



Zinātnisko rakstu krājums

Lietišķi ģeoloģiskie pētījumi,
jaunas tehnoloģijas,
materiāli un produkti



Zinātnisko rakstu krājums

Lietišķi ģeoloģiskie pētījumi,
jaunas tehnoloģijas,
materiāli un produkti

Lietišķi ģeoloģiskie pētījumi, jaunas tehnoloģijas, materiāli un produkti

Zinātnisko rakstu krājums

Rīga, 2016

Lietišķi ģeoloģiskie pētījumi, jaunas tehnoloģijas, materiāli un produkti. Atbildīgais redaktors V. Segliņš. Rīga: Latvijas Universitāte, 2016, 112 lpp.

Kolektīvā monogrāfija – zinātnisko rakstu krājums veidots, plašākā kontekstā apskatot Latvijas zemes dzīles un to noderīgās īpašības, pētījumu metodes un racionālas izmantošanas iespējas, izceļot sasniegumus jaunu tehnoloģiju un produktu izstrādē. Krājumā ievietotie raksti atspoguļo Latvijas Universitātes 74. zinātniskajā konferencē diskutēto jautājumu loku un ir rakstu autoru skatījums uz pētītajām problēmām un risinājumiem, kas var kalpot par pamatu turpmākajiem pētījumiem.

Izdevuma redakcijas padome:

Valdis Segliņš (atbildīgais redaktors, Latvijas Universitāte), **Vitālijs Zelčs** (Latvijas Universitāte), **Aija Dēliņa** (Latvijas Universitāte), **Alberts Bitins** (*Albertas Bitinas*, Klaipēdas Universitāte), **Ilze Vircava** (Tartu Universitāte), **Normunds Stivriņš** (Helsinku Universitāte), **Viktorija Krupskaja** (Krievijas Zinātņu akadēmija)

Recenzenti:

Dr. habil. chem. **Māris Kļaviņš** (Latvijas Universitāte)
Dr. habil. biol. **Indriķis Muižnieks** (Latvijas Universitāte)
Dr. sc. ing. **Ingunda Šperberga** (Rīgas Tehniskā universitāte)
Dr. geol. **Juris Soms** (Daugavpils Universitāte)
Dr. geol. **Gražina Skridlaite** (*Gražina Skridlaitē*, Kauņas Tehnoloģiju universitāte)

Izdots ar Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūta Zinātniskās padomes 2016. gada 15. marta lēmumu Nr. 3/2016.



RESPROD

Izdevums sagatavots un izdots par Valsts pētījumu programmas 2014.10-4/VPP-6/6 "Meža un zemes dzīļu resursu izpēte, ilgtspējīga izmantošana – jauni produkti un tehnoloģijas" ResProd 4. projekta ZEME līdzekļiem.

Korektore, maketētāja **Ieva Zarāne**
Vāka dizains **Baiba Lazdiņa**

© Valdis Segliņš, 2016
© Autoru kolektīvs, 2016

ISBN 978-9934-556-07-4

Saturs

Priekšvārds	5
Pazemes ūdens un tā īpašības	6
Aivars SPALVIŅŠ, Kaspars KRAUKLIS Latvijas hidroģeoloģiskais modelis LAMO4 kā rīks dabas procesu pētīšanai. Iecavas upes pazemes pieteces avoti	6
Jānis BIKŠE, Konrāds POPOVS, Aija DĒLIŅA, Andis KALVĀNS Lauka infiltrācijas testu automatizēšana	12
Alise BABRE, Andis KALVĀNS, Aija DĒLIŅA, Konrāds POPOVS, Jānis BIKŠE Investigation of Surface Water-Groundwater Interactions in the Salaca Headwaters Using Water Stable Isotopes	18
Zemes dziļu un derīgo izrakteņu pētījumi	25
Edgars KLIEVĒNS, Ģirts STINKULIS Devona Pļaviņu svītas karbonātiem un to veidošanās apstākļi Ziemeļlatvijā un Igaunijas dienvidos	25
Valērijs ŅIKUĻINS Lietišķās seismoloģijas iespējas zemas seismiskās aktivitātes urbānās teritorijās ar zemu seismisko aktivitāti, Rīgas pilsētas piemērs	37
Livija ZARIŅA Effect of Sapropel Fertilizer Application on Soil Agrochemical Properties Within Three Years Period	43
Livija ZARINA, Līga ZARINA Long-Term Effect of Mineral Fertilizers on Soil Potassium Dynamics in a Soddy-Podzolic Soil	48
Jaunās tehnoloģijas, materiāli un produkti	55
Valdis SEGLIŅŠ Zemes dziļu un to noderīgo īpašību pētījumi Valsts pētījumu programmas otrajā posmā	55
Inga DUŠENKOVA, Olita MEDNE, Andrejs ŠIŠKINS, Agnese STUNDA-ZUJEVA, Līga BĒRZIŅA-CIMDIŅA Mālu īpašību izpēte izmantošanai kosmētisko produktu, biodegradablu kompozītmateriālu un jauna granuleveida sorbenta iegūšanai	60

