

# Cenomanio-apatinės kreidos sluoksnio požeminio vandens išteklių ir hidrocheminių anomalijų modelinis įvertinimas

Marius Gregorauskas<sup>1</sup>,

Kostas Kaušinis<sup>2</sup>,

Modestas Bujanauskas<sup>1</sup>,

Vytautas Samalavičius<sup>1</sup>,

Robert Mokrik<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Vilniaus universitetas,  
Chemijos ir geomokslų fakultetas,  
Hidrogeologijos ir inžinerinės geologijos katedra,  
M. K. Čiurlionio g. 21/27, LT-03101 Vilnius  
El. paštas: marius.gregorauskas@gf.vu.lt;  
modestas.bujanauskas@gf.vu.lt;  
vytautas.samalavicius@chgf.vu.lt;  
robert.mokrik@gf.vu.lt*

<sup>2</sup> *UAB „Vandens gręžiniai“,  
Kirtimų g. 11, LT-02244 Vilnius  
El. paštas info@greziniai.lt*

**Gregorauskas M., Kaušinis K., Bujanauskas M., Samalavičius V., Mokrik R.** Cenomanio-apatinės kreidos sluoksnio požeminio vandens išteklių ir hidrocheminių anomalijų modelinis įvertinimas. *Geologija. Geografija*. 2017. T. 3(2). ISSN 2351-7549.

Pietų Lietuvoje esantis cenomanio-apatinės kreidos vandeningasis sluoksnis pasižymi savitomis plačiai paplitusiomis sūraus požeminio vandens anomalijomis. Šis sluoksnis formuojasi vandeniui pertekant per gilumines lūžių zonas iš giliau slūgstančių triaso ir permio vandeningųjų sluoksnių. Sūraus vandens intruzijos išreikštos didesnės chloridų koncentracijos kupolais, aptinkamos iškrovos vietose – Šešupės ir Nemuno upių slėniuose, dažnai siekia net gruntinio vandens sluoksnius. Sūraus vandens kontūras juda link vandenviečių, blogina požeminio vandens eksploatacinių išteklių kokybę ir riboja jų kiekį.

**Raktažodžiai:** filtracijos modelis, chloridinio vandens anomalijos, eksploataciniai ištekliai

## ĮVADAS

Cenomanio-apatinės kreidos vandeningasis sluoksnis yra pagrindinis geriamojo vandens šaltinis Pietvakarių Lietuvoje. Regioninio eksploatacinio požeminio vandens įvertinimo pirmasis etapas, paremtas matematinio modeliavimo metodais, atliktas XX a. 8-ajame dešimtmetyje (Žemaitis, 1978; Juodkasis ir kt., 2011). Tačiau minėti tyrimai turėjo vieną trūkumą – nebuvo prognozuojami medžiagų migracijos ir požeminio vandens galimos taršos procesai. Šiuo metu erdviniais skaitmeniniais požeminio vandens filtracijos ir taršos migra-

cijos matematiniais modeliais būtina atlikti modelinį požeminio vandens kokybės vertinimą. Pagal ES direktyvą 2000/60/EB, išteklių valdymo tikslams taikoma upių baseinų pasiskirstymo schema vandeningųjų sluoksnių ar kompleksų hidrodinaminių balansinių sistemų principu į požeminio vandens telkinius-baseinus. Pietryčių Lietuvoje 2003–2009 m. naujai buvo atliktas kainozojaus-mezozojaus požeminio vandens spūdinės sistemos (PVSS) eksploatacinių išteklių vertinimas matematinio modeliavimo metodu.

Išskirtinis šio požeminio vandens klodo bruožas – prieš lūžio zoną vykstanti vertikali

iškrova iš gilesnių vandeningųjų sluoksnių į gėlo požeminio vandens sluoksnius. Chloridais praturtinto požeminio vandens iškrovos dažniausiai stebimos didesnių upių slėniuose, o išsikraunantis vanduo pasižymi savita hidrochemine bei izotopine sudėtimi. Išsikraunantis chloridais prisotintas požeminis vanduo migruodamas į aktyvios apytakos zoną blogina gėlo požeminio vandens išteklių kokybę. Tyrimo tikslas buvo įvertinti turimus eksploatacinius požeminio vandens išteklius ir jų susidarymo ypatumus Užnemunės žemumoje pasireiškiant chloridinio vandens intruzijai. Sudarytas devynių sluoksnių požeminio vandens filtracijos ir masės transporto 3D matematinis modelis. Modelis sukalibruotas ir verifikuotas naudojant ne tik vandeningojo sluoksniu filtracinius parametrus, bet ir požeminio srauto chloridų koncentracijų pokytį, hidrologinius paviršinio bei atmosferinio vandens mitybos duomenis. Chloridų koncentracijų pasiskirstymo analizės metu buvo atliekama koreliacija su požeminiame vandenyje ištirpusio helio kiekiu.

