitas su gausiais chaotiškai orientuotais graptolitais; apatinis silūras, Jūrmalos svita, grėž. Stačiūnai, gylis 1243,2 m



7 nuotr. Tamsiai pilkas argilitas, turintis organinės medžiagos; šlifas x 10; apatinis silūras, Rygos svita, grėž. Stačiūnai, gylis 1108,8 m



8 nuotr. Šviesiai rusvai pilkas metabentonito molis su gausiomis biotito, kvarco, lauko špatų nuolaužėlėmis, šlifas x 60; apatinis silūras, Jūrmalos svita, grėž. Kunkojai, gylis 1372,2 m



9 nuotr. Tamsiai pilka įvairiakristalinės klinties konkretija, šlifas x 5; apatinis silūras, Rygos svita, grėž. Stačiūnai, gylis 1154,4 m

iki Akmenės. Tokią įvairių paleogeografinių ir sedimentacinių zonų migraciją laike bei plote lėmė jūrinio baseino kaita, vykusi minėtų transgresinių-regresinių ciklų metu. Paskutiniojo – pržidolio – ciklo regresijos pabaigoje sausuma išskilo ir jūrinis baseinas nustojo egzistavęs. Baltijos regione įsivyravo naujo – devono – geologinio periodo žemyninės sąlygos.

Silūro rifų naftos ir skalūninių dujų vertinimas

Pagrindinės Baltijos silūro periodo baseino paleogeografinės aplinkos, jame atsiklojusios nuosėdos, iš kurių vėliau susiformavo įvairios uolienos, svarbios ne tik pažintine moksline, bet ir praktine prasme.

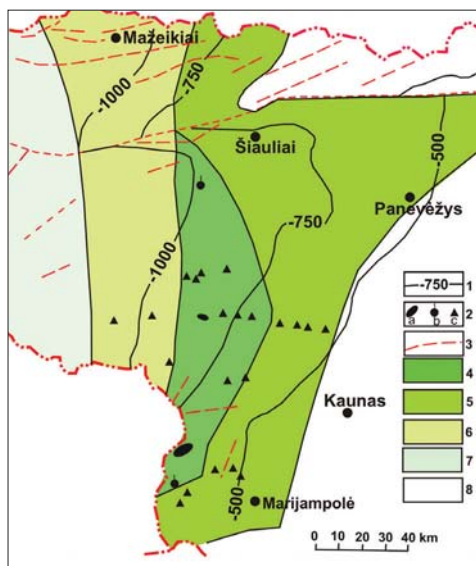
1964 m. atlikus apatinio silūro uolienų sudėties ir jų paleogeografinių sąlygų tyrimą, buvo iškelta hipotezė (P. Lapinskas), jog vidurio Lietuvoje būta palankių sąlygų rifams formotis bei vėliau naftos sancaupoms juose paplisti. 1975–1976 m. pagal mokslininkų rekomendacijas (P. Lapinskas, J. Laškovas, G. Vosylius), siekiant ištirti vidurio Lietuvos geologinę sandarą, buvo išgręžta 70 struktūrinių-profilinių gręžinių. 1983 m. stambiame Kudirkos rife (aukštis – 88 m, plotas – ~25 km²) buvo aptiktas pirmas silūro rifuose naftos telkinys. Jo geologiniai naftos ištekliai – ~1,5 mln. tonų^[2]. Vėliau buvo surastas dar vienas telkinys mažesniame Šiaurės Bliūdžių rife. Vidurio Lietuvoje išskiriama nauja silūro naftinga sritis (3 pav.), kurios rifogeniniuose sluoksniuose prognoziniai geologiniai naftos ištekliai gali siekti 102 mln. tonų^[2]. Vidurio Lietuvos naftingos srities geologiniai tyrimai truko iki 1992 m., tačiau vėliau prasidėjo šių darbų sąstingis. Ir tik 2013 m., remiantis spaudos pranešimais, Jurbarko rajone Vilniaus bendrovė *Tan Oil* pradėjo gręžti vieną žvalgomąjį gręžinį. Vyksta konkursas ir dėl Kudirkos naftos telkinio žvalgybos ir naftos gavybos.

Pastaruoju metu JAV kilusi „skalūninių angliavandenilių“ banga pasiekė ir Europą. Taip, Lenkijoje tarp perspektyvių skalūninių dujų paieškomis įvardijamas ir apatinis silūras. Lietuvoje apie skalūninių dujų suradimo galimybę apatinio silūro nuogulose paskelbta 2009 m.^[6] Ramučiai-2 gręžinio apylinkėje (1 km² plote) apatinio silūro storumėje buvo apskaičiuotas ir galimai generuotų skalūninių dujų kiekis. 2011 m. JAV (EIA) paskelbta, jog vakarų Lietuvos pietvakariuose apatinio silūro skalūnuose esančių skalūninių dujų išgaunami „rizikos“ ištekliai gali siekti 113,3 milijardų kubinių metrų^[9]. Tačiau dėl akivaizdžių naudotų metodų netikslumų duomenys apie EIA skelbtus skalūninių dujų išgaunamus išteklius (jų vertintame plote) turėtų būti perskaičiuoti.

2011 m., išnagrinėjus geologinę ir geocheminę informaciją apie silūro tamsiaspalvį terigeninį kompleksą (STTK), iškeliama prielaida, jog skalūninių dujų paieškomis gali būt perspektyvus visas vakarų Lietuvos silūro naftos generacijos plotas^[10]. Jis keletą kartų didesnis už EIA priimtą plotą, o skalūninių dujų ištekliai gali būti keletą kartų didesni nei apskaičiuotieji.

2013 m. Lietuvos mokslų akademijos komisija Šilutės–Tauragės licenciniame plote (1800 km²) apatinio silūro storumėje priskaičiavo 2,5 mlrd. m³ skystų ir apie 800 mlrd. m³ dujinių angliavandenilių geologinių išteklių^[11]. Jeigu galimas išgavimo koeficientas būtų 10 proc., tai išgaunami ištekliai siektų apie 80 mlrd. m³ skalūninių dujų.

2013 m. buvo išnagrinėta naujausia geologinė ir geocheminė informacija apie STTK bei palyginta su JAV ir Kanados panašiais baseiniais, kuriuose vyksta skalūni-



3 pav. Lietuvos silūro naftingojo komplekso rajonai:

1 – Minijos horizonto kraigo stratoizohipsės;

2a – naftos telkiniai;

2b – naftos prieteka;

2c – naftos požymiai kerne;

3 – tektoniniai lūžiai;

perspektyvūs naftos

paieškai rajonai:

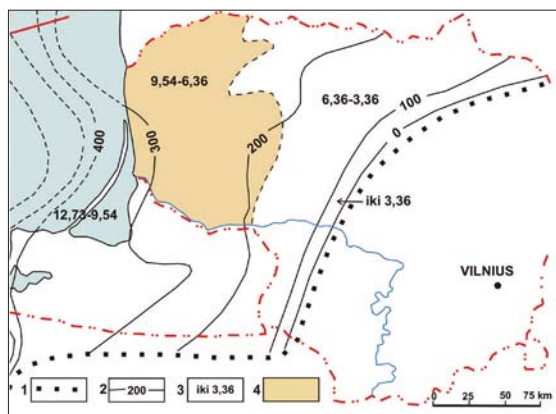
4 – perspektyviausi,

5 – perspektyvūs,

6 – mažai perspektyvūs,

7 – neišaiškintų perspektyvų;

8 – neperspektyvūs



4 pav. Silūro tamsiaspalvio terigeninio komplekso (STTK) paplitimo Lietuvoje žemėlapis.

1 – STTK paplitimo riba;

2 – STTK storio izolinijos;

3 – organinės anglies (Corg) kiekis mln. tonų/km² [7];

4 – plotas, kuriame STTK apskaičiuoti prognoziniai skalūninių dujų ištekliai

nių dujų gavyba [8]. Tuo pagrindu visam STTK, slūgsančiam vakarų Lietuvos silūro naftos pagrindinės generacijos fazės plote (~10 000 km²; 4 pav.), apskaičiuoti galimi skalūninių dujų, susietų su nafta, ištekliai.

Maksimalūs geologiniai ištekliai gali siekti iki 5,1 tril. m³, o išgaunami (taikant 25 proc. išgavimo koeficientą [9]) nuo 380 (30 proc. sėkmės „rizikos“ atveju) iki daugiausia 1280 mlrd. m³. Taigi minimalūs išgaunami „rizikos“ ištekliai, jiems pasitvir-

tinus, tenkintų Lietuvos poreikius apie 130 metų. STTK paplitimo plote tikėtinas ir kitokių angliavandenilių (dujų kondensato ir naftos) buvimas bei galimas išgavimas.

Naujausiais 2013 m. JAV EIA duomenimis, skalūninių dujų, susietų su nafta, išgavimo koeficientas Lietuvoje prilygintas 10 proc.^[12] Taikant šį koeficientą mažiausias skalūninių dujų išgaunamas kiekis (30 proc. sėkmės atveju) galėtų siekti ~150 mlrd. m³, o didžiausias – iki 510 mlrd. m³. EIA pateikiami skalūninės naftos ir su ja susietų skalūninių dujų rizikos ištekliai (geologiniai 113,3 mlrd. m³, išgaunami 11,3 mlrd. m³) bei skalūninės naftos rizikos ištekliai (geologiniai 954 mln. m³, išgaunami 47,7 mln. m³)^[12] galimai taikytini tik Lietuvos silūro naftos generacijos zonos nedidelei teritorijos daliai ir tik STTK apatinio silūro kompleksui. Šių dujinių ir skystų angliavandenilių išteklių naudojimą lems ekonominės ir politinės aplinkybės.

Literatūra

- [1] Paškevičius, J. Silūras. Kn. *Lietuvos geologija* (sud. A. Grigelis, V. Kadūnas). Vilnius, 1994, p. 67–97.
- [2] Lapinskas, P. *Lietuvos silūro sandara ir naftingumas*. Vilnius, 2000, 203 p.
- [3] Lapinskas, P. Paleogeografinių sąlygų kaitos ypatybės. Silūras. Kn. *Lietuvos Žemės gelmių raida ir ištekliai* (ats. red. V. Baltrušas). Vilnius, 2004, 229–233 p. [Sudaryta 14 paleogeografinių žemėlapių].
- [4] Хайн, В., Сеславинский, К. *Историческая геотектоника. Палеозой*. Москва, 1991, 398 p.
- [5] Tomczyk, H., Jaworowski, K. *Sylur gorny. Ludlow i Podlasie. Atlas litologiczno-paleogeograficzny obszaru platformowych Polski*, Warszawa, 1974.
- [6] Zdanavičiūtė, O., Lazauskienė, J. Organic matter of Early Silurian succession – the potential source of unconventional gas in the Baltic basin (Lithuania). *Baltica* 22 (2), 2009, p. 89–98.
- [7] Kadūnienė, E. Organinės medžiagos pasiskirstymas Rytų Europos vakarinio pakraščio kaledoniškame struktūriniame komplekse. Kn. *Lietuvos naftingieji kompleksai*, Vilnius, 1996, p. 39–57.
- [8] Lapinskas, P. Skalūnų dujų paieškų ir išteklių Lietuvoje klausimu. Lietuvos mokslų akademijos Skalūnų dujų vertinimo komisijos ataskaita / sudarė A. Grigelis, Lietuvos mokslų akademija, Vilnius, 2013 m. kovo 18 d. <http://lma.lt/>.
- [9] World Shale gas resources: an initial assessment of 14 regions outside the United States. US Energy Information Administration, 2011.
- [10] Lapinskas, P. Lietuvos silūro sandara ir kai kurios aktualijos. *Baltica* 24, 2011, p. 85–88.
- [11] Zdanavičiūtė, O. Šilutės–Tauragės licencinio ploto silūro uolienų, perspektyvių skalūnų dujų žvalgybai, geocheminė charakteristika. Lietuvos mokslų akademijos Skalūnų dujų vertinimo komisijos ataskaita / sudarė A. Grigelis. Lietuvos mokslų akademija, Vilnius, 2013 m. kovo 18 d. <http://lma.lt/>.
- [12] Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources. An Assessment of 137 Shale Formation in 41 Countries Outside the United States. US Energy Information Administration, June 2013.

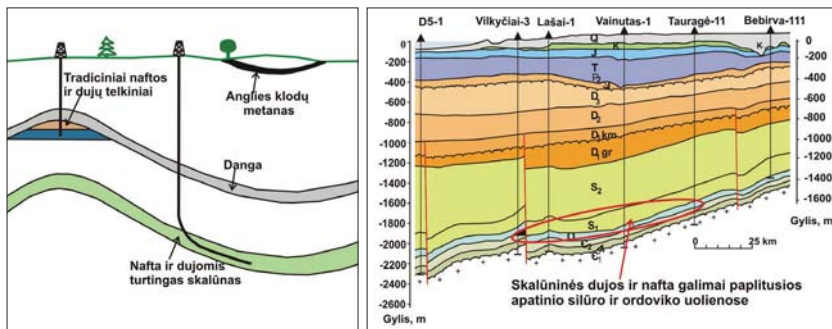
1.3. Skalūninių angliavandenilių kilmė ir ištekliai

Skalūninių angliavandenilių kilmė

Skalūninės dujos (*shale gas*) – tai termogeninės ir biogeninės kilmės gamtinės degiosios dujos, susikaupusios organinės medžiagos turtingose molingose uolienose ir randamos laisvo, absorbuoto arba vandenyje ištirpusio būvio. Skirtingai nuo įprastų tradicinių gamtinių dujų, šios dujos kaupiasi ne gaudyklėse, bet molingų uolienų sluoksnių, kurie yra ir dujų kolektoriai, ir motininės uolienos, paplitimo plotuose (1 pav.).

Argilitai pasižymi labai mažu skvarbumu, todėl dujos iš jų išgaunamos dirbtinai suardant (suskaldant) molingų uolienų sluoksnius. Dažniausiai dujų gavybai naudojami horizontalūs gręžiniai, kurių įrengimo kaštai dėl specifinės jų konstrukcijos ir gavybos aikštelių įrengimo yra palyginti maži. Paskaičiuota, kad pasaulyje gali būti surasta apie 450 trilijonų kubinių metrų tokių netradicinių dujų, tačiau pramoninė jų eksploatacija vykdoma tik Šiaurės Amerikoje. JAV šios dujos jau seniai išgaunamos iš plyšiuotų uolienų, bet jų gavyba buvo nerentabili. Pastaraisiais metais išaugusi pasaulinė dujų kaina ir dideli technologiniai uolienų hidraulinio ardymo gręžiniuose srities pasiekimai turėjo įtakos pelningai tokių dujų gavybai. Šiuo metu Šiaurės Amerikoje išgaunama per 20 proc. visų JAV išgaunamų gamtinių dujų kiekio.

Yra dvi pagrindinės hipotezės, aiškinančios naftos ir dujų susidarymą Žemės gelmėse. Pagal organinės naftos kilmės hipotezę nafta ir termogeninės dujos susidaro Žemės gelmėse per daugelį milijonų metų, paprastai 1,5–6 km gylyje, iš nuosėdinės uolienose esančios organinės medžiagos aukštoje temperatūroje ir dideliame slėgyje. Pagal neorganinę naftos kilmės hipotezę nafta glūdi vidinėse planetos zonose ir, formuojantis planetai, susidarė kartu su kitomis mineralinėmis medžiagomis.



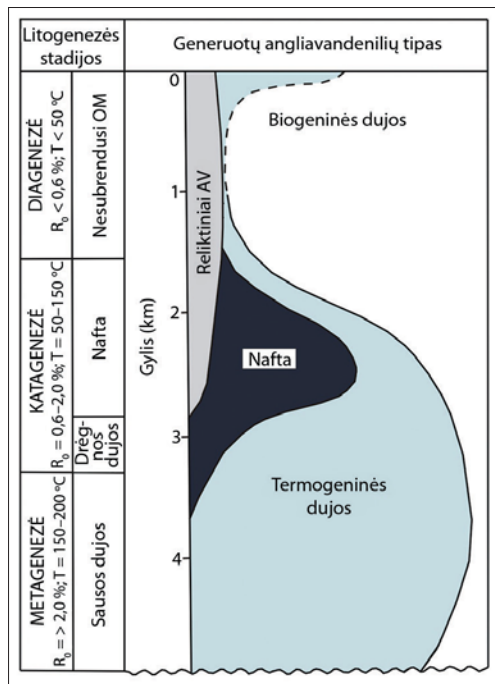
1 pav. Tradiciniai ir netradiciniai naftos ir dujų telkiniai (kairėje); skalūninės dujos, galimai paplitusios apatinio silūro ir ordoviko uolienose (dešinėje).

Sudarė O. Zdanavičiūtė, 2013 m.

Pakilusi į žemės paviršių arba į arti žemės paviršiaus esančius sluoksnius, ji ilgainiui oksiduojasi, tirštėja ir virsta pusiau kietu arba kietu asfaltu.

Nustatyta, kad nors organinės medžiagos kiekis nuosėdinėje dangoje priklauso nuo nuogulų tipo, geocheminių facijų ir klimatinės sąlygų, tačiau geologiniame laike jos koncentracija keitėsi. Ordoviko, silūro, karbono, jūros, kreidos, paleogeno ir neogeno geologiniais periodais vyko intensyvi organinio pasaulio raida, todėl mirusių gyvūnų biomasė nuosėdose kaupėsi taip pat labai intensyviai. Maksimaliam organinio pasaulio vystymuisi palankiausias sąlygas sukuria santykinai ramūs, didelių jūrinių transgresijų, šilto bei drėgno klimato periodai, tuo tarpu minimalias – jūrų regresijos ir sausumų paplitimas. Be to, organinės medžiagos kiekio didėjimas jūrinių baseinų nuosėdose jaunesnių sluoksnių link yra susijęs su vis augančiu organizmų vaidmeniu geologiniame laike. Labai intensyvus organinės medžiagos kaupimasis skatino anglies ir degiųjų skalūnų telkinių atsiradimą, o dispersinės organinės medžiagos paplitimas – naftos ir dujų telkinių atsiradimą.

Organinė medžiaga, patekusi į nuosėdas, geologiniame laike kinta veikiamą organizmų (daugiausia bakterijų), temperatūros ir slėgio. Šis procesas yra vadinamas terminiu organinės medžiagos brendimu, kuriame išskiriamos trys pagrindinės stadijos: diagenėzės, katagenėzės ir metagenėzės (2 pav.).



2 pav. Angliavandenilių generacijos schema (pagal Peters ir kt., 2005, modifikuota) ^[1]

Diagenėzės stadijoje – nuosėdų atsiklojimo metu ir vėlesniais laikotarpiais – vyksta visi lemiami cheminiai, biologiniai ir fiziniai organinės medžiagos pokyčiai. Kerogenas galutinai susiformuoja diagenėzės etapo pabaigoje, kuomet jis įgauna visas naftai ir dujoms generuoti reikalingas savybes. Katagenėzės stadijoje išskiriama vadinamoji naftos zona, dar vadinama naftos generacijos piku arba „naftos langu“. Šioje stadijoje naftos generacijos procesą lydi nedidelio kiekio dujinių angliavandenilių generacija ir yra išskiriama vadinamoji drėgnų dujų generacijos zona. Šioje zonoje generuotos dujos sudarytos iš metano (< 98 proc.) ir nemažo kiekio etano, propano ir sunkiųjų angliavandenilių. Metagenėzės stadijoje išskiriama sausų dujų generacijos zona, generuojamų dujų sudėtyje metano yra 98 proc. arba daugiau. Pagal cheminę sudėtį sausoms dujoms taip pat yra priskiriamos ir bakteriogeninės dujos, susidaranti diagenėzės stadijoje organinę medžiagą veikiant bakterijoms. Taigi terminų uolienų ir jose esančios organinės medžiagos brandumą nulemia temperatūros ir laiko veiksniai, kurie motininių uolienų organinę medžiagą paverčia nafta, sausomis ir drėgnomis dujomis ir galiausiai pirobitumais.

Skalūninių angliavandenilių potencialo vertinimas

Vertinant vakarų Lietuvos perspektyvas dėl netradicinių angliavandenilių (skalūninių dujų ir naftos) paieškos vadovaujamosi organine angliavandenilių kilmės hipoteze, todėl svarbiausia yra nustatyti uolienose esančios organinės medžiagos kiekį, tipą ir brandumą, jos paplitimą įvairiuose gylio intervaluose ir įvertinti generuotų angliavandenilių kiekį. Šioje studijoje naudoti organinės medžiagos geocheminių tyrimų duomenys, gauti vykdant bendrus mokslo tyrimo projektus su Danijos ir Grenlandijos geologijos tarnybos bei Norvegijos naftos tyrimo instituto (dabar SINTEF Group) mokslininkais.

Skalūninių dujų potencialo tyrimai vyksta daugelyje Europos Sąjungos šalių. Danijoje, Bornholmo saloje 2010 m. buvo išgręžti du seklūs gręžiniai: Billegrav-2 ir Hallekis-1. Šių gręžinių kambro Aliumo skalūnų stovymėje atlikti geologiniai, geocheminiai, geofiziniai tyrimai, atrinkti uolienų, vandens ir dujų mėginiai, tačiau duomenų nėra paskelbta. Švedijoje Skonės regione, naftos koncernas *Shell* 2010 m. taip pat vykdė skalūninių dujų paieškas kambro Aliumo stovymėje, tačiau darbai buvo nutraukti, tyrimų rezultatai nepaskelbti. Švedijos bendrovė *Gripen Gas* turi leidimą skalūninių dujų paieškai ir jau išgaunamas dujas naudoja elektros gamybai. Lenkijoje skalūninių dujų paieška vyksta intensyviai, per artimiausius 2–3 metus tikimasi išgręžti ~150 gręžinių ir juose atlikti uolienų hidraulinį ardymą.

Lietuvoje iki pastarųjų metų nebuvo atliekama tyrimų, skirtų skalūninėms dujoms žvalgyti ir jų ištekliais įvertinti. Kambro, ordoviko ir apatinio silūro argilitų stovmės vakarų Lietuvoje buvo tiriamos kaip potencialios naftos motininės uolienos. Nebuvo atlikta ir gausesnių geocheminių organinės medžiagos tyrimų. Be to, gręžtuose gręžiniuose silūro uolienų kernas buvo atrenkamas tik iš riboto

kiekio intervalų, nes vakarų Lietuvoje šios uolienos neturi gerų kolektorinių savybių, nekaupia tradicinių naftos telkinių, todėl ir nebuvo tiriamos.

Atliktais tyrimais naftą generuojančioms uolienoms silūro pjūvyje priskiriami landoverio, uenlokio ir ludlovio aukštų tamsiai pilki, juodi argilitai ir molingi mergeļiai^[1,2]. Tačiau, kad generuotų skalūnines dujas, organinės medžiagos kiekio ir brandumo rodikliai turi būti didesni: tik uolienos, turinčios didesnę nei 2 proc. organinės anglies kiekį ir brandumą pagal vitrinito lūžio rodiklį R_o , siekiantį $> 0,9$ – $1,0$ proc., gali būti priskirtos efektyviems sluoksniams. Todėl angliavandenilius generuojantiems gali būti priskirti tik apatinio silūro landoverio ir galimai uenlokio argilitų sluoksniai.

Organinės medžiagos kiekio ir sudėties kaita ordoviko ir apatinio silūro uolienose

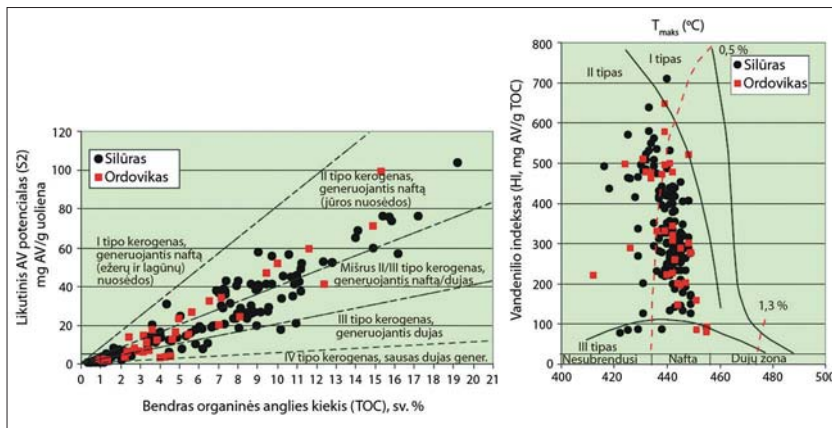
Išlikusios organinės medžiagos kiekis uolienose priklauso nuo fizinių ir geografinių sąlygų, vyravusių nuosėdų klostymosi metu, sedimentacijos greičio bei destrukcijos procesų aktyvumo diagenezės ir katagenezės stadijose. Organinės medžiagos cheminė sudėtis priklauso nuo genetinio-facinio organinės medžiagos tipo, jos brandumo, o pastarasis rodiklis paprastai priklauso nuo tiriamos uolienos slūgsojimo gylio ir nuo paleotemperatūrų, buvusių geologinės istorijos laikotarpiams. Pagrindinis rodiklis, apibūdinantis organinės medžiagos kiekį, yra bendras organinės anglies kiekis (TOC), jam nustatyti yra naudojamas greitas ir pigus šiulaikinis standartinis *Rock-Eval* pirolizės metodas^[4]. Atliekant tyrimus nustatomi keturi pagrindiniai rodikliai: S1 – laisvų angliavandenilių (naftos ir dujų) kiekis uolienoje (mg AV/g uolienos); S2 – pirolizės metu generuotų angliavandenilių kiekis (mg AV/g uolienos); S3 – pirolizės metu išsiskyrusio CO₂ kiekis, mg/g uolienos; T_{maks} – temperatūra, kurioje pirolizės metu išsiskiria didžiausias kiekis angliavandenilių (piko S2 maksimumas). Kiti rodikliai, apibūdinantys organinę medžiagą, yra apskaičiuojami naudojant formules: tai TOC – bendras organinės anglies kiekis; HI – vandenilio indeksas; OI – deguonies indeksas; PI – produkavimo indeksas; PP – angliavandenilių generacijos potencialas.

Ankstesnių tyrimų duomenimis, Lietuvos teritorijoje naftos motininėms uolienoms buvo priskiriamas vidurinio ir apatinio kambro argilitas ir aleurolitas, jų bendras storis gali siekti 140 m. Tačiau šiose uolienose yra nepakankamas organinės medžiagos kiekis, galintis generuoti skalūnines dujas, TOC dažniausiai yra mažesnis nei 1 proc. Centrinėje ir vakarinėje Baltijos baseino dalyse yra paplitę viršutinio kambro ir apatinio ordoviko (tremadokio aukštas) uolienos, vadinamos Alumo skalūnais, sudarytos iš tamsiai pilko ir juodo argilito. Šios uolienos turtingos organinės medžiagos (TOC siekia 12 proc.), jų storis – 20 m. Alumo skalūnai yra labai geros kokybės naftos motininės uolienos, jose esanti organinė medžiaga brandi, atitinka naftos piko arba vėlyvosios naftos stadiją, tačiau šios uolienos yra eroduotos į rytus nuo linijos Kaliningradas–šiaurinė Elando salos dalis ir jų nėra Lietuvos teritorijoje.

Ordoviko laikotarpis. Seklios jūros baseine, oksidacijos ir redukcijos sąlygomis susiformavo karbonatinės molingos, o ankstyvajame ordovike – ir smėlingos nuosėdos. Organinės medžiagos kiekiu ordoviko pjūvis nevienalytis ir priklauso nuo geocheminių facijų ir litologinės uolienų sudėties. Uolienų sekoje: klintis-dolomitas-mergelis-argilitas pastebimas dėsningas organinės medžiagos kiekio didėjimas. Juoduose argilituose organinės medžiagos vidutiniškai yra 15 kartų daugiau nei žalsvai pilkuose argilituose ir mergeliuose, o pastaruosiuose beveik du kartus daugiau nei šviesiai pilkose klintyse ir dolomituose. Raudonspalvėse uolienose organinės medžiagos yra visai mažai [2,3].

Organinės medžiagos turtingų uolienų intervalai ordoviko pjūvyje yra nustatyti Oandū (Moseno svita) ir Vormsio (Fjakos svita) regioniniuose aukštuose [5]. Šių svitų sluoksniai yra sudaryti iš tamsiai pilkų ir juodų argilitų, jų storis yra nedidelis, siekia 5–10 m. TOC kinta 0,9–10 proc., kartais siekia per 15 proc. Angliavandenilių generacijos potencialas (S_1+S_2) vidutiniškai yra 22 kg AV/t_{uolienos}, kartais gali siekti 55–70 kg AV/t_{uolienos}. Vandenilio indeksas (HI) kinta 187–511 ribose. Maksimali pirolizės temperatūra (T_{maks}) kinta nuo 412 °C Pajūris-1 gręžinyje iki 455 °C Ramučiai-2 ir Ramučiai-3 gręžiniuose. Tai rodo organinės medžiagos brandumo kaitą nuo nesubrendusios šiaurinėje iki naftos ir net ankstyvosios dujų generacijos stadijos pietvakarinėje Lietuvos dalyje (3 pav.).

Organinės medžiagos kiekis uolienose yra tik vienas rodiklių, lemiančių naftos susidarymą baseine, tačiau ne mažiau svarbus yra organinės medžiagos tipas ir tektoniniai procesai, vykstantys baseino geologinės raidos metu ir turintys įtakos



3 pav. Ordoviko ir silūro uolienų mėginiai. Likutinio angliavandenilių potencialo (S_2) priklausomybės nuo organinės anglies kiekio (kairėje) ir vandenilio indekso priklausomybės nuo maksimalios pirolizės temperatūros (T_{maks}) (dešinėje) grafikai. Sudarė O. Zdanavičiūtė, 2013

organinės medžiagos brandumui. Naudojant Tissot klasifikaciją yra išskiriama I, II ir III kerogeno tipai ^[6]. Antro tipo kerogenas generuoja daugiau skystus, III tipo – dujinius, o mišraus tipo – skystus ir dujinius angliavandenilius. Ordoviko motininių uolienų kerogenas gali būti priskirtas II jūriniam tipui ir tik nedidelė jo dalis (kai TOC kiekis mažesnis) – mišriam II/III tipui (2 pav.). Taigi ordoviko uolienose esanti organinė medžiaga pietvakarinėje Lietuvos dalyje gali generuoti skystus ir dujinius angliavandenilius.

Silūro laikotarpis Baltijos sineklizės raidoje yra vienas pagrindinių. Išskiriami trys baseino raidos ciklai, susieti su silūro periodu: ankstyvojo ir viduriniojo landoverio, vėlyvojo landoverio-ludlovio ir pržidolio, kurie buvo lydimi plataus masto jūros transgresijų ir regresijų. Dėl šios priežasties silūro pjūvyje susiformavo įvairaus tipo nuosėdos: kontinentinio šlaito terigeninės nuogulos, gilesnio šelfo tamsūs molingi dariniai, seklaus šelfo margas ir pilkas argilitas, mergelis ir kt. Vakarų Lietuvoje palankiausios sąlygos organinei medžiagai kauptis ir jai išlikti buvo gilesnio šelfo zonoje. Čia ankstyvojo silūro laikotarpiu susiformavęs tamsiai pilkų ir juodų molingų mergelių ir argilitų kompleksas, daugiausia turintis organinės medžiagos ^[2,3,7].

Žalsvai pilkame argilite, mergeliuose ir klintyse organinės medžiagos kiekis daugiausiai priklauso nuo jose esančio molio kiekio. Silūro pjūvyje nėra sluoksnių, pasižyminčių geromis kolektorinėmis savybėmis, ir tai sunkino angliavandenilių emigracijos procesą. Dėl tos priežasties net 3040 m gylyje bitumoidų sudėtyje aliejų kiekis siekia 87 proc., esant 10,5 proc. dervų ir 2,5 proc. asfaltenų kiekiui ^[3].

Rock-Eval pirolizės duomenimis, TOC apatinio silūro uolienose kinta 0,01–19,2 proc. (3 pav.). Vandenilio indeksas (HI) ir produkavimo indeksas (PI) yra tie rodikliai, kurie parodo organinės medžiagos generuotų angliavandenilių kiekį. Didžiausia nesubrendusios organinės medžiagos HI reikšmė 540 nustatyta Baubliai-1 gręžinyje, dauguma organinės medžiagos turtingų mėginių (TOC > 1,0 proc.) turi nedideles HI reikšmes – apie 300–400. Naftos ir dujų generacijos potencialas ($S_1 + S_2$) apatinio silūro sluoksniuose kinta 1,82–113,82 kg AV/t_{uolienos} ir tai rodo labai geras šių uolienų potencines galimybes generuoti angliavandenilius ^[8].

Apatinio silūro uolienose esančio kerogeno tipas buvo nustatytas naudojant S2 priklausomybės nuo organinės anglies kiekio grafikus (3 pav., kairėje). Dauguma tirtų mėginių pagal minėtus kriterijus priskiriami antro ir mišraus tipo kerogenui. Tokio tipo organinės medžiagos genezė paprastai siejama su fitoplanktono, zooplanktono ir bakterijų liekanomis jūrinės kilmės nuosėdose ^[1].

