

Rīgas Tehniskā universitāte

VIDES MODELĒŠANAS CENTRS

**Pārskats
Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa
LAMO pilnveidošana**

*Līgumi Nr. L8055 un Nr. 2014/15
starp Valsts SIA LVGMC un RTU*

Rīga - Novembris, 2014

Pārskats „Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa LAMO pilnveidošana”

Pārskatā apkopoti materiāli par pilnveidoto Latvijas hidroģeoloģisko modeli (LAMO3 versija), kuru Rīgas Tehniskā universitāte (RTU) nodod aprobēšanai Latvijas Vides, Ģeoloģijas un Meteoroloģijas Centram (LVĢMC) atbilstoši RTU-LVĢMC sadarbības līgumam Nr.2014/15 un līgumam L8055.

LAMO pilnveidošanu RTU īsteno Valsts Pētījumu Programmas (VPP) projektā Y8087 „Pilnveidot laba ūdens stāvokļa un tā ilgtspējīgai izmantošanai Latvijas hidroģeoloģisko modeli ar datiem un funkcijām, kas apraksta pazemes ūdeņu mijiedarbību ar hidroģeoloģisko tīklu (upes, ezeri)”.

Pārskatā ietverti 2014. gada galvenie pētījumu rezultāti.

Pārskatu veido 10 lpp. teksta, 14 attēli (kartes) un 12 tabulas.

Zinātniskais. vadītājs Dr.sc.ing. A. Spalviņš

VPP projekta īstenošanā piedalījās RTU darbinieki J. Šlangens, O. Aleksāns, K. Krauklis, I. Lāce, V. Škibelis, A. Mačāns, I. Tabaka, I. Eglīte

Adrese:

Rīgas Tehniskā universitāte, Vides modelēšanas centrs
Meža ielā 1/4, Rīga, LV-1007, Latvija
Tālr.: +371 708511, +371 67089518; Fax: +371 67089531
E-mail: emc@cs.rtu.lv
URL: <http://www.emc.rtu.lv>

RTU, VMC direktors
_____A.Spalviņš

SATURS

1. Priekšvārds	2
2. LAMO2 un LAMO3 versiju salīdzinājums	2
2.1. Hidrogrāfiskā tīkla blīvuma palielināšana	2
2.2. Pazemes ūdens plūsmu un līmeņu sadalījums	3
2.3. Latvijas pazemes ūdens plūsmu bilances LAMO2 un LAMO3 versijām	4
2.4. Filtrācijas koeficientu kartes LAMO2 un LAMO3 pamatiežu horizontiem	5
3. Filtrācijas T un k– karšu iegūšana LAMO3 versijai	5
3.1. Metodika T– karšu iegūšanai LAMO3 versijai	5
3.2. Matemātiskās metodes k–karšu iegūšanai	7
3.3. Piemērs par k–kartes iegūšanu D3pl horizontam	9
4. Secinājumi	9
5. Izmantotā literatūra	10

ATTĒLI

1. att. LAMO2 un LAMO3 hidrogrāfisko tīklu salīdzinājums; LAMO2 – zilā krāsā; jaunie elementi – sarkanā krāsā.
2. att. LAMO vertikālā shematizācija
3. att. Plūsmu un ūdens līmeņu sadalījums pamatiežu preQ horizontā LAMO2 un LAMO3
4. att. Plūsmu un ūdens līmeņu sadalījums D2ar horizontā LAMO2 un LAMO3
5. att. Infiltrācijas plūsma LAMO3 pamatiežu un D2ar horizontos
6. att. Ģeoloģiskais griezum 4W-\$E LAMO2 un LAMO3 versijās
7. att. LAMO2 pazemes ūdens plūsmu bilances shēma 4. tabulai
8. att. LAMO3 pazemes ūdens plūsmu bilances shēma 5. tabulai
9. att. LAMO2 un LAMO3 pazemes ūdens plūsmu starpības bilances shēma 6. tabulai
10. att. Urbumu izvietojums D3pl horizontā
11. att. Sākotnējās un filtrētās izolīnijas (sarkanā un melnā krāsā) D3pl horizonta caurplūdei
12. att. D3pl horizonta biezuma sadalījums
13. att. Sākotnējās un filtrētās izolīnijas (sarkanā un melnā krāsā) k–kartei D3pl horizontā
14. att. Rezultējošais caurplūdes sadalījums D3pl horizontā

TABULAS

1. tabula. LAMO versiju salīdzinājums (tekstā)
2. tabula. LAMO3 ietvertu upju saraksts
3. tabula. LAMO3 ietvertu ezeru saraksts
4. tabula. LAMO2 pazemes ūdens plūsmas [tūkst.m3/dienn] bilance Latvijai
5. tabula. LAMO3 pazemes ūdens plūsmas [tūkst.m3/dienn] bilance Latvijai
6. tabula. LAMO2 un LAMO3 pazemes ūdens plūsmu [tūkst.m3/dienn] starpības bilance Latvijai
7. tabula. LAMO2 un LAMO3 pazemes ūdens plūsmu relatīvās [%] starpības
8. tabula. Pārskats par LAMO2 un LAMO3 spiediena horizontu filtrācijas kartēm (tekstā)
9. tabula. Parametru B , R , $\ln(R/r)$ vērtības LAMO spiediena horizontiem (tekstā)
10. tabula. Pretestības ξ atkarība no parametriem l/m un m/r (tekstā)
11. tabula. Koeficienti τ_{ij} filtra pirmajam kvadrantam (tekstā)
12. tabula. Pārskats par LAMO3 pamatiežu horizontu filtrācijas īpašībām (tekstā)

1. Priekšvārds

Pārskatā apkopoti materiāli par pilnveidoto Latvijas hidroģeoloģisko modeli (LAMO3 versija), kuru Rīgas Tehniskā universitāte (RTU) nodod aprobēšanai Latvijas Vides, Ģeoloģijas un Meteoroloģijas Centram (LVĢMC) atbilstoši RTU-LVĢMC sadarbības līgumam Nr.2014/15 un līgumam L8055.

LAMO pilnveidošanu RTU īsteno Valsts Pētījumu Programmas (VPP) projektā Y8087 „Pilnveidot laba ūdens stāvokļa un tā ilgtspējīgai izmantošanai Latvijas hidroģeoloģisko modeli ar datiem un funkcijām, kas apraksta pazemes ūdeņu mijiedarbību ar hidroģeoloģisko tīklu (upes, ezeri)”.

RTU Vides modelēšanas centra speciālisti 2014. gadā īstenoja divus būtiskus LAMO uzlabojumus:

- palielināts modeļa hidrogrāfiskā tīkla blīvums;
- precizētas filtrācijas kartes pamatiežu ūdens horizontiem, izmantojot urbumu atsūkņēšanas datus

Pārskatā izmantota nosacīta četru LAMO versiju klasifikācija, kuru nosaka modeļa versijas rašanās laiks un īstenotie modernizācijas pasākumi, kurus atspoguļo 1. tabula.

1. tabula

LAMO versiju salīdzinājums

Versija	Gads	Režģa solis	Slāņu skaits	Šūnu skaits	Upju iegrauzumi	Upju skaits	Ezeru skaits	Upju plūsmas
LAMO1	2012	500	25	$14.25 \cdot 10^6$	nav	199	67	nav
LAMO2	2013	500	27	$15.43 \cdot 10^6$	ir	199	67	nav
LAMO3	2014	500	27	$15.43 \cdot 10^6$	ir	469	127	nav
LAMO4	2015	250	27	$61.56 \cdot 10^6$	ir	469	127	ir

Versija LAMO1 izveidota 2010.-2012. gados un ir modeļa bāze. Jau 2013. gada sākumā LAMO1 rezultāti tika izmantoti pārskata [1] sagatavošanai Gaujas-Koivas upju baseina apgabalam. Versija LAMO2 tika radīta 2012.-2013. gados un tās rezultāti tika izmantoti visu četru Latvijas upju baseinu kartēšanai [2, 3, 4, 5]. LAMO2 apvienotais D2ar# slānis tika sadalīts divos slāņos D2brt un D2ar,t.i., kopīgais slāņu skaits modelī pieauga no 25 uz 27. Tika realizēti upju ieleju iegrauzumi pamatiežos.

Laikā no 2013.-2014. gadam izveidota LAMO3 versija. Palielināts hidrogrāfiskā tīkla blīvums un uzlaboti caurplūdes sadalījumi spiediena horizontos pamatiežiem. Nākošā LAMO4 versija tiks izveidota 2014.-2015. gados. Režģa plaknes solis tiks samazināts uz 250m un upju plūsmu mērījumi dos iespēju precizēt upju piesaisti modelim.

Pārskatā salīdzināti LAMO2 un LAMO3 versiju rezultāti.

2. LAMO2 un LAMO3 versiju salīdzinājums

2.1. Hidrogrāfiskā tīkla blīvuma palielināšana

LAMO2 un LAMO3 hidrogrāfiskā tīkla salīdzinājumu dod 1. att. Šeit zilā krāsā ir LAMO2 upes un ezeri, bet sarkanā krāsā ir upes un ezeri, kuri no jauna ievēroti modelī, lai palielinātu LAMO3 hidrogrāfiskā tīkla blīvumu. No 1.att. var secināt, ka LAMO3 upju tīkls daudz vienmērīgāk noklāj Latvijas teritoriju un šis apstāklis ļaus precīzāk identificēt lokālo upju baseinu robežas. LAMO3 ietverto upju un ezeru saraksti doti 2. un 3. tabulās. Tabulās doti upju/ezeru nosaukumi, indekss identifikācijai modelī, modeļa slāņu numuri, ar kuriem saistīts upe/ezers (atbilstoši 2. att. shematizācijai). Upēm norādīts to garums [km], bet ezeriem to laukums [km²]. LAMO2 bija ietvertas 199 upes un 67 ezeri, bet LAMO3 469 upes un 127 ezeri. No tabulām 2. un 3 var spriest, ka LAMO3 papildus ievērotas galveno upju pietekas (skat to garumu) un mazie ezeri, kuru laukums nedaudz

pārsniedz vienu km². LAMO3 versijā par ezeriem ir uzskatītas Rīgas, Ķeguma un Pļaviņu HES ūdenskrātuves. No tabulām var konstatēt ar kādiem modeļa slāņiem ir saistītas upes un ezeri. Ne tikai upes, bet arī ezeri var būt saistīti ne tikai ar 3. slāni (Q2-sistēma), bet arī ar pamatiežu horizontiem. LAMO2 visi ezeri bija saistīti tikai ar 3. slāni, bet LAMO3 šīs ezeru saites ir noteiktas precīzāk.

2.2. Pazemes ūdens plūsmu un līmeņu sadalījums

Šajā iedaļā LAMO2 un LAMO3 versijas tiek salīdzinātas, izmantojot tikai kvalitatīvas abu versiju atšķirības (pazemes ūdens plūsmu un līmeņu sadalījums), kuras var uzskatāmi parādīt ar grafiskajiem līdzekļiem. Kvantitatīvas atšķirības dod tikai abu versiju pazemes ūdens plūsmu bilanču analīze (skat. 2.3. iedaļu).

Salīdzināsim LAMO2 un LAMO3 pazemes ūdens plūsmu un līmeņu sadalījumu 7. pamatiežu virsmā preQ (3. att.). Lai izdalītu pazemes ūdens plūsmu atslodzes, barošanas un tranzīta apgabalos, abām versijām ir piemērota LAMO2 izmantotā krāsu skala. Šis apstāklis palīdz uzskatāmi konstatēt, ka barošanas plūsmas LAMO2 ir lielākas nekā LAMO3. Īpaši augstieņu apgabalos, mainījies šo apgabalu krāsojums no barošanās uz tranzīta režīmu. Būtiski neatšķiras abu LAMO versiju ūdens līmeņu sadalījums pamatiežu virsmā.

Arī D2ar horizontam (4. att.) pazemes ūdens plūsmas LAMO3 ir mazākas nekā LAMO2. Par to liecina krāsojuma atšķirības atslodzes, barošanas un tranzīta apgabaliem.

Kalibrējot LAMO3, pirmo reizi tika izmantoti infiltrācijas plūsmu vertikālie ģeoloģiskie griezumumi. Ar to palīdzību tika atklātas un novērstas grūti pamanāmas upju piesaistes kļūdas, galvenokārt pamatiežu horizontiem. Infiltrācijas griezumus var apvienot ar ūdens līmeņu griezumumiem. Abu tipu vertikālo griezumu iegūšanas metodika apskatīta rakstā [6].

Infiltrācijas vertikālo griezumu augšējo un apakšējo daļu nosaka infiltrācijas sadalījumi preQ virsmā un D2ar horizontos (5. att.). Ģeoloģiskais griezums 4W-4E LAMO2 un LAMO3 versijās parādīts 6. att. LAMO2 versijai dots tikai ūdens līmeņu sadalījumu griezums, bet LAMO3 versijai ir izveidots ne tikai ūdens līmeņu, bet arī infiltrācijas vertikālais griezums. Ūdens līmeņu izolīnijas ir vertikālas ūdens horizontiem, bet infiltrācijas izolīnijas (krāsojums), sprostslāņos.

Infiltrācijas vertikālo griezumu veido dati no visām sprostslāņu plūsmām, bet 5. att. plūsmu sadalījums atbilst infiltrācijai caur gQ un D2arz sprostslāņiem. Virzoties gar griezuma 4W-4E līniju, var konstatēt, ka LAMO3 vertikālais griezums precīzi atkārtot infiltrācijas vērtības (krāsojums) pamatiežu virsmā un D2ar horizontā (5. att.). Piemēram, pamatiežu virsmā starp Lielupes un Iecavas upēm griezums šķērso nelielu lokālu barošanu apgabalu, kuru parāda arī vertikālais griezums.

Salīdzinot LAMO2 un LAMO3 ūdens līmeņus griezumā 4W-4E, var konstatēt, ka LAMO3 līmeņi ir par 5-10 metriem zemāki nekā LAMO2 versijā.

