

POŽEMINIO VANDENS IŠTEKLIŲ FORMAVIMOSI SĄLYGOS NEMUNO SLĖNIO LIŠKIAVOS–ALYTAUS RuožE

Algirdas Zuzevičius, Jonas Diliūnas, Gediminas Čyžius, Mykolas Kaminskas

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

El. paštas: zuzevicius@geo.lt

Įvadas

Istoriškai Nemunas, kaip ir kitos didelės upės ir jų slėniai, savo gamtiniais ištekliais turėjo ir tebeturi ypatingą reikšmę visuomenės ekonominei ir socialinei–kultūrinei raidai. Dėl sudėtingų gamtinės aplinkos ir ūkinės veiklos santykių šios upės regione itin svarbu taikyti objektyviai pagrįstus darnios plėtros principus.

Nemuno slėnio ruožas tarp Liškiavos ir Alytaus yra palyginus retai gyvenamas, išsiskiria savitais kraštovaizdžiais, gamtinių ir istorinių paminklų gausa bei naudingųjų iškasenų (pirmiausia, požeminio vandens) telkiniais ir tampa įvairių, dažnai konfliktinių, interesų objektu.

Lietuvai tapus Europos bendrijos nare ir vykdant Europos Sąjungos vandens direktyvą bei priisiimus išpareigojimus savų energijos šaltinių panaudojimo srityje išskyla upių ir jų slėnių naujų panaudojimo ir tyrimo uždavinių.

Savi energijos šaltiniai šiuo metu tenkina tikrai apie 2% Lietuvos energijos poreikio, bet pagal Europos bendrijos reikalavimus per artimiausius 10 metų turės tenkinti 10–12%. Tiek energijos gali būti gauta tikrai kompleksiškai naudojant visus galimus Lietuvos teritorijos energijos šaltinius (biologinius, vėjo, Saulės, geoterminius ir vandens). Akivaizdu, kad teks iš naujo įvertinti Lietuvos upių hidroenergetinių išteklių panaudojimo ekonomines ir aplinkosaugines galimybes. Tarp tiesiogiai hidroelektrinių tvenkinių veikiamų geologinės aplinkos elementų yra požeminis vanduo (jo lygiai, paviršinio ir požeminio vandens apykaitos intensyvumas ir kt.).

Pastarąjį dešimtmetį, labai sumažėjus gėlo požeminio vandens naudojimui, jo išteklių tyrimai Lietuvoje vykdomi epizodiškai. Tačiau ženkliai pasikeitė požeminio vandens išteklių tyrimų, vertinimo ir apsaugos ideologija bei kokybės reikalavimai (Directive..., 2000; Lietuvos..., 2003). Todėl dabar dalies anksčiau Lietuvoje įvertintų ir naudojamų požeminio vandens išteklių ištirtumas tų reikalavimų netenkina, taigi didėja papildomų specializuotų tyrimų bei mokslinių apibendrinimų poreikis.

Nemuno vidurupis pasižymi sudėtingomis hidrogeologinėmis sąlygomis. Gėlo požeminio vandens zona, kurios storis siekia 300 m, sudaro vertikaliu ir horizontaliu atžvilgiais labai kaičios litologinės sudėties kvartero amžiaus dariniai (smėlis, žvirgždas, priemolis) ir viršutinės bei apatinės kreidos karbonatinės (kreida, mergelis) ir terigeninės (smėlis) uolienos, slūgsančios ant regioninės jūros–triaso sistemų molingų darinių vandensparos. Dėl sąlygų sudėtingumo regioniniai požeminio vandens ištekliai čia vertinti taikant supaprastintas analitines schemas ir apibendrintus rodiklius. Matematinio modeliavimu vertinti tikrai Alytaus miesto Radžiūnų vandenvietės eksploataciniai ištekliai (Bendoraitis, Gregorauskas, Klimas, 1995).

Straipsnyje pateikiami požeminio vandens formavimosi Nemuno slėnio ruože tarp Liškiavos ir Alytaus matematinio modeliavimo duomenys.

Objektyvūs (kiekybiniai) duomenys apie požeminio vandens nuotėkio ir išteklių formavimosi dėsningumus, jų priklausomybę nuo Nemuno lygio režimo reikalingi planuojant

požeminio vandens naudojimą ir kitą ūkinę veiklą regione bei sprendžiant tarptautines vandens naudojimo baseine problemas.

1. Tyrimų metodika

Kiekybiniai aktyvios apykaitos zonos požeminio vandens formavimosi dėsningumai Nemuno slėnyje įvertinti matematinio modeliavimo metodais. Filtracinio ir masės uždavinių, atspindinčių požeminio vandens išteklių, dinamikos ir mineralizacijos formavimąsi, sprendimui naudotasi JAV geologijos tarnyboje sukurta programine įranga (atitinkamai *MODFLOW* ir *MT3D*), o modelių projektavimui ir rezultatų interpretacijai – JAV ESI firmos *Groundwater Vistas 3.0* programine įranga (licencijų savininkas – GGI) (McDonald, Harbaugh, 1988; Rumbaugh, Rumbaugh, 1997).

Modeliavimas pirmuoju atveju – filtracijos uždavinio sprendimas baigtinių skirtumų metodu:

$$\frac{\delta}{\delta x} \left(kx - \frac{\delta h}{\delta x} \right) + \frac{\delta}{\delta y} \left(ky - \frac{\delta h}{\delta y} \right) + \frac{\delta}{\delta z} \left(kz - \frac{\delta h}{\delta z} \right) \pm Q \pm w = \mu \frac{\delta h}{\delta t} \quad (1)$$

Lygtyje kx , ky , kz – terpės filtracijos koeficientas x , y , z koordinatėse kryptimi (m/d), h – vandens lygis, altitudė (m), Q – vidinių vandens šaltinių (+) arba naudotojų (–) debitas (m^3/d), w – infiltracija (+) arba iškrova (–) (m/d), μ – poringos terpės talpumas (gravitacinis arba tamprusis), t – laikas (d).

Cheminių medžiagų su požeminiu vandeniu transporto uždavinys aprašomas diferencialine lygtimi

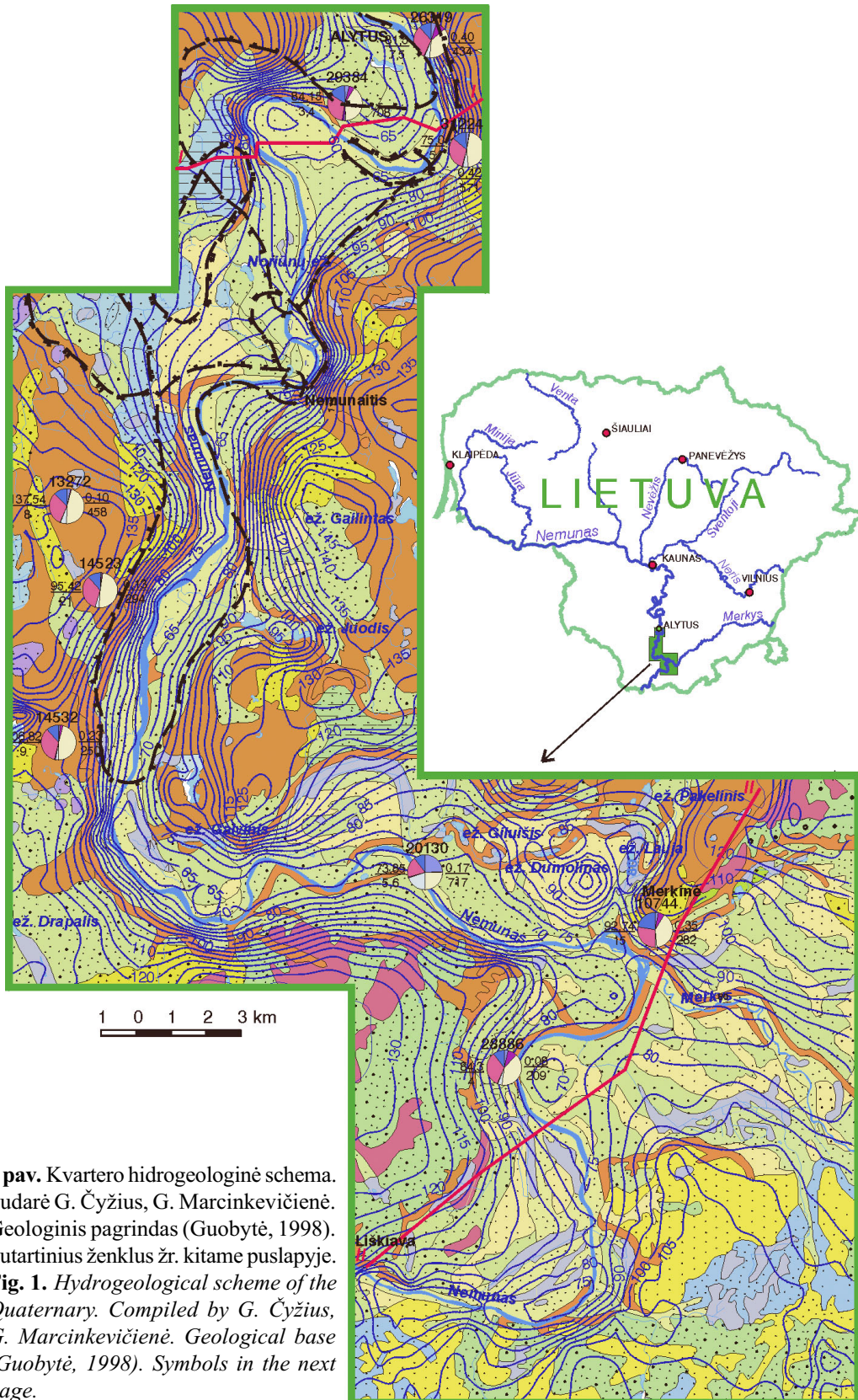
$$\delta/\delta t(n_0 C) + \nabla(qC - n_0 D \nabla C) = 0, \quad (2)$$

kuri taip pat modeliuojant sprendžiama aproksimavus baigtinių skirtumų metodu. Medžiagų transporto uždavinio sprendimo sudėtinė dalis – preliminarus kartotinis filtracijos uždavinio sprendimas.

Lygtyje (2) C – cheminių medžiagų kiekis vandenyje, kg/m^3 , n_0 – efektyvusis uolienuų poringumas, q – vandens srauto debitai, D – difuzijos koeficientas, m^2/d , ∇ rodo, kad po jo sekantys kintamieji vertinami x , y , z kryptimis.












Požeminio vandens formavimosi dėsningumų vertinimui pasirinktas tipiškas apie 650 km^2 plotas, apimantis Nemuno upės slėnį ir gretimą teritoriją, kurioje formuojasi pagrindinė požeminio nuotėkio dalis (1, 2 pav.).

Filtracijos sritis plane apribota už Nemuno slėnio ribų einančia viršutinių vandeningųjų horizontų požeminio vandens vandenskyra, kuri schematizuota kaip 2-os rūšies ribinė sąlyga ($Q = \text{const} = 0$); giliau slūgsančių horizontų, kurių vanduo formuojasi ir už modeliuojamo ploto ribų, tačiau lygio režimas nepriklauso nuo sezoninio upės lygio svyravimo, čia realizuota 1-os rūšies ribinė sąlyga ($H = \text{const}$). Viršutinės srities ribos: ežerai, upės – 1-os ($H = f(t)$) arba 3-os ($Q = f(H-h)$) rūšies ribinė sąlyga, kitur – infiltracinė gruntinio horizonto mityba ($q_w = \text{const}$). Apatinė riba – 2-os rūšies ribinė sąlyga ($Q = \text{const} = 0$), imituojanti nelaidžią apatinės triaso uolienuų storumės dalį. Išimtis – mineralizuoto vandens iškrovos zona Nemunaičio apylinkėse, kur žemiau triaso vandensparos realizuota 3-os rūšies ribinė sąlyga ($Q = f(H_{Kl} - H_T)$). H ir h – požeminio ir paviršinio vandens lygis (altitudė), H_{Kl} , H_T – apatinės kreidos ir triaso horizontų lygis (altitudė).