### POŽEMINIO VANDENS IŠTEKLIŲ ĮVERTINIMO MODELIO KONCEPTUALIZACIJA

Cenomanio-apatinės kreidos ( $K_{2cm} + K_1$ ) vandenin-gasis sluoksniu yra kainozojaus-mezozojaus požeminio vandens spūdinės sistemos (PVSS) dalis, kuri sudaryta triaso, viršutinės jūros, viršutinės ir apatinės kreidos ir kvartero tarpmoreninių bei gruntinio požeminio vandens sluoksnių.

Cenomanio-apatinės kreidos ( $K_{2cm} + K_1$ ) vandenin-gąjį sluoksnį sudaro kreidos, kreidos mergelio, smėlio, smiltainio nuogulos su molio tarp-sluoksniais. Vidutinis sluoksniu slūgsojimo gylis yra 70–90 m, o vidutinis storis siekia apie 40 m. Kainozojaus-mezozojaus PVSS pjezometrinis paviršius modeliuojamoje teritorijoje kinta dideliame intervale (30–130 m). Aukščiausias pjezometrinis lygis aptinkamas mitybos srityje Sūduvos aukštumoje, jis slūgso tolygiai žemėje link iškrovos sričių ties Nemuno ir Šešupės slėniais. Sluoksnyje dominuojančios pralaidumo koeficiento vertės kinta nuo 30 iki 50 m<sup>2</sup>/d ir tik lokaliuose zonose išauga iki 200–300 m<sup>2</sup>/d. Nemuno ir Šešupės slėniuose, požeminio vandens iškrovos vieto-se, chloridų koncentracija siekia 500–1 000 mg/l ir daugiau. Čia požeminio vandens sluoksnių

spūdis pakyla net iki 8 m virš žemės paviršiaus. Sluoksniu mityba atmosferiniu vandeniu daugiausia vyksta tarpupiniame masyve. Požeminio vandens hidraulinis gradientas palaipsniui mažėja nuo mitybos srities link iškrovos vietų (1 pav.). Atmosferinio ir kainozojaus-mezozojaus PVSS požeminio vandens apytaka kontroliuojama upių tinklo sistemos, reljefo ir geologinių-hidrogeologinių veiksmių.

Požeminio vandens filtracinio modelio kalibravimo metu buvo atkurtas vandeningojo sluoksniu pjezometrinis paviršius esant stacionariam filtracijos režimui gamtinėse sąlygose ir nestacionariam režimui eksploatacijos metu, atsižvelgiant į vandenviečių monitoringo rezultatus. Stacionarios filtracijos modelio kalibravimo metu buvo nustatyti prietakos ir ištakos srautų dydžiai, parenkant sluoksniu pratakumo ir pertekėjimo koeficiento vertes modelio tinklo blokuose (Harbaugh, 2005; Rumbaugh J., Rumbaugh D., 2007). Požeminio vandens infiltracinės mitybos mastai priimtini optimizuojant pertekėjimą iš gruntinio vandens sluoksniu. Modeliniai infiltracinės mitybos mastai yra artimi ankstesnių tyrimų rezultatams Lietuvoje, gautiems naudojant meteorologinius, hidrologinius ir hidrodinaminius modelius (Sakalauskiene, 1973; Gailiūšis ir kt., 2001; Zuzevičius, 2010; Štuopsis ir kt., 2012; Mokrik ir kt., 2014; Štuopsis ir kt., 2017). Intensyviausia infiltracinės mitybos zona sutampa su Sūduvos aukštumų sritimi. Pusiau laidžių sluoksniu, kurie atskiria vandeninguosius sluoksnius, filtracijos koeficiento vertės, gautos modelio kalibravimo metu, svyruoja nuo  $6 \cdot 10^{-7}$  iki  $1 \cdot 10^{-2}$  m/d, o pertekėjimo koeficiento vertės  $k_0 / m_0$  kinta nuo  $5 \cdot 10^{-8}$  iki  $5 \cdot 10^{-2}$  1/d. Ties upių slėniais pusiau laidūs sluoksniu turi iki keleto eilių geresnes hidraulinės savybes negu vandenskyroje. Modelinis požeminio vandens eksploatacijos režimas 1971–2012 m. atkartotas nestacionariame režime, kurio metu buvo pasiekta optimali modelinė eksploatacinių gręžinių lygio pažemėjimo tendencija.

