

Eleonora Pērkone, Konrāds Popovs

Latvijas Universitāte

Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte

Latvija

Pamatiežu ūdens horizontu filtrācijas īpašību un litofaciālās zonalitātes sakarības

Abstract

Filtration properties of sediment are one of parameter what describe sediment ability to percolate water and groundwater movement in specific geological conditions. Filtration properties are mainly affected by a variety of sediment physical properties and filtering liquid as well. Sediment filtration properties are important in hydrogeological study and, partly, in engineering geology. Depending of the aim of the research, there are several determination methods of filtration properties – field, laboratory methods and parameter interpolation, extrapolation using existent data. The last one is used in this research.

The aim of research is to find out distribution of filtration properties of middle and upper Devonian bedrock aquifer in area of deposits distribution and parameter value dependence from lithofacial zonality. Such research is substantial, because it allows to assess connection between sediment permeability, lithology and geological structure of groundwater aquifer in Latvia. Work supported by ESF project „Establishment of interdisciplinary scientist group and modeling system for Groundwater research” (Project Nr. 2009/0212/1DP/1.1.1.2.0/APIA/VIAA/060).

Atslēgas vārdi: augšējais devons, Gaujas svīta, Amatas svīta, fācija, filtrācijas koeficients, interpolācija, ekstrapolācija

Ievads

Nogulumu filtrācijas īpašības ir vienas no būtiskākajiem parametriem, kas raksturo nogulumu spēju laist cauri ūdeni un, līdz ar to, pazemes ūdeņu kustību noteiktos ģeoloģiskos apstākļos. Filtrācijas īpašības galvenokārt ietekmē dažādas nogulumu fizikālās, kā arī filtrējošā šķidrums īpašības. Nogulumu spēju laist cauri ūdeni ir nepieciešams precīzi noteikt un zināt dažādos hidroģeoloģiskos pētījumos un daļēji arī inženierģeoloģiskajos pētījumos. Atkarībā no pētījuma mērķa un pieejamajiem resursiem, iespējams izmantot dažādas nogulumu filtrācijas īpašību noteikšanas metodes – eksperimentālās metodes uz vietas laukā, laboratorijas metodes, izmantojot dažādas filtrācijas iekārtas un ar analītiskām metodēm, veicot aprēķinus. Konkrētu filtrācijas parametru, piemēram, filtrācijas koeficientu, noteiktam ūdens horizontam vai tā atsevišķiem iecirkņiem, iespējams noteikt izmantojot jau esošus datus un ar datorprogrammu palīdzību veikt konkrētā parametra interpolāciju un ekstrapolāciju. Katrai no metožu grupām ir gan savas priekšrocības, gan trūkumi, kas izpaužas dažādos nogulumos un mērogos. Darbā, pamatiežu ūdens horizontu filtrācijas parametru vērtību sadalījums to izplatības teritorijā iegūts izmantojot lineārās interpolācijas un ekstrapolācijas metodes.

Pētījuma mērķis ir izzināt augšējā devona Gaujas un Amatas svītu nogulumiežu ūdens horizontu filtrācijas īpašību sadalījumu nogulumu izplatības teritorijā un to izmaiņas atkarībā

no nogulumu faciālās zonalitātes. Šāds pētījums ir nozīmīgs, jo ļauj novērtēt nogulumiežu filtrācijas īpašību saistību ar pazemes ūdens horizontu litoloģiskajām īpašībām un ģeoloģisko uzbūvi, tādejādi ļaujot izvērtēt konkrēta ūdens horizonta atbilstību, piemēram, ūdensapgādei, kādā noteiktā teritorijā. Pētījums ir aktuāls arī no tāda viedokļa, ka iepriekš veiktajos pētījumos devona klastiskā slāņkopa apskatīta vai nu no sedimentoloģijas aspekta, pētot nogulumu uzkrāšanās apstākļus, pēcsedimentācijas izmaiņas un stratigrāfiju, vai no hidroģeoloģijas aspekta, pētot pazemes ūdeņus – krājumus, izmantošanas iespējas, ķīmisko sastāvu, aizsargātību u.c. Tomēr kopā, izmantojot abu šo zinātņu sniegtās iespējas, pamatieži līdz šim nopietni, nav pētīti.