Pazemes ūdens un tā īpašības

LATVIJAS HIDROĢEOLOĢISKAIS MODELIS LAMO4 KĀ RĪKS DABAS PROCESU PĒTĪŠANAI. IECAVAS UPES PAZEMES PIETECES AVOTI

Aivars SPALVIŅŠ, Kaspars KRAUKLIS

RTU Vides modelēšanas centrs
E-pasts: Aivars.Spalvins@rtu.lv

Īstenojot valsts pētījumu programmu EVIDEnT, RTU Vides modelēšanas centra speciālisti 2015. gadā ir izveidojuši Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa (LAMO) ceturto versiju LAMO4. Dati par LAMO versijām apkopoti 1. tabulā.

Versijai LAMO4 ir palielināts hidrogrāfiskā tīkla (upes, ezeri) blīvums, plaknes aproksimācijas solis h samazināts no 500 metriem līdz 250 metriem, upju pazemes pietece modeli ir saskaņota ar upju cārteces mērījumiem, ir precizētas ūdens horizontu filtrācijas koeficientu kartes (Spalviņš, 2015).

LAMO4 ietver reģionālus vidējos ilggadīgos hidroģeoloģiskos datus par Latvijas aktīvo pazemes ūdeņu zonu. Modeļi var lietot Latvijas ūdens resursu izmantošanas un atveseļošanas plānošanai, lokālu detalizētu modeļu izveidošanai ($h = 10\text{--}20$ metri) un kā līdzekli dabas procesu pētīšanai ar matemātiskās modelēšanas metodēm.

Dabas procesu pētīšana ir iespējama tāpēc, ka LAMO strādā licencētas programmatūras *Groundwater Vistas* (GV) vidē (Environmental Simulations, 2011), kuru veido pasaulē plaši izmantotas pazemes ūdens objektu modelēšanas sistēmas: MODFLOW (LAMO uzturēšana) (Harbaugh, 2005); MODPATH (ūdens daļiņu kustības trasēšana) (Pollock, 2012); MT3D (masas transporta modelēšana) (Zheng, 1999). Izmantojot GV sistēmu, tika meklēti Iecavas upes pazemes pietece avoti (atmosfēras nokrišņi un citi pietece avoti). Visu modeļu slāņu porainības vērtība bija 0,1.

MODPATH aprēķina virtuālās ūdens daļiņas (*particle*) kustības trajektoriju (*pathline*) telpā un laikā (x, y, z, t), izmantojot ar MODFLOW (LAMO4) iegūto pazemes ūdens plūsmu sadalījumu katrā modeļa šūnai ($h \times h \times m$); h ir modeļa režģa plaknes solis (LAMO4 lieto $h = 250$ metri); m ir ģeoloģiskā slāņa mainīgais biežums. LAMO4 režģī ir $61,56 \times 10^6$ šūnas (1. tabula).

Lai modelētu ūdens daļiņas kustības trajektoriju, ir jāizvēlas daļiņas sākuma stāvoklis. Iecavas upei daļiņas ievietojām ar upi saistīto režģu šūnu centros (kopā 1027 šūnas, no tām 987 un 42 pieder attiecīgi kvartāra Q un pamatiežu Daugavas D2dg# ūdens horizontiem). Eksperimenta vienkāršošanas nolūkā daļiņas netika piešķirtas Iecavas pietekām Misai, Smakupei un Ģirupei.