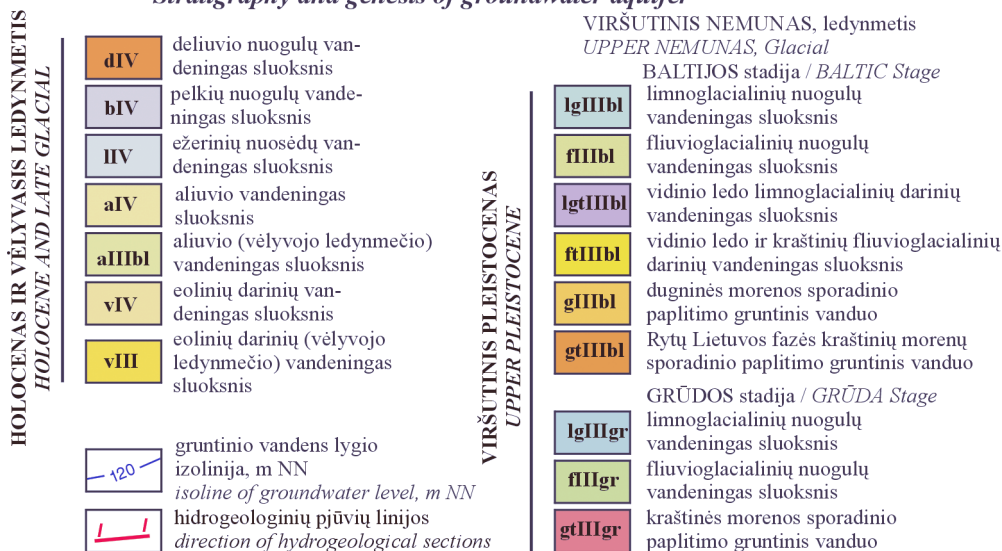


1 pav. Kvartero hidrogeologinė schema. Sudarė G. Čyžius, G. Marcinkevičienė. Geologinis pagrindas (Guobytė, 1998). Sutartiniai ženklai žr. kitame puslapyje.
Fig. 1. Hydrogeological scheme of the Quaternary. Compiled by G. Čyžius, G. Marcinkevičienė. Geological base (Guobytė, 1998). Symbols in the next page.

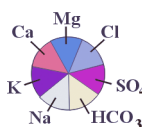
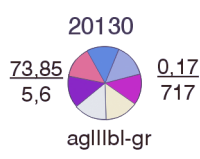
Gruntinio vandeningo sluoksnio litologija *Litology of unconfined aquifer*

 žvirgždingas smėlis <i>gravelly sand</i>	 smėlis smulkus <i>fine sand</i>	 žemapelkių durpės <i>low marchy peat</i>
 smėlis su žvirgždu <i>sand with gravel</i>	 smėlis smulkutis <i>teeny sand</i>	 durpės (nesuskirstytos) <i>peat (unsubdivided)</i>
 smėlis įvairus <i>inequigranular sand</i>	 smėlis molingas <i>clayey sand</i>	 moreninis priemolis, priemėlis <i>till, loam</i>
 smėlis vidutinis <i>medium sand</i>	 molis <i>clay</i>	

Gruntinio vandeningo sluoksnio stratigrafija ir genezė *Stratigraphy and genesis of groundwater aquifer*



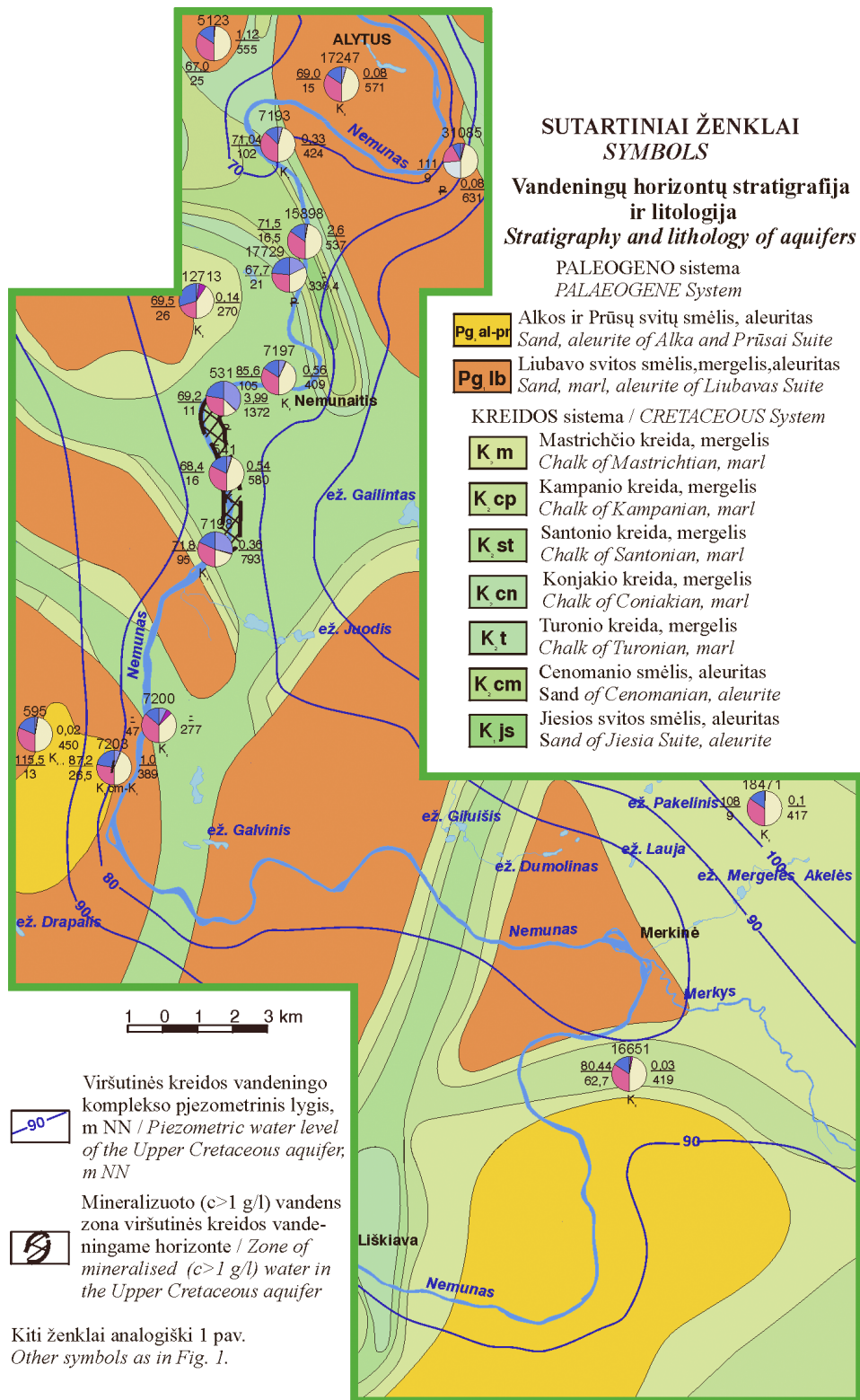
Pleistoceno tarpmoreninių vandeningų horizontų paplitimas *Occurrence of Pleistocene aquifers*



Gręžinys. Viršuje - numeris; kairėje skaitiklyje - pjezometrinis lygis, m NN; vardiklyje - vandeningo horizonto storis, m; dešinėje skaitiklyje - lyginamasis debitas, l/s; vardiklyje - vandens mineralizacija, mg/l, apačioje - vandeningų uolienuų geologinis indeksas.
Borehole. Above - it's number; on the left in the numerator - piezometric water level, m NN; in the denominator - thickness of aquifer, m; on the right in the numerator - specific yield, l/s; in the denominator - water mineralization, mg/l; below - geological symbol of water-bearing rocks.

vandens cheminė sudėtis, % -ekv/l.
chemical composition, % -ekv/l.

Tirtajame arba gretimuose Nemuno upės ruožuose vandens lygis įvairiu laiku stebėtas Druskininkų, Merkinės, Nemunaičio, Alytaus ir Nemajūnų vandens matavimo stotyse (Гидрологические..., 1950; Ресурсы..., 1974; Kasdienis..., 2001–2004). Dabar veikia aukščiau ir žemiau tiriamos atkarpos esančios Druskininkų ir Nemajūnų vandens matavimo stotys. Čia atliktų stebėjimų duomenimis apskaičiuotas vidutinis metinis upės vandens lygis svyruoja palyginus nedaug (apie 1 metra), tačiau didžiausias skirtumas tarp pamatuoto aukščiausio ir žemiausio lygio Druskininkų vandens matavimo stotyje siekia 11 m, o Nemajūnų stotyje – beveik 9 m. Pavasarinio potvynio lygiai vidutinį metinį viršija 4–6 m.



2 pav. Prekvartero hidrogeologinė schema. Sudarė G. Čyžius. Geologinis pagrindas (Šliaupa ir kt., 1999).
Fig. 2. Hydrogeological scheme of the Heb-Quaternary. Compiled by G. Čyžius. Geological base (Šliaupa et al, 1999).

Mineralizuoto požeminio vandens šaltiniai Nemuno slėnyje (pavyzdžiui, Druskelės, Nemunaičio) formuojasi tektoninių plyšių zonose, kur išsikrauna giliai slūgsančių lėtos apykaitos zonos sūrymai. Pagal analogiją su Druskininkų ir Birštono mineralizuoto vandens telkiniais laikytina, kad padidėjęs iki 0,6–2,5 g/l mineralizacijos vandens formavimosi priežastis yra triaso ir gilesnių sluoksnių sūrymų (mineralizacija 50–55 g/l) iškrova pro tektoninės kilmės silpnai laidžių sluoksnių plyšius ir nuoseklus maišymasis su aukščiau slūgsančių horizontų vandeniu giliausioje Nemuno slėnio dalyje (vagoje ir žemose terasose) dėl vandens spūdzio juose skirtumo.

Potvynių metu arba dėl kitų priežasčių pakilus Nemuno vandens lygiui, sūrymų prietaka į apatinės kreidos ir aukščiau slūgsančius vandeninguosius horizontus bei šaltinių arba iškrovos tvenkinio dugne debitai (Q) mažėja proporcingai pakitusiam (sumažėjusiam) lygio skirtumui (gradientui) tarp horizontų ir paviršinio vandens ($Q=f(I_0-I)$). Tačiau, kaip rodo analogiškas Birštono telkinio atvejis, dėsningo šaltinių mineralizacijos pokyčio dėl Nemuno patvankos pastačius Kauno hidroelektrinės užtvanką neįvyko. Tikėtina, kad sumažėjus šaltinių debitui, sūrymo ir kitų horizontų vandens proporcijos mišinyje ir šaltinių vandens mineralizacija praktiškai nepakitė. Todėl išsikraunančio vandens mineralizaciją (C_i) taip pat galima įvertinti analitiškai pagal formuojančių horizontų dalį (q_n) su mineralizacija (C_n) bendrame iškrovos debite (Q_i) paprasta vandens maišymosi lygtimi

$$C_i = (q_1 C_1 + q_2 C_2 + \dots + q_n C_n) / Q_i \quad (3)$$

Pažymėtina, kad horizontų indėlis bendrame iškrovos debite nustatomas filtracijos uždavinio modelyje sprendimu. Modeliavimui reikalingi duomenys apie geologinę sandarą (sluoksnių slūgsojimas, storiai, litologija), hidrogeologines sąlygas (vandeningi ir silpnai laidūs sluoksniai, hidrodinamika, filtraciniai ir talpiniai rodikliai, požeminio vandens mineralizacija), hidrologija (upių, ežerų ir tvenkinių rodikliai), dabartinę ir planuojamą ūkinę veiklą (vandenvietės ir jų išteklių bei režimas ir kt.) gauti atliekant įvairius geologinius ir hidrogeologinius darbus ir apibendrinti pagal geologijos fonde, Hidrometeorologijos tarnyboje, Geologijos ir geografijos institute sukauptą informaciją, apibendrinančius darbus.