Pētījumā ir apskatīta filtrācijas īpašību saistība ar litofaciālajām zonām augšējā devona Gaujas un Amatas svītu klastiskajos nogulumiežos.

Materiāli un metodes

Visi darbā izmantotie dati par pamatiežu ūdens horizontu filtrācijas īpašībām iegūti no Latvijas Vides, Ģeoloģijas un Meteoroloģijas centra, gan no centra urbumu datubāzes, gan manuāli ievācot datus no ģeoloģiskās kartēšanas un hidroģeoloģiskās izpētes atskaitēm. Sākotnēji no LVĢMC ievākti maksimāli visi pieejamie dati par filtrācijas īpašībām no visām Latvijā pārstāvētajām pamatiežu slāņkopām. Pamatojoties uz Latvijas teritorijas ģeoloģisko uzbūvi un nogulumu izplatības īpatnībām visvairāk filtrācijas īpašības raksturojošie dati, tādi kā filtrācijas koeficients, caurplūdes koeficients, pjezovadāmības koeficients u.c., tika iegūti par devona nogulumiežiem, konkrēti, par vidējā devona Arukilas un Burtnieku, un par augšējā devona Franāstāva Gaujas, Amatas, Pļaviņu un Daugavas svītu nogulumiem. Ņemot vērā to, ka darba autorei ir iepriekšēja pieredze darbā ar smilšaino nogulumu filtrācijas īpašību pētījumiem, tālākai datu apstrādei un analīzei tika izvēlēti dati par Gaujas un Amatas klastiskajām slāņkopām. Kopumā pētījumā izmantoti tikai filtrācijas koeficientu dati, kas, daļā gadījumu, lai iegūtu lielāku datu apjomu, aprēķināti no caurplūdes koeficientiem.

Filtrācijas koeficients ir viena no būtiskākajām nogulumu filtrācijas īpašībām, kas raksturo to spēju laist cauri jeb filtrēt ūdeni, kas ir atkarīga no poru un plaisu izmēriem, kā arī filtrējošā šķidrums īpašībām. Filtrācijas koeficients tiek izmantots pazemes ūdeņu hidroģeoloģijā, praktiskajos darbos, kur dominējošais šķidrums ir ūdens un to izsaka kā attāluma un laika attiecību (Todd and Mays 2005: 636). Filtrācijas koeficients pēc būtības ir līdzīgs parametrs plūsmas ātrumam, taču ne vienmēr tas apzīmē vienu un to pašu lielumu. Filtrācijas koeficients ir vienāds ar plūsmas ātrumu tikai pie nosacījuma, ja hidrauliskais gradients ir 1 (Шварцев, 1996: 422).

