



VILNIAUS UNIVERSITETAS
CHEMIJOS IR GEOMOKSLŲ FAKULTETAS
Hidrogeologijos ir inžinerinės geologijos katedra

Lina Daumantienė

Geologijos programos magistro studijų baigiamasis darbas

Glaukonitas ir jo įtaka požeminio vandens hidrocheminės sudėties formavimuisi aktyviojoje apykaitos zonoje Vakarų Lietuvoje

Glauconite and its influence on the formation of groundwater hydrochemical composition in the active exchange zone in Western Lithuania

Darbo vadovas (-ė)

dr. Žana Skuratovič

Leidžiama ginti _____
(parašas)

Darbo įteikimo data _____

Registracijos Nr. _____

Darbo konsultantas

dokt. Vytautas Samalavičius

Vilnius 2021

TURINYS

ĮVADAS	3
1. TYRIMO OBJEKTAS	4
2. GEOLOGINĖS IR HIDROGEOLOGINĖS SĄLYGOS	6
2.1. Kvartero nuogulos	6
2.2. Prekvartero nuogulos	7
2.3. Prekvartero hidrogeologija	8
2.4. Paleohidrogeologija	9
3. DARBO METODIKA	11
3.1. Vandens hidrocheminiai duomenys	11
3.2. Uolienos cheminės analizės duomenys	11
3.3. Vandens kietumas	11
3.4. Mineralų prisotinimo indeksas	12
3.5. Katijonų mainai	13
4. REZULTATAI	16
4.1. Vandens kietumas	16
4.2. Mineralų prisotinimo indeksas	17
4.3. Katijonų mainai	25
IŠVADOS	29
LITERATŪRA	30
SANTRAUKA	32
SUMMARY	33
PRIEDAI	34

ĮVADAS

Glaukonitas - mineralas, kuris dažniausiai būna žalsvos spalvos ir sudaro smulkius grūdelius. Lietuvoje šio mineralo išteklių yra gana daug, tačiau šiai dienai glaukonitas yra neišgaunamas, kai kur dėl ekologinių problemų, kitur dėl per mažos glaukonito koncentracijos uolienose. Lietuvoje glaukonitas aptinkamas ne grynas, o kaip priemaiša smiltainio, smėlio, aleurolito sluoksniuose ir daugiausiai tai yra cenomanio – apatinės kreidos sluoksniai, slūgsantys vakarų – pietvakarių Lietuvoje. Kadangi glaukonitas yra susimaišęs su kitomis uolienomis, todėl išgavus jį reikėtų specialiai apdoroti, išplauti, išsodrinti. Visa tai labai iškelia energijos, laiko, finansų kaštus ir sumažina glaukonito perspektyvumą.

Šio magistrinio darbo tikslas panagrinėti, kokią įtaką glaukonitas daro požeminio vandens cheminės sudėties formavimuisi vakarų Lietuvoje.

Tikslui pasiekti išsikelti uždaviniai:

- 1) Suskaičiuoti požeminio vandens prisotinimo indeksą mineralams anhidritui, gipsui, halitui, kalcitui, dolomitui, aragonitui, silvinui.
- 2) Suskaičiuoti vandens kietumą.
- 3) Atlikti literatūrinę analizę ir nustatyti geriausią metodą įvertinti katijonų mainus tarp glaukonito ir požeminio vandens.
- 4) Pritaikyti metodą suskaičiuoti glaukonito katijonų mainų gebą (angl. CEC) vakarų Lietuvoje.
- 5) Patikrinti, ar esant suskaičiuotai katijonų mainų gebai (angl. CEC) galėjo susiformuoti požeminio vandens cheminė sudėtis pagal turimus duomenis.

Duomenys gauti iš Lietuvos geologijos tarnybos Žemės gelmių registro. Duomenys apdoroti ir vandens kietumas skaičiuotas su Microsoft Excel programa, mineralų prisotinimo indeksų ir kietumo pasiskirstimo žemėlapiai braižyti su ArcGIS programa, o patys prisotinimo rodikliai skaičiuoti su Phreeqc Interactive 3.4 programa.

Norėčiau labai padėkoti magistrinio darbo vadovei dr. Žanai Skuratovič ir konsultantui dokt. Vytautui Samalavičiui už konsultacijas ir pagalbą, rašant šį darbą.

1. TYRIMO OBJEKTAS

Glaukonitas yra silikatų klasės hidrožeručių mineralas, kuris dažniausiai sudaro žalios spalvos smulkiakristalius grūdelius (Kemėšis, Linčius and Paškevičius, 2009). Lietuvoje didžiausia glaukonito santalka aptinkama Kauno Palangos kryptimi. Šioje zonoje glaukonitas sudaro nuo 20 % iki 60% teregeninių uolienuų tūrio (Paškevičius, 1997). Vakarų Lietuvoje Cenomanio laikotarpio storymėje glaukonito koncentracija siekia 56,5% . Šio mineralo panaudojimas yra labai platus, nuo datavimo ordoviko, silūro, jūros, kreidos ir kambro storymių iki keramzito ar mineralinės vatos gamybos (Paškevičius, 1997). Taip pat glaukonitas, dėl didelio kiekio kalio gali būti naudojamas kaip natūrali trąša žemės ūkyje (McRae Wye College, 1975; Singla, Alex and Kumar, 2020). Dėl plataus mineralo glaukonito panaudojimo kvarcinio – glaukonitinio smėlio klodais susidomėta jau seniai. 1991 – 1992 m. vykdytų paieškomųjų įvertinimo darbų metu įvertintas Juodžių telkinyje esantis glaukonitu praturtintas priesmėlis, tačiau dėl mažo kiekio glaukonito (vidutiniškai 7.6 %), kurį dar tektų išplauti ir kitais metodais paruošti naudojimui, nuspręsta jį per dideli ekonominiai nuostoliai (Stankevičius, 1993). Taip pat didelio susidomėjimo susilaukė ir Varėnos rajone slūgsantis glaukonitinis smėlis. Šiuose kloduose glaukonito koncentracija didesnė nei Juodžių telkinyje, tačiau išgautą glaukonitą vis tiek tektų sodrinti ir paruošti naudojimui. Visa tai reikalauja laiko, darbo bei energijos išteklių. Kita problema Varėnos rajono telkinių, kad jie yra šalia Merkio upės ir glaukonito gavyba pakenktų požeminio vandens kokybei, pažeistų hidrodinaminį režimą (Stankevičius, 1993). Vėliau 1993 m. perspektyvių glaukonitinio – kvarcinio smėlio telkinių ieškota vakarų, pietvakarių Lietuvoje. Vakarų ir pietvakarių Lietuvoje glaukonitinio – kvarcinio smėlio telkiniai aptinkami cenomanio – apatinės kreidos sluoksniuose ir paleogeno nuogulose (pietvakarių Lietuvoje). Vakarų Lietuvoje glaukonitas paplitęs gana didelėje teritorijoje, tačiau naudingojo sluoksnio storis bei jame esančio glaukonito koncentracija yra labai nevienoda. Vieni ploniausiu (5.0 – 13.0 m storio) glaukonitinio – kvarcinio smėlio sluoksniai paplitę aplink Traubus, šioje vietoje glaukonito koncentracija daugiausia vyrauja apie 10%. Taip pat mažesni storiai aplink Gargždus, naudingojo sluoksnio storiai kinta nuo 7.0 m iki 19.0 m, o glaukonito koncentracija daugiausiai apie 10%, bet kai kur gali pasiekti ir 20%. Aplink Veiviržėnus ir Meškinę glaukonito koncentracija siekia iki 10%, bet naudingojo sluoksnio storiai jau šiek tiek didesni ir siekia 26.0 m – 28.0 m (aplink Veiviržėnus), o aplink Meškinę apie 48.0 m. Didžiojoje tyrimo ploto dalyje glaukonito koncentracija vyrauja tarp 10 ir 20 procentų, o naudingojo sluoksnio storis, iš kurio galima išgauti glaukonitą, varijuoja nuo 31.0 m iki 79.0 m storio (aplink Sakučius, Pocius, Lašus, Ramučius, Šilalę, Šilutę, Usėnus). Vakarų Lietuvoje, kaip perspektyvūs plotai išskirti Žemaičių Naumiesčio ir Barzdėnų plotai, kurie abu yra Šilutės rajone. Abejuose plotuose glaukonito koncentracija svyruoja nuo < 10% iki >30% (Stankevičius, 1993). 1993 m. paieškomųjų įvertinimo darbų metu buvo atlikta ir kelių mėginių cheminė analizė. Mėginiai imti iš glaukonitinio – kvarcinio smėlio, glaukonitinio smiltainio, aleurlito su glaukonito, smėlio. Išsiskyrė dvi cheminės sudėties tendencijos: 1) sudaryta iš SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, MgO, H₂O, TiO₂ 2) cheminė sudėtis susideda iš SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, MgO, Na₂O, K₂O, TiO₂ . Keliuose mėginiuose rasta ir SO₃, P₂O₅, MnO. Cheminės analizės rezultatai parodė, jog SiO₂ kiekis kinta nuo 2.38 % iki 89.35 %, Al₂O₃ kinta nuo 1.84 % iki 64.83 %, TiO₂ nuo 0.12 % iki 0.77 %, Fe₂O₃ kiekis varijuoja nuo 1.62 % iki 19.2 %, CaO nuo 0.88 % iki 29.56 %, MgO nuo 0.37 % iki 2.45 %, Na₂O kiekis svyruoja nuo 0.18 % iki 2.4 %, K₂O nuo 0.93 % iki 2.8 %, SO₃ nuo 9.55 % iki 11.92 %, H₂O nuo 0.44 % iki 5.08 %, P₂O₅ nuo 0.14 % iki 16.56 %, MnO nuo 0.008 % iki 0.08 % (Stankevičius, 1993).

Kaip jau buvo minėta didžioji dalis glaukonito Lietuvoje yra kreidos laikotarpio uolienose, tai yra aktyviojoje apykaitos zonoje. Aktyvi apykaitos zona pasižymi greitais hidrodinaminiais procesais. Apytakos ciklas artziniuose baseinuose gali trukti nuo 2 m. iki 1000 m., vandens filtracijos greitis kinta nuo 1 m/metus iki 100 m/metus (Juodkasis, 2003). Aktyviojoje apykaitos zonos vandens hidrogeocheminės savybės išsiskiria maža bedraja mineralizacija, kuri siekia iki 5 g/L, vyraujanti vandens cheminė sudėtis kalcio – natrio hidrokarbonatinė (Juodkasis, 2003). Šio darbo tyrimo plotas yra vakarų Lietuva, mėginiai daugiausia yra iš Klaipėdos ir Tauragės apskričių, keletas mėginių yra iš Marijampolės ir Šiaulių apskričių. Mėginiai paimti daugiausiai iš kreidos vandeningojo sluoksnio keletas mėginių yra iš jūros laikotarpio sluoksnių.

2. GEOLOGINĖS IR HIDROGEOLOGINĖS SĄLYGOS

2.1. Kvartero nuogulos

Vakarų Lietuvos dalį dengiančios kvartero nuogulos yra labai įvairios savo kilme ir sudėtimi. Daugiausia paplitusios nuogulos, susidariusios Nemuno apledėjimo metu, tačiau sutinkama ir holoceno laikotarpio nuogulų (1 pav).

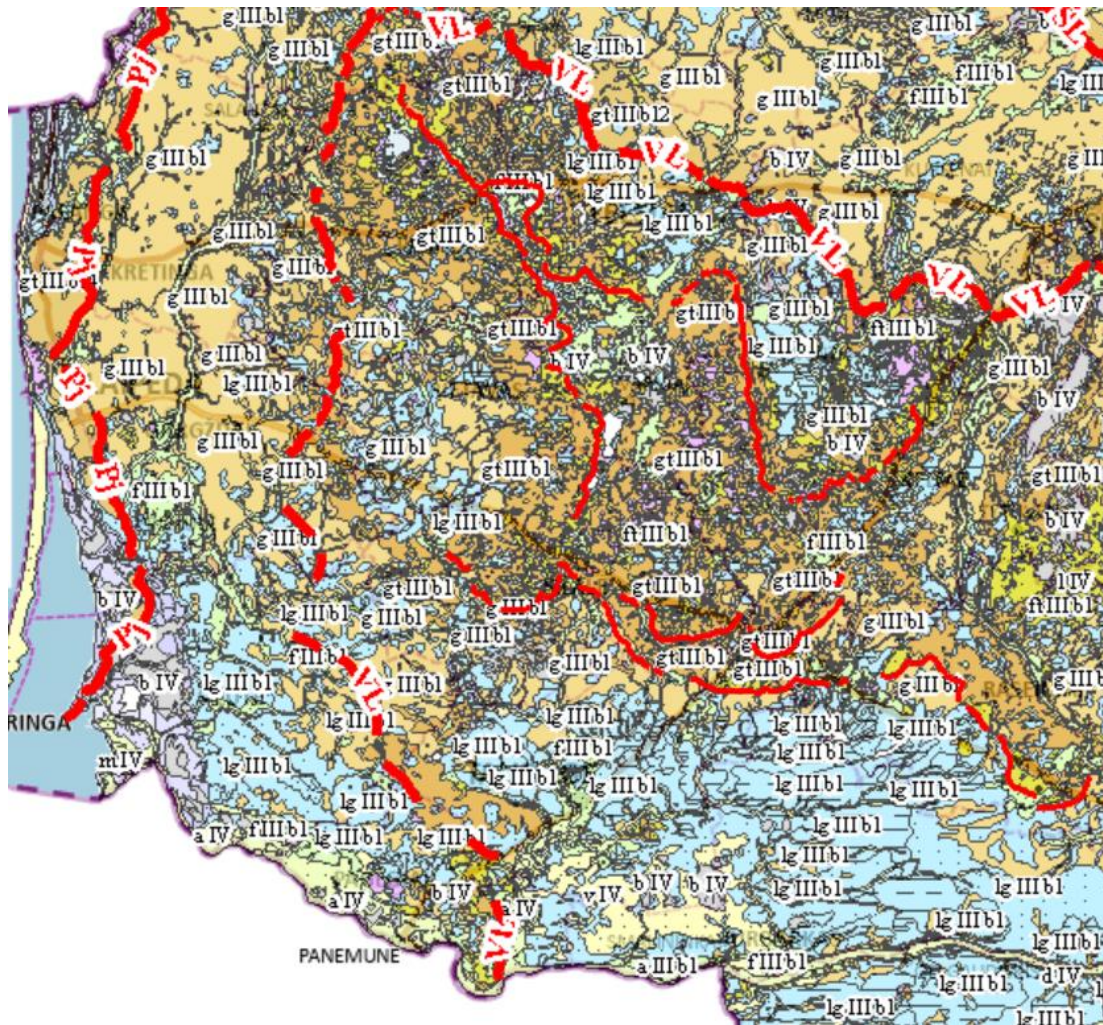
Didžiausią teritorijos dalį dengia dugninė (g III nm₃) bei kraštinė morenos (gt III nm₃). Abi morenos sudarytos iš smėlingo molio ir smėlingo dulkio (moreninio priemolio ir priesmėlio). Palei kraštinę moreną mažomis santalkomis persipina įvairios kitos nuogulos: fliuvioglacialinės (f III nm₃) ir kraštinės fliuvioglacialinės (ft III nm₃), sudarytos iš vidutinio ar smulkaus smėlio, limnoglacialinės (lg III nm₃), sudarytos iš molio, smulkaus smėlio, biogeninės nuogulos (b IV) sudarytos iš durpių (Česnulevičius, 2016).