2.3. Latvijas pazemes ūdens plūsmu bilances LAMO2 un LAMO3 versijām

Pazemes ūdens plūsmu izmaiņas LAMO3 versijā izsauca šādi faktori:

- hidrogrāfiskā tīkla blīvuma palielināšana, galvenokārt Q2 horizontā;
- filtrācijas koeficientu karšu izmaiņa pamatiežu horizontos;
- lai samazinātu pazemes ūdens atslodzi caur aer zonu, divdesmit reizes vājināta saite starp relh (1. Slānis) un hidrogrāfisko tīklu; šāda saite dabā neeksistē, tomēr tā nav pilnībā likvidēta, jo to izmanto, lai infiltrācijas kartēs varētu vizuāli novērtēt plūsmu raksturu ezeros un upēs;
- ezeru saites ar modeli tika samazinātas 500 reizes, jo LAMO2 šīs saites atbilda fiksētu ūdens līmeņu režīmam;

- lai samazinātu sprostsplāņu $m=0$ zonu traucējošo ietekmi, to filtrācijas koeficients šajās zonās tika palielināts desmit reizes; šis pasākums uzlaboja upju piesaisti modelim.

LAMO3 versijai ir apskatīta tikai pazemes ūdens plūsmu bilance Latvijai, bet ne upju baseinu apgabaliem kā LAMO2 versijai. LAMO3 versijā ir realizēti daudzi modernizācijas pasākumi, kuru ietekme nav pilnībā novērtēta, īpaši upju piesaistes kalibrēšanai, kuru varēs sekmīgi pabeigt tikai LAMO4 versijai. Tad šīs piesaistes precizēšanai tiks lietota informācija par upju caurtecēm un modeļa rezultātus varēs ar lielāku ticamību izmantot Latvijas upju baseinu apgabalu kartēšanai.

Latvijas pazemes ūdens plūsmas bilances LAMO2 un LAMO3 versijām atspoguļo 4. un 5. tabulas, kuras paskaidro 7. un 8. att. shēmas. LAMO2 un LAMO3 pazemes ūdens plūsmu starpību $\Delta = q_{LAMO3} - q_{LAMO2}$ bilanci dod 6. tabula, kuru skaidro 9. att. shēma. Par plūsmu starpību relatīvo vērtību δ [%] var spriest no 7. tabulas, kur $\delta = 100\Delta/q_{LAMO2}$, kur Δ un q_{LAMO2} dati ņemti no 6. tabulas un 4. tabulas.

Relatīvās starpības δ labi raksturo atšķirības raksturu. Piemēram, $\delta = \infty$ ezeriem liecina, ka LAMO2 versijā ezeri nav bijuši saistīti ar horizontu ($q_{ez}=0$). Lielas δ vērtības parasti saistītas ar mazām q vērtībām LAMO2 versijā (parasti upēm). Piemēram, D3krs horizontam $q_{toprezl} = 308\%$; $\delta_{upes} = 627\%$. Šīs vērtības radušās tāpēc, ka LAMO3 šim slānim ir augusi upes plūsma (no 11 uz 80 tūkst. m³/dienn). Urbumu plūsmu pieaugums $\delta_{urb} = 462\%$ horizontā D3pl ir šķietams, jo te drenāža Rīgas HES $q = 37$ tūkst. m³/dienn ir formāli pielīdzināta urbumu debītiem. Faktiski LAMO2 un LAMO3 urbumu debīti neatšķiras.

No 7. tabulas var secināt, ka upju plūsma visvairāk pieaugusi Q2 horizontā ($\delta_{upes} = 100\%$), jo tam ir piesaistītas praktiski visas „jaunās” upes.

LAMO3 kopumā lokālā upju plūsma augusi par 52%, upju, ezeru plūsma augusi par 66% un 40%, bet robežu plūsma ir samazinājusies par 47%.

Visvairāk 86% lokālā plūsma ir palielinājusies (Q1+Q2) sistēmā; upēm 101%; ezeru plūsma augusi tikai par 14%, jo gandrīz visu „jauno” ezeru laukumi ir mazi (3. tabula); robežu plūsma samazinās par 26%.

Pamatiežu sistēmai ezeru un upju plūsma aug tikai par 61% un 18%; relatīvi lielais ezeru plūsmu pieaugums 550% rodas tāpēc, ka LAMO2 ezeru plūsma bija tikai 2 tūkst. m³/dienn, bet LAMO3 tā palielinājās par 110 tūkst. m³/dienn, jo visas trīs Daugavas HES ūdenskrātuves tiek uzskatītas par ezeriem un daži ezeri ir pilnīgi vai daļēji saistīti ar pamatiežu horizontu (3. tabula). No 7. tabulas var secināt, ka pamatiežu horizontiem ir vislielākais robežas plūsmu samazinājums – 45%. Iespējams, ka tas radies tāpēc, ka LAMO3 horizontos D3gj1, D2brt, D2ar ir mazāka caurplūde „jauno” k-karšu izmantošanas dēļ.

2.4. Filtrācijas koeficientu kartes LAMO2 un LAMO3 pamatiežu horizontiem

Groundwater Vistas (GV) modelējošai sistēmai ūdens horizontu caurplūdi var mainīt, ja to dara ar filtrācijas koeficientu k-karšu palīdzību. GV-sistēmai k-karti sagatavo kā reizinājumu:

$$k = k_{norm} k_{vid}; \quad k_{norm} = k / k_{vid},$$

kur k_{norm} , k_{vid} ir normalizētā k-karte LAMO režģa plaknei un vidējais filtrācijas koeficients.

Izmantojot 12. tabulas datus un informāciju par LAMO2 k-kartēm, var iegūt 8. tabulu, kura dod pārskatu par LAMO2 un LAMO3 k-kartēm pamatiežu horizontiem.

Versijā LAMO2 visām k-kartēm $k_{norm} = 1.0$, jo tajos tika izmantotas konstantas k vērtības. LAMO3 versijai k_{norm} mainās plašās robežās, t.i., k vērtības GV režģa plaknē izmainās. Tabulā dotas vidējās vērtības k_{vidt} un k_{vidc} , kuras atbilst teorētiski iespējamām un kalibrētām k_{vid} vērtībām. $k_{vidc} > k_{vidt}$, jo k_{vidt} dod minimālās ūdens vadāmības vērtības.

Pārskats par LAMO2 un LAMO3 spiediena horizontu filtrācijas kartēm

Horizonta kods	LAMO2		LAMO3		
	k_{norm}	k_{vid}	k_{norm}	k_{vidt}	k_{vidc}
D3ktl	1.0	3.0	0.2-2.1	2.1	3.0
D3zg#	1.0	3.0	0.4-2.2	3.6	5.0
D3krs#	1.0	2.0	0.4-1.7	5.9	6.0
D3dg#	1.0	10.0	0.1-1.2	5.6	8.0
D3pl	1.0	10.0	0.2-1.9	7.8	12.0
D3am	1.0	10.0	0.3-1.8	4.7	7.0
D3gj2	1.0	10.0	0.4-1.8	5.6	8.0
D3gj1	1.0	14.0	0.3-1.9	5.2	8.0
D2brt	1.0	5.0	0.3-1.8	1.9	3.0
D2ar	1.0	5.0	0.3-1.9	2.1	3.0

Salīdzinot k_{vid} un k_{vidc} vērtības LAMO2 un LAMO3 versijām, var konstatēt, ka sākot D3am horizontu, $k_{vid} > k_{vidc}$. Iespējams, ka šī iemesla dēļ ir samazinājušās infiltrācijas un robežu plūsmas D3am, D3gj1, D3gj2, D2brt, D2ar horizontos (skat 9. att. 6. un 7. tabulas).

3. Filtrācijas T un k– karšu iegūšana LAMO3

3.1. Metodika T– karšu iegūšanai LAMO3 versijai

LAMO3 versijai ir īstenota filtrācijas k-karšu uzlabošana ūdens horizontos, izmantojot urbumu atsūkņēšanas datus. Nolūkā labāk izprast šo karšu nozīmi, aplūkosim dažus matemātiskus jēdzienus, kuri tiek lietoti hidroģeoloģiskajā datormodelēšanā.

Pazemes ūdens pjezometriskā līmeņa vektors φ ir robežproblēmas skaitliskais atrisinājums, kurš ir iegūts hidroģeoloģiskā modeļa (HM) xyz – režģa mezglos kā šādas algebrisko vienādojumu sistēmas atrisinājums:

$$A \varphi = \beta - G\psi; \quad A = A_{xy} + A_z, \quad (1)$$

kur A ir ģeoloģiskās vides īpašību matrica, kurai atbilst xy –slāņu sistēma, kura ietver horizontālās saites (A_{xy} - caurplūde) un vertikālos elementus A_z ; ψ un β ir ūdens līmeņu un plūsmu robežnoteikumu vektori; G diagonālā matrica (A daļa), kuru veido elementi, kas savieno mezglus, kuros φ ir jāatrod ar tiem mezgliem, kuriem ψ ir dots.

Ģeoloģisko slāņu elementus a_{xy} matricā A_{xy} aprēķina izteiksme:

$$a_{xy} = k_i m_i = T_i, \quad m_i = z_{i-1} - z_i, \quad m_i > 0, \quad i = 1, 2, \dots, p \quad (2)$$

kur z_{i-1} un z_i ir augstumu kartes i-tā slāņa augšai un apakšai, z_o ir zemes virsmas augstuma ψ_{rel} karte; p – virsmu skaits (LAMO p=28); k_i un m_i ir i-tā slāņa filtrācijas koeficientu un biezuma kartes; T_i caurplūdes (transmissivity) karte (GV) sistēmā [7]. T_i un m_i - kartes aprēķina automātiski,

izmantojot k un z – kartes formulā (2). Tāpēc tikai k - kartes var lietot T – karšu koriģēšanai, jo modeļa ģeometriju nosaka z – karšu kopums, kurā, lai nodrošinātu $m_i > 0$, pat vienas kartes korekcija izsauc visu citu izmaiņas.

Ja ir zināma T_i – karte, tad tās īstenošanai ir jālieto k_i – karte, kuras iegūšanai ir jālieto formula:

$$k_i = T_i / m_i, \quad (3)$$

kur m_i ir aprēķinātais slāņa biezums, kuru dod (2).

Gandrīz visos LAMO slāņos ir $m_i = 0$ zonas, kurās slāņu biezums ir nulle. Lai novērstu „dalīšanu ar nulli” šajās zonās LAMO izmanto $\varepsilon = 0.02$ metri.

Sprosts slāņiem $T_i \sim 0$, jo tiem k ir ļoti mazi. Ūdens slāņiem T -kartēm ir būtiska nozīme un tāpēc ir nepieciešams uzlabot to ticamību, izmantojot urbumu atsūkņēšanas datus.

Atsūkņēšanas rezultātu apraksta formula:

$$S = \frac{Q}{2\pi T} (\ln(R/r) + \xi); \quad T = km, \quad (4)$$

kur Q – atsūkņēšanas debīts, S – ūdens līmeņa pazeminājums urbumā; T – caurplūde; R un r – depresijas piltuves un urbumu radiusi, ξ – papildus hidrauliskā pretestība, kura ievēro urbuma atseguma pakāpi.

No (4) var aprēķināt T :

$$T = \frac{q}{2\pi} (\ln(R/r) + \xi); \quad q = Q/S, \quad (5)$$

kur q – urbuma īpatnējais debīts. Ja q [litri/sec.metr], T [(metrs)²/dienn], tad (5) iegūst šādu izskatu:

$$T = 13.75q(\ln(R/r) + \xi). \quad (6)$$

Visus pamatiežu spiediena horizontus aptver ūdens caurlaidīgi sprosts slāņi un šādiem horizontiem $R = 1.12B$; B ir pārteces faktors, kura vērtību dod formula [9]:

$$B = \sqrt{\frac{km}{k_1/m_1 + k_2/m_2}}, \quad (7)$$

kur km – horizonta caurplūde; k_1, m_1 un k_2, m_2 ir filtrācijas koeficienti un biezumi tiem sprosts slāņiem, kuri atrodas virs un zem ūdens horizonta. Izmantojot tipveida datus par LAMO ietvertajiem ģeoloģiskajiem slāņiem, ir iegūta 9. tabula, kurā apkopoti dati par parametriem $B, R, \ln(R/r)$, $0.1 > r > 0.05$ [metrs].

9. tabula

Parametru $B, R, \ln(R/r)$ vērtības LAMO spiediena horizontiem

km	k_1, k_2	m_1, m_2	B	R	r	$\ln(R/r)$
100	10^{-4}	10	1581	1771	0.1	9.78
100	10^{-4}	5	2236	2504	0.1	10.13
100	10^{-4}	10	1581	1771	0.05	10.47
100	10^{-4}	5	2230	2504	0.05	10.82

No 9. tabulas var konstatēt, ka formulā (6) var lietot $\ln(R/r) \sim 10$. Ja $\xi = 0$, tad iegūstam vienkāršu formulu minimālās caurplūdes $T_{\min}$ tuvinātam aprēķinam:

$$T_{\min} = 137.5q. \quad (8)$$

Izteiksme (8) tiek izmantota, lai iegūtu k- kartes LAMO3 versijai. Var iegūt precīzāku formulu, ja ņem vērā pretestību ξ , kuras vērtību var aprēķināt ar formulu [8]:

$$\xi = (1/a - 1)(\ln 1.47ab - 2.65a), \quad a = l/m, \quad b = m/r \quad (9)$$

kur m – horizonta biezums; l , r – urbuma filtra garums un rādiuss. Formula (9) dod labus rezultātus, ja $m/r \geq 100$ un $l/m > 0.1$. Ar formulu (9) iegūtie dati ir apkopoti 10. tabulā.