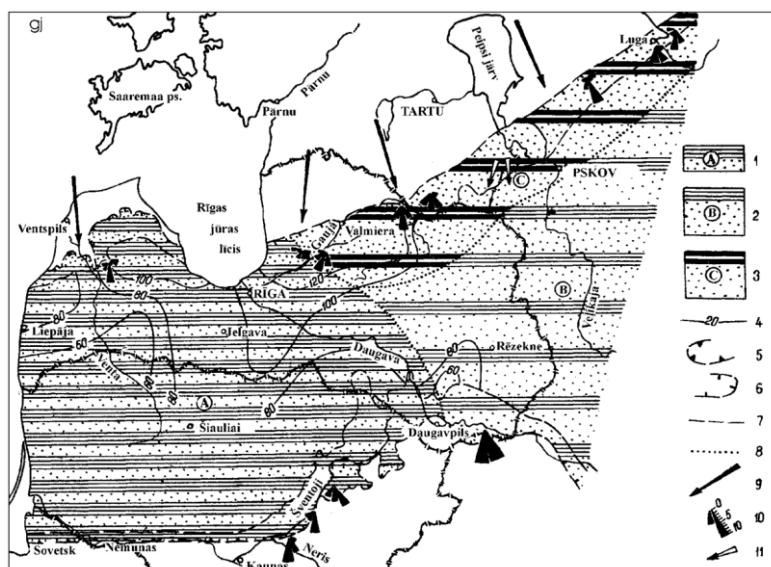
Darba gaitā, lai apstrādātu visus iegūtos datus un izveidotu pamatiežu ūdens horizontu filtrācijas īpašību sadalījuma kartes, tika izmantota speciāli PUMa projekta ietvaros izveidota ģeoloģiskās struktūras izveides un hidroģeoloģisko aprēķinu skriptu valoda, kas darbojas uz „Python” programmēšanas valodas bāzes. Sākotnēji izmantojot šo programmēšanas valodu un datorprogrammas Mesh Editor un HiFiGeo uz jau iepriekš izveidotiem konkrēto nogulumiežu izplatības areālu režģiem Latvijas teritorijai, punktu veidā, tika atlikti visi urbumi, kas konkrētajā ūdens horizontā sniedz informāciju par filtrācijas koeficientiem. Tas tika darīts, lai vizuāli novērtētu datu daudzumu un pārklājuma blīvuma sadalījumu nogulumu izplatības robežās. Tad, izmantojot lineārās interpolācijas metodi, kas pamatā izmanto neregulāru trijstūru režģi, tika veikta šo parametru interpolācija. Pēc tam, attiecīgi, ekstrapolācija pa visu nogulumu izplatības areālu Latvijas teritorijā. Darba gaitā tika veikta arī litofāciju datu digitizēšana. Darbā tika izmantotas Visvalža Kurša 1975. gadā (Курш 1975: 219) sastādītās litofāciju shēmas. Litofāciju shēmas, izmantojot datorprogrammu ArcMap 9.3.1., sākotnēji piesaistītas koordinātu tīklam un nodigitizētas, lai būtu iespējams aplūkot kopīgo filtrācijas koeficientu vērtību punktu un litofaciālo zonu izplatību.

Gaujas un Amatas svītas ģeoloģiskais un hidroģeoloģiskais raksturojums

Balstoties uz iepriekšēju devona nogulumu izpēti un veidošanās apstākļu interpretāciju (Курш 1992: 208, 1975: 219; Brangulis et al 1998: 70) Gaujas un Amatas svītas pieder augšējā devona tipiskajai klastiskajai slāņkopai un, pamatā, sastāv no mālainiem, aleirītiskiem un smilšainiem nogulumiem. Gaujas un Amatas svītas Latvijas hidroģeoloģiskajā griezumā veido Gaujas un Amatas ūdens horizontus, kas ietilpst lielākā Arukilas – Amatas ūdens horizontu kompleksā, kas savukārt veido aktīvās ūdens apmaiņas jeb saldūdens zonu (Levina et al 1995: 76).

Gaujas svītas nogulumu izplatīti gandrīz visā Latvijas teritorijā, izņemto Kurzemes un Vidzemes ziemeļu daļas un pašus Latgales dienvidus. Nogulumu biezums svārstās no 60 – 100 m, bet Liepājas – Saldus pacēluma zonā sasniedz pat 129 m. Gaujas horizonta ieži pārstāvēti ar mālainiem, aleirītiskiem un smilšainiem nogulumiem, svītas pamatnē bieži sastopami konglomerāti (Brangulis et al 1998:70). Lielāko horizonta daļu aizņem aleirītiski un smilšaini nogulumi, kas uzkrājušies nosacītos šelfa dziļūdens apstākļos (Курш 1975: 219) (1. attēls). Nogulumieži ir ar salīdzinoši augstu karbonātu un konkrēciju saturu. Austrumos šai zonai pieguļ krasi dominējošu smilšu un aleirītu šelfa seklūdens nogulumu zona. Šie nogulumi vairāk kā 70% ir pārstāvēti ar smilšakmeņiem, kas ir salīdzinoši ļoti tīri, bez karbonātu piejaukuma un nav sastopamas arī konkrēcijas, aleirolītiem un māliem ir otršķirīga nozīme. Ziemeļaustrumos abām iepriekš minētajām litofācijām pieguļ zemūdens deltu smilšu