Hidrocheminė požeminio vandens informacija apie chloridų pasiskirstymą požeminiame vandenyje buvo panaudota kalibruojant konceptualų požeminio vandens masės transporto modelį. Cheminių požeminio vandens tipų ir chloridų pasiskirstymo modelinis įvertinimas esančiomis hidrogeologinėmis sąlygomis leido patikimai verifikuoti modelio adekvatumą.



**1 pav.** Modelinis  $K_{2cm} + K_1$  vandeningojo sluoksnio spūdzlių pasiskirstymas

**Fig. 1.** Potentiometric surface of  $K_{2cm} + K_1$  aquifer flow model

Pastaba / Note: 1 – modelinės požeminio vandens lygio izolinijos, m abs. a.; 2 – faktinis požeminio vandens lygis gręžiniuose, m abs. a. / 1 – computed groundwater level, m a.s.l.; 2 – observed groundwater level, m a.s.l.

## REZULTATAI

Modeliavimo rezultatai rodo, kad kainozojaus-mezozojaus PVSS atsinaujinantys požeminio vandens išteklių (gamtiniai išteklių) sudaro 893 tūkst. m<sup>3</sup>/d, arba 38,9 mm/metus (1 lentelė). Didžiąją daugumą išteklių (81 %) sudaro infiltracinė mityba – 728 tūkst. m<sup>3</sup>/d (31,7 mm/metus), likusią dalį (19 %) – požeminio vandens šoninė prietaka (165 tūkst. m<sup>3</sup>/d, arba 7,2 mm/metus). Dauguma atsinaujinančių išteklių (beveik 95 %) išsikrauna į upes, ežerus ir Baltijos jūrą – 846 tūkst. m<sup>3</sup>/d (36,8 mm/metus).

Eksploatacinių kainozojaus-mezozojaus PVSS išteklių vertinimas buvo atliktas laikantis ES direktyvos 2000/60/EC. Turimi eksploataciniai požeminio vandens išteklių apibrėžiami kaip vandens kiekis, kuris gali būti išgaunamas iš vandeningojo sluoksnio per visą eksploatacijos laikotarpį, požeminio vandens lygį nužeminant iki leistinų ribų ir nepadarant esminio neigiamo poveikio požeminio bei paviršinio vandens ir jų ekosistemų kokybei.

Modeliavimo rezultatai rodo, kad iš viso sistemos turimi eksploataciniai išteklių sudaro 227 tūkst. m<sup>3</sup>/d, o cenomanio-apatinės kreidos vandeningojo sluoksnio – tik 47,7 tūkst. m<sup>3</sup>/d. Tai 21 % kainozojaus-mezozojaus PVSS eksploatacinių išteklių ir tik 5,3 % atsinaujinančių išteklių (1 ir 2 lentelės). Pagrindiniai eksploatacinių išteklių kiekį ribojantys veiksniai yra santykinai mažos sluoksnio pratakumo savybės, dėl kurių eksploatuojant sluoksnį labai krinta vandens lygis, o su didelėmis chloridų koncentracijomis pertekant vandeniui iš giliau slūgsančių sluoksnių iškyla pavojus užsūdyti vandenį.