Vakarų Lietuvoje paplitusiose ordoviko ir apatinio silūro uolienose esanti organinė medžiaga gali generuoti skystus ir dujinius angliavandenilius ir yra pasiekusi vadinamojo „naftos lango“ arba „naftos piko“ stadiją. Nedidelio kiekio tirtų mėginių organinės medžiagos brandumas yra pasiekęs dujų generacijos stadiją ^[9].

Dispersinės organinės medžiagos petrografinė sudėtis

Lietuvos apatinio paleozojaus uolienų dispersinės organinės medžiagos petrografinės sudėties apibūdinimas pagrįstas tik 11 gręžinių kerno mėginių tyrimais, atliktais Lenkijos geologijos institute (1 lentelė). Lentelėje pateikiama kambro, ordoviko ir silūro uolienose paplitusių organinės medžiagos petrografinė sudėtis, nes jų ne tik petrografinė, bet ir cheminė sudėtis yra labai panaši.

1 lentelė. Organinės medžiagos petrografinė sudėtis ir R_o duomenys; tyrimai atlikti Lenkijos geologijos institute (Varšuva) ^[10]

Gręžinys	Gylis (m)	Amžius	Litologija	Organinės medžiagos sudėtis* (proc.)					R_o^{**} (proc.)
				V	L	Sap	Bt	Bm	
Geniai-1	1907,3– 1914,5	E_1	argilitas	10	40	50	–	+	–
Gorainiai-1	2103,6– 2111,3	E_1	argilitas	60	10	30	–	–	$R_o II = 1,23$
Sakučiai-2	2157,1– 2162,5	E_1	argilitas	70	30	–	–	+	–
Mikoliškės-1	2187,8– 2199,2	E_2	argilitas	60	10	30	–	+	$R_o II = 0,92$
Stumbriai-1	2006,2– 2013,3	E_2	argilitas	20	20	20	40	–	$R_o I = 0,35$ $R_o II = 0,69$
Vainutas-2	1965,0– 1968,2	E_2	smiltainis	25	35	40	–	–	$R_o II = 1,23$
Žalgiriai-1	2101,6– 2106,5	E_2	argilitas	10	20	70	–	+	$R_o II = 1,06$
Baubliai-4	1951,7– 1964,1	O_2	argilitas	50	20	30	–	–	$R_o II = 1,15$
Lauksargiai-3	1721,7– 1737,1	O_2	argilitas	20	20	40	20	–	$R_o I = 0,44$ $R_o II = 0,98$
Sakučiai-2	1961,6– 1969,6	O_3	argilitas	–	–	–	–	+	–
Aukštupiai-1	1775,0– 1790,0	S_1	argilitas	50	20	20	10	–	$R_o II = 1,00$
Gorainiai-1	1915,0– 1923,5	S_1	mergelis	35	15	30	20	–	$R_o II = 1,20$
Lauksargiai-2	1695,0– 1707,6	S_1	argilitas	30	20	30	20	+	$R_o I = 0,43$ $R_o II = 0,93$
Lašai-2	1971,9– 1985,0	S_1	argilitas	–	100	–	–	+	–
Vainutas-3	1905,5– 1911,1	S_1	argilitas	40	10	30	20	–	$R_o II = 1,15$

* V – į vitrinitą panašios dalelės; L – liptinitas; Sap – smulkus detritinis sapropelis; Bt – bituminitas; Bm – bitumas.

** $R_o I$ – bituminato atspindžio rodiklis; $R_o II$ – „vitrinito“ atspindžio rodiklis.

Lietuvos teritorijoje apatinio paleozojaus uolienų organinės medžiagos sudėtyje dažnai dominuoja dalelės, panašios į vitritą, jos iš dalies singenetinės, iš dalies epigenetinės uolienoms. Šių dalelių paplitimo formos uolienose labai įvairios. Dažniausiai paplitusi plokštelių forma, kartais nugludintų grūdelių pavidalo arba plytelių formos. Dažnai surandamos graptolitų apanglėjusios liekanos ^[10]. Liptinitas sudaro didelę organinės medžiagos dalį, jo kiekis lygus arba viršija 20 proc. (žr. 1 lent.). Liptinito dalelės sutinkamos kartu su dispersiniu liptodetrinitu dažniausiai sapropelinėje medžiagoje, rečiau tarp mineralinių komponentų. Dažnai stebimos nuolaužos arba gerai išsilaikęs fitoplanktonas; pastarasis yra būdingas sapropelinų jūrinių nuosėdų komponentas. Rečiau sutinkamas sporinitas, kutinitas arba medžiaga, kilusi iš dervų ar vaško. Liptinito dalelės intensyviai fluorescensuoja nuo ryškiai geltonos iki oranžinės, raudonos ir rudos spalvos. Tirtuose mėginiuose lokaliai nustatyta epigenetinė organinė medžiaga, atsirandanti dėl bitumoidų migracijos. Bitumoidai dažniausiai susieti su terigeninėmis vidurinio kambro uolienomis, taip pat būna lokaliai infiltruoti ir silūro uolienose. Bitumoidai mažai matomi dienos šviesoje ir lengvai išsiskiria ultravioletinėje šviesoje, fluorescensuodami skirtingo intensyvumo spalvomis nuo geltonos iki oranžinės. Fluorescencijos intensyvumas mažėja mažėjant kerogeno brandumui. Organinės medžiagos brandumas nustatytas singenetinių bitumoidų ir į vitritą panašių dalelių šviesos atspindžio rodiklio (R_o) duomenimis.

Organinės medžiagos brandumas *Rock-Eval* pirolizės tyrimų duomenimis

Lietuvos silūro uolienose esanti organinė medžiaga nėra labai diferencijuota brandumo požyriui. Tirtuose mėginiuose jos brandumas kinta nuo nesubrendusios iki naftos generacijos ir iki sausų dujų generacijos stadijos. Organinės medžiagos brandumas priklauso nuo temperatūros ir slėgio organinei medžiagai poveikio intensyvumo bei trukmės. Brandumas dažnai nustatomas naudojant vitritino arba panašių į vitritą dalelių atspindžio rodiklio duomenis. Ankstyvojo ir viduriniojo

2 lentelė. Organinės medžiagos katagenezės stadijos, pagal Peters ir Cassa ^[11]

Organinės medžiagos brandumo angliavandenilių generacijai stadijos	Vitritino atspindžio rodiklis R_o (proc.)	Maksimali pirolizės temperatūra T_{maks} (°C)	Produkuojamo indekso $PI = [S_1/(S_1+S_2)]$
Nesubrendusi	0,2–0,6	< 435	< 0,10
Ankstyvosios naftos stadija	0,6–0,65	435–445	0,1–0,15
Naftos generacijos pikas	0,65–0,9	445–450	0,25–0,40
Vėlyvosios naftos stadija	0,9–1,35	450–470	> 0,40
Postsubrendimo stadija	> 1,35	> 470	–

paleozojaus uolienos neturi vitrinito dalelių, nes sausumos augmenija atsirado tik devono periodu. Todėl minėtų uolienų organinės medžiagos brandumui nustatyti paprastai yra naudojami kiti įvairūs indikatoriai: mikrodalelių, panašių į vitrinitą, tyrimų duomenys, *Rock-Eval* maksimalios pirolizės temperatūros ir produkavimo indekso duomenys, uolienose esančių sporų ir žiedadulkių bei konodontų spalvos kaitos tyrimų duomenys, biožymenų analizės informacija ir kt. Kai yra naudojami vitrinito ekvivalentai, žodis „vitrinitas“ dažnai yra rašomas kabutėse, nes tiriamos dalelės tik panašios į vitrinitą. Žemiau esančioje lentelėje pateiktos kai kurių rodiklių vertės organinės medžiagos brandumo stadijai nustatyti.

Šiame darbe terminis organinės medžiagos brandumas buvo nustatytas naudojant šviesos atspindžio rodiklio (R_o) matavimus į vitrinitą panašiose dalelėse bei *Rock-Eval* maksimalios pirolizės temperatūros ir produkavimo indekso duomenis. Taip pat buvo perskaičiuotos T_{maks} vertės į vitrinito atspindžio rodiklio (R_o) vertes pagal formulę:

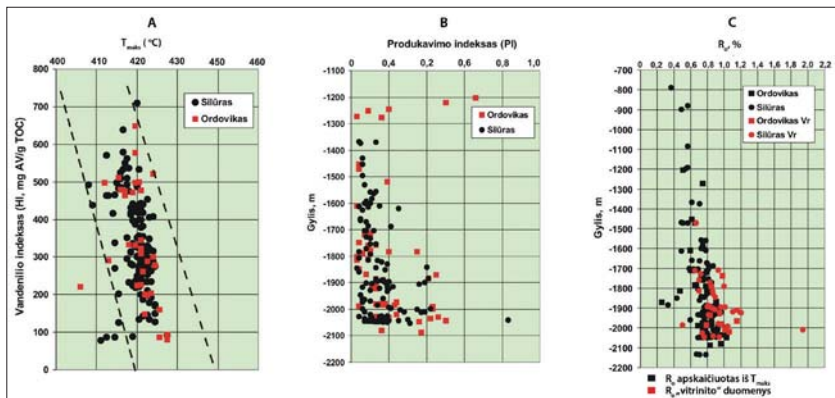
$$R_o \text{ (apskaičiuota iš } T_{maks}) = 0,0180 \times T_{maks} - 7,16.$$

Ši formulė gali būti naudojama skalūnams, turintiems mažą sieros kiekį ir II arba III tipo kerogeną [12]. Tačiau labai ribotai gali būti naudojama uolienų mėginams, turintiems mažą organinės medžiagos brandumą ($T_{maks} < 420^\circ\text{C}$) ir mažą TOC kiekį, taip pat ir esant ypač aukšto brandumo organinei medžiagai, kai S2 (antras *Rock-Eval* pirogramos pikas) vertė yra mažesnė nei 0,5 mg AV/g uolienos.

Rock-Eval T_{maks} vertės ordoviko pjūvyje kinta nuo 412 (grėž. Pajūris-1, gylis 1870,2 m) iki 455 $^\circ\text{C}$ (grėž. Ramučiai-3, gylis 2047,7 m). Analogiškai kinta ir produkavimo indeksas – didėja didėjant uolienų slūgsojimo gyliui nuo 0,09 grėž. Vilkaviškis-131 (gyl. 1252 m) iki 0,5 grėž. Malūkai-1 (gylis 2042 m) (4 pav. A ir B).

T_{maks} reikšmės silūro uolienose vakarų Lietuvoje didėja 425–448 $^\circ\text{C}$ didėjant uolienų slūgsojimo gyliui (4 pav. A ir B). PI reikšmės kinta 0,04–0,39 ribose, tačiau daugiausia mėginių PI reikšmė yra mažesnė nei 0,1. Produkavimo indekso ir maksimalios pirolizės temperatūros maksimalios vertės rodo, kad pietvakarinės Lietuvos grėžiniuose esanti organinė medžiaga yra pasiekusi „naftos lango“ arba „naftos piko“ lygį, tačiau angliavandeniliai yra neišmigravę, pasilikę uolienose. Matyt tai yra susiję su sluoksnio ypatumais – nėra argilitų sluoksniavimosi su smiltainiais arba kitokio tipo kolektoriais, į kuriuos galėtų išmigruoti bitumoidai arba mikronafta. Organinės medžiagos potencinės galimybės yra aukštos, S1 + S2 siekia iki 41 mg AV viename uolienos grame.

Apibendrinant galima teigti, kad ordoviko ir silūro uolienų organinės medžiagos (kai bendras organinės anglies kiekis TOC > 1 proc.) T_{maks} ir PI didėja didėjant jų slūgsojimo gyliui. Naftos motininės uolienos, esančios 1500 m ir giliau, yra ankstyvosios naftos, o nuo 1700 m – naftos generacijos piko stadijoje. Pastovus ir mažas produkavimo indeksas, daugeliu atvejų mažesnis nei 0,2 rodo, kad angliavandenilių



4 pav. Maksimalios pirolizės temperatūros (A), produkavimo indekso (B) ir vitrinito atspindžio rodiklio R_o (išmatuotas ir paskaičiuotas iš T_{maks}) (C) priklausomybės nuo uolienų slūgsojimo gylio grafikai. Sudarė O. Zdanavičiūtė, 2013

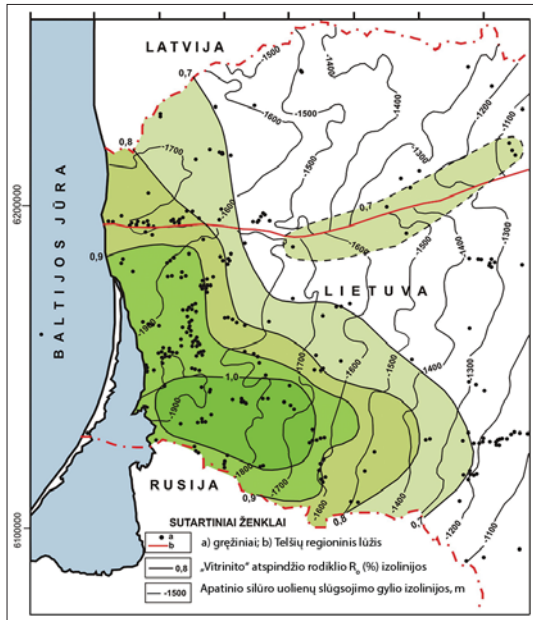
migracijos mastai yra nedideli, išskyrus plotus, kuriuose uolienos slūgso giliau nei 1800 m (4 pav. B).

Nustatyta, kad *Rock-Eval* pirolizės metodas yra mažai tikslus didelį ir mažą brandumą turinčioms uolienoms tirti^[6]. Tai patvirtino ir vakarų Lietuvos duomenys: R_o apskaičiuotas iš *Rock-Eval* T_{maks} yra mažesnis, nei tiesiogiai išmatuotas „vitrinito“ dalelėse (4 pav. C). Ypač didelis skirtumas stebimas Ramučių plote, taip pat Pajūris-1, Nida-1 ir Rūkai-2 gręžiniuose. Čia nustatytas nedėsningsai mažas organinės medžiagos brandumas T_{maks} duomenimis. Be to, T_{maks} ir PI iš dalies priklauso ir nuo organinės medžiagos tipo, todėl terminiam brandumui nustatyti buvo naudojami „vitrinito“ lūžio rodiklio duomenys.

Grafike (4 pav. C) pateikta „vitrinito“ lūžio rodiklio R_o kaita ordoviko ir silūro pjūviuose. R_o vertės taip pat, kaip ir *Rock-Eval* T_{maks} didėja nuo 0,6–1,2 ir iki 1,94 proc. didėjant tirtų mėginių slūgsojimo gyliui nuo 1500 iki 2000 m. Taip pat stebima didelė šio rodiklio kaita ir mėginiuose, esančiuose viename gylyje, tai ypač susiję su ordoviko pjūviu. Pagrindinė to priežastis yra geoterminės anomalijos^[13] ir paleogeoterminės anomalijos^[2] egzistavimas vakarų Lietuvoje. Gręžiniai Lauksargiai-1, Vainutas-2, Ramučiai-1 yra minėtų anomalijų plote.

Vitrinito atspindžio rodiklio R_o kaita plote parodyta 5 pav. R_o vertė kinta nuo 0,48–0,61 proc. šiaurės vakarinėje Lietuvos dalyje iki 1,04 proc. pietvakarinėje Lietuvos dalyje.

Nedidelis R_o padidėjimas yra stebimas ir gręžiniuose Laužai-1, Šatrija-1, Šiupyliai-67, čia jo vertės nežymiai viršija 0,7 proc. Šiaurinėje Lietuvos dalyje gręžinyje Malūkai-1 nustatyta mažiausia R_o vertė yra 0,48 proc., nustatyta perskaičius iš T_{maks}



5 pav. Apatinio paleozojaus uolienose esančios organinės medžiagos brandumo schematinis žemėlapis.

Sudarė O. Zdanavičiūtė, 2013

vertės. Kaip buvo minėta anksčiau, šie dydžiai yra mažesni, nei gaunami tiesiogiai matuojant „vitrinito“ lūžio rodiklius R_o .

Organinės medžiagos transformacija ir generuotų angliavandenilių kiekis

Norint suprasti, koks kiekis angliavandenilių (skystų ir dujinių) galėjo būti generuotas vakarų Lietuvos plote ir kiek galima tikėtis jų išgauti, yra atliktas preliminarus skalūninių dujų prognozinis išteklių apskaičiavimas. Skaičiavimuose naudotos Claypool G. E. lygtys ^[1] ir 3 lentelėje pateikti išeitiniai duomenys.

Apatinio silūro landoverio amžiaus skalūnų generuotų angliavandenilių kiekis vakarų Lietuvoje sudaro $SI_{\text{expelled}} = 17,04 \text{ mg AV/g uoliena}$ arba $0,01704 \text{ kg AV}$ iš 1 kg uolienos. Ulenokio sluoksniuose organinės medžiagos kiekis ir generuotų angliavandenilių kiekis yra mažesnis – siekia $13,98 \text{ mg AV/g uoliena}$ arba $0,01398 \text{ kg AV}$ iš 1 kg uolienos. Taigi ordoviko ir apatinio silūro skalūnai vakarų Lietuvoje turi didelį angliavandenilių generacijos efektyvumą.

Prognoziniai dujų ir naftos ištekliai apskaičiuoti plotams, apribotiems skirtingomis „vitrinito“ izolinijomis (žr. 5 pav., 4 lent.). Minimalus išteklių kiekis apskaičiuotas 1143 km^2 plotui, apribotam „vitrinito“ izolinija $R_o = 1$ proc. Vidutinis išteklių kiekis apskaičiuotas 2912 km^2 plotui, apribotam „vitrinito“ izolinija $R_o = 0,9$ proc.

3 lentelė. Organinės medžiagos generuotų angliavandenilių kiekio apskaičiavimo duomenys ^[14]

Sluoksniu amžius ir storis, m	HI _p *mgAV/ gTOC	HI _o *mgAV/ gTOC	PI _p *	PI _o *	TOC _p * sv. proc.	TOC _o * sv. proc.	f*	SI _{expelled} * mgAV/g uol.	ExEf* proc.
O+S ₁ ln; 30 m	276	571	0,2	0,04	3,5	4,86	0,658	17,04	87,5
S ₁ w; 80 m	250	562	0,2	0,07	1,8	2,94	0,731	13,98	91,7

Santrumpų paaiškinimas: HI_p ir HI_o – šiuolaikinio ir pirminio vandenilio indekso vertės; PI_p ir PI_o – šiuolaikinio ir pirminio produkavimo indekso vertės; TOC_p ir TOC_o – šiuolaikinio ir pirminio organinės anglies kiekio organinėje medžiagoje vertė; f – angliavandenilių transformacijos dydis; SI_{expelled} – generuotų angliavandenilių kiekis; ExEf – generacijos efektyvumas.

4 lentelė. Generuotų angliavandenilių (naftos ir dujų) kiekis atskiruose sluoksniuose ir plotuose vakarų Lietuvoje (Zdanavičiūtė, 2013)

Formacija	Prognoziniai geologiniai ištekliai (m ³)			Techniškai išgaunami ištekliai, išgavimo faktorius 1–10 proc. (m ³)		
	Minimalūs, 1143 km ²	Vidutiniai, 2912 km ²	Maksimalūs, 5691 km ²	Minimalūs	Vidutiniai	Maksimalūs
Ordovikas ir apatinis silūras: nafta (m ³)	3680 x 10 ⁶	9376 x 10 ⁶	18324 x 10 ⁶	37 ÷ 368 x 10 ⁶	94 ÷ 937 x 10 ⁶	183 ÷ 1832 x 10 ⁶
Ordovikas ir apatinis silūras: dujos (m ³)	1489 x 10 ⁹	3794 x 10 ⁹	7415 x 10 ⁹	14 ÷ 148 x 10 ⁹	37 ÷ 379 x 10 ⁹	74 ÷ 741 x 10 ⁹

Maksimalus išteklių kiekis apskaičiuotas 5691 km² plotui, apribotam „vitrintito“ izolinija R₀ = 0,8 proc.

Tai preliminarus išteklių vertinimas, nes duomenys nėra išsamūs, ypač jų nepakanka uenlokio storymei apibūdinti. Taip pat žinoma, kad dauguma angliavandenilių prarandama per įvairias transformacijas, o išgauti galima tik apie 1–10 proc. apskaičiuotų prognozinių angliavandenilių kiekio. Ateityje norint tiksliau įvertinti angliavandenilių potencialą reikia atlikti papildomų uolienų organinės medžiagos tyrimų (ypač apatinio silūro uenlokio intervalui), taip pat gauti naujų mineraloginės uolienų sudėties, kolektorinių savybių, dujų sudėties, sluoksniu slėgio, temperatūrų ir kitų duomenų.

Lietuvos teritorijos netradicinių dujų potencialas JAV energijos informacijos administracijos buvo įvertintas 4 trilijonais kubinių pėdų, tai atitinka ~107 milijardams kubinių metrų dujų ^[15]. Tačiau amerikiečių 2013 m. skalūninių dujų ir skalūninės naftos vertinimo ataskaitoje pateikti jau kiti prognoziniai geologiniai

ištekliai, sudarantys 113,3 milijardų m^3 dujų ir 954 milijonus m^3 naftos; techniškai išgaunami – 11,33 milijardai m^3 dujų ir 47,7 milijonai m^3 naftos ^[16].

Ankstesniais metais taip pat buvo vertinami prognoziniai generuotų angliavandenilių ištekliai vakarų Lietuvoje. Palyginsime keletą jų.

E. Kadūnienė (1996) ^[2], apskaičiavusi emigravusių skystų angliavandenilių išteklius pagalbinio tūrio genetiniu metodu, iš kambro naftą generavusių uolienų pateikė tokius duomenis: Lietuvos sausumoje ir Baltijos jūros akvatorijoje sudarė 689,6 mln. t. Priėmus akumuliacijos koeficientą 0,1, pradiniai naftos ištekliai kambro uolienose sudarė 69 mln. t. Lietuvos sausumoje iš ordoviko naftą generuojančių uolienų emigravo 189,2 mln. t skystų angliavandenilių, iš silūro – 4,7 mlrd. t ^[2].

O. Zdanavičiūtė ir J. Vikšraitienė (2004) ^[17], vertindamos angliavandenilių generacijos potencialą vakarų Lietuvoje, naudojo Šmokerio metodą ^[18], kuris taip pat naudotas šiame darbe. Buvo apskaičiuota, kad kambro naftos motininės uolienos Lietuvos sausumoje ir Baltijos jūros akvatorijoje generavo 987,94 mln. t angliavandenilių. Priėmus akumuliacijos koeficientą 0,05, pradiniai angliavandenilių ištekliai kambro uolienose sudarė 49,4 mln. t. Lietuvos sausumoje ir akvatorijoje iš ordoviko naftą generuojančių uolienų emigravo 1,7 mlrd. t angliavandenilių, iš silūro – 5,8 mlrd. t. Tik nedidelis jų kiekis dėl litologinių pjūvio ypatumų galėjo akumuliuotis kaupvietėse. Palyginus visais metodais apskaičiuotų angliavandenilių kiekį, galima pastebėti, jog jie nėra labai panašūs, nes buvo naudojamas skirtingas skaičiuotų intervalų storis, paplitimo plotai ir naudoto akumuliacijos koeficiento vertės.

Pateikiamas kai kurių mūsų gautų rodiklių palyginimas su JAV Teksaso valstijos geologiniais ir geocheminiais duomenimis. Šioje teritorijoje didžiausi gręžinių debitai ir netradicinių dujų ištekliai yra susiję su Misisipės Barnet svitos skalūnais; palyginimui naudoti šios svitos duomenys ^[19]. Vidurkinis pirminis organinės anglies (TOC_o) kiekis šiose uolienose Teksase yra 6,41 proc., Lietuvos graptolitiniuose ankstyvojo silūro skalūnuose šis rodiklis siekia 4,86 proc. Barnet svitos skalūnų slūgsojimo gylis Teksase kinta 1981–2591 m intervale, Lietuvoje silūro molingi argilitai slūgso šiek tiek sekliu – 1900–2000 m gylyje. Vidutinis efektyvių skalūno sluoksnių storis Teksase yra 106,7 m, Lietuvoje – 30–80 m. Organinės medžiagos brandumas Teksase (R_o) kinta 1,3–1,6 proc. ribose, kartais viršija 2 proc., Lietuvoje šis rodiklis dažniausiai nesiekia ir vieneto. Taigi tikėtis Lietuvoje tokių rezultatų kaip JAV, nėra pagrindo. Negalima tikėtis ir tokių rezultatų kaip Lenkijoje, nes čia efektyviems sluoksniams netradicinių dujų gavybai priskiriami viršutinio kambro Alumo skalūnai, kurių Lietuvoje iš viso nėra.

Skalūninių angliavandenilių paieškos ir žvalgymo perspektyvos

Dabartiniu metu vakarų Lietuvoje skalūninių dujų paieškos ir žvalgymo perspektyvos gali būti vertinamos ir teigiamais, ir neigiamais veiksniais.

Teigiami:

- Vakarų Lietuvoje naftos paieškų dėka ordoviko ir silūro uolienos kartu su visu nuosėdiniu pjūviu buvo gręžiamos ir tiriamos įvairiais metodais, todėl šiuo metu yra nemažai geologijos ir geofizikos duomenų bei gręžinių kerno; tai palengvina tyrimą netradicinių angliavandenilių paieškos srityje.
- Ordoviko ir silūro pjūviuose yra nustatyta daug tiesioginių bei netiesioginių naftos ir dujų požymių. Atrasti nedideli naftos telkiniai, daugelyje gręžinių paimto kerno uolienos švyti po liumineskopu, atliktas dujų karotažas pavieniuose gręžiniuose rodo padidėjusį angliavandenilio dujų kiekį (nuo metano iki C_5). Silūre daugiausiai naftos požymių ir telkinių yra aptikta silūro rifiniuose dariniuose, paplitusiuose vidurio Lietuvoje. Naftoje ištirpusių dujų kiekis nustatytas tik viename Lapgirių plote ir sudaro $2,26 \text{ m}^3/\text{t}$ naftos ^[7].
- Vakarų Lietuvoje yra išskirti efektyvūs sluoksniai, galintys generuoti angliavandenilius, t. y. juose yra užtekstinai organinės medžiagos, išimtiniais atvejais bendras anglies kiekis gali siekti 15 proc. ir daugiau, brandumas (gebėjimas generuoti angliavandenilius) pagal „vitrinito“ lūžio rodiklį (R_d) siekia 0,7–1,1 proc. Šiose uolienose dažniausiai paplitęs II tipo krogenas, daugiau generuojantis skystus ir mažiau – dujinius angliavandenilius. Be to, šių sluoksnių slūgsojimo gylis yra optimalus 1500–1900 m.
- Tradicinių angliavandenilių paieška Lietuvoje vykdoma per 50, o gavyba daugiau nei 20 metų. Per tą laiką yra sukurta įstatyminė bazė, reglamentuojanti angliavandenilių išteklių tyrimą ir naudojimą. Angliavandenilių išteklių geologinis tyrimas Lietuvoje atliekamas nuosekliai etapais (paieška, parengtinė žvalgyba, detalioji žvalgyba). Pagal Lietuvos Respublikos žemės gelmių įstatymą naudoti (eksploatuoti) galima tik detaliai išžvalgytus ir nustatyta tvarka aprobuotus išteklius.

Neigiami:

- Vakarų Lietuvoje, beveik visuose naftos paieškiniuose gręžiniuose, kernas buvo imamas tik iš riboto apatinio silūro intervalo. Silūro uolienos čia turi menkas kolektorines savybes ir nebuvo priskiriamos kolektoriams. Dėl tos priežasties landoverio ir uenlokio uolienose esanti organinė medžiaga yra nepakankamai ištirta, nors ši pjūvio dalis galėtų būti pati palankiausia skalūninių dujų paieškai ir žvalgybai.

- Organinės medžiagos brandumas siekia „naftos langą“ ir tik mažoje pietvakarinėje Lietuvos dalyje „drėgnų dujų“ stadiją. Tai rodo, kad vakarų Lietuvos teritorijoje ordoviko ir silūro uolienose esanti organinė medžiaga galėjo produkuoti daugiau skystus angliavandenilius nei dujinius, pastarųjų ne daugiau 30 proc. visų generuotų angliavandenilių kiekio. Skalūninių dujų sudėtyje gali būti didelis azoto kiekis (20 proc. ir daugiau), nes padidėjęs jų kiekis yra nustatytas naftoje ištirpusiose dujose.
- Molio skalūnai (tiksliau argilitai), paplitę vakarų Lietuvoje apatinio silūro pjūvyje, yra vidutiniškai elastingi ir tik retais atvejais trapūs, todėl bus mažiau efektyvūs sluoksnio ardymo darbai siekiant išgauti sluoksniuose esančius angliavandenilius.
- Lietuvos teritorija tankiai apgyvendinta, yra daug saugotinių teritorijų, todėl platus ir tankus gręžinių tinklas bus sunkiai įmanomas.
- Lietuva neturi specialistų, galinčių dirbti skalūninių dujų paieškos ir žvalgybos srityje. Vilniaus universitetas tokios specializacijos geologų nerengia, o dauguma tradicinių naftos ir dujų telkinių paieškos specialistų yra pensinio amžiaus arba dirba naftos kompanijose.

Apibendrinimas

- ◆ Rentabilu būtų eksploatuoti tuos skalūninius angliavandenilius, kurie yra didesnio storio efektyviuose argilitų sluoksniuose. Todėl pirmiausia reikia nustatyti, koks efektyvių sluoksnių storis apatinio silūro pjūvyje yra vakarų Lietuvoje. Šilutės–Tauragės plote bent iš dviejų vertikalių gręžinių reikia paimti kerną iš viso ankstyvojo silūro landoverio ir uenlokio intervalo (ne rečiau nei kas 1 m) ir atlikti organinės medžiagos geocheminius tyrimus^[20]. Tai leistų nustatyti, kokiuose pjūvio intervaluose uolienos yra turtingos organinės medžiagos, kokiuose yra skurdžios.
- ◆ Esant palankiems angliavandenilių generacijai duomenims (TOC > 2 sv. proc.; R_o – 0,9–1 proc., efektyvių uolienų storis ne mažiau nei 30 m), būtų galima atlikti sluoksnio hidraulinį ardymą, nustatyti angliavandenilių prieteką gręžiniuose ir jų prognozinis geologinius bei išgaunamus išteklius.
- ◆ Organinė medžiaga turtingiausi uolienų intervalai ordoviko pjūvyje yra nustatyti Oandu (Moseno svita) ir Vormsio (Fjakos svita) regioniniuose aukštuose. Daugiausia organinės medžiagos turinčios uolienos apatinio silūro pjūvyje yra landoverio ir uenlokio tamsiai pilkas bei juodas argilitas. Šios uolienos yra paplitusios visoje vakarų Lietuvos teritorijoje, jų slūgsojimo gylis yra 1500–2000 m. Efektyvių sluoksnių, galinčių generuoti angliavandenilius, bendras storis nėra išaiškintas, jis gali kisti 30–80 m. Landoverio ir uenlokio uolienų organinė medžiaga ištirta per mažame mėginių kiekyje.

- ◆ Ordoviko ir apatinio silūro (landoerio ir uenlokio) tamsiai pilki bei juodi argilitai turi didelį organinės medžiagos kiekį, bendras organinės anglies kiekis gali siekti 15 ir daugiau procentų, jos brandumas pagal vitrinito atspindžio rodiklį R_o kinta 0,8–1,0 proc. ribose, t. y. pasiekęs tik naftos piko (naftos lango) stadiją, o tai reiškia, kad generuojami daugiau skysti angliavandeniliai nei dujiniai. Organinė medžiaga priskiriama II tipui, bet nedaug tirtų mėginių yra III-čio ar mišraus kerogeno tipo. Šių uolienų organinė medžiaga generuoja daugiau skystus ir mažiau dujinius angliavandenilius.
- ◆ Tūrio-genetiniu metodu apskaičiuotas prognozinis generuotų angliavandenilių kiekis vakarų Lietuvoje yra didelis, tačiau techniškai išgauti galima tik 1–10 proc. Dėl mažo išeitinių duomenų kiekio apskaičiuoti ištekliai yra preliminarūs (žr. 4 lent.).
- ◆ Skalūninių dujų ekonomiškai rentabilus išgavimas šiuo metu pasitvirtinęs tik JAV. Žinoma, kad dujų naudojimas vietoje anglies ir naftos sumažina oro taršą daugiau nei 50 proc. Tačiau skalūninėms dujoms išgauti reikalingi šimtai gręžinių, o sluoksniu hidrauliniui ardymui naudojamas didelis vandens kiekis ir galimai kenksmingos cheminės medžiagos. Ateityje skalūninių dujų išgavimo technologijos taps našesnės ir mažiau pažeidžiančios aplinką, bus naudojami galimai mažiau kenksmingi chemikalai. Atsiradus naujiems energijos šaltiniams arba sukūrus technologijas, kaip saugiai išgauti dujų hidratą, sumažėtų energinių išteklių stygius pasaulyje, o kartu ir jų kainos.