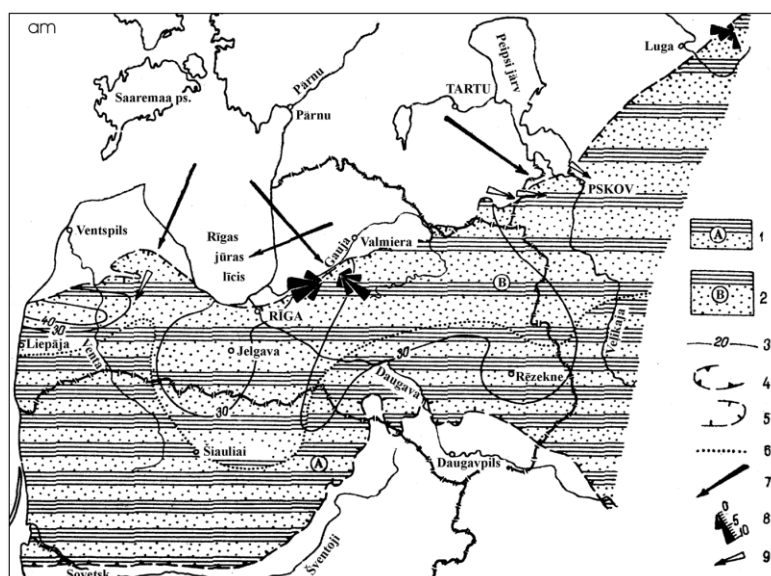
un mālu zona, kuras robežās Gaujas horizonts sīkāk iedalās Sietiņu un Lodes svītās (Kypšuc 1975: 219).



1. attēls. Gaujas reģionālā stāva izplatība un litofācijas (Kypšuc 1975: 219)

Apzīmējumi: 1 – aleirītu un smilšu, šelfa dziļūdens apstākļu zona; 2 – smilšu (krasi dominējošu) un aleirītu šelfa seklūdens zona; 3 – zemūdens deltu smilšu un mālu zona; 4 – izolinija; 5 – mūsdienu Gaujas horizonta izplatības robežas, nosacīta ar pirmsperma izskalojuma virsmu; 6 – mūsdienu Gaujas horizonta izplatības robežas, nosacītas ar pirmskvartāra izskalojuma virsmu; 7 – daļēja pirmskvartāra izskalojuma virsmas robeža; 8 – litofāciju zonas robeža; 9 – drupu materiāla plūsmas virziens; 10 – rozes diagramma slīpslāņoto slāņu krituma azimutam; 11 – slīpo slānīšu krituma virziens.

Amatas svīta nogulumos līdzīgi kā Gaujas svītā dominē smilšakmeņi, aleirolīti un māli. Slāņkopas biezums ievērojami mazāks, svārstās no 20 – 30 m, bet izplatības areāla Z daļā sasniedz pat 40 – 44 m biezumu (Brangulis et al 1998:70). Arī nogulumu izplatības areāls ir ievērojami mazāks, nogulumi erodēti Ziemeļkurzemē, Ziemeļvidzemē un plašākā teritorijā Dienvidlatgalē (2. attēls) (Kypšuc 1975: 219).



2. attēls. Amatas svītas izplatība un litofācijas (Kypšuc 1975: 219)