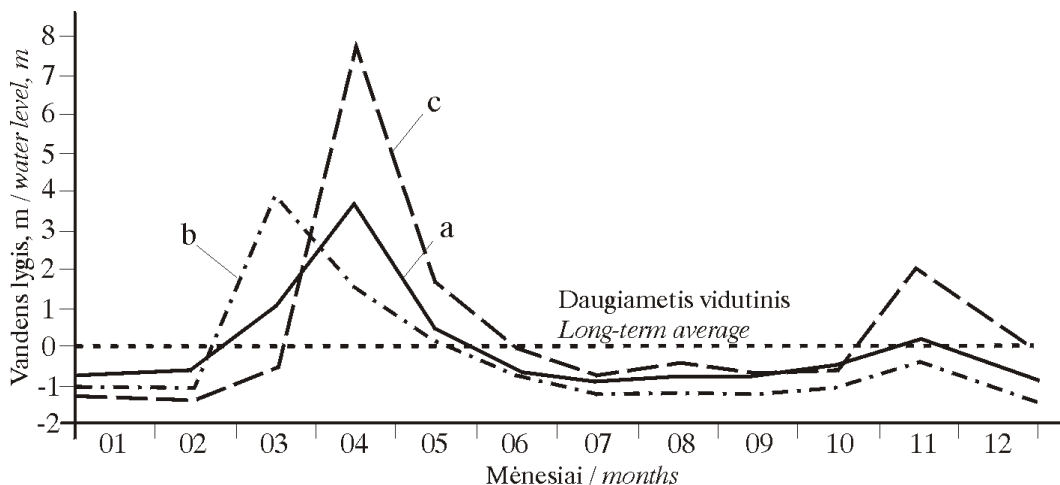
Modeliuojamos storių parametrų ir ribinių sąlygų vaidmuo patikslinti modelio kalibravimu. Modelio kokybės kriterijumi priimtas geriausias išmatuotųjų ir modeliųjų požeminio vandens lygių sutapimas.

Modeliavimo tikslas – požeminio vandens apykaitos (gamtinių išteklių), vandenviečių eksploatacinių išteklių, vandens lygio, šaltinių vandens mineralizacijos pokyčių įvertinimas priklausomai nuo Nemuno vandens lygio režimo.

Dėl sezoninio vandens lygio upėje svyravimo požeminio ir paviršinio vandens apykaitos intensyvumas taip pat kinta. Apibendrintą (integruotą), vidutiniam daugiamečiam artimą, intensyvumą galima nustatyti priėmus stabilias vidutines daugiamečių vandens lygio upėje reikšmes. Kadangi šiuo atveju požeminio ir paviršinio vandens apykaita yra pastovi (t.y. ją aprašančioje (1) lygtyje dešinysis narys lygus nuliui), ją galima įvertinti modeliuojant stacionarios filtracijos uždavinį.

Daug aukštesnis už vidutinį metinį (arba daugiamečį) vandens lygis upėje būna dažniausiai pavasarinio potvynio metu (kovą–balandį) ir rečiau – rudenį. Tačiau šiais laikotarpiais vandens apykaitos sąlygos kinta ir požeminis nuotėkis į upes mažėja. Ypač pakinta paviršinio ir gruntinio vandeningojo horizonto apykaitos pobūdis. Vandens lygio upėje kilimo metu pakinta net apykaitos kryptis – paviršinis vanduo maitina požeminį, o procesas yra nestacionarus (sprendžiama baigtinių skirtumų metodu aproksimuota (1) lygtis).

Modeliavimui priimta, kad vandens horizontas upėje (1-os rūšies ribinė sąlyga $H=f(t)$) metų bėgyje kinta pagal daugiamečius mėnesinius vidurkius (3 pav.). Jeigu aukštas lygis upėje išliktų (pavyzdžiui, ją užtvenkus), po 1–2 metų gruntinis horizontas prisipildytų vandens ir šis vėl imtų maitinti upę.



3 pav. Metinis vandens lygio kitimas Nemune (Nemajūnų posto duomenimis). Vidutinis mėnesinis: a – daugiametis (modeliuotas), b – sausų metų, c – vandeningų metų.

Fig. 3. Annual variation of Nemunas river level (according to the data of Nemajūnai station). Average monthly: a – long-term (modelled), b – of dry years, c – of high water years.

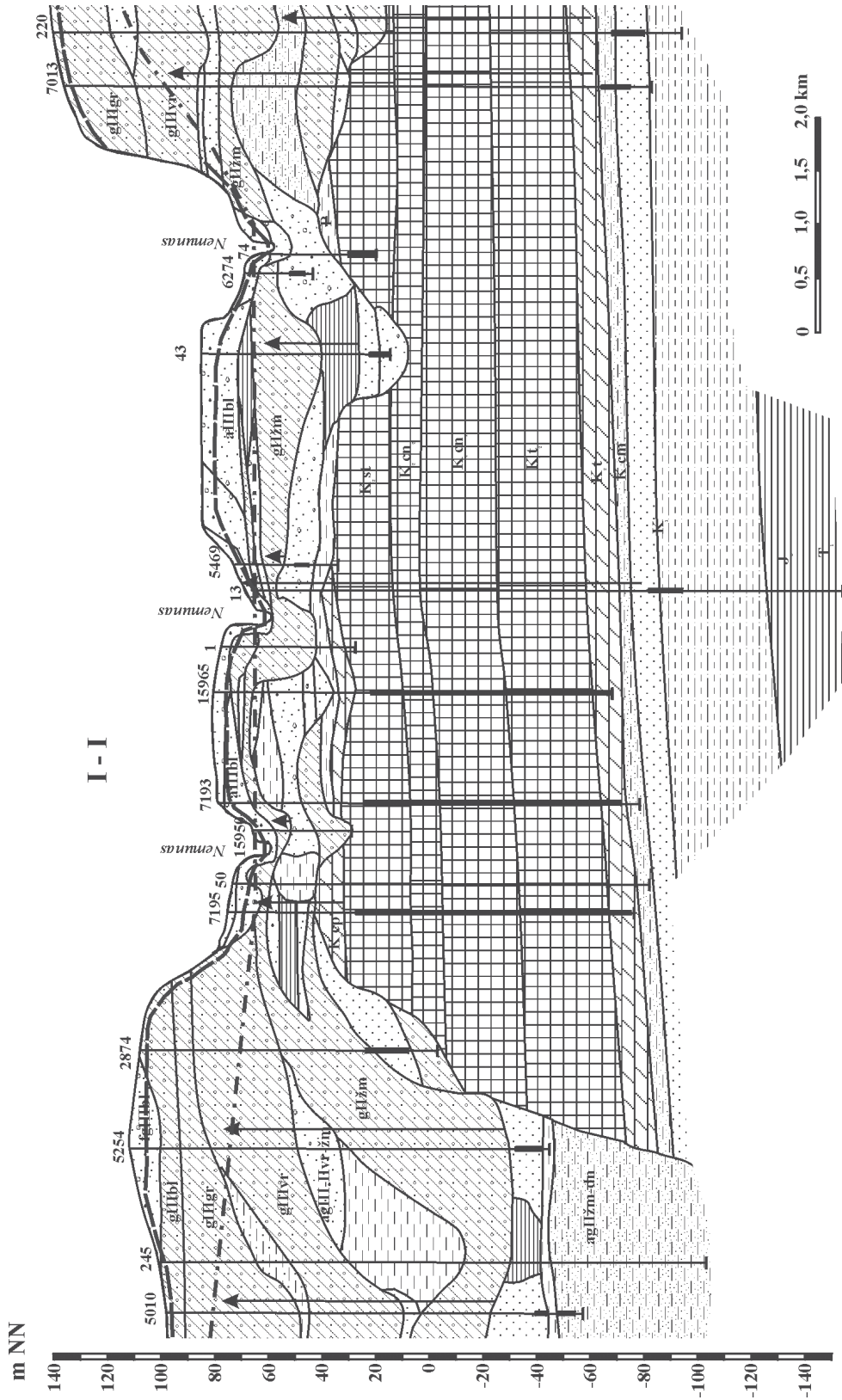
Matematinis modelis apima teritoriją, kuri gali turėti įtakos požeminio vandens režimui Nemuno slėnyje, ir joje išplitusius gruntinį, viršutinio pleistoceno, vidurinio pleistoceno, viršutinės kreidos ir apatinės kreidos vandeninguosius ir juos skiriančius silpnai laidžius (maždaug iki 300 m gylio) sluoksnius (4–6 pav.). Regioninio modelio skaičiuojamųjų blokų dydis – 1000 m, o pagalbinių modelių, skirtų parametrų kalibravimui esant sudėtingesnių hidrogeologinių ir antropogeninių sąlygų plotams (vandenvietės, perspektyvūs sklypai), – 100 m. Modeliavimo eiga: 1 – regioninio modelio sudarymas ir kalibravimas; 2 – požeminio vandens gamtinių išteklių ir apykaitos formavimosi dėsningumą nustatymas esant įvairiam Nemuno upės lygiui, jo režimui ir vandenviečių debitams.

Vandenvietės ir perspektyvūs plotai modeliuoti apibendrintai 2-os rūšies ribine sąlyga: $Q = \text{const} = \text{išžvalgytieji arba prognoziniai ištekliai}$.

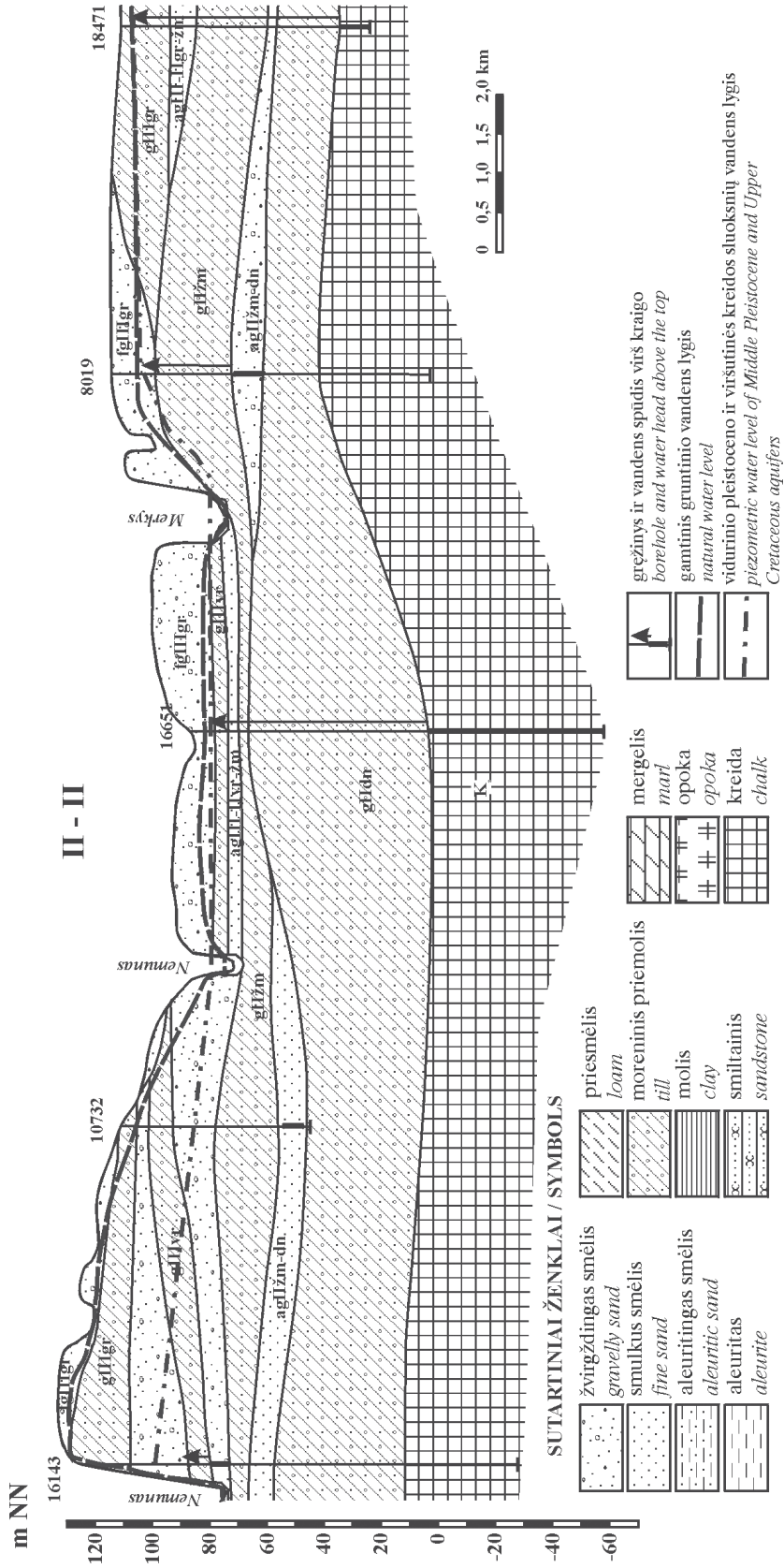
2. Hidrogeologinės sąlygos ir tyrimų rezultatai