1. tabula

Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa versijas

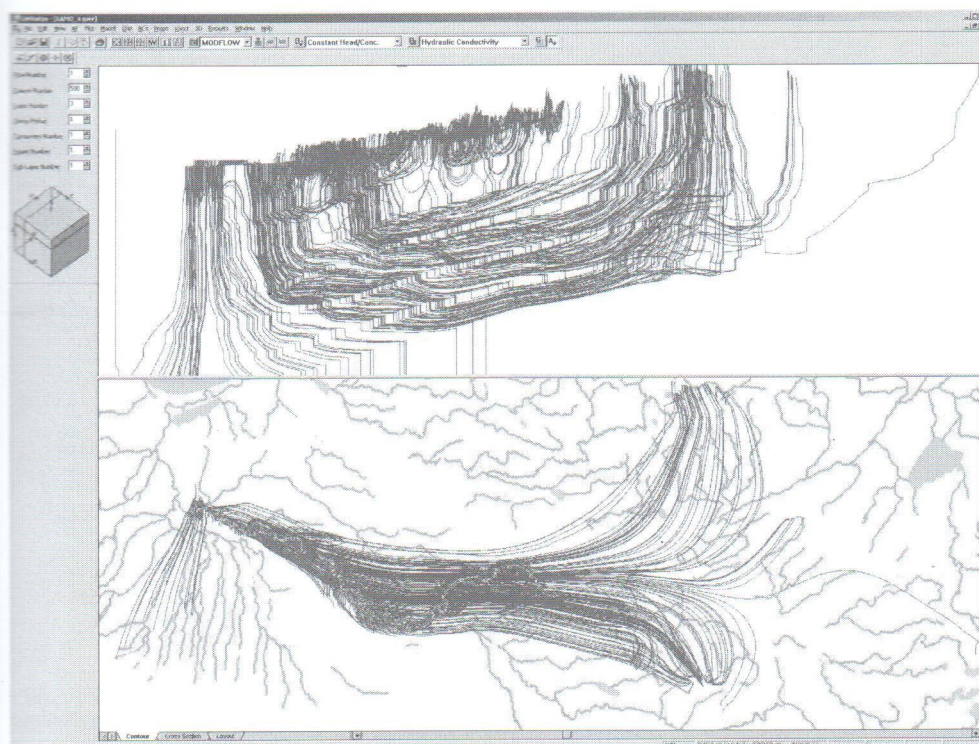
Versija	Gads	Aproksimācijas režģis			Modeļa upes			Ezeri
		Plaknes solis [metrs]	Režģa plakņu skaits	Režģa šūnu skaits	Skaitis	Ieleju iegrauzumi	Izmantoti caurteces dati	Skaitis
LAMO1	2012	500	25	14,25 × 106	199	nav	nē	67
LAMO2	2013	500	27	15,43 × 106	199	ir	nē	67
LAMO3	2014	500	27	15,43 × 106	469	ir	nē	127
LAMO4	2015	250	27	61,56 × 106	469	ir	jā	127

Ūdens daļiņas trajektorijas aprēķinam var lietot divus tās kustības virzienus:

- 1) pazemes ūdens plūsmas gradienta virzienu (atbilst ūdens kustībai dabā);
- 2) virzienu pretim gradientam (*reverse*).

Reversais režīms ir matemātiska abstrakcija (negatīva laika t vērtība), kuru izmanto daļiņas avota atrašanai.

Skaitliskajā eksperimentā Iecavas upei lietojām reverso režīmu bez daļiņu kustības laika ierobežošanas. Visas daļiņas sāk savu avotu meklēšanu vienlaicīgi ($t = 0$). Ja daļiņa sasniedz avotu, tās kustība apstājas un ceļā pavadītais laiks atbilst daļiņas vecumam. Daļiņas apstājas LAMO4 pirmajā slānī (reljefs), ja avots ir atmosfēras nokrišņi. Neliels daļiņu skaits (43 no 1027) tika apturēts LAMO4 27-tajā slānī (Pērnavas D2prn horizonts).