Literatūra

- [1] Peters, K. E., Walters, C. C., Moldowan, J. M. The Biomarker guide. Volume 1. *Biomarkers and isotopes in the environment and human history*. Cambridge, 2005, 471 p.
- [2] Kadūnienė, E. Baltijos sineklizės kaledoniškos geoformacijos organinės medžiagos katagenėzė, angliavandenilių generacija ir pirminė migracija. Kn. *Lietuvos naftingieji kompleksai*, Vilnius, 1996, p. 49–92.
- [3] Kadūnienė, E. Organic matter in oil source rocks. In O. Zdanavičiūtė and K. Sakalauskas (eds), *Petroleum Geology of Lithuania and south-eastern Baltic*, Institute of Geology, Vilnius, 2001, p. 96–119.
- [4] Peters, K. E., . Guidelines for evaluating petroleum source rock using programmed pyrolysis. *American Association of Petroleum Geologists, Bulletin* 70, 1986, p. 318–329.
- [5] Laškovas, J. *Rytų Europos platformos pietvakarinio pakraščio ordoviko baseino sedimentacinės sąlygos ir nuogulų litogenėzė*. Vilnius, 2000, 314 p.
- [6] Tissot, B. P., Durand, B., Espitalie, J., Combaz, A. Influence of the nature and diagenesis of organic matter in formation of petroleum. *American Association of Petroleum Geologists, Bulletin* 58, 1974, p. 499–506.
- [7] Lapinskas, P. *Lietuvos silūro sandara ir naftingumas*. Vilnius, 2000, 203 p.
- [8] Zdanavičiūtė, O., Bojesen-Koefoed, J. A. Geochemistry of Lithuanian oils and source rocks: a preliminary assessment. *Journal of Petroleum Geology* 4, 1997, p. 381–402.
- [9] Lazauskienė J. Potential shale gas (oil) formations in Lithuania. EuroGeoSurvey WorkShop. Assessment of the shale gas potential of the Lower Paleozoic shale in Baltic Basin, Vilnius, Lithuania, August 23–24, 2012. Conference papers.

- [10] Zdanavičiūtė, O., Swadowska, E. Petrographic and pyrolysis-gas chromatography investigations of the Early Palaeozoic organic matter of Lithuania. *Geologija* 40, 2002, p. 15–23.
- [11] Peters, E., Cassa, R. Applied source rock geochemistry. In Magoon L.B. and Dow W.G. (eds), *The Petroleum System – from Source to Trap*, AAPG Memoir 60, Tulsa, Oklahoma, 1994, p. 93–117.
- [12] Jarvie, D. M., Lundell, L. L. Amount, type and kinetics of thermal transformation of organic matter in the Miocene Monterey Formation. In Isaacs C. M., Rullkotter J. (eds), *The Monterey Formation: from Rocks to Molecules*, New York, Columbia University Press, 2001, p. 268–295.
- [13] Kepežinskas, K., Rastenienė, V., Suveizdis, P. *Vakarų Lietuvos geoterminė anomalija*. Vilnius, 1996, 68 p.
- [14] Zdanavičiūtė, O., Lazauskienė, J. Organic matter of Early Silurian succession – the potential source of unconventional gas in the Baltic Basin (Lithuania). *Baltica* 22 (2), 2009, p. 89–99.
- [15] World shale gas resources: an initial assessment of 14 regions outside the United States, 2011. US Energy Information Administration, XI–27 p. [Interneto versija].
- [16] Technically recoverable shale oil and shale gas resources: an assessment of 137 shale formations in 41 countries outside the United States, 2013. US Energy Information Administration, VIII–19 p. [Interneto versija].
- [17] Zdanavičiūtė, O., Vikšraitienė, J. Naftos motininių uolienų generuotų angliavandenilių ištekliai. Kn. V. Baltrūnas (red.), *Lietuvos žemės gelmių raida ir ištekliai*, 2004, p. 413–415.
- [18] Schmoker, J. W. Volumetric calculation of hydrocarbons generated. In Magoon L. B. and Dow W. G. (eds), *The Petroleum System – from Source to Trap*, AAPG Memoir 60, Tulsa: Oklahoma, 1994, p. 323–326.
- [19] Jarvie, D. M., Hill, R. J., Ruble, T. E., Pollastro, R. M. Unconventional shale-gas systems: the Mississippian Barnett shale of north-central Texas as one model for thermogenic shale gas assessment. *American Association of Petroleum Geologists, Bulletin* 91 (4), 2006, p. 475–499.
- [20] Basys V., Būda V., Grigelis A., Juodkazis V., Malinauskas A., Motuza G., Motuzas A. J., Vaitkus, J. V., Valiulis A., Vilemas J. Komisijos dėl skalūnų dujų žvalgybos ir gavybos poveikio aplinkai bei žmonių sveikatai vertinimo išvados / sudarė Algimantas Grigelis. Lietuvos mokslų akademija, Vilnius, 2013 m. kovo 18 d. 32 p., 2 lent., 15 il. [Žr. Lietuvos mokslų akademijos tinklalapio skyrių „Mokslas ir visuomenė“: <http://lma.lt>].

2. Skalūninių angliavandenilių gavyba ir aplinka (apžvalga)

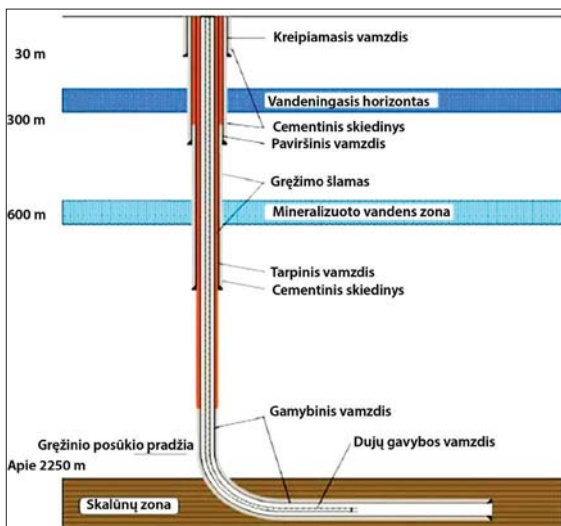
2.1. Skalūninių dujų gavyba ir galimas poveikis gyvajai gamtai bei žmogui

Skalūninių dujų gavybos problema jaudina daugelį žmonių ne tik Lietuvoje, bet ir visame pasaulyje. Čia susiduria gamtinių dujų gavybos monopolininkų, atsinaujinančios energetikos šalininkų, aplinkosaugininkų interesai. Dėl šios kovos spaudoje nemažai dezinformacijos, įvairių pavojų aprašų. Tokia informacija žadina žmonių vaizduotę ir skatina protestus. Kaip rašoma^[1] JAV energetikos departamento duomenimis, Lietuvos gelmėse yra apie 4 trilijonai kubinių pėdų dujų. Kaip informuoja Bloomberg agentūra, *Chevron* kompanija planavo investuoti ne mažiau 31 milijono dolerių vakarų Lietuvos teritorijoje skalūninių dujų paieškai. *Chevron* kompanijai pasitraukus iš skalūninių dujų paieškos Lietuvoje, šiandien žinome tik kitų šalių skelbiamas spėlionės apie galimus skalūninių dujų išteklius, o ne tikrus, moksliskai ir praktiskai pagrįstus, duomenis.

Žurnale *Nature*^[2] yra pateikta informacija, kad hidraulinis ardymas yra saugus ir kad yra tik du dokumentuoti atvejai, patvirtinantys požeminių vandenų taršą. Mokslininkams didesnę susirūpinimą kelia dujų nuotekiai, siekiantys 4–9 proc., t. y. žymiai didesni, negu reglamentuoja veikiantys aplinkos apsaugos agentūros dokumentai – 2,3 proc. Aplinkosaugininkai yra pasidaliję į dvi stovyklas. Vieni mano, kad tokia dujų gavyba yra leistina griežtai reguliuojamose teritorijose ir laikantis griežtų technologinių bei aplinkosauginių reikalavimų, kiti įsitikinę, kad skalūninių dujų gavybos plėtra yra pavojinga orui, vandeniui ir gali stabdyti perėjimą prie atsinaujinančios energetikos (saulės, vėjo, biokuro).

Vykstančiuose Europos Parlamento debatuose reiškiama mintis, kad atsisakyti šios energijos rūšies gavybos būtų didelis praradimas^[3]: nebūtų sukurta tūkstančiai darbo vietų, sumažėtų energetinis saugumas, padidėtų energetinių išteklių importas. JK parlamentaras Rogeris Helmeris mano, kad visos energetinių išteklių gavybos formos turi saugos problemų. Jo nuomone, hidraulinio ardymo technologija kelia ne didesnę pavojų, nei akmens anglies gavyba ar hidroenergetika. Kituose šaltiniuose [4] rašoma, kad yra labai maža rizika užteršti požeminius vandenis. JAV 9 iš 10 dujų ir naftos sausumos gręžiniai naudoja hidraulinio ardymo technologiją (1 pav.). Blogai užcementuoti gręžiniai kelia tokį pavojų, nes cheminės medžiagos ir dujos tada gali patekti į viršutinio horizonto vandenį ir aplinką virš žemės paviršiaus.

Kvebeko provincijos (Kanada) aplinkos apsaugos ministras pateikė įstatymą, kuris įteisintų dujų gavybos Šv. Lauryno upės slėnyje moratoriumą penkiems



1 pav. Tipinio skalūnų dujų gręžinio, naudojančio dujų gavybai hidraulinį ardymą, schema^[19]. Gręžinio horizontalioji dalis yra skalūnų storumėje

metams. Šiuo aktu būtų draudžiamas hidraulinis ardymas, gręžimai ir tyrimai^[5]. D. Britanijos energetikos ministras mano, kad skalūninės dujos turi didelį potencialą ir kad jos yra svarbios užtikrinant energetinį šalies saugumą, kuriant naujas darbo vietas ir pritraukiant investicijas. Antra vertus, juo nuomone, šio verslo plėtra turi būti vykdoma suderinus su vietinėmis bendruomenėmis^[6].

Viena Kanados ir Kinijos kompanija praneša, kad jie ketina išgręžti du skalūninių dujų gręžinius tarp Mančesterio ir Liverpulio (JK), tačiau kol kas nenaudos hidraulinio ardymo. Ateityje hidraulinis ardymas yra planuojamas, tačiau tik gavus leidimą ir suderinus veiksmus su vietinėmis bendruomenėmis^[7]. Reaguodama į skalūninių dujų gavybos visuomenės kritiką ir šio energijos šaltinio svarbą, Jungtinės Karalystės vyriausybė siūlo įkurti Netradicinių dujų valdybą (*Office for Unconventional Gas*), kuri rūpintųsi gavybos, taikant hidraulinį ardymą, teisinės bazės kūrimu^[8].

2013 m. vasario 28 d. Jungtinės Karalystės pakrantės operatorių grupė (*United Kingdom Onshore Operators Group, UKOOG*) pirmą kartą paskelbė skalūninių dujų gręžinių operacijų taisyklių vadovą. Jame skelbiamos taisyklės ir reikalavimai, suderinti su Klimato kaitos ir energijos departamentu, Sveikatos ir saugios veiklos, Aplinkosaugos ir Škotijos aplinkos apsaugos agentūromis. Taisyklėse rašoma ir apie hidraulinį ardymą bei būtinybę atskleisti hidraulinio ardymo skysčių cheminių medžiagų sudėtį ir saugius jų kiekius. Šie reikalavimai yra griežtesni už visus žinomus skalūninių dujų gavyboje taikomus standartus^[9].

Greenpeace tvirtina^[10], kad nėra patvirtintų duomenų apie dujų nuotekius iš požeminių hidroplėšymų. Jų nuomone, didesnį pavojų šiltnamio efektui kelia į

atmosferą patekusios metano dujos. Jų pavojus žymiai didesnis, negu dujas deginant susidarancio anglies dvideginio. Taip pat tvirtinama, kad JAV hidroardymai sukėlė per 1000 požeminių vandens užteršimų. Kokiais dokumentais tai patvirtinta, nenurodoma.

Europos Komisijos Aplinkos generalinio direktorato 2012-05-28 atlikta studija ^[11] įžvelgia nemažai potencialių grėsmių skalūninių dujų gavybai naudojant hidraulinio sluoksnių ardymo technologiją:

- Palyginti su paprasta dujų gavyba reikės naudoti didesnius vandens kiekius, į kurį dar bus pridėdama chemikalų;
- Palyginti su paprasta dujų gavyba iš gręžinio bus mažesnė dujų išeiga, t. y. aplinkos apkrova dujų kiekiu vieneto gavybai bus didesnė;
- Didesni iššūkiai garantuojant gręžinių integralumą, taršos grėsmę gręžinio eksploatacijos metu ir jai pasibaigus;
- Didesni iššūkiai parenkant gręžviečių vietas, nes išlieka ilgalaikis į hidrauliniu plėšimu suardyto sluoksnio storumę supilto skysčio poveikis;
- Potencialiai toksiškų cheminių priedų naudojimo ribojimas;
- Neišvengiamas transporto naudojimas įrenginiams, medžiagoms ir atliekoms pervežti;
- Palyginti su paprasta dujų gavyba sukuriamą didesnio ploto technogeninio poveikio zona;
- Būtinybė gręžvietėje įkurti tam tikro dydžio įmonę, kuri savo veikla kels įvairią taršą (oro, triukšmo, dulkių).

Kaip žinoma, cheminės medžiagos patenka į gelmes ir jas įvairiu mastu užteršia: gręžiant, cementuojant gręžskyles, sprogdinimo, hidraulinio ardymo metu, ir dalis jų tenai lieka. Visoje Lietuvos teritorijoje yra daug įvairaus gylio gręžinių, kurių žalingas poveikis vandeniui ar aplinkai nebuvo pastebėtas ar bent jau nėra registruotas. Kaip tvirtinama, UAB *Minijos nafta* gręžiniuose atlikta per 20 hidraulinių ardymų, tačiau vykdant monitoringą jokio žalingo poveikio nepastebėta ^[20]. Gręžiniai, siekiant surasti tinkamas vietas dujų saugyklai, taip pat pareikalaus požeminių sprogdinimų ar kitokio požeminio poveikio. Šiuo atveju apie galimą metano dujų nuotekį į atmosferą ar giluminę taršą visuomenė iš viso nediskutuoja.

2.2. Skalūninių angliavandenilių ištekliai (apžvalga)

Argentinos skalūninių dujų atsargos vertinamos kaip trečios pasaulyje. Vyriausybė priėmė specialią *Gas Plus* programą, kuri duos finansines garantijas pradėjusiems vykdyti tokią gavybą. Pagal šią schemą patvirtinta 50 projektų.

Australijos skalūninių dujų rezervai sudaro apie 46 proc. JAV turimų rezervų. Dėl hidraulinio ardymo baimių ir didelių vandens sąnaudų kai kuriose valstijose (Naujajame Pietų Velse) paskelbtas laikinas skalūninių dujų gavybos moratoriumas. Tikimasi, kad skalūninių dujų gavyba įsisiūbuos tik po dešimtmečio, kai sumažės darbų ir įrangos kainos ir bus sukurta reikalinga infrastruktūra.

D. Britanijoje skalūninių dujų telkiniai randami šiaurės vakarų Anglijoje. Čia buvo paskelbtas laikinas moratoriumas, nes dujų gavyba sukėlė nedidelį žemės drebėjimą. Nuo 2012 gruodžio mėn. šis moratoriumas atšauktas. Norintys imtis skalūninių dujų gavybos, turi turėti vyriausybės, aplinkosaugininkų, vietinės bendruomenės ir darbų saugos pritarimą ar leidimą. Dujų gavėjai įpareigojami atskleisti ardymo skysčio cheminę sudėtį.

Bulgarijoje skalūninių dujų gavyba, taikant hidraulinį ardymą, yra uždrausta nuo 2012 sausio mėn., atsižvelgus į visuomenės protestus ir susirūpinimą dėl pasekmių. Vyriausybė nutraukė *Chevron* kompanijai Novi Pazar vietovėje duotą leidimą.

Kinija 2012 m. pritarė skalūninių dujų, kaip nepriklausomo energijos šaltinio, gavybai. Gavybą galės vykdyti tik Kinijos kompanijos. Užsienio kampanijos galės būti tik dalininkai ar partneriai.

Prancūzijos vyriausybė pritarė 5 metų moratoriumui, baimindamasi potencialių grėsmių, taip pat nutraukė kelias skalūninių dujų gavybos licencijas.

Vokietija nepaskelbė atviro ardymo technologiją draudžiančio pareiškimo, tačiau sustabdė darbus, kol viską išsiaiškins mokslininkai, gamybininkai ir politikai.

Lenkijoje nėra įstatymų, tiesiogiai reguliuojančių skalūninių dujų gavybą, bet buvo inicijuotas įstatymas, naujai apmokestinantis skalūninių dujų ir kitų angliavandenilių gavybą. Vyriausybė yra išdavusi per 100 koncesijų (daugiausiai užsienio kompanijoms).

Pietų Afrikos Respublika 2012 m. rugsėjį panaikino moratoriumą skalūninių dujų gavybai Karoo regione.

JAV skalūninių dujų gavyba kiekvienoje valstijoje skirtingai reglamentuota. Aplinkos apsaugos agentūrai pavesta iki 2014 m. atlikti hidraulinio ardymo ir jo poveikio geriamam vandeniui studiją. Vidaus reikalų ministerija atnaujiną ardymo reikalavimų taisykles, kurių bus būtina laikytis vykdant gavybą valstybinėje žemėje. Kai kuriose valstijose hidraulinis ardymas uždraustas, Niujorko valstijoje veikia moratoriumas. Daugelyje valstijų (Teksase, Kolorado ir kt.) reikalaujama paviešinti hidrauliniui ardymui naudojamų cheminių medžiagų sudėtį.

Airijoje, Austrijoje, Olandijoje, Švedijoje, Danijoje, Ispanijoje ir Vengrijoje jokių draudimų nepaskelbta ^[17]. Dideles viltis su skalūninių dujų gavyba sieja **Ukraina**, nes mato kelią, galintį sumažinti priklausomumą nuo brangių Rusijos dujų importo ^[18, 19].

Pastaruoju metu labai plečiami skalūninių dujų gavybos moksliniai tyrimai, labai greitai keičiasi duomenys, todėl nedidelei šaliai svarbu neįklimpti į smulkias problemas, o stebėti pasaulines skalūninių dujų gavybos tendencijas ir plėtros kryptis bei naudotis kitų sukaupta patirtimi. Ar Lietuvoje apsimokės skalūninių dujų gavyba, dar visiškai neaišku. Naujausi 2013 m. gegužės mėn. pranešimai iš Lenkijos rodo, kad šių dujų žvalgybos darbus vykdydžiusios bendrovės stabdo savo veiklą ar net traukiasi iš Lenkijos. Kanados *Talisman* and *JAV Marathon Oil* bendrovės pareiškė, kad jie gręžiniuose neaptiko skalūninių dujų kiekio, garantuojančio ekonomiškai pelningą veiklą. Per pastaruosius metus žvalgomąją veiklą Lenkijoje nutraukė trys bendrovės. Iš 43 gręžinių (apie 4000 m gylio), tik dvylikoje gręžinių buvo aptikti didesni skalūninių dujų kiekiai. Įvertinant geologines sąlygas, didesni negu JAV gyventojų tankį (Lenkijoje – 123 gyv./km², JAV – 30,4 gyv./km²) ir visus gręžimo kaštus, šių bendrovių nuomone, skalūninių dujų gavyba ekonomiškai nepasiteisina ^[16]. Palyginimui, gyventojų tankis pietvakarių Lietuvos Šilutės–Tauragės plose yra artimas JAV: Tauragės savivaldybėje – 41 gyv./km², Šilutės savivaldybėje – 29 gyv./km², Jurbarko savivaldybėje – 22 gyv./km².

Neaiški išgautų skalūninių dujų pelno dalybų formulė, nes per ją galima netekti ir turimo turto, ir pajamų. Išgaunamas skalūnines dujas teks pirkti rinkos kaina, o kokia bus dujų kaina po 5 ar 10 metų, niekas negali pasakyti, nes Lietuvoje išgaunamų dujų kiekis neturės tiek įtakos ženkliau pakeisti (sumažinti) rinkos kainą.

2.3. Reikalavimai gręžvietai ir aplinkosaugai

Esamos technologinės priemonės, naudojamos skalūninių dujų paieškai, gavybai, monitoringui, techniškai yra saugios, jeigu yra laikomasi saugumo reikalavimų. Be abejo, nesilaikant griežtų reikalavimų, beveik kiekvienoje gavybos technologinių procesų grandinėje slypi didesni ar mažesni pavojai: neatsakingas grįžtančio į paviršių skysčio utilizavimas, nekokybiškas gręžinio sienelės cementavimas, metano dujų migracija iš gelmių iki paviršiaus ar jo patekimas į atmosferą iš nesandarių vamzdinių, saugyklų, gręžimo aikštelių įrengimo kokybė ir kt. Susirūpinimą keltų ne pati skalūninių dujų žvalgyba, nes planuojamas mažas gręžinių kiekis, o didesnio masto gavyba, kurios metu kiltų daugiau problemų:

- Išgaunamų dujų surinkimas iš verslovės gręžinių. Neaišku, ar tai būtų surenkančios vamzdynai (požeminiai, paviršiniai), ar dujos būtų slegiamos ir skystinamos. Vamzdžių tinklas keltų problemų žemdirbiams.

- Nuo gręžviečių tankio priklausytų kelių tinklas, keliams reikalingas žemės plotas. Sausi dulkantys keliai keltų diskomfortą gyventojams. Intensyvesnis eismas gali sukelti transporto kamščius, ypač nedideliuose miesteliuose. Nedideli kaimo keliukai gali tapti judriomis magistralėmis, be to, jie nesuprojektuoti sunkioms apkrovoms, todėl jų būklė sparčiai prastėtų. Be abejo, dujų gavybos verslovės gali investuoti į važiuojamosios kelio dalies gerinimą ir taip išspręstų šias problemas.
- Didesni saugomo grįžtančio vandens baseinai turėtų būti nuolat stebimi dėl potencialiai galimų nuotekų į aplinką (vamzdynų nesandarumo, talpų įtrūkių ir pan.), dėl pašalinių asmenų (ypač vaikų) patekimo į šią teritoriją apsaugos. Grįžtančio vandens baseinai gali būti centralizuoti tvenkiniai ar specialios paskirties tvenkiniai, skirti vienai gręžimo aikštelei. Atskirai įrengti hidraulinio ardymo skysčio rezervuarai. Skysčių laikymo galimybės turėtų būti pasirenkamos pagal galutinį darbų mastą (ilgalaikė ar trumpalaikė gavyba). Praktika rodo, kad daugkartinio naudojimo antžeminiuose tvenkiniuose, nedaug sutrikdant aplinką, galima laikyti apie 4000 m³ skysčio. Vertikalūs rezervuarai turi didesnę talpą, nes užima mažesnę plotą, tai leidžia įrengti mažesnes gręžinių aikšteles.

Gręžvietės turėtų būti įrengiamos tam tikru atstumu nuo gyventojų pastatų, nes gręžimo mašinų, siurblių, transporto keliamas triukšmas, šviesa, nuolatinis judėjimas 24 val. septynias dienas per savaitę keltų žmonių nepasitenkinimą. Šias problemas galima sumažinti įvairiomis priemonėmis ir sprendimais:

- triukšmo skydų įrengimas;
- tiesioginių šviesos šaltinių nukreipimas nuo gyvenamųjų vietų;
- minimalaus judėjimo eismo maršrutų parinkimas;
- darbus vykdyti šviesiu paros metu (gali būti sudėtinga gręžiant gręžinį);
- darbų aikštelių parinkimas toliau nuo urbanizuotų zonų.

Gręžvietės turėtų būti įrengtos saugiu atstumu nuo vandenviečių (atvirų ir požeminio vandens ėmimo) siekiant apsisaugoti nuo nuotekų grėsmės ar net vandalizmo atvejų. Kas spręs, kur tinkamiausia leisti statyti gręžimo aikštelę – seniūnija, savivaldybė ar valstybinė tarnyba? Paruošta gręžviete teritorija gali būti žymi, tai gali keisti ekosistemas, laukinės gyvūnijos arealus. Didesnis gręžviečių tankis gali būti kenksmingas vietinei faunai dėl nuolatinio triukšmo, dėl galimybės (paukščiams) patekti į užterštus grąžinamo vandens baseinus (reikalingi tinklai nuo paukščių). Nuolatiniai statiniai, tokie kaip gręžinių aikštelės, privažiavimo keliai, vamzdynai ir kompresorinės, keičia kraštovaizdžio patrauklumą. Betonuotos gręžviečių aikštelės užima nuo kelių iki kelių šimtų arų. Kas, baigus gręžinio eksploataciją, jas išardys, demontuos (suardys) betono plokštes ir rekultivuos žemės naudmenis?

Esant didesniai gręžviečių skaičiui atsirastų problema, iš kur ir kokiomis priemonėmis gręžviete būtų tiekiamas reikalingas vanduo (transportu, t. y. auto-

1 lentelė. Skalūnų dujų gavybos rizikos veiksniai aplinkai

Technologinės veikos	Poveikis aplinkai	Poveikio objektai
Teritorijos, aikštelės ir infrastruktūros paruošimas	Arealo suskaldymas keliais, vamzdynais Lietaus srautų susidarymas	Arealas kaip visuma Paviršinis vanduo
Metano dujų ventiliavimas gręžimo metu	Oro tarša metano dujomis	Oro kokybė
Hidraulinis skalūnų sluoksnio ardymas	Šviežio vandens sąnaudos Ardymo skysčiai Metano dujos	Paviršinis ir požeminis (gruntinis) vanduo Paviršinis vanduo Oro kokybė
Ardymo skysčio ir grįžtančio iš gręžinio į paviršių srauto saugojimas (sandėliavimas) ir utilizavimas:	Grįžtanti suspensija Ardymo skystis	Paviršinis ir požeminis (gruntinis) vanduo Paviršinis vanduo
• apdorojimas buitinių nuotekų perdirbimo įrenginiuose	Grįžtanti suspensija ir išvalytas vanduo	Paviršinis vanduo
• apdorojimas pramoninių nuotekų perdirbimo įrenginiuose	Grįžtanti suspensija ir išvalytas vanduo	Paviršinis vanduo

mobilinėmis cisternomis, vamzdynais iš atvirų baseinų, iš šalia išgręžtų gręžinių). Kai prieiga prie vandens yra netoli gręžimo vietos, svarbu, kokie vandens šaltiniai bus naudojami: paviršinis vanduo, gruntinis vanduo, vandentiekio vanduo, alternatyvūs vandens šaltiniai. Svarbu, koks iš vandens šaltinių būtų prieinamas tam tikru sezonu ar ištisus metus. Transportavimas didesniu nuotoliu tai vietai sukurtų didesnę technogeninę apkrovą, nes kiekvienam gręžiniui gali prireikti ~1000 automobilinei cisternos reisų. Per ilgesnį laikotarpį vamzdynai paprastai ekonomiškai labiau efektyvūs, nes gabenimo cisternomis sąnaudos yra reikšmingos, mažesniems keliams kyla sugadinimo pavojus, gali pasitaikyti eismo įvykių ir pats eismas gali kelti rūpesčių. Kaip rodo JAV patirtis, vandens gabenimas cisternomis kainuotų du kartus brangiau, negu kaštai, reikalingi vamzdynams tiesti. Yra paskaičiuota, kad būtų sutaupyta ~50 proc. reikalingų kaštų, nes sumažėtų degalų sąnaudos, automobilių cisternų eismas ir jo poveikis keliams.

Kiekvienam gręžiniui sunaudojama apytikriai 12–20 milijonų litrų vandens. Į gręžinį paduodama 80,25 proc. šviežio vandens, 14 proc. jau naudoto vandens, 5 proc. smėlio ir apie 0,75 proc. kitų priedų. Šiuos priedus sudaro apie 0,07 proc. trinties reduktorius, 0,03 proc. antibakterinis priedas, 0,02 proc. nuosėdų inhibitorius, 0,0006 proc. korozijos inhibitorius ir kt. Į paviršių grįžta 10–50 proc. injektuoto

hidraulinio ardymo skysčio. Jis vadinamas „grįžtamuju vandeniu“. Būtinai tinkamas skysčių tvarkymas [12–15].

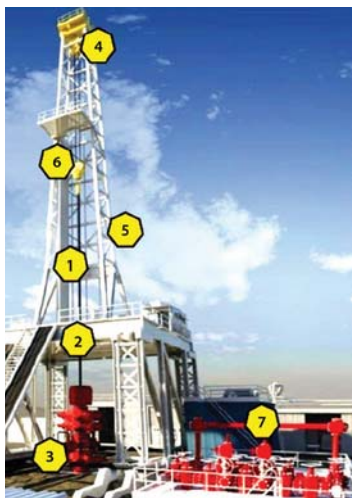
Besiplečianti skalūninių dujų gavybos pramonė gali kelti įtampą vietiniams ištekliams, savivaldai, gyvenamosioms zonoms, keliams, aplinkai ir avarinėms tar-nyboms. Grėsmių aplinkai mastai sumažėja, kai nuotėkos naudojamos pakartotinai, kai baigus darbus, ekologiškai sutvarkoma gręžvietės teritorija, kai pritaikomos uždaro ciklo gręžimo sistemos, kai gręžinių aikštelės išklojamos kokybiška danga, kai naudojamos antrinės talpos, kai grįžtantis vanduo yra vietoje valomas ir pakartotinai naudojamas, kai vykdomas nuolatinis aplinkos stebėjimas, kai gręžvietai reikalingi skysčiai tiekiami vamzdynais, o ne gabenami cisternomis, kai gavybai reikalingi keliai prieš naudojant atnaujinami ar pritaikomi. Aplinkai svarbu, kaip tvarkomas naudotas vanduo:

- tiesioginis pakartotinis naudojimas (sumaišymas);
- valymas vietoje ir pakartotinis naudojimas;
- valymas išvežus ir pakartotinis naudojimas;
- valymas ir utilizavimas išvežus.

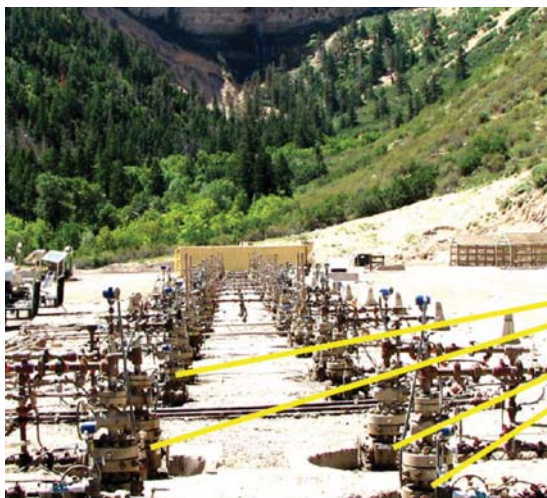
Tarp valymo technologijų yra cheminis nusodinimas, garinimas, elektrokoaguliacija ir filtravimas. Dėl ilgesnės skysčių buvimo skalūnuose trukmės susikaupia didesnis ištirpusių kietųjų medžiagų, visų pirma druskų, kiekis. Naudoto vandens valymas ir naudojimas pakartotinai dažnai būna skirtas nuovirų metalams, bet ne druskoms pašalinti.

Aplinkai didelę svarbą turi ekologiškas verslovės sutvarkymas, baigus darbus. Ekologiškas tvarkymas pradedamas darbų pabaigoje, kai gręžinio sluoksniai jau yra „suplėšyti“. Pirmiausiai pašalinamas ardymui naudotas vanduo. Grąžinant vandenį iš gelmių kartu su juo ateina ir išgaunamos skalūninės dujos. Smėlio separatorius išfiltruoja iš grįžtančio vandens visą smėlį ir jį vamzdžiu nukreipia į atliekų rezervuarą. Išfiltravus pasilieka tik gamtinių dujų ir vandens mišinys. Atskirame agregate vanduo atskiriamas nuo dujų. Atskirtos nuo vandens dujos neišleidžiamos į atmosferą, o nukreipiamos į atskirą vamzdį ir paleidžiamos vamzdynu į dujų apdorojimo įmonę. Atskirtas vanduo vėl sumaišomas su smėliu atliekų rezervuare ir gali būti naudojamas pakartotinai.

Pagal JAV skelbiamus duomenis, jeigu visas verslovei būtinas išlaidas prilyginti 100 proc., tai gręžvietės vietos paruošimo išlaidos sudaro apie 6,75 proc., gręžimas – 32,5 proc., vamzdynai – 8,25 proc., įrenginiai – 6,25 proc., eksploatavimo operacijų išlaidos – 46,25 proc. Analizuojant atviroje erdvėje skelbiamus duomenis matyti, kad pradinėje skalūninių dujų gavybos stadijoje būta aplaidumo, nepaisymo aplinkosaugos reikalavimų, informacijos nuo visuomenės slėpimo (ypač neatskleidžiant cheminių medžiagų sudėties). Dalis šių pažeidimų įvyko dėl nepakankamo įstatyminio gavybos reglamentavimo. JAV išsiplėtus skalūninių dujų gavybos mastams,



2 pav. Tradicinis gręžimo įrenginys: 1 – gręžinio vamzdis; 2 – rotoriaus stalas; 3 – saugiklis nuo išsiveržimo ir gręžinio žiotys, 4 – viršutinis blokas; 5 – bokštas; 6 – kilnojamas blokas su kabliu; 7 – droselinis vamzdynas



3 pav. Gręžinių gręžimas iš vienos aikštelės (Kolorado valstija, JAV). Rodyklės rodo vienos aikštelės gręžinius, išgręžtus naudojant tą patį gręžimo įrenginį

sustiprinta ir įstatyminė ar reglamentuojanti priežiūra. Atsiradus naujiems reikavimams, pažeidimų ar aplinkosauginių incidentų kiekis, sąlyginai tenkantis vienam gręžiniui, artėja prie nulio, nors pranešimų, pavyzdžiui, dėl sveikatos sutrikdymų pasitaiko, tik dažniausiai nėra aiškaus ryšio su skalūninių dujų gavyba.