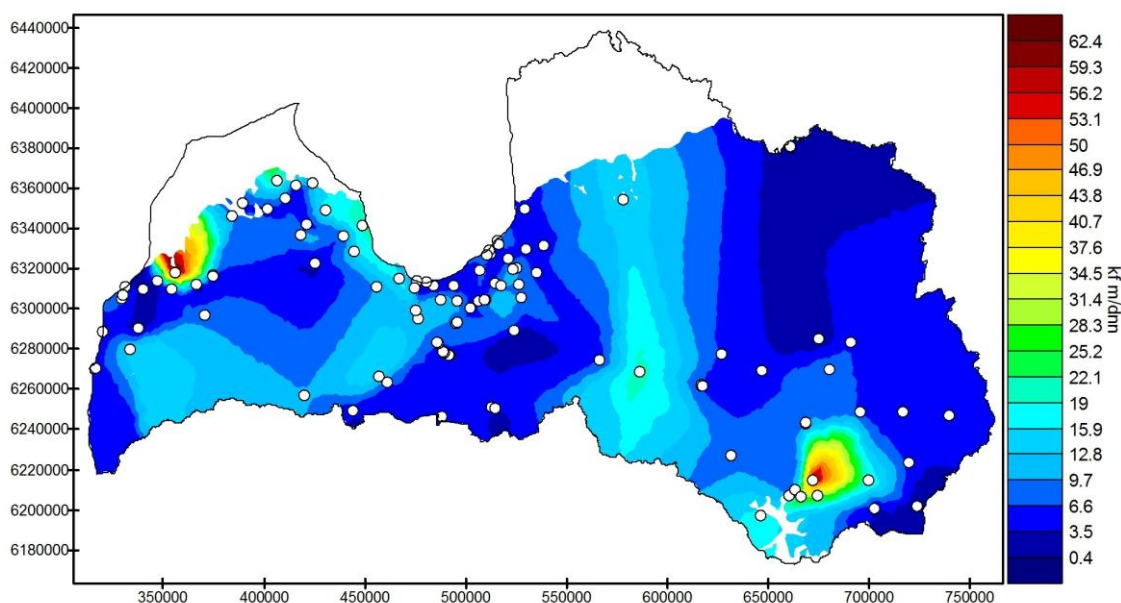
Apzīmējumi: 1 – aleirītu un smilšu, šelfa dziļūdens apstākļu zona; 2 – smilšu (krasi dominējošu) un aleirītu šelfa seklūdens zona; 3 - izolīnija; 4 – mūsdienu Amatas horizonta izplatības robežas, nosacīta ar pirmsperma izskalojuma virsmu; 5 – mūsdienu Amatas horizonta izplatības robežas, nosacītas ar pirmskvartāra izskalojuma virsmu; 6 – litofāciju zonas robeža; 7 – drupu materiāla plūsmas virziens; 8 – rozes diagramma slīpslāņoto slāņu krituma azimutam; 9 – slīpo slānīšu krituma virziens

Amatas horizonta nogulumos izdala divas litofaciālās zonas. D, DA daļā izplatīta aleirītu un smilšu nosacīta šelfa dziļūdens zona, kur dominē smalkgraudaināki nogulumi, bet uz Z no šīs zonas atrodas krasi dominējošu smilšu un aleirītu šelfa seklūdens zona, kur dominē rupji slīpslāņoti smilšakmeņi. Amatas svītas smilšakmeņos bieži sastop karbonātu cementu, karbonātu oļus, fosfora ieslēgumus un konkrēcijas (Курш 1975: 219).

Gaujas un Amatas laikposma nogulumi uzkrājušies transgresējošas jūras apstākļos, kur galvenais sanesu avots atradies ziemeļos, bet Amatas laikposmā sanesu materiāla straumes baseinā ieplūdušas arī no dienvidrietumiem un dienvidiem (Brangulis et al 1998).

Rezultāti

Veicot filtrācijas koeficientu vērtību interpolāciju, tika iegūtas divas kf vērtību sadalījuma kartes (3., 4. attēls).