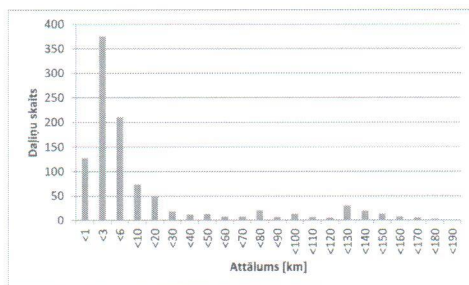


1. att. Traseru liniju (1027) projekcijas uz xy un xz plaknēm (GV grafika)

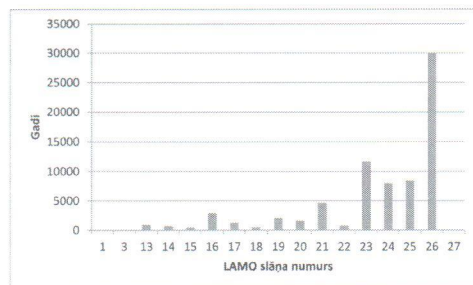
Eksperimenta nolūks bija apstiprināt upju sateces apgabala principa pareizību, t. i., "upes pazemes pieteces avots ir atmosfēras nokrišņi šajā apgabalā". Iecavas upe ir tipiska līdzenu- ma upe ar vienkāršu piesaisti ģeoloģiskajai videi 1027 modeļa šūnās. Tomēr ar MODPATH iegūtais rezultāts (skat. 1. att.) bija negaidīts šādu iemeslu dēļ:

- ūdens daļiņu trajektoriju xy un xz projekcijas veido šķietami haotisku ainu;
- daudzu daļiņu avoti kā atmosfēras nokrišņu avoti atrodas ļoti tālu (Vidzemes un Latgales augstienes) no upes sateces apgabala;
- no daļiņu trajektoriju xz projekciju rakstura var secināt, ka tās uz Iecavas upi pārvietojas visos Latvijas aktīvās pazemes ūdens zonas ģeoloģiskajos slāņos.

Ūdens daļiņu trajektoriju statistisku novērtējumu dod 2. un 3. attēla grafiki.



2. att. Ūdens daļiņu skaits un veiktais attālums



3. att. Maksimālais ūdens daļiņu kustības laiks LAMO slāņos

No 2. attēla var secināt, ka visvairāk (375) ir daļiņu, kuru trajektorijas garums nepārsniedz 3 km. Kopīgais daļiņu skaits grupās ar trajektoriju garumu 1 km, 3 km, 6 km, 10 km, 20 km ir 830. Kā redzams 3. attēlā, pat 30 000 gadus daļiņas var atrasties LAMO 26-tajā slānī (sprostslānis D2nr). Ilgi ūdens daļiņas uzturas LAMO slāņos Nr. 21, 23, 24, 25 (D3gj1, D2brt, D2arz, D2ar).

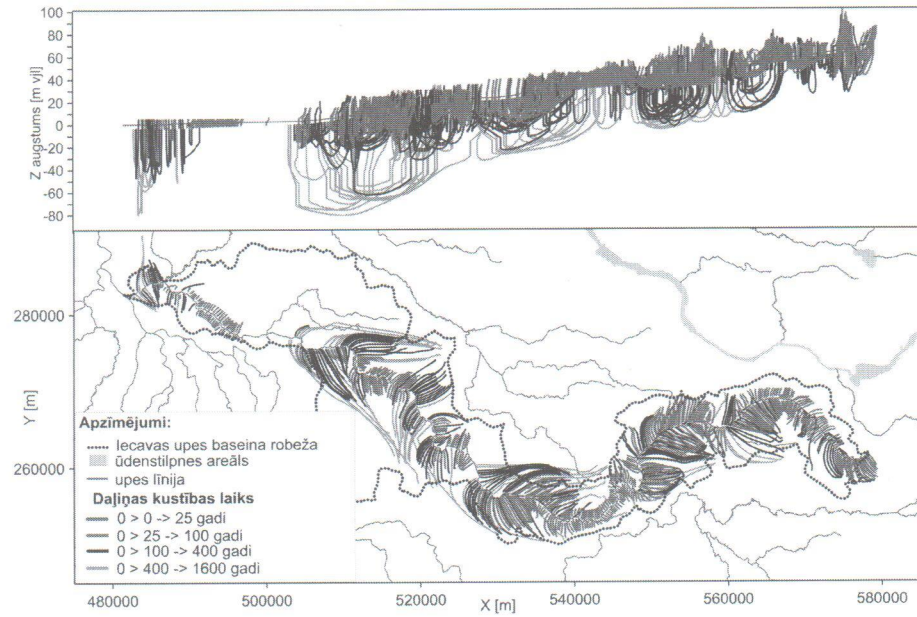
Lai sistematizētu 1. attēlā parādīto ūdens daļiņu trajektorijas, tās tika sakārtotas septiņās grupās, ievērojot tām atbilstošo ūdens vecumu (skat. 2. tabulu).