2.4. Saugių aplinkai gręžimo aikštelių įrengimas

Gręžimo įrenginiai yra labai dideli (2 pav.), todėl jiems perkelti reikia gerų kelių, tiltų ir kt. Geriausias būdas perkelti gręžimo įrenginį yra ne vežti jį labai toli, bet išgręžti keletą gręžinių iš vienos aikštelės (3 pav.). Tinkamai parinkus gręžinio vietą, galima iš tos pačios vietos išgręžti keletą gręžinių. Gręžimo staklės nuo vieno gręžinio prie kito artimo gręžinio keliauja nedidelį nuotolį, todėl mažėja laiko sąnaudos ir mažiausiai suardomas vietovės paviršius.

Labai vertinga Lenkijos valstybinės bendrovės, vykdančios skalūninių dujų žvalgybos darbus, patirtis vertinant juos aplinkosauginiškai. 2013 m. gegužės mėn. šios studijos autorių grupei susipažinus su paieškos darbais Wejcherowo



4 pav. Įvažiavimo į aikštelę kelias ir gręžimo bokštas.
4–9 pav. – A. V. Valiulio nuotraukos (2013-05-28)



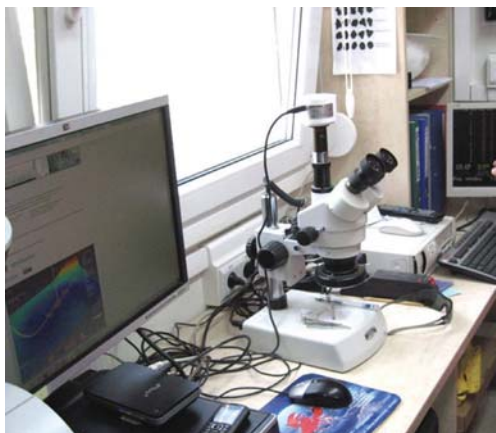
5 pav. Gręžvietės pakraščių sutvarkymas. Aplinkui aikštelę suformuotas ir polietileno plėvele išklotas griovys surenka nuotekas

aplinkėse netoli Gdansko, gręžvietėje aiškiai matyti menamos ir tikros aplinkai kylančios gamtinės grėsmės (4 pav.). Geologiniais tyrimais paremtas gręžvietės parinkimas yra suderinamas su vietos bendruomene, valsčiaus, vaivadijos ir šalies kontroliuojančiomis organizacijomis. Darbai pradedami tik sutikus visoms procese dalyvaujančioms šalims. Aplankyto gręžinio atveju, vietos bendruomenei nesutikus su pirminiu gręžvietės parinkimu, ji buvo parinkta kitame, netoliese esančiame valstybinio miško plote. Planuotas vertikalaus gręžinio gylis – 3280 m. Lankantis gręžvietėje, gręžinio gylis siekė 1370 m, todėl horizontalusis gręžimas, skalūnų sluoksnio ardymas ir su jais susiję infrastruktūriniai gręžvietės plėtros darbai dar nepradėti. Šiuo metu gręžvietė užima vieno hektaro plotą (100 x 100 m), tačiau pradėjus hidraulinio ardymo darbus, gręžvietės plotas padidės iki dviejų hektarų.

Parinkus gręžvietę, pirmiausiai nuimamas derlingojo dirvožemio sluoksnis ir supilamas aikštelės pakraščiuose padarant lyg ir apsauginį pylimą. Pabaigus dujų gavybą ir demontavus gręžvietę, ši žemė bus naudojama rekultivuojant aikštelę. Visa aikštelė ir jos pakraščiai iškljami polimerine plėvele, neleidžiančia lietaus ar kitiems technologiniams skysčiams patekti į po aikštele esantį gruntą. Aplinkui aikštelę suformuotas griovys surenka nuotekas (5 pav.), kurios siurbliais kaupiamos nuotekų baseine (6 pav.). Pati aikštelė aptverta aukšta metalinio tinklo tvora ir yra



6 pav. Gręžvietės teritorijoje surenkamų kritulių baseinas



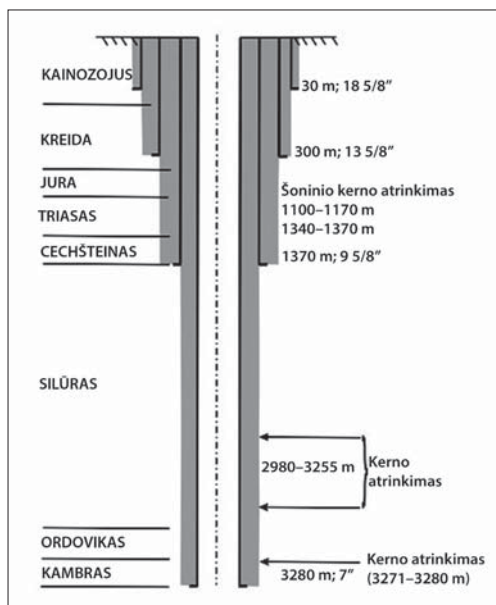
7 pav. Mobili gręžvietės darbų priežiūros ir gręžimo proceso duomenų registravimo laboratorija



8 pav. Elektros tiekimo dyzelgeneratoriai



9 pav. Dyzelinio kuro saugyklos



10 pav. Wejcherowo didelio gylio skalūninių dujų paieškos vertikaliojo žvalgybinio gręžinio schema

nuolat saugoma. Į aikštelės teritoriją gali patekti skraidantys paukščiai ir laipiojantys žvėreliai (pvz., voverės, kiaunės ir pan.), be to, iš atviro baseino garuoja vanduo. Surenkamojo vandens baseinai iš viršaus neturi apsauginio tinklo.

Aikštelės paviršius padengiamas tiksliai niveliuotomis surenkamomis betono plokštėmis, kurių storis leidžia paviršiumi judėti sunkiasvorėmis mašinoms ir įrenginiams. Tokiomis pat plokštėmis išklojamas ir privažiavimo į aikštelę kelias (4 pav.).

Ant šių plokščių pagal aikštelės perimetrą labai kompaktiškai sustatomi medžiagų ir įrenginių saugojimo, darbų priežiūros, maitinimo, poilsio, buitiniai ir kitos paskirties konteineriai. Labai svarbu, kad baigus gręžvietės eksploatavimą, betoninės plokštės būtų lengvai demontuojamos ir gali būti pakartotinai naudojamos įrengiant naują aikštelę.

Darbus vykdo aukštos kvalifikacijos gręžimo technologai, geologijos, geofizikos specialistai. Priežiūrai ir procesams sekti naudojamos modernios automatizuotos informacinės technologijos (7 pav.). Jos padeda realiu laiku registruoti gręžimo proceso rodiklius, bandinių poėmius ir kitą technologinę ar mokslinę informaciją.

Gręžimui reikalinga emulsija ruošama specialiuose metaliniuose konteineriuose. Grįžtantis iš gręžinio kolonos skystis kartu su smulkiais gręžimo produktais patenka į metalinius konteinerius, kuriuose nusėda šlamas, o atskirtas vanduo nukreipiamas į vandens saugojimo baseiną. Šis vanduo gali būti naudojamas naujai gręžimo emulsijai ruošti. Surinktas gręžimo šlamas išvežamas į atliekų surinkimo aikšteles.

Gręžimo agregatui, siurbliams ir kitiems poreikiams reikalingą elektros energiją gamina dyzelinių variklių sukami generatoriai (8 pav., 9 pav.). Dyzelių darbas didina triukšmą, tačiau su tuo taikstomasi, nes elektros energija iš elektros tinklų yra žymiai brangesnė.

Visos reikalingos medžiagos, įvairaus skersmens vamzdžiai saugomi atvirose aikštelėse, įrengtose ant betoninių plokščių pagrindo ar specialiose saugyklose.

Gręžimui reikalingas vanduo imamas iš šalia išgręžtų giluminių šulinių. Pradėjus skalūninių dujų gavybą, vandens poreikis išaugs kelis kartus, grįžtančiam vandeniui saugoti bus įrengtas dar vienas baseinas, tačiau šiuo metu dar nėra šių technologinių įrenginių. Vandenį planuojama imti iš atvirų vandens telkinių.

Netoliese esančiame gręžinyje, vieno kilometro ilgio horizontalaus gręžinio sluoksnio ardymui ir dujų gavybai sunaudota apie 20 000 m³ vandens. Iš šio kiekio apie 80 proc. grįžta į paviršių. Technologinėje emulsijoje, be vandens ir smėlio, yra apie 0,5 proc. cheminių medžiagų priedų. Juos sudaro: 0,15 proc. bakteriologinė medžiaga, 0,05 proc. nuosėdų susidarymo inhibitorinė medžiaga, 0,05 proc. dezinfekuojanti medžiaga ir 0,25 proc. polimerinė medžiaga, reikalinga lengvesniam smėlio dalelių prasiskverbimui į supleišėjusį skalūną. Dalis šių cheminių medžiagų priedų naudojamos net maisto pramonėje ir jos nepasižymi jokiais toksinėmis savybėmis.

Gruntinio ir giluminio vandens apsaugai gręžinio kolonoje cementuojama tripakopė apsauga (10 pav.). Iki 30 m gylio cementuojamas išorinis apsauginis vamzdis, kurio skersmuo 47,3 cm ir gylis 30 m. Tarpinis cementinis vamzdis siekia 300 m gylį ir yra 34 cm skersmens. Vidinis cementinis užtvartinis vamzdis siekia 1370 m ir yra 24,4 cm skersmens. Pagrindinio gręžimo vamzdžio skersmuo – 17,8 cm. Ši sudėtinga apsauga garantuoja patikimą gruntinių vandenų izoliaciją nuo pagrindiniu gręžimo vamzdžiu cirkuliuojančių technologinių skysčių.

Literatūra ir šaltiniai

- [1] Chevron takes lead in Lithuanian shale. http://www.upi.com/Business_News/Energy-Resources/2013/01/16/Chevron-takes-lead-in-Lithuanian-shale/UPI-97891358342422/#ixzz2LL1Y6mqL.
- [2] „Frackademia”: how Big Gas bought research on hydraulic fracturing. <http://www.guardian.co.uk/commentisfree/2013/jan/09/fracking-big-gas-university-research>.
- [3] Parliament Magazine – Shale gas extraction could create ‘thousands of jobs’. 13 December 2012.
- [4] Beneath the surface: A Survey of Environmental Risks from Shale Gas Development. <http://www.worldwatch.org/node/6474>.
- [5] Quebec proposes law to ban fracking for up to 5 years. <http://www.bloomberg.com/news/2013-05-15/quebec-proposes-law-to-ban-fracking-for-up-to-5-years.html>.
- [6] UK shale gas programme to ‘accelerate’, say ministers. <http://www.telegraph.co.uk/finance/newsbysector/energy/oilandgas/10060075/UK-shale-gas-programme-to-accelerate-say-ministers.html>.
- [7] IGas to drill two shale gas wells between Manchester and Liverpool. <http://www.guardian.co.uk/business/2013/apr/26/igas-shale-gas-wells-manchester-liverpool>.
- [8] Warning shots fired over fracking plans. The Times of London, 19 May 2013. <http://www.thetimes.co.uk/tto/business/industries/naturalresources/article3621533.ece>.
- [9] Jon Mainwaring. UKOOG Publishes Shale Well Guidelines. http://www.rigzone.com/news/oil_gas/a/124708/UKOOG_Publishes_Shale_Well_Guidelines.
- [10] Fracking is the only way to achieve Obama climate change goals, says senior scientist. <http://www.guardian.co.uk/environment/2013/feb/16/fracking-obama-climate-change-goals>. 16 February 2013.
- [11] Support to the identification of potential risks for the environment and human health arising from hydrocarbons operations involving hydraulic fracturing in Europe. <http://ec.europa.eu/environment/integration/energy/pdf/fracking%20study.pdf>.
- [12] FracFocus Responds to Harvard Study. 4/24/2013. <http://fracfocus.org/node/344>.
- [13] Hydraulic Fracturing Water Usage. <http://fracfocus.org/water-protection/hydraulic-fracturing-usage>.
- [14] How Casing Protects Groundwater. <http://fracfocus.org/water-protection/casing-process>.
- [15] Groundwater & Aquifers. <http://fracfocus.org/water-protection/groundwater-aquifers>.
- [16] Monika Scislowska. Poland’s shale gas hopes suffer blow. May 8, 2013. <http://finance.yahoo.com/news/polands-shale-gas-hopes-suffer-blow-094917885.html>.
- [17] Shale gas exploration and production. Key issues and responsible business practices. Guidance note for financiers. March 2013. <http://iehn.org/documents/CPFIshaleGasGuidanceNoteApril2013.pdf>.
- [18] A. T. Kearney. Ukraine, Poland – Future European Leaders in Shale Gas Production. Press Release: Worldwide News Ukraine – Tue, May 14, 2013. <http://finance.yahoo.com/news/t-kearney-ukraine-poland-future-152700436.html>.
- [19] Gordon Little. How Would the Development of Shale Gas Resources in Ukraine Impact Europe’s (energy) Security? <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:VXLdRuhLbOCj:http://www.iaee.org/en/publications/newsletterdl.aspx%3Fid%3D162%2Bshale+gas+production+in+ukraine&hl=lt&gbv=2&ct=clnk>.
- [20] Ignas Vaičeliūnas, Rimantas Gintilas. Skalūninių angliavandenilių žvalgybos technologijos Lietuvoje. *Mokslas ir technika*, Nr. 11, 2013, 4–7 p.

3. Skalūninių angliavandenilių gavybos poveikis aplinkai

Šiame skyriuje pateikiamas veiklos galimo poveikio gyvajai gamtai (biotai), dirvožemiui, žemėnaudai, kraštovaizdžiui, paviršiniams vandenims ir požeminiams vandenims vertinimas.

3.1. Veiklos galimas poveikis gyvajai gamtai (biotai)

Tiek skalūninių dujų paieškos, gavybos, tiek bet kokia kita žmogaus ūkinė veikla visada daro poveikį gyvajai gamtai: mažėja augalams ir gyvūnams gyventi tinkami plotai, didėja jų fragmentacija, atsiranda trikdžių normaliai reprodukcijai, mažėja išgyvenamumas, populiacijų gausumas, kraštutiniams atvejais – populiacijos ir rūšys nyksta, mažėja bioįvairovė ir nukenčia ekosistemų tvarumas. Poveikis gyvajai gamtai susijęs su žmonių veiklos mastais, intensyvumu, todėl skalūninių dujų paieškos ir pačios gavybos poveikiai gyvajai gamtai vertintini kaip labai skirtingi. Pastebėtina, kad poveikis priklauso ir nuo teritorijos, kurioje numatoma vykdyti darbus, gamtinių vertybių, kurias reglamentuoja nemažai dokumentų (ES Buveinių direktyva, Lietuvos Respublikos saugomų teritorijų įstatymas, Saugomų gyvūnų, augalų, grybų rūšių ir bendrųjų įstatymas, Laukinės augalijos įstatymas, Augalų nacionalinių genetinių išteklių įstatymas, Miškų įstatymas, Lietuvos Raudonoji knyga).

Šilutės–Tauragės licencijuojamojo ploto teritorijoje, kurioje numatoma vykdyti skalūninių dujų paiešką ir gavybą, yra vienas rezervatas, du regioniniai parkai, penkios paukščių apsaugai svarbios teritorijos ir 16 biologinei įvairovei svarbių teritorijų. Vadovaujantis Saugomų teritorijų įstatymu (Žin., 2001, Nr. 108-3902; 2010 Nr. 81-4229) valstybiniuose parkuose ir draustiniuose draudžiama rengti naujų gręžinių aikšteles naftos ir dujų žvalgybai bei gavybai. Bet kokie aplinkos keitimo darbai, įskaitant žemės, gręžimo ir paruošiamuosius darbus, atliekami tik atsižvelgiant į anksčiau išvardytus gamtinius objektus reglamentuojančius įstatymus.

Skalūninių dujų paieškos darbų poveikis gyvajai gamtai, kai įrengiama nedaug gręžinių, gali būti žymiai mažesnis tinkamai rengiant įstatymais numatytą ir todėl privalomą Poveikio aplinkai įvertinimo (PAV) dokumentaciją bei užtikrinant ten numatomų priemonių įgyvendinimą (planuojant konkrečią aikštelės įrengimo vietą išsaugoti svarbiausias retų ir saugotinių rūšių augavietes, lizdavietes ir pan.).

Skalūninių dujų gavybos darbų poveikis gyvajai gamtai numatomas žymiai didesnis dėl labiau išaugančių technogeninių apkrovų aplinkai. Šiuo atveju nepakanka

įvertinti atskirų aikštelių poveikį aplinkai, reikalingas ir visos verslovės teritorijos vertinimas. Taip pat svarbu, kad būtų apimti visi gamybinės veiklos etapai: nuo žvalgybos ir gavybos iki gavybos nutraukimo (statinių, aikštelių panaikinimo ir dirvos rekultivacijos). Būtina numatyti kompensacines priemones gamtai tais atvejais, kai nepageidautino poveikio neįmanoma išvengti. Galimos grėsmės gyvajai gamtai vertintinos: susijusios su galima oro tarša – minimalios; susijusios su vandens tarša – kaip vidutinės avarių atveju; su dirvožemio mechaninių savybių pakitimu bei tarša – kaip vidutinės; su triukšmo tarša – kaip lokalios vidutinės.

Apibendrinimas

- Įstatyminė bazė gyvajai gamtai apsaugoti yra pakankama.
- Darbo kultūra ir tinkamas PAV dokumentacijos bei joje numatytų priemonių įgyvendinimas yra svarbiausi, kad būtų užtikrinta gyvosios gamtos apsauga atliekant skalūninių dujų paieškos, žvalgybos ir galimos gavybos darbus.

3.2. Veiklos galimas poveikis dirvožemiui, žemėnaudai, kraštovaizdžiui

Dirvožemiai. Bendrieji duomenys

Dirvožemis – derlingas daugiakomponentis sluoksnis dūlėjimo plutos paviršiuje, susidaręs dėl vietinio klimato, augalijos, gyvūnijos, dirvodarinių uolienų, reljefo ir krašto amžiaus sąveikos. Esminė dirvožemio savybė – jo derlingumas, kurį suprantame kaip gebėjimą aprūpinti augalus maisto elementais, drėgme, o jų šaknų sistemą – užtenkamu šilumos ir oro kiekiu visame jų sklaidos gylyje. Nūdienės dirvotyros požiūriu dirvožemio derlingumas turi tenkinti dar du reikalavimus augalams augti: reikiamą apimtį ir švarią aplinką.

Būdamas ir vystydamasis litosferos, atmosferos ir hidrosferos sąveikoje dirvožemis yra specifinis Žemės geosferų sistemoje ir sudaro išskirtinę geosferą – pedosferą (gr. *pedon* – dirvožemis) arba Žemės dirvožemio dangą, apimančią paviršinių sluoksnį, kuriame vyksta dirvodara – medžiagų ir energijos kitimo bei judėjimo reiškinių visuma, vykstanti dirvodarinėje uolienoje ir pačiame susidaranciam ar besivystančiam dirvožemyje.

Dirvožemis – gamtos kūnas, turintis visus tris erdvinius išmatavimus: padėtį erdvėje, turį ir ribas. Viršutinė jo riba sutampa su sausumos paviršiumi ar hidrosferos ir pedosferos sąlyčiu, apatinė – paprastai priimama iki 2 m gylio. Šios trys ribos leidžia gamtoje išskirti elementarius dirvožemio vienetus – pedonus. Tai minimalus dirvožemio dangos plotas, kurį galima išskirti pagal diagnostikos požymius. Lietuvos kalvotų žemių eroduojamųjų dirvožemių pedono plotas neviršija kelių kvadratinų metrų.

Gamtoje dirvožemis yra biogeocenozės – augalų, gyvūnų ir mikroorganizmų bendrijos, esančios apibrėžtame Žemės paviršiaus plote, su jam būdingu mikroklimatu, geologine sandara, reljefu, drėgmės režimu – sudėtinė dalis. Būtina pabrėžti abipusę gyvųjų organizmų ir dirvožemio sąveiką. Dėl gyvųjų organizmų veiklos viršutiniuose besiformuojančio dirvožemio sluoksniuose nuolat kaupiasi organinių medžiagų sintezės ir irimo produktai, besijungiantys su uolienos mineraliniais junginiais.

Dirvožemio reikšmė biosferoje yra labai didelė ir įvairiapusė. Pirmą – dirvožemis sudaro sąlygas gyvybei vystytis Žemėje, aprūpina lauko ir miško augalus vandeniu bei maisto medžiagomis, o augalai – gyvulius ir paukščius pašaru, žmogų maistu. Dirvožemis yra gyvybės produktas ir kartu jos evoliucijos sąlyga. Antra – dirvožemis užtikrina didžiosios geologinės ir mažosios biologinės medžiagų apykaitą sąveiką. Gyviems organizmams veikiant viršutiniuose dirvožemio sluoksniuose susidarę nauji tirpūs produktai įvairių druskų forma, iš dalies kritulių vandens, gali būti išplauti į upes, kuriomis jie patenka į didžiąją geologinę medžiagų apykaitą. Trečia – nuo dirvožemio priklauso atmosferos ir hidrosferos cheminė sudėtis. Ketvirta – dirvožemio derlingumas lemia gyvųjų organizmų (ir žmonių) pasiskirstymą, jų tankumą Žemėje. Pagaliau, penkta – akumuliuodamas organinę medžiagą dirvožemis Žemės paviršiuje sukaupia ir tam tikrą laiką išlaiko daug cheminės energijos.

Dėl išskirtinio vaidmens dirvožemis laikomas vienu pagrindinių aplinkos elementų, o dėl derlingumo – pagrindine žemės ir miškų ūkio gamybos priemone, aprūpinančia gyventojus maisto produktais, teikiančia žaliavas pramonei. Kartu jis yra žmogaus darbo objektas. Ilgaamžė žemdirbystės patirtis įrodė, kad išmanant dirvodaros procesus ir dirvožemio savybes, jo derlingumą ir augalų derlių galima išlaikyti norimo lygio. Savo ruožtu, dirvožemio naudojimas – jo apželdinimas mišku ar miško iškirtimas, sausinimas ar drėkinimas, trąšų, kalkių, gipso, įvairių cheminių preparatų barstymas ar purškimas – nė kiek ne mažiau veikia patį dirvožemį. Taip jis tampa ne tik darbu priemone, bet ir darbu produktu.

Dirvožemis – neatskiriama visos aplinkos ir kraštovaizdžio dalis. Kultūriniame kraštovaizdyje jis turi būti racionaliai naudojamas ir kartu su kitais elementais turėti estetinę vertę, teigiamai veikti žmogaus psichiką. Nereikia pamiršti, kad dėl žmogaus veiklos dirvožemio derlingumas gali ne tik didėti, bet ir mažėti: netikusiai ūkininkaujant dirvožemis gali degraduoti arba net būti sunaikintas. Todėl dirvožemininkų, agronomų, miškininkų iš dalies ir kitų biologinės krypties specialistų uždavinys – gerai pažinti dirvožemius ir tinkamai juos naudoti.

Sveiko dirvožemio aiškinimas siejamas su ekosistemos stabilumu, gebėjimu po įvairių stresų grįžti į pirmąją pusiausvyros būklę. Tiesioginis žmogaus įsikišimas supaprastina aplinkos ir dirvožemio ryšius, tada jam gali pritrūkti apsaugos, reikalingos sveikumui palaikyti. Dirvožemiui reikalinga rūpestinga priežiūra. Gyvajame dirvožemyje maitinkime dirvožemį ir leiskime dirvožemiui maitinti augalą.

Sąvokos „dirvožemis“ ir „žemė“ (graik. *pedon* ir *chton*, lot. *solum* ir *terra*, angl. – *soil* ir *land*, pranc. *sol* ir *terrain*, vok. *Boden* ir *Land*, isp. *suelo* ir *tierra*) nėra sinonimai. Dirvožemis – gamtinė istorinė sąvoka, skirta gamtos kūnui pažymėti. Žemė – sudėtinga gamtinė istorinė, sykiu ir socialinė ekonominė sąvoka, skirta gamtos ištekliams su dirvožemiu ir geografine aplinka nusakyti.

Klausimas, kaip nepažeisti gamtos darnos, nesumažinti jos galios ir nesukelti pavojaus žmogaus sveikatai – šiandien bene aktualiausia dirvožemio ir ekologijos mokslų problema. Potencialios dirvožemio kaip įvairių antropogeninių apkrovų neutralizuotojo galimybės nėra neišsenkamos. Neišvengiamai ateina momentas, kuomet dirvožemis nebepajėgia priešintis išaugusioms fizinėms, cheminėms ar biologinėms apkrovoms ir tampa vienaip ar kitaip pažeistas, degradavęs. Tuomet įvyksta dirvožemio tarša – įvairios kilmės kenksmingų medžiagų kaupimasis ir buvimas dirvožemyje, kuris tampa pavojingas augalams ir gyviems organizmams. Kai dirvožemio taršos lygis viršija didžiausių leistinų koncentracijų (DLK) reikšmes, jis tampa užterštas.

Todėl yra būtina dirvožemio stebėseną (monitoringas) – svarbiausia biosferos stebėsenos dalis. Augalijos pakenkimai greitai pastebimi, o dirvožemio reakcija į taršą gali būti atskleista tik ilgalaikiais sistemingais jo cheminės sudėties, pH, karbonatingumo, bazingumo, biologinio aktyvumo ir kitų savybių stebėjimais. Stebimų teritorijų miško dirvožemio regioninė stebėseną vykdoma nuo 1992 m., o žemės ūkio naudmenų dirvožemio stebėseną – nuo 1993 m. Jos rezultatai atskleidžia ekologijos požiūriu pavojingas vietas. Koncentruotoji dirvožemio tarša, galinti atsirasti šalia vietinio taršos šaltinio – skalūninių dujų žvalgybos ar gavybos gręžinių aikštelių ir šalia užterštų atliekų laikymo bei transportavimo į specialias valymo aikštes vietų. Dirvožemio saugos požiūriu, tokios taršos atveju atsiradusių nuostolių kaina labai priklausys nuo dirvožemio dangos ir jos vertės įvairiose dirbamos bei miško žemės naudmenose.

Vakarų Lietuvos dirvožemių zonos charakteristika

Skalūninių dujų žvalgybos ar gavybos projektuose turi būti numatytas dirvožemio derlingumo atstatymas ar pažeistos jo dangos rekultyvavimas visais šių darbų etapais. Pagal 2001 m. Lietuvos dirvožemio dangos struktūrą^[1] Šilutės–Tauragės skalūninių dujų paieškos ploto didžioji dalis yra pietvakariniame Vakarų Lietuvos dirvožemių zonos pakraštyje. Parenkant skalūnų dujų žvalgybos ar gavybos aikštes būtina atsižvelgti į dirvožemio dangą ir jį saugoti. Dirvodarai čia turi įtakos Baltijos jūra, kritulių gausa, ilgesnis lietingas ruduo, švelnesnė žiema, vėsesnis pavasaris ir vasara. Tokios klimato sąlygos skatina dirvožemio išplovimo ir jaurėjimo procesus. Paplitę dirvodarinės uolienos – mažiau karbonatingi smėlingi lengvi ir vidutiniai priemoliai, esama fluvio-glacialinių ir aliuvinių smėlių. Dirvožemiuose humuso yra 0,5–1,0 proc. daugiau negu Baltijos aukštumose, bet jame yra daugiau nesuirusių

organinių liekanų. Todėl tas didesnis humuso kiekis neturi ryškesnės reikšmės dirvožemio našumui.

Smulkesnis dirvožemio dangos struktūros vienetas – Vakarų Žemaičių lygumos ir Vakarų Žemaičių plynaukštės priesmėlių ir smėlingų priemolių glėjiškųjų balkšvažemių rajonas. Jau minėtos klimato sąlygos lemia rūgštų jų pH, nedidelį pasotinimą bazėmis. Palyginti lygus ar mažo nuolydžio reljefas lemia, kad dauguma dirvožemių yra sekliai įmirkę ir glėjiškumas yra visame profilyje. Dauguma jų yra nusausinti dreناžu, juos reikia sistemingai kalkinti. Šio rajono dirbamų dirvožemių balai yra 38–43, didesni už Lietuvos vidutinį dirvožemio balą. Miškininkai tokį balkšvažemį skiria laikinai perteklingo drėgnumo, derlingai, sunkios granulimetrinės sudėties miško augavietei (Lcs). Jos vidutinis miško žemės įvertinimo balas – 66; gerai tinka auginti ąžuolus (75 balai), pušis (66 balai), egles (59 balai).

Dešiniajame Nemuno krante Šilutės–Tauragės skalūninių dujų paieškos plotas ribojasi su Vidurio Lietuvos žemumos dirvožemių zonos Smalininkų smėlžemių ir jaurazemių rajonu. Šie dirvožemiai susidarė senųjų deltų smėliuose. Smėlio klotas dažniausiai nėra storas ir slūgso ant mažiau drėgmei laidžių priemolių ar net molių, todėl didesnė dirvožemių dalis turi įmirkimo požymių. Daugiausia paplitusios glėjiškųjų jaurazemių kombinacijos su smėlžemiais ar atvirkščiai. Šiame rajone žemės ūkiui naudojamų dirvožemių balai yra 27–30, jie žymiai mažesni už balkšvažemių vertę. Tai tipingi miško paskirties dirvožemiai. Dirvožemis nekarbonatingas, jame vyrauja smėlio frakcija, viršutinis mineralinis AE horizontas labai rūgštus, praktiškai nebazingas, negausu augalams maisto elementų, nors ir labai humusingas. Jo humuse vyrauja fulvorūgštys ir jų druskos fulvatai. Dirvožemis visai netinkamas žemės ūkio augalams. Miškininkai tokį jaurazemį skiria pastoviai perteklingo drėgnumo, nederlingai, lengvos granulimetrinės sudėties miško augavietei (Ubl). Jos vidutinis miško žemės įvertinimo balas – 41; tinka auginti pušis (41 balas), egles (34 balai).

Apibendrinant galima teigti, kad Šilutės–Tauragės skalūninių dujų paieškos plote vyraujantys balšvažemiai ir jaurazemiai, turintys negilaus gruntinio vandens (apie 2 m) įmirkimo požymių, yra labai jautrūs bet kokiai paviršinei cheminei taršai.

Žemėnauda

Jau buvo minėta, kad žemės sąvoka yra platesnė nei dirvožemio. Jos savybės lemia ne tik dirvožemio dangos sudėtis, bet ir dirvožemio komponentų tarpusavio ryšys, reljefas, žemės naudojimo pobūdis ir kiti reiškiniai. Tačiau žemės savybės lemia dirvožemio savybės. Atsižvelgiant į jas susiformuoja žemės naudojimo pobūdis (žemės ūkio paskirties žemės, miškų fondo, pelkių, nenaudojamo, iškasenų ir kitos žemės) bei žemės naudmenos (ariamoji, pievos, ganyklos, sodai ir kt.).

Šilutės–Tauragės skalūninių dujų paieškos plote esančių Tauragės, Šilutės ir Jurbarko administracinių rajonų žemės naudmenos pateiktos 1 lentelėje. Visuose trijuose rajonuose didžiąją dalį žemėnaudos užima žemės ūkio naudmenos – 50,2–

54,7 proc., Jurbarko ir Tauragės rajonuose miškai užima 35,1–38,3 proc., o Šilutės rajone – 18,8 proc. žemės. Parenkant vietas geologiniams gręžiniams skalūninių dujų paieškai būtina atkreipti dėmesį, kad visų trijų rajonų žemėnaudoje yra 3,6–6,1 proc. „kitos paskirties“, arba neapibrėžtos paskirties, žemės.

Sugrupavus savo savybėmis panašias dirvožemių kombinacijas, Lietuvoje yra išskirti 23 žemės tipai. Šilutės–Tauragės skalūninių dujų paieškos plote vyrauja du žemės tipai: mažai banguotų ar banguotų lygumų pošlapės pajaurėjusios lengvų ir vidutinio sunkumo priemolių sunkios bei mažai ir vidutiniškai banguotų lygumų pošlapės smėlių žemės.

Mažai banguotų ar banguotų lygumų pošlapės pajaurėjusios lengvų ir vidutinio sunkumo priemolių sunkios žemės yra užėmusios banguotas morenines lygumas. Dirvodarinės uolienos – dažniausiai moreniniai lengvi ar vidutinio sunkumo priemoliai, jų karbonatingumas nedidelis ir siekia 10–15 proc. Šiose žemėse vyrauja glėjiškieji balkšvažemiai (*Gleyi Albeluvisols*), žemesnėse vietose – šlynžemiai (*Gleysols*), žemiausiose – durpžemiai (*Histosols*). Šių žemių kokybė vidutiniška arba gera, žemės ūkio naudmenos vertinamos 40–45 balais. Dauguma įmirkusių dirvožemių yra nusausinti drenažu, todėl viena pagrindinių žemių naudojimo sąlygų – drenažo sistemų išsaugojimas, priežiūra ir rekonstrukcija. Rūgštūs dirvožemiai kalkinami. Šių žemės gerinimo priemonių kaina yra labai didelė, todėl būtinas jų išsaugojimas.