10. tabula

Pretestības ξ atkarība no parametriem l/m un m/r

l/m	m/r			
	100	200	500	1000
0.1	21.80	28.04	36.29	42.53
0.2	11.40	14.18	17.84	20.61
0.3	6.98	8.60	10.73	12.35
0.4	4.52	5.56	6.93	7.98
0.5	2.97	3.66	4.58	5.27
0.6	1.92	2.41	3.00	3.46
0.7	1.19	1.49	1.88	2.17
0.8	0.63	0.83	1.06	1.24
0.9	0.28	0.35	0.46	0.53
1.0	0.00	0.00	0.00	0.00

Ja izteiksmē (6) ievēro ar formulu (8) aprēķināto pretestību ξ un $\ln(R/r) \sim 10$, tad var iegūt ticamāku caurplūdes T novērtējumu:

$$T = T_{\min} (1 + \xi/10) = cT_{\min}. \quad (10)$$

LAMO pamatiežu horizontiem: $0.5 > l/m > 0.2$ un $500 > m/r > 100$. Izmantojot 10 tabulas datus var konstatēt, ka korekcija c var būt intervālā $2.78 > c > 1.30$.

3.2. Matemātiskās metodes k-karšu iegūšanai

Lai koriģētu horizontu T-kartes, ir jāīsteno divi soļi:

- izmantojot urbumu īpatnējo debitu punktveida datus, ar interpolācijas metodēm jāiegūst un jānoformē T-karte;
- izmantojot formulu (3), jāiegūst un jānoformē k-kartes.

Ar EXCEL palīdzību [10] no urbumu atsūkņēšanas datiem izveido īpatnējo debitu q tabulu. Parasti šo punktveida datu skaits pārsniedz 1000 un to izvietojums modeļa apgabalā ir ļoti nevienmērīgs. Šī

iemesla dēļ to interpolēšanu xy -režģa mezglos veic ar sistēmā SURFER [10] īstenoto „inversās distances” metodi [11, 12].

$$\sigma_o = (\sum_{i=1}^n \sigma_i \tau_i) / \sum_{i=1}^n \tau_i \quad \sigma_i = 137.5 q_i = T_i, \quad (11)$$

$$\tau_i = (1/d_{oi})^p \quad d_{oi} = \sqrt{(x_o - x_i)^2 + (y_o - y_i)^2}$$

kur σ_i iegūts ar (8); τ_i – i -tā punkta datu ietekmes svars; d_{oi} – attālums starp mezglu o un punktu i ; x_o, y_o un x_i, y_i mezgla o un i -tā punkta plaknes koordinātes; p – pakāpe. LAMO3 versijai izmantots $p=2$.

Ar inversās distances metodi iegūtās T-kartes izolīnijas nav gludas un tās nepieciešams koriģēt ar digitālo filtru, kuru parasti izmanto attēlu apstrādē [13]. LAMO gadījumā tika izmantots (11×11) zemfrekvences filtrs:

$$\sigma_{oo} = (\sum_{i,j} \sigma_{ij} \tau_{ij}) / \sum_{i,j} \tau_{ij}, \quad \tau_{ij} = (1/D_{ij})^p, \quad D_{ij} = \sqrt{i^2 + j^2}, \quad (12)$$

kurš realizē inversās distances metodi rezultāta (11) nogludināšanai ar pakāpi $p=0.5$; oo un ij ir režģa rindu un kolonu lokālie indeksi attiecībā pret filtra centru oo ; D_{ij} ir attālums starp mezgliem oo un ij . Filtra pirmā kvadranta koeficienti τ_{ij} parādīti 11. tabulā.

11. tabula

Koeficienti τ_{ij} filtra pirmajam kvadrantam

j						
5	0.444	0.443	0.431	0.414	0.395	0.376
4	0.500	0.492	0.473	0.447	0.420	0.395
3	0.577	0.562	0.527	0.485	0.447	0.414
2	0.707	0.669	0.595	0.527	0.473	0.431
1	1.000	0.841	0.669	0.562	0.432	0.443
0	2.000	1.000	0.707	0.577	0.500	0.444
	0	1	2	3	4	5
	i					

Filtram ir četri simetriski kvadranti, jo tiek izmantoti arī negatīvi i, j . Lai pēc iespējas mazāk ietekmētu rezultātu (11), filtrs (12) tiek izmantots tikai vienu reizi. Tā ietekme ir mazāka nekā vidējā aritmētiskā filtram, kurā visi $\tau_{ij}=1.0$ ($p=0$).

Filtrētais rezultāts (12) ir iegūts visos 601×951 LAMO plaknes režģa mezglos, jo interpolācijas (11) sākuma datus nav informācijas par $m=0$ apgabaliem.

Šī iemesla dēļ, pēc dalīšanas (3) īstenošanas, apgabalos, kuros $\varepsilon=0.02$, radīsies lielas nereālistiskas k_i vērtības. Tās tiek aizvietotas ar k_{max} , kuru atrod $m>0$ apgabalā. GV sistēmā k -karte tiek veidots kā reizinājums:

$$k = k_{norm} k_{vid}, \quad k_{vid} = k / k_{max}, \quad k_{vid} = \sum_{i=1}^n k_i / n, \quad m>0 \quad (13)$$

kur k_{norm} un k_{vid} ir normalizētā k matrica un tās vidējā vērtība.

Dati par LAMO3 pamatiežu ūdens horizontu filtrācijas īpašībām apkopoti 12. tabulā.

12. tabula

Pārskats par LAMO3 pamatiežu horizontu filtrācijas īpašībām

C	L_C	m_{vid}	k_{vid}	k_{min}	k_{max}	T_{vid}	T_{max}	$(l/m)_{vid}$
D3ktl	5.44	62.89	2.12	0.5	4.5	82.66	214	0.15
D3zg	7.53	50.43	3.64	1.5	8.0	125.38	330	0.24
D3krs	9.34	22.71	5.95	2.3	10.0	121.17	263	0.36
D3dg	32.84	30.76	5.58	0.7	10.0	127.82	474	0.34
D3pl	44.10	22.98	6.11	1.3	20.0	146.90	513	0.55
D3am	46.52	22.11	4.69	1.5	8.5	94.87	212	0.53
D3gj2	51.17	26.55	5.58	2.2	10.0	136.00	282	0.49
D3gj1	56.66	31.79	5.24	1.6	10	145.62	244	0.51
D2brt	68.96	45.30	1.91	0.6	3.5	79.02	129	0.40
D2ar	68.96	41.00	2.13	0.65	4.0	80.64	133	0.50

Tabulā ir izmantoti saīsinājumi: C – slāņa kods, L_c – horizonta laukums [tūkst.km²]; m_{vid} – vidējais biezums [metri]; k_{vid} , k_{min} , k_{max} – vidējā, maksimālā, minimālā k vērtība [metri/dienn]; T_{vid} , T_{max} – vidējā un maksimālā caurteces vērtība [(metri)²/dienn]; $(l/m)_{vid}$ – vidējā vērtība urbumu filtru un horizontu biezumu attiecībai.

LAMO3 koriģētās k – kartes ir provizoriskas un tās ir pirmais rezultāts, kurš ir iegūts, izmantojot datus par urbumu atsūkņēšanu. Lai iegūtu labākus rezultātus ir nepieciešams veikt šo datu atlasīšanu (tas nav darīts) un izmantot informāciju par parametriem l/m un m/r .

3.3. Piemērs par k – kartes iegūšanu D3pl horizontam

Piemērs parāda, kā matemātiskās metodes tika izmantotas k – kartes iegūšanai D3pl horizontam LAMO3 versijai.

Urbumu novietojums parādīts 10. att. Var konstatēt, ka urbumi nepārklāj horizonta laukumu $m>0$ vienmērīgi. Īpatnējo debītu vērtības mainās pārāk plašā (nereālā) diapazonā un tāpēc tiek aizvietotas $5.0>q>0.3$.

Ar interpolāciju (11) iegūtie un filtrētie (12) T sadalījumi parādīti 11. att. (sākotnējais un filtrētais – sarkanā un melnā krāsā). Filtrēšana ir nedaudz nogludinājusi caurteces izolīnijas un likvidējusi lokālos minimumus.

Biezuma m – karte D3pl horizontam dota 12. att. Šim horizontam ir liela $m=0$ zona. Daugavas un Sakas upes ir ieņēmušas horizontā.

Sākotnējais un filtrētais k – sadalījums doti 13. att. (sākotnējais un filtrētais – sarkanā un melnā krāsā). Filtrēšana ir likvidējusi kļūdaino lēcienveida k pieaugumu Daugavas un Sakas upju ieņēmu vietās. Tāpēc D3pl horizonta caurplūdes sadalījumā 14. att. upju ieņēmu vietā ir lēcienveida caurplūdes samazinājums.

4. Secinājumi

Nolūkā izsekot LAMO modernizācijas gaitai, nosacīti izdalītas četras LAMO versijas 2012–LAMO1, 2013–LAMO2, 2014–LAMO3, 2015–LAMO4. Versijai LAMO3 ir palielināts hidrogrāfiskā tīkla blīvums un izmantotas filtrācijas koeficientu kartes, kuras iegūtas ņemot vērā urbumu atsūkņēšanas datus.

Pārskatā salīdzināti LAMO2 un LAMO3 versiju rezultāti:

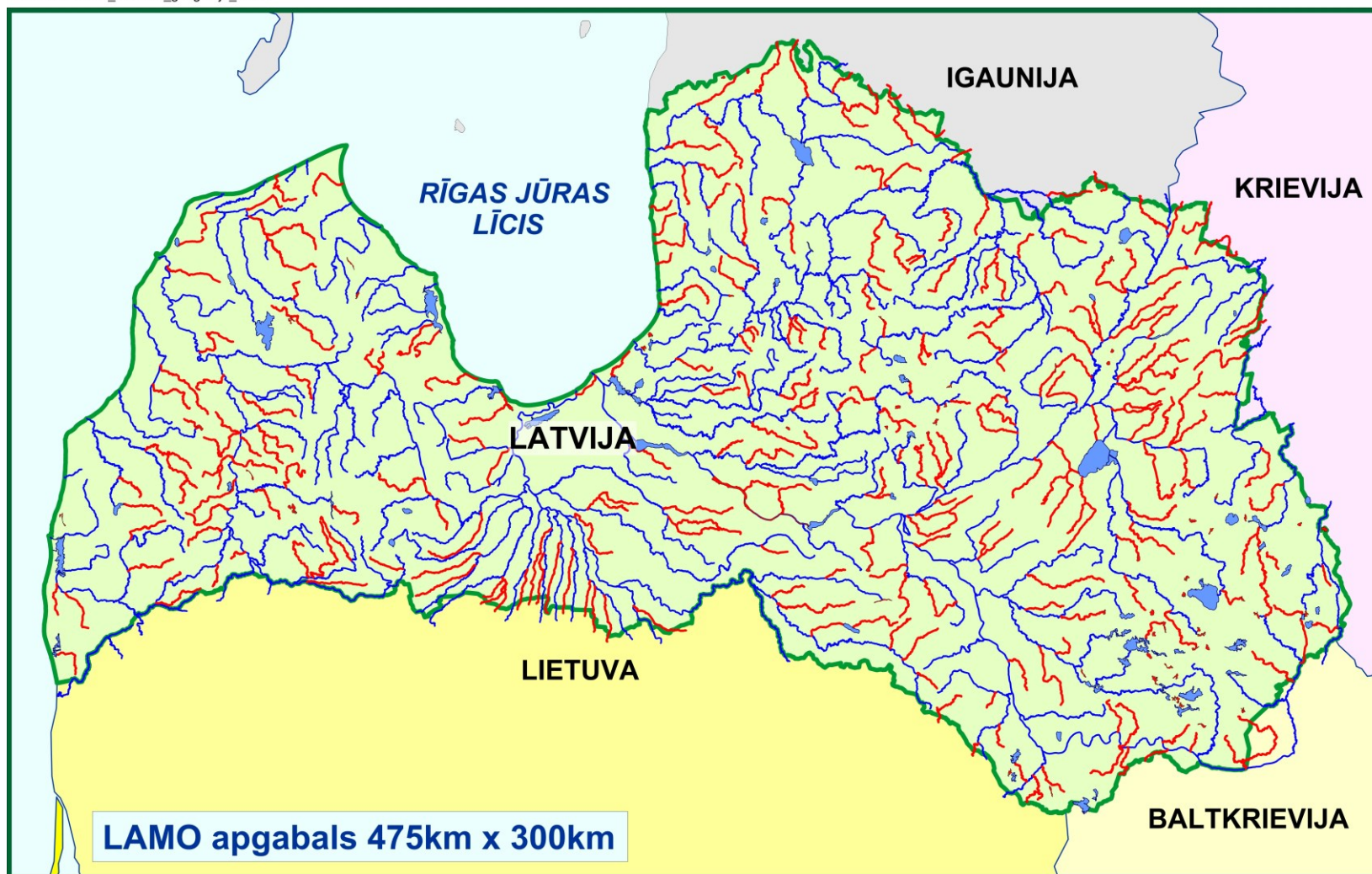
- gandrīz dubultojušies upju plūsma Q2 horizontā;
- samazinājusies pazemes ūdens plūsma pamatiežu horizontos un caur robežām.

Šo izmaiņu varbūtējie cēloņi ir upju skaita pieaugums Q2 horizontā un caurplūdes samazināšanās pamatiežu horizontos.

Tomēr šobrīd nav skaidrs, kā būtu jākalibrē upju piesaistes ūdens horizontiem (samazināt vai palielināt). Nākošā LAMO4 versija dos norādes kā ir jāmaina modelis, ja izmantos datus par upju caurteci un režģa solis tiks samazināts no 500 uz 250 metriem.