Pietinę teritorijos dalį daugiausia dengia limnoglacialinės nuogulos (lg III nm₃), kurias sudaro molis, aleuritas, smulkus smėlis, molingas smėlis, rečiau vidutinio rupumo smėlis. Palei Nemuną ir jo deltoje paplitę aliuvinės nuogulos (a IV), kurios sudarytos pagrinde iš smulkaus smėlio, kartais iš smėlingo aleurito ar vidutinio rupumo smėlio (Česnulevičius, 2016).

Taip pat teritorijoje sutinkamos ir eolinės nuogulos (v IV), kurių pagrindinė santalka yra Kuršių nerijoje, bet taip pat didesnė santalka yra ties Viešvile ir Smalininkus. Eoliniai dariniai sudaryti iš smulkaus smėlio (Česnulevičius, 2016).

Biogeninės nuogulos (b IV) paplitusios mažomis santalkomis sporadiškai po visą teritoriją, tačiau pagrindinė šių nuogulų santalka yra Kuršių pamario lygumoje, tai yra aplink Šilutę, Rusnę, Saugus. Biogeninės nuogulos susideda iš durpių kartais sapropelio (Česnulevičius, 2016).

Palei pajūrį paplitusios jūrinės nuogulos (m IV) sudarytos iš sapropelio, molio ir smulkaus smėlio (Česnulevičius, 2016).



1 pav. Kvartero nuogulos vakarų Lietuvoje (<https://www.lgt.lt/epaslaugos/elpaslauga.xhtml>).

2.2. Prekvartero nuogulos

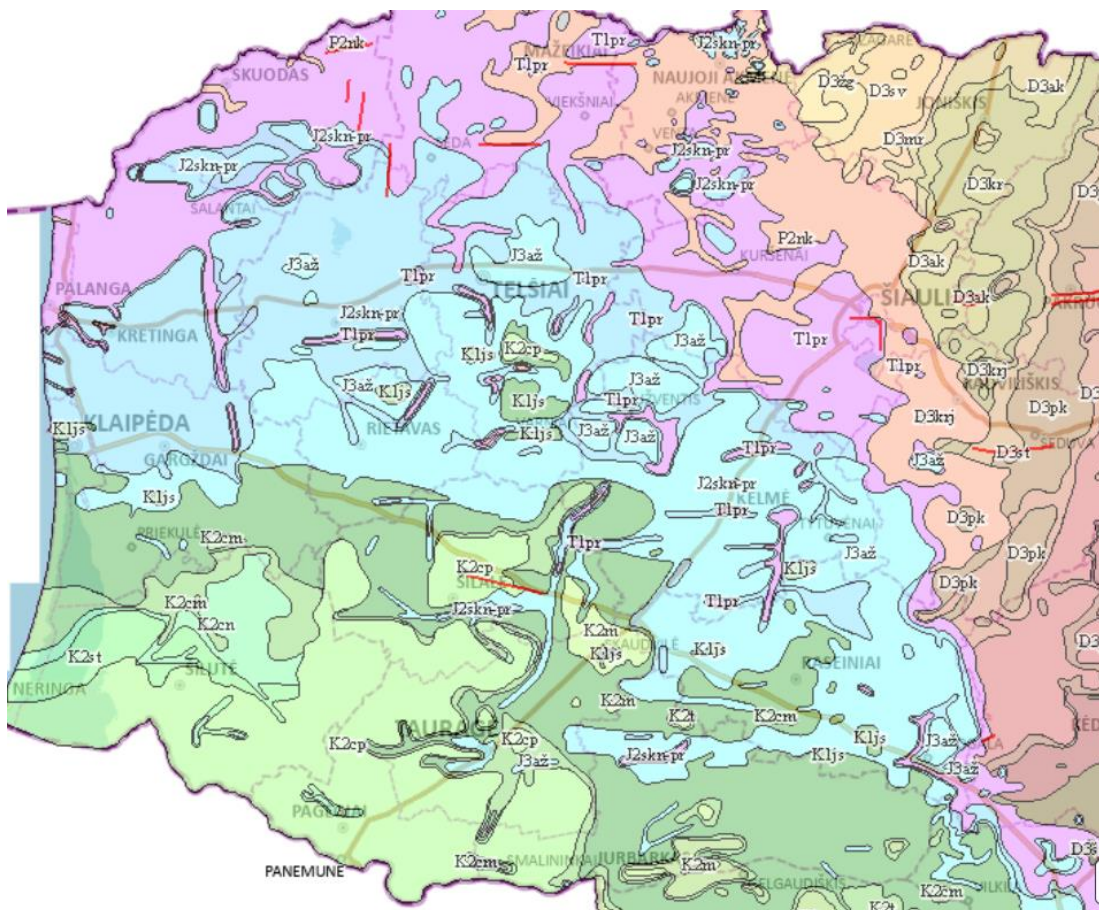
Vakarų Lietuvoje paplitusios kreidos, jūros, triaso bei permio prekvartero nuogulos (2 pav).

Pietinėje teritorijos dalyje paplitusi apatinės kreidos ir viršutinės kreidos nuogulos. Apatinė kreida (K_{1js}), sudaryta iš smėlio, aleurito, molio, paplitusi aplink Jurbarką, Priekulę. Viršutinės kreidos Kampanio aukštas (K_{2cp}), sudarytas iš kreidos, smėlio, klinties, mergelio, aleurolito. Šios nuogulos paplitusios palei visą Lietuvos pasienį su Kaliningradu, aplink Šilutę. Viršutinės kreidos cenomanio aukštas (K_{2cm}) sudarytas iš smėlio, smiltainio, aleurito, kreidos, mergelio. Cenomanio aukšto nuogulos aptinkamos aplink Kaltinėnus, šiauriau Švėkšnos ir Saugų. Viršutinės kreidos konjarkio (K_{2cn}) aukštas sudarytas iš kreidos, trepelio, smėlio, mergelio, aleurolito, klinties. Didžiausias plotas atsidengusio konjarkio nuogulų yra ties Saugais ir Švėkšna. Viršutinės kreidos santonio (K_{2st}) aukštas, sudarytas iš kreidos, klinties, smėlio, mergelio, trepelio, aleurolito. Santonio aukštas aptinkamas aplink Neringą, Kintus, šalia Pagėgių (Česnulevičius, 2016).

Teritorijos vidurinę dalį sudaro jūros laikotarpio nuogulos. Viršutinė jūros oksfordžio (J_{3az}) aukšto nuogulos sudarytos iš klinties, molis, smiltainio, mergelio, aleurito. Šios nuogulos atsidengia ties Rietavu, Kelme, Raseiniais. Vidurinės jūros kelovėjaus aukštas, sudarytas iš molis, mergelio, aleuritas, smiltainio, ir yra aptinkamas aplink Telšius, Klaipėdą, Kretingą (Česnulevičius, 2016).

Triaso laikotarpio nuogulos susideda iš mergelio, klinties, molio ir aleurito. Šio laikotarpio nuogulos sutinkamos teritorijos šiaurinėje dalyje aplink Palangą, Salantus, Skuodą (Česnulevičius, 2016).

Palei Latvijos pasienį maži ploteliai atsidengia permio nuogulų, kurios sudarytos iš karbonatinių uolienu mergelio, klinties ir dolomito (Česnulevičius, 2016).



2 pav. Prekvartero nuogulos vakarų Lietuvoje (<https://www.lgt.lt/epaslaugos/elpaslauga.xhtml>).

2.3. Prekvartero hidrogeologija

Teritorijoje atsidengia 5 prekvartero sluoksniai: viršutinės kreidos, cenomanio-apatinės kreidos, jūros kelovėjaus, jūros oksfordžio ir triaso. Tiriamos vietos hidrogeologinis pjūvis 1-3 prieduose.

Aplink Neringą, Tauragę, Šilutę atsidengia viršutinės kreidos (K_2) vandeningas sluoksnis, sudarytas iš kreidos, mergelio, opokos, molingos klinties, karbonatinių smiltainių (Česnulevičius, 2016). Viršutinės kreidos nuogulų pratakumo koeficientas kinta nuo 30 iki 180 m^2/d . Sluoksnio storis vakarų Lietuvoje siekia nuo 10 m iki 70 m. Viršutinės kreidos vandeningojo sluoksnio filtracijos koeficientas kinta nuo 1,0 iki 5,0 m/d, aktyvus poringumas varijuoja nuo 0,1 iki 0,15 (Gregorauskas, Klimas and Bendoraitis, 2012).

Šiauriau nuo Šilutės, aplink Jurbarką atsidengia cenomanio – apatinės kreidos ($K_{2cm}-K_1$) vandeningas sluoksnis sudarytas iš kvarcinio glaukonitinio smėlio ir smiltainio (Česnulevičius,

2016). Cenomanio – apatinės kreidos vandeningajam sluoksniui būdinga padidinta chloridų koncentracija. Kadangi dėl susidariusių lūžių vyksta vertikalus sūresnio vandens pritekėjimas į gėlo vandens sluoksnius. Didžiausias chloridų pritekėjimas vyksta didesnių upių slėniuose (Kaušinis, 2006; Gregorauskas *et al.*, 2017). Cenomanio – apatinės kreidos pratakumo koeficiento reikšmės vakarų Lietuvoje varijuoja nuo 30 iki 200 m²/d. Sluoksni storis varijuoja nuo 15 m iki 35 m. Filtracijos koeficientas kinta nuo 2,0 iki 8,0 m/d, o aktyvaus poringumo reikšmės kinta nuo 0,1 iki 0,18 (Gregorauskas, Klimas and Bendoraitis, 2012).

Nuo Klaipėdos iki Palangos, aplink Telšius, Plungę atsidengia vidurinės jūros (kelovėjaus) ($J_2(J_{2cl3})$) vandenspara, kuri sudaryta iš molio, aleurito, ir yra mažai laidi vandeniui. Aplink Rietavą, Kelmę, Užventį atsidengia viršutinės jūros (oksvardžio) ($J_3(J_{3ox})$) vandensparos, kuri sudaryta iš aleurito, molio ir mergelio (Česnulevičius, 2016). Jūros vandeningojo sluoksni filtracijos koeficientas 3,0 – 3,5 m/d, aktyvus poringumas apie 0,13 (Gregorauskas, Klimas and Bendoraitis, 2012).

Nuo Palangos iki pat pasienio su Latvija atsidengia viršutinio triaso regioninė vandenspara, kuri sudaryta iš margaspalvio molio, mergelio su retais smiltainio intarpais (Česnulevičius, 2016).

Prie pasienio su Latvija atsidengia keli mažas ploteliai permo (P_2) vandeningo sluoksni, sudaryto iš porėtos ir plyšiuotos klinties (Česnulevičius, 2016).

2.4. Paleohidrogeologija

Alpiniam tektoniniam ciklui pradėjus formotis, atsinaujino sedimentacija Lenkijos įduboje, Lenkijos – Lietuvos įdaubos pietvakarinėje dalyje. Kreidos jūra užliejo Rytų Europos kratoną, pradėjo formotis sineklizė. O Baltijos teritorijoje dar 30 – 40 mln m vyko denudacija, nes sritis buvo iškelta. Vėliau viduriniame albyje prasidėjo jūros transgresija ir Lietuvos bei Kaliningrado srityse. Šiuo metu susiformavo, suklostyti glaukonitinio kvarcinio smėlio, aleurito klodai. Naujos transgresijos metu cenomanio pabaigoje klostėsi karbonatinės – molingos nuosėdos. Turinio – mastrichčio laikotarpiu klostėsi karbonatinės – terigeninės nuosėdos, bet sedimentacija vyko jau gilesnio šelfo sąlygomis. Turonyje ir kampanyje įvyko nuosėdų dalinė silicifikavimasis (Mokrik, 2003).

Kainozojaus pradžioje Rytų Europos kratonas bei Vidurio Europos platformos buvo užlieti sekle jūra ir formuojasi toliau terigeninė storumė.

Susiformavus dabartiniam reljefui kreidos nuogulose pradėjo kauptis meteogeninis vanduo, turintis karbonatų. Kalcio hidrokarbonatinis požeminis vanduo labiausiai paplitęs viršutinės kreidos vandeningajame sluoksnyje. Tačiau Žemaičių aukštumos pietuose, Nemuno slėnyje paplitęs natrio hidrokarbonatinis vanduo, kuris susiformavo kritulių vandeniui filtruojantis per glaukonitinius darinius. Katijonų mainų metu infiltracinis vanduo sąveikaudamas su gausiai natrio turinčiomis uolienomis, kalcis pereina į jų sudėtį ir išstumia natrį į požeminį vandenį. Taip pat prie natrio hidrokarbonatinės požeminio vandens sudėties formavimosi prisidėjo ir jūros transgresija. Maišantis jūriniam ir gėlam vandeniui formuojasi natrio hidrokarbonatinė požeminio vandens sudėtis, bet kartu vyksta ir vandens chloridizacija. Jūros vandeningasis kompleksas pasižymi įvairia požeminio vandens chemine sudėtimi. Šiame vandeningajame komplekse paplitęs kalcio natrio

chloridinis, natrio hidrokarbonatinis (sodos), kalcio hidrokarbonatinis, hidrokarbonatinis, chloridinis. Gėlas kalcio hidrokarbonatinis vanduo filtruodamasis per jūros nuosėdas link Baltijos jūros metamorfizuojasi ir virsta natrio hidrokarbonatiniu (Mokrik, 2003).

Porų tirpale kalcio, natrio, magnio ir kalio pasiskirstymą nulemia sulfatų redukcija. Jei yra didelis šarmingumas ir vyksta sulfatų redukcija intensyvi, tada kalcio jonų tirpale sumažėja, nes kalcis iškrenta į nuosėdas. Jei redukcija sulfatų stabilizuojasi arba yra labai silpna, tada kalcis pereina į tirpalą, o nuosėdomis iškrenta natrio ir magnio, dėl suintensyvėjusių katijonų mainų porų tirpaluose (Mokrik, 2003).

Natrio hidrokarbonationio vandens cheminės sudėties susidarymą galima sieti su uolienu liologinėmis ypatybėmis. Kreidos pjūviui būdingi glaukonitiniai dariniai, turintys daug natrio, kuris yra išstumiamas į tirpalą.