2. tabula

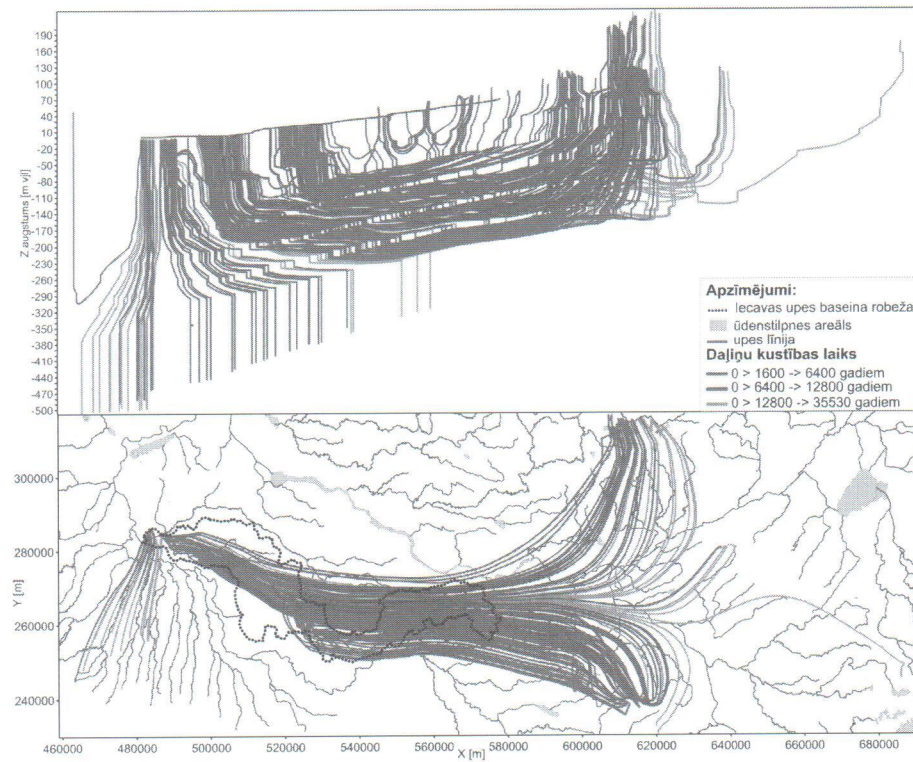
Ūdens daļiņu trajektoriju grupas

Grupas Nr.	Laiks (gadi)	Trajektoriju skaits
1	0–25	259
2	0 > 25 → 100	295
3	0 > 100 → 400	198
4	0 > 400 → 1600	68
5	0 > 1600 → 6400	84
6	0 > 6400 → 128000	86
7	0 > 128 000 → 35 530	37
		Kopā 1027

Ūdens daļiņu grupu Nr. 1, 2, 3, 4 avoti un trajektorijas atrodas Iecavas upes sateces apgabalā (skat. 4. att.). Kopīgais ūdens daļiņu skaits šajās grupās ir 820, t. i., no 2. attēla un 2. tabulas iegūtie daļiņu skaita novērtējumi ir tuvi (830–820). Grupu Nr. 5, 6, 7 ūdens daļiņu avoti neatrodas Iecavas upes sateces apgabalā (skat. 5. att.).