5. Izmantotā literatūra

1. Pazemes ūdensobjektu kartēšana Gaujas/Koivas upju baseinu apgabalā. Pārskats iepirkuma līgumam Nr.62 starp Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministriju un Rīgas Tehnisko universitāti, Rīga, Janvāris, 2013, 19 lpp., 25 kartes, www.emc.rtu.lv
2. Pazemes ūdensobjektu kartēšana Gaujas upju baseina apgabalā, Rīgas Tehniskā universitāte, Rīga, 2013, 12 lpp. 49 kartes, 6 tabulas, pieejams <http://www.emc.rtu.lv/>
3. Pazemes ūdensobjektu kartēšana Daugavas upju baseina apgabalā, Rīgas Tehniskā universitāte, Rīga, 2013, 12 lpp. 52 kartes, 7 tabulas, pieejams <http://www.emc.rtu.lv/>
4. Pazemes ūdensobjektu kartēšana Lielupe upju baseina apgabalā, Rīgas Tehniskā universitāte, Rīga, 2013, 12 lpp. 55 kartes, 7 tabulas, pieejams <http://www.emc.rtu.lv/>
5. Pazemes ūdensobjektu kartēšana Ventas upju baseina apgabalā, Rīgas Tehniskā universitāte, Rīga, 2013, 12 lpp. 57 kartes, 7 tabulas, pieejams <http://www.emc.rtu.lv/>
6. Spalviņš, A., Šlangens, J., Aleksāns, O., Lāce, I., Krauklis, K., Geological profiles as efficient means for expounding results provided by hydrogeological model of Latvia, 14th Geo Conference on Science and Technologies in Geology, Exploration and Mining (SGEM), 17-26 June, Bulgaria, Conference Proceedings Vol.II, Published by STEF92 Technology Ltd., pp. 401-408, ISBN 978-619-7105-08-7, ISSN 1314-2704, DOI 10.5593/sgem2014B12
7. Environmental Simulations, Inc. Groundwater Vistas. Version 6, Guide to using, 2011, http://www.groundwatersoftware.com/groundwater_vistas.htm
8. Verigin, N., Methods Used for Finding Permeability of Geological Strata, Gosstroizdat, Moscow, 1962 p. 180, (in Russian).
9. Bindeman, N., Jazvin, I., Evaluation of Groundwater Resources, 1982, Nedra, Moscow, 1970, p.215 (in Russian)
10. Walkenback, J., Excel-7 Bible, Wiley Publishing, Inc. Indianapolis, Indian, 2007, p. 808
11. Golden Software, Inc., SURFER-11 for Windows, Users manual, Guide to Using, 2012, <http://www.goldensoftware.com/products/surfer>
12. Franke, R. Scattered Data Interpolation: Test of Some Methods, Mathematics of Computations, 1982, v.33, pp. 181-200
13. Ditas, I. Digital Image Processing Algorithms and Applications, 2000, John Wiley and Sons, New York, 2000, p. 419, ISBN 0-471-37739-2



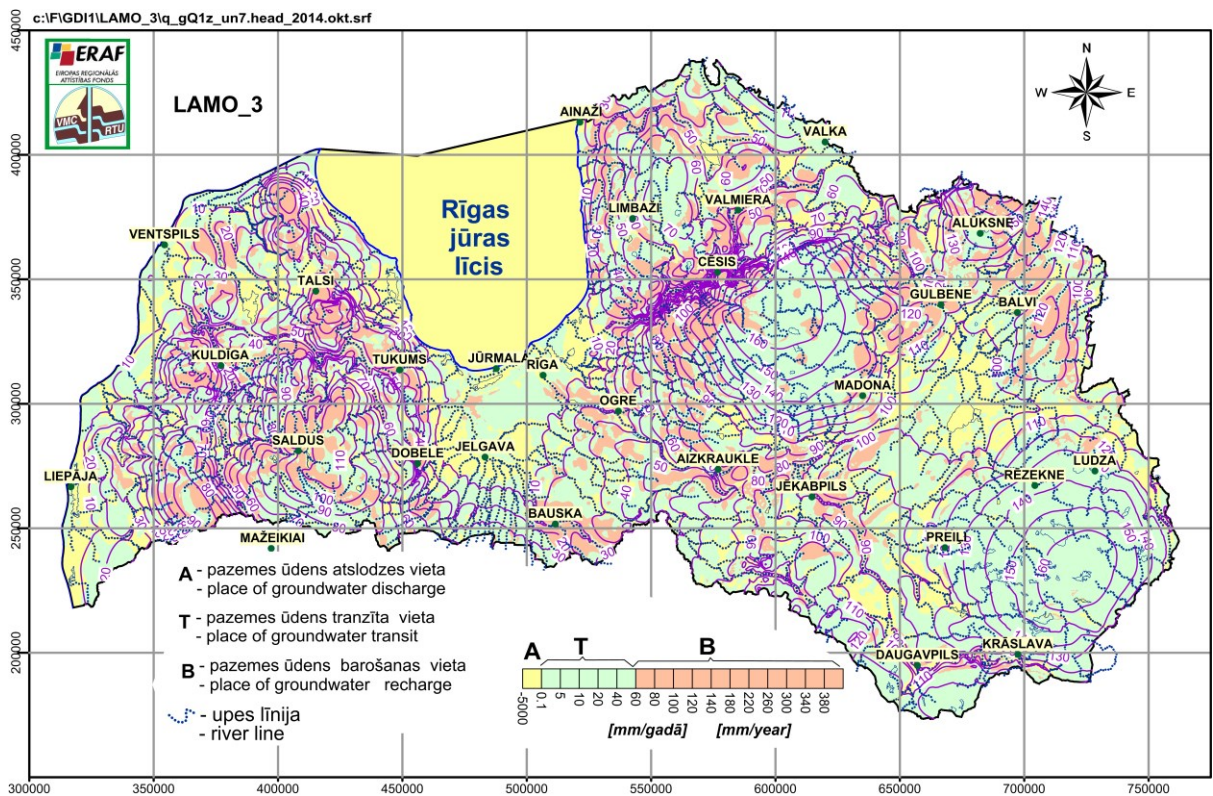
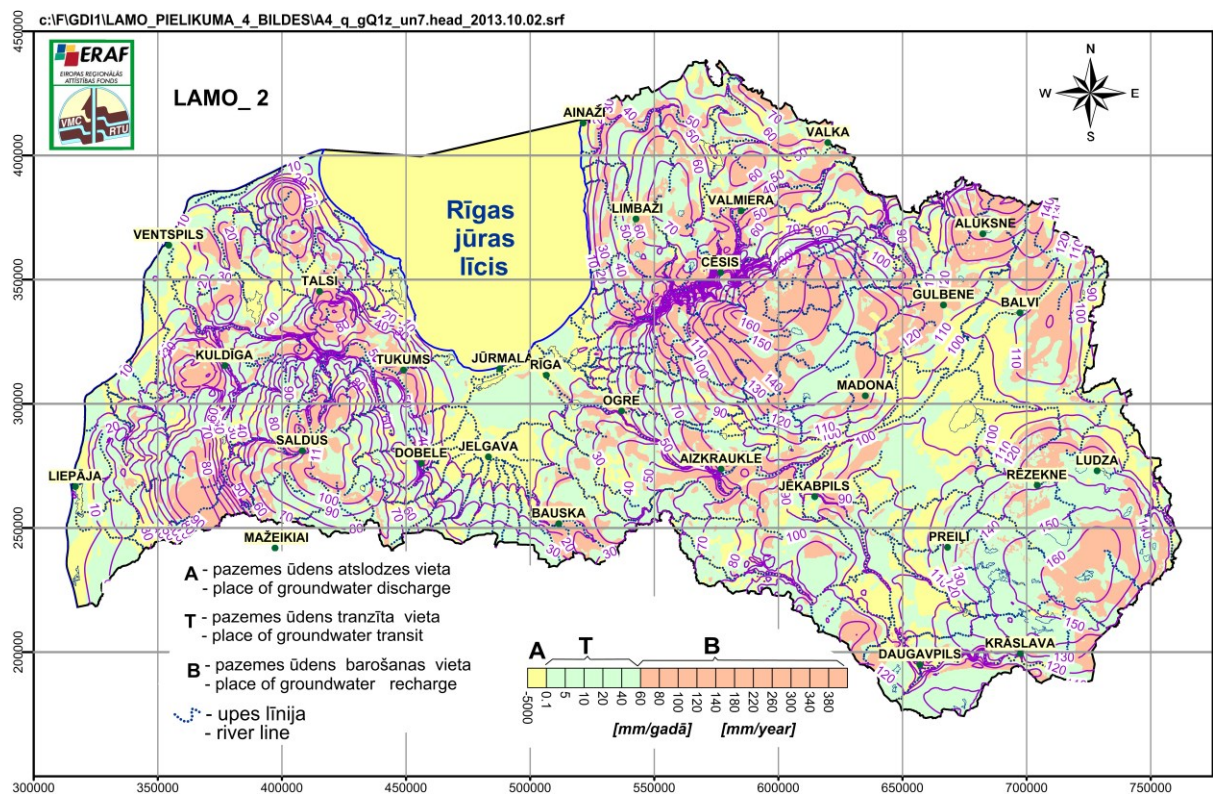
1. att. LAMO2 un LAMO3 hidrogrāfisko tīklu salīdzinājums; LAMO2 – zilā krāsā;
jaunie elementi – sarkanā krāsā.

No of HM plane		Name of layer	Geological code	HM plane code
1.		Relief	relh	relh
2.		Aeration zone	aer	aer
3.		Unconfined Quaternary	Q4-3	Q2
4.		Upper moraine	gQ3	gQ2z
5.		Confined Quaternary or Jura	Q1-3 J	Q1#
6.		Lower moraine or Triass	gQ1-3 T	gQ1#z
7.		Perma Karbons Skerveles Ketleru	P2 C1 D3šk D3ktl	D3ktl#
8.		Ketleru	D3ktl	D3ktlz
9.		Zagares Svetes Tervetes Muru	D3žg D3sv D3tr D3mr	D3zg#
10.		Akmenes	D3ak	D3akz
11.		Akmenes Kursas Jonisku	D3ak D3krs D3jn	D3krs#
12.		Elejas Amulas	D3el D3aml	D3el#z
13.		Stipinu Katlesu Ogres Daugavas	D3stp D3ktl D3og D3dg	D3dg#
14.		Daugavas Salaspils	D3dg D3slp	D3slp#z
15.		Plavinu	D3pl	D3pl
16.		Plavinu Amatas	D3pl D3am	D3am#z
17.		Amatas	D3am	D3am
18.		Upper Gauja	D3gj2	D3gj2z
19.		Upper Gauja	D3gj2	D3gj2
20.		Lower Gauja	D3gj1	D3gj1z
21.		Lower Gauja	D3gj1	D3gj1
22.		Burtnieku	D2brt	D2brtz
23.		Burtnieku	D2brt	D2brt
24.		Arikula	D2ar	D2arz
25.		Arikula	D2ar	D2ar
26.		Narvas Narvas	D2nr2 D2nr1	D2nr#z
27.		Pernavas	D2prn	D2pr

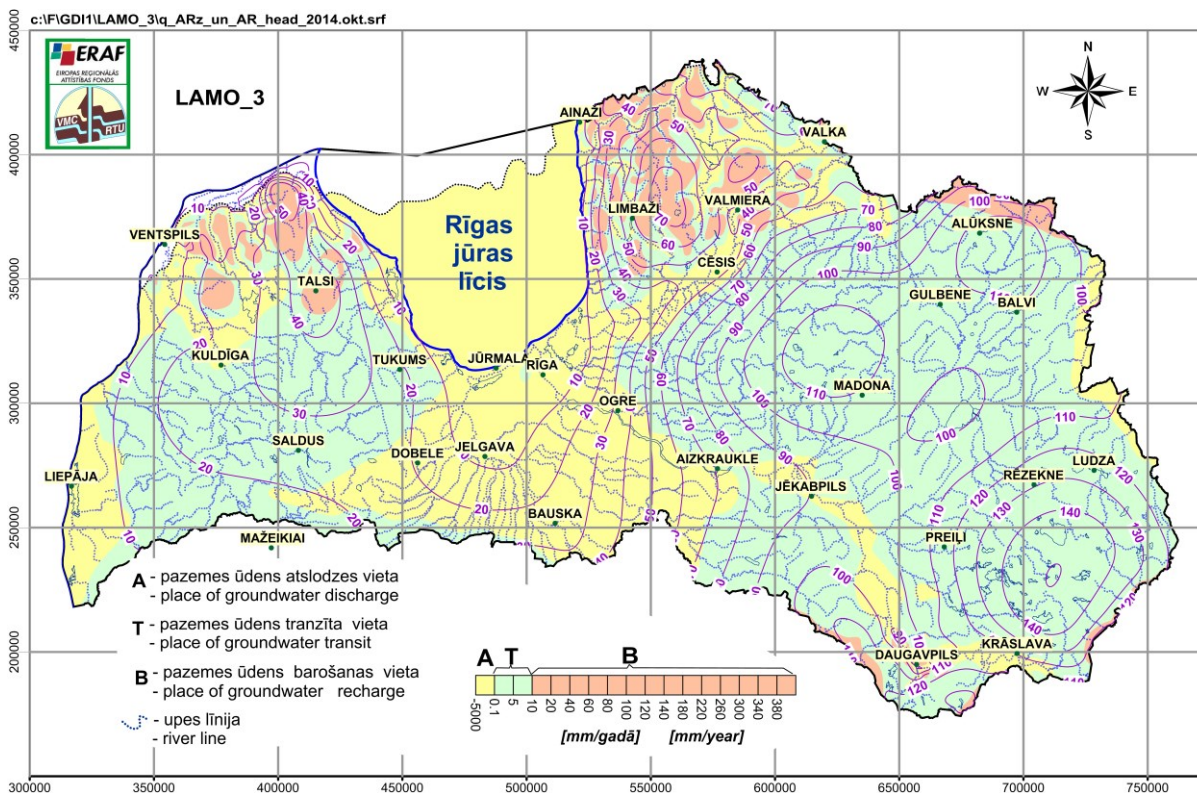
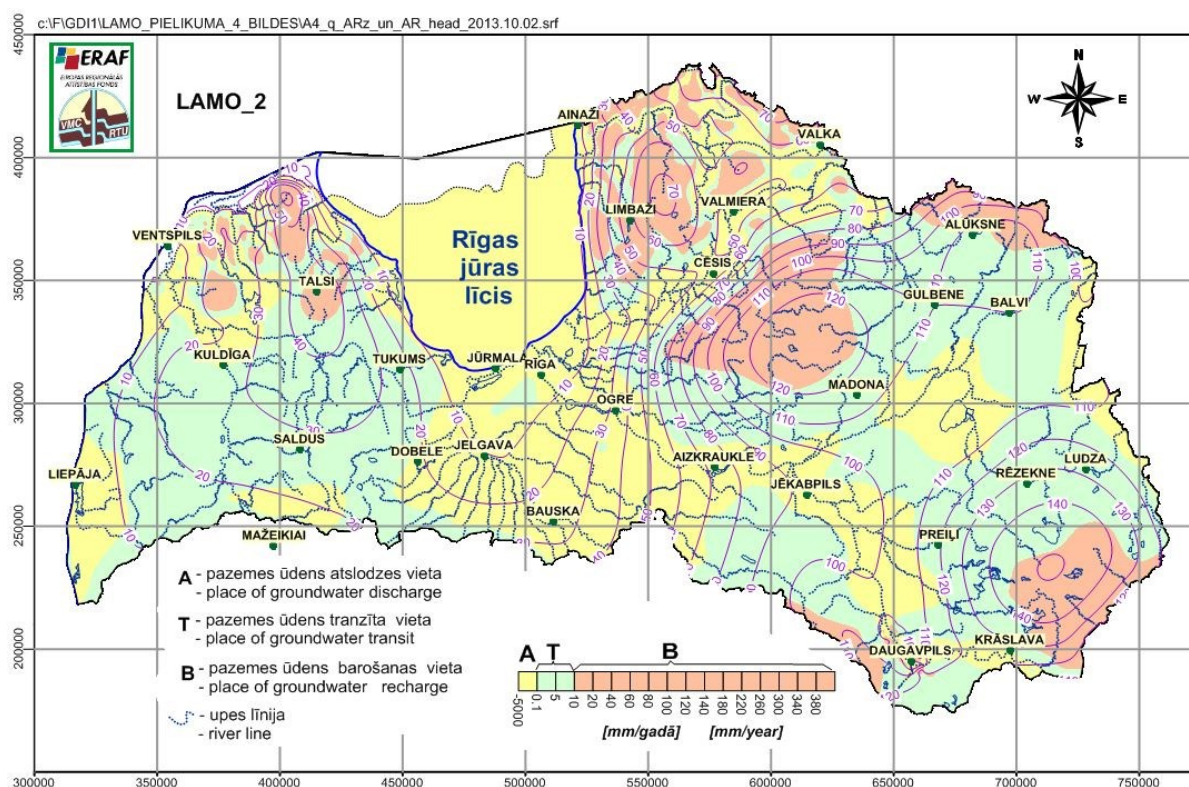
 - aquitard