Mažai ir vidutiniškai banguotų lygumų pošlapės smėlių žemės yra padengtos plonu fluvioglacialinių nuosėdų sluoksniu. Šilutės rajone dalis šių žemių yra Nemuno deltinėje lygumoje, jų dirvodarinės uolienos – aliuvinės kilmės smėliai. Šiose žemėse vyrauja glėjiškieji jaurazemiai (*Gleyi Podzols*) ir jų kombinacijos su smėlžemiais (*Arenosols*), balkšvažemiais (*Albeluvisols*), durpžemiais (*Histosols*), šlynžemiais (*Gleysols*). Žemės ūkio požiūriu šių žemių kokybė yra prasta, jos įvertintos tik 15–20 balų, nusausintos 30–35 balai. Jų dirvožemiai menkai humusingi (apie 2 proc.), yra rūgštūs, todėl kalkinami. Ateityje šios žemės agroūkyje vargu ar bus intensyviau ir plačiau naudojamos. Ten, kur blogesnės teritorinės, geografinės sąlygos, žemės ūkio naudmenos būtų tikslinga transformuoti į miškus. Parinkdami vietas gręžiniams, skalūninių dujų ieškotojai turėtų orientuotis į šias žemes.

Kraštovaizdis

Lietuvos Respublikos kraštovaizdžio politikos kryptį 2004 m. apraše kraštovaizdis apibūdinamas kaip žemės paviršiaus gamtinių (paviršinių uolienu ir reljefo, pažemio oro, paviršinių ir gruntinių vandenų, dirvožemio, gyvųjų organizmų) ir/ar antropogeninių (archeologinių liekanų, statinių, inžinerinių įrenginių, žemės naudmenų ir informacinio lauko) komponentų, susijusių medžiagiais, energiniais ir informaciniais ryšiais, teritorinis junginys.

Nuo 1805 m., kada vokiečių mokslininkas A. Hommeieris į mokslinę literatūrą įvedė „kraštovaizdžio“ (vok. *Landschaft*) terminą, jo, kaip gamtos ir žmonių tarpu-

1 lentelė. Žemės naudmenos (proc.) Šilutės–Tauragės skalūninių dujų paieškos plote

Rajonas	Plotas, km ²	Žemėnauda				
		ž. ū. naudmenos	miškai	vandenys	užstatyta teritorija ir keliai	kita žemė
Tauragės	1179	50,2	38,3	2,0	4,2	5,3
Šilutės	1706	54,7	18,8	16,4	4,0	6,1
Jurbarko	1507	53,9	35,1	3,0	4,4	3,6

savio veiklos rezultato, samprata Lietuvoje buvo analizuojama daugeliu požiūrių. A. Basalykas 1965 m. matė kraštovaizdį, kaip gamtinę-sociogeninę geosistemą, apimančią gamtos ir žmogaus sukurtų objektų visumą^[4]. G. Pauliukevičius ir J. Kenstavičius 1995 m. įvertino kraštovaizdį aplinkosaugos požiūriu, kaip sistemą su erdviniais ryšiais, atmintimi ir vidiniu autoreguliaciniu mechanizmu, apsaugančiu nuo staigių sistemos pokyčių, kuriuos sukuria išorinis poveikis. M. Jankauskaitė apibūdina kraštovaizdį, kaip ypatingą materialinių gamtinių (litosferos, hidrosferos, troposferos, biosferos) ir antropogeninių (technosfera) komponentų medžiaginės, energetinės, informacinės sąveikos ryšių išraišką erdvėje ir laike^[5].

Kraštovaizdis yra bendriausia geografinė sąvoka. Jį sudaro landšaftai (kraštovaizdžio skirtingų savybių teritoriniai vienetai), žemėvaizdžiai (landšaftų skirtingo medžiaginio pamato plotai) ir vietovaizdžiai (žemėvaizdžių smulkesni vienetai lokaliu lygiu). Pagal klasika tapusį A. Basalyko^[4] fizinį geografinį Lietuvos rajonavimą, Šilutės–Tauragės skalūninių dujų paieškos plotas apima dalį Vakarų Žemaičių lygumos, Vakarų Žemaičių plynaukštės ir Nemuno žemupio lygumos.

Iš Vakarų Žemaičių lygumos čia yra Grobstų–Katyčių ir Saugų–Juknaičių mikrorajonai. Pirmasis apima nuolaidžią moreninę lygumą, tarp 20 ir 40 m virš jūros lygio, paveiktą aukštesnio priededyninio ežero. Šiam ištekęs, aplygintas paviršius buvo išraižytas Minijos intakų. Paplitęs negiliai slėniuotosios priemolingosios lygumos vietovaizdis, besikaitaliojantis su priesmėlingos lygumos vietovaizdžiu, apaugusiu eglynais ir pušynais. Saugų–Juknaičių mikrorajone paplitęs smėlingas vietovaizdis. Smėliai, dengiantys moreninę lygumą, gerai išlaiko drėgmę, todėl vietovaizdis tankiai gyvenamas ir intensyviai su kultūrintas.

Iš Vakarų Žemaičių plynaukštės šiame plote yra Veiviržėnų–Vainuto, Sartinių ir Vilkyškių–Pagėgių mikrorajonai. Veiviržėnų–Vainuto pietinėje dalyje būdingu laikomas negiliai slėniuotosios priemolingosios lygumos vietovaizdis, ištiesai užimtas įvairių žemės ūkio naudmenų. Sartinių mikrorajonui būdingas smulkiai ir lėkštai kalvotasis daubotasis ir įlomėtasis priemolingasis vietovaizdis. Aukščiau – žemės ūkio naudmenys, o daubose ir duburiuose – žemapelkės pievos. Vilkyškių–Pagėgių mikrorajone būdingiausiai laikomas smulkiai ir apystačiai kalvotasis priesmėlingasis vietovaizdis, apimantis moreninį kalvagūbrį, kurio žemesnės vietos apklotos smėliais.

Šalia – stambiai ir lėkštai kalvotosios priesmėlingosios pašlapusios lygumos vietovaizdis, užimtas žemės ūkio naudmenų.

Iš Nemuno žemupio lygumos dešiniajame Nemuno krante šis plotas iš dalies dengia penkis mikrorajonus: Žygaičių, Jūros žemupio slėnio, Tauragės–Gaurės, Eržvilko–Stakių bei Smalininkų. Žygaičių mikrorajone vyrauja nenuotakios priemolingos lygumos vietovaizdis, kurį pajvairina Jūros intakų slėniuotasis vietovaizdis. Jo plotas gerai drenuojamas, ištisai dirbamas ir tankiai gyvenamas – visai nėra miškų. Jūros žemupio slėnyje vyrauja salpinis-terasinis vietovaizdis: salpoje driekiasi apsemiamos lankos, terasa užimta laukų, o sausesnėse vietose – šilai. Tauragės–Gaurės mikrorajono vietovaizdį sudaro plokščios molingos, žvyringos ar smėlingos lygumos, tankiai išvagotos negilių salpinių slėniukų. Abipus Tauragės–Skaidvilės plento plyti miškingos, smėlingos lygumos vietovaizdis. Eržvilko–Stakių mikrorajonui būdingas plokščios smėlingos lygumos, išvagotos salpinių slėniukų, vietovaizdis. Atskirai išskirtinas Nemuno paslėnio erozinis vietovaizdis, turintis didelę miško augaviečių įvairovę. Smalininkų mikrorajonas apima senovinę Nemuno smėlingą deltą žemiausiame (30–40 m) reljefo lygyje. Takoskyrose gruntinis vanduo išeina į paviršių ir sukelia pelkėjimą.

Pasak J. Miliaus, 2001 m. duomenis, dėl aptartų gamtinių ir antropogeninių veiksnių sąveikos, svarbiausių kraštovaizdžio komponentų – žemės ūkio naudmenų ir miško plotų – kaitos, kiekybinis rezultatas ekologijos požiūriu yra prieštaringas: žemės ūkio naudmenų plotai sumažėjo, miškingumas padidėjo, o kraštovaizdis yra nuplikintas ir pažeistas jo ekologinis stabilumas. Todėl Šilutės–Tauragės skalūninių dujų paieškos plote yra įsteigta nemažai saugomų teritorijų: Jurbarko rajone – Viešvilės gamtinis rezervatas, Panemunių regioninis parkas, 9 valstybiniai draustiniai; Tauragės rajone – Kaskalnio geomorfologinis draustinis, dalis Viešvilės valstybinio gamtinio rezervato ir Jūros ichtiologinio draustinio; Šilutės rajone – Veiviržo kraštovaizdžio draustinis, Vainuto miškų biosferos poligonas, Svencelės technologinis draustinis ir kitos saugomos teritorijos.

Dėl skalūninių dujų paieškos Šilutės–Tauragės plote sustiprės antropogeninis poveikis kraštovaizdžiui. Vertėtų vykdyti Geologijos ir geografijos instituto paskelbtas rekomendacijas^[5] dėl kraštovaizdžio struktūros pokyčių probleminiuose arealuose vertinimo vietinių lygmeniu ir dujų paieškos plote daryti daugiametę kraštovaizdžio stebėseną.

Apibendrinimas

Skalūninių dujų paieškos Šilutės–Tauragės ploto skiriamieji požymiai:

- vyraujantys dirvožemiai – glėjiškieji balkšvažemiai (*Gleyi Albeluvisols*) ir glėjiškieji jaurvažemiai (*Gleyi Podzols*);
- dirvožemio dangos ypatybė – laikinas įmirkimas dėl negilaus (apie 2 m) grunto vandens; jie yra labai jautrūs bet kokiai paviršinei ar negiliai taršai, ypač cheminei;

- vyrauja mažai banguotų ar banguotų lygumų pošlapės pajaurėjusios lengvų ir vidutinio sunkumo priemolių sunkios žemės (žemės ūkio naudmenų vertė yra vidutinė arba gera – 40–45 balai) ir mažai ar vidutiniškai banguotų lygumų pošlapės smėlių žemės (nedrenuotų žemės ūkio naudmenų kokybė prasta – 15–20 balų, drenuotų – 30–35 balai; vidutinis spygliuočių medynų miško žemės balas – 70);
- visuose trijuose rajonuose didžiąją dalį žemėnaudos užima žemės ūkio naudmenos – 50,2–54,7 proc., miškai užima Jurbarko ir Tauragės rajonuose 35,1–38,3 proc., o Šilutės rajone – 18,8 proc. visos žemės;
- visų trijų rajonų žemėnaudoje yra 3,6–6,1 proc. „kitos paskirties“ arba neapibrėžtos paskirties žemės;
- dėl gamtinių ir antropologinių veiksnių sąveikos, svarbiausių kraštovaizdžio komponentų – žemės ūkio naudmenų ir miško plotų – kaitos, kraštovaizdis yra nuplinkintas ir jo ekologinis stabilumas pažeistas.

Prenkant vietą geologiniams gręžiniams ir vykdant skalūninių dujų paieškos darbus būtina taikyti:

- žemėnaudos duomenis apie tai, kad visuose trijuose rajonuose yra 3,6–6,1 proc. „kitos paskirties“ arba neapibrėžtos paskirties, žemės, kuri užima 15 proc. viso licencijuojamo ploto;
- nuolatinę dirvožemio savybių ir jo ekologinio būvio stebėseną;
- nuolatinę kraštovaizdžio struktūros pokyčių stebėseną;
- dirvožemio derlingumo atstatymą ir žemės dangos rekultivavimą, iškilus būtinybei.
- remtis Lietuvos Respublikos aplinkos ministro ir žemės ūkio ministro įsakymu „Dėl biologinės įvairovės išsaugojimo strategijos ir veiksmų plano patvirtinimo“, 1998 m. sausio 21 d., Nr. 9/27;
- Lietuvos Respublikos aplinkos ministro įsakymu „Dėl Lietuvos miškų ūkio politikos ir jos įgyvendinimo strategijos patvirtinimo“, 2002 m. rugsėjo 11 d., Nr. 484.

Literatūra

- [1] *Lietuvos dirvožemiai*. Monografija. Sudarytojos M. Eidukevičienė ir V. Vasiliauskienė. *Lietuvos mokslas*, 32 knyga, 2001, 1238 p.
- [2] *Lietuvos žemės našumas*. Sudarytojas J. Mažvila. Akademija, 2011, 279 p.
- [3] Mažvila, J., Vaičys, M., Buivydaitė, V. *Lietuvos dirvožemių makromorfologinė diagnostika*. Monografija. Sudarytojas J. Mažvila, Kaunas, 2006, 283 p.
- [4] Basalykas, A. *Lietuvos fizinė geografija*, t. 2. Vilnius, 1965, 496 p.
- [5] Kraštovaizdžio struktūros pokyčių probleminiuose arealuose vertinimas vietinių lygmeniu. Vilnius, 2008, 35 p. [Rankraštis].

3.3. Veiklos galimas poveikis paviršiniams vandenims

Pateikta analizė parengta remiantis Europos Parlamento Vidaus politikos generalinio direktorato dokumentu „Skalūninių dujų ir skalūnų naftos gavybos poveikis aplinkai ir žmonių sveikatai“ (2011 m.)^[1] ir išsamia specializuota internetine svetaine, kurią kuruoja JAV Paviršinio vandens apsaugos taryba (*Ground Water Protection Council*) ir JAV Tarpvalstijinė naftos ir dujų komisija (*Interstate Oil and Gas Compact Commission*)^[2].

Pagrindiniai galimo paviršinių vandenų taršos šaltiniai yra:

- Hidrauliniam ardymui naudojamame skystyje esančios cheminės medžiagos (skysčiui paruošti naudojamos cheminės medžiagos).
- Kenksmingos medžiagos, esančios grįžtamajame skystyje (patekusios į grįžtantį skystį iš giluminių sluoksnių).

Paviršiniai vandenys iš šių taršos šaltinių užteršiami:

- Dėl avarijų, skysčio išsiliejimo iš atliekų saugyklų ar rezervuarų, dėl netinkamai užcementuotų gręžinių. Minėtame dokumente^[1] pateikta informacija apie daugybinės avarijas, kai aplinka yra užteršiama nepaisant gana stiprios kontrolės.
- Skysčių išsiliejimas per geologinius darinius (natūralių ar dirbtinių įtrūkimų).

Šį procesą yra sunku numatyti ir vargu ar galima kontroliuoti, todėl kyla realus pavojus nekontroliuojamai užteršti paviršinius vandenis.

Skalūninių dujų gavyboje hidrauliniam ardymui naudojamam skysčiui paruošti suvartojamas didžiulis vandens kiekis. Vienam gręžiniui sunaudojama 13 000–45 000 m³ vandens. Be to, per gręžinio naudojimo laikotarpį kartais atliekamas papildomas hidraulinis ardymas, kuriam sunaudojama dar daugiau vandens. Vienam gręžiniui gali būti atliekama net iki 10 papildomų hidraulinio ardymų. Turimais duomenimis, 20–50 proc. ardymo skysčio (kitais duomenimis – 9–35 proc.) grįžta į paviršių. Grįžtantis ardymo skystis kaupiamas atviruose rezervuaruose. Dalis šio skysčio perdirbama ir naudojama kitiems gręžiniams.

Tiksli ardymo skysčio sudėtis nėra skelbiama, todėl yra žinoma tik apytikriai. Be to, skysčio sudėtis parenkama ar koreguojama atsižvelgiant į konkrečias vietas ypatybes. Yra teigiama, kad tikslesnė sudėtis nėra skelbiama dėl komercinių priežasčių. Tačiau, nepaisant įvairių galimų variantų, skysčio sudėtis ir jo pavojingumas gali būti įvertinti pagal bendruosius žinomus duomenis. Yra žinoma, kad pagrindinę ardymo skysčio dalį (98 proc.) sudaro vanduo ir smėlis, o likusius 2 proc. – cheminės medžiagos, galinčios pasižymėti toksiškomis, alergeninėmis, mutageninėmis ir kancerogeninėmis savybėmis. Žemiau pateikiamas kai kurių žinomai naudojamų cheminių medžiagų apytikris sąrašas ir charakteristikos. Kiekvienu konkrečiu atveju

ardymo skysčiui paruošti gali būti naudojami skirtingi šių medžiagų deriniai bei skirtingi jų kiekiai (proporcijos).

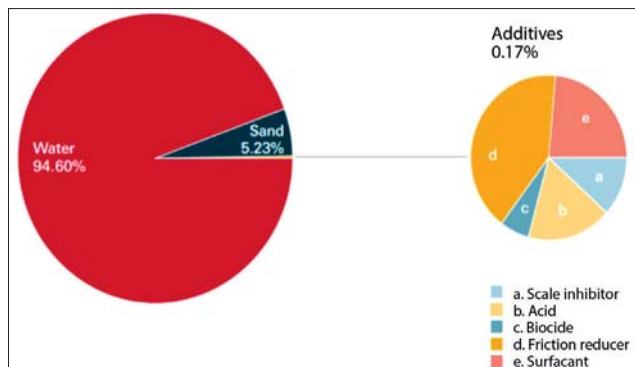
Daugelis šių cheminių medžiagų pasižymi toksiškomis ir kitomis pavojingomis savybėmis. Cheminės ir toksinės šių medžiagų savybės yra detaliai pateiktos JAV Aplinkos apsaugos agentūros^[3] bei JAV Darbo departamento^[4] tinklalapiuose.

Grįžtamame skystyje, be minėtų, gali būti ir kitų toksiškų medžiagų, atkeliavusių iš giluminių sluoksnių. Tarp jų gali būti toksiškų metalų jonų – gyvsidabrio, švino, arseno. Kitos toksiškos medžiagos gali susidaryti dėl sudėtingų biogeocheminių reakcijų su ardymo skystyje esančiomis medžiagomis. Be to, iš giluminių sluoksnių grįžtančiame skystyje gali būti radioaktyvių elementų, pvz., urano. Ypač dažnas yra radioaktyvus radonas, kurio skilimo produktai taip pat yra radioaktyvūs ir gali plėvelės pavidaļu kartu su kitomis medžiagomis nusėsti ant vamzdžių, siurblių ir kitos įrangos vidinių sienelių, taip pat patekti į paviršinius vandenis. Konkrečių šios grupės toksiškų medžiagų buvimas ir jų koncentracija daugiausia priklauso nuo konkrečios gavybos teritorijos ypatumų.

Dar vienas vandens taršos aspektas yra vietovės uždruskinimas. Jo intensyvumas priklauso nuo gavybos masto ir nuo to rajono gamtinių sąlygų – kritulių kiekio ir pan.

Nemažą pavojų gali kelti paviršiniame vandenyje ištirpusios metano dujos. Yra patikimai įrodyta, kad gavybos rajonuose būna padidėjusi ištirpusio metano koncentracija. Izotopiniu metodu įrodyta, kad metanas yra termogeninės kilmės. Vietovėje, kurioje foninė metano koncentracija sudaro 1,1 mg/l, dėl skalūninių dujų gavybos vidutinė metano koncentracija vandens gręžiniuose užfiksuota pakilus iki 19,2 mg/l, o maksimaliai siekė net 64 mg/l. Pastaroji koncentracija yra pavojinga sprogimo ar gaisro požiūriu. Patikimai dokumentuotas gyvenamojo namo sprogimo atvejis, sukeltas susikaupusio metano aktyvaus dujų išgavimo rajone.

Daugeliu tyrimų yra konstatuota, kad dažniausiai paviršinis vanduo užteršiamas dėl avarijų, darbų technologijos nesilaikymo, pasenusios nusidėvėjusios įrangos ir



1 pav. Ardymo mišinio sudėtis; hidrauliniame plyšiui sukurti į gręžinį injektuojamas vandens ir smėlio mišinys (98–99,9 proc.); cheminių medžiagų priedai sudaro 0,1–2 proc.

1 lentelė. Hidraulinio ardymo skysčiui naudojamos cheminės medžiagos

Paskirtis	Cheminė medžiaga	Funkcija
Trinties mažinimas	Poliakrilamidas	Mažina ardymo skysčio trintį (daro skystį „slidesnį“)
	Naftos distiliatas (angliavandenilių mišinys)	Palaiko poliakrilamidą tirpale
	Metanolis	Stabilizuoja produktą ir didina atsparumą šalčiui
	Etilenglikolis	
Tirštinimas	Guaro derva	Tirština tirpalą ir palaiko smėlio suspensiją
	Polisacharidų mišinys	
	Naftos distiliatas (angliavandenilių mišinys)	Palaiko guaro dervą tirpale
	Metanolis	Stabilizuoja produktą ir didina atsparumą šalčiui
	Etilenglikolis	
Tinklinimas (klampumui reguliuoti)	Trietanolamino cirkonatas	Palaiko skysčio klampumą aukštesnėje temperatūroje
	Cirkonio kompleksas	
	Kalio metaboratas	
	Natrio tetraboratas (boraksas)	
	Borato druskos	
	Boro rūgštis	Tirpiklis borato ar cirkonato tinklinimo agentui
	Naftos distiliatas (angliavandenilių mišinys)	
	Metanolis	
	Etilenglikolis	
Paviršinio aktyvumo reguliavimas	Laurilsulfatas	Naudojamas skysčio klampumui reguliuoti
	Metanolis	Stabilizuoja produktą ir didina atsparumą šalčiui
	Etanolis	
	Izopropanolis	
	2-Butoksietanolis	
Emulsijos susidarymo prevencija	Naftalenas	Tirpiklis paviršinio aktyvumo medžiagoms
	Laurilsulfatas	Slopina emulsijos susidarymą ardymo skystyje
	Izopropanolis	Stabilizuoja produktą ir didina atsparumą šalčiui
Rūgštingumo (pH) reguliavimas	Etilenglikolis	
	Natrio hidroksidas (natrio šarmas)	Reguliuoja tirpalo rūgštingumą ir palaiko kitų komponentų aktyvumą
	Kalio hidroksidas (kalio šarmas)	
	Natrio karbonatas (soda)	
	Kalio karbonatas (potašas)	
	Acto rūgštis	
Nuosėdų susidarymo prevencija	Druskos rūgštis	Mažina nuosėdų susidarymą vamzdžiuose
	Akralamido ir natrio akrilato kopolimeras	
	Natrio polikarboksilatas	
	Fosfonio rūgšties druskos	

1 lentelė. Hidraulinio ardymo skysčiui naudojamos cheminės medžiagos (tęsinys)

Paskirtis	Cheminė medžiaga	Funkcija
Metalų oksidų nusėdimo prevencija	Acto rūgštis	Mažina metalų oksidų susidarymą ir nusėdimą
	Citrinų rūgštis	
	Tioglikolio rūgštis	
Vamzdžių korozijos mažinimas	Skrudžių rūgštis	Mažina metalinių vamzdžių koroziją
	Acetaldehidais	
	Metanolis	Stabilizuoja produktą ir didina atsparumą šalčiui
	Izopropanolis	
Molio stabilizavimas	Cholino chloridas	Mažina molio brinkimą ir judrumą
	Tetrametilamonio chloridas	
	Natrio chloridas	
Rūgštinis ardymo inicijavimas	Druskos rūgštis	Padedą ardyti mineralus ir inicijuoti įtrūkių uolienoje
Biocidinis veikimas	Glutaro aldehidais	Naikina vandenyje bakterijas, skatinančias koroziją
	Ketvirtinio amonio druskos	
	Fosfonio druskos	
Sutirštinto skysčio ardymas	Amonio persulfatas	Ardo (skystina) panaudotą sutirštintą skystį
	Magnio oksidas	
	Magnio peroksidas	
	Natrio chloridas	Stabilizuoja produktą
	Kalcio chloridas	

panašių priešasčių. Todėl dažnai yra pabrėžiama stiprios ir nuolatinės kontrolės svarba dujų gavybos metu. Kita vertus, skysčių išsiliejimas per plyšius ir panašius geologinius darinius kelia didelį pavojų, ypač dėl šio reiškinių neprognozuojamumo. Todėl, pvz., Jungtinės Karalystės aplinkosaugos agentūra rekomenduoja netaikyti hidraulinio ardymo technologijos ten, kur esama naudojamų ar galimų naudoti požeminio vandens telkinių.

Šaltiniai

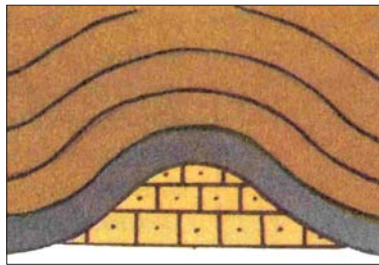
- [1] <http://www.europarl.europa.eu/committees/en/envi/studiesdownload.html?language=Document=LT&file=66729>.
- [2] <http://fracfocus.org>.
- [3] <http://www.epa.gov/chemfact/>.
- [4] <http://www.osha.gov/chemicaldata/>.

3.4. Veiklos galimas poveikis požeminiam vandenims

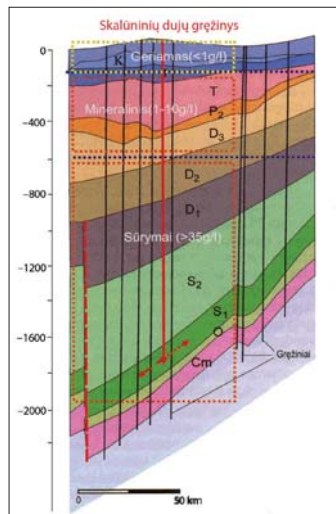
Skalūninė nafta ir dujos – gavybos ypatumai ir grėsmės

Skalūninė nafta ir dujos, kaip ir tradicinė nafta, priskiriamos naudingųjų iškasenų angliavandenilių grupei. Nafta – jūrinių nuosėdų organinių junginių produktas, susidarantis motininėse uolienose termochemiškai skylančios organinės medžiagos. Skilimo laipsnį lemia gylis, temperatūra ir poveikio laikas. Ilgainiui, esant aukštai temperatūrai ir dideliame slėgiui, organinė medžiaga suskyla į naftą, o vėliau – į dujas. Jų galutinė sudedamoji dalis – metanas, turintis vieną anglies ir keturis vandenilio atomus^[7]. Nafta motininis sluoksnis migruoja aukštyn ir susikaupia telkiniuose (gaudyklėse). Kita dalis angliavandenilių – išsklaidytoji skalūninė nafta ir dujos – lieka motininame sluoksnyje (1 pav.).

Lietuvos apatinio silūro išsklaidytieji angliavandeniliai (skalūninė nafta ir dujos) yra surišti su uoliena, kitaip tariant „imobilizuoti“. Tad nors jie genetiškai yra tos pačios kilmės, juos žvalgant ir išgaunant yra esminių skirtumų:



A



B

1 pav. A – naftos telkinio schema: apatinis sluoksnis – plyšiuta ir poringa uoliena, kurioje susikaupusi nafta; virš jos nelaidus sluoksnis, izoliuojantis susikaupusią naftą; aukščiau – mažai laidūs sluoksniai. B – skalūninių dujų rajono geologinis pjūvis, motininis skalūnų naftos ir dujų sluoksnis pažymėtas S_1 indeksu.

Kiti ženklai: punktyrinė linija (kvadratas) – hidrocheminės-hidrodinaminės zonos: viršutinė geriamojo vandens – aktyvios apytakos, vidurinė mineralizuoto vandens – sulėtėjęs apytakos, apatinė sūrymų – lėtos apytakos zona^[5]

- Pirma – nafta susikaupia konkrečias ribas turinčiame telkinyje, o skalūninė nafta ir dujos yra imobilizuotos angliavandenilių motininių uolienų sluoksniuose, paplitusiuose dideliuose plotuose. Tad iškyla telkinio termino samprata, susijusi su imobilizuotų angliavandenilių paplitimu.
- Antra – imobilizuotus angliavandenilius reikia iš uolienos „išlaisvinti“, o tam naudojama sluoksnių vientisumo saugymo technologija, galinti daugiau paveikti aplinką negu eksploatuojant naftą. Svarbi problema norint išgauti imobilizuotus angliavandenilius – tai didelis į sluoksnį įslėgiamo vandens kiekis, naudojamas uolienai suardyti, kad skalūninė nafta ir dujos tekėtų į gręžinį.
- Trečia – naftos telkiniai yra nedideli ir daugiausiai eksploatuojami vertikaliais gręžiniais. Atskirais atvejais, siekiant padidinti gręžinio debitą, įsigręžiama į naftingą sluoksnį horizontaliai, tačiau horizontalioji gręžinio dalis nėra ilga ir gali siekti šimtus metrų. Skalūninė nafta ir dujos iš motininių angliavandenilių sluoksnių išgaunamos iš horizontalių gręžinių, kurių ilgis gali siekti keletą kilometrų, o iš vieno vertikalaus gręžinio galima išgręžti keturias ir daugiau horizontalių gręžinių atšakų. Imobilizuotų angliavandenilių dideliems kiekiams išgauti reikia daug vertikalių gręžinių ir privažiavimo kelių^[7].

Svarbiausi veiksniai ir pasekmės, galinčios sukelti neigiamą poveikį gėlo požeminio vandens būklei netradicinių angliavandenilių žvalgymo ir galimos gavybos metu, būtų šios:

- gruntinio vandens sluoksnių užtarša vandeniu, naudotu didinant molio skalūnų uolienos plyšiuotumą hidraulinio ardymo būdu. Šiuo atveju grąžintas į žemės paviršių uolienoms ardyti panaudotas vanduo neturi patekti už verslovės aikštelės ribų;
- spūdinio (artezinio) vandens užtarša galima dviem atvejais: 1) iš užteršto gruntinio vandeningo sluoksnių filtruojantis vandeniu gilyn į gėlo vandens zoną; 2) skalūnams ardyti naudotam ir galimai chemikalais užterštam vandeniui kylant iš gilumos uolienų tektoniniais lūžiais (jų hidrogeologinis aktyvumas nėra tyrinėtas);
- hidrauliniame ardyme naudoto vandens proveržio tikimybė iš suardyto sluoksnių į gėlo požeminio vandens zoną per galimai nehermetišką ertmę tarp vamzdžio sienelės ir uolienos.

Molio skalūnų ardymas, naudoto vandens utilizavimas

Vakarų Lietuvos teritorija (Šilutės–Tauragės plotas) silūro geologiniu periodu buvo jūriname baseine, kuriame klostėsi karbonatiniai dumblai, turintys įvairių gyvų organizmų liekanų. Vėliau jie virto uolienomis: tamsiai pilku ir juodu argilitu su retais klinties tarpsluoksniais. Po silūro periodo per likusį geologinės raidos lai-

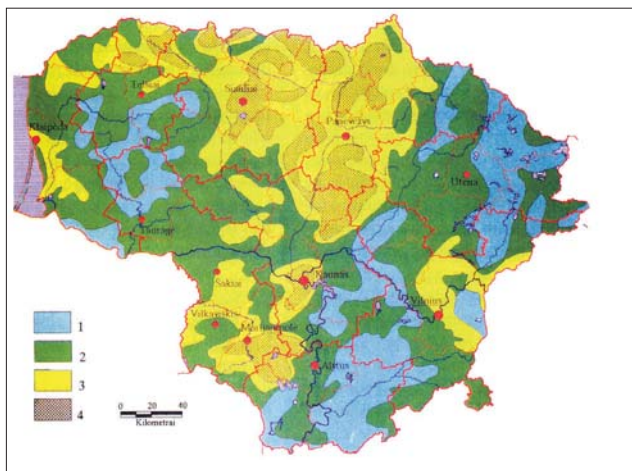
kotarpį sluoksniai grimzdo ir taip susidarė sąlygos generuoti angliavandeniliams. Bendras silūro uolienų storis yra apie 700 m ir tai hidrogeologiniu požiūriu nelaidi vandeniui stromė (regioninė vandenspara). Vėliau, per šimtus milijonų metų, dėl jaunesnių geologinių periodų uolienų geostatinės apkrovos nuosėdos sutankėjo, sedimentacinis vanduo buvo išspauštas iš porų ir plyšių ir migravo požeminės dre-nažo srities link, o kartu su vandeniu galėjo migruoti ir susidariusieji angliavandeniliai. Kietesnių klinties ir dolomito tarp sluoksnių plyšeliuose galėjo sporadiškai likti sedimentacinio (pirminio) paleovandens.

Skalūninių dujų gavybos atveju didesnis pavojus kyla požeminiam, negu paviršiniam vandeniui, nes dujų išgavimo technologija, kaip minėta, yra susijusi su sluoksnio hidrauliniu suardymu. Tam tikslui naudojamas vandens, smėlio ir cheminių medžiagų mišinys. Vienam dujų gavybos gręžiniui sunaudojama apie 15–20, atskirais atvejais – iki 45 tūkst. m³ vandens, 450–680 tonų smėlio ir apie 0,2 proc. nuo bendro tūrio cheminių medžiagų. Siekiant apsaugoti geologinę ir gyvenamąją aplinką naudojamuose mišiniuose neturi būti naudojami kenksmingi chemikalai (toksinės, alergeninės, mutageninės, kancerogeninės medžiagos). Geologinio žvalgy-mo metu naudojamo vandens, smėlio ir chemikalų kiekiai bus žymiai mažesni negu jų gavybos metu, tad ir pavojus aplinkai bus minimalus^[1,7] (išsamiau žr. 3.3 skyrių).