Įvairios paskirties geologiniai ir hidrogeologiniai bei požeminio vandens išteklių tyrimai įgalina pakankamai išsamiai apibūdinti regiono hidrogeologines sąlygas (Bendoraitis, 1988; Bendoraitis, Gregorauskas, Klimas, 1995; Bendoraitis, Valys, 1992; Kaladinskienė, Krikščiūnas, Šonta, 1961; Kilda, 1973; Kučas, 1968).

Regiono įvairios mineralizacijos požeminis vanduo aptinkamas visoje nuosėdinėje stovymėje, kurios storis siekia 500–600 m. Nemuno slėnis drenuoja aukščiau jūros ir triaso vandensparinių apie 130 m storio molių esantį daugiausia gėlą kvartero, paleogeno, viršutinės bei apatinės kreidos uolienuų požeminį vandenį. Gėlo ir sūraus požeminio vandens zonas skiria minėtas vandensparinių uolienuų kompleksas. Po juo slūgsančiame požeminiame vandenyje yra 30–60 g/l ištirpusių druskų.

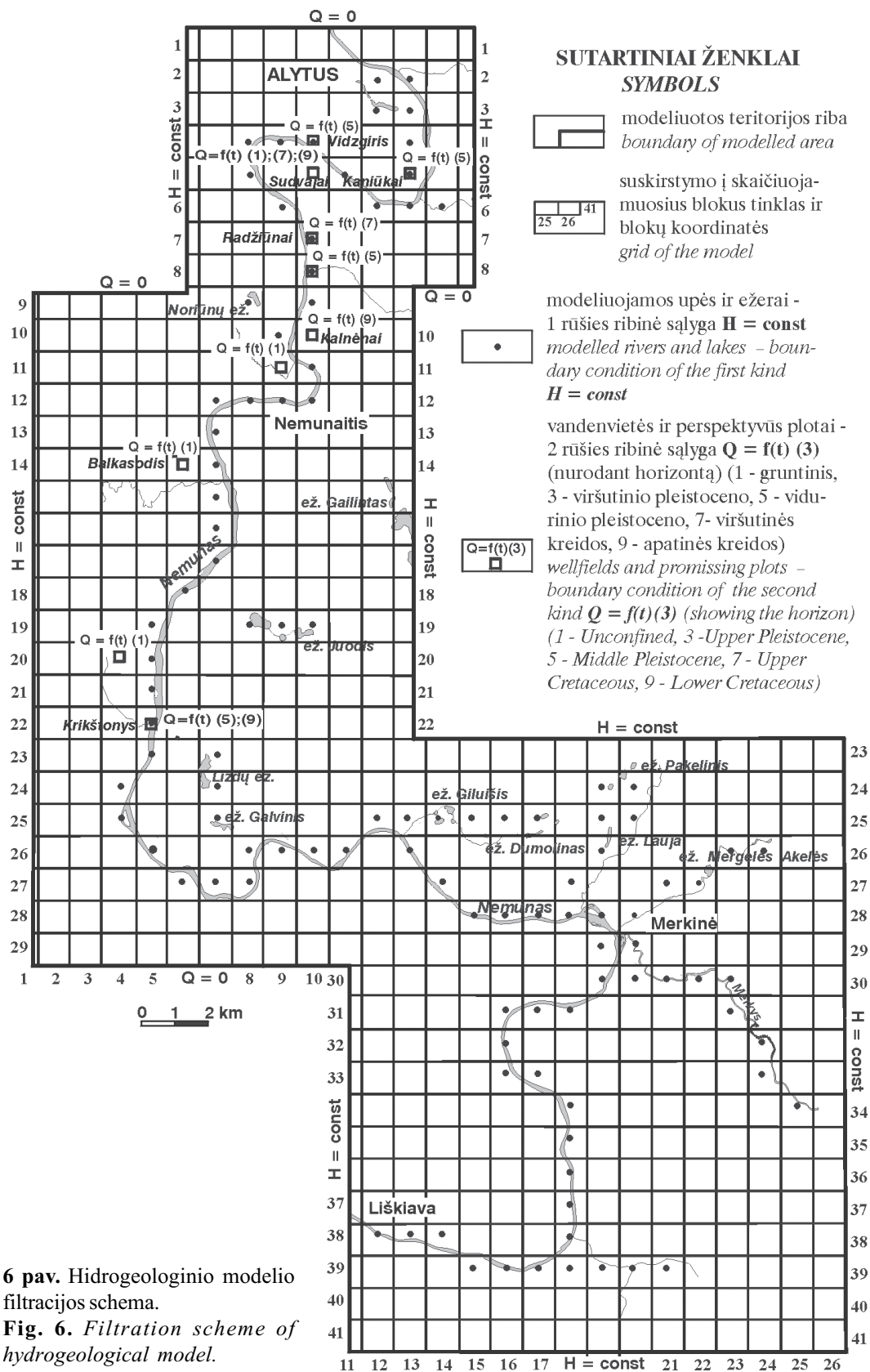


4 pav. Hidrogeologinis profilis I-I (pagal: Bendoraitis ir kt., 1995). Pjūvio kryptis ir stratifiniai sutartiniai ženklai 1 ir 2 pav.; litologiniai sutartiniai ženklai 5 pav. **Fig. 4.** Hydrogeological profile I-I (based on Bendoraitis et al., 1995). The direction of profile, stratigraphical and lithological symbols in Figs 1, 2 and 5.



5 pav. Hidrogeologinis profilis II-II. Pjūvio kryptis ir stratigrafinei sutartiniai ženklai 1 ir 2 pav.

Fig. 5. Hydrogeological profile II-II. The direction of profile and stratigraphical symbols in Figs 1 and 2.



6 pav. Hidrogeologinio modelio filtracijos schema.
Fig. 6. Filtration scheme of hydrogeological model.

Kvartero nuogulų vandeningąjį kompleksą sudaro gruntinis ir tarpmoreniniai spūdiniai viršutiniojo ir viduriniojo pleistoceno horizontai (Varduvos–Žemaitijos ir Žemaitijos–Dainavos svitų tarpmoreniniai dariniai), skiriami įvairaus storio silpnai laidžių moreninio priemolio arba priesmėlio sluoksniais, kurių filtracijos koeficientas – nuo 0,0001 iki 0,5 m/d (1 pav.). Nemuno slėnio žemutinių terasų zonos, kur vandeningieji sluoksniai dėl mažo juos skiriančių molingų nuogulų storio turi gerą hidraulinį ryšį, būdinga labai intensyvi požeminio vandens apykaita.

Nemuno slėnio žemutinių terasų ribose gruntinis vanduo dažniausiai slūgso holoceno ir vėlyvojo kvartero amžiaus aliuvio nuogulose, kurių filtracijos koeficientas dažniausiai lygus 5–15 m/d. Vandeningojo sluoksnio storis dažniausiai yra 3–5 m. Kai kuriose slėnio atkarpose (Sudvajų, Kaniūkų, Nemunaičio, Krikštonių apylinkės) aliuvius slūgso ant tarpmoreninių smėlingų nuogulų. Čia gruntinio vandeningo sluoksnio storis siekia 20–30 m. Gruntinio vandens lygį pirmosios ir antrosios viršsalpinių terasų ribose lemia vandens horizonto Nemune kitimas: 100 m pločio pakrantės zonoje gruntinio vandens lygio svyravimo amplitudė siekia 50–70% upės lygio svyravimo amplitudės. Požeminio ir paviršinio vandens apykaitos intensyvumą lemia vagos dugno uolienu filtracinės savybės. Jas ir požeminio bei paviršinio vandens hidraulinį ryšį kiekybiškai apibūdinantis ekvivalentiškas papildomas filtracijos kelias (ΔL) kinta nuo 50–100 iki 500–900 m.

Kitoje regiono dalyje žemės paviršiuje išplitusios kitų genetinių tipų nuogulos. Gruntinio vandeningojo horizonto gylis čia kinta nuo 1,5 iki 9,0 m, o uolienu filtracijos koeficientas – nuo 0,1 iki 30 m/d.

Gėlo gruntinio vandens cheminė sudėtis priklauso nuo vandeningų nuogulų litologinės sudėties. Jame vyrauja hidrokarbonatai ir kalcis su magniu, kurie sudaro 75–80 ir 60–30 mg-ekv. % atitinkamai viso anijonų ir katijonų kiekio (hidrokarbonatinis kalcio–magnio tipo vanduo). Bendroji vandens mineralizacija kinta nuo 200 mg-ekv./l (durpėse) iki 560 mg-ekv./l (moreniniuose priemoliuose).

Viršutinio pleistoceno spūdinis vandeningasis horizontas – 3–20 m storio smėlio sluoksnis, slūgso 40–60 m gylyje ir paplitęs beveik visame rajone, išskyrus Nemuno slėnio ruožą nuo Krikštonių iki Alytaus. Uolienu filtracijos koeficientas yra 0,1–4,0 m/d, horizonto filtracinis laidumas (filtracijos koeficiento ir sluoksnio storio sandauga) dažniausiai neviršija 50–100 m²/d, gręžtinių šulinių lyginamieji debitai – 0,1–0,5 l/s. Vandens spūdis virš horizonto kraigo didėja nuo 15–40 m prievaginėje slėnio dalyje iki 60–80 m jo pakraštyje.

Vidurinio pleistoceno spūdinis vandeningasis horizontas paplitęs visame regione. Jį sudarančio įvairaus rupumo 15–30 m storio smėlio sluoksnio slūgsojimo gylis – nuo 10–30 m prievaginėje Nemuno slėnio dalyje iki 80–140 m – už jo ribų. Uolienu filtracijos koeficientas sudaro 1–20 m/d, sluoksnio filtracinio laidumo koeficientas – dažniausiai 100–500 m²/d, vietomis nedideliuose lokaliuose sklypuose Nemuno slėnyje siekia 1000 m²/d ir dar daugiau. Gręžtinių šulinių lyginamasis debitas – 2–5 l/s.

Už slėnio ribų esančioje pagrindinėje mitybos srityje abiejų pleistoceno vandeningųjų kompleksų pjezometriniai lygiai skiriasi 10–15 m (altitudės – 80–135 m NN). Nemuno slėnyje – požeminio vandens iškrovos srityje viduriniojo pleistoceno horizonto lygiai 2–3 m viršija viršutinio pleistoceno horizonto lygius ir 5–10 m – upės sausmečio vandens horizontą. Jie kinta nuo 60 m (Alytaus apylinkės) iki 80 m NN (Liškiavos apylinkės).