-united aquifer; #z – united aquitard

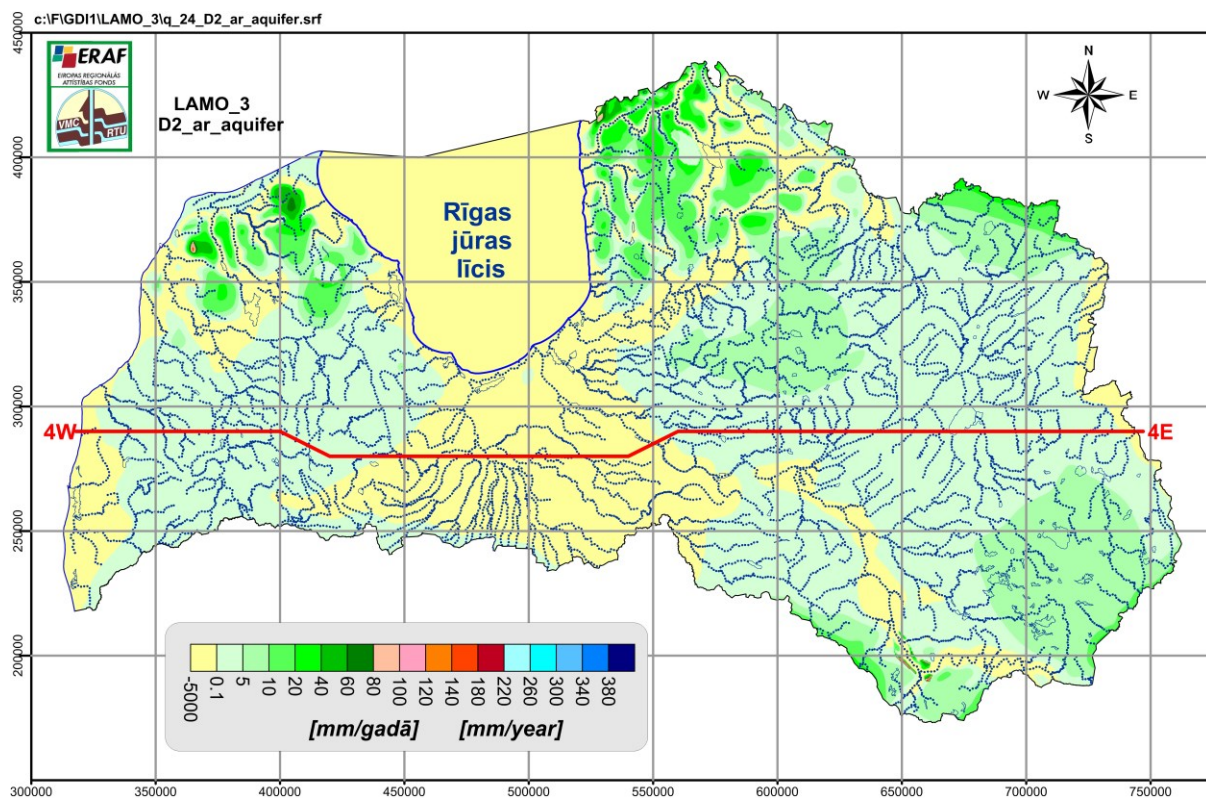
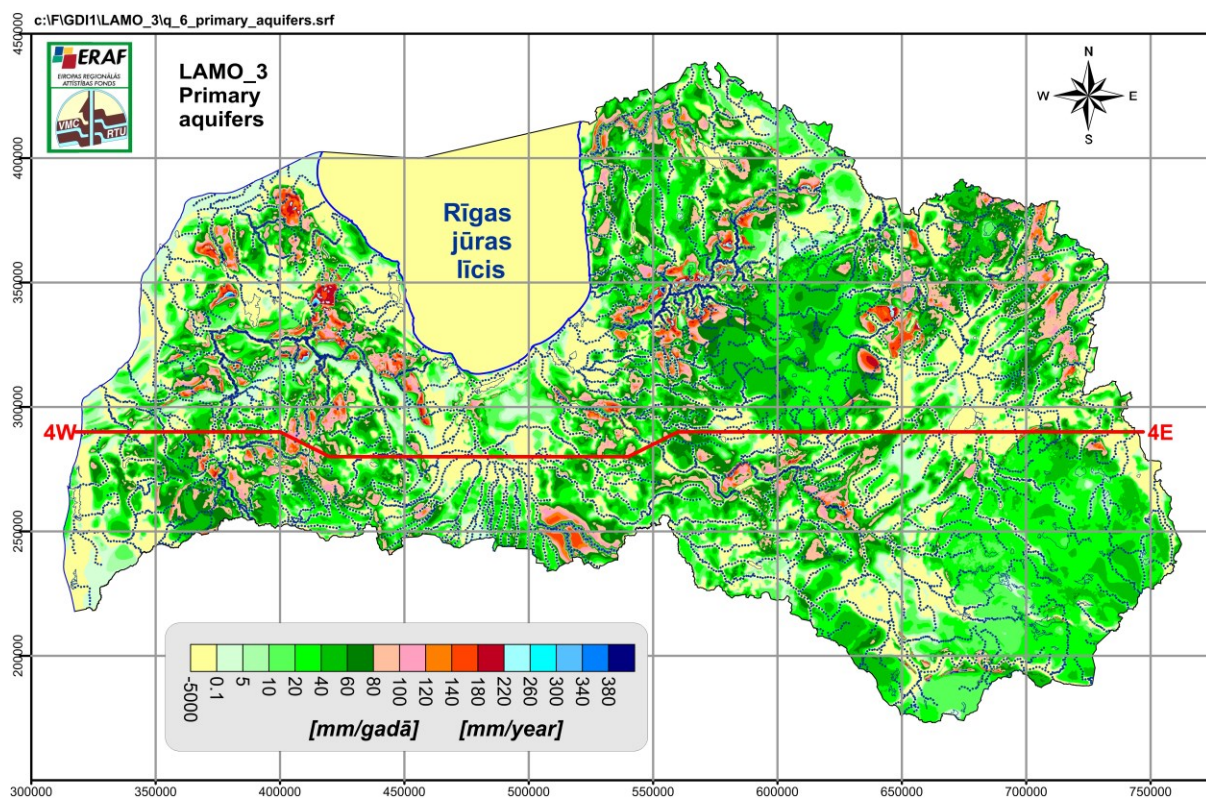
2. att. LAMO vertikālā shematizācija



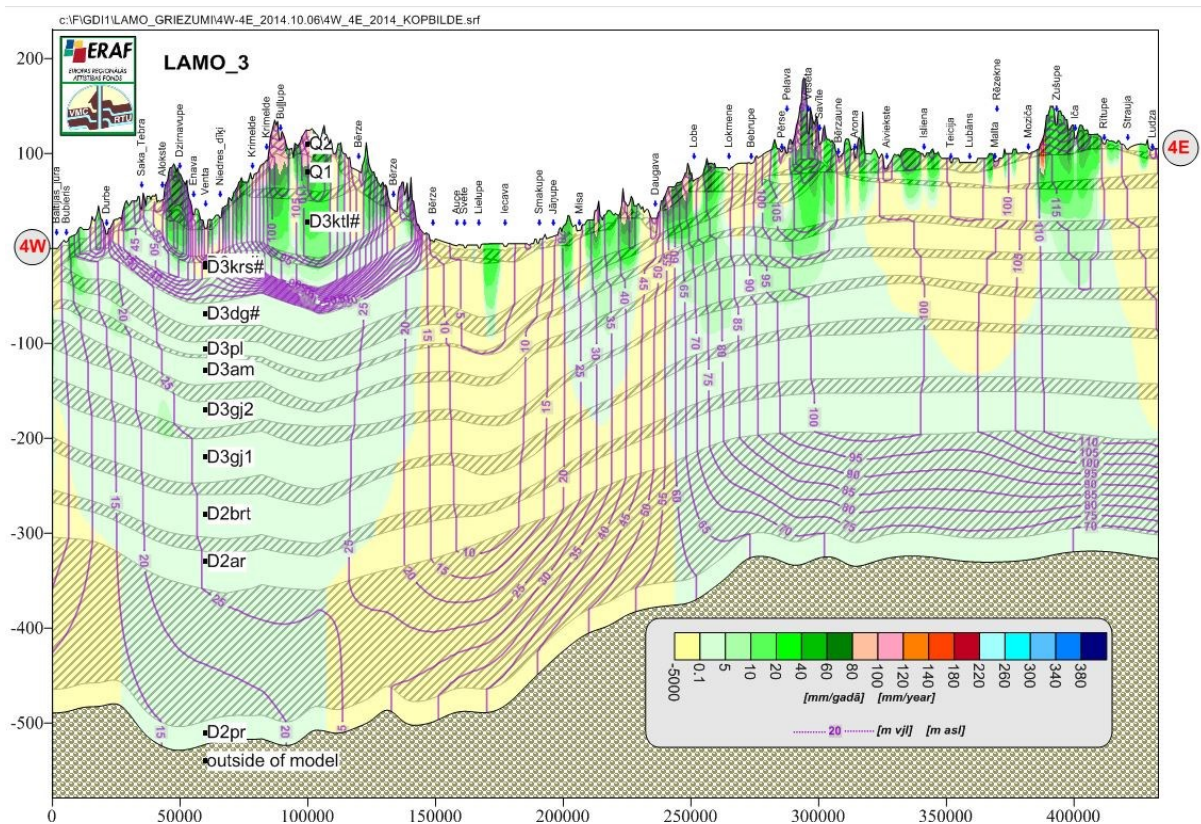
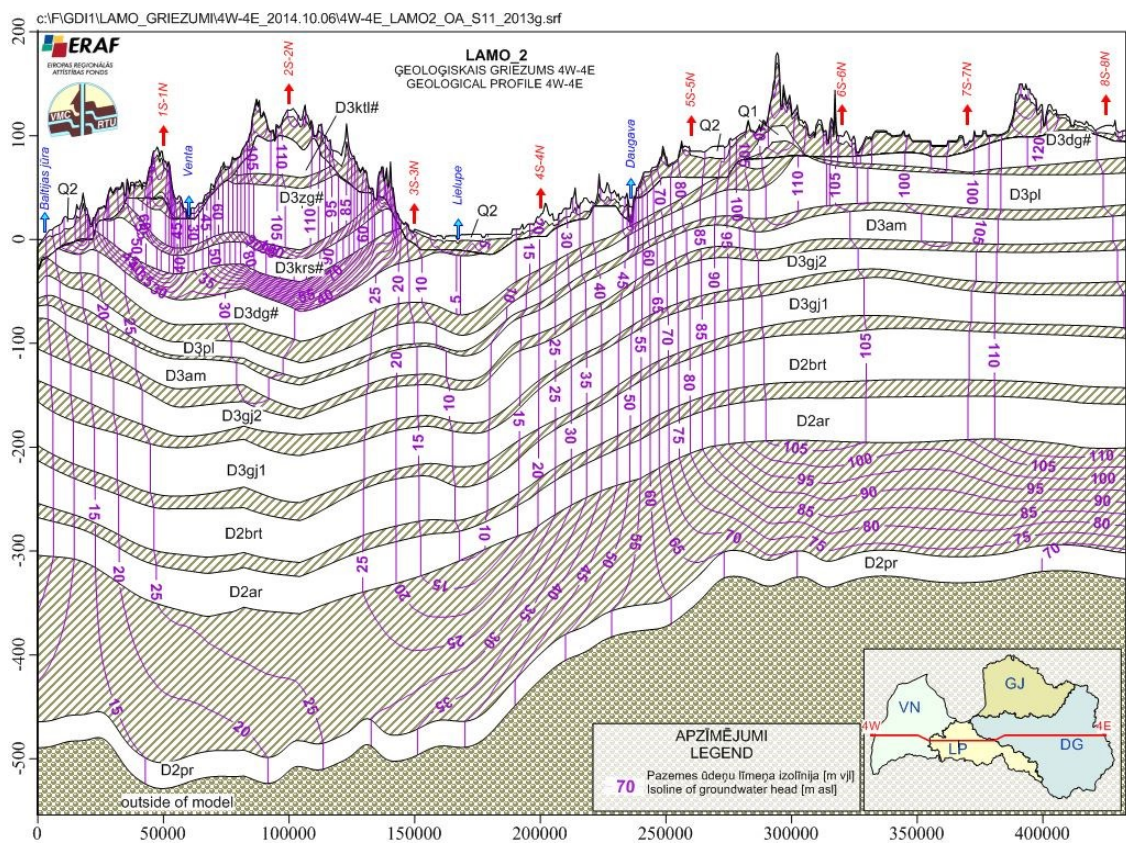
3. att. Plūsmu un ūdens līmeņu sadalījums pamatiežu preQ horizontā LAMO2 un LAMO3