3. DARBO METODIKA

3.1. Vandens hidrocheminiai duomenys

Tyrime naudota duomenų bazė, gauta iš Lietuvos geologijos tarnybos Žemės gelmių registro. Iš duombazės atsirinkti mėginiai, kurie pateko į vakarų Lietuvą ir turėjo atliktą pilną pagrindinių jonų analizę. Atsirinktuose mėginiuose pasitaikė mėginių, kurie buvo imti iš to paties gręžinio ir to paties gylio, tokiu atveju besikartojančių mėginių parametrai buvo suvidurkinti. Galutinę duombazę sudarė 134 mėginiai. Atrinkti mėginiai paimti iš Klaipėdos ir Tauragės apskritims priklausančių kaimų ir miestelių: Lauksargių k., Pagėgių, Laučių, Paupio, Kartupių, Usėnų, Drevernos, Šilutės, Vilkyškių, Veiviržėnų. Visi mėginiai turi nustatytą pagrindinių jonų tokių kaip chloridų, hidrokarbonatų, sulfatų, natrio, kalcio, magnio ir kalio jonų koncentracijas bei išmatuotą pH, bendrąją mineralizaciją. 10 mėginių yra paimti iš jūros sluoksnių, o likę 124 mėginiai paimti iš apatinės (79 mėginiai) ir viršutinės kreidos (30 mėginių) arba iš neidentifikuoto kreidos sluoksnio (15 mėginių). Vandens mėginių paėmimo gylis varijuoja nuo 19 m iki 174 m. Duomenyse bendroji mineralizacija kinta nuo 266 mg/L iki 2958 mg/L; pH kinta nuo 6.86 iki 8.48; temperatūra varijuoja nuo 10 °C iki 18 °C. Kreidos ir jūros vandeningųjų kompleksų vandens hidrocheminės sudėties, mineralų prisotinimo indekso ir vandens kietumo suvidurkintos reikšmės pateiktos prieduose (4 priede).

3.2. Uolienos cheminės analizės duomenys

Naudoti uolienos cheminės analizės duomenys yra paimti iš “Glaukonitinio-kvarcinio smėlio paieškų perspektyvų vakarų-pietvakarių Lietuvoje kompleksinis įvertinimas”, ataskaitos (Stankevičius, 1993). Mėginiai paimti iš Gargždų bei Kybartų. Mėginių paėmimo gylis varijuoja nuo 58.0 m iki 281.3 m ir yra imti iš glaukonitinio – kvarcinio smėlio, įvairiagrūdžio smėlio bei glaukonitinio smiltainio sluoksnių iš cenomanio - apatinės kreidos laikotarpio. Cheminės analizės metu nustatyti SiO₂, Al₂O₃, TiO₂, Fe₂O₃, CaO, MgO, Na₂O, K₂O kiekiai.

3.3. Vandens kietumas

Vandens kietumą apsprendžia ištirpusių vandenyje kalcio (Ca²⁺) ir magnio (Mg²⁺) jonų kiekis. Pagal šių jonų sudarytus junginius, vandens kietumą galima suskaidyti į 3 dideles grupes: 1) bendras kietumas 2) karbonatinis kietumas 3) nekarbonatinis kietumas. Bendrą kietumą sudaro visi kalcio ir magnio jonų junginiai. Karbonatiniai kalcio ir magnio junginiai sudaro karbonatinį kietumą, kuris pakaitinus vandenį iškrenta kalkių pavidalu ir tokiu būdu gali būti pašalinamas. Vandens kietumas pamažu mažėja didėjant temperatūrai, dėl Ca²⁺ ir Mg²⁺ jonų redukcijos, pvz. temperatūrai pakilus nuo 10°C iki 25 °C vandens kietumas sumažėja 20 – 30 ppm (Ahn et al., 2018). Pastovus kietumas arba kitaip nekarbonatinis kietumas yra visi kiti ištirpę vandenyje kalcio ir magnio nekarbonatiniai junginiai (Mažeika and Mokrik, 2006). Nors manoma, kad vandens kietumas neturi įtakos žmonių sveikatai, tačiau jis daro didelę įtaką žmogaus buitiniame gyvenime: apkalkėja prietaisai, prasčiau putoja skalbimo milteliai, lieka kalkių pėdsakai ant praustuvų, veidrodžių. Taip pat vandens kietumas daro įtaką cheminiams procesams vandenyje – ypač absorbcijos reakcijoms. Pavyzdžiui, esant kietesniai vandeniui, tai yra didesniai kalcio kiekiui vandenyje, sumažėja cinko absorbcija vandenyje (Martins, Pardo and Boaventura, 2004). Kietame vandenyje didesnis kaupimasis TiO₂ nanodalelių (Ramirez *et al.*, 2019). Taip pat vandens kietumas

lemia vandens oksidacijos-redukcijos potencialą, bakterijų gyvavimą, laisvo chloro kiekį vandenyje (Kim *et al.*, 2019).

Visiems mėginiams buvo suskaičiuotas bendrasis vandens kietumas, karbonatinis kietumas ir nekarbonatinis kietumas.

Vandens kietumas buvo suskaičiuotas pasitelkus Microsoft Excel programą. Kadangi kietumas skaičiuojamas mg-ekv/L, todėl kalcio, magnio ir hidrokarbonatų jonų koncentracijos mg/L išreiškiamos mg-ekv/L pagal 1 formulę:

$$r = C * \text{valentingumas} / M \quad (1 \text{ formulė})$$

C – jono koncentracija išreikšta mg/L, M – jono molinė masė

Tada kietumo rūšis galima apskaičiuoti pagal 2 - 4 formules:

$$\text{Bendrasis kietumas} = rCa^{2+} + rMg^{2+} \quad (2 \text{ formulė})$$

$$\text{Laikinasis kietumas (karbonatinis)} = \text{Bendrasis kietumas} - rHCO_3^- \quad (3 \text{ formulė})$$

$$\text{Pastovus kietumas (nekarbonatinis)} = \text{Bendras kietumas} - \text{Laikinas kietumas} \quad (4 \text{ formulė})$$

Oficialios ir patvirtintos vandens klasifikacijos pagal kietumą nėra, bet dažniausiai naudojama klasifikacija pagal bendrojo kietumo vertę išreikštą mg-ekv/L. Šią klasifikaciją pasiūlė O. Aliokinas (1 lentelė).

1 lentelė. Vandens kietumas pagal bendrojo kietumo vertę.

Bendro kietumo vertė, mg-ekv/L	Kietumo tipas
< 1,5	labai minkštas
1,5 – 3,0	minkštas
3,0 – 6,0	vidutinio kietumo
6,0 – 9,0	kietas
> 9,0	labai kietas

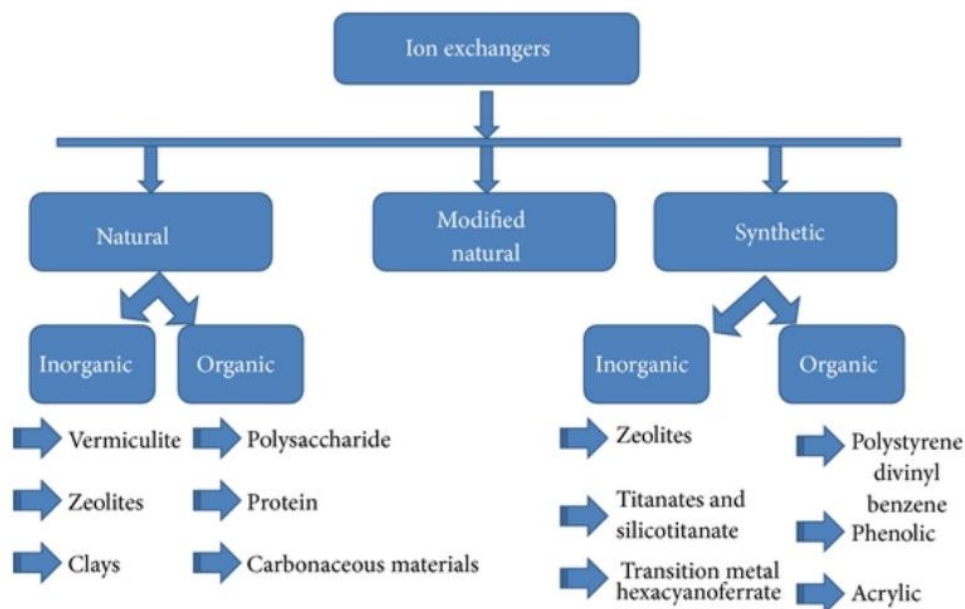
3.4. Mineralų prisotinimo indeksas

Mineralų prisotinimo indeksas (angl Saturation Index – SI) parodo vandens termodinaminę būseną su pasirinktu mineralu. Apibendrintuoju atveju, jei SI = 0 tirpalas yra pusiausvyroje su pasirinktu mineralu; jei SI < 0 tirpalas yra neprisotintas ir vyksta mineralo tirpinimas, o jei SI > 0 tirpalas yra persotintas ir vyksta mineralo kristalizacija. Vandeniui tekant ir sąveikaujant su uolienomis, nuolatos vyksta tirpinimo ir kristalizacijos procesai, nuolatos keičiasi ištirpusių jonų koncentracija dėl to prisotinimo indeksas gali būti naudojamas, vandens evoliucijai atkurti (Suma *et al.*, 2015; Thakur, Diwakar and Singh, 2015). Taip pat prisotinimo indeksas dažnai naudojamas praktiniams tikslams, ypač geoterminės energetikos pramonėje ar kitose pramonės šakose, kuriose reikia išgauti vandenį iš gilesnių sluoksnių. Išgaunant vandenį iš gilesnių vandeningų sluoksnių, pravartu žinoti kokiomis termodinaminėmis sąlygomis slūgso vanduo ir kaip pasikeis šios sąlygos vandenį išgavus į žemės paviršių, kur temperatūra, slėgis visai kitoks. Neįvertinus šių sąlygų pokyčių, galimi

ekonominiai nuostoliai, nes iškritusios nuosėdos gali užkimšti filtrus ar apaugti mineralais vamzdžių sienelės (Šliaupa and Kežun, 2012).

3.5. Katijonų mainai

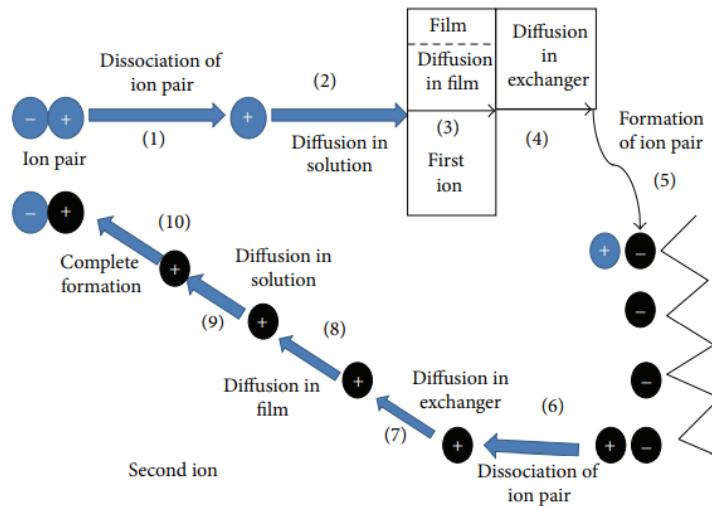
Jonų mainai yra cheminė reakcija, kai uolienoje esantis jonas yra pakeičiamas kitu tirpale esančiu jonu, kuris pasižymi panašiomis cheminėmis savybėmis. Kad įvyktų jonų mainai, uoliena ar kitas kietas kūnas (angl. exchanger) turi būti netirpus vandenyje, taip pat turėti laisvą jungtį struktūroje (angl. open network structure) (Kumar and Jain, 2013). Pagal tai kokie jonai reaguoja mainuose reakcijas galima suskirstyti į dvi grupes: 1) katijonų mainus 2) anijonų mainus. Medžiagos, kurios turi neigiamą krūvį, tai yra turi neigiamai įkrautų grupių, kaip pvz. sulfatų, fosfatų, pritraukia katijonus ir atstumia anijonus. O medžiagos, kurios reaguoja su anijonais, pasižymi teigiamo krūvio grupėmis, kaip pvz. amonis (Kumar and Jain, 2013). Medžiagos pagal savo kilmę gali būti suskirstomos į natūralias ir sintetines (3 pav.)



3 pav. Medžiagų klasifikacija pagal kilmę (Kumar and Jain, 2013).

Natūralioms neorganinėms medžiagoms priklauso molio mineralai, tokie kaip ilitas, koalinitas, taip pat ir glaukonitas. Molio mineralai dėl savo savybių vykdyti katijonų mainus, mažo pralaidumo ypač dažnai naudojami radioaktyvių medžiagų laidavimo aikštelėse (Kumar and Jain, 2013).

Katijonų mainų procesą apibūdina 4 iliustracija. Įvyksta disociacija ir atsiskyręs jonas difuzijos būdu pereina į plėvelę, kuri susiformavusi aplink, tada difunduoja į medžiagą su kuria vyksta mainai ir sudaro naują jonų porą. Sudarius naują jonų porą, atskyla kitas jonas ir tokiu pačiu procesu pereina į pirmojo jono vietą (4 pav).



4 pav. Katijonų mainų schema (Kumar and Jain, 2013).

Katijonų mainų principu veikia jonų chromatografai, įvairios vandens minkštinimo sistemos.

Pagrindiniai katijonai, kurie dalyvauja katijonų mainuose yra Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ ir K^+ , tačiau sumažėjus pH, tai yra parūgštėjus aplinkai į katijonų mainus daugiau gali ištraukti H^+ , Al^{3+} ir Mn^{2+} . Dažniausiai požeminiame vandenyje pirmiausia vyrauja kalcio jonai, vėliau vandeniui tekant per uolienas, prisotina magnio jono, dar vėliau kalio ir natrio (Chapelle and Knobel, 1983). Dažniausiai katijonai keičiasi tokia tvarka: $\text{Li}^+ < \text{Na}^+ < \text{K}^+ < \text{Rb}^+ < \text{Cs}^+$ ir $\text{Mg}^{2+} < \text{Ca}^{2+} < \text{Sr}^{2+} < \text{Ba}^{2+}$ (Dorothy, 1959). Katijonų mainams įtakos turi ne tik kokioje uolienoje vyksta mainai, pH, bet ir aplinkos sąlygos, pavyzdžiui glaukonito, kuris atsidengia žemės paviršiuje, suminis katijonų mainų kiekis yra mažesnis nei glaukonito, kuris neišeina į paviršių (Chapelle and Knobel, 1983).

Katijonų mainai dažnai išreiškiami katijonų mainų geba (angl. cation exchange capacity – CEC), kuri parodo kiek uoliena, dirvožemis gali sulaikyti katijonų savyje ir išreiškiama mg-ekv/100g. Katijonų mainų geba dažniausiai naudojama, skaičiuojama agrokultūroje, nes šioje srityje svarbu, kad dirvožemis gebėtų įsisavinti maistingas medžiagas ir vėliau atiduoti jas augalams. Katijonų mainų geba apskaičiuoja grunto cheminės analizės rezultatus padalinus iš skaičiuojamo katijono ekvivalentinės masės, padauginus iš 10 (5 formulė).

$$\frac{K_{ppm}}{K_{ekv} \cdot 10} + \frac{Na_{ppm}}{Na_{ekv} \cdot 10} + \dots \quad (5 \text{ formulė})$$

Paprastai CEC didelį turi organika ir moliniai gruntai, o maža reikšmė pasižymi smėliai. Glaukonito CEC skirtingi autoriai nurodo skirtingą 19-31 mg-ekv/100g (Tedrow, 2002), 5 – 39 mg-ekv/100g (McRae, 1972).