Kvartero nuogulų vanduo yra gėlas, jame vyrauja hidrokarbonatų kalcio ir magnio jonai. Bendroji vandens mineralizacija dažniausiai neviršija 0,2–0,5 g/l. Požeminis vanduo atitinka geriamojo vandens normatyvo reikalavimus, tik jame padaugėję geležies bei organinės medžiagos (pagal permanganatinės oksidacijos rodiklį).

Viršutinės ir apatinės kreidos vandeningieji horizontai išplitę visame regione. Viršutinės kreidos vandeningųjų uolienu (balta kreida, kreidos mergelis ir smėlis) sluoksnio storis siekia 120 m, jo padas Nemuno slėnyje aptinkamas 130–170 m, už slėnio ribų – 230 m gylyje. Vandeningiausia – viršutinė sluoksnio dalis, kuri vietomis sudaro vientisą horizontą su paleogeno smėliais (2 pav.). Uolienu filtracijos koeficientas šiaurinėje regiono dalyje yra 10–30 m/d, pietinėje – 0,1–10 m/d, gręžtinių šulinių lyginamasis debitas dažniausiai yra 0,1–1,5 l/s. Atitinkamai horizonto laidumo koeficientas mažėja nuo 100–150 iki 30–50 m²/d.

Apatinės kreidos vandeningasis horizontas slūgso 170–210 m gylyje. Požeminis vanduo yra smulkiame, vietomis molingame, ir vidutinio rupumo smėlyje. Vandeningojo sluoksnio storis – 5–12 m, nuo viršutinės kreidos horizonto jį skiria molingi aleuritai, kurių sluoksnio storis neviršija 3–5 m. Vandeningų uolienu filtracijos koeficientas – 0,5–10 m/d, dažniausi gręžtinių šulinių lyginamieji debitai – 0,1–0,4 l/s. Vandens spūdis – 100–200 m, pjezometrinis lygis Nemuno slėnyje – 5–10 m aukštesnis nei viršutinės kreidos vandens lygis. Apatinė vandenspara – to paties amžiaus molingo smėlio ir aleurito storumė (40–50 m), jūros moliai ir aleuritai bei triaso moliai ir mergeliai – visas silpnai laidžių uolienu storis yra apie 150 m.

Kreidos vandeningųjų horizontų požeminis vanduo yra gėlas, hidrokarbonatinis kalcio–magnio tipo, jo mineralizacija – 0,3–0,5 g/l. Vandens kokybė atitinka geriamojo vandens higienos normas, tik jame gerokai padidėjusi geležies koncentracija.

Tačiau Nemuno slėnyje yra tektoninių lūžių, pro kuriuos sūrus triaso, permo ir dar gilesnių horizontų vanduo pakyla iki kreidos vandeningųjų sluoksnių, kartais šaltiniais išsruva ir žemės paviršiuje. Tokie požeminiai mineralizuoto vandens kupolai ir šaltiniai žinomi Nemuno slėnyje aukščiau Nemunaičio (Nemunaičio ir Druskelės šaltiniai). Apatinės kreidos horizonte šiose vietose slūgso mineralizuotas (1,5–4,1 g/l) chloridinis natrio vanduo. Viršutinės kreidos horizonte taip pat esama mineralizuoto vandens, tačiau jo paplitimo arealas – gerokai mažesnis, o vandens mineralizacija neviršija 1,4–1,8 g/l. Šaltinių vandens mineralizacija yra nepastovi ir kinta nuo 0,6 iki 2,5 g/l.

Aktyviosios apykaitos zonos požeminio vandens cheminė sudėtis apibūdinta 1 lentelėje (Bendoraitis, Gregorauskas, Klimas, 1995; Lietuvos..., 2003).

Požeminio vandens eksploataciniai ištekliai regione detaliam žvalgyti tiktai Alytaus centrinio vandentiekio reikalams. Išžvalgytos ir įvairiu laiku buvo eksploatuojamos Vidzgirio, Radžiūnų ir Strielčių vandenvietės. Pastaraisiais metais vandens sunaudojimas labai sumažėjo ir šiuo metu vandenviečių debitas yra tiktai apie 10 tūkst. m³/d. Be to, 1985–1992 m. 15–20 km aplink Alytų Nemuno slėnyje ir už jo ribų buvo vykdomos požeminio vandens paieškos miesto vandens poreikio tenkinimui ateityje (2010 m.), jis tuometinėmis prognozėmis buvo 90 tūkst. m³/d. Atrasti perspektyvūs sklypai, kuriuose požeminio vandens ištekliai įvertinti preliminariai (2 lent.).

2003 metais Alytaus miesto vandenvietėse požeminio vandens buvo išgaunama apie 10,5 tūkst. m³/d, t.y. tiktai apie 15% bendro detaliam ištirtų išteklių kiekio (66,3 tūkst. m³/d). Daugiausiai vandens (beveik 7 tūkst. m³/d) išgaunama Strielčių vandenvietėje, esančioje už modeliuoto regiono ribų (žemiau Alytaus), kur kaptuojamas vidurinio pleistoceno horizontas. Perspektyvus Ilgio sklypas taip pat nemodeliuotas, nes yra už tirtu regiono ribų.

Taigi dabar požeminio vandens režimas regione praktiškai yra natūralus, netrikdomas gavybos ir priklauso tiktai nuo klimatinių veiksnių (krituliai, vandens lygio upėse kitimas).

Modeliuotas natūralus požeminio vandens režimas ir prognozuotas vandens gavybos išžvalgytose vandenvietėse ir perspektyviuose plotuose sutrikdytas režimas. Vandenviečių ir perspektyvių plotų ištekliai yra daug kartų didesni už dabartinį požeminio vandens poreikį regione.

1 lentelė. Požeminio vandens cheminė sudėtis.

Table 1. Chemical composition of groundwater (according to Bendoraitis, Gregorauskas, Klimas, 1995; Lietuvos..., 2003).

Komponentas, rodiklis (dimensija) Component, (dimension)	Koncentracija, rodiklio reikšmė horizontų vandenyje (nuo–iki/vidutinė) Concentration, the value of rate in horizons water (from–to/average)			Higienos normos didžiausia leidžiama koncentracija (DLK) Admissible concentration by sanitary standard (MAC)
	kvarterio Quaternary	viršutinės kreidos Upper Cretaceous	apatinės kreidos Lower Cretaceous	
1	2	3	4	5
SL (mg/l)	183–692/370,5	196–1500/377,9	296–2500/381,2	
BK (mg- ekv./l)	1,0–7,99/5,36	2,45–6,28/5,07	5,06–6,66/6,21	
pH	6,5–7,9/7,41	7,45–7,45/7,45		6,5–9,5
PO (mgO ₂ /l)	0,92–6,24/2,69	0,64–4,96/2,98	2,64–5,92/4,55	5,0
Cl ⁻ (mg/l)	6–217/46,1	3–244/27,93	7–27/19,08	250
SO ₄ ⁻ (mg/l)	4–127/35,0	1,2–7/2,74	4–24/8,8	250
HCO ₃ ⁻ (mg/l)	136–386/306,1	190–440/373,63	284–439/401,6	
NO ₂ ⁻ (mg/l)	0–1,2/0,29	0–0,63/0,08	0,014–1,5/0,521	0,5
NO ₃ ⁻ (mg/l)	0–4/1,834	0–4/2,28	0,63–6/3,543	50
Na ⁺ (mg/l)	10,81–81,62/30,8	14,55–46,62/33,07	3,57–29,1/22,72	200
K ⁺ (mg/l)	0,51–4,34/2,34	4,55–8,2/6,77	2,31–14,23/6,25	
Ca ⁺⁺ (mg/l)	6–114/77,3	23–96/72,15	80–94/90,8	
Mg ⁺⁺ (mg/l)	1–37/16,78	13–20/16,22	13–24/20,4	
Fe ⁺⁺ (mg/l)	0,53–5,57/2,1	4,05–4,05/4,05		0,2
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0–0,787/0,24	0,08–1,5/0,65	0,1–0,4/0,19	0,5
Pb ⁺⁺ (mg/l)	0,0–0,05/0,0027	0,0005–0,043/0,0054	<0,001–0,021/0,011	0,025
Se ⁺⁺ (mg/l)	0–0,0016/0,0005	<0,0001		0,01
F ⁻ (mg/l)	0,05–0,38/0,2	0,17–0,47/0,37		1,5
Mn ⁺⁺ (mg/l)	0,05–0,205/0,105	0,02–0,117/0,05	0,033–0,043/0,038	0,05
Cu ⁺⁺ (mg/l)	<0,0005–0,036/0,0093	<0,0005–0,007/0,003	0,0023–0,005/0,0036	2,0
Zn ⁺⁺ (mg/l)	0,012–1,0/0,065	0,0053–0,47/0,099	0,044–0,42/0,232	
Al ⁺⁺ (mg/l)	0,0204–0,88/0,221	0,009–0,122/0,0574	0,016	0,2

SL – sausoji liekana, BK – bendrasis kietumas, PO – permanganatinė oksidacija / SL – dry residue, BK – total hardness, PO – permanganate oxidation, MAC – maximum admissible concentration for drinking water according to sanitary standard (Lietuvos..., 2003).

Siekiant įvertinti galimą maksimalų gavybos poveikį požeminio vandens režimui, modelyje priimta, kad vandenviečių debitas yra pastovus ir lygus ištekliams, t.y. realizuota 2-os rūšies ribinė sąlyga ($(Q = f(x, y, z) = \text{const})$).

Daugiametis vidutinis mėnesinis vandens horizonto Nemune svyravimo grafikas, modelyje realizuotas 1-os rūšies ribine sąlyga ($(H = f(t))$), parodytas 3 paveiksle. Būdingi, požeminio ir paviršinio vandens apykaitos apibendrinantieji dydžiai (daugiametis vidutinis, vidutinis potvynio) gauti stacionarios filtracijos uždavinio sprendimu, kiti – nestacionarios filtracijos uždavinio sprendimu.

Požeminio vandens formavimosi šaltiniai Nemuno slėnyje įvairaus upės lygio režimo sąlygomis parodyti 3 lentelėje.

Požeminio vandens apytakos intensyvumo kaita parodyta 4 lentelėje.

Potvynio ir jo slūgimo laikotarpyje požeminio (pirmiausia gruntinio) ir paviršinio vandens apykaitos intensyvumas ir net kryptis nuolatosa kinta. Be to, kylant vandens lygiui horizontuose dėl jų gravitacinio arba tamprinio (spūdinuose horizontuose) talpumo vanduo kaupiasi, o krintant – sukauptas išsiskiria (3 lent.). Todėl momentinės apykaitos reikšmės 4 lentelėje neparodytos ir aptartos atskirai.

Dabartinė požeminio vandens gavyba Radžiūnų vandenvietėje (apie 4 tūkst. m³/d.) ir pavieniais grėžiniais regioninio poveikio požeminio vandens lygiui nedaro. Todėl požeminio ir

2 lentelė. Išžvalgytieji ir prognoziniai eksploataciniai Alytaus miesto požeminio vandens išteklių ir gavyba (Hansen, Paukštys, 2001; UAB „Dzūkijos...“, 2004).

Table 2. Explored and prognostic groundwater reserves and extraction in Alytus (Hansen, Paukštys, 2001; www.vandenys.lt, 2004).