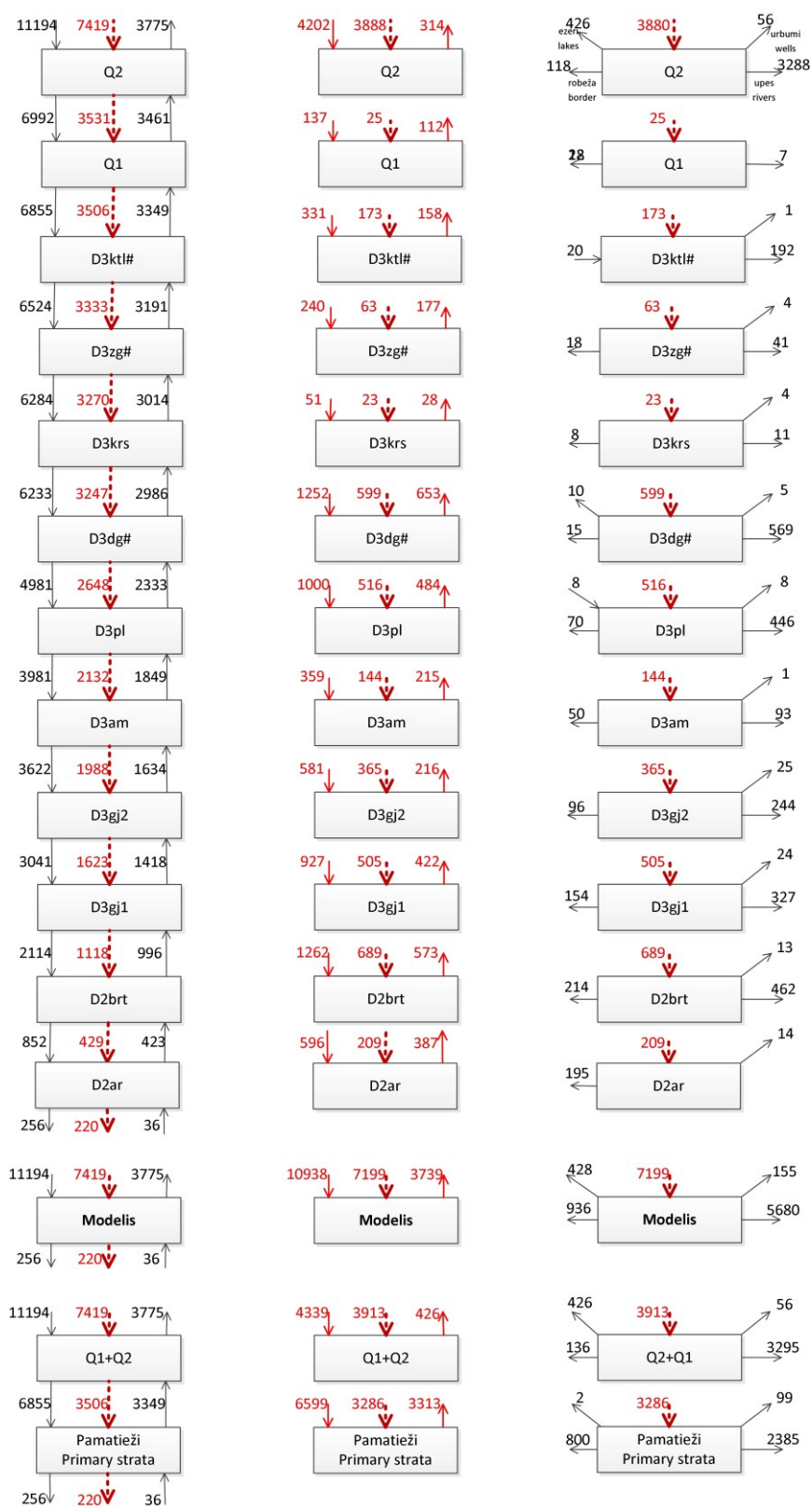
4. att. Plūsmu un ūdens līmeņu sadalījums D2ar horizontā LAMO2 un LAMO3



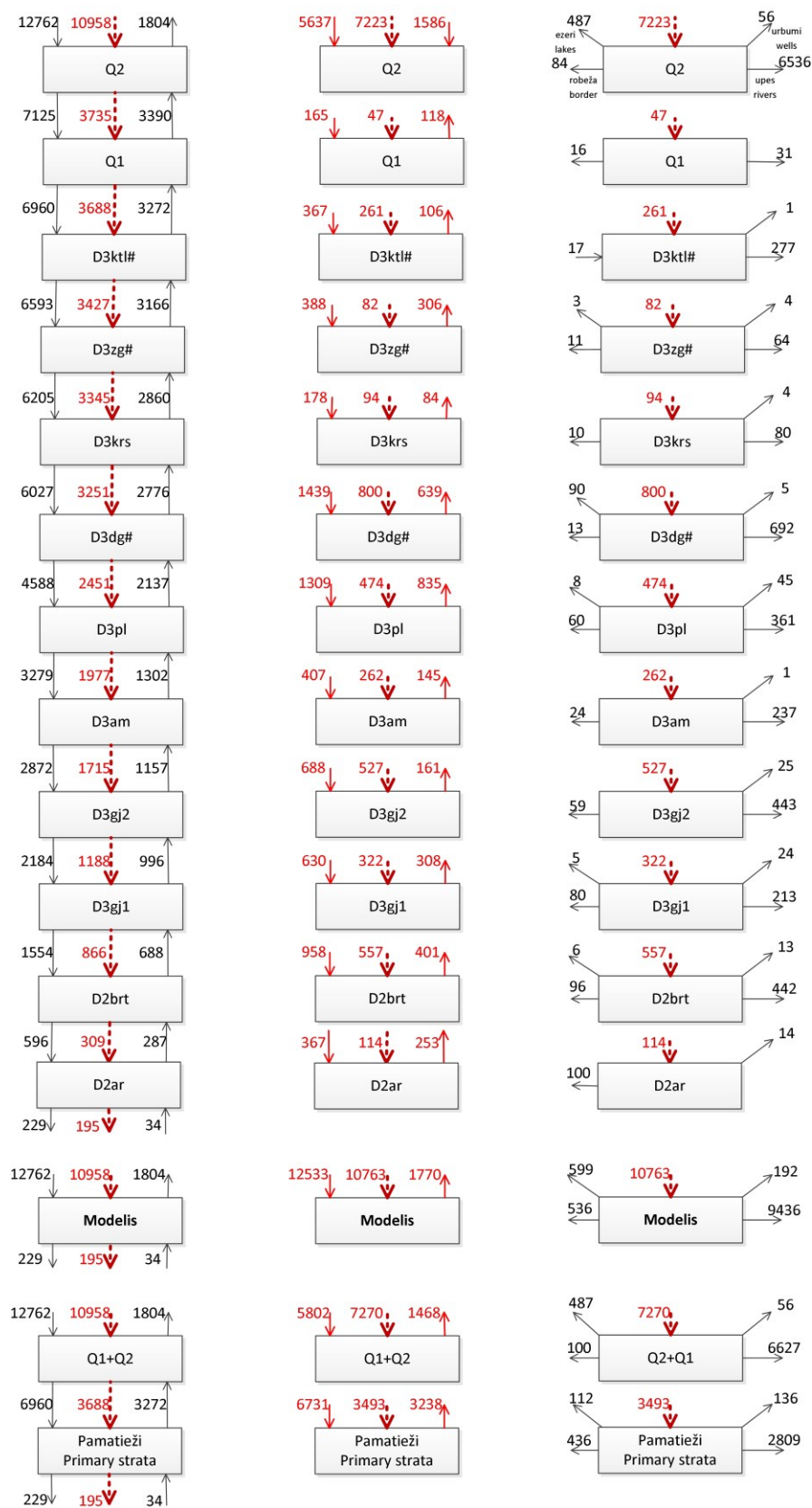
5. att. Infiltrācijas plūsma LAMO3 pamatiežu un D2ar horizontos



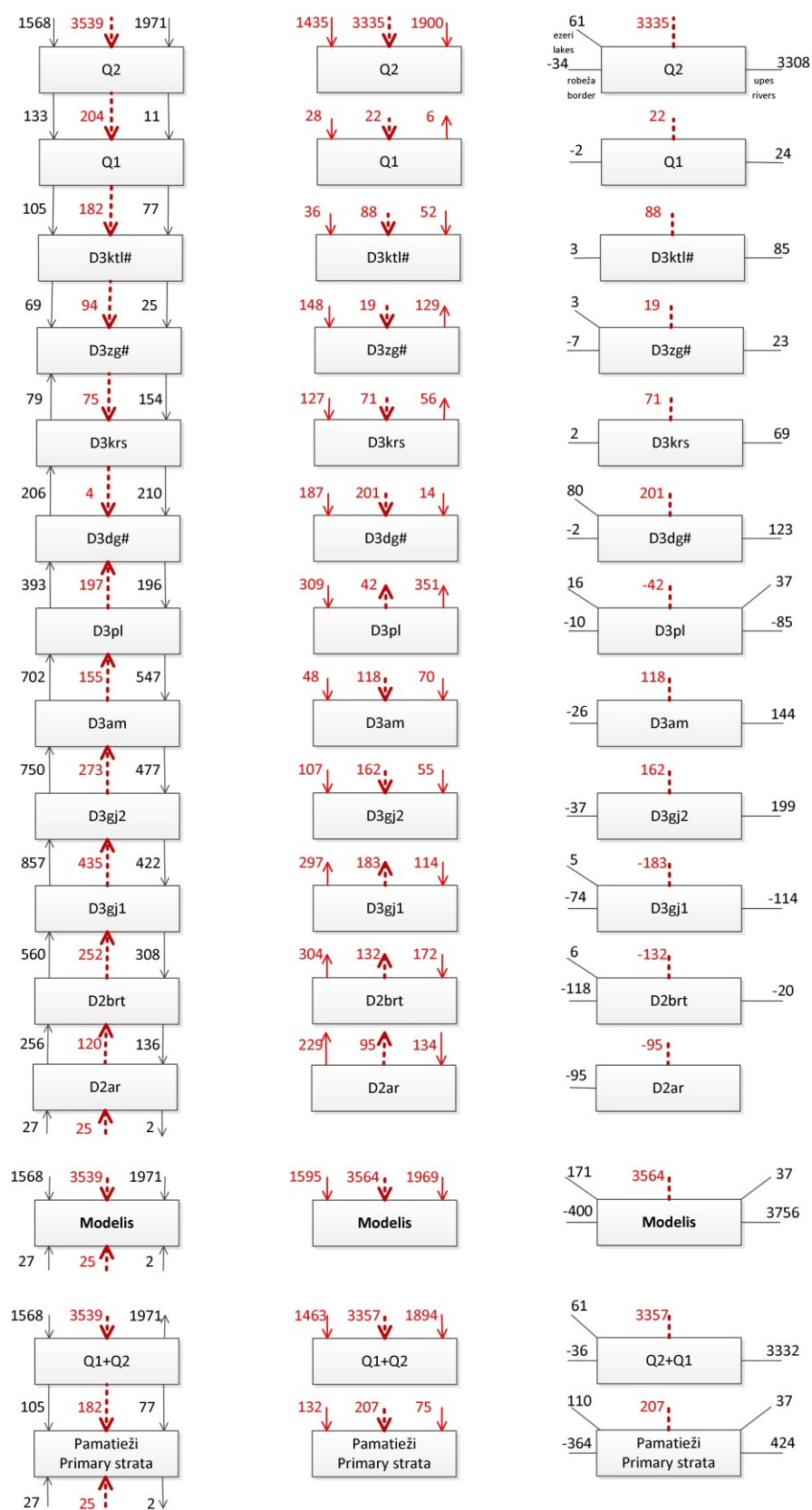
6. att. Ģeoloģiskais griezumš 4W-4E LAMO2 un LAMO3 versijās