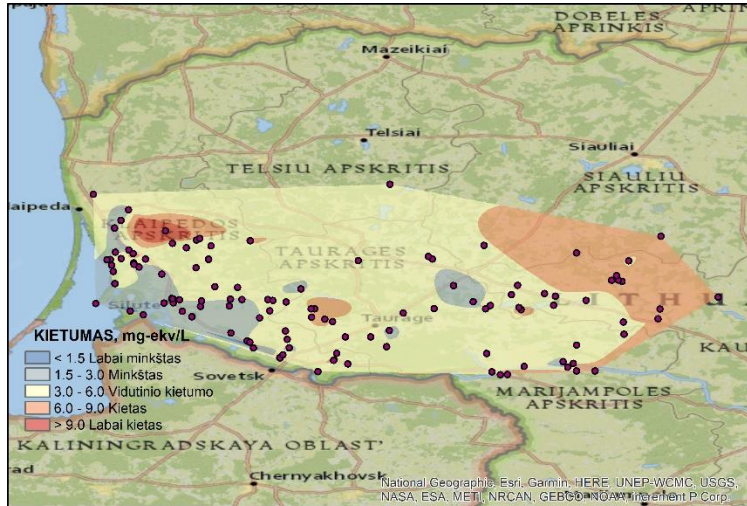
Kadangi glaukonitas pasižymi didele katijonų mainų geba dažnai naudojamas katijonų mainų būdu sumažinti vandens kietumą, absorbuoti sunkiuosius metalus ar sulaikyti radioaktyvias medžiagas (Novikova L *et al.*, 2015). Glaukonitas pasižymi labai geromis metalų absorbcijos savybėmis, geriausiai absorbuoja šviną (Pb II), tada kadmį (Cd II) ir galiausiai cinką (Zn II) (Smith *et al.*, 1996).

Glaukonito katijonų mainų geba skaičiuota su Microsoft Excel programa, panaudojant cheminės analizės duomenis iš „Glaukonitinio – kvarcinio smėlio paieškų perspektyvų vakarų – pietvakarių Lietuvoje kompleksinis įvertinimas“ ataskaitos (Stankevičius, 1993). Iš ataskaitoje pateiktų duomenų išskaičiuoti kalio ir natrio procentinis kiekis, kuris perverstas į ppm išraišką, tai yra padauginta iš 10 000 (1% = 10 000ppm).

4. REZULTATAI

4.1. Vandens kietumas

Vakarų Lietuvoje vyrauja vidutinio kietumo vanduo. Taip pat matyti tendencija, jog einant iš rytų į vakarus vanduo minkštėja (5 pav.).



5 pav. Pasiskirstymo žemėlapis pagal vandens bendrąjį kietumą.

6 mėginių vanduo buvo labai minkštas. Vidutinė šių mėginių vertė yra 1.28 mg-ekv/L. Labai minkšto vandens mėginiai buvo iš Skaudvilės m., Juknaičių k., Šilgalių k.. Mėginių gylis varijuoja nuo 89 m iki 170 m. Daugiausiai mėginiai patenka į apatinės kreidos sluoksnį (K_1), bet po vieną mėginį patenka į viršutinės kreidos (K_2) ir jūros (J_{3ox}) sluoksnius.

27 vandens mėginiai priklauso minkšto vandens kategorijai ir vidutinė bendrojo kietumo vertė 2.24 mg-ekv/L. Mėginiai paimti iš Dumpių k., Kintų, Rusnės, Skaudvilės ir kt. Mėginiai daugiausia paimti iš apatinės kreidos (K_1), 4 mėginiai yra iš viršutinės kreidos sluoksnio (K_2) bei 3 mėginiai iš jūros sluoksnių (J_3). Mėginių gyliai varijuoja nuo 58 m iki 174 m.

77 mėginių vanduo yra vidutinio kietumo. Vidurkinė vandens kietumo reikšmė siekia 4.26 mg-ekv/L. Mėginiai paimti iš Švėkšnos miestelio, Šilutės, Natkiškių, Pagėgių, Katyčių, Kidulių ir kt. Mėginių ėmimo gylis varijuoja nuo 42 m iki 174 m ir daugiausiai papuola į kreidos sluoksnius, keli mėginiai patenka į jūros laikotarpio sluoksnius.

16 mėginiai yra kieto vandens ir vidurkinė bendrojo kietumo vertė yra 7.01 mg-ekv/L. mėginių gyliai varijuoja nuo 42 m iki 140 m. Ir likusių 7 mėginių vanduo buvo labai kietas, vidutiniškai 9.25 mg-ekv/L. Šių mėginių ėmimo gylis varijuoja nuo 52 m iki 113 m. Tiesa 1 mėginys, paimtas Šiuperių kaime iš jūros oksfordžio sluoksnio išsiskyrė itin kietu vandeniu, kurio vertė siekė 25.01 mg-ekv/L. Šis mėginys buvo paimtas iš 76 m gylio.

Paėmus visus vandens mėginius, bendrojo kietumo vertė svyruoja nuo 0.75 mg-ekv/L iki 25.01 mg-ekv/L. Vidutinė vertė 4.47 mg-ekv/L. Karbonatinio kietumo vertės svyruoja nuo 0.75 mg-ekv/L iki 9.07 mg-ekv/L. Vidutinė vertė 4.16 mg-ekv/L. Nekarbonatinio kietumo buvo tik 11 mėginiuose.

Vidutinė nekarbonatinio kietumo vertė 2.90mg-ekv/L ir kinta nuo 0.09 mg-ekv/L iki 20.02 mg-ekv/L.

4.2. Mineralų prisotinimo indeksas

Kiekvienam mėginiui suskaičiuotas prisotinimo indeksas (SI) mineralams: aragonitui, kalcitui, halitui, silvinui, dolomitui, anhidritui, gipsui. Šiam tikslui pasitelkta Phreeqc Interactive 3.4 programa. Į programą buvo surašytos jonų koncentracijos išreikštos mg/L, pH, temperatūra (laipsn. C) ir $p_e = 1$ (p_e – elektronų aktyvumas). Kadangi vakarų Lietuvoje yra geoterminė anomalija, kiekvieno mėginio temperatūra rankiniu būdu interpoliuojant nustatyta pagal prof. Sauliaus Šliaupos sudarytus geoterminius žemėlapius 100 m ir 200 m gyliui (Šliaupa, 2001).

Gauti rezultatai atskleidė, jog kreidos ir jūros laikotarpio požeminis vanduo vakarų Lietuvoje prisotintas karbonatiniais mineralais: kalcitu, aragonitu, dolomitu. Tačiau visiškai neprisotintas gipsu, halitu, silvinu, anhidritu (2 lentelė).

Viršutinės kreidos požeminio vandens prisotinimas anhidritu svyruoja nuo -4.65 iki -1.74, vidurkinė reikšmė -3.52. Gipso prisotinimo indeksas varijuoja labai panašiam intervale kaip anhidrito SI nuo -4.21 iki -1.27, o vidurkinė reikšmė -3.06. Karbonatinių mineralų prisotinimo indeksai kur kas didesni. Kalcito SI varijuoja nuo -0.11 iki 0.80, vidurkis 0.35. Dolomito SI kinta nuo -0.65 iki 1.68, vidurkis 0.32. Mineralo aragonito prisotinimo indeksas vandenyje kinta nuo -0.26 iki 0.65, o vidurkinė reikšmė siekia 0.19. Halito SI varijuoja tarp -8.86 ir -5.46, vidurkis apie -7.59. Silvino SI yra tarp -9.74 ir -6.36, o vidurkinė reikšmė -8.01 (2 lentelė).

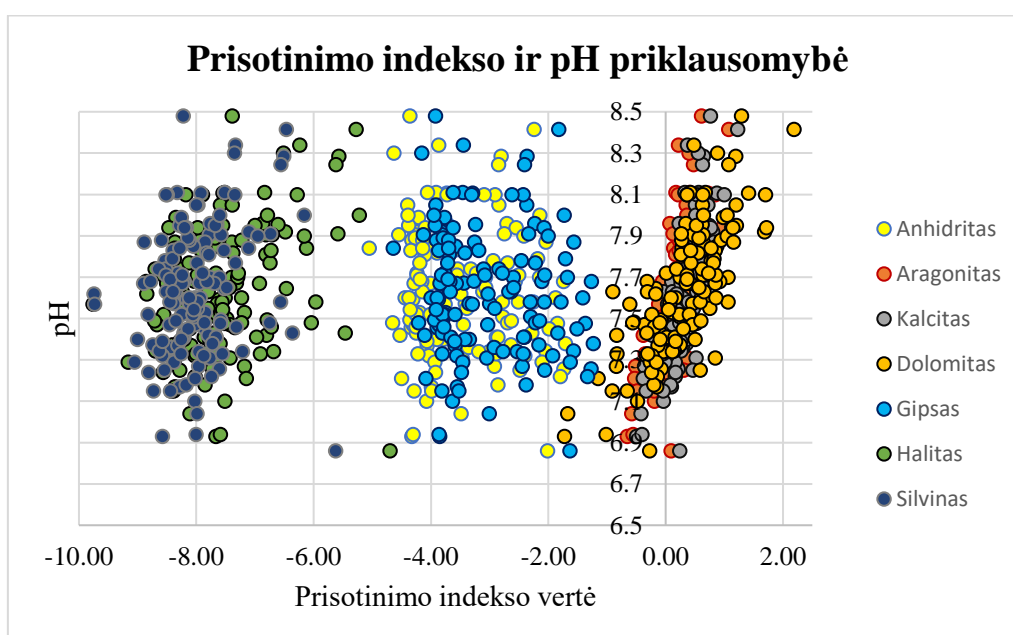
Cenomanio - apatinės kreidos požeminio vandens prisotinimas anhidritu svyruoja nuo -5.05 iki -1.88, vidurkinė reikšmė -3.52. Gipso prisotinimo indeksas varijuoja labai panašiam intervale kaip anhidrito SI nuo -4.64 iki -1.41, o vidurkinė reikšmė -3.23. Karbonatinių mineralų prisotinimo indeksai kur kas didesni. Kalcito SI varijuoja nuo -0.50 iki 1.12, vidurkis 0.30. Dolomito SI kinta nuo -1.72 iki 1.72, vidurkis 0.22. Mineralo aragonito prisotinimo indeksas vandenyje kinta nuo -0.65 iki 0.97, o vidurkinė reikšmė siekia 0.14. Halito SI varijuoja tarp -9.76 ir -5.59, vidurkis apie -7.68. Silvino SI yra tarp -9.73 ir -6.73, o vidurkinė reikšmė -8.11 (2 lentelė).

Jūros laikotarpio požeminio vandens prisotinimas anhidritu svyruoja nuo -4.36 iki -1.84, vidurkinė reikšmė -2.98. Gipso prisotinimo indeksas varijuoja labai panašiam intervale kaip anhidrito SI nuo -3.92 iki -1.84, o vidurkinė reikšmė -2.53. Kaip ir kreidos vandeningų sluoksnių taip pat ir jūros požeminio vandens prisotinimas karbonatiniais mineralais kur kas didesnis. Kalcito SI varijuoja nuo -0.05 iki 0.77, vidurkis 0.43. Dolomito SI kinta nuo -0.30 iki 1.30, vidurkis 0.51. Mineralo aragonito prisotinimo indeksas vandenyje kinta nuo -0.20 iki 0.61, o vidurkinė reikšmė siekia 0.28. Halito SI varijuoja tarp -8.71 ir -4.70, vidurkis apie -7.09. Silvino SI yra tarp -8.35 ir -5.62, o vidurkinė reikšmė -7.55 (2 lentelė).

2 lentelė. Mineralų prisotinimo indekso statistinė lentelė.

		K2	K1	J
Anhidrito SI	Min	-4.65	-5.05	-4.36
	Vid	-3.52	-3.68	-2.98
	Max	-1.74	-1.88	-1.84
Gipso SI	Min	-4.21	-4.64	-3.92
	Vid	-3.06	-3.23	-2.53
	Max	-1.27	-1.41	-1.37
Kalcito SI	Min	-0.11	-0.50	-0.05
	Vid	0.35	0.30	0.43
	Max	0.80	1.12	0.77
Dolomito SI	Min	-0.65	-1.72	-0.30
	Vid	0.32	0.22	0.51
	Max	1.68	1.72	1.30
Aragonito SI	Min	-0.26	-0.65	-0.20
	Vid	0.19	0.14	0.28
	Max	0.65	0.97	0.61
Halito SI	Min	-8.86	-9.76	-8.71
	Vid	-7.59	-7.68	-7.09
	Max	-5.46	-5.59	-4.70
Silvino SI	Min	-9.74	-9.73	-8.35
	Vid	-8.01	-8.11	-7.55
	Max	-6.36	-6.73	-5.62

Taip pat buvo sudarytas grafikas pH priklausomybė nuo prisotinimo indekso (6 pav). Iš grafiko matyti, jog mineralų halito, silvino, anhidrito ir gipso prisotinimo indeksai ($SI < 0$) nesikoreliuoja su vandens pH vertėmis. O karbonatinių mineralų (aragonito, kalcito, dolomito) prisotinimo indeksas ($SI > 0$) turi teigiamą koreliaciją su vandens pH, tai yra didėjant karbonatinių mineralų SI vanduo šarminėja ir pH vertė didėja.



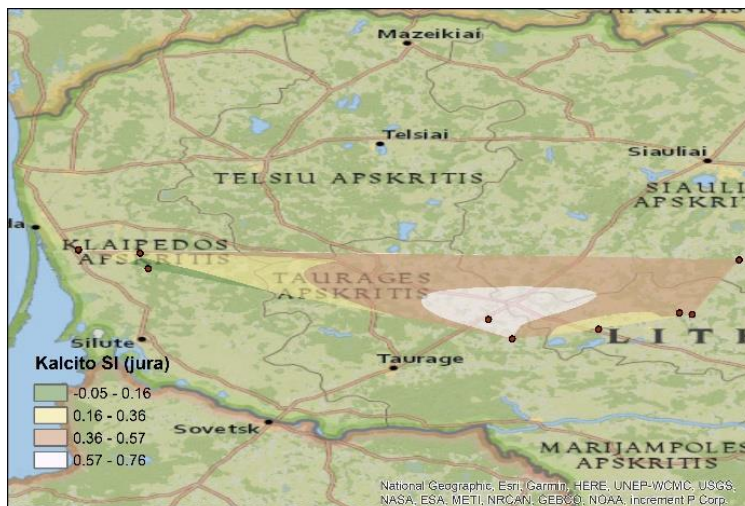
6 pav. pH priklausomybė nuo mineralų prisotinimo indekso.