Po skalūnų sluoksnio hidraulinio ardymo dalis vandens lieka uolienų naujai sudarytuose plyšeliuose, kita dalis grįžta į paviršių ir supilama į tam tikslui skirtas talpas. Patekęs į aplinką, toks vanduo gali užteršti dirvožemį (gruntą), požeminį bei paviršinį vandenį. Grįžtančio vandens kiekiai atsižvelgiant į geologines sąlygas gali sudaryti 20–50 proc. nuo išlėgto vandens tūrio. Toliau šis vanduo ir baseinų dugne nusėdusios cheminės medžiagos turi būti nukenksminamos grunto valymo ir/ar vandenvałos įrenginiuose. Naudo-tą vandenį rekomenduojama panaudoti ki-tame uolienų ardymo cikle ir taip sumažinti uolienoms ardyti naudojamo vandens valymo kaštus^[7].

Ekspluatuojant skalūnines dujas gali būti užterštas *gruntinis vanduo*. Tai pirmas nuo žemės paviršiaus vandeningas sluoksnis, neapsaugotas nuo paviršinės taršos, į kurį pro dirvožemį filtruojasi ir kaupiasi lietaus vanduo. Šiame sluoksnyje kaimuose ir miesteliuose įrengiami šachtiniai šuliniai. 1994 m. atlikti šachtinių šulinių vandens hidrocheminiai tyrimai parodė, kad gruntinis vandeningas sluoksnis yra daug kur užterštas^[6]. To reiškinių priežastis – vandeningas sluoksnis neapsaugotas nuo taršos, o sodybose ir individualių namų sklypuose nesilaikyta šulinio vietos parinkimo ir sanitarinės apsaugos zonos apie jį sukūrimo taisyklių. Kitaip tariant – netvarkinga aplinka, blogos kokybės ir gruntinis vanduo (2 pav.).

Žemėlapyje pateikti duomenys rodo, kad Šilutės–Tauragės plote vanduo yra patenkinamos ir blogos kokybės. Tai statistiniai rezultatai, išskirtuose plotuose atspindintys tik bendros grunto vandens taršos tendencijas. Tačiau jos akivaizdžiai rodo, kad nepakankamai skiriama dėmesio individualiai naudojamų grunto van-



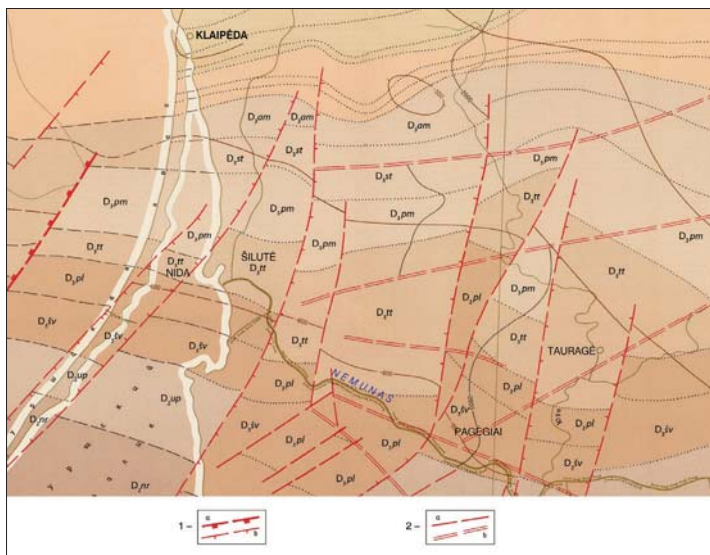
2 pav. Lietuvos gruntinio vandens kokybės žemėlapis: 1 – vandens kokybė atitinka normatyvinių dokumentų reikalavimus (geros kokybės vanduo); 2 – vandens kokybė normatyvinių reikalavimų neatitinka pagal vieną rodiklį (patenkinamos kokybės vanduo); 3 – vandens kokybė neatitinka pagal kelis rodiklius (blogos kokybės vanduo); 4 – plotai, kuriuose slūgsantis gruntinis vanduo netinkamas vartoti (mineralizacija viršija 1 g/l, kartais siekia iki 3 g/l)^[6]

dens šulinių apsaugai. Todėl parenkant skalūninių dujų žvalgybinių gręžinių vietas reikėtų orientuotis į tas vietas, kur žemės paviršius padengtas moreninio priemoliu.

Spūdinio (artezinio) vandens užtaršos grėsmė

Spūdinis (artezinis) vanduo yra naudojamas viešajam geriamajam vandeniui tiekti. Geriamąjį vandenį gyventojams tiekiančios įmonės atsako už vandens kokybę, kuri turi atitikti Lietuvos higienos normas (LR HN 24:2003). Arteziniuose baseinuose gėlas spūdinis vanduo kaupiasi daugiasluoksnėse hidrogeodinaminėse sistemose, kurios nuo žemiau slūgsančių vandeninių sluoksnių yra atskirtos nelaidžia vandenspara. Apie tai, kad aktyvios ir sulėtėjusios apytakos zonos viena nuo kitos hidro-dinamiškai yra patikimai atskirtos, liudija po vandenspara slūgsantis mineralizuotas vanduo (3 pav.). Šiuo atveju svarbu, kad gėlo vandens zoną ribojanti vandenspara būtų visiškai nelaidi, kitaip tariant, kad vandens kiekis (debitas Q) būtų lygus nuliui.

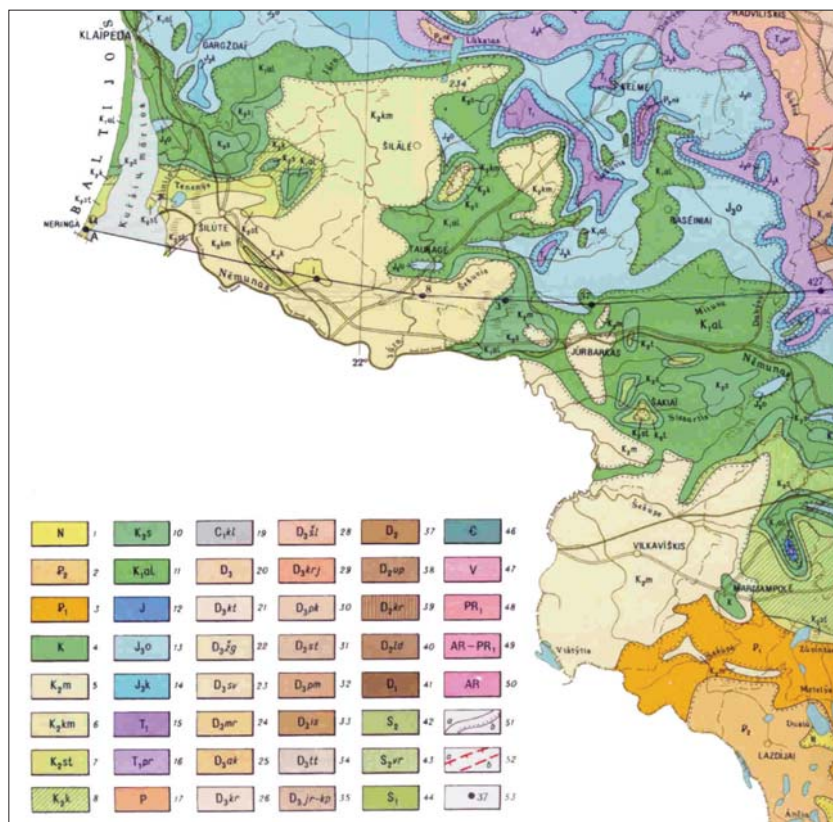
Kadangi apie 50–80 proc. uolienoms ardyti panaudoto vandens ir smėlio mišinio lieka suardytų uolienų porose ir plyšeliuose, tad iki hidraulinio ardymo buvęs nelaidus sluoksnis tampa laidžiu. Efektyvus vieno hidraulinio ciklo suardytų uolienų spindulys siekia 100 m. Daugkartinių ciklų atveju produktyviajame sluoksnyje



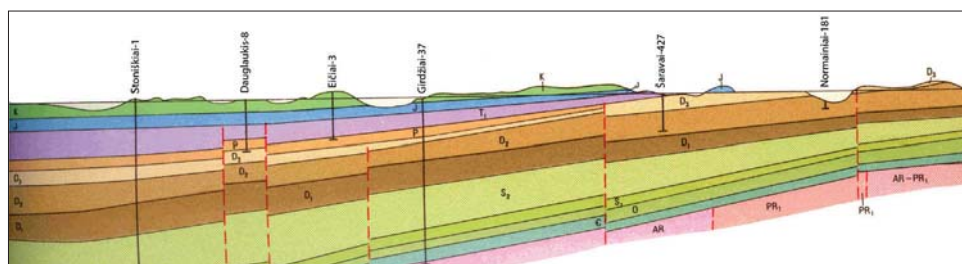
4 pav. Pietvakarių Lietuvos tektoninių lūžių žemėlapis 1:500 000 fragmentas. 1 – lūžiai: a) regioniniai, siekiantys permio uolienų padą, b) lokalūs, siekiantys prekvarterinį paviršių; 2 – lūžiai: a) nesiekiantys minėtų paviršių, b) įsiskverbę į nuosėdinę dangą, galintys siekti gėlo vandens zoną ^[14]

tektoniniai lūžiai (4 pav.). Skalūninių dujų žvalgybai parinktos gręžinių vietos neturi pakliūti į galimų tektoninio trupinimo zonų plotą ^[1, 7, 11].

Žemėlapyje parodytos Šilutės–Tauragės plote tektoninių lūžių zonos yra išsidėstę gana tankiai. Vieni lūžiai siekia tik permio periodo uolienų padą ir todėl taršos požiūriu nėra itin pavojingi, nes užteršto vandens kilimas aukštyje pro permio anhidritų 50 m storį nėra įmanomas. Kiti lūžiai yra įsiskverbę į nuosėdinę dangą ir siekia prekvarterinį paviršių, tad jie gali kelti grėsmę gėlo požeminio vandens kokybei. Pvz., Stoniškių–Šaravų ruože (5 A ir B pav.) žemėlapyje ir pjūvio linijoje nuo 1 iki 427 gręž. pažymėti tektoniniai lūžiai, siekiantys triaso ir jūros periodų uolienas ^[4]. Jeigu tie lūžiai egzistuoja ir jeigu jie yra hidrogeologiškai aktyvūs (jais filtruojasi vanduo), tai tokiu atveju galima suabejoti gėlojo požeminio vandens sauga. Todėl geologinės žvalgybos metu visame Šilutės–Tauragės plote būtina atlikti helio koncentracijos požeminiame vandenyje tyrimus, kurie leistų spręsti, ar giluminis vanduo prasiskverbia į aktyvios apytakos zoną, ar ne. Didelių helio koncentracijų aktyvios ir sulėtėjusios apytakos zonos požeminiame vandenyje atveju tektų išskirti vietas, kuriose neleistina vykdyti imobilizuotų angliavandenilių žvalgybos, o tuo labiau jų gavybos darbų.

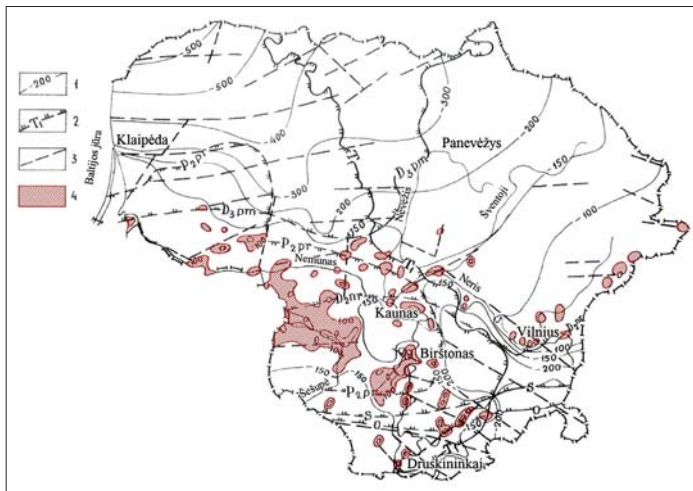


A



B

5 pav. Pietvakarių Lietuvos geologinio žemėlapis (A) ir geologinio pjūvio (B) fragmentai su pažymėtomis vertikalių tektoninių lūžių linijomis (raudona spalva), siekiančiomis triaso ir jūros periodų nuogulų padą^[4]



6 pav. Lietuvos teritorijos požeminio vandens hidrocheminių anomalijų schema:
 1 – požeminio vandens, kurio chloridų koncentracija daugiau 350 mg/l (bendroji mineralizacija 1 g/l) vandeningojo sluoksnio kraigo gylio izolinija (abs. a.);
 2 – regioninės vandensparos geologinis indeksas ir paplitimo riba; 3 – regioninio tektoninio lūžio linija; 4 – hidrogeocheminių anomalijų vietos [8]

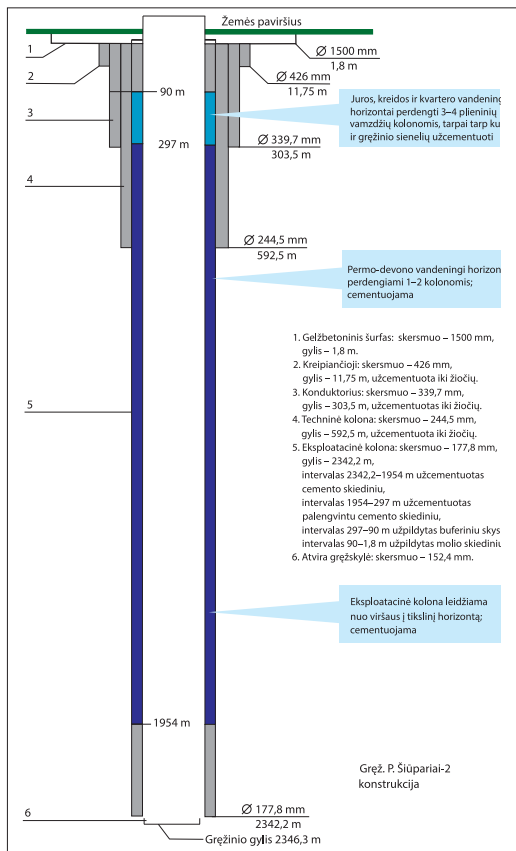
Pateikta tektoninių lūžių lokalizacija remiasi 1985 m. duomenimis, gautais naudojant įvairius geologinius ir geofizikinius lūžių identifikavimo metodus. Tačiau yra ir tiesioginių hidrogeologinių požymių, kad kai kurie iš pažymėtų lūžių gali būti laidūs vandeniui (6 pav.).

Pietryčių Lietuvoje yra žinoma nemažai hidrogeocheminių anomalijų, kurios gėlo vandens zonoje palankiomis sąlygomis suformuoja mineralines versmes. Tai dar nuo XIX a. žinomos Druskininkų ir Birštono apylinkių versmės, prie kurių vėliau įsikūrė kurortai. Be to, didėjant gręžinių kiekiui Lietuvoje, vis daugiau buvo aptinkama vietovių, kuriose negiliai slūgsančiame požeminiame vandenyje buvo anomaliai didelė bendroji mineralizacija ir chloridų kiekis. Žvelgiant į žemėlapi ir į išskirtas hidrogeocheminių anomalijų vietas reikia atsižvelgti į tai, kad 1981 m. Lietuvoje buvo žymiai mažiau gręžinių. Be to, pietvakarinėje dalyje jų buvo dar mažiau, nes pokariu iš Klaipėdos krašto sovietai išstrėmė nemažai žmonių, dalis jų per karą pasitraukė į Vokietiją. Tad ūkinė veikla šiose vietovėse 1981 m. dar buvo apmirusi ir buvo nedidelė gėlo požeminio vandens paklausa.

Dabartiniais duomenimis, pietvakarinėje Lietuvos dalyje galima tikėtis ir daugiau anomalijų vietų, todėl vykdant siūlomus helio koncentracijos tyrimus būtina tirti ir cheminę vandens sudėtį, sudaryti naują hidrogeocheminių anomalijų žemėlapi.

Beje, panašiai susidarančios hidrogeocheminės anomalijos nuo seno yra žinomos ir kairiajame Nemuno krante, Karaliaučiaus srityje. Tad lūžiai nėra nebylūs, jų veikla matyti ir iš cheminės vandens sudėties. Reikia paminėti, kad licencijos plote nėra susistemintų duomenų ir apie metano koncentracijas. Naftos gavybos verslovių aplinkoje gėlo vandens zonoje jo aptinkama nuo 4–6 iki 12 mg/l. Tai palyginti nedideli kiekiai, tačiau patirtis rodo, kad išgaunant skalūninių dujas ji gali išaugti keleriopai ir pasiekti pavojingą, sprogo galimybę sukeliančią 60–65 mg/l ir gal dar didesnę koncentraciją. Tad žvalgybos metu turėtų būti vykdomas ir metano koncentracijos monitoringas.

Filtracija per užvamzdinę ertmę. Viena svarbių gręžinio vamzdžių funkcijų yra atriboti vidinę jo dalį nuo uolienos, t. y. tarp gręžinio apsauginių vamzdžių išorinės sienelės ir uolienos neturi būti tarpo (ertmės), todėl gręžimo užvamzdinė ertmė yra cementuojama, cementas turi aklina sukibti su vamzdžio sienele ir uoliena (7 pav.).



7 pav. Angliavandenilių žvalgybai ir gavybai skirto gręžinio konstrukcija, jos svarbiausios funkcijos yra sutvirtinti gręžinio sienelės ir hermetizuoti ertmę tarp apsauginio vamzdžio išorinės sienelės ir uolienos^[10]

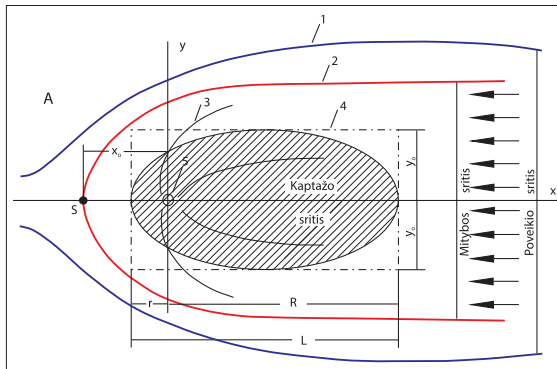
Siekiant įsitikinti gręžinio cementacijos kokybe gręžinys tiriamas geofiziniu metodu. Eksploatacijos metu gręžinio būklė nuolat stebima ir, aptikus cementacijos sluoksnio defektus, tos vietos papildomai užcementuojamos. Vakarų Lietuvoje naftos gavybos aikštelėse aplinkos monitoringas vykdomas nuo 2001 metų^[9]. Ilgamečiai duomenys patvirtina, kad verslovės griežtai laikosi ekologinių reikalavimų, nėra buvę, kad gyvenamoji aplinka būtų teršiama^[10]. Skalūninių dujų paieškos ir žvalgybos darbuose privalu laikytis visų žemės gelmių ir gamtinės aplinkos apsaugos reikalavimų, geologinių darbų kultūros ir vykdyti monitoringą.

Viešajam geriamajam vandeniui tiekti naudojamo požeminio vandens telkinių apsauga

Skalūninių dujų žvalgybos priešininkų vienas svarbiausių argumentų yra minima požeminio vandens „totalinė tarša“. Įvairiuose renginiuose buvo teigiama, kad „bus užteršti visi požeminiai vandenys!“. Tai klaidingas, tiesos neatitinkantis teiginys – taip gali kalbėti tik visiškai nežinantis žemės gelmių ir požeminio vandens apsaugos nuostatų. Būtina priminti, kad šalies gėlo požeminio vandens išteklį vertė siekia 20,8 mlrd. Lt – tai trečdalis visų žemės gelmių naudingųjų išteklių vertės. Valstybėje gerai suprantama gėlo požeminio vandens išteklių svarba krašto gyventojams, todėl požeminio vandens telkinių apsauga yra įteisinta teisės aktais.

Lietuvoje, kaip ir kitose šalyse, galioja gėlo požeminio vandens – žaliavos geriamajam vandeniui ruošti – įstatymai ir kiti teisės aktai: Požeminio vandens monitoringo įstatymas; Vandenviečių sanitarinių apsaugos zonų nustatymo higienos norma. Be to, kiti teisės aktai reglamentuoja įvairios paskirties ūkio subjektų – pramonės, kasybos ir kt. objektų, kurių veikla gali būti susijusi su paviršine bei požemio tarša, – monitoringą, galioja ir savivaldybių teritorijų aplinkos monitoringo nuostatos. Taigi yra daug priimta juridinių aktų ir laikantis juose nurodytų reikalavimų bei taisyklių, galima apsaugoti aplinką ir požeminį vandenį nuo antropogeninės taršos. Labai svarbus yra vandenviečių sanitarinių apsaugos zonų projektų rengimas ir juridinis jų įteisinimas (8 pav.).

Norint panaudoti požeminį vandenį viešajam vandens tiekimui būtina atlikti hidrogeologinius tyrimus ir įvertinti požeminio vandens išteklius. Po to nustatoma konkreti vandenvietės vieta ir parengiamas jos sanitarinės apsaugos zonos projektas. Aprobomas projektas perduodamas savivaldybei, kuri yra sanitarinės apsaugos zonos steigėja ir atsakinga už požeminės vandenvietės apsaugą. Teisės aktų nustatyta tvarka parengiamas ir patvirtinamas specialusis vandenvietės sanitarinės apsaugos zonos planas, kuris įregistruojamas savivaldybės teritorijų planavimo dokumentų ir šalies žemės gelmių registruose. Vadovaujantis ūkio subjektų, eksploatuojančių požeminio vandens telkinius, monitoringo nuostatais, vandenvietėje pagal nustatytą programą vykdoma išgaunamo vandens apskaita ir stebimi vandens kokybės rodikliai. Šiuo metu Lietuvoje oficialiai įregistruota 1750 veikiančių vandenviečių,



8 pav. Požeminio vandens telkinio vandenvietės sanitarinės apsaugos schema:

1 – tiekėmės linija, kurios vanduo per apskaičiuotą eksploatacijos laikotarpį (dažniausiai skaičiuojama 25–50 metų) nepateks į eksploatacinius vandenvietės gręžinius su sąlyga, kad sanitarinės apsaugos zonoje nebus taršos židinių; 2 – neutrali tiekėmės linija; 3 – į eksploatacinius gręžinius sutekančio vandens tiekėmės linijos; 4 – schematizuota požeminio vandens kaptažo sritis, iš jos požeminis vanduo suteka į vandenvietės gręžinius^[2]

iš kurių, deja, tik 187-ioms yra juridiskai įteisinta sanitarinės apsaugos zona, o tai sudaro 10,7 proc. visų vandenviečių šalyje^[3].

Būtina priminti, kad Tauragės ir Šilutės regione, kur ketinama žvalgyti ir išgauti skalūnines dujas, veikia 125 vandenvietės, tačiau jų sanitarinės apsaugos zonos nėra įteisintos. Tad jos ir be skalūninių dujų bet kada gali būti užterštos, nes neįteisintų vandenvietės sanitarinės apsaugos zonų negina įstatymas. Požeminio vandens švara ir kokybė pirmiausiai priklauso nuo šeimininko, o plėtojant naudingųjų iškasenų kasybą specialistai daugeliu būdų gali valdyti neigiamą poveikį aplinkai. Aplinkos ministerija ir jai pavaldžios įstaigos yra atsakingos, kad tie būdai būtų naudojami tinkamai ir laiku. Jeigu kasybos darbus atlieka užsienio firmos, būtina, kad kasybos priežiūros teisė būtų suteikta ne tik šalies žinyboms, bet ir mokslinių institucijų specialistams. Ši nuostata turėtų būti juridiskai įteisinta išduodant žvalgybos darbams licenciją.

Apibendrinimas

Svarbiausios nuostatos, kurias požeminio vandens apsaugos požiūriu reikėtų įvertinti prieš pradedant skalūninių dujų žvalgybos darbus, būtų šios:

- Skalūninių dujų gavybos atveju tam tikras pavojus kyla požeminei hidrosferai, nes dujų išgavimo technologija yra susijusi su skalūnų sluoksnio uolinių ardymu

naudojant vandens, smėlio ir chemikalų mišinį. Jam įslėgti į uolienų sluoksni reikalingas apie 300 atm. slėgis. Taip gali susidaryti papildomas ir neprognozuojamas mechaninis poveikis geologinei aplinkai, pirmiausiai tektoniniams lūžiams.

- Išardžius skalūnų sluoksni, dalis vandens grįžta į paviršių, o 50–80 proc. lieka suardytų uolienų porose ir plyšeliuose. Daugkartinių hidraulinių ciklų atveju suardytose uolienose susidarys didelis vandens kiekis, todėl svarbu apsaugoti aktyvios apytakos zoną, kurioje slūgso gėlas požeminis vanduo.
- Užteršto giluminio vandens vertikali filtracija vyks iš apačios į viršų per 1,7–1,8 km storio (laidžių ir mažai laidžių) nuosėdinių uolienų storymę, kurioje yra tektoninių lūžių, tačiau jų hidrogeologinis aktyvumas nėra ištirtas. Todėl licencijos plote būtina atlikti helio koncentracijos požeminiame vandenyje tyrimus, kurie patvirtintų ar paneigtų vandens pratakumo tektoniniais lūžiais galimybę bei grėsmę gėlo vandens kokybei. Kartu turėtų būti tirama ir bendroji vandens cheminė sudėtis bei jo fizikiniai rodikliai, taip pat dujinė sudėtis, pirmiausia metanas ir radonas. Taip būtų gauti foniniai duomenys, kuriuos galima būtų palyginti su požeminio vandens monitoringo duomenimis.
- Siekiant išvengti tikimybės užterštam vandeniui pakilti pro užvamzdinę ertmę, vamzdžių cementacijos būklė turi būti kontroliuojama ir palaikoma reikiamu techniniu lygiu, o išaiškinti defektai privalo būti likviduoti.
- Rengiant skalūninių dujų žvalgybos poveikio aplinkai vertinimo dokumentą būtina numatyti požeminio vandens dinamikos ir hidrogeochemijos monitoringą, apimančią visas tris (aktyvios, sulėtėjusios ir lėtos) apytakos zonas ir visus vandens cheminius ir izotopinius ingredientus bei fizikinius rodiklius.

Literatūra

- [1] Angliavandenilių išteklių naudojimo Šilutės–Tauragės plote strateginis pasekmių aplinkai vertinimas. SPAV ataskaita, COWI, DGE Baltic, Vilnius, 2011. [LGT fondas, Nr. 15939].
- [2] Juodkasis, V., Marcinonis, A. *Aplinkos hidrogeologija*. Vilnius, 2008, 459 p.
- [3] Kadūnas, K. Ar valstybės nuosavybė požeminis vanduo saugomas patikimai. *Geologijos akiračiai*, 2013, Nr. 1, p. 63–65.
- [4] Kisinėris J. Lietuvos geologinis žemėlapis, 1985. Kn. *Lietuvos geologija*. Vilnius, 1994, 1 priedas, 1 l.
- [5] [Be autoriaus]. Ar kelia grėsmę skalūnų dujų žvalgybos darbai Tauragės apskrityje gėlam požeminiame vandeniui. *Geologijos akiračiai*, 2013, Nr. 1, p. 59–61.
- [6] Mičiūdienė, V. Gruntinio vandens cheminė sudėtis ir kokybė. *Geologijos akiračiai*, 1994, Nr. 4, p. 79–83.
- [7] Skalūnų dujų ir skalūnų alyvos gavybos poveikis aplinkai ir žmonių sveikatai [Impacts of Shale Gas Extraction on the Environment and on Human Health-2012 Update. Study] (IP/A/ENVI/ST/2011-07); interaktyvus: <http://www.europarl.europa.eu/activities/committees/studies.do?language=EN&file=77879>.
- [8] Šonta, Z. Kai kurie hidroinjekcinių mineralinio vandens formavimosi ir apsaugos aspektai. Kn. *Baltijos šalių požeminio vandens taršos tyrimo metodai (mokslinio-gamybinio seminaro tezės)*, Šiauliai, 1981, 103 p.

- [9] Ūkio subjektų požeminio vandens monitoringo tvarka, patvirtinta Lietuvos geologijos prie LR aplinkos ministerijos direktoriaus 2003 m. spalio 24 d. įsakymu Nr. 1–59 (Žin., 2003, Nr. 101–4578).
- [10] Vaičieliūnas, I. Angliavandeniliai iš skalūnų: pavojai tikri ir išgalvoti? *Geologijos akiračiai*, 2013, Nr. 1, p. 7–10.
- [11] Žeiba, S., Suveizdis, P., Toporskij, V. *Baltijos šalių ir gretutinių teritorijų struktūrinių geologinių žemėlapių atlasas (permas-neogenas)*. Vilnius, 1986–1990.

4. Skalūninių angliavandenilių gavybos poveikis žmonių sveikatai

4.1. Triukšmas, vibracija, oro tarša

Skalūninių dujų gavybos poveikis žmonių sveikatai gali būti susijęs su keliais galimais žalingo poveikio aspektais. Pirmiausia, tai **tiesioginis**, aiškus poveikis, siejamas su mechaniniais veiksmais (gręžimas, transportas), yra triukšmas ir oro tarša. Kitas svarbus kenksmingas veiksnys – aplinkos tarša, susijusi su medžiagomis, gaunamomis iš žemės gelmių vykdančią dujų gavybą – tai pačios dujos (pirmiausia metanas), kerno turinys, giluminis vanduo – tai šių medžiagų radioaktyvumo problemos. Pagaliau ypač žmonių sveikatai reikšmingas veiksnys gali būti susijęs su skalūninių dujų gavybai naudojamomis cheminėmis medžiagomis. Tai gali būti siejama su tokių medžiagų patekimu į paviršinį vandenį bei dirvožemį, giluminį vandenį ir, pagaliau, su tokių cheminių medžiagų ilgalaikė sankaupta žemės gelmėse. Vandens tarša cheminėmis medžiagomis išanalizuota kituose studijos skyriuose.

Nagrinėjant įtakos žmonių sveikatai klausimus reikėtų atkreipti dėmesį į du dalykus: pirma, tiesioginiai veikiant žemiau aptariamiesiems veiksniams jų poveikį žmonių sveikatai galima nustatyti stebint ir tikrinant gyventojų ir toje aplinkoje dirbančiųjų sveikatą. Antra, kas ne mažiau svarbu, galimas minimalaus cheminių ir kitokių medžiagų kiekio atokus poveikis žmonių sveikatai, kurio neįmanoma iš karto įvertinti ir būtina kitokia šio poveikio ilgalaikio stebėjimo sistema. Tam tikslui, prieš pradedant skalūninių dujų paieškos ir gavybos darbus, reikia įvertinti žmonių sveikatą (epidemiologinius duomenis, įskaitant endokrininės sistemos sutrikimus, apsigimimus ir kita), ir sekti galimos patologijos dažnumą tam tikrais laiko intervalais (pvz., kas 5–10 metų).

Triukšmas, vibracija

Galimi taršos šaltiniai:

- gręžimo agregatų, grunto, metalo trinties, pagalbinių mechanizmų keliamas triukšmas;
- elektros variklių, reduktorių, siurblių, dujų fakelo degimo triukšmas;
- transporto judėjimo keliamas triukšmas;
- grunto vibracija žemės paviršiuje gręžimo metu;
- hidraulinio ardymo keliamas triukšmas, vibracija.
- Galimi taršos šaltinių mastai, intensyvumas, poveikis sveikatai:

Hidraulinis ardymas gali sukelti mažus žemės drebėjimus – maždaug 1–3 pagal Richterio skalę. 2011 m. balandžio mėn. mažas žemės drebėjimas (1,5 pagal Richterio skalę) įvyko Blekpulio mieste, Jungtinėje Karalystėje, o 2011 m. birželio mėn. įvyko didesnis (2,5 pagal Richterio skalę). Įmonė *Cuadrilla Resources*, žemės drebėjimo teritorijoje vykdžiusi hidraulinio ardymo operacijas, jas nutraukė ir užsakė šio reiškinio tyrimą. Ji paskelbė, kad, jeigu bus įrodytas žemės drebėjimų ryšys su gręžybės veikla, operacijos bus nutrauktos^[1].

Gręžimo darbų trukmė vienoje gręžimo aikštelėje nėra ilgalaikė, ji trunka iki 6 mėn. Siekiant sumažinti žalingą šios veiklos pobūdį žmonių sveikatai veiklos pradžioje turi būti nustatytas foninis vietovės triukšmo lygis. Vykdamas žvalgybos ir gavybos gręžimo darbus turi būti atliekami triukšmo matavimai pagal ūkio subjektų aplinkos monitoringo programą gręžimo aikštelėse, prie gyvenamųjų namų dienos, vakaro ir nakties metu. Turi būti nustatytos sanitarinės apsaugos zonos.