4. att. Īsās trajektorijas



5. att. Garās trajektorijas

MODPATH rezultātu daļēji skaidro Iecavas upes sateces apgabala lokālā pazemes plūsmu bilance (3. tabula) (Spalviņš, 2015):

- caur sateces apgabala robežu ieplūst $q_{boundary} = 9$ tūkst. m^3 /dienn, galvenokārt pamatiežos (10 tūkst. m^3 /dienn); šo plūsmu varētu izsaukt grupām Nr. 5, 6, 7 atbilstošā ūdens plūsma;
- plūsmas q_{botin} un q_{botout} caur Q2 horizonta pamatnes virsmu ir praktiski vienādas (± 93 tūkst. m^3 /dienn); šādu parādību varētu izsaukt grupu Nr. 2, 3, 4 trajektorijām atbilstošās vertikālās plūsmas, kuras divas reizes pretējos virzienos šķērso šo pamatni (skat. 4. att.)

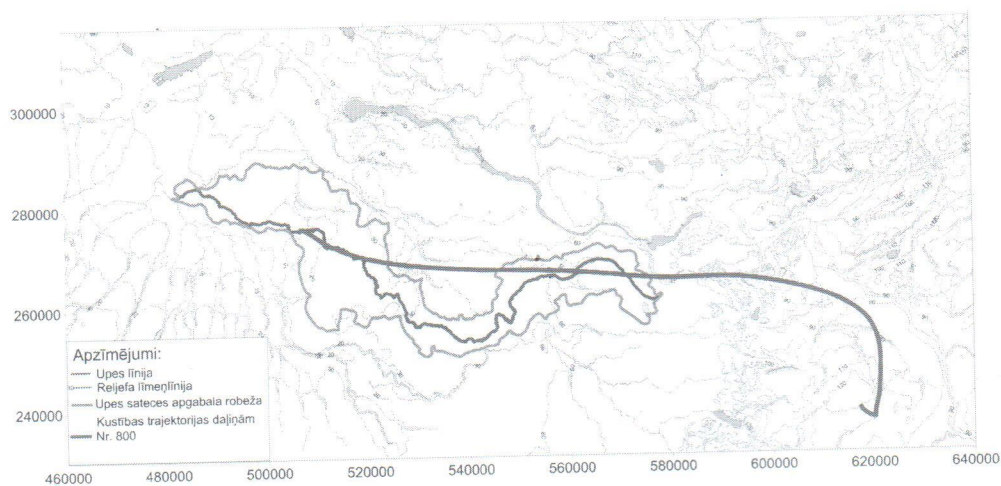
3. tabula

Pazemes plūsmu bilance Iecavas upes sateces apgabalam

Objekta nosaukums	q_{topin}	q_{topout}	q_{botin}	q_{botout}	q_{inflow}	q_{river}	q_{lake}	$q_{boundary}$	q_{well}
Apgabals	172	-31			141	-147	0	9	-3
Q2	167	-31	93	-93	136	-135	0	-1	0
Pamatieži	5				5	-12	0	10	-3

Daļiņas Nr. 800 trajektorijas xy un lz projekcijas dotas 6. un 7. attēlā. Daļiņa nāk no Latgales, un tās kustības laiks ir 8015 gadi. Daļiņas Nr. 800 xy projekcija ir izliekta līnija. Sākumā daļiņa virzās uz ziemeļiem, un vēlāk tās trajektorija iet zem Iecavas upes sateces apgabala. No daļiņas lz projekcijas var secināt, ka tās sākuma posmā tā relatīvi ātri sasniedz D2brt ūdens horizontu, divreiz šķērso D2brtz sprostsplāni un augšupejošās plūsmas ietekmē sasniedz Iecavas upi tās ietekas rajonā.