Pasiskirstymo žemėlapiai sudaryti, naudojant ArcGiss kompiuterinę programą (7 – 27 pav). Žemėlapiai sudaryti pagal natūralaus kaimyno funkciją (angl. natural neighbor), tai yra priimama prielaida, kad tarp dviejų stebimų taškų kitimas vyksta pastoviai ir vienodai. Pasiskirstymo žemėlapiai buvo sudaryti jūros, apatinės kreidos ir viršutinės kreidos sluoksniams. Stebėjimo taškai, kurie buvo priskirti visam kreidos laikotarpiui (tai yra nepatikslinga ar priklauso apatinei kreidai ar viršutinei) tokie stebėjimo taškai neįtraukti į žemėlapių sudarymą. Mineralų prisotinimo indekso pasiskirstymo žemėlapiuose išryškėja dvi tendencijos:

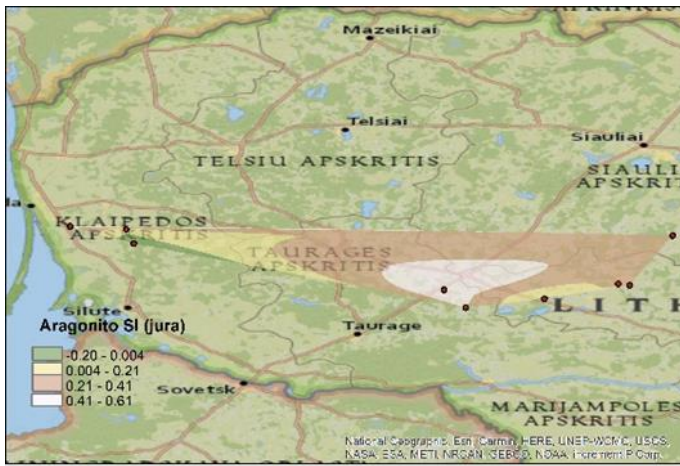
- 1) Mineralų halito ir silvino prisotinimo indeksas didesnis tyrimo ploto vakarinėje ir pietinėje dalyje (7 - 9pav., 14 - 16pav., 21 – 23 pav.).
- 2) Karbonatinių mineralų : aragonito, kalcito, dolomito prisotinimas didesnis rytinėje ir šiaurinėje ploto dalyje (12 pav., 13 pav., 19 pav., 20 pav., 26 pav., 27 pav).

Chloridinių mineralų (halito ir silvino) prisotinimo indeksai didesni vakarinėje ir pietinėje dalyje gali būti dėl chlorido anomalijos esančios cenomanio – apatinės kreidos vandeningame sluoksnyje ir galbūt dėl sūresnio Baltijos jūros vandens pritekėjimo pajūryje. Taip pat kartu su natrio hidrokarbonatinio vandens formavimusi vyksta požeminio vandens chloridizacija (Mokrik, 2003).

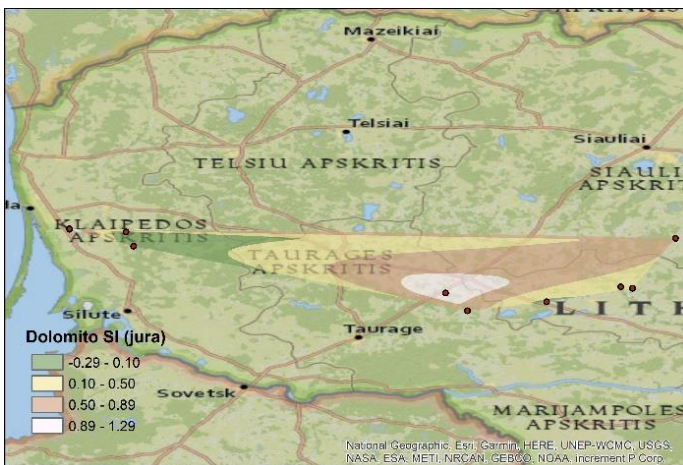
Cenomanio – apatinės kreidos, viršutinės kreidos ir jūros sluoksnių požeminis vanduo yra prisotintas karbonatinių mineralų (aragonito, dolomito ir kalcito). Vakarinėje dalyje tiriamo ploto (aplink Šilutę) karbonatinių mineralų prisotinimo indeksas yra mažesnis ir turėtų būti maždaug nusistovėjusi termodinaminė pusiausvyra, o rytinėje dalyje šių mineralų prisotinimo indeksas yra didesnis ir jau rytinėje dalyje požeminis vanduo yra persotintas karbonatinių mineralų ir gali vykti karbonatinių mineralų išsikristalizavimas.



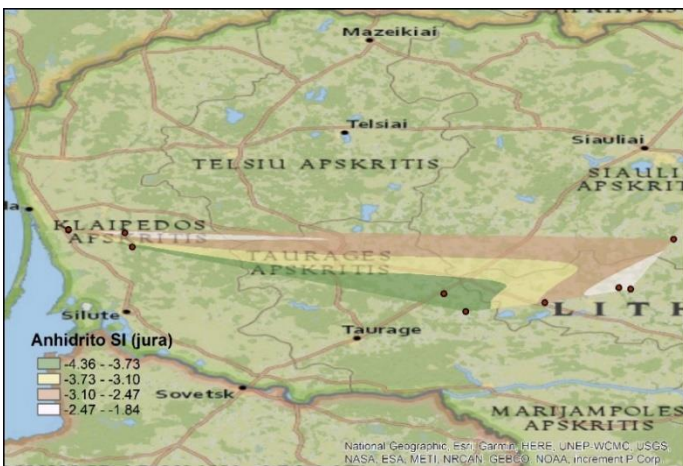
7 pav. Mineralo kalcito prisotinimo indekso pasiskirstymo žemėlapis jūros laikotarpiu.



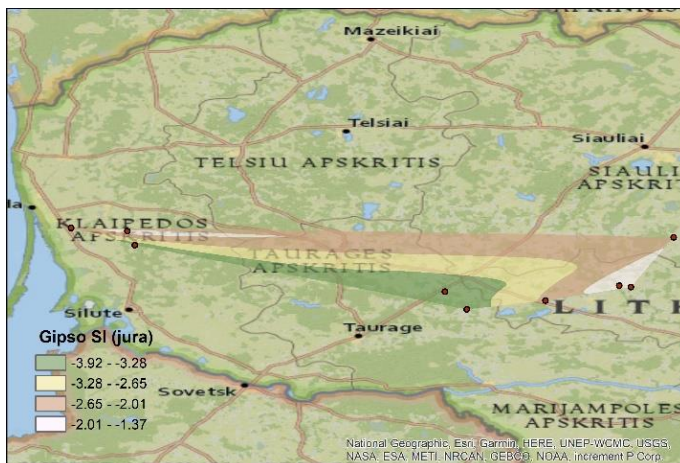
8 pav. Mineralo araginito prisotinimo indekso pasiskirstymo žemėlapis jūros laikotarpiui.



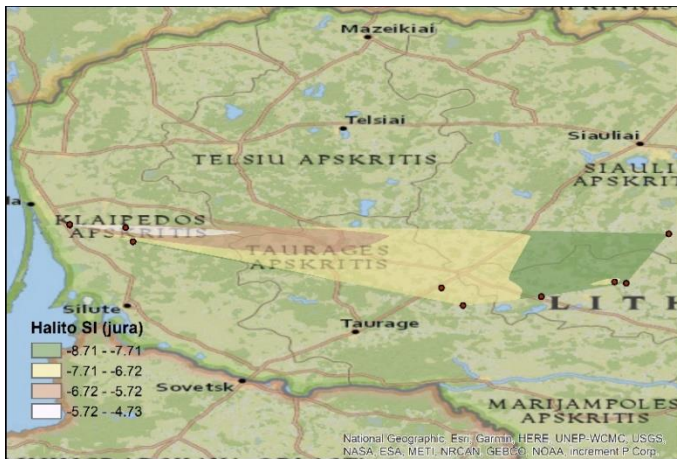
9 pav. Mineralo dolomito prisotinimo indekso pasiskirstymo žemėlapis jūros laikotarpiui.



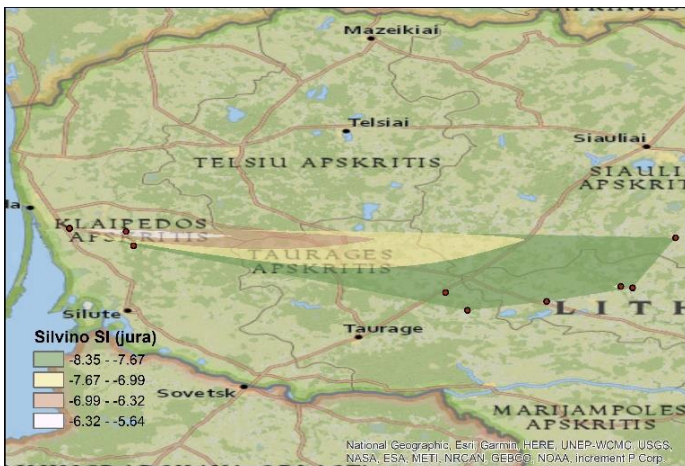
10 pav. Mineralo anhidrito prisotinimo indekso pasiskirstymo žemėlapis jūros laikotarpiui.



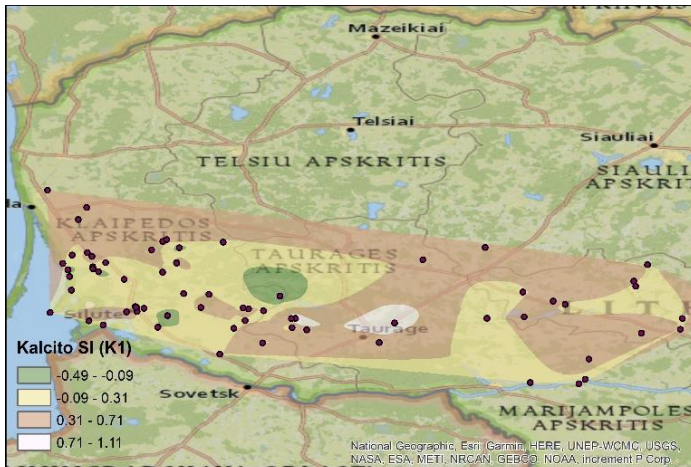
11 pav. Mineralo gipso prisotinimo indekso pasiskirstymo žemėlapis jūros laikotarpiui.



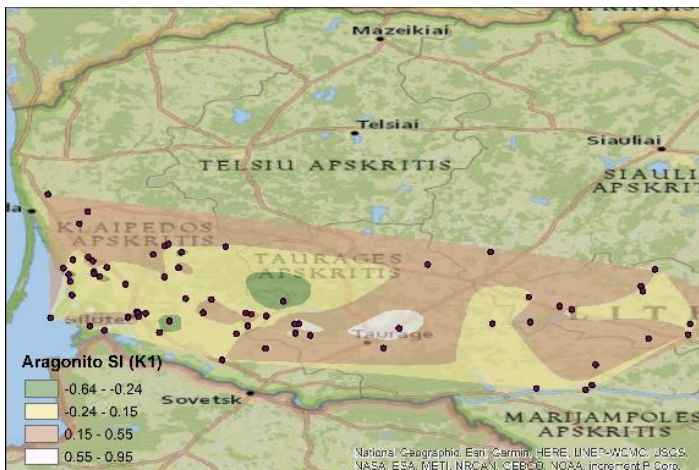
12 pav. Mineralo halito prisotinimo indekso pasiskirstymo žemėlapis jūros laikotarpiui.



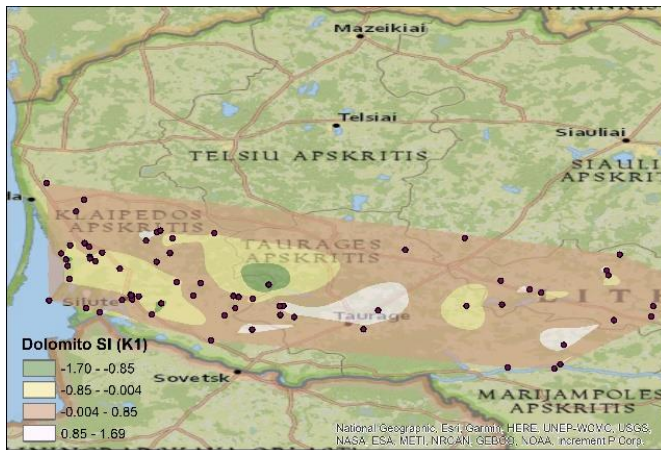
13 pav. Mineralo silvino prisotinimo indekso pasiskirstymo žemėlapis jūros laikotarpiui.



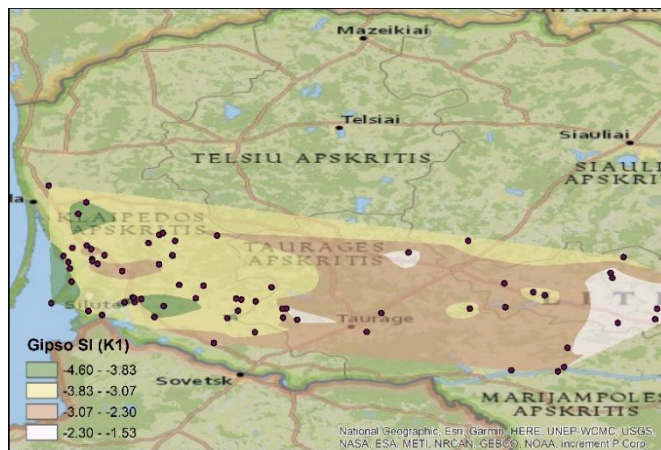
14 pav. Mineralo kalcito prisotinimo indekso pasiskirstymo žemėlapis cenomanio – apatinės kreidos laikotarpiui.



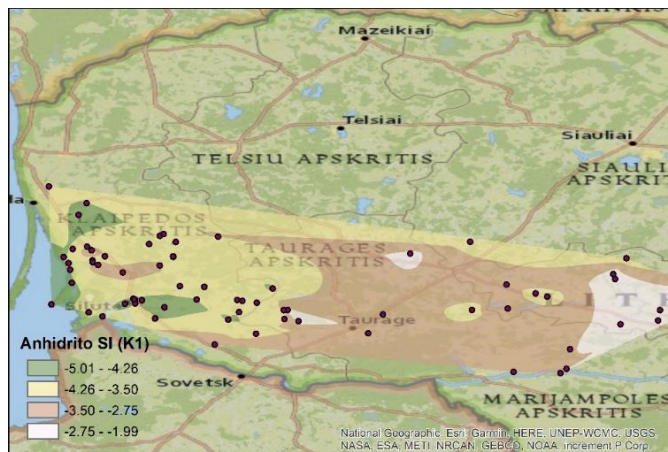
15 pav. Mineralo aragonito prisotinimo indekso pasiskirstymo žemėlapis cenomanio – apatinės kreidos laikotarpiui.



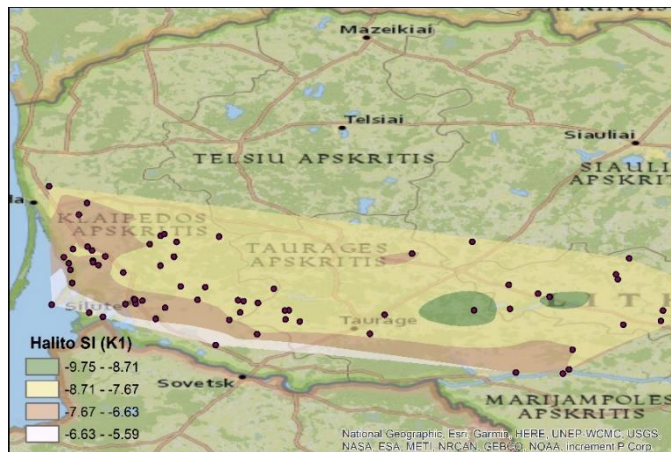
16 pav. Mineralo dolomito prisotinimo indekso pasiskirstymo žemėlapis cenomanio – apatinės kreidos laikotarpiui.