Eil. Nr. No.	Vandenvietė, sklypas Wellfield, site	Vandeningasis horizontas Aquifer	Ištekliai, tūkst. m ³ /d Reserves, thous m ³ /d	Gavyba, tūkst. m ³ /d (2003) Extraction, thous m ³ /d (2003)
1	Vidzgirio	Vidurinio pleistoceno / Middle Pleistocene	13,7	0
		Viršutinės kreidos / Upper Cretaceous	0	0
2	Radžiūnų (I, II, III sklypai)	Vidurinio pleistoceno (I) Middle Pleistocene	3,4	3,9
		Viršutinės kreidos (II) / Upper Cretaceous	18,2	0
		Apatinės kreidos (III) / Lower Cretaceous	4,0	0
3	Strielčių	Vidurinio pleistoceno / Middle Pleistocene	27,0	6,6
4	Sudvajų	Gruntinis / Unconfined	15,0	0
		Viršutinės kreidos / Upper Cretaceous	14,0	0
		Apatinės kreidos / Lower Cretaceous	7,0	0
5	Ryliškių	Vidurinio pleistoceno / Middle Pleistocene	17,0	0
		Apatinės kreidos / Lower Cretaceous	7,0	0
6	Krikštonių	Gruntinis / Unconfined	12,0	0
7	Kalnėnų	Gruntinis / Unconfined	8,0	0
8	Balkasodžio	Gruntinis / Unconfined	8,0	0
9	Kaniūkų	Vidurinio pleistoceno / Middle Pleistocene	7,0	0
10	Ilgio	Viršutinio pleistoceno / Upper Pleistocene	8,0	0
		Iš viso Total	169,3	10,5

paviršinio vandens apykaita praktiškai išlieka natūrali. Objektyviai pagrįstos gavybos augimo prognozės taip pat nėra. Todėl kaip maksimaliai galimas tolimoje perspektyvoje vertintas tikėtai išžvalgytųjų ir prognozinių išteklių gavybos poveikis požeminio ir paviršinio vandens apykaitai regione.

Vidutinė požeminio vandens iškrova modeliuotame 75 km ilgio Nemuno slėnio ruože tarp Liškiavos ir Alytaus natūraliomis sąlygomis yra apie 403 tūkst., o potvynio metu – apie 385 tūkst. m³/d arba vidutiniškai atitinkamai – nuo 5,4 tūkst. iki 5,1 tūkst. m³/d km. Išgaunant visus dabar regione ištirtus išteklius (134 tūkst. m³/d), požeminio vandens iškrova į Nemuną regione sumažėtų iki 334 tūkst. ir 317 tūkst. m³/d, arba 4,5 tūkst. ir 4,2 tūkst. m³/d km (atitinkamai vidutinė ir potvynio laikotarpio).

Dabartinėmis sąlygomis (2003) iš Nemuno įsifiltravęs vanduo formuoja apie 25% Radžiūnų vandenvietėje išgaunamo vandens (1 tūkst. iš 4 tūkst. m³/d). Išgaunant visus modeliuojamos teritorijos gerai ištirtus ir prognozinius eksploatacinius išteklius, įsifiltravusio vandens dalis padidėtų iki 42% (57 tūkst. iš 134 tūkst. m³/d).

Natūraliomis sąlygomis apie 80% bendro apie 400 tūkst. m³/d (apie 4,7 m³/s) požeminio vandens nuotėkio į upes modeliuojamoje 638 km² teritorijoje formuoja įsifiltravęs vanduo. Tai vidutiniškai sudaro beveik 500 m³/d km² (182 mm/a, arba 5,7 l/s km²). Bendras spūdinųjų vandeningųjų sluoksnių nuotėkis – 187 tūkst. m³/d, arba 279 m³/d km² (102 mm/a, arba 3,2 l/s km²). Primintina, kad platesniam regionui būdingas požeminis nuotėkis į upes, nustatytas jų hidrografo skaidymo būdu, yra nuo 2,5 iki 5 l/s km² (Lietuvos..., 1981). Šiuo atveju modeliuotas pastovus per metus (vidutinis daugiametis) vandens lygis Nemune duoda 10–20% didesnę bendrą požeminį nuotėkį į upę, nes iš tikrųjų potvynio metu gruntinio vandens nuotėkis į ją nutrūksta. Be to, potvynio slūgimo laikotarpio gruntinio vandens nuotėkis į upę,

3 lentelė. Požeminio vandens formavimosi šaltiniai regione (modeliavimo duomenys).

Table 3. The sources of groundwater formation in the region (data of modeling).

Vandeningasis sluoksnis ar kompleksas <i>Aquifer or aquifer system</i>	Apytakos kryptis, vandens šaltinis arba vartotojas <i>The direction of flow, source of water or consumer</i>	Požeminio vandens balansas (prietaka–iškrova), tūkst. m ³ /d <i>Groundwater balance (inflow–discharge), thous m³/d</i>					
		daugiametis vidutinis <i>long-term average</i>		potvynio (vidutinis) <i>tidal (average)</i>		potvynio maksimumo <i>of tidal maximum</i>	potvynio slūgimo <i>of tidal settlement</i>
		natūraliomis sąlygomis <i>under natural conditions</i>	išgaunant išžvalgytuosius ir prognozinčius išteklius <i>with extraction of all reserves</i>	natūraliomis sąlygomis <i>under natural conditions</i>	išgaunant išžvalgytuosius ir prognozinčius išteklius <i>with extraction of all reserves</i>		
1	2	3	4	5	6	7	8
Gruntinis <i>Unconfined</i>	Viršus / Top	319–406	376–334	319–385	377–317	1763–22	319–2170
	iš to skaičiaus / including:						
	- infiltracija /infiltration	319–0	319–0	319–0	319–0	319–0	319–0
	- upės /river	0–406	57–334	0–385	58–317	1444–22	0–2170
	Apačia /Bottom	201–178	171–232	191–174	162–230	138–164	226–166
Šoninis nuotėkis /Outflow	64–3	65–3	56–7	58–7	62–6	63–4	
Talpa / Capacity	0–0	0–0	0–0	0–0	0–1771	1732–0	
Gavyba / Extraction	0–0	0–43	0–0	0–43	0–0	0–0	
Viršutinio pleistoceno <i>Upper Pleistocene</i>	Viršus / Top	178–201	232–171	174–191	230–162	164–138	166–226
	Apačia / Bottom	155–132	128–189	146–129	120–188	110–118	166–123
	Talpa / Capacity	0–0	0–0	0–0	0–0	0–18	17–0
Vidurinio pleistoceno <i>Middle Pleistocene</i>	Viršus / Top	132–155	189–128	129–146	188–120	118–110	123–166
	Apačia / Bottom	63–40	47–67	58–41	42–69	44–36	68–38
	Talpa / Capacity	0–0	0–0	0–0	0–0	0–16	13–0
	Gavyba / Extraction	0–0	0–41	0–0	0–41	0–0	0–0
Viršutinės kreidos <i>Upper Cretaceous</i>	Viršus / Top	40–63	67–47	41–58	69–42	36–45	38–68
	Apačia / Bottom	26–3	18–6	21–4	14–8	24–3	25–30
	Talpa / Capacity	0–0	0–0	0–0	0–0	0–12	8–0
	Gavyba / Extraction	0–0	0–32	0–0	0–32	0–0	0–0
Apatinės kreidos <i>Lower Cretaceous</i>	Viršus / Top	3–26	6–18	4–21	8–14	3–24	3–25
	Šoninis nuotėkis / Outflow	23–0	30–0	17–0	24–0	23–0	23–0
	Talpa / Capacity	0–0	0–0	0–0	0–0	0–2	0–1
	Gavyba / Extraction	0–0	0–18	0–0	0–18	0–0	0–0
Bendra apytaka filtracijos srityje <i>Total cycle in the filtration zone</i>	Viršus / Top:	319–406	376–334	319–385	377–318	1763–22	319–2170
	iš to skaičiaus / including:						
	infiltracija / infiltration	319–0	319–0	319–0	319–0	319–0	319–0
	- upės / river	0–403	57–334	0–385	58–317	1444–22	0–2170
	Šoninis nuotėkis / Outflow	87–3	95–3	73–7	82–7	85–6	86–4
	Talpa / Capacity	0–0	0–0	0–0	0–0	0–1820	1770–1
	Gavyba / Extraction	0–0	0–134	0–0	0–134	0–0	0–0
Iš viso filtracijos srityje <i>Total in the filtration zone</i>	406–406	471–471	392–392	459–458*	1848–1848	2175	

*– skaičiavimo disbalansas / calculating disbalance.

4 lentelė. Požeminio vandens apytakos intensyvumas regione.

Table 4. The intensity of groundwater circulation in the region.

Vandeningasis sluoksnis <i>Aquifer</i>	Apytakos modulis, m ³ /d km ² – mm/a – l/s km ² <i>The modulus of circulation intensity, m³/d km² – mm/a – l/s km²</i>			
	daugiametis vidutinis <i>long-term average</i>		potvynio laikotarpio (vidutinis) <i>of tidal period (average)</i>	
	natūraliomis sąlygomis <i>under natural conditions</i>	išgaunant išžvalgytuosius ir prognozinčius išteklius <i>with extraction of all reserves</i>	natūraliomis sąlygomis <i>under natural conditions</i>	išgaunant išžvalgytuosius ir prognozinčius išteklius <i>with extraction of all reserves</i>
1	2	3	4	5
Gruntinis / Unconfined	500–182–5,7	589–215–6,8	589–215–6,8	589–215–6,8*
Viršutinio pleistoceno <i>Upper Pleistocene</i>	279–102–3,2	367–133–4,2	272–91–3,1	360–131–4,1
Vidurinio pleistoceno <i>Middle Pleistocene</i>	206–75–2,4	296–108–3,4	208–78–2	295–07–3,4
Viršutinės kreidos <i>Upper Cretaceous</i>	62–23–0,7	105–38–1	64–23–0,7	108–39–1
Apatinės kreidos <i>Lower Cretaceous</i>	5–2–0,05	9–3–0,1	6–2–0,07	12–5–0,1

taikant hidrografo skaidymą, požeminiam nuotėkiui nepriskiriamas.

Požeminio vandens nuotėkio į Nemuną intensyvumas priklauso nuo upės vagos ir gretimų teritorijų hidrogeologinių sąlygų ir vidutiniškai yra apie 5,4 tūkst. m³/d km (kinta nuo 2 tūkst. iki 12 tūkst. m³/d km). Didžiausias nuotėkis būdingas Krikštonių–Nemunaičio atkarpai.

Kaip matyti iš 3 lentelės duomenų, potvynio Nemune metu požeminio vandens apytaka tarp modeliuotos ir gretimų teritorijų (šoninė prietaka) dėl laikinai mažėjančio vertikalojo ir horizontalojo srauto gradiento, lyginant su vidutine daugiamete, esant kitoms sąlygoms vienodoms, kinta (mažėja) nežymiai (apie 10%) – nuo 87 tūkst. iki 73 tūkst. m³/d natūraliomis sąlygomis ir nuo 95 tūkst. iki 82 tūkst. m³/d išgaunant išteklius.

Potvynio metu Nemunas ima maitinti gretimų teritorijų gruntinį vandenį ir modeliuotoje 75 km atkarpoje praranda apie 17 m³/s (0,22 m³/s vagos km) vandens. Dėl laikinai sumažėjusio lygio skirtumo ir gradiento, kaip matyti iš modeliavimo duomenų (3 lent. 7 stulpelis), potvynio maksimumo metu (vidutinės daugiametės reikšmės) požeminio vandens iškrova į Nemuną praktiškai nutrūksta, taip pat sumažėja vandens apykaita tarp spūdinų horizontų. Pavasarinio potvynio upėje sukeltas gruntinio vandens lygio pakilimas (daugiau kaip 0,5 m) apima 1–3 km pločio pakrančių ruožus (7 pav.). Spūdinuose horizontuose patvankos dydis gelmėjant mažėja (8 pav.).

Nuslūgus vandens lygiui upėje, gruntiniame horizonte sukauptas vanduo (iš viso regione susikaupia apie 45–50 mln. m³, arba vidutiniškai apie 70 mm sluoksnis) upės maitinimui išseikvojamas per 50–60 dienų. Vidutinis šio laikotarpio požeminio vandens nuotėkio intensyvumas – apie 0,1, maksimalus – apie 0,25 m³/s km (vidutinis daugiametis – apie 0,06 m³/s km).

Požeminio vandens cheminės sudėties ir kokybės stabilumo požiūriu svarbiausi objektai yra vandenvietės ir aukščiau Nemunaičio upės slėnyje išplitusi padidėjusios mineralizacijos požeminio vandens zona su čia esančiais šaltiniais (Nemunaičio, Druskelės).