Požeminio vandens hidrocheminiai tipai susiformavo maišantis trims skirtingų laikotarpių vandens šaltiniams – dabartinio (holoceno) laikotarpio meteogeniniam, Baltijos jūros stadijų raidos etapų jūros vandeniui ir sūriam (iki pleistoceno sluoksnio) vandeniui, išsikraunančiam iš gilesnių sluoksnių. Paplitę pagrindiniai požeminio vandens tipai: kalcio ir magnio hidrokarbonatinis, kalcio, magnio ir natrio hidrokarbonatinis, natrio ir kalcio

1 lentelė. Atsinaujinantys gamtiniai kainozojaus-mezozojaus PVSS išteklių

Table 1. Renewable groundwater resources of Cenozoic-Mesozoic groundwater aquifer system

Prietaka / Inflow			Ištaka / Outflow		
Šaltinis / Source	Kiekis / Budget		Šaltinis / Source	Kiekis / Budget	
	tūkst. m <sup>3</sup> /d thous. m <sup>3</sup> /d	mm/metus mm/year		tūkst. m <sup>3</sup> /d thous. m <sup>3</sup> /d	mm/metus mm/year
1. Infiltracinė mityba <i>Recharge</i>	728,03	31,7	1. Į paviršinius vandens telkinius <i>Discharge into rivers</i>	838,91	36,4
2. Šoninė prietaka <i>Boundaries inflow</i>	165,01	7,2	2. Į Baltijos jūrą <i>Discharge into Baltic Sea</i>	7,36	0,4
			3. Šoninė ištaka <i>Boundaries outflow</i>	46,77	2,1
Iš viso / Total	893,04	38,9	Iš viso / Total	893,04	38,9

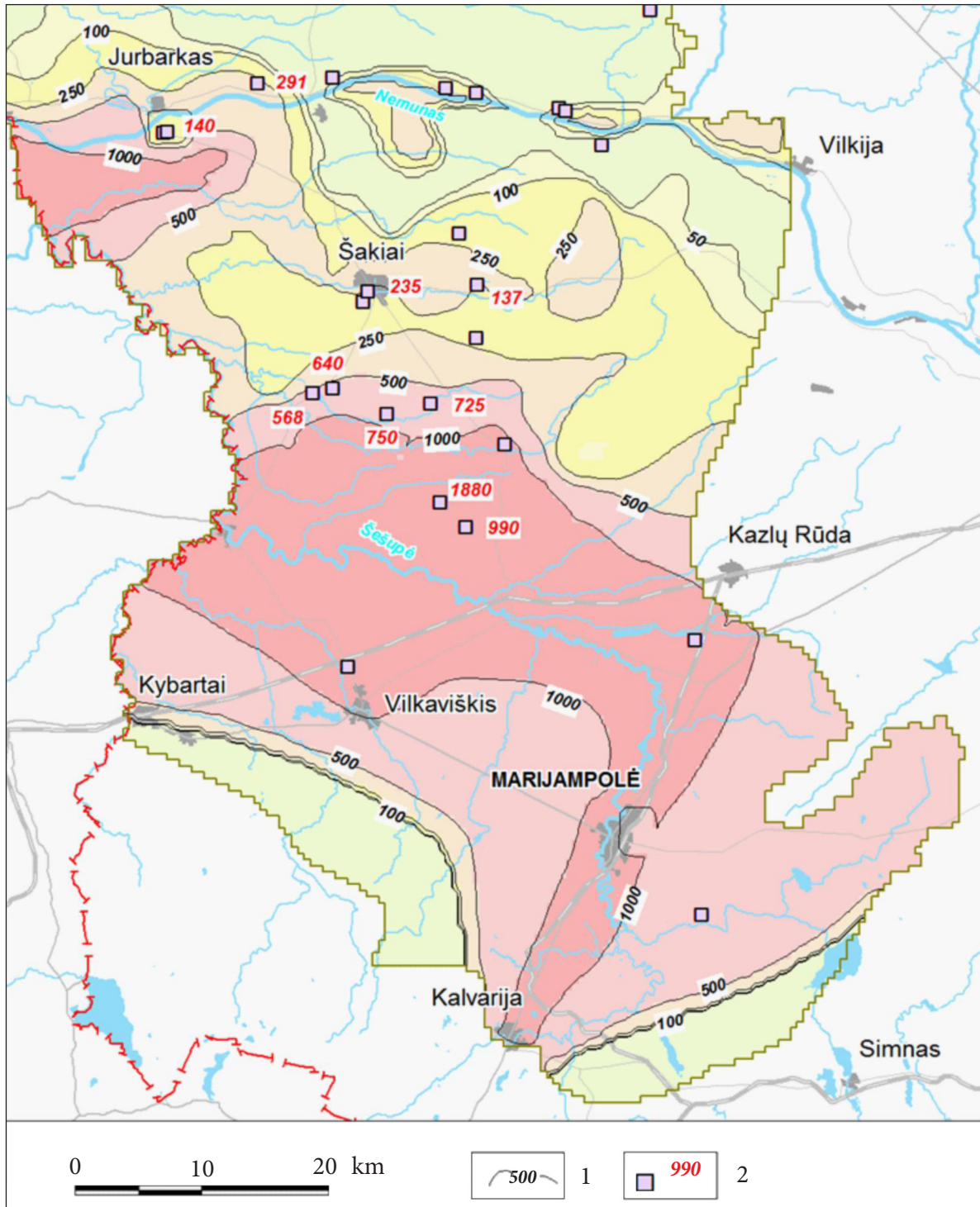
2 lentelė. Eksploataciniai kainozojaus-mezozojaus PVSS požeminio vandens išteklių