Lai izprastu negaidīto skaitliskā eksperimenta rezultātu, ir nepieciešami papildu pētījumi (kā daļiņu trajektorijas ietekmē to sākuma novietojums attiecībā pret režģa šūnas augšu un apakšu, kas notiks, ja šūnā ievietosim daļiņu kopu, u.c.). Turpināsim izmantot LAMO4 kā instrumentu dabas procesu izziņāšanai. Kā liecina lietuvišu kolēģu pieredze (Mokrik, 2014), ar reģionālu hidroģeoloģisko modeli GV sistēmas vidē var iegūt nozīmīgus rezultātus ģeoķīmisko procesu pētniecībā.

6. att. Daļiņas Nr. 800 kustības trajektorijas xy projekcija

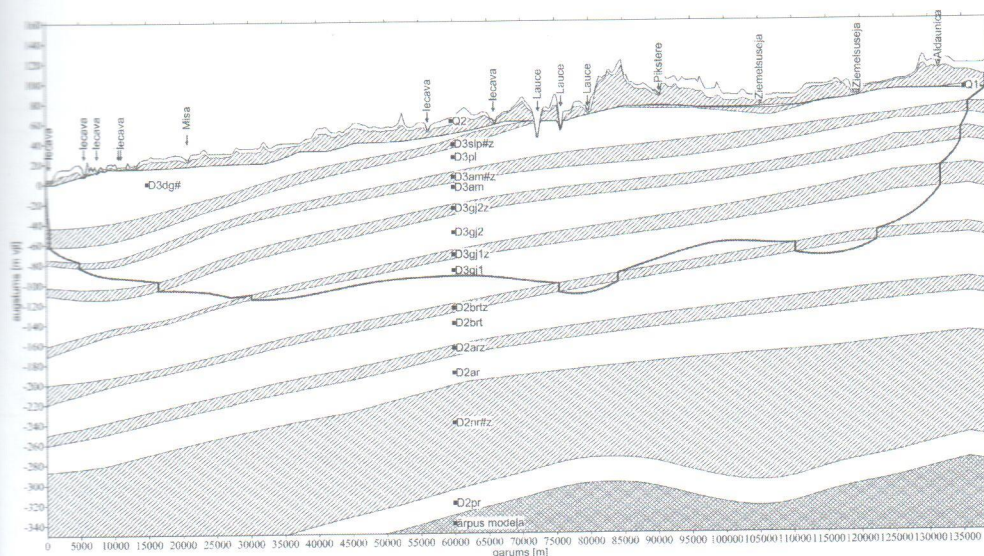
mes plūs-
 art pamat-
 atbilstošā
 vienādas
 aktorijām
 so pamat-

3. tabula

q_{well}
-3
0
-3

nāk no
 ta līnija.
 es satences
 asniedz
 ietekmē

pētīju-
 as augšu
 LAMO4
 Mokrik,
 rezultātus



7. att. Daļiņas Nr. 800 trajektorijas lz projekcija; lz projekcija ir ūdens daļiņas kustība gar tās trajektorijas vertikālo griezumam

Literatūra

Environmental Simulations, Inc. 2011. *Groundwater Vistas. Version 6, Guide to using*, 2011.

Harbaugh, W., 2005. *MODFLOW-2005, U.S. Geological Survey Modular Ground-Water Model: the ground-water flow process*, chap 16, book 6, US Geological Survey Techniques and Methods 6-A16, USGS, Reston, VA.

Mokrik, R., V. Juodkasis, A. Stuopis, and J. Mazeika, 2014. Isotope geochemistry and modelling of the multi-aquifer system in the eastern part of Lithuania. In *Hydrogeology journal*, Vol. 22, 2014, pp. 925–941.

Pollock, D. W., 2012. *User Guide for MODPATH Version 6–A Particle-Tracking Model for MODFLOW*, 2012 [Online].

Spalviņš A., 2015, Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa LAMO pilnveidošanas starprezultāti, Pārskats līgumam 2014/15 starp LVĢMC un RTU, Rīga, 2015. g. novembris. Pieejams: <http://www.emc.rtu.lv/>

Zheng, C., 1999. MT3D99 A modular three dimensional transport model for simulation of advection, dispersion and chemical reactions of contaminants in groundwater systems. USEPA report, USEPA, Washington, DC.