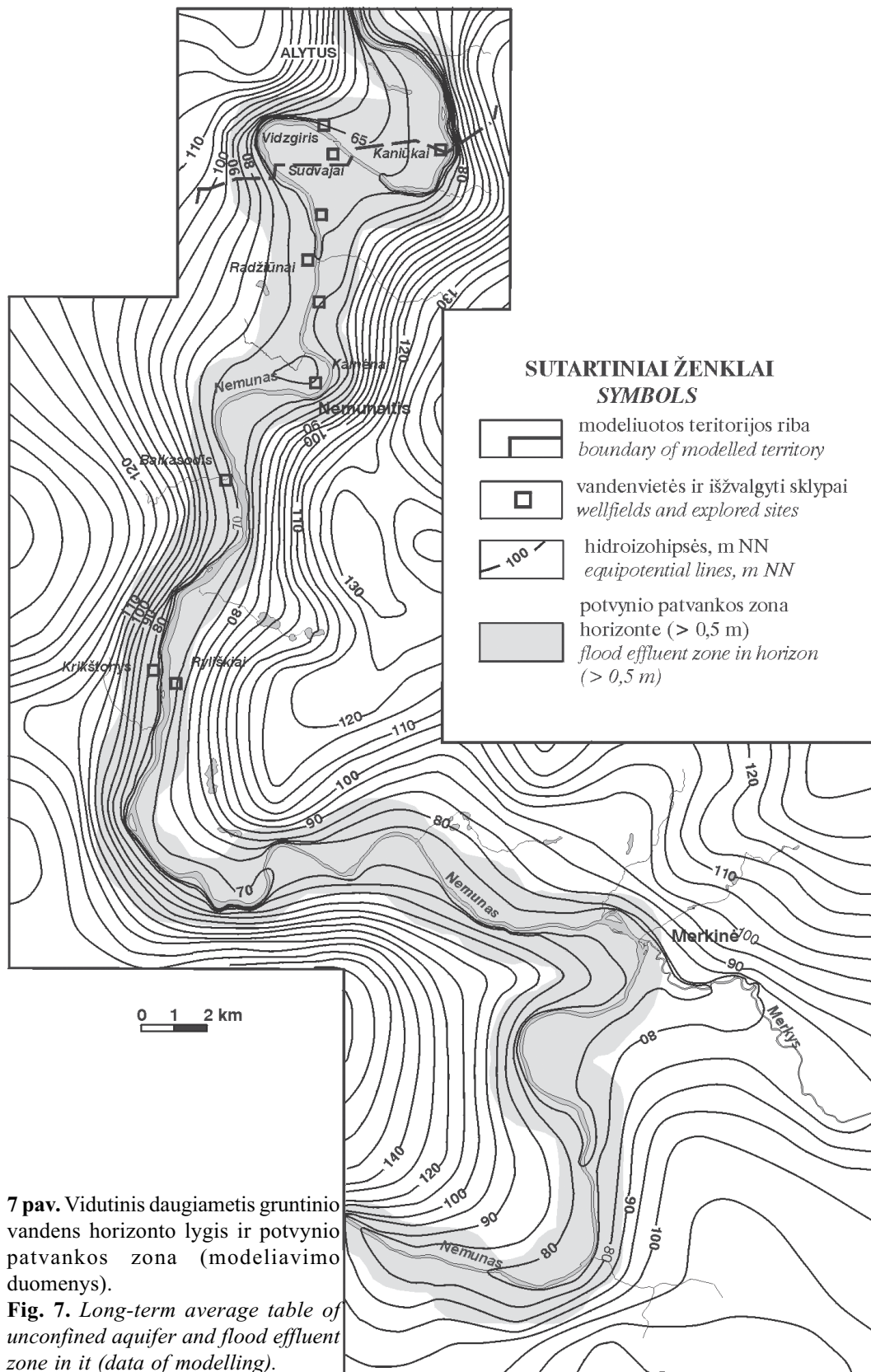
Laikinas požeminio vandens apytakos sumažėjimas per potvynį jaučiamo poveikio gėlo požeminio vandens mineralizacijai ir cheminei sudėčiai regiono mastu nedaro.

Visos Alytaus miesto vandenvietės ir perspektyvūs sklypai (išskyrus Ilgio) išsidėstę Nemuno slėnyje. Žymią dalį jų eksploatacinių išteklių (apie 40%) formuoja paviršinio vandens prietaka. Pastarojo mineralizacija yra mažesnė už požeminio vandens. Todėl čia kaptuojamo ir aukščiau jo esančių sluoksnių požeminio vandens mineralizacija esant pastoviai ir intensyviai, artimai ištirtiems ištekliams gavybai, gali kiek sumažėti, o kokybę, tinkamai organizavus gavybą ir sanitarinę aplinkos būklę, nepablogėtų.

Vidutinė daugiametė požeminio vandens iškrova aukščiau Nemunaičio upės slėnyje esančios apie 8 km ilgio padidėjusios mineralizacijos požeminio vandens zonos ribose yra apie 6,6 tūkst. m³/d km. Potvynio metu čia požeminio vandens iškrova sumažėja apie 10%.

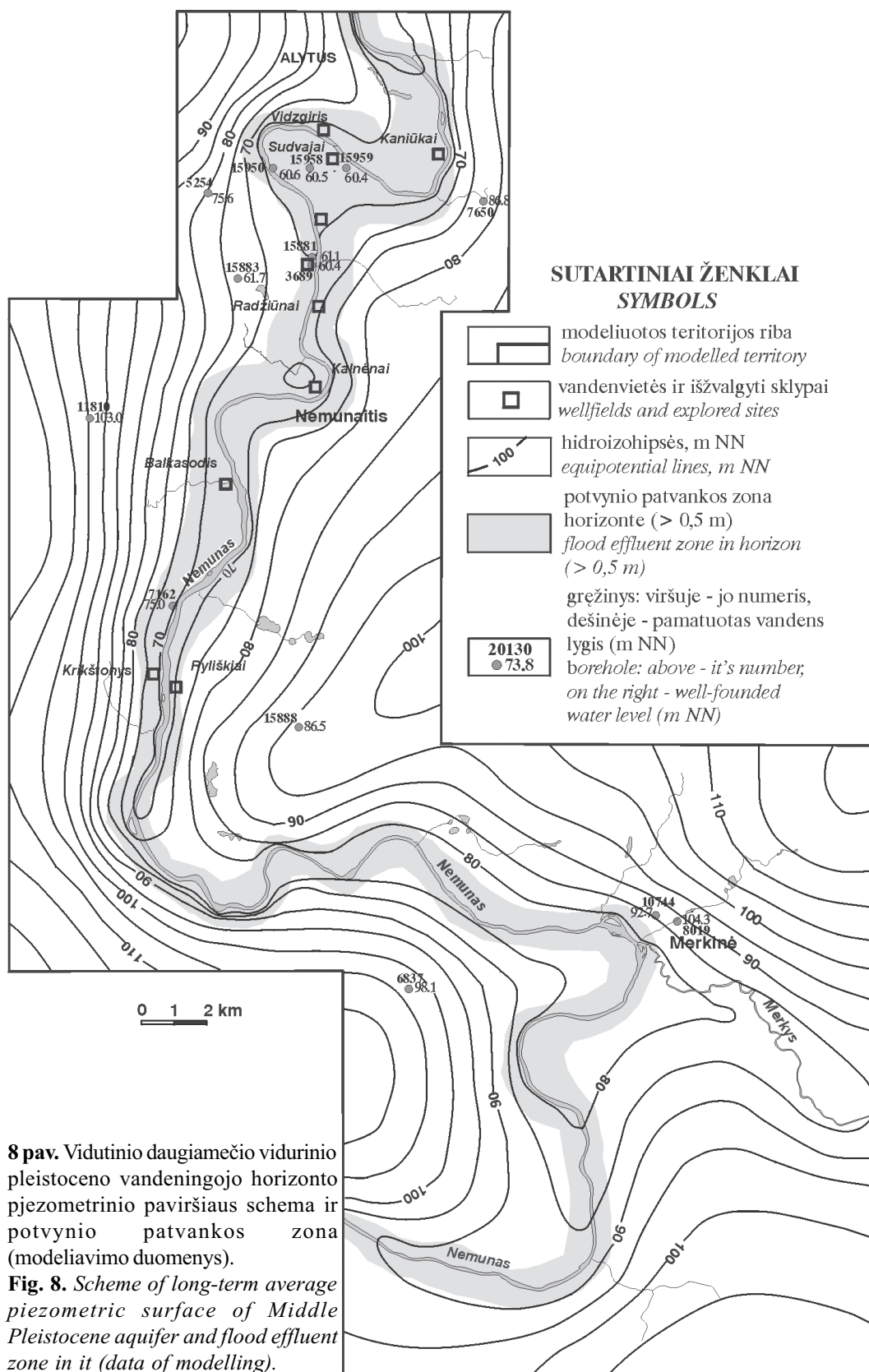
Bendrame iškrovos debite apatinės kreidos vandens (vidutinė mineralizacija – apie 2 g/l) kiekis, kuris lemia padidėjusios mineralizacijos zonos susidarymą, sumažėja apie 40% – nuo 48 iki 33 m³/d km ilgio upės atkarpoje. Kadangi analogiškai mažėja gėlo požeminio vandens prietaka į slėnį (nuo 150 iki 106 m³/d km), tai (3) formule apskaičiuota viršutinės kreidos vandens mineralizacija (C_i) sumažėja nuo 0,87 iki 0,86 g/l (t.y. 2%).

Padidėjusios mineralizacijos požeminio vandens versmės (pavyzdžiui, Nemunaičio vandens mineralizacija – 0,6 g/l, debitas – apie 50 m³/d) arba mineralizuoto vandens (pavyzdžiui, Druskelės vandens mineralizacija – 2,14 g/l, debitas – apie 79,5 m³/d) yra minėtos zonos ribose. Tačiau jos formuojasi lokaliuose tektoninio sluoksnių trupinimo zonose, kurių dėl nepakankamo ištirtumo regioniniame filtraciniame viengubą poringumą imituojančiame modelyje atkurti neįmanoma.



7 pav. Vidutinis daugiameis gruntinio vandens horizonto lygis ir potvynio patvankos zona (modeliavimo duomenys).

Fig. 7. Long-term average table of unconfined aquifer and flood effluent zone in it (data of modelling).



8 pav. Vidutinio daugiamečio vidurinio pleistoceno vandeningojo horizonto pjezometrinio paviršiaus schema ir potvynio patvankos zona (modeliavimo duomenys).

Fig. 8. Scheme of long-term average piezometric surface of Middle Pleistocene aquifer and flood effluent zone in it (data of modelling).

Taigi Nemuno potvyniai požeminio vandens hidrogeocheminio zoniškumo iš esmės nepakeičia. Tačiau galimas laikinas dabartinių mineralizuoto vandens šaltinių (Druskelės, Nemunaičio) išseigos vietų (žiočių) užliejimas per potvynius upės vandens lygiui pakilus aukščiau vidutinio 8–9 m.

Matematinis modelis sudarytas jau turimos, tačiau nepakankamos informacijos pagrindu. Ypač stokojama duomenų apie požeminio vandens režimą, kurio stebėjimui visuose horizontuose ir įvairiose slėnio vietose būtina įrengti specializuotą postų tinklą.

Apibendrinimas

Požeminio vandens formavimosi dėsningumai apie 75 km ilgio Nemuno slėnio ruože tarp Liškiavos ir Alytaus vertinti matematinio modeliavimo metodais. Sudarytas modelis apima maždaug 650 km² slėnio ir gretimų teritorijų visą vandens aktyvios apykaitos zoną, apimančią gruntinį, viršutinio pleistoceno, vidurinio pleistoceno, viršutinės kreidos ir apatinės kreidos vandeninguosius horizontus ir juos skiriančius silpnai laidžius sluoksnius. Tirta požeminio ir paviršinio vandens apykaitos ir lygio dinamikos priklausomybė nuo sezoninio Nemuno vandens lygio svyravimo bei požeminio vandens gavybos.