Table 2. Groundwater exploitable (available) resources of Cenozoic-Mesozoic groundwater aquifer system

Vandeningasis sluoksnis <i>Aquifer</i>	Eksploataciniai išteklių m <sup>3</sup> /d <i>Exploitable resources, m<sup>3</sup>/d</i>	Atsinaujinančių išteklių dalis % <i>Part of renewable resources, %</i>
Gruntinis / <i>Unconfined</i>	91,5	10,2
Tarpmoreninis / <i>Quaternary confined</i>	10,2	1,2
Viršutinės kreidos / <i>Upper Cretaceous</i>	65,4	7,3
Cenomanio-apatinės kreidos <i>Cenomanian-Lower Cretaceous</i>	47,7	5,3
Juros / <i>Jurassic</i>	12,2	1,4
Iš viso / Total	227,0	25,4

hidrokarbonatinis chloridinis, natrio hidrokarbonatinis chloridinis, natrio chloridinis hidrokarbonatinis ir natrio chloridinis. Chlorido kiekis požeminiame vandenyje didėja dėl sąveikos su sūresniu gilesnių sluoksnių vandeniu, kuris per-

teka per lūžių zonas į gėlo vandens sluoksnius. Didesnės chloridų koncentracijos požeminiame vandenyje stebimos žemesnėse reljefo vietose, ties upių slėniais. Šešupės upės slėnyje chloridų koncentracija kinta nuo 1 000 iki 2 500 mg/l (2 pav.).



**2 pav.** Modelinis chloridų koncentracijų pasiskirstymas  $K_{2cm} + K_1$  vandeningajame sluoksnyje

**Fig. 2.** Modelled chloride contents distribution in the  $K_{2cm} + K_1$  aquifer system

Pastaba / Note: 1 – modelinės chloridų izokonos, mg/l; 2 – faktinės chloridų koncentracijos gręžiniuose, mg/l. / 1 – simulated on modelled chloride content, mg/l; 2 – observed borehole chloride content, mg/l