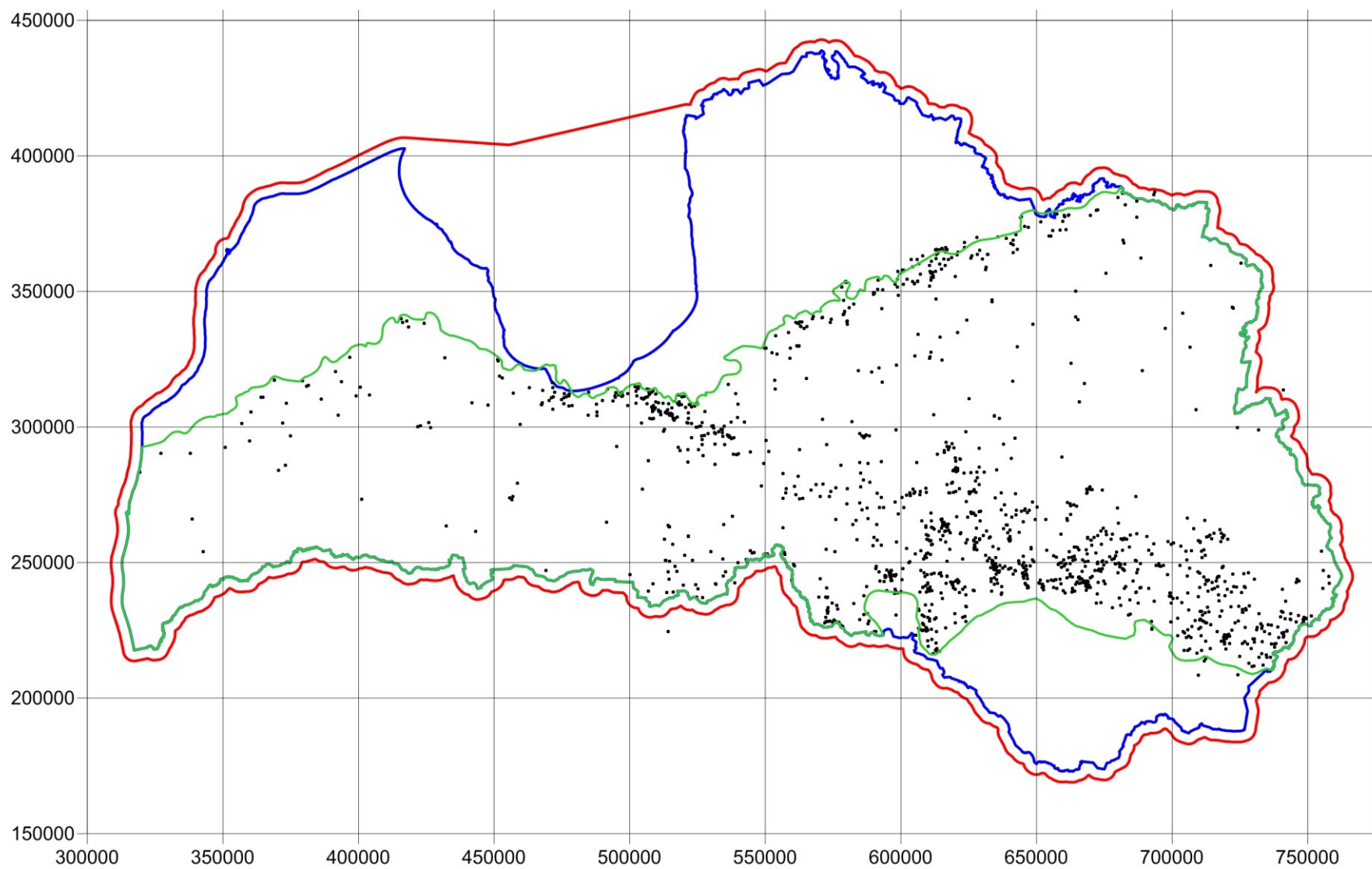
7. att. LAMO2 pazemes ūdens plūsmu bilances shēma 4. tabulai



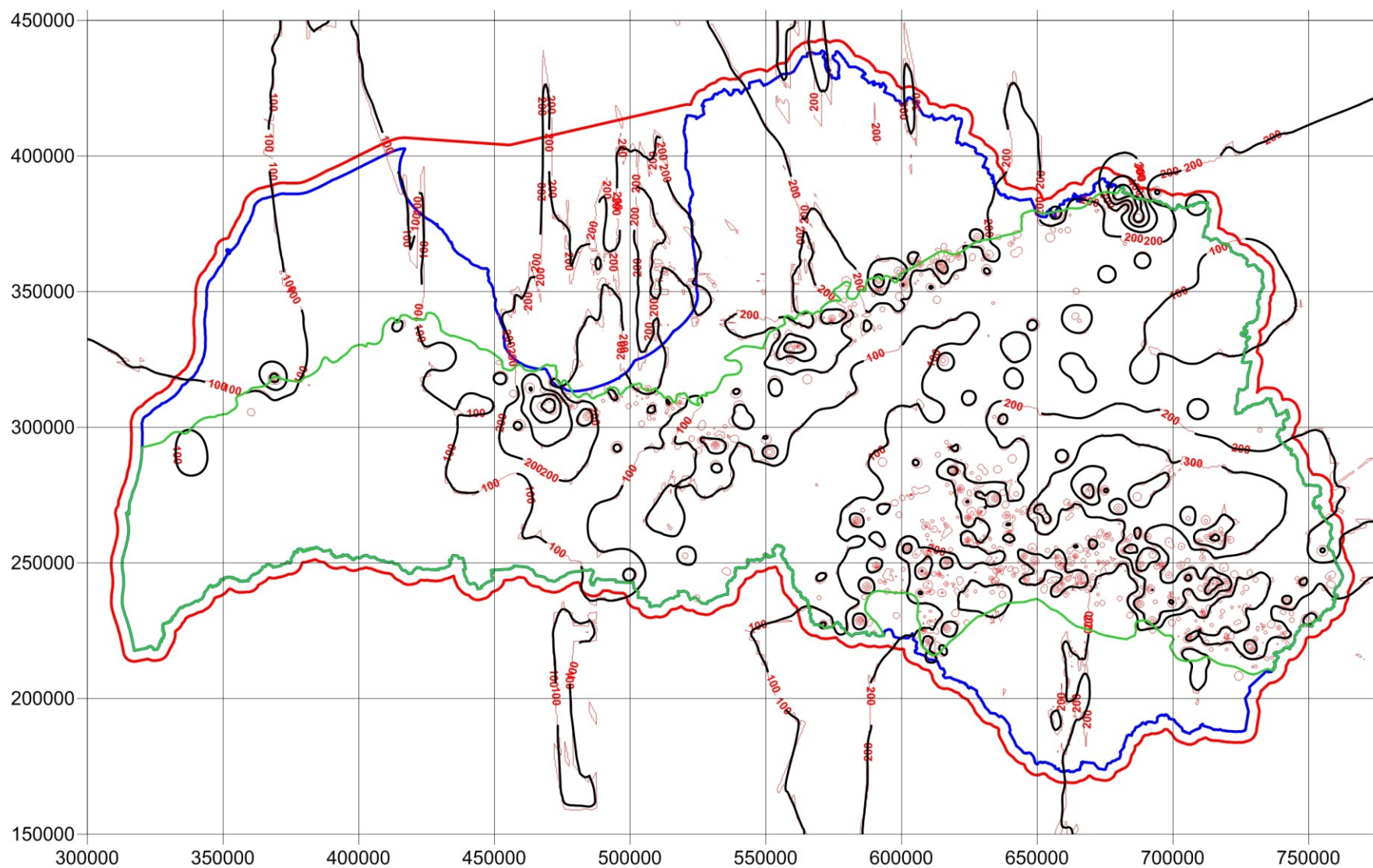
8. att. LAMO3 pazemes ūdens plūsmu bilances shēma 5. tabulai



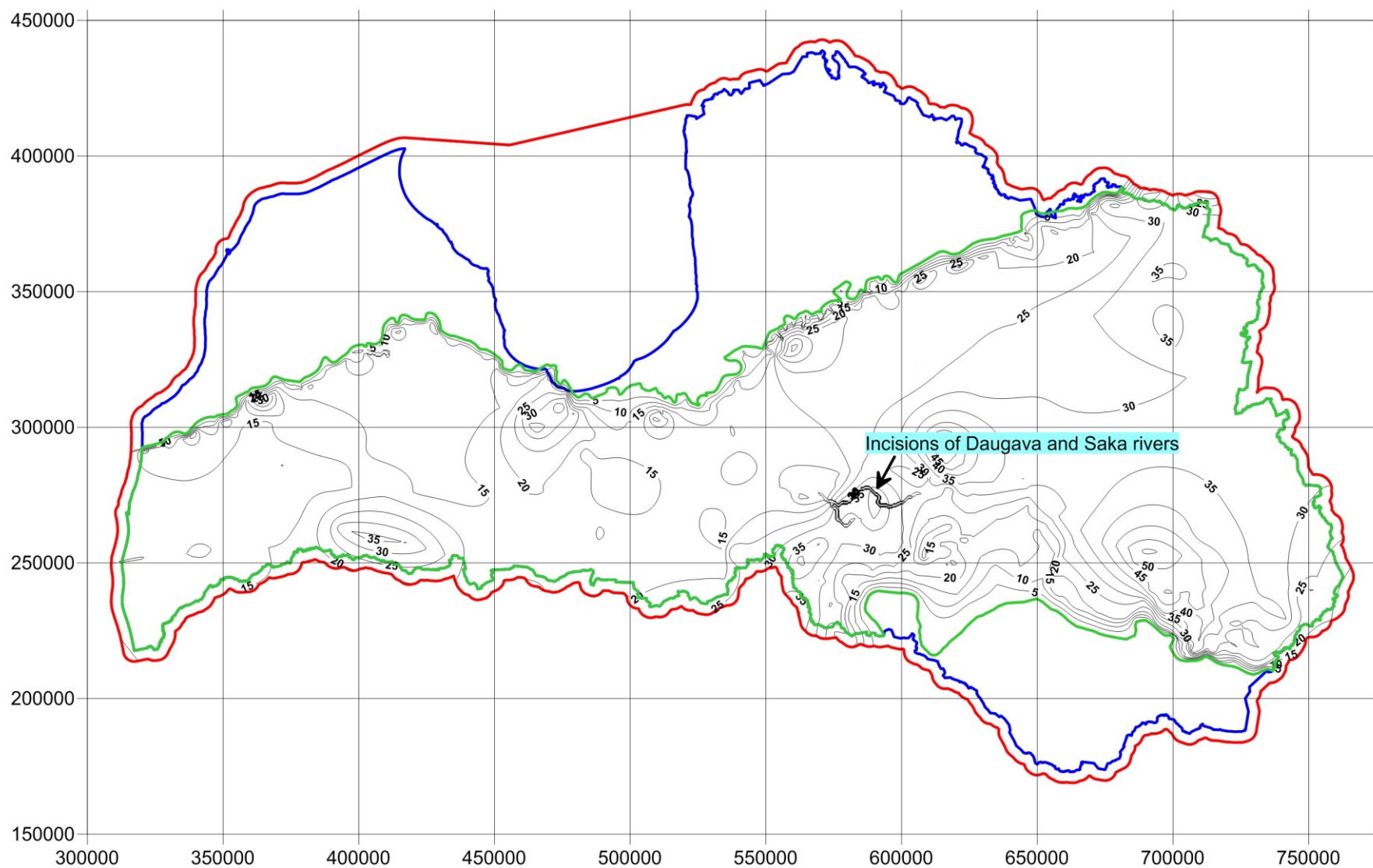
9. att. LAMO2 un LAMO3 pazemes ūdens plūsmu starpības bilances shēma 6. tabulai



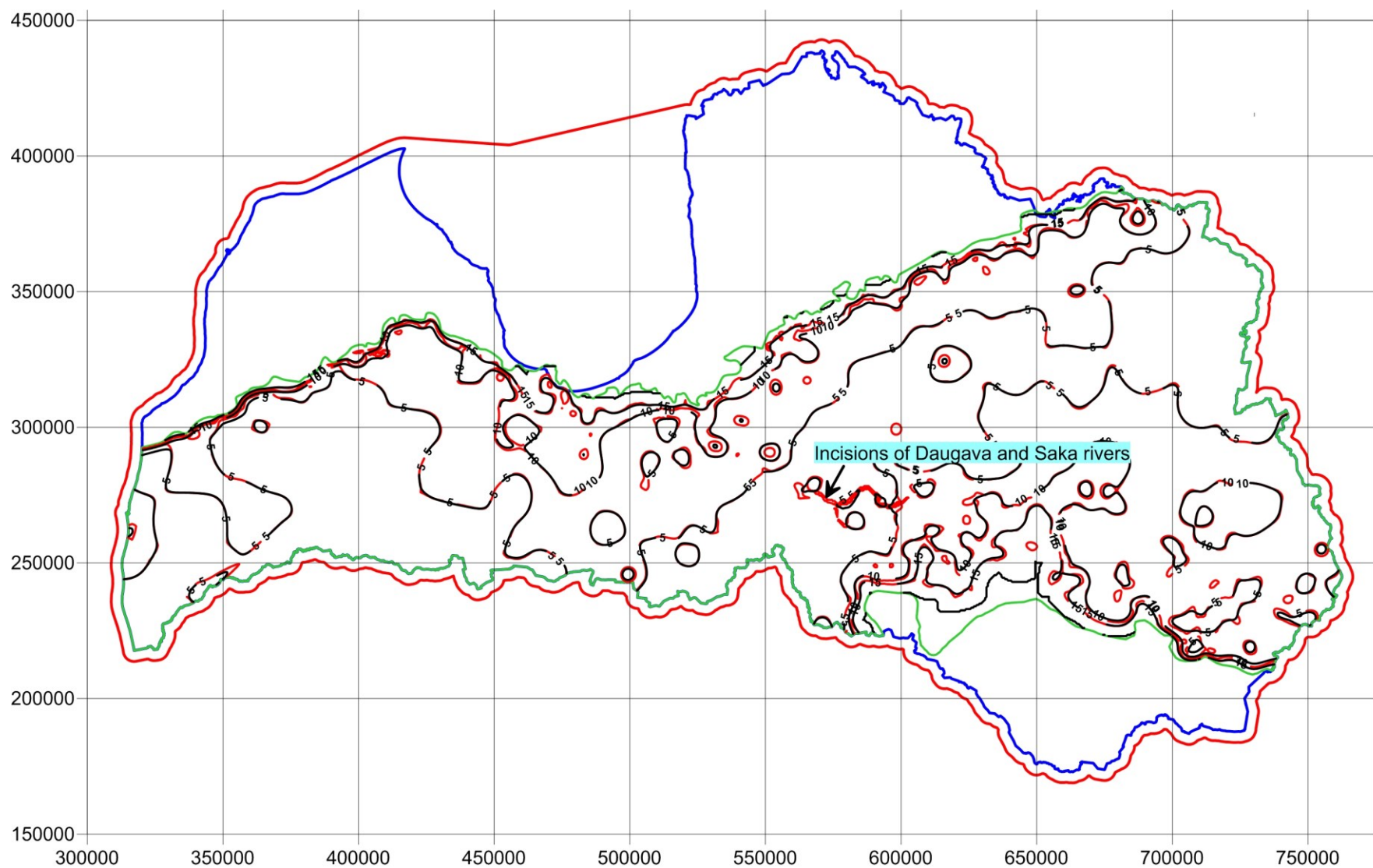
10. att. Urbumu izvietojums D3pl horizontā