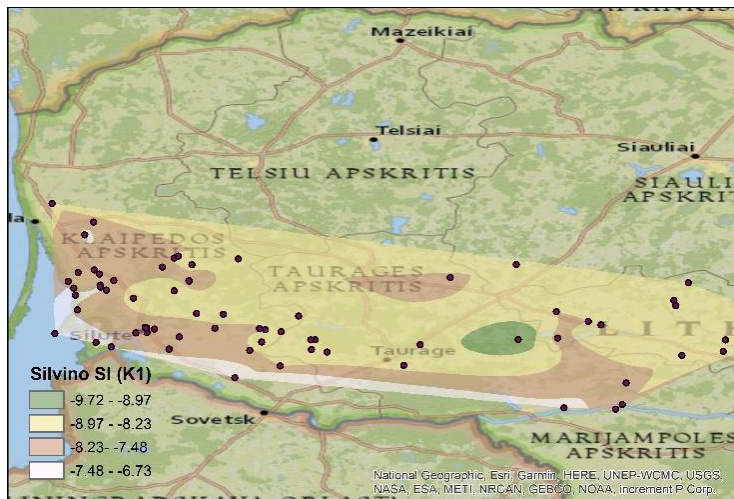
17 pav. Mineralo gipso prisotinimo indekso pasiskirstymo žemėlapis cenomanio – apatinės kreidos laikotarpiui.



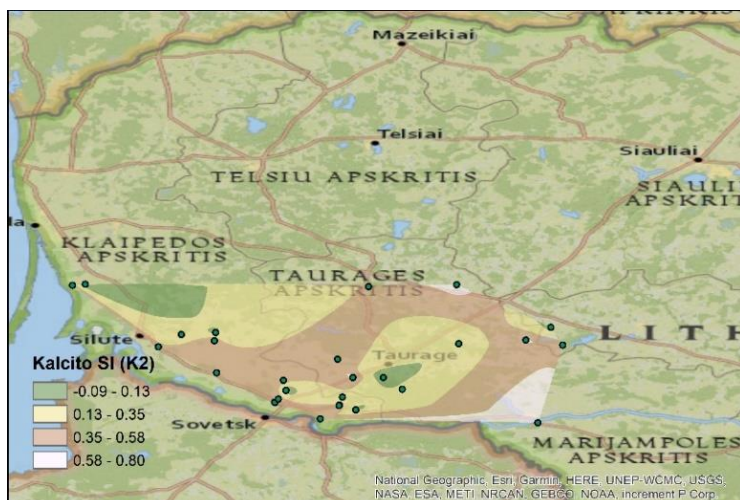
18 pav. Mineralo anhidrito prisotinimo indekso pasiskirstymo žemėlapis cenomanio – apatinės kreidos laikotarpiui.



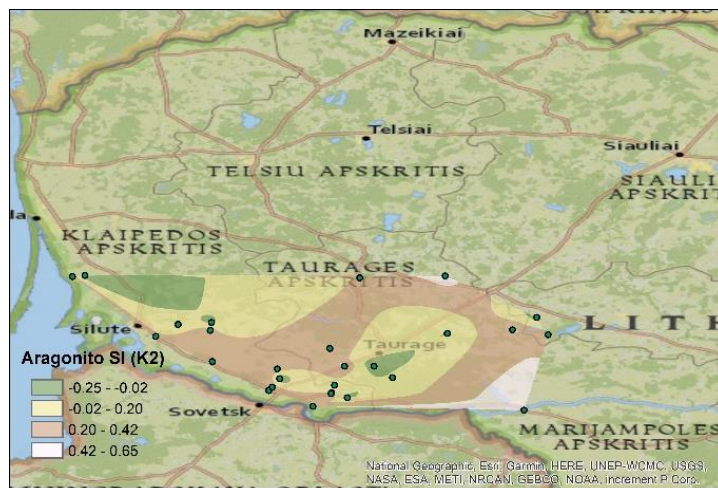
19 pav. Mineralo halito prisotinimo indekso pasiskirstymo žemėlapis cenomanio – apatinės kreidos laikotarpiui.



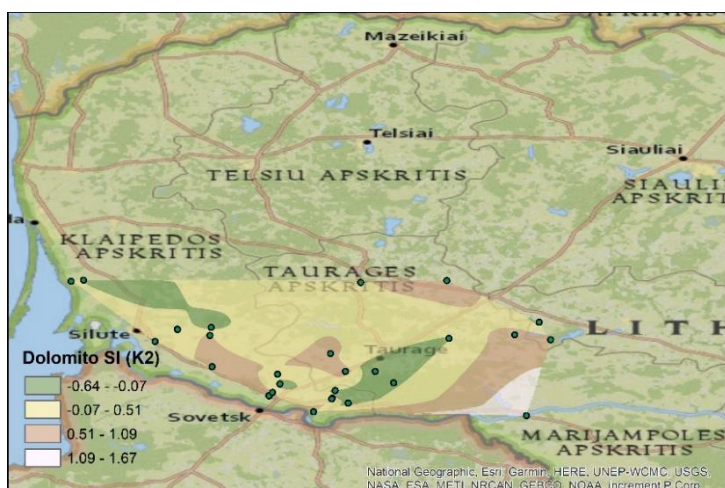
20 pav. Mineralo silvino prisotinimo indekso pasiskirstymo žemėlapis cenomanio – apatinės kreidos laikotarpiui.



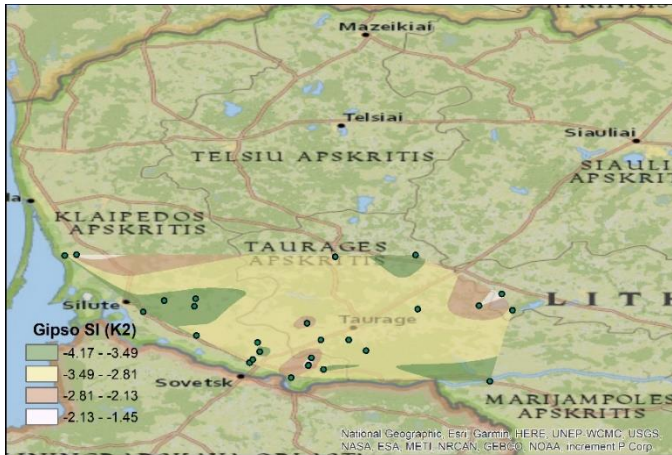
21 pav. Mineralo kalcito prisotinimo indekso pasiskirstymo žemėlapis viršutinės kreidos laikotarpiui.



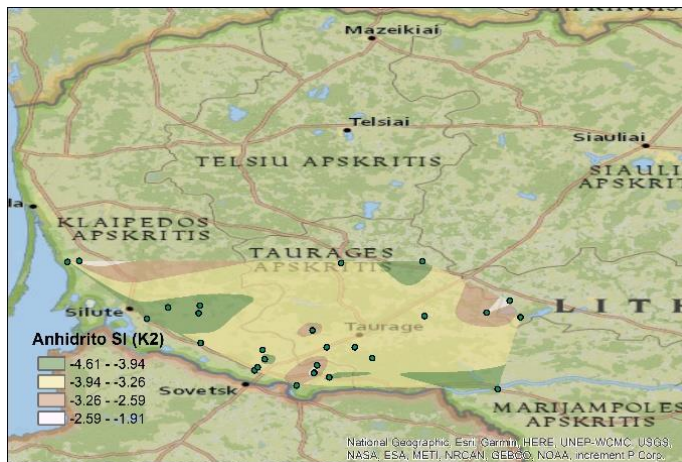
22 pav. Mineralo aragonito prisotinimo indekso pasiskirstymo žemėlapis viršutinės kreidos laikotarpiui.



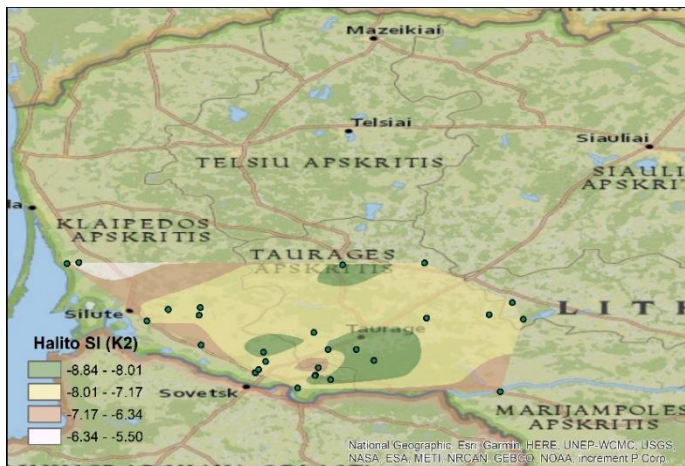
23 pav. Mineralo dolomito prisotinimo indekso pasiskirstymo žemėlapis viršutinės kreidos laikotarpiui.



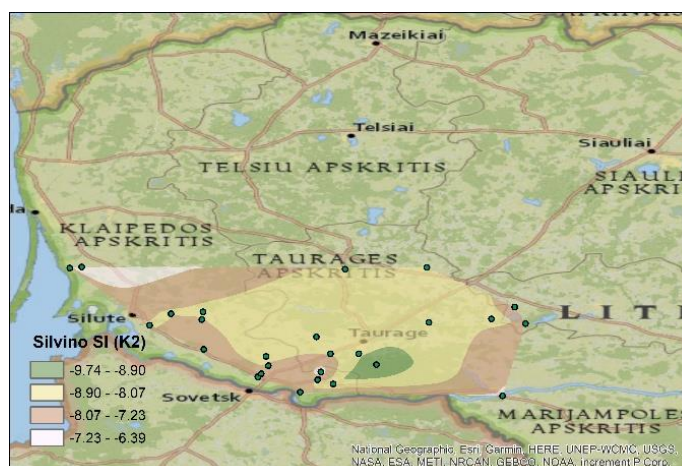
24 pav. Mineralo gipso prisotinimo indekso pasiskirstymo žemėlapis viršutinės kreidos laikotarpiui.



25 pav. Mineralo anhidrito prisotinimo indekso pasiskirstymo žemėlapis viršutinės kreidos laikotarpiui.



26 pav. Mineralo halito prisotinimo indekso pasiskirstymo žemėlapis viršutinės kreidos laikotarpiui.

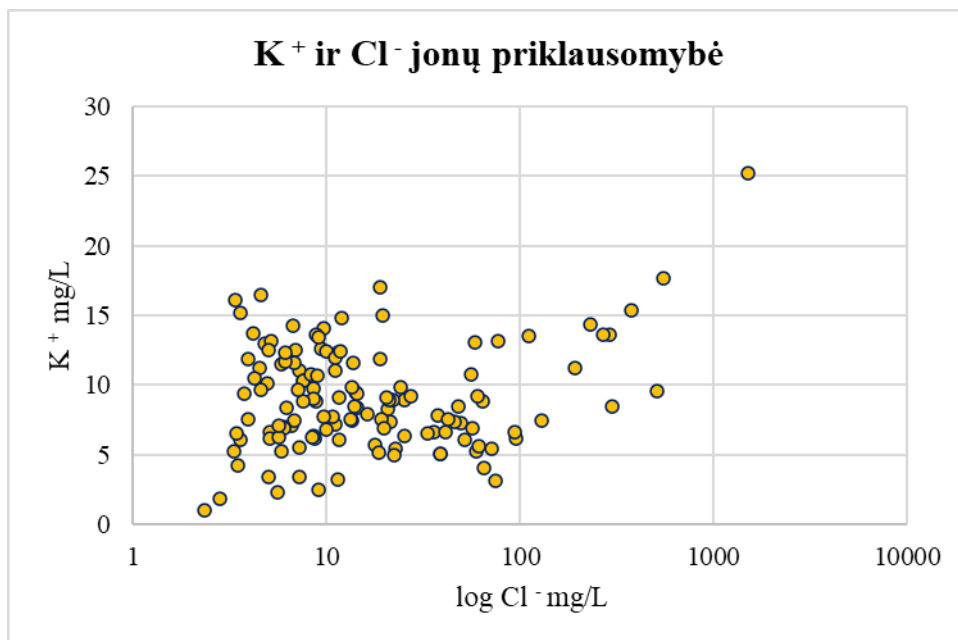


27 pav. Mineralo silvino prisotinimo indekso pasiskirstymo žemėlapis viršutinės kreidos laikotarpiui.

4.3. Katijonų mainai

Glaukonito cheminė formulė yra $(K,Na)(Fe^{3+},Al,Mg)_2(Si,Al)_4O_{10}(OH)_2$. Žemes gelmėse vyksta katijonų mainai tarp požeminio vandens ir uolienos, tirpalo katijonas pasikeičia su uolienos katijonu.

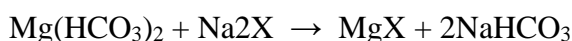
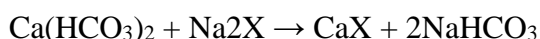
Kalio ir natrio jonai yra panašūs savo cheminėmis savybėmis ir dažnai reaguoja kartu, todėl CEC skaičiuota abiem jonams. Taip pat pastebima teigiama priklausomybė tarp K^+ ir Cl^- jonų, daugėjant kalio padaugėja chloridų (28 pav.).



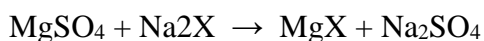
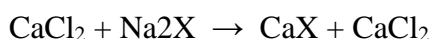
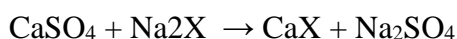
28 pav. Kalio ir chlorido jonų priklausomybė.

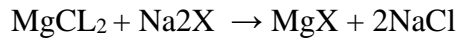
Atlikus skaičiavimus gauta, jog Na katijonų mainų geba yra tarp 5.81 mg-ekv/100g ir 77.42 mg-ekv/100g, vidurkis yra 21.17 mg-ekv/100g. Kalio katijonų mainų geba varijuoja tarp 9.89 mg-ekv/g ir 28.51 mg-ekv/g, o vidurkis yra 21.05 mg-ekv/g. Šių katijonų CEC suma kinta nuo 23.95 mg-ekv/100g iki 87.31 mg-ekv/100g, vidurkinė reikšmė lygi 42.22 mg-ekv/100g (3 lentelė). Literatūroje (McRae, 1972) glaukonito katijonų mainų geba yra tarp 5-39 mg-ekv/100g. Taigi Na^+ ir K^+ jonai sudaro didžiąją dalį katijonų mainų gebos ir yra reikšmingas šaltinis šių jonų. Katijonų mainų metu įvyksta katijonų apsimainymas ir vanduo suminkštėja, procesą apibrėžia lygtys:

Karbonatiniui kietumui:



Nekarbonatiniui kietumui:





3 lentelė. Katijonų mainų rezultatai iš cheminės analizės duomenų.