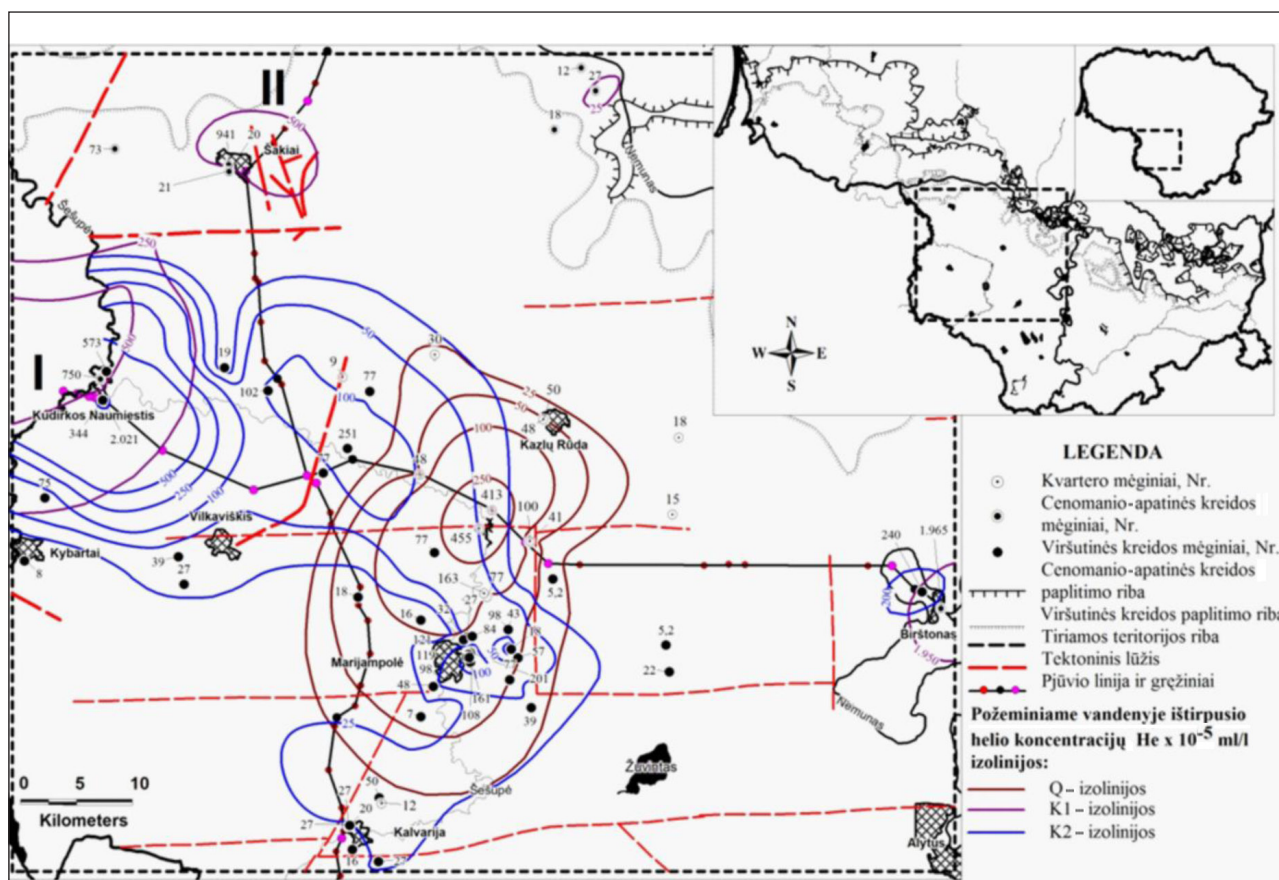
Analogiškos padidintos chloridų koncentracijos aptinkamos ties Nemuno upės slėniu Šakių ir Jurbarko rajonuose. Tuo tarpu link Sūduvos aukštumų vyksta požeminio vandens gėlinimas atmosferiniu kritulių infiltruojamu vandeniu.

Chloridų anomalijų paplitimo plote aptinkama gera koreliacija su požeminiame vandenyje ištirpusio helio koncentracijomis (požeminiame vandenyje ištirpusio helio koncentracija buvo matuojama naudojant INGEM-1 įrangą). Įvertinus ištirpusio helio koncentracijas Šešupės upės slėnyje nustatytas jų kitimas nuo  $25 \cdot 10^{-5}$  iki  $1000 \cdot 10^{-5}$  ml/l. Didžiausios helio koncentracijos iki  $2000 \cdot 10^{-5}$  ml/l nustatytos Nemuno slėnyje ties Birštono lūžių zona. Tai rodo, kad egzistuoja geros sąlygos heliui migruoti iš kristalinio pamato link žemės paviršiaus per hidrogeologiškai aktyvius lūžius ir skverbtis į gėlo vandens zoną.

## IŠVADOS

Kainozojaus-mezozojaus PVSS eksploataciniai ištekliai įvertinti 227 tūkst.  $m^3/d$ , iš jų 21 % (47,7 tūkst.  $m^3/d$ ) sudaro cenomanio-apatinės kreidos vandeningojo sluoksnio ištekliai. Jų kiekį ir kokybę riboja mažos sluoksnio pratakumo koeficiento vertės ir požeminio vandens hidrocheminiai rodikliai upių slėniuose. Čia tektoninio trupinimo zonose sūrus giluminis požeminis vanduo veržiasi žemės paviršiaus link ir sudaro židines hidrogeocheminės ir helio anomalijas. Anomalijų ruože natrio kalcio hidrokarbonatinis chloridinis ir natrio chloridinis vanduo kreidos vandeningame komplekse formuojasi dėl maišymo proceso, kai padidėjusios mineralizacijos iš gilumos srūvantis vanduo sąveikauja su aktyvios apykaitos zonos gėlu požeminiu vandeniu.