Hidraulinio ardymo metu sukurta vibracija neturi viršyti natūralios vibracijos, būdingos regiono natūraliam seismingumui. Nėra duomenų, kuriais remiantis tokia veikla – hidraulinis ardymas – teisės aktais būtų draudžiama.

Oro tarša

Kiekvienoje dujų gavybos stadijoje oro galimi taršos šaltiniai yra:

- sunkvežimių ir gręžybės įrangos išmetami teršalai (dalelės, sieros dioksidas (SO_2), azoto oksidas (NO_x), nemetano lakūs organiniai junginiai (NMVOC) ir anglies viendeginis (CO);
- gamtinių dujų apdorojimo ir transportavimo procese išmetami teršalai (dalelės, SO_2 , NO_x , NMVOC ir CO);
- iš gręžimui naudojamų nuotekų atvirų rezervuarų garuojančios cheminės medžiagos, jeigu jos ilgai laikomos;
- dėl išsiliejimų ir gręžinių sprogimų išmetami teršalai (pasklidę gręžimo ar ardymo skysčiai kartu su dalelėmis iš telkinio);
- metano dujų nuotekis gavybos vietoje, ozonas.

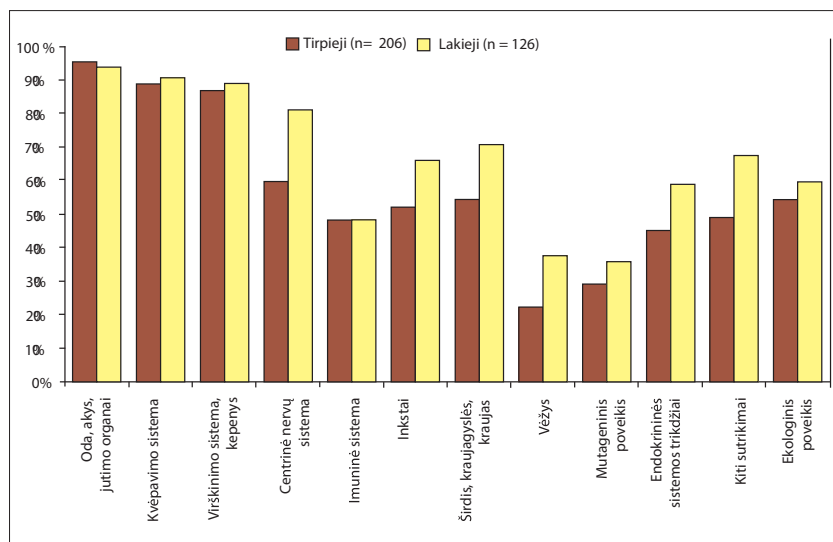
Nėra tikslių duomenų apie naudojamos technikos dyzelinių variklių keliamą oro taršą, tačiau galima pasinaudoti nuoroda, pateikta anksčiau cituotame literatūros šaltinyje.

Aplinkos oro teršalų rūšys, jų išmetimo galimybės ir kiekiai priklauso nuo konkretaus telkinio angliavandenilių išteklių kiekio bei gavybos ypatumo ir turi būti vertinami kiekvienos angliavandenilių gavybos aikštelės dujų išgavimo ir eksploatacijos metu.

2010 m. gegužės mėn. TEDX duomenimis, JAV dujų gavybos metu naudojamos apie 950 medžiagų, iš kurių 353 turėjo vadinamuosius CAS (*Chemical Abstract Service*) numerius. Apytikriai 37 proc. šių medžiagų yra lakiosios medžiagos, galinčios

1 lentelė. Tipiškas gręžybai, hidrauliniam ardymui ir gręžiniams įrengti naudojamų stacionarinių dyzelinių variklių į orą išmetamų teršalų kiekis

Teršalų rūšys	Variklio mechaninei išeigai tenkantys išmetamieji teršalai (g/kW _{hmeh})	Variklio sunaudojamam kuro kiekiui tenkantys išmetamieji teršalai (g/kWh _{diesel})	Gamtinių dujų išeigai iš gręžinio tenkantys išmetamieji teršalai (g/kWh _{gd})
Sieros dioksidas	0,767	0,253	0,004
Azoto oksidas	10,568	3,487	0,059
Dalelės	0,881	0,291	0,005
Anglies monoksidas	2,290	0,756	0,013
Nemetano lakūs organiniai junginiai	0,033	0,011	0,0



1 pav. Cheminių medžiagų, kurios turi CAS identifikacijos numerius ir naudojamos gamtinių dujų gavybai, galimo poveikio sveikatai dažnis ^[2]

sklisti aplinkos ore. Daugiau kaip 89 proc. iš jų gali turėti atokų neigiamą poveikį akims, odai, jutimo organams, kvėpavimo sistemai, virškinimo traktui, 70 proc. – širdies ir kraujagyslių sistemai, kraujodarai, 81 proc. – galvos smegenims bei nervų sistemai, 66 proc. – inkstams (1 pav.). Dalis jų į organizmą gali patekti nurijus arba per odą. Lakiosios medžiagos iš esmės gali dažniau sukelti sveikatos sutrikimų negu tirpiosios.

2009 m. atlikto tyrimo išvados taip pat patvirtina, kad „aplinkos ore ir (arba) gyvenamosiose teritorijose yra didelė kancerogeninių ir neurotoksinių junginių koncentracija“. Toliau: „laboratorinės analizės duomenimis, daugelis šių patikrintų junginių buvo žinomų žmonėms kenksmingų kancerogenų metabolitai ir remiantis TECQ (Teksaso aplinkos kokybės komisijos nuostatomis), viršijo ir trumpalaikį, ir ilgalaikį patikros lygį. Ypač kelia nerimą junginiai, galintys sukelti katastrofą, kaip apibrėžta TECQ“.

Teksase aptinkamos aromatinių junginių, pvz., benzeno ir ksileno, išlakos dažniausiai išmetamos gamtinių dujų spaudimo ir apdorojimo procesuose, kur sunkesnės sudedamosios dalys išleidžiamos į atmosferą. ES šių medžiagų išmetimas ribojamas teisės aktais^[1]. Labai reaktyvios ozono molekulės gali prasiskverbti į plaučių alveolių gilesnius audinius ir sukelti ankstyvesnį šių audinių senėjimą. Lėtinis poveikis gali skatinti astmos ir lėtinės obstrukcinės plaučių ligos formavimąsi. Toks poveikis labiau žalingas vaikams, ypač paaugliams, kurie yra aktyvūs ir daugiausia laiko leidžia atviroje erdvėje. Ozonas, susijungdamas su mažesnėmis kaip 2,5 mkm kietosiomis dalelėmis, gali formuoti savotišką rūką (smogą), kuris žalingai veikia kvėpavimo organus^[3]. Toks smogas gali paplisti net iki 200 mylių nuo taršos šaltinio vietos^[4].

Devyniasdešimtųjų metų pradžioje buvo nustatyta, kad tradiciniame toksinių medžiagų protokole, skirtame cheminiam saugumui nustatyti, gana daug neaprašyta medžiagų, kurios prasiskverbia į vaisių ir trikdo gyvūnų bei žmogaus vystymosi programavimą ir sandarą. Nuo to laiko sukaupta įrodymų apie tai, kad labai maži kai kurių cheminių medžiagų kiekiai, nuolat veikdami vystymąsi iki gimimo, gali pakeisti įgimtą fenotipą, pvz., gebėjimą mokytis, mylėti, palaikyti ryšius, kaupti informaciją, reprodukcijos pajėgumą ir netgi išlaikyti normalų kūno svorį. Šios cheminės medžiagos trikdo vystymąsi, sutrikdydamos endokrininės sistemos veiklą, todėl jos pavadintos endokrininiais trikdytojais.

JAV veikia organizacija TEDX (*The Endocrine Disruption Exchange, Inc.*, liet.: *Endokrininės sistemos trikdytojai*), kurios veikla skirta vertinti, tirti žmogaus sveikatos problemas, kurias sukelia cheminių medžiagų mažos dozės arba aplinkoje esantis jų kiekis, vystymosi ir funkcijos sutrikimus, vadinamus endokrininės sistemos trikdytojais. Šios organizacijos internetiniame puslapyje nurodoma, kad endokrininiai trikdytojai apima tiesioginį poveikį endokrininėms liaukoms, jų išskiriamiems hormonams ir hormonų receptoriams (estrogenams, skydliaukės hormonams ir kt.), taip pat humoralinių signalų perdavimui ir taip gali paveikti įvairias organizmo sistemas, įskaitant reprodukcines funkcijas, vaisiaus vystymąsi, nervų sistemą, imuninę sistemą, metabolizmą, kaulus ir kitus organus bei audinius^[3].

Naujausi tyrimai patvirtina, kad endokrininiai trikdytojai gali veikti genų kontroliuojamus signalus, lemiančius visus embriono ir vaisiaus vystymosi aspektus. Paskutiniai 10-ties metų tyrimai parodė, kad endokrininiai trikdytojai daugybe

būdų gali trikdyti genų ekspresiją. Jie gali daryti įtaką veiksams, kuriais genai programuoja negimusio organizmo audinių vystymąsi, ir taip keisti paauglių arba suaugusiųjų normalų atsaką į įprastus cheminius signalus, veikiančius brandžiu laikotarpiu kontroliuojant funkcijas. Ligos, kurių dažnis paskutiniui laikotarpiu padidėjo, pvz., sutrikęs vyrų lytinių liaukų vystymasis, nevaisingumas, ADHD, autizmas, diabetas, skydliaukės ligos, vaikų ir suaugusiųjų vėžys, dabar siejami su poveikiu vaisiui.

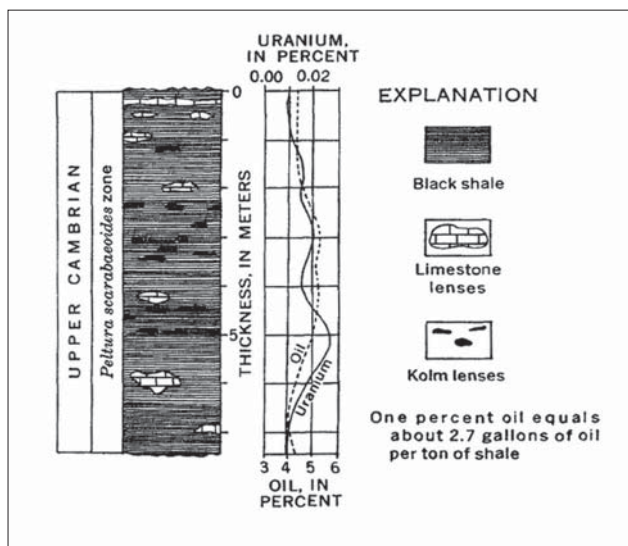
Apibendrinimas

Gamybininkai teigia, kad maži gamyboje naudojamų cheminių medžiagų kiekiai nesukuria žmonių sveikatai pavojingų koncentracijų. Tačiau šiame skyriuje išdėstyti teiginiai rodo, kad tokio poveikio galimybės negalima paneigti, ypač vertinant galimą poveikį atokiui laikotarpiui. Žmonių sveikatai galinčios pakenkti medžiagos turi būti uždraustos naudoti skalūninių dujų gavyboje. Todėl privalo būti žinomi visų dujų gavybai naudojamų medžiagų pavadinimai ir cheminė struktūra norint nustatyti jų galimą poveikį žmonių sveikatai. Gręžimo ir gavybos metu kiekviena operacija privalo būti registruojama, turi būti žinomi visų skysčių, išgautų iš darbo vietos, kiekis ir koncentracija. Cheminių teršalų, ozono kiekio ore monitoringas turi būti standartinė procedūra bet kuriame gavybos židinyje, regione prieš tai nustatčius tokių medžiagų bazinę koncentraciją. Turi būti griežtai laikomasi vandens būklės monitoringo kiekvienoje gavybos vietoje. Privaloma įdiegti epidemiologinio monitoringo programas, kuriose būtų numatyta oro, vandens, gyventojų ir darbuotojų sveikatos nuolatinė sekimo sistema siekiant anksti nustatyti galimus bronchų astmos, hipertenzijos, jautrinimo chemikalams, odos ir akių dirginimo, neurologinių pokyčių stebėjimą. Visi šie teiginiai turi būti įteisinti norminiais (teisniniais) sveikatos ir higienos aktais.

4.2. Radiacija: dujų, gręžimo mechanizmų, veiklai naudojamo vandens nuotekų

Gamtinės radioaktyviosios medžiagos (*Naturally Occuring Radioactive Materials – NORM*) randamos bet kokiame geologiniame darinyje, tačiau jų dalis labai maža. Vidutiniškai skalūnuose urano kiekis yra vertinamas 0,0003–0,0004 proc., kas yra ekvivalentas jo kiekiui granite^[1]. Tačiau galimi ir nuokrypiai, kaip, pvz., dauguma juodųjų skalūnų JAV turi 0,0016–0,002 proc. urano, o Švedijoje viršutinio kambro skalūnuose (Kvantorpe, Närke regione) rasta iki 0,023 proc., vakariniame Gotlande – iki 0,03 proc. urano^[2], ką taip pat iliustruoja 2 pav.^[2]

Sisteminis urano kiekio tyrimas juoduosiuose skalūnuose yra paskelbtas studijoje, atliktoje remiant USA Atominės energijos komisijai^[2]. Kitoje apžvalgoje^[3] pažymėta, kad Švedijoje iš kambro–ankstyvojo ordoviko sluoksnyje buvo išgaunamas



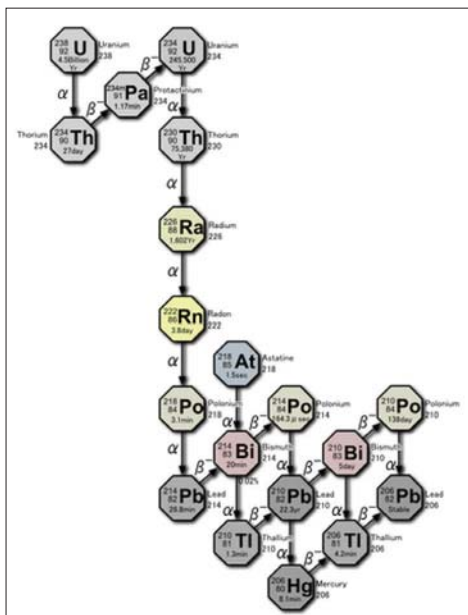
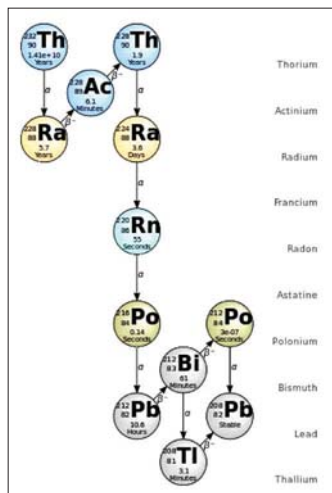
2 pav. Urano pasiskirstymas Švedijos skalūnų bandinyje^[2]

uranas, vanadis, nikelis, molibdenas, o Švedijos Randstato vietovėje įvertinta, jog turima apie 1,7 mln. tonų urano skalūnų sluoksnyje. Buvo atrasta, kad yra gana didelis radono išsiskyrimas iš skalūnų, todėl buvo sustabdytas jų naudojimas statybose.

Torio koncentracijos ir pasiskirstymas skalūnuose yra mažiau tirtas (negu urano), tačiau jo reikšmė yra pažymima^[4,5]. Tiek uranas, tiek ir toris yra elementai, kurie skyla virsdami kitais elementais, o jų skilimo sekas iliustruoja 3 pav. Informacija apie vykstančius procesus lieka tiek kitoje medžiagos fazėje, tiek ir išsiskiriančiose dujose: radone ir helyje. Radonas skildamas vėl sukuria elementus, liekančius kietojoje fazėje.

Radonas yra gana plačiai paplitusi priemaiša dujų telkiniuose ir ^{222}Rd aptinkamas ribose 0,5–1240 pCi (pikoKiuri) dujų litre^[6]. Jis sukuriamas skylant radonui ^{226}Rd , kuris atsiranda iš urano ^{238}U , taip pat ir skylant toriui. Radonas yra žinomas kancerogenas, skatinantis plaučių vėžį. Saugia jo koncentracija pripažįstama 0,4 pCi/l (pikoKiuri litre). 2,7 pCi/l didina plaučių vėžio tikimybę 16 proc.^[7] ^{210}Po – taip pat gerai žinomas kancerogenas. Reikia pažymėti, kad radonas ir helis išsiskiria ne tik iš skalūnuose esančių radioaktyviųjų izotopų, bet gali patekti ir iš gilesnių Žemės sluoksnių per tektoninius lūžius^[8–10].

Vykstant hidrauliniui ardymui šios gamtinės radioaktyviosios medžiagos – uolienoje aptinkamas uranas, toris ir radis – su nuotekomis patenka į paviršių. Gali susidaryti atliekų, turinčių vanadžio, urano, torio ir gamtinių dujų radono bei radono



3 pav. Torio ir urano skilimų sekos, nurodant atsirandančius izotopus, virsmo metu spinduliuotės tipą (β – elektronai, α – helio branduoliai) ir pusėjimo trukmes

skilimo elementų: švino, bismuto, polonio. Jos kaip plėvelė gali nusėsti ant vidinio įleidimo vamzdžių, apdorojimo blokų, siurblių ir vožtuvų, daugiausia susijusių su propileno, etano ir propano apdorojimo srautais, paviršiaus, taip pat ir techninio skysčio valymo produktuose.

Kokios yra radioaktyvių atliekų ir kitų pavojingų medžiagų, išskiriamų iš skalūnų sluoksnio, grėsmės galima nustatyti tik atliekant iškeliamo kerno ir išskiriamo skysčio bei išeinančių dujų tyrimus.

Dabartinė patirtis naftos pramonėje rodo, kad šios išsiskiriančios medžiagos nėra pavojingos, nors ne visi tyrimai (išsiskiriančių dujų sudėtis) yra atliekami. Radioaktyviosios medžiagos susikaupia ant naftos ir dujų telkinių įrangos, todėl didžiausią naftos ir dujų NORM poveikio pavojų patiria darbuotojai, pjaustantys naftos telkinių vamzdžius, šalinantys uolienas iš rezervuarų bei karjerų ir atnaujinantys dujų apdorojimo įrangą, ją remontuojantys. NORM medžiagos koncentruojasi skalūnų dujų žvalgybos ir gavybos metu, taip pat patekdamos su grįžtamuju skysčiu į vamzdynus, talpyklas, filtrus. Dirbančiųjų apšvitą, aplinkos taršą bei su ja susijusią gyventojų apšvitą gali lemti galimas radioaktyviųjų medžiagų, kaip žymeklių-pernešėjų, naudojimas: tai aprašoma TATENA publikacijose ir kituose

literatūros šaltiniuose. NORM medžiagos taip pat gali turėti įtakos aplinkos taršai bei lemti papildomą darbuotojų arba gyventojų apšvitą tvarkant atliekas, išpilant grįžtamąjį (nuotekų) vandenį žemės paviršiuje. Pavojus galimas ir per techninius incidentus ar avarijas. Radiacinės saugos centro (RSC) atliktas radiacinės saugos vertinimas Lietuvoje veikiančiose naftos gavybos bei dujų transportavimo ir saugojimo įmonėse parodė, kad NORM medžiagų susikonservavimas labai nežymus, nebuvo aptikta didesnio NORM medžiagų susikonservavimo vamzdynuose, grįžtamojo skysčio filtruose (atliekant gama dozės galios tyrimus vamzdynų įmonėse, saugyklų aplinkoje, keičiant vamzdynus ir ištyrus nuosėdas ant išmontuotų vamzdžių vidinių sienelių bei ištyrus susikaupusias nuosėdas filtruose).

NORM medžiagų kiekį galima numatyti, kaip rodo pasaulio praktika, pagal kerne nustatomą urano ir torio kiekį ir pagal natūralių žymenų – radono ir helio, esančių radionuklidų skilimo produktais, – koncentraciją dujose, kas Lietuvoje nėra pakankamai ištirta.

Apibendrinimas

Tikrojo radiacinio poveikio mastas turi būti vertinamas pradėjus skalūninių dujų žvalgybą (ir gavybą). Planuojant žvalgybą (gavybą) būtina:

- įvertinti gamtinės kilmės radioaktyviųjų medžiagų kiekį gręžinių metu į paviršių iškeltose uolienose, prieš paskleidžiant uolienas žvalgybos teritorijose, kad būtų išvengta aplinkos taršos ir dirbančiųjų bei gyventojų apšvitos;
- įvertinti technologinio proceso metu (kasdieninės veiklos bei techninių incidentų, avarių) galimą dirbančiųjų, gyventojų apšvitą ir taršą radioaktyviosiomis medžiagomis;
- numatyti būsimos radiacinės saugos priemonės ir radiologinės stebėsenos (monitoringo) sudedamąsias dalis: kokie tyrimai, kokiose vietose ir kada turi būti atlikti (eksploatacijos, įrangos išmontavimo, dezaktyvavimo), kokie radionuklidai (NORM medžiagos) ir jų skilimo produktai išskiriamose dujose, aplinkoje, vandenyje, vandenvietėse turi būti vertinami, radono kiekio tyrimai darbo ir gyvenamosiose patalpose bei kitur, kas turėtų tyrimus atlikti, finansuoti, vertinti rezultatus bei teikti išvadas;
- įvertinti radioaktyviųjų atliekų susidarymą, numatyti jų sutvarkymo mechanizmus bei šios veiklos finansavimo šaltinius;
- įvertinti grįžtamojo skysčio laikymo atvirose talpyklose sąlygas siejant su galimu NORM medžiagų konservavimusi talpyklų aplinkoje ir radono patekimu iš jo į aplinkos orą.

Literatūra (4.1)

- [1] Skalūnų dujų ir skalūnų alyvos gavybos poveikis aplinkai ir žmonių sveikatai [Impacts of Shale Gas Extraction on the Environment and on Human Health-2012 Update. Study] (IP/A/ENVI/ST/2011-07); p. 28; <http://www.europarl.europa.eu/committees/en/envi/studiesdownload.html?language=Document<&file=66729>.
- [2] Colborn, T., Kwiatkowski, C., Schulz, K., Bachran, M. Natural Gas Operations from a Public Health Perspective. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal, 17:5, 1039-1056; <http://dx.doi.org/10.1080/10807039.2011.605662>.
- [3] Peng, R.D, Bell, M.L, Geyh, A.S. et al. Emergency admissions for cardiovascular and respiratory diseases and the chemical composition of fine particle air pollution. Environ Health Perspect. 2009, 117:957–63.
- [4] Roberts, R. E. USEPA Region 8. Revised Draft Supplemental Environmental Impact Statement for the Pinedale Anticline Oil and Gas Exploration and Development Project, Sublette County, Wyoming. CEQ Nr. 20070542. 14 February 2008 [Final EPA comments]. Letter to: Robert A. Bennett, State Director, Bureau of Land Management, Wyoming State Office, 5353 Yellowstone Road, Cheyenne, Wyoming 82009, USA, 2008 [cit. pagal 2].

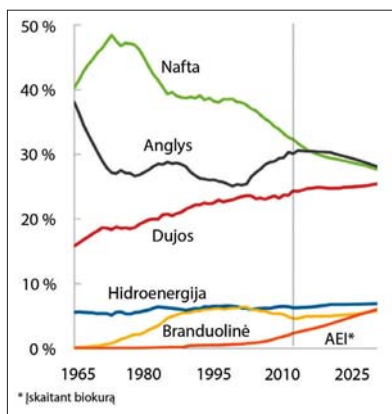
Literatūra (4.2)

- [1] Holland, H. D., Kulp, J. L. The transport and deposition of uranium, ionium, and radium in rivers, oceans, and ocean sediments: Geochim. et Cosmochim. Acta, v. 5, 1954, p. 197–213.
- [2] Vernon E. Swanson. Oil yield and Uranium content Black Shales. Geological Survey Professional Paper 356-A. This report concerns work done on behalf the U.S. Atomic Energy Commission and is published with the permission of the Commission. Washington, 1–49 (1960).
- [3] John R. Dyni. Geology and resources of some world oil-shale deposits. Scientific investigations report 2005–5294. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey, Virginia, 2006.
- [4] Thomas D. Bowman. Hydrocarbon Potential of Upper Cretaceous Shale Sections, Including the Eagle Ford, Woodbine and Maness Shale, Central Texas. http://www.searchanddiscovery.com/documents/2011/10328bowman/ndx_bowman.pdf.
- [5] C. Galindo, L. Mougin, S. Fakhi, A. Nourreddine, A. Lamghari, H. Hannache. Distribution of naturally occurring radionuclides (U, Th) in Timahdit black shale (Morocco). J Environ Radioact. 2007; 92(1): 41–54. Epub 2006 Nov 13.
- [6] Carl V. Gogolak. Review of ^{222}Rn in natural gas produced from unconventional sources. DOE/EML-385. November 1980. U. S. Department of Energy. Environmental Measurements Laboratory, New York.
- [7] WHO Handbook on Indoor Radon: A Public Health Perspective, Ed. by Hajo Zeeb and Ferid Shannoun. World Health Organization, 1990, 110 p.
- [8] V. I. Outkin, I. A. Kozlova, A. K. Yurkov, P. K. Dutta, O. P. Mishra, M. K. Naskar. Radon monitoring as a possible indicator of tectonic events. Earth Syst. Dynam. Discuss., 4, 2013, p. 93–107.
- [9] Swakoń, J, Kozak, K, Paszkowski, M, Gradziński, R, Łoskiewicz, J, Mazur, J, Janik, M, Bogacz, J, Horwacik, T, Olko, P. Radon concentration in soil gas around local disjunctive tectonic zones in the Krakow area. J Environ Radioact. 2005; 78(2):137–49.
- [10] R. Mokrik, V. Juodkazis, A. Bičkauskienė, K. Kaušinis. The groundwater age and diluted in water helium distribution in the Lithuanian aquifers. Groundwater quality sustainability : XXXVIII.

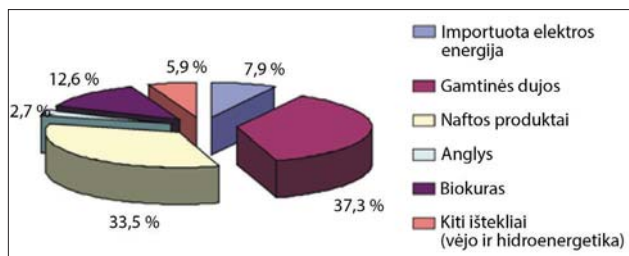
5. Skalūninių angliavandenilių išteklių ekonominis vertinimas

Gamtinės dujos daugelio išsivysčiusių pasaulio valstybių energijos tiekimo sistemoje užima labai svarbią vietą ir jų reikšmė nuolat didėja. Per pastaruosius kelis dešimtmečius gamtinių dujų dalis pasaulio pirminės energijos balanse išaugo nuo 17 proc. 1970 m. iki 25 proc. šiuo metu ^[1] (1 pav.). Per tą laiką bendras gamtinių dujų suvartojimas išaugo nuo 644 mlrd. m³ (644×10^9) 1965 m. iki 3190 mlrd. m³ 2010 m. ^[1, 2]. Jų suvartojimas pasaulyje auga sparčiau nei bet kurio kito tradicinio energijos šaltinio.

Panašios tendencijos buvo ir Lietuvoje. 2011 metais gamtinės dujos pirminės energijos struktūroje užėmė 33,5 proc. ir tais metais buvo suvartota 3,4 mlrd. m³ ^[4] (2 pav.).



1 pav. Pasaulio pirminė energija, proc.



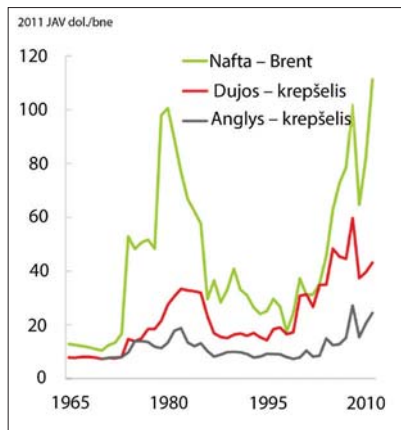
2 pav. Lietuvos pirminės energijos struktūra, 2011 m.

Tokią svarbią ir vis didėjančią reikšmę pasaulio energetikoje gamtinės dujos turi dėl jų specifinių teigiamų savybių palyginti su kitais tradiciniais energijos šaltiniais: anglimis, nafta, branduoline energija. Viena jų, ypač svarbia tapusi pastaruoju metu, yra ta, kad deginant gamtines dujas į aplinką išmetama beveik dvigubai mažiau anglies dvideginio nei deginant anglis – pagrindinį šiuo metu energijos šaltinį, iš kurio gaminama elektra. Gamtinių dujų platesnis vartojimas, jomis pakeičiant akmens anglis, šiuo metu tapo pigiausiu būdu mažinant CO₂ emisijas.

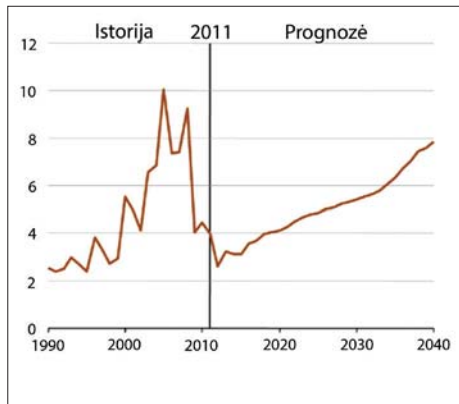
Veiksniai, paskatinę skalūninių dujų gavybą JAV

Pasaulyje tradicinių gamtinių dujų atsargų yra labai daug ir jų jau patvirtintų geologinių atsargų pakaks bent 100 metų, esant dabartiniam vartojimo intensyvumui, tačiau keletas reikšmingų veiksnių paskatino JAV energetines kompanijas investuoti į netradicinių (skalūninių) dujų gavybos technologijų plėtrą, nors jų gavimas technologiškai yra žymiai sudėtingesnis ir brangesnis.

Pirmiausias ir svarbiausias veiksnys buvo tas, kad sparčiai augant dujų suvartojimui JAV ir pasaulyje, iki 2010 metų taip pat sparčiai augo ir jų rinkos kaina (3, 4 pav.). Vietinė gamyba beveik nedidėjo, todėl kilo pavojus, kad reikės sparčiai didinti jų importą.

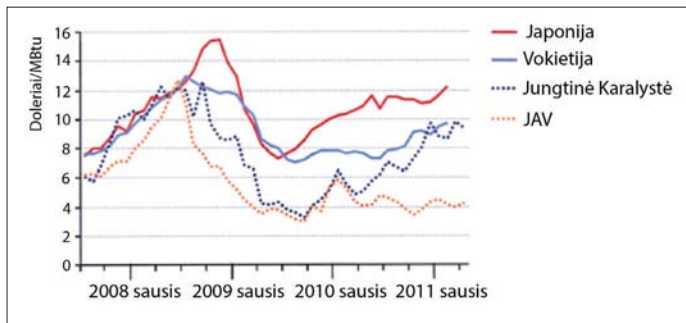


3 pav. Energijos kaina pasaulyje



4 pav. Vidutinė kasmetinė Henry Hub gamtinių dujų kaina, JAV dol./MBtu

Šiuo metu iš žinomų visų pasaulio gamtinių dujų atsargų per 70 proc. yra sukoncentruota tik dviejose šalyse ir Persų įlankos regione. O tos šalys – tai Rusija ir Iranas. Geopolitiškai Jungtinėms Amerikos Valstijoms klostėsi gan pavojinga situacija. Šalia to taip vadinamas „resursų nacionalizavimas“ labai susiaurino tarp-



5 pav. Gamtinių dujų kaina pagrindinėse rinkose

tautinių naftos ir dujų kompanijų veiklos geografiją. Tai paskatino jas labiau domėtis savo šalių, kuriose jos yra registruotos, geologinėmis atsargomis ir ieškoti būdų, kaip išgauti naftą ir dujas iš netradicinių šaltinių, kurie buvo jau seniai žinomi, bet nebuvo technologijų joms išgauti.

Susiklosčiusi situacija JAV paskatino privačias naftos ir dujų gavybos bei technologijų plėtros kompanijas investuoti į šios problemos sprendimą. Pastangas lydėjo didžiulė sėkmė ir rezultatai pranoko visus lūkesčius. Dujų gavyba JAV iš netradicinių geologinių struktūrų (skalūnų) sparčiai augo ir kartu sparčiai krito dujų kaina toje rinkoje. Per keletą metų gamtinių dujų kaina JAV didmeninėje rinkoje (*Henry Hub*) sumažėjo daugiau nei tris kartus^[5] (4 pav.) ir skirtingai nei tikėtasi, kol kas išlieka stabiliai maža ~2,5–3 dol./MBtu¹, t. y. 95–115 dol./tūkst. m³.

Jeigu iki 2008 metų dujų kainos įvairiuose pasaulio regionuose buvo panašios, tai šiuo metu jos skiriasi iki trijų kartų^[6] (5 pav.) ir labiausiai skiriasi kaina JAV rinkoje. Tokia žema dujų kaina JAV skatina kitų regionų valstybes ieškoti būdų, kaip pradėti naudoti savas skalūninių dujų atsargas.