Gr. Nr. pavadinimas	Litologija	Indeksas	mėginio gylys, m	Na %	Na CEC mg-ekv/100g	K %	K CEC mg-ekv/100g	Bendras CEC mg-ekv/100g
40 Gargzdai	Kvarcinis - glaukonitinis smėlis	K1	58	0.30	12.90	0.96	24.68	37.58
29 Kybartai	Smiltainis glaukonitinis - kvarcinis	K2cm	229.8	0.65	28.06	1.11	28.40	56.47
29 Kybartai	Smėlis įv. žaliai pilkas	K2cm	233.4	0.13	5.81	1.11	28.51	34.32
29 Kybartai	Smėlis įv. žaliai pilkas	K2cm	239.6	0.24	10.32	0.54	13.72	24.05
29 Kybartai	Smėlis žaliai pilkas aleuritingas	K1	257.6	0.31	13.55	1.01	25.85	39.40
29 Kybartai	Smėlis žaliai pilkas aleuritingas	K1	275.6	0.24	10.32	0.95	24.36	34.68
29 Kybartai	Smėlis glaukonitinis - kvarcinis	K1	281.3	1.78	77.42	0.39	9.89	87.31
29 Kybartai	Smėlis glaukonitinis - kvarcinis	K1	283	0.25	10.97	0.51	12.98	23.95

Žemaičių Naumiesčio plotą kerta du pjūviai sudaryti pagal (ataskaita (Stankevičius, 1993)), todėl Na^+ CEC buvo pabandyta suskaičiuoti kitu būdu - surandant pirmiausia, koks maždaug kiekis slūgso glaukonito šiame plote. Iš kertančių pjūvių paskaičiuoti plotis ir ilgis, po to surasti glaukonito tūris, masė bei kiek maždaug yra tipiniame glaukonite Na. Gauta, kad Na^+ katijonų mainų geba yra 11.74 mekv/100g. Visiems keturiems gręžiniams skaičiavimo metu buvo gautas vienodas CEC, nes šis dydis priklauso tik nuo reaguojančių jonų kiekio (4 lentelė).

Žinoma, norint tikslesnių rezultatų reikėtų detalesnių bandymų pavyzdžiui CEC nustatyti laboratoriniais metodais arba cheminės analizės duomenų, kuriuose būtų tiksliai nustatytas katijonų kiekis ppm išraiška, nes perskaičiuojant iš procentinių dalių gali susidaryti paklaidos.

4 lentelė. Natrio katijonų mainų gebos rezultatai Žemaičio Naumiesčio plote.

Gr. Nr	Plotas	X koord.	Y koord.	Naudingojo sluoksnio storis, m	Plotis, m	Ilgis, m	Glaukonito %	Tūris, m ³	Glaukonito tūris, m ³	Tankis vid, kg/m ³	Glaukonito masė, kg	Natrio masė, kg	Na, mg	Na, ppm	CEC, meq/100 g
1	Ž. Naumiestis	6140909	353108	13	13200	2233	<10	383182800	38318280	2680	1.02693E+11	277271074	2.77271E+14	2700	11.74
1	Ž. Naumiestis	6140909	353108	3.5	13200	2233	<10	103164600	10316460	2680	27648112800	74649904.6	7.46499E+13	2700	11.74
1	Ž. Naumiestis	6140909	353108	4	13200	2233	<20	117902400	23580480	2680	63195686400	170628353	1.70628E+14	2700	11.74
1	Ž. Naumiestis	6140909	353108	10.5	13200	2233	>20	309493800	61898760	2680	1.65889E+11	447899427	4.47899E+14	2700	11.74
1	Ž. Naumiestis	6140909	353108	3	13200	2233	<10	88426800	8842680	2680	23698382400	63985632.5	6.39856E+13	2700	11.74
2	Ž. Naumiestis	6139940	355828	22	13200	1900	>30	551760000	1.66E+08	2680	4.43615E+11	1197760608	1.19776E+15	2700	11.74
2	Ž. Naumiestis	6139940	355828	4	13200	1900	<10	100320000	10032000	2680	26885760000	72591552	7.25916E+13	2700	11.74
2	Ž. Naumiestis	6139940	355828	4	13200	1900	>20	100320000	20064000	2680	53771520000	145183104	1.45183E+14	2700	11.74
2	Ž. Naumiestis	6139940	355828	7	13200	1900	<10	175560000	17556000	2680	47050080000	127035216	1.27035E+14	2700	11.74
2	Ž. Naumiestis	6139940	355828	5	13200	1900	>10	125400000	12540000	2680	33607200000	90739440	9.07394E+13	2700	11.74
3	Ž. Naumiestis	6139356	356320	3	13200	700	<20	27720000	5544000	2680	14857920000	40116384	4.01164E+13	2700	11.74
3	Ž. Naumiestis	6139356	356320	12	13200	700	<20	110880000	22176000	2680	59431680000	160465536	1.60466E+14	2700	11.74
3	Ž. Naumiestis	6139356	356320	3	13200	700	>10	27720000	2772000	2680	7428960000	20058192	2.00582E+13	2700	11.74
3	Ž. Naumiestis	6139356	356320	2	13200	700	>10	18480000	1848000	2680	4952640000	13372128	1.33721E+13	2700	11.74
3	Ž. Naumiestis	6139356	356320	2	13200	700	>20	18480000	3696000	2680	9905280000	26744256	2.67443E+13	2700	11.74
3	Ž. Naumiestis	6139356	356320	7	13200	700	<20	64680000	12936000	2680	34668480000	93604896	9.36049E+13	2700	11.74
3	Ž. Naumiestis	6139356	356320	3	13200	700	>10	27720000	2772000	2680	7428960000	20058192	2.00582E+13	2700	11.74
3	Ž. Naumiestis	6139356	356320	3	13200	700	>20	27720000	5544000	2680	14857920000	40116384	4.01164E+13	2700	11.74
4	Ž. Naumiestis	6139189	356794	13	13200	1033	<20	177262800	35452560	2680	95012860800	256534724	2.56535E+14	2700	11.74
4	Ž. Naumiestis	6139189	356794	3	13200	1033	>30	40906800	12272040	2680	32889067200	88800481.4	8.88005E+13	2700	11.74
4	Ž. Naumiestis	6139189	356794	3	13200	1033	<20	40906800	8181360	2680	21926044800	59200321	5.92003E+13	2700	11.74
4	Ž. Naumiestis	6139189	356794	10	13200	1033	<10	136356000	13635600	2680	36543408000	98667201.6	9.86672E+13	2700	11.74
4	Ž. Naumiestis	6139189	356794	5	13200	1033	>30	68178000	20453400	2680	54815112000	148000802	1.48001E+14	2700	11.74

Palyginus vandens sudėtį mėginio paimto ne iš glaukonitino – kvarcinio smėlio su mėginiu, kuris turėjo kontaktą su glaukonitu matyti, jog požeminiame vandeniui, pratekėjus pro glaukonitinės sudėties nuogulas, vandenyje dėl katijonų mainų sumažėja kalcio jonų ir padaugėja natrio, dėl to smarkiai pakinta vandens kietumas. Taip pat dvigubai daugiau chlorido jonų, galimai dėl chloridizacijos ar natrio chlorido anomalijos (5 lentelė).

5 lentelė. Glaukonito įtaka vandens hidrocheminei sudėčiai (Krakių sen. mėginys neturėjo kontakto su glaukonitu, Žemaičių Naumiesčio sen. mėginys turėjo sąlytį su glaukonitu).

Seniūnija	Krakių sen.	Ž. Naumiesčio sen.
Gręžinio Nr.	62156	64092
Koord. X	6136981	6135416
Koord. Y	477192	355129
Indeksas	K1	K2
Gylis nuo m	60	102
Gylis iki m	69	110
Cl⁻ mg/L	6.6	14
HCO₃⁻ mg/L	583	416
TDS mg/L	844	584
Ca²⁺ mg/L	121	29.3
K⁺ mg/L	7.1	8.5
Mg²⁺ mg/L	36.8	9.3
Na⁺ mg/L	35.8	105
Savitasis laidis	860	580
SO₄²⁻ mg/L	47.9	1
pH	7.58	8.05
Bendras kietums mg-ekv/L	9.07	2.23
Temperatūra °C	10	10
Vandens tipas	CaMgHCO ₃	NaHCO ₃

IŠVADOS

1. Glaukonitas smulkiagrūdis mineralas, pasižymintis didelėmis katijonų mainų gebos reikšmėmis. Kalio ir natrio katijonų mainų geba varijuoja nuo 23.95 mg-ekv/100g iki 87.31 mg-ekv/100g, vidurkinė reikšmė lygi 42.22 mg-ekv/100g. Skaičiavimo metu buvo gautas vienodas CEC, kadangi katijonų mainų geba priklauso nuo to, kiek toje uolienoje yra katijono.
2. Glaukonitas pasižymi savybėmis sulaikyti įvairias medžiagas, absorbuoja iš vandens sunkiuosius metalus ir minkština vandenį. Katijonų mainų metu iš vandens pasiima kalcį ir magnį, o praturtina požeminį vandenį natriu ir kaliu.
3. Vakarų Lietuvoje vyrauja vidutinio kietumo vanduo, bet einant link Baltijos jūros vanduo minkštėja. Bendrojo kietumo vertė svyruoja nuo 0.75 mg-ekv/L iki 25.01mg-ekv/L, o vidutinė vertė 4.47 mg-ekv/L.
4. Kreidos ir jūros vandeningų kompleksų požeminis vanduo yra prisotintas ($SI > 0$) karbonatinių mineralų: kalcito, dolomito, aragonito. Karbonatinių mineralų prisotinimo indeksai tiesiogiai koreliuojasi su pH vandens.
5. Išryškėjo dvi mineralų prisotinimo indekso pasiskirsto tendencijos: mineralų halito ir silvino prisotinimo indeksas didesnis tyrimo ploto vakarinėje ir pietinėje dalyje. O karbonatinių mineralų : aragonito, kalcito, dolomito prisotinimas didesnis rytinėje ir šiaurinėje ploto dalyje.

LITERATŪRA

- Česnulevičius, A. (sud.). (2016) *Lietuvos nacionalinis atlasas*. antras. Vilnius.
- Chapelle, F. H. and Knobel, L. R. L. (1983) 'Aqueous Geochemistry and the Exchangeable Cation Composition of Glaucosite in the Aquia Aquifer, Maryland', *Groundwater*, 21(3), pp. 343–352. doi: 10.1111/j.1745-6584.1983.tb00734.x.
- Dorothy, C. (1959) 'Ion exchange in clays and other minerals', *Bulletin of the Geological Society of America*, 70(6), pp. 749–780. doi: 10.1130/0016-7606(1959)70.
- Gregorauskas, M. *et al.* (2017) 'Cenomanio-apatinės kreidos sluoksnio požeminio vandens išteklių ir hidrocheminių anomalijų modelinis įvertinimas', *Geologija. Geografija*, 3(2), pp. 73–79. doi: 10.6001/geol-geogr.v3i2.3538.
- Gregorauskas, M. (ats. vykd. ., Klimas, A. and Bendoraitis, A. (2012) *Kainozojaus-mezozojaus hidrogeologinės sistemos (viršutinės-apatinės kreidos požeminio vandens baseinas) turimi požeminio vandens ištekliai. Galutinė ataskaita : projektas: požeminio vandens išteklių įvertinimas Lietuvoje*. Vilnius.
- Juodkasis, V. (2003) *Regioninės hidrogeologijos pagrindai*. Vilnius.
- Kaušinis, K. (2006) 'Lietuvos požeminio vandens cheminės sudėties formavimosi dėsningumai', *Geologijos pažanga*.
- Kemėšis, V., Linčius, A. and Paškevičius, J. (2009) *Enciklopedinis geologijos terminų žodynas. Lietuvių, anglų, vokiečių, rusų kalbomis*. Edited by J. Paškevičius. Vilnius: Vilniaus universiteto leidykla.
- Kim, H.-J. *et al.* (2019) 'Sanitization efficacy of slightly acidic electrolyzed water against pure cultures of Escherichia coli, Salmonella enterica, Typhimurium, Staphylococcus aureus and Bacillus cereus spores, in comparison with different water hardness', *Scientific reports*, 9(1), pp. 1–14.
- Kumar, S. and Jain, S. (2013) 'History, introduction, and kinetics of ion exchange materials', *Journal of Chemistry*, 2013. doi: 10.1155/2013/957647.
- Martins, R. J. E., Pardo, R. and Boaventura, R. A. R. (2004) 'Cadmium (II) and zinc (II) adsorption by the aquatic moss Fontinalis antipyretica: effect of temperature, pH and water hardness', *Water Research*, 38(3), pp. 693–699.
- Mažeika, J. and Mokrik, R. (2006) *Hidrogeochemija*. Vilnius: Vilniaus universiteto leidykla.
- McRae, S. G. (1972) 'Glaucosite', *Earth Science Reviews*, 8(4), pp. 397–440. doi: 10.1016/0012-8252(72)90063-3.
- McRae Wye College, S. G. (1975) 'The presence of indigenous glauconite in soils and its effect on soil fertility I. Soils developed on sandy drift (Barming series)', *The Journal of Agricultural Science*, 84(1), pp. 137–141. doi: 10.1017/S0021859600071987.

- Mokrik, R. (2003) *Baltijos baseino paleohidrogeologija : neoproterozojus ir fanerozojus*. Vilnius: Vilniaus universiteto leidykla.
- Novikova L *et al.* (2015) 'Effect of acid and alkaline treatment on physical- chemical properties of surface of natural glauconite', *Сорбционные И Хроматографические Процессы*, 15(5), pp. 730–740.
- Paškevičius, J. (1997) 'The geology of the Baltic Republics'. Vilnius.
- Ramirez, L. *et al.* (2019) 'Behavior of TiO₂ and CeO₂ nanoparticles and polystyrene nanoplastics in bottled mineral, drinking and lake geneva waters. impact of water hardness and natural organic matter on nanoparticle surface properties and aggregation', *Water*, 11(4), p. 721.
- Singla, R., Alex, T. C. and Kumar, R. (2020) 'On mechanical activation of glauconite: Physicochemical changes, alterations in cation exchange capacity and mechanisms', *Powder Technology*, 360, pp. 337–351. doi: 10.1016/j.powtec.2019.10.035.
- Šliaupa, S. (2001) 'Geoterminių duomenų rinkimas ir sisteminimas'. Geologijos fondas, inv. Nr. 5769.
- Šliaupa, S. and Kežun, J. (2012) 'Hydrogeothermal resources of Middle Lithuania', *Geologija*, 53(2), pp. 75–87. doi: 10.6001/geologija.v53i2.1851.
- Smith, E. H. *et al.* (1996) 'Sorption of heavy metals by Lithuanian glauconite', *Water Research*, 30(12), pp. 2883–2892. doi: 10.1016/S0043-1354(96)00004-8.
- Stankevičius, V. (1993) *Glaukonitinio-kvarcinio smėlio paieškų perspektyvų vakarų-pietvakarių Lietuvoje kompleksinis įvertinimas*. Vilnius.
- Suma, C. S. *et al.* (2015) 'Geochemical Modeling of Groundwater in Chinnar River Basin: A Source Identification Perspective', *Aquatic Procedia*. doi: 10.1016/j.aqpro.2015.02.124.
- Tedrow, J. C. F. (2002) 'Greensand and Greensand Soils of New Jersey : A Review', *New Jersey Agricultural Experimental Section*, p. 40.
- Thakur, J. K., Diwakar, J. and Singh, S. K. (2015) 'Hydrogeochemical evaluation of groundwater of Bhaktapur Municipality, Nepal', *Environmental Earth Sciences*. doi: 10.1007/s12665-015-4514-4.