Gauta 2017 06 02  
Priimta 2017 06 23



3 pav. Požeminiame vandenyje ištirpusio helio koncentracijų pasiskirstymo kreidos vandeningajame komplekse schema

Fig. 3. Helium concentrations dissolved in groundwater of Cretaceous aquifer system

## LITERATŪRA

- Gailiušis B., Jablonskis J., Kovalenkoviėnė M. 2001. *Lietuvos upės. Hidrografija ir nuotėkis*. Kaunas: Lietuvos energetikos institutas. 792 p.
- Harbaugh A. W. 2005. *MODFLOW-2005, U.S. Geological Survey Modular Ground-Water Model – the Ground-Water Flow Process*. U.S. Geological Survey, Reston, Virginia. Modeling techniques, Section A. Ground Water, 586 p.
- Juodkazis V., Mokrik R., Gregorauskas M. 2011. Development of hydrogeodynamical investigations of groundwater resources: Special Issue // *Geosciences in Lithuania: challenges and perspectives. Baltica*. 24: 31–42.
- Mokrik R., Mažeika J., Juodkazis V., Štuopis A. 2014. Isotope geochemistry and modelling of the multi-aquifer system in the eastern part of Lithuania. *Hydrogeology Journal*. 22(4): 925–941.
- Rumbaugh J. O., Rumbaugh D. B. 2007. *Groundwater Vistas version 5*. Guide to Using. Environmental Simulations, Inc., 381 p.
- Sakalauskiėnė D. 1973. *Zakonomernosti gidrodinamiceskogo rezhima gruntovykh vod Litovskoi SSR i ocenka ikh estestvennykh resursov*. Autoreferat kandidatskoy disertaciy kandidata geologo-mineralogiceskikh nauk. Vilnius. 24 s. (in Russian).
- Štuopis A., Mokrik R., Gregorauskas M., Marcinonis A. 2017. Assessment of groundwater resources of Quaternary aquifer system in concordance with avoidable negative impact on geoenvironment, South-Eastern part of Lithuania. *Water Resources*. 44(1): 52–60.
- Štuopis A., Juodkazis V., Mokrik R. 2012. The Quaternary aquifer system flow model by chemical and tritium isotope data: case of the south-east Lithuania. *Baltica*. 25(2): 91–98.
- Zuzevičius A. 2010. The groundwater dynamics in the southern part of the Baltic Artesian Basin during the Late Pleistocene. *Baltica*. 23(1): 1–12.
- Žemaitis V. 1978. *Gidrogeologiceskie zakonomernosti formirovaniya resursov presnykh podzemnykh vod kainozoisko-mezozoiskikh otlozeniy sovet-skoy Pribaltiki*. Autoreferat kandidatskoy disertaciy kandidata geologo-mineralogiceskikh nauk. Vilnius. 24 s. (in Russian).

Marius Gregorauskas, Kostas Kaušinis,  
Modestas Bujanauskas, Vytautas Samalavičius,  
Robert Mokrik

### MODELLING ASSESSMENT OF GROUNDWATER RESOURCES AND HYDROCHEMICAL ANOMALIES OF CENOMANIAN-LOWER CRETACEOUS AQUIFER

#### Summary

This paper focuses on the modelling of the formation of the Cenomanian-Lower Cretaceous aquifer fresh groundwater resources in the southern part of Lithuania. The Cretaceous aquifer system in southern Lithuania distinguishes by the occurrence of local intrusions of salt water from deeper laying aquifers usually located in discharge areas near valleys of rivers and often reaching even shallow groundwater bodies. During exploitation of well fields, these anomalies are floating towards depression cones and affecting deterioration of groundwater quality.

A model calibration was performed for a steady state pre-development and transient flow conditions. The majority of unconfined groundwater outflows to surface water streams, the remaining part discharges through the confined interglacial Quaternary aquifers and vertical outflows through tectonic fractures zones near the stream valleys. Groundwater prognostic exploitable resources can be obtained without a negative impact on the environment. The main sources of exploitable resources formation are: increase in groundwater recharge and lateral inflow, decreased outflow via streams and lateral boundaries, and drawing up additional flow from the hydraulically connected streams.

**Keywords:** filtration model, chloride water anomalies, exploitable resources