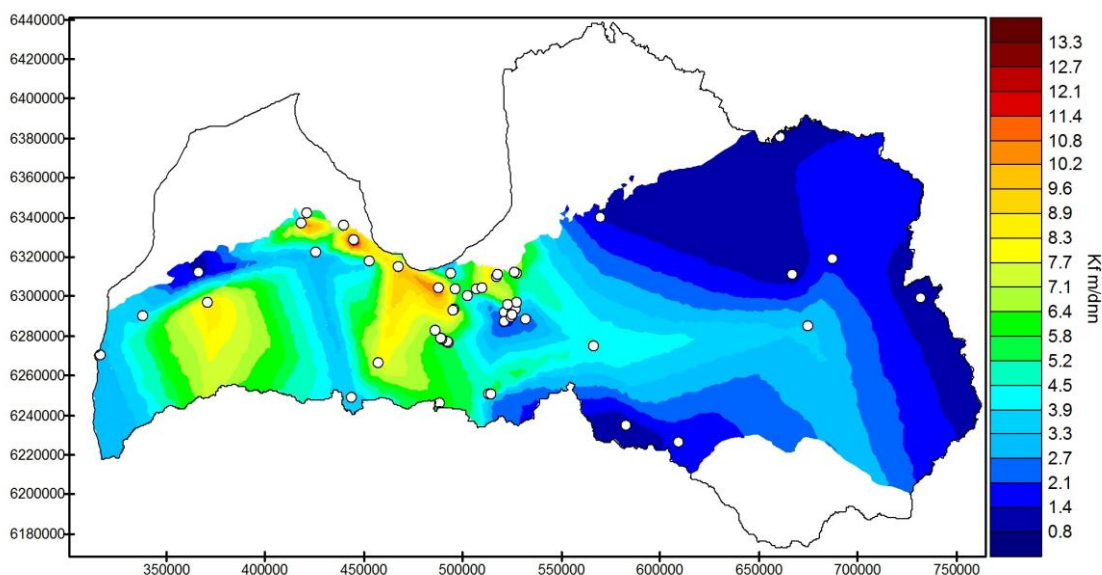


3. attēls. Filtrācijas koeficientu sadalījums un urbumu izvietojums Gaujas horizontā

Analizējot sīkāk iegūtās filtrācijas koeficientu sadalījuma kartes, jāsecina, ka izmantotā lineārās interpolācijas metode iespējams dod kļūdainus rezultātus teritorijām ar lielu izejas datu izkliedi un analizējot vērtību sadalījumu kopā ar litofāciju shēmām, jāņem vērā, ka tās iespējams neattēlo ļoti precīzu reālo situāciju. Bet tomēr zināmas sakarības starp filtrācijas koeficientiem un litofaciālajām zonām abos gadījumos ir iespējams saskatīt.

Zinot, ka Gaujas un Amatas horizontus veido galvenokārt smilšainie, aleirītiskie un mālainie nogulumi, kas tikuši pakļauti arī pēcsedimentācijas izmaiņām, tad abos gadījumos

uzrādītās kf vērtību amplitūas, D_{3gj} no 0,4 – 62,4 m/dnn un D_{3am} 0,8 – 23,3 m/dnn, uzskatāmas par normālām.



4. attēls. Filtrācijas koeficientu sadalījums un urbumu izvietojums Amatas horizontā

Apskatot filtrācijas koeficientu vērtību sadalījuma karti D_{3gj} horizontam (3. attēls), ar izteikti augstām filtrācijas koeficienta vērtībām iezīmējas teritorija Latvijas DA un ZR, bet D_{3am} horizontā izteikti augstākas kf vērtības sastopamas nogulumu izplatības centrālajā un ZR daļā. Šādas paaugstinātas vērtības iespējams var skaidrot ar Gaujas un Amatas ūdens horizontu ģeoloģisko uzbūvi jeb neviendabībām tajos, kā arī ar pēcsedimentācijas vides izmaiņu ietekmi uz nogulumiem. Lai noskaidrotu precīzu iemeslu esošajām filtrācijas koeficientu vērtībām un to sadalījumam nepieciešama detalizēta Gaujas un Amatas laika nogulumu uzkrāšanās apstākļu, pēcsedimentācijas izmaiņu un vertikālās – laterālās izplatības analīze.