SANTRAUKA

LINA DAUMANTIENĖ

Glaukonitas ir jo įtaka požeminio vandens hidrocheminės sudėties formavimuisi aktyviojoje apykaitos zonoje Vakarų Lietuvoje

Vakarų Lietuvos požeminis vanduo išsiskiria mažesniu vandens kietumu. Vandens kietumą apibūdina vandenyje ištirpę kalcio ir magnio junginiai. Mažesnio vandens kietumo susidarymas vakarų Lietuvoje siejamas su gėlo ir jūros vandens maišymusi dėl vykusios jūros trangresijos bei gėlo kritulių vandens filtravimusi per glaukonitines nuogulas, kuriose gausu natrio ir kalio. Glaukonitas linkęs katijonų mainų metu atiduoti kalį ir natrių, o iš požeminio vandens pasiimti kalcį ir magnį. Glaukonitinis – kvarcinis smėlis paplitęs beveik visame tiriamajame plote, tačiau glaukonito kiekis tame sluoksnyje yra labai nevienodas. Daugiausia glaukonito yra 10 % kai kur siekia iki 20 %. 1993 m. vykdant žvalgybinius tyrimus kaip perspektyvesni plotai išskirti Barzdėnuose ir Žemaičių Naumiestyje, kuriuose glaukonito kiekis uolienose viršija 20 %. Vakarų Lietuvoje apatinės kreidos požeminis vanduo pasižymi ir didesne chlorido kiekiu vandenyje, nes šioje dalyje upių slėniuose dėl lūžių priteka sūresnio natrio chloridinio vandens iš senesnių vandeningųjų sluoksnių. Taip pat kreidos ir jūros požeminis vanduo yra prisotintas karbonatinių mineralų aragonito, kalcito ir dolomito. Jų prisotinimas didesnis rytinėje ir šiaurinėje tyrimo ploto dalyje, o mažesnis prisotinimas šių mineralų aplink Šilutę, Rusnę, Žemaičių Naumiestį, Barzdėnus, kur didesnė glaukonito koncentracija uolienose. Mineralų halito ir silvino prisotinimas didesnis prie Baltijos jūros ir pietinėje tiriamojo ploto dalyje.

SUMMARY

LINA DAUMANTIENĖ

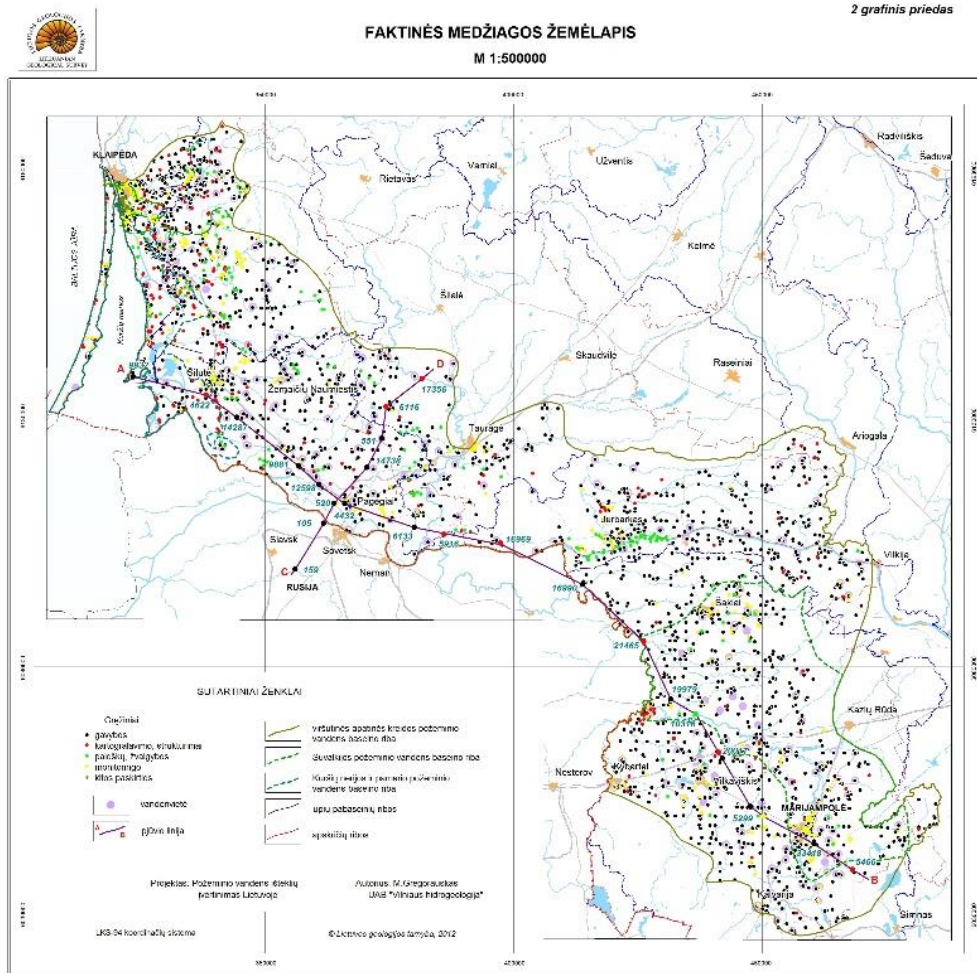
Glauconite and its influence on the formation of groundwater hydrochemical composition in the active exchange zone in Western Lithuania

Groundwater in Western Lithuania is distinguished by lower water hardness. Water hardness is characterized by calcium and magnesium compounds dissolved in water. The formation comparatively of low water hardness in western Lithuania is associated with the mixing of fresh and sea water due to the sea transgression and the filtration of fresh rainwater through glauconitic deposits, which are rich in sodium and potassium. Glauconite tends to give off potassium and sodium during cation exchange and take calcium and magnesium from groundwater. Glauconite - quartz sand is widespread in almost the entire study area, but the amount of glauconite in that layer is very unequal. Mostly glauconite is 10% in some places up to 20%. In 1993 was performed the research which showed that the most promising areas were identified in Barzdėnai and Žemaičiai Naumiestis, where the glauconite content in the rocks exceeds 20%. In western Lithuania, the groundwater of the Lower Cretaceous is characterized by a higher content of chloride in the water, because in this part of the river valleys due to occurring pathways saltier sodium chloride water flows from older aquifers. The current study shows that Cretaceous and Jurassic groundwater is saturated with carbonate minerals aragonite, calcite, and dolomite. Their saturation is higher in the eastern and northern part of the study area, and lower saturation of these minerals around Šilutė, Rusnė, Žemaičių Naumiestis, Barzdėnai, where the concentration of glauconite in rocks is higher. Mineral halite and silvin saturation is higher near the Baltic Sea and in the southern part of the study area.

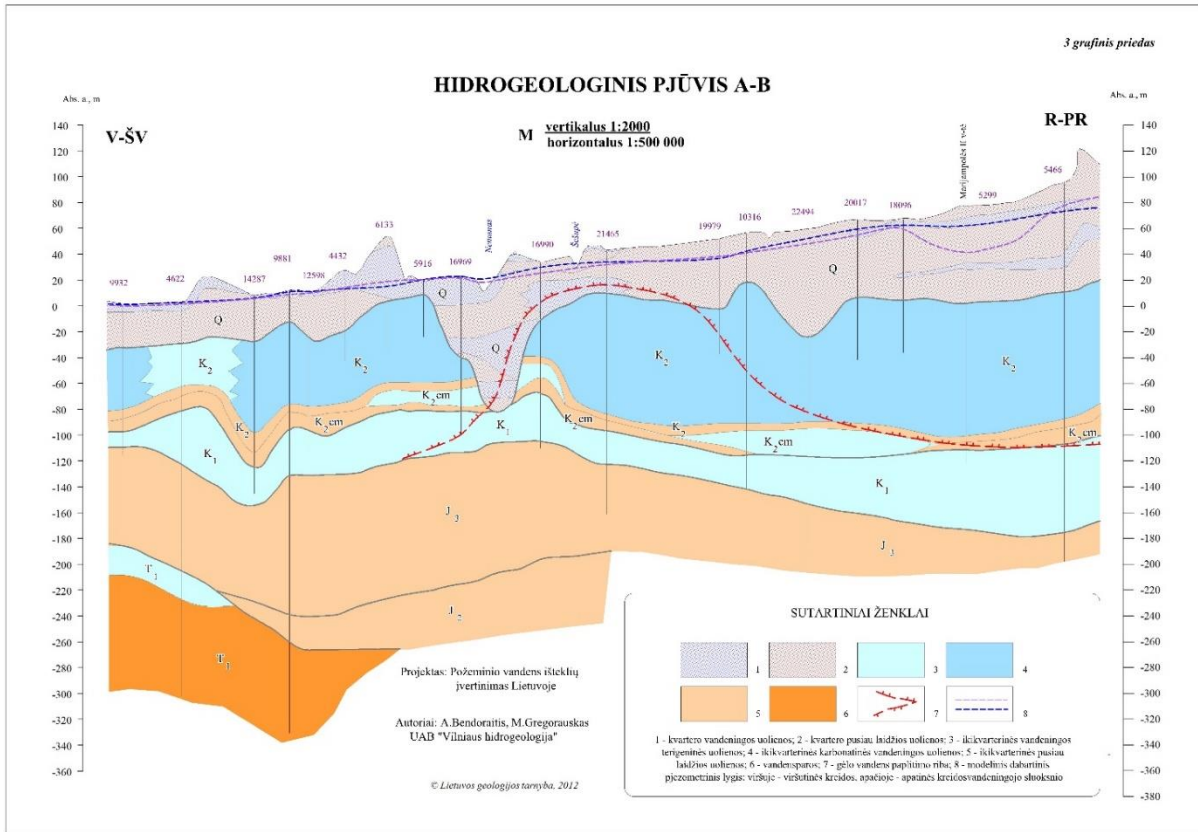
PRIEDAI

1. 1 priedas Pjūvio linija einanti per tiriamą plotą (Gregorauskas, Klimas and Bendoraitis, 2012).
2. 2 priedas Hidrogeologinis pjūvis A-B (Gregorauskas, Klimas and Bendoraitis, 2012).
3. 3 priedas Hidrogeologinis pjūvis C-D (Gregorauskas, Klimas and Bendoraitis, 2012).
4. 4 priedas Kreidos ir jūros vandeningųjų kompleksų hidrogeocheminių charakteristikų suvestinė lentelė

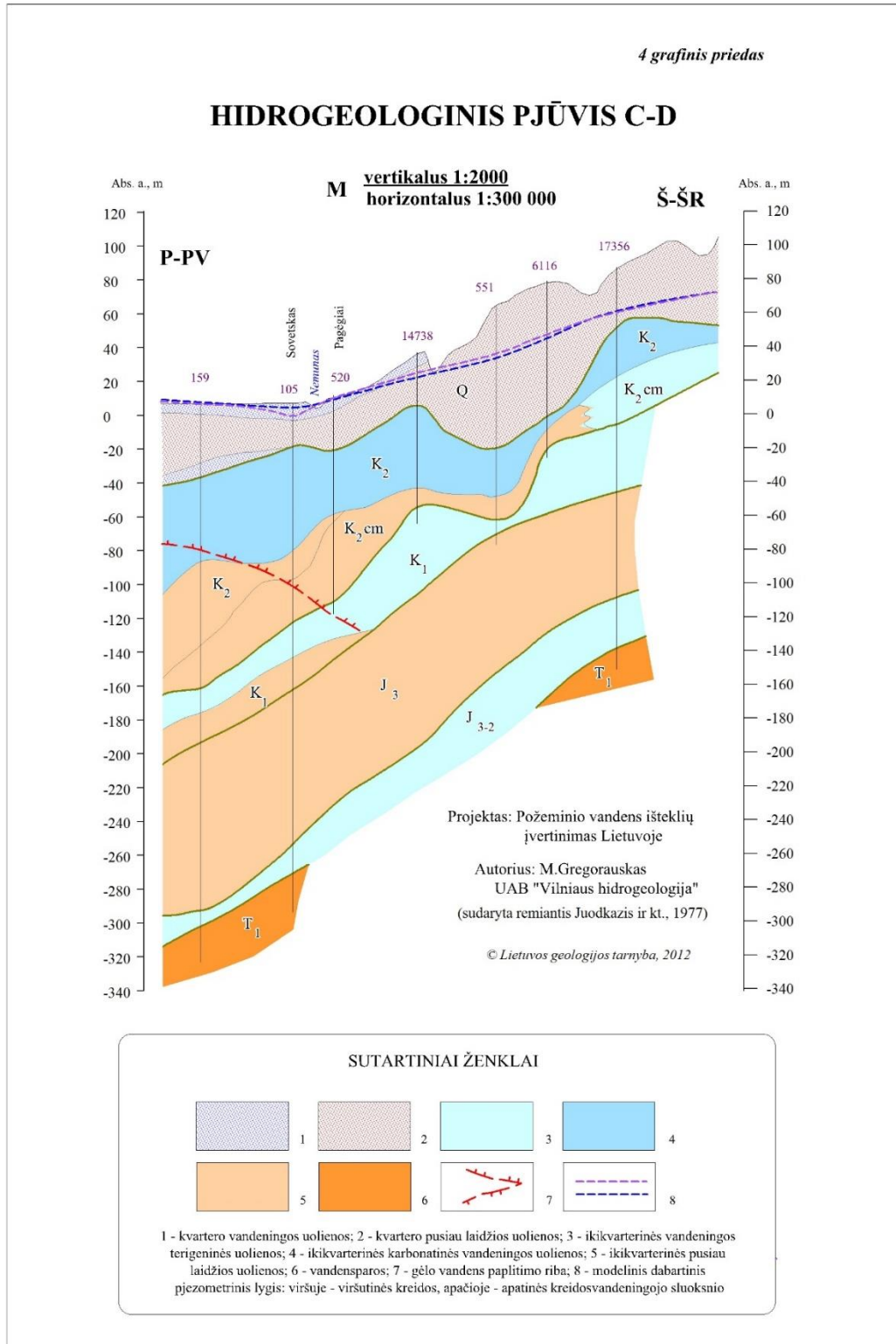
Pjūvio linija einanti per tiriamą plotą (Gregorauskas, Klimas and Bendoraitis, 2012)



Hidrogeologinis pjūvis A-B (Gregorauskas, Klimas and Bendoraitis, 2012)



Hidrogeologinis pjūvis C-D (Gregorauskas, Klimas and Bendoraitis, 2012)



Kreidos ir jūros vandeningųjų kompleksų hidrogeocheminių charakteristikų suvestinė lentelė.

	Jura (J)	Apatinė kreida (K1)	Viršutinė kreida (K2)
Cl⁻ mg/L	54.83	50.03	48.70
HCO₃⁻ mg/L	413.92	418.69	416.93
TDS mg/L	682.79	679.59	674.92
Ca²⁺ mg/L	58.98	59.93	61.06
K⁺ mg/L	9.09	9.06	9.05
Mg²⁺ mg/L	17.40	17.77	18.02
Na⁺ mg/L	103.56	99.40	96.23
Savitasis laidis	790.08	779.21	772.35
SO₄²⁻ mg/L	23.17	22.95	23.12
pH	7.62	7.63	7.62
Bendras kietums mg-ekv/L	4.37	4.45	4.53
Karbonatinis kietumas mg-ekv/L	4.04	4.14	4.21
Nekarbonatinis kietumas mg-ekv/L	1.29	0.73	1.42
Temperatūra °C	12.08	12.00	11.92
Anhidrito SI	-2.98	-3.68	-3.52
Gipso SI	-2.53	-3.23	-3.06
Kalcito SI	0.43	0.30	0.35
Dolomito SI	0.51	0.22	0.32
Aragonito SI	0.28	0.14	0.19
Halito SI	-7.09	-7.68	-7.59
Silvino SI	-7.55	-8.11	-8.01