Šiuo momentu viešai nėra žinoma, kokia yra tikroji skalūninių dujų gavybos savikaina JAV. Šaltiniuose^[3, 5–8] teigiama, kad labai maža dujų kaina JAV rinkoje, lydėjusi skalūninių dujų naudojimą, yra laikina, nes ją šiuo metu lemia labai didelis naujųjų gręžinių našumas, kuris sparčiai mažės. Be to, daugelyje skalūninių dujų baseinų jos išgaunamos kartu su nafta, kurios kaina ir JAV rinkoje yra aukšta, todėl gavybos išlaidas didesne dalimi padengia išgaunama nafta, o skalūninės dujos gali dempinguoti gamtinių dujų kainą rinkoje. Tačiau tokia padėtis negali ilgai išlikti ir visi ekspertai vieningai prognozuoja gan spartų gamtinių dujų kainos augimą JAV, kurio vidutinė reikšmė matyti iš 4 pav. pateiktos kreivės^[5]. Prognozuojamas vidutinis augimo tempas yra apie 2,4 proc. per metus. Nežiūrint to, labai tikėtina, kad gamtinių dujų kainos kituose pasaulio regionuose dar ilgai išliks didesnės nei JAV.

¹ 1 tūkst. m³ ≅ 37,9 MBtu; 1 MBtu ≅ 2,638 × 10–2 tūkst. m³

Vyrauja nuomonė, kad vargu ar pasiseks kitoms valstybėms pakartoti JAV sėkmę skalūninių dujų srityje. Tik JAV susiklostė unikali aplinkybių visuma, lėmusi tokių spartų ir ekonomiškai naudingą skalūninių dujų gavybą. Kitose šalyse dėl žymiai silpniau išvystytos būtinos infrastruktūros jų gavybos sąnaudos bus daug didesnės. Stiprės konkurencija iš tradicinių šaltinių. Augant ar išliekant aukštoms rinkos kainoms, pirmiausia bus plečiama gavyba iš tradicinių šaltinių, nes ten gavybos kaštai yra ir dar ilgai bus mažesni. Matyt, ekonominiai veiksniai stabdo skalūninių dujų gavybą už JAV ribų. Europoje šalia to šį procesą stabdo ir kitokia pažiūra į gamtosaugą. Tačiau politiniai ir energetinio saugumo veiksniai yra ta pagrindinė varomoji jėga, atversianti kelią intensyvesniems procesams ir Europos Sąjungos teritorijoje.

Ko gali tikėtis Lietuva?

Kaip buvo minėta, gamtinių dujų Lietuvoje suvartojama apie 3 mlrd. m³ per metus. Ateityje jų vartojimas tikriausiai mažės, jei nedidės jų naudojimas elektros gamybai, ar labai nesumažės jų kaina regiono rinkoje, nes šilumos tiekimo sektorius jau artimiausioje ateityje daug kur pradės naudoti biokurą (išskyrus du didžiuosius miestus – Vilnių ir Kauną). Dujų suvartojimas elektros gamybai labai priklausys nuo elektros kainos bendroje rinkoje. Jei kaina išliks dabartinio lygio arba lėtai didės, tai daugiausia elektros bus importuojama, nes gaminti elektrą savose šiluminėse elektrinėse dabartinėmis Europos rinkos dujų kainomis bus nuostolinga. Todėl galima teigti, kad gamtinių dujų suvartojimas Lietuvoje dar daugelį metų neviršys 3 mlrd. m³ per metus.

Habil. dr. O. Zdanavičiūtės 4 lentelėje (1.3 skyr., 40 p.) pateikta informacija apie tikėtinus skalūninių dujų techniškai išgaunamus išteklius apima labai plačias ribas ir kinta 14×10^9 – 741×10^9 m³, t. y. per 50 kartų. Tai reiškia, kad tuo atveju, jei Lietuva pradėtų naudoti tik savus gamtinių dujų išteklius, jų pakaktų 5–250 metų, jei suvartojimas liktų dabartinio lygio.

Norint labai apytikriai įvertinti ekonominį Lietuvos skalūninių dujų potencialą, daromos tokios prielaidos:

- Kad skalūninių dujų gavybos savikaina Lietuvoje bus artima 300 dol./tūkst. m³ (8 dol./Btu), t. y. apie du kartus didesnė negu JAV. Tai atitinka daugelio ekspertų nuomonę ir šaltiniuose^[3, 7–9] pateikiamus vertinimus.
- Nesant patikimų paskelbtų prognozių apie gamtinių dujų kainas bendroje Europos Sąjungos dujų rinkoje po 2020 metų, priimame, kad ji bus artima dabatinei išskirtinai aukštai kainai Lietuvoje, t. y. 500 dol./tūkst. m³ (13,2 dol. MBtu). Labai paprastų skaičiavimų rezultatai pateikiami 1 lentelėje.
- Dujas išgaunanti kompanija Lietuvos išdui mokės 25 proc. nuo parduotų dujų vertės išteklių mokesčių.

1 lentelė. Lietuvos skalūninių dujų rinkos vertė ir tikėtinos išdo pajamos už išteklių mokestį (*royalty*) JAV doleriais

	Išgautų dujų kiekis		
	$14 \times 10^9 \text{ m}^3$	$350 \times 10^9 \text{ m}^3$	$740 \times 10^9 \text{ m}^3$
Visų dujų vertė, kai rinkos kaina 500 dol./tūkst. m^3	$7,0 \times 10^9$	175×10^9	370×10^9
Gavybos kaina 300 dol./tūkst. m^3	$4,2 \times 10^9$	105×10^9	185×10^9
Išdo pajamos 25 proc. nuo realizuotų dujų vertės	$1,75 \times 10^9$	$43,7 \times 10^9$	$92,5 \times 10^9$

- Galimos metinės Lietuvos išdo pajamos vertinamos tam atvejui, jei skalūninėmis dujomis būtų tenkinami visi Lietuvos poreikiai, t. y. $3 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{metus}$.

Ekonominę vertę paskaičiuosime ($14; 350$ ir 740) $\times 10^9 \text{ m}^3$ dujų kiekiui parduodant jas rinkoje už 500 dol./tūkst. m^3 .

Atsižvelgiant į anksčiau pateiktas prielaidas, kad visas Lietuvos metinis poreikis $3,0 \times 10^9 \text{ m}^3$ bus patenkinamas savomis skalūninėmis dujomis, o dujų išgavimo kompanija Lietuvai mokės 25 proc. mokestį (*royalty*) nuo parduotų dujų vertės, išdas kasmet pasipildytų:

$$3,0 \times 10^9 \text{ m}^3 \times 500 \text{ dol./tūkst. m}^3 \times 0,25 = 0,375 \times 10^9 \text{ dol.}$$

Tuo tarpu gavybos kompanijos pelnas gaunamas iš pajamų atėmus gavybos kaštus ir išteklių mokestį:

$$3,0 \times 10^9 \text{ m}^3 \times (500 - 300) \text{ dol./tūkst. m}^3 - 0,375 \times 10^9 \text{ dol.} = 0,225 \times 10^9 \text{ dol.}$$

Gauname, kad šiuo atveju gavybos kompanijos pelnas beveik 1,7 karto mažesnis už jos mokestį į Lietuvos išdą. Todėl neverta tikėtis, kad atsiras didelių tarptautinių kompanijų, norinčių išgauti dujas Lietuvoje, jei mokestis už išteklius bus didesnis nei 25 proc. Esant 40 proc. mokesčiui metinis jo dydis būtų:

$$3,0 \times 10^9 \text{ m}^3 \times 500 \text{ dol./tūkst. m}^3 \times 0,4 = 0,60 \times 10^9 \text{ dol.,}$$

o išgaunančios kompanijos pelnas:

$$3,0 \times 10^9 \text{ m}^3 \times (500 - 300) \text{ dol./tūkst. m}^3 - 0,60 \times 10^9 \text{ dol.} = 0.$$

Situacija šiek tiek pasikeistų, jei išaugtų rinkos kaina arba sumažėtų gavybos kaštai. Tačiau apskirtai galima teigti, kad Seime siūlomas 40 proc. išteklių mokestis sustabdytų ne tik Lietuvos skalūninių dujų gavybos procesą, bet netgi ir žvalgybą.

Šiame skyriuje pateikta analizė remiasi labai netikslia pirmine informacija apie skalūninių dujų atsargų dydį, gavybos kaštus ir būsimą dujų kainą Europos rinkoje. Jos rezultatai tinka tik orientaciniais vertinimams, ko galima tikėtis, pradėjus skalūninių dujų gavybą Lietuvoje.

Literatūra

- [1] BP Energy Outlook 2030, January 2013.
- [2] BP Statistical Review of World Energy, June 2011.
- [3] The Future of Natural Gas. An Interdisciplinary MIT Study, June 2011.
- [4] *Lietuvos energetika 2011*. Kaunas, 2012.
- [5] Annual Energy Outlook 2013 with Projections to 2040. DOE/EIA-0383 (2013).
- [6] World Energy Outlook 2011, IEA Special Report "Are we entering a golden age of gas?", OECD/IEA 2011.
- [7] Berman, A. E. and Pittinger, L. F. U. S. Shale gas: Less Abundance, Higher Cost. The Oil Drum, August 2011.
- [8] Graber, R., Retson, T. Evaluating the shale gas challenge. Nuclear Engineering International, April 2013.
- [9] PacifiCorp, 2011. Integrated Resource Plan, Vol. 1, March 2011.

6. Skalūninių angliavandenilių verslo ir santykio su visuomene problemos

Problemos ir sprendimai: Lietuvos atvejis

Skalūninių angliavandenilių paieškos ir gavybos verslo santykiai su visuomene plėtojami nepakankamai. Ši verslo šaka Lietuvoje tik pradeda vystytis, o visuomenei prieinama informacija yra labai įvairi ir dažnai prieštaringa. Šiuo metu tiek Lietuvoje, tiek visoje Europos Sąjungoje yra paplitę daug klaidingų teiginių apie gamtinių dujų gavybą, ypač susijusių su hidrauliniu uolienų ardymu, vandens kiekio ir įvairių chemikalų naudojimu. Šios klaidingos nuomonės gali būti paneigtos tik šviečiant visuomenę visomis aktualiomis temomis. Šviečiamosios veiklos turėtų imtis skalūninių angliavandenilių verslo atstovai, vyriausybės organizacijos (Aplinkos ministerija, Energetikos ministerija, Švietimo ir mokslo ministerija bei joms pavaldžios organizacijos) ir mokslo bendruomenė.

Skalūninių angliavandenilių gavybos verslo atstovai turi vykdyti skaidrią veiklą ir teikti išsamią bei visuomenei prieinamą informaciją apie darbų eigą. Kompanijų internetiniuose puslapiuose privaloma skelbti ne tik apie nuveiktus darbus, vandens, oro ir dirvožemio monitoringo duomenis, bet ir iš skalūninių angliavandenilių gavybos gautą naudą – finansinius atskaitymus į valstybės biudžetą, „Sodrą“, paramai skirtas lėšas ir kt. Verslo ryšių su visuomene atstovai turi intensyviai dirbti aiškinamąjį darbą (rengti seminarus, skaityti paskaitas bei organizuoti įvairias atviras diskusijas) apie gamtinių dujų gavybos naudą ir galimas aplinkosaugos problemas.

Lietuvos Respublikos Vyriausybė ir Seimas turi tobulinti teisės aktus, tarp jų ir reglamentuojančius finansinius atskaitymus už išteklių naudojimą į valstybės biudžetą ir savivaldybių biudžetus. Vyriausybė turi įkurti vykdomų angliavandenilių gavybos darbų kontrolės ir priežiūros institucijas, turinčias įgaliojimus prirėikus tuos darbus sustabdyti. Švietimo ir mokslo ministerija turėtų papildyti vidurinių mokyklų geografijos vadovėlius skyriais apie Lietuvos naudingąsias iškasenas ir jų gavybos būdus.

Lietuvos mokslo bendruomenė turi dalyvauti rengiant teisės aktus, ruošiant Strateginio poveikio aplinkai vertinimą, atliekant mokslo populiarinimo darbą. Strateginio poveikio aplinkai vertinimo ataskaitos turi būti pristatomos plačiai visuomenei organizuojant aiškinamąją veiklą ir diskusijas. Savivaldybių aplinkos apsaugos specialistai turi turėti užtektinai žinių iš skalūninių angliavandenilių paieškos ir gavybos srities. Gavybos pramonė kartu su Lietuvos Respublikos Vyriausybe turėtų finansuoti mokslinius tyrimus dėl angliavandenilių gavybos metodų efektyvumo ir poveikio aplinkai mažinimo.

Neseniai atlikta 1461 respondento iš Pensilvanijos (JAV) apklausa parodė, kad visuomenės pasitikėjimas kinta atsižvelgiant į gamtinių dujų klausimais pateikiamos informacijos šaltinius. 71 proc. pasitiki mokslininkais tyrėjais, 62 proc. – tobulinimosi kursų dėstytojais, 56 proc. – kontrolės ir priežiūros institucijomis, 48 proc. pasitiki pramonės atstovais.

Tradicinių angliavandenilių 50-ties metų gavybos patirtis Lietuvoje

Skalūninių angliavandenilių paieška ir gavyba Lietuvoje iki šiol nebuvo vykdoma, tačiau visų tipų angliavandenilių paieškoje yra naudojami du pagrindiniai metodai: geofiziniai, dažniausiai seisminiai, tyrimai ir įvairių tipų gręžinių gręžimo darbai.

Seisminiai darbai yra skirti atskirų uolienų sluoksnių paviršiaus, uolienų storio ir kt. žemėlapiams sudaryti. Šilutės–Tauragės licencinis plotas seisminiams darbams vykdyti yra sudėtingesnis dėl permio ir kvartero uolienų storio dažnos kaitos. Netradicinių angliavandenilių egzistavimas žemės gelmėse mažiau lemiamas struktūrinių veiksmų, tačiau gręžiant gręžinius reikalinga informacija apie skalūno sluoksnių slūgsojimo gylį, todėl ir vykdomi papildomi seisminiai darbai, jų technologija yra labai paprasta. Tiriamame plote žymimos būsimų tyrimų linijos, vadinamieji seisminiai profiliai. Jų tankis priklauso nuo planuojamo tyrimo detalumo ir paprastai išdėstomi lygiagrečiomis linijomis kas 0,5–2 km. Maždaug kas 50–100 metrų yra gręžiami apie 5 m gylio gręžinukai, į kuriuos įleidžiama apie 0,5 kg sprogstamosios medžiagos. Seisminiame profilyje kas 20 m į žemę įbedami seisminių signalų priėmėjai – seismografai, turintys maitinimo ir atminties blokus. Sprogimo banga sklinda gilyn į žemės gelmes ir atspindi savo kelyje sutikusi skirtingo tankio uolienas, o seismografas tą atspindį registruoja. Vėliau seismografų užregistruota informacija apdorojama specialiomis kompiuterinėmis programomis ir gaunamas žemės gelmių erdvinis vaizdas pateikiamas įvairiais žemėlapiais. Geri seisminių darbų rezultatai gaunami ir neženkliai iškreivintuose seisminiuose profiliuose arba esant iki kelių šimtų metrų netirtų intervalų, tai leidžia apeiti apgyvendintas teritorijas, vandens telkinius ir kitas sunkiai prieinamas vietas. Seismines bangas galima sužadinti ne tik sprogmenimis, bet ir įvairiais vibratoriais.

Šiuo metu Lietuvoje per visą angliavandenilių telkinių paieškos laikotarpį, trukusį per 50 metų, yra atlikta apie 13 tūkstančių km seisminių profilių ir jų vykdymo metu nebuvo įvykęs joks žemės gelmės ir gyvenamajai aplinkai pavojingas įvykis.

Gręžimo darbai. Gręžinys – tai gręžimo būdu žemės gelmėse padaryta požeminė vertikali, kryptingai iškreivinta arba horizontali ertmė su įleistais apsauginiais metaliniais vamzdžiais. Šiuo metu Lietuvoje yra išgręžta apie 250 giliųjų ir 200 struktūrinių gręžinių, o visame Pabaltijyje jų priskaičiuojama per 700. Gręžiniai pagal paskirtį skirstomi į paieškos, žvalgybos ir gavybos.

Prieš gręžiant giliuosius gręžinius įrengiama aikštelė, kurioje būtų galima sumontuoti ir saugiai naudoti gręžimo įrangą, taip pat įrengiami privažiavimo prie aikštelės keliai. Aikštelė rengiama taip, kad gruntas, gruntiniai ir paviršiniai vandens būtų apsaugoti nuo bet kokių teršalų (gręžimo skysčio, tepalų, kuro) invazijos. Geriamo vandens apsaugai nuo bet kokios taršos gręžiniuose įrengiamos keturgubos apsauginių vamzdžių sistemos, visiškai apsaugančios vandeningą sluoksnį nuo kontakto su gilesniuose sluoksniuose esančiais sūrymais bei cheminėmis medžiagomis, naudojamomis gręžimo ir hidraulinio ardymo metu. Be to, yra naudojamos priemonės, apsaugančios galimą geriamo vandens užteršimą iš viršaus, tam tikslui gręžinio aikštelės išklojamos dviem hidroizoliacinės plėvelės sluoksniais, betonuojamos arba padengiamos betono plokštėmis, apjuosiamos pylimais. Per visą gręžinio veikimo laikotarpį yra nuolat vykdomas gruntinio vandens kokybės monitoringas.

Angliavandenilių paieškai ir žvalgybai molio skalūnuose skirti gręžiniai gręžiami lygiai taip pat, kaip ir naftos gręžiniai, tačiau juose visada naudojamas horizontalus gręžimas bei hidraulinis sluoksnių ardymas. Atliekant hidraulinių uolių ardymą, nepaisant to, ar jis skirtas intensyvinti pritekėjimą naftos gręžiniuose, ar suformuoti laidų intervalą skalūnų sluoksniuose, naudojama ta pati technika ir technologijos bei tos pačios cheminės medžiagos. Visi gręžimo ir hidraulinio ardymo metu naudojami skysčiai cirkuliuoja uždarose arba pusiau uždarose sistemose. Jų gamybai naudojamas vanduo, molis, smėlis ir mažas cheminių medžiagų kiekis. Visos šios cheminės medžiagos yra sertifikuotos, turi saugos lapus, leidžiamos naudoti Europos Sąjungoje. Visos gręžimo atliekos utilizuojamos pagal Lietuvoje galiojančias taisykles. Reikia pažymėti, kad Lietuvos gelmėse esanti nafta mažai sieringa (maksimaliai 0,3 proc.), o dujos visiškai neturi sieros vandenilio, taip pat visos nuosėdinės dangos uolienos neturi radioaktyvių mineralų. Šiomis aplinkybėmis gavyba tampa saugi ir santykinai nebrangi. Baigus gręžinių eksploataciją, gręžiniai likviduojami pagal gręžinio projekte numatytą planą, žemės plotas rekultivuojamas ir sugrąžinamas buvusiems žemės naudotojams atlyginant žemės ūkio gamybos nuostolius (pagal atskiras sutartis) žemės savininkams.

Žemės gelmių apsaugos priemonės. Įrengiant gręžinius svarbu apsaugoti aktyvios vandens apykaitos zonoje esančius vandeningus kvartero, kreidos ir juros sluoksnius, iš kurių tiekiamas geriamas vanduo. Tam tikslui įrengiama patikima šių sluoksnių apsauga. Išgręžus pirmuosius 13 m, į gręžinį nuleidžiami ir užcementuojami pirmieji 508 mm skersmens apsauginiai metaliniai vamzdžiai. Vėliau gręžimo metu į maždaug 350 m gylį (nuo paviršiaus) nuleidžiami ir užcementuojami 339,7 mm skersmens apsauginiai vamzdžiai, dar vėliau, pragręžus iki 900 m vertikalaus gylio, nuleidžiami ir užcementuojami 244,5 mm skersmens apsauginiai vamzdžiai. Galiausiai nuo gręžinio žiočių iki eksploatuojamo sluoksnio nuleidžiama 73 mm skersmens storasienių, išlaikančių aukštą slėgį, plieno vamzdžių eksploatacinė kolona ir užcementuojama. Gręžinių eksploatacijos laikas yra palyginti



1 pav. Vilkyčių naftos telkinio gavybos gręžinių išdėstymas.

I. Vaičieliūno nuotrauka, 2013

neilgas, todėl nėra pavojaus, kad apsauginiai vamzdžiai (~1 cm storio) bus pažeisti korozijos. Baigus eksploataciją, gręžiniai yra likviduojami, laikantis galiojančių aplinkosaugos reikalavimų. Geriamo vandens apsaugai, be aprašytos keturgubos apsauginių vamzdžių sistemos, visiškai apsaugančios vandeningą sluoksnį nuo kontakto su sluoksniuose esančiais sūrymais, yra įrengiamos dar ir papildomos priemonės, saugančios geriamo vandens užteršimą iš viršaus.

Gręžinių aikštelės ir kraštovaizdis eksploatuojant tradicinius ir netradicinius telkinius. Lietuvoje nėra angliavandenilių iš skalūnų gavybos patirties, tačiau gavybos aikštelių išdėstymas JAV eksploatuojant skalūnus yra retesnis, nei Lietuvoje veikiančiose naftos verslovėse. Lietuvos naftos verslovėse atstumai tarp gręžinių dažniausiai priklauso nuo jų kiekio, telkinio ploto ir kartais gali nesiekti ir 1 km (1 pav.). Atstumas tarp gręžinių skalūninių dujų gavybai JAV būna 3–3,5 km ir dažnai jie išdėstomi pagal lygiašonių trikampių schemą.

Apibendrinant galima teigti, kad Lietuvoje šiuo metu seisminiai tyrimai yra atlikti seisminiuose profiliuose, kurių ilgis siekia apie 13 tūkstančių km. Šių seisminių tyrimų vykdymo metu nebuvo įvykęs joks žemės gelmėms ir gyvenamajai aplinkai pavojingas įvykis. Šiuolaikinių giliųjų gręžinių konstrukcija visiškai izoliuoja ne tik pavienius nuosėdinės dangos sluoksnius ir neleidžia susimaišyti skirtingų vandeningų intervalų vandeniui (ar sūrimui), bet ir užtikrina sluoksnių izoliaciją nuo naftos bei įvairių chemikalų, naudotų gręžimo ir gavybos metu. Per ilgą angliavandenilių paieškos ir gavybos Pabaltijyje istoriją, truncančią per 50 m., nenustatytas joks įvykis, galėjęs turėti pasekmių žemės gelmėms ar gyvenamajai aplinkai. Yra žinoma, kad didžiausia tarša vyksta naudojant iškastinį kurą, o ne gavybos, perdirbimo ar transportavimo metu.

7. Šaltiniai

Svarbiausi teisės aktai, reguliuojantys žemės gelmių naudojimą, sveikatos apsaugos veiklą, gamtinės aplinkos apsaugą

Žemės gelmių naudojimas ir apsauga

Lietuvos Respublikos žemės gelmių įstatymo straipsnių pakeitimo ir papildymo ir įstatymo papildymo 61 straipsniu įstatymas, 2013 m. gegužės 30 d. Nr. XII-352 (Žin., 2013, Nr. 64-3176).

Lietuvos Respublikos žemės gelmių įstatymas, 1995 m. liepos 5 d. Nr. I-1034, nauja redakcija Nr. IX-243, 2001-04-20 (Žin., 2001, Nr. 35-1164).

Lietuvos Respublikos planuojamos ūkinės veiklos poveikio aplinkai vertinimo įstatymas (Žin., 1996, Nr. 82-1965; 2005, Nr. 84-3105; 2008, Nr. 81-3167; 2010, Nr. 54-2647; 2011, Nr. 77-3720).

Lietuvos Respublikos aplinkos monitoringo įstatymas 1997-11-20 Nr. VIII-529 (Žin. 1997, Nr. 112-2824, 2006, Nr. 57-2025).

Ūkio subjektų požeminio vandens monitoringo tvarka, patvirtinta Lietuvos geologijos prie Lietuvos Respublikos aplinkos ministerijos direktoriaus – 2003 m. spalio 24 d. įsakymu Nr. 1-59 (Žin., 2003, Nr. 101-4578).

Teisės aktų dėl žemės gelmių priežiūros sąrašas (http://www.lgt.lt/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=236&Itemid=1185&lang=lt).

Sveikatos apsaugos veikla

Lietuvos Respublikos visuomenės sveikatos priežiūros įstatymas (Žin., 2002, Nr. 56-2225).

Lietuvos Respublikos radiacinės saugos įstatymas (Žin., 1999, Nr. 11-239).

Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro 2004-08-19 įsakymas Nr. V-586 „Dėl sanitarinių apsaugos zonų ribų nustatymo ir režimo taisyklių patvirtinimo“ (Žin., 2004, Nr. 134-4878; 2009, Nr. 152-6849; 2011, Nr. 46-2201).

Lietuvos Respublikos aplinkos ministro ir Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro 2001-12-11 įsakymas Nr. 591/640 „Dėl aplinkos oro užterštumo normų nustatymo“ (Žin., 2001, Nr. 106-3827, Nr. 2-87).

Lietuvos Respublikos aplinkos ministro ir Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro 2000-10-30 įsakymas Nr. D1-471/582 „Dėl teršalų, kurių kiekis aplinkos ore ribojamas pagal Europos Sąjungos kriterijus, sąrašo ir teršalų, kurių kiekis aplinkos ore ribojamas pagal nacionalinius kriterijus, sąrašo ir ribinių aplinkos užterštumo verčių patvirtinimo“ (Žin., 2007, Nr. 67-2627, Nr. 2-87).

Lietuvos higienos norma HN 33:2007 „Akustinis triukšmas. Triukšmo ribiniai dydžiai gyvenamuosiuose visuomenės paskirties pastatuose bei jų aplinkoje“ (Žin., 2007, Nr. 75-2990).

Lietuvos higienos norma HN 50:2003 „Visą žmogaus kūną veikianti vibracija: didžiausi leidžiami dydžiai ir matavimo reikalavimai gyvenamuosiuose bei visuomeniniuose pastatuose“ (Žin., 2005, Nr. 89-3349).

Lietuvos higienos norma HN 51: 2003 „Visą žmogaus kūną veikianti vibracija: didžiausi leidžiami dydžiai ir matavimo reikalavimai darbo vietose“ (Žin., 2004, Nr. 45-1490).

Lietuvos higienos norma HN 23:2007 „Cheminių medžiagų profesinio poveikio ribiniai dydžiai, matavimo ir poveikio vertinimo bendrieji reikalavimai“ (Žin., 2007, Nr. 108-4434).

Lietuvos Respublikos aplinkos ministerijos ir Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro 2007-06-11 įsakymas Nr. D1-239/V-469 „Dėl Lietuvos Respublikos SAM 2000-10-30 įsakymo Nr. 471/582 dėl teršalų, kurių kiekis aplinkos ore vertinamas pagal Europos Sąjungos kriterijus, sąrašo patvirtinimo ir ribinių aplinkos oro užterštumo verčių nustatymo“ pakeitimo“.

Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro 2010-07-07 įsakymas Nr. D1-585/V-611 „Aplinkos oro užterštumas sieros dioksidu, azoto dioksidu, azoto oksidais, benzenu, anglies monoksidu, švinu, kietosiomis dalelėmis ir ozonu normos“.

Lietuvos higienos norma HN 85:2011 „Gamtinė apšvita. Radiacinės saugos normos“, patvirtinta Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro 2011 m. spalio 7 d. įsakymu Nr. V-890 (Žin., 2011, Nr. 124-5917).

Lietuvos higienos norma HN 73:2001 „Pagrindinės radiacinės saugos normos“, patvirtinta Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro 2001 m. gruodžio 21 d. įsakymu Nr. 663 (Žin., 2002, Nr. 11-388).

Lietuvos higienos norma HN 24:2003 „Geriamojo vandens saugos ir kokybės reikalavimai“ (Apšvita nuo radionuklidų geriamajame vandenyje) (Žin., 2003, Nr. 79-3606).

Lietuvos Respublikos aplinkos ministro ir Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro 2000-10-30 įsakymas Nr. D1-471/582 „Dėl teršalų, kurių kiekis aplinkos ore ribojamas pagal Europos Sąjungos kriterijus, sąrašo ir teršalų, kurių kiekis aplinkos ore ribojamas pagal nacionalinius kriterijus sąrašo ir ribinių aplinkos užterštumo verčių patvirtinimo“ (Žin., 2007, Nr. 67-2627, Nr. 2-87).

Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro 2003-04-08 įsakymas Nr. V-201 Lietuvos higienos norma HN 44:2003 „Vandenviečių sanitarinių apsaugos zonų nustatymas ir priežiūra“.

Lietuvos higienos norma HN 23:2007 „Cheminių medžiagų profesinio poveikio ribiniai dydžiai, matavimo ir poveikio vertinimo bendrieji reikalavimai“ (Žin., 2007, Nr. 108-4434).

Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro įsakymas 2011-05-13 Nr. V-474 „Dėl Lietuvos Respublikos planuojamos ūkinės veiklos poveikio aplinkai vertinimo įstatyme nenumatytų poveikio visuomenės sveikatai vertinimo atlikimo atvejų nustatymo ir tvarkos aprašo patvirtinimo ir įgaliojimų suteikimo“.

Gyvosios gamtos apsauga

Lietuvos Respublikos Vyriausybės nutarimas „Dėl bendrųjų buveinių ar paukščių apsaugai svarbių teritorijų nuostatų patvirtinimo“, 2004 m. kovo 15 d. Nr. 276 (Žin., 2004, e41-1335); nauja nuostatų redakcija (nuo 2011-06-03) Nr. 614, 2011-05-25, Žin., 2011, Nr. 67-3171 (2011-06-02).

Lietuvos Respublikos saugomų teritorijų įstatymas, 1993 m. lapkričio 9 d. Nr. i-301, Vilnius; nauja įstatymo redakcija: Nr. IX-628, 2001-12-04, Žin., 2001, Nr. 108-3902 (2001-12-28) http://www3.LietuvosRespublikoss.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=441529.

Lietuvos Respublikos saugomų gyvūnų, augalų, grybų rūšių ir bendrųjų įstatymas, 2009 m. gruodžio 17 d. Nr. XI-578, Vilnius (Žin., 1997, Nr. 108-2727; 2001, Nr. 110-3987).

Lietuvos Respublikos laukinės augalijos įstatymas, 1999 m. birželio 15 d. Nr. VIII-1226, Vilnius http://www3.LietuvosRespublikoss.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=227810 </div> .

Lietuvos Respublikos augalų nacionalinių genetinių išteklių įstatymas, 2001 m. spalio 9 d. Nr. IX-533, Vilnius http://www3.LietuvosRespublikoss.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=152477&p_query=&p_tr2=2.

Lietuvos Respublikos miškų įstatymas, 1994 m. lapkričio 22 d. Nr. I-671, Vilnius; Nauja įstatymo redakcija nuo 2001 m. liepos 1 d., Nr. IX-240, 2001-04-10, Žin., 2001, Nr. 35-1161 (2001-04-25).

http://www3.Lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=437404.

Lietuvos Respublikos aplinkos apsaugos įstatymas, Žin., 1992, Nr. 5-75 http://www3.LietuvosRespublikoss.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=404415. Neoficialus įstatymo tekstas.

Skalūninių geologinių formacijų genezė ir angliavandenilių gavyba: poveikis aplinkai ir žmonių sveikatai: Vytautas Basys, Vincas Būda, Algimantas Grigelis, Vytautas Juodkakis, Petras Lapinskas, Jevlampijus Laškovas, Albertas Malinauskas, Algirdas Juozas Motuzas, Juozas Vidmantis Vaitkus, Algirdas Vaclovas Valiulis, Jurgis Vilemas, Onytė Zdanavičiūtė / sudarytojas Algimantas Grigelis. – Vilnius: Lietuvos mokslų akademija, 2014. – 108 p. : lent., iliustr.

ISBN 978-9955-9371-2-8

Autorių grupės parengtoje studijoje dėl skalūninių angliavandenilių žvalgybos ir gavybos ypatumų Lietuvoje ir galimo poveikio aplinkai bei žmonių sveikatai pateikiami duomenys apie skalūninių angliavandenilių kilmę, išsidėstymą ir galimus išteklius, žvalgybos geologines sąlygas, galimą poveikį žmonių sveikatai, gamtinei aplinkai, gyvajai gamtai, dirvožemiui ir žemėnaudai, paviršiniams vandenims, požeminiam vandeniui.

Studija parengta įgyvendinant Europos socialinio fondo ir Lietuvos Respublikos biudžeto lėšomis finansuojamą projektą *Integruoto mokslo, studijų ir verslo centro (slėnio) „Nemunas“ programos įgyvendinimas, stiprinant partnerystę ir institucijų veiklą pagal priemonę MTTP tematinių tinklų, asociacijų veiklos stiprinimas* (VP1-3.1-ŠMM-05-K-02-018).

Redaktorė Aurika Bagdonavičienė

Dizainerė maketuotoja Miglė Datkūnaitė

Išleido Lietuvos mokslų akademija

Gedimino pr. 3, 01103 Vilnius

www.lma.lt

Spausdino UAB „Parazitas“

Kalvarijų g. 143, 08221 Vilnius

www.parazitas.lt



MOKSLAS • EKONOMIKA • SĄSILAUKA



EUROPOS SĄJUNGA
EUROPOS SOCIALINIS FONDAS

Kuriame Lietuvos ateitį