Secinājumi un Diskusija

Veicot šo pētījumu un meklējot saistību starp pamatiežu filtrācijas īpašībām un litofaciālo zonalitāti tika izdarīti vairāki būtiski secinājumi, kas attiecas gan uz jau paveikto darbu, gan uz nākotnē darāmo:

- Nogulumiežu filtrācijas īpašību un litofaciālo īpašību korelācija, izmantojot lineārās interpolācijas metodi, sniedz ticamākus rezultātus, ja pētāmais nogulumiežu horizonts ir ar salīdzinoši nelielu biezumu un viendabīgs litofaciālajās zonās;
- Ļoti svarīgi, nogulumiežu filtrācijas īpašību un litofaciālo zonu korelācijā, ir izmantot vertikālās interpolācijas metodi, jo fācījas nogulumiežu horizontos ir telpiski dažādi izplatītas;

- Uzskatāmu filtrācijas īpašību un litofaciālo zonu sakarību attēlošanu ar lineārās interpolācijas metodi apgrūtina datu trūkums un datu punktu nevienmērīgā izkliede;
- Papildus faktors, kas apgrūtina nogulumiežu filtrācijas īpašību un litofaciālo zonu korelāciju ir nogulumu pēcsedimentācijas izmaiņas;

Būtiski darba noslēgumā peiminēt, ka šāda veida pētījumus, kur tiek meklēta un pētīta saistība starp nogulumu slāņkopu ģeoloģisko uzbūvi un litofaciālajām zonām un filtrācijas īpašībām veic, lai iegūtu maksimāli daudz, un pēc iespējas precīzāku informāciju, par pazemes ūdeņu plūsmām un filtrāciju, dažādos dabiskos apstākļos, lai vēlāk varētu veidot hidroģeoloģiskos modeļus, kas pēc iespējas tuvāk reālajai attēlotu dabisku vidi un varētu precīzāk modelēt pazemes ūdeņu plūsmas (Anderson et al 1999: 187 – 199). Jāatzīmē arī, ka turpinot šo pētījumu nākotnē un veicot citus līdzīgus pētījumus ir ļoti būtiski izvērtēt un apskatīt visus faktoru, kas ietekmē nogulumu filtrācijas īpašības un pazemes ūdeņu plūsmu kā tādu, jo ne tikai fizikālā vide, bet arī filtrējošā šķidrums īpašības ir būtisks „kustību” ietekmējošs faktors. Kā arī ļoti liela uzmanība jāpievērš nogulumu pēcsedimentācijas izmaiņām, jo diaģenēzes un kataģenēzes procesi ļoti būtiski ietekmē nogulumu poraino vidi (Domenico and Schwatz 1998: 506).

Pateicības. Pētījums izstrādāts ar ESF projekta „Starpnozaru zinātnieku grupas un modeļu sistēmas izveide pazemes ūdeņu pētījumiem”, projekta līguma Nr. 2009/0212/1DP/1.1.1.2.0/09/APIA/VIAA/060 atbalstu. Pateicība LVĢMC par iespēju izmantot ģeoloģiskos un hidroģeoloģiskos datus.

Bibliogrāfija

- Anderson M. P., Aiken J. S., Webb E. K., Mickelson D. M. (1999) *Sedimentology and hydrogeology of two braided stream deposits*. Sedimentary Geology. Volume 129, Issues 3-4.,187-199
- Domenico P. A., Schwartz F. W. (1998) *Physical and chemical hydrogeology. Second edition*. New York : Wiley
- Levina N., Levins I., Prols J., Straume J. (1995) *Dzeramie pazemes ūdeņi Latvijā*. Rīga: Latvijas Ģeoloģijas dienests.
- Misāns J.(red.), Brangulis A. J., Kuršs V., Misāns J., Stinkulis Ģ. (1998) *Latvijas ģeoloģija.1:500 000 mēroga ģeoloģiskā karte un pirmskvartāra nogulumu apraksts*. Rīga, Valsts ģeoloģijas dienests, 70 lpp.
- Todd David K., Mays Larry W., (2005) *Groundwater hydrology, Third edition*. Hoboken, John Wiley & Sons, Inc. Pp. 636
- Куршс, В. М. (1992) *Девонское терригенное осадконакопление на главном девонском поле*. Рига: Зинатне.
- Куршс, В. М. (1975) *Литоология и полезные ископаемые терригенного девона главного поля*. Рига: Зинатне.
- Шварцев С. Л. (1996) *Общая гидрогеология*. Москва: Недра.