Šiuo metu požeminio vandens gavyba Radžiūnų vandenvietėje (apie 4 tūkst. m³/d) ir pavieniais gręžiniais regioninio poveikio požeminio vandens lygiams nedaro. Todėl požeminio ir paviršinio vandens apykaita praktiškai išlieka natūrali. Objektyviai pagrįstos gavybos augimo prognozės taip pat nėra. Todėl kaip maksimaliai galimas tolimoje perspektyvoje vertintas tikrai išžvalgytųjų ir prognoziųjų išteklių gavybos poveikis požeminio ir paviršinio vandens apykaitai regione.

Vidutinė požeminio vandens iškrova modeliuotame 75 km ilgio Nemuno slėnio ruože tarp Liškiavos ir Alytaus natūraliomis sąlygomis yra apie 400 tūkst., o potvynio metu – apie 385 tūkst. m³/d, arba vidutiniškai atitinkamai – nuo 5,4 tūkst. iki 5,1 tūkst. m³/d km. Jos intensyvumas priklauso nuo vagos ir gretimų teritorijų hidrogeologinių sąlygų ir vidutiniškai yra apie 5,4 tūkst. m³/d km (kinta nuo 2 tūkst. iki 12 tūkst. m³/d km). Didžiausias nuotėkis būdingas Krikštonių–Nemunaičio atkarpai.

Išgaunant visus dabar regione ištirtus vandens išteklius (134 tūkst. m³/d), požeminio vandens iškrova į Nemuną regione sumažėtų iki 334 tūkst. ir 317 tūkst. m³/d, arba 4,5 tūkst. ir 4,2 tūkst. m³/d km (atitinkamai vidutinė ir potvynio laikotarpio).

Visos tirtame regione išžvalgytos vandenvietės ir perspektyvūs sklypai yra žemutinių Nemuno terasų ribose. Upės vanduo yra svarbus jų eksploatacinių išteklių formavimosi šaltinis. Dabartinėmis sąlygomis (2003) iš Nemuno įsifiltravęs vanduo formuoja apie 25% Radžiūnų vandenvietėje išgaunamo vandens (1 tūkst. iš 4 tūkst. m³/d). Išgaunant visus gerai ištirtuosius ir prognoziinius eksploatacinius išteklius, įsifiltravusio upės vandens dalis padidėtų iki 42% (57 tūkst. iš 134 tūkst. m³/d).

Natūraliomis sąlygomis vidutiniškai apie 320 tūkst. m³/d (4,7 m³/s), arba apie 80% bendro požeminio vandens nuotėkio į Nemuną formuoja slėnyje ir gretimose teritorijose įsifiltravęs vanduo. Bendras spūdinių vandeningųjų sluoksnių nuotėkis yra 187 tūkst. m³/d, arba 279 m³/d km² (102 mm/a, arba 3,2 l/s km²).

Potvynio metu Nemunas ima maitinti slėnio gruntinį vandenį, prarasdamas modeliuotame 75 km ruože apie 17 m³/s (0,22 m³/s vienam vagos km) vandens. Potvynio maksimumo metu dėl laikinai sumažėjusio lygio skirtumo ir gradiento, požeminio vandens iškrova į Nemuną praktiškai nevyksta, taip pat sumažėja ir apykaita tarp spūdinių

horizontų. Pavasarinio potvynio upėje sukeltas gruntinio vandens lygio pakilimas (daugiau kaip 0,5 m) apima 1–3 km pločio pakrančių ruožus. Spūdiniuose horizontuose patvankos dydis su gyliu mažėja.

Nuslūgus vandens lygiui upėje, gruntiniame horizonte sukauptas vanduo upės maitinimui išsekvojamas per 50–60 dienų. Vidutinis šio laikotarpio požeminio vandens nuotėkio intensyvumas – apie 0,1, maksimalus – apie 0,25 m³/s km (vidutinis daugiametis – apie 0,06 m³/s km).

Požeminio vandens cheminės sudėties ir kokybės stabilumo požiūriu svarbiausi objektai yra vandenvietės ir aukščiau Nemunaičio upės slėnyje išplitusi padidėjusios mineralizacijos požeminio vandens zona ir su ja susiję padidėjusios mineralizacijos šaltiniai (Nemunaičio, Druskelės).

Laikinas požeminio vandens apytakos sumažėjimas potvynio metu jaučiamo poveikio gėlo požeminio vandens mineralizacijai ir cheminei sudėčiai regiono mastu nedaro.

Gauta 2004-08-19

Literatūra

- Bendoraitis A., Gregorauskas M., Klimas A.** (1995). Alytaus požeminio vandens telkinio Radžiūnų ir Radžiūnų–II sklypų eksploatacinių išteklių įvertinimo ataskaita / UAB „Vilniaus hidrogeologija“, Vilnius. (Rankraštis.)
- Bendoraitis A., Valys A.** (1992). Kaniūkų sklypo hidrogeologinių tyrimų spindulinio šulinio įrengimui ataskaita / AB „Artva“, Vilnius. (Rankraštis.)
- Bendoraitis A.** (1988). Paeškiniai hidrogeologiniai tyrimai Alytaus miesto centralizuotam vandentiekii / Vilniaus hidrogeologijos ekspedicija, Vilnius. (Rankraštis, rusų k.)
- Directive 2000/60/EC** of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 Establishing a Framework for Community Action in the Field of Water Policy (2000), *Official Journal L*, No.327-1.
- Guobytė R.** (1998). Kvartero geologinio žemėlapis 1:200 000 masteliu revizija, nauja redakcija ir parengimas spaudai / Lietuvos geologijos tarnyba, Vilnius. (Rankraštis.)
- Hansen E., Paukštys B.** (2001). Alytaus vandens tiekimo pagerinimas, A dalis / DANCEE ir UAB „Dzūkijos vandenys“, Vilnius. (Rankraštis.)
- Kaladinskienė A., Krikščiūnas V., Šonta Z.** (1961). Hidrogeologinių tyrimų Alytaus miesto vandentiekii ataskaita/Vilniaus hidrogeologijos ekspedicija, Vilnius. (Rankraštis, rusų k.)
- Kasdienis hidrometeorologinis biuletenis.** 2001–2004/Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba, Vilnius.
- Kilda K.** (1973). Požeminio vandens Alytaus miesto vandentiekii paieškų ir parengiamosios žvalgybos ataskaita/Vilniaus hidrogeologijos ekspedicija, Vilnius. (Rankraštis, rusų k.)
- Kučas A.** (1968). Hidrogeologinių tyrimų Alytaus miesto centralizuoto vandentiekio išplėtimui ataskaita / Vilniaus hidrogeologijos ekspedicija, Vilnius. (Rankraštis, rusų k.)
- Lietuvos higienos norma HN24:2003** „Geriamo vandens saugos ir kokybės reikalavimai“ (2003), *Valstybės žinios*, Nr.79-3606.
- Lietuvos TSR atlasas** (1981), Maskva.
- McDonald M. G., Harbaugh A. W.** (1988). A modular three–dimensional finite–difference groundwater flow model (MODFLOW), Modelling techniques.
- Rumbaugh J. O., Rumbaugh D. B.** (1997). Groundwater Vistas: Guide to using.
- Šliaupa S., Čyžienė J., Lazauskienė J.** (1999). Prekvartero geologinio žemėlapis 1: 200 000 masteliu revizija / Lietuvos geologijos tarnyba, Vilnius. (Rankraštis.)
- UAB „Dzūkijos vandenys“** internetinis puslapis (2004), www.vandenys.lt.
- Гидрологические сведения по рекам и озерам Литовской ССР 1933–1944 гг.** (1950), Ленинград: Гидрометеоздат.
- Ресурсы поверхностных вод СССР: Основные гидрологические характеристики** (1974), Ленинград: Гидрометеоздат, т. 4, вып. 3.

Algirdas Zuzevičius, Jonas Diliūnas, Gediminas Čyžius, Mykolas Kaminskas

Institute of Geology and Geography, Vilnius

Formation of groundwater resources in the Liškiava–Alytus section of the Nemunas River valley

Summary

Due to natural resources Nemunas, as other big rivers and their valleys, has always played an important role in the economic and social–cultural development of society. The complicated interrelations of natural environment and economic activity require thorough application of the principles of sustainable development.

The sector of the Nemunas valley between Liškiava and Alytus is comparatively sparsely populated and marked by specific landscape, great number of natural and historical monuments and deposits of valuable minerals (groundwater in the first place). It often is an object of conflicting interests.

The regularities of groundwater formation in the 75 km long sector of Nemunas valley can be evaluated by the methods of mathematical modelling. A model was created for an area of 650 km² of the valley with the surrounding territories. The area represents the active water exchange zone including the groundwater, Upper Pleistocene, Middle Pleistocene, Upper and Lower Cretaceous aquifers and the intermediate semi-permeable horizons. The dependence of groundwater–surface water exchange and level dynamics on the seasonal Nemunas water horizon fluctuation and groundwater extraction was the object of the present research.

The groundwater abstraction in the Radžiūnai settlement (about 4 thou m³/d) and in the individual wells produces no regional influence on the groundwater level. Thus, the groundwater–surface water exchange bears almost natural character. There is no objectively based future prognosis for increase of groundwater extraction. For this reason only the impact of extraction of the explored and prognostic groundwater resources on the groundwater–surface water exchange in the region was evaluated as a possible one in the far future.

The mean groundwater discharge in the modelled 75 km long sector of Nemunas valley is about 400 thou m³/d under natural conditions and about 385 thou m³/d during tides or the average from 5.4 to 5.1 thou m³/d km respectively. Its intensity depends on the hydrogeological conditions of the river channel and adjacent territories and makes up about 5.4 thou m³/d km on the average (varies from 2 to 12 thou m³/d km). The highest discharge values are characteristic of the Krikštonys–Nemunaitis sector.

In case of extraction of all explored groundwater resources (134 thou m³/d) the groundwater discharge into Nemunas would reduce in the region to 334 and 317 thou m³/d or 4.5 and 4.2 thou m³/d km (the mean and tide values respectively).

All explored wellfields and promising plots are situated within the area of low Nemunas terraces. The river water is an important formation source of exploitation resources. The filtration water from Nemunas today (2003) forms about 25 % of the water extracted in the Radžiūnai wellfield (1 out of 4 thou m³/d). In case of extraction of all explored and prognostic exploitation resources the proportion of infiltrated river water would increase up to 42 % (57 out of 134 thou m³/d).

About 320 thou m³/d (4.7 m³/s) or 80 % of the total of groundwater discharge into Nemunas under the natural conditions are formed by infiltration water in the valley and surrounding territories. The total confined groundwater discharge is 187 thou m³/d or 279 m³/d/km² (100 mm/a or 3.2 l/s km²).

Recharging the groundwater of its valley during tides Nemunas loses about 17 m³/s (0.22 m³/s km of the channel) of its water in the modelled sector. The groundwater discharge into Nemunas does not actually take place during the tide peak due to temporary reduction of the level differences and gradient. The water exchange between the confined horizons also weakens. The rise of groundwater

level (>5 m), induced by spring floods, includes the 1–3 km wide riverside sections. The water head in the confined horizons reduces with depth.

The water accumulated in the aquifer is spent for river recharge in 50–60 days after the water fall in the river horizon. The mean groundwater discharge intensity for this period is about $0.1 \text{ m}^3/\text{s km}$ and the maximum is about $0.25 \text{ m}^3/\text{s km}$ (the long-term mean is about $0.06 \text{ m}^3/\text{s km}$).

The wellfields and the elevated groundwater mineralization zone, spread in the river valley upstream from Nemunaitis, as well as the related highly mineralized springs (Nemunaitis, Druskelė) are the most important objects from the point of view of the stability of the groundwater chemical composition and quality.

The temporary reduction of groundwater exchange during tides produces no appreciable regional effect on the fresh groundwater mineralization and chemical composition.