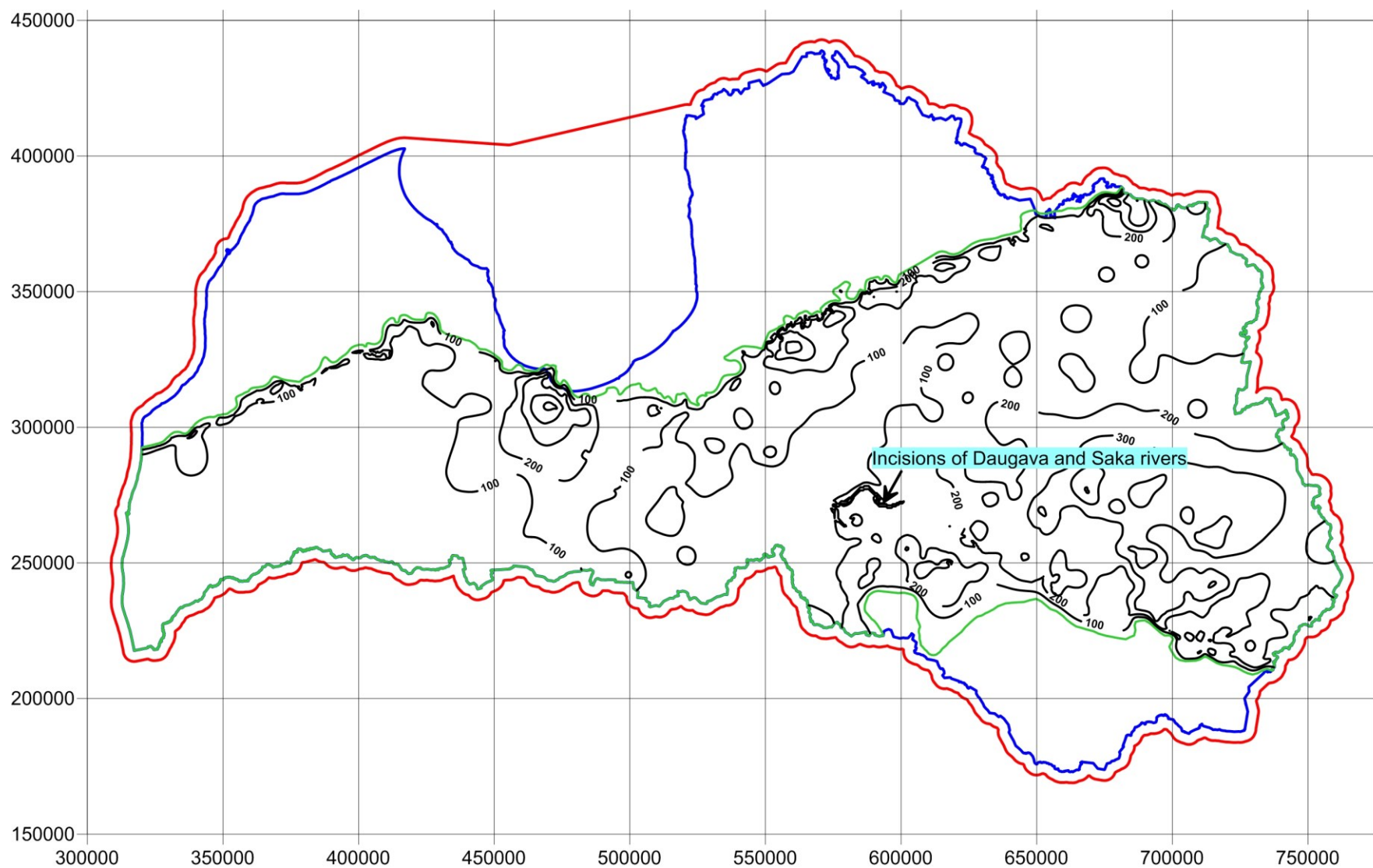
11. att. Sākotnējās un filtrētās izolīnijas (sarkanā un melnā krāsā) D3pl horizonta caurplūdei



12. att. D3pl horizonta biezuma sadalījums



13. att. Sākotnējās un filtrētās izolīnijas (sarkanā un melnā krāsā) k-karteiD3pl horizontā



14. att. Rezultējošais caurplūdes sadalījums D3pl horizontā

LAMO3 ietverto upju saraksts

Nr.p.k.	Nosaukums	Indekss	Ar kādiem slāņiem saistīts	Garums lkm
1	Aiviekste	1	3,13	113.32
2	Alūksne	2	3	26.62
3	Amula	3	3,7,9,11,13	55.49
4	Bolupe_2	4	3	40.50
5	Bārta	5	3	60.87
6	Dubna_3	6	3	70.40
7	Engure	7	3	26.67
8	Feimanka	8	3	67.07
9	Iča	9	3	73.58
10	Imula	10	3,7,9,11,18	50.21
11	Jaša	11	3	33.47
12	Kuja	12	3	78.03
13	Leiksna	13	3	52.44
14	Malta	14	3	110.59
15	Nereta	15	3,15	44.26
16	Pededze	16	3,13	154.01
17	Rēzekne	17	3	115.13
18	Salaca	18	3,23	95.67
19	Oša	19	3	62.61
20	Vadakste	20	3	76.39
21	Vārtāja_Strīkupe	21	3,5	85.91
22	Abava	22	3,9,11,13,15,17,19	134.18
23	Bubieris	23	3	7.67
24	Ciecere	24	3,7	57.24
25	Durbe	25	3	56.65
26	Ēda	26	3,9,11	45.64
27	Grīva	27	3	32.45
28	Irbe_Stende	28	3,23	134.64
29	Krievupe	29	3	43.41
30	Pitragšupe	30	3	5.98
31	Rinda	31	3,23	29.65
32	Rīva	32	3	59.13
33	Saka_Tebra	33	3	89.24
34	Užava	34	3	62.31
35	Venta	35	3,7,9,11,13,15,17,19	180.45
36	Abuls	36	3,15,23	57.11
37	Aģe	37	3	44.19
38	Amata	38	3,15,17,19	81.04
39	Auce	39	3	88.50
40	Bebrupe	40	3	30.27

41	Bērze	41	3,9	115.20
42	Brasla	42	3,19,21	69.73
43	Briede	43	3	44.22
44	Daugava	2221	3,13,15	254.48
45	Dienvidsuseja	45	3	116.95
46	Gauja	46	3,13,15,17,19,21,23	442.96
47	Iecava	47	3,23	176.87
48	Iģe	48	3	56.36
49	Īslīce	49	3	47.96
50	Palsa_Jaunpalsa	50	3,13	75.95
51	Ķekaviņa	51	3,15	39.74
52	Ķivuļurga	52	3	18.76
53	Līčupe	53	3	42.83
54	Lielā_Jugla_Jugla	54	3	67.73
55	Lielupe_Mēmele	55	3,11,13	237.16
56	Līgatne	56	3,15,17,19	34.90
57	Lobe	57	3	23.44
58	Loja	58	3,17,19	21.72
59	Lokmene	59	3	24.54
60	Mazā_Jugla	60	3	129.07
61	Melnupe	61	3	80.13
62	Mergupe	62	3	60.42
63	Misa	63	3	113.13
64	Mūsa	64	3,13	31.50
65	Ogre	65	3,13	202.64
66	Pērse	66	3,15	52.76
67	Pēterupe	67	3	47.81
68	Platone	68	3,9	51.35
69	Puska	69	3	25.95
70	Rauna	70	3,17,19,21	52.42
71	Rauza	71	3	39.98
72	Rūja	72	3,23	82.99
73	Seda	73	3	67.65
74	Sesava	74	3	24.87
75	Sesava	75	3	45.67
76	Suda	76	3	39.39
77	Svēte	77	3	104.02
78	Svētupe	78	3,23	57.70
79	Svitene	79	3	50.55
80	Tērvete	80	3	69.86
81	Tirza	81	3,13	91.54
82	Tumšupe	82	3	57.72
83	Vaidava	83	3	109.68
84	Vecpalsa	84	3,15	24.57
85	Viesīte	85	3	64.45
86	Vija	86	3	64.21

87	Virca	87	3	51.55
88	Vitrupe	88	3	48.71
89	Vizla	89	3,13,15	26.38
90	Ālande	90	3	34.70
91	Apše	91	3	31.11
92	Arona	92	3	46.99
93	Asūnīca	93	3	42.23
94	Avīksne	94	3	28.37
95	Buļļupe_2	95	3,7,9	28.93
96	Dursupe	96	3	30.54
97	Dviete	97	3	35.09
98	Dzedrupe	98	3	8.70
99	Dzelzupīte	99	3	10.98
100	Džūkste	100	3,13	33.67
101	Eglaine	101	3	34.79
102	Ezere	102	3	56.63
103	Ilūkste	103	3	44.01
104	Indra	104	3	65.11
105	Zilupe	106	3	74.07
106	Pļavupe	107	3	17.20
107	Juglas_kanals	108	3	3.47
108	Kārklupe	109	3	13.44
109	Kira	110	3	42.83
110	Kukova	111	3	59.34
111	Lauce	112	3,15	37.18
112	Laucesa	113	3	37.39
113	Lētiža	114	3,7	33.04
114	Liede	115	3	58.47
115	Liepna	116	3,13	59.69
116	Losis	119	3,5	36.70
117	Ludza	120	3	58.37
118	Lukne	121	3	10.79
119	Lūžupe	122	3	13.21
120	Mazirbe	123	3	8.61
121	Mazroja	124	3,21	19.58
122	Meļļupe	125	3	16.65
123	Mērgava	126	3	22.98
124	Mērsraga kanāls	127	3	4.92
125	Mīlgrāvis	128	3	4.23
126	Odze	129	3	30.03
127	Oksle	130	3	11.75
128	Ostupe	131	3,23	32.90
129	Otaņķe	132	3	31.17
130	Pienava	133	3	33.69
131	Pilsupe	134	3,23	26.77
132	Riežupe	135	3,15,17	41.06

133	Rītupe	136	3	89.73
134	Roja	137	3,21	76.83
135	Runa	138	3	32.81
136	Sarjanka	139	3	84.02
137	Sārte	140	3	11.20
138	Šķēde	141	3	32.02
139	Šķērvēlis	142	3,5,7	13.08
140	Slocene	143	3,13	49.81
141	Starpiņupīte	144	3	0.72
142	Sventaja	145	3	72.58
143	Svente	146	3,13,15	20.87
144	Tartaks_2	147	3	21.55
145	Tirdzniecības_kanāls	148	3	0.48
146	Tirziņa	149	3	22.47
147	Valgale	150	3,11,13,15	22.53
148	Vašleja	151	3,11,13	17.05
149	Vecbērze	152	3	13.43
150	Vēda	153	3	48.88
151	Vēdzele	154	3,11,13	36.00
152	Vēždūka	156	3,21	36.02
153	Viesata	157	3,9	48.70
154	Zaņa	158	3,5,7	54.68
155	Ziemeļsuseja	159	3	58.42
156	Balupe_1	160	3	35.17
157	Dubna_1	161	3	14.89
158	Dubna_2	162	3	38.73
159	Jugla_2	163	3	2.49
160	Tartaks_1	164	3	3.12
161	Bērzuvalks	165	3,23	7.95
162	Buļļupe_3	166	3,23	15.49
163	Grīviņupīte	167	3,19,21	8.68
164	Jumara_Anula	168	3,23	19.36
165	Ķerupīte	169	3,15	8.25
166	Klučupīte	170	3,19	13.35
167	Klūga	171	3	18.38
168	Lāčupīte	172	3,13	12.02
169	Lenčupe	173	3,19,21	28.09
170	Lorupe	174	3,15,17,19	10.10
171	Lukstupe	175	3,13	7.77
172	Mudaža	177	3	8.68
173	Rakšupe	179	3,17,19	12.81
174	Rāmnieku_strauts	180	3,19	2.41
175	Raunis	181	3,15,17,19	25.84
176	Salupe	182	3	5.03
177	Skaļupe	183	3,15,17,19	16.05
178	Strīķupe	184	3,21	11.81

179	Sudmalu_strauts	185	3,7	5.90
180	Talīte	186	3,15,17,19	8.33
181	Vaive	187	3,15,17,19	20.64
182	Vikmeste	189	3,17,19	5.59
183	Vildoga	190	3,15,17,19	11.39
184	Daugava	2223	3,13,15	30.10
185	Kazbarupe	191	3	9.36
186	Kamārce	192	3	21.90
187	Vidusupe	193	3,17	25.40
188	Kalnupe	194	3	18.69
189	Jurģupe	195	3	23.50
190	Trumpe	196	3	19.63
191	Milzgrāvis	197	3,23	19.90
192	Īvande	198	3,13,15	22.41
193	Līgupe	199	3,13	15.21
194	Bebrupe	200	3,13	10.23
195	Lāčupīte	201	3	30.60
196	Vanka	202	3	32.10
197	Kauliņupe	203	3	24.91
198	Ciecere(Mazupe)	204	3	18.56
199	Alkšņupe	205	3	22.14
200	Līgotne	206	3	13.47
201	Graudupīte	207	3,9	14.58
202	Līkupe	208	3	42.66
203	Druve	209	3	22.65
204	Bruzile	210	3	21.73
205	Paksīte	211	3,7	18.43
206	Dzelda	213	3,5	20.81
207	Koja	214	3,5,7	31.15
208	Virga	215	3	24.46
209	Paurupe	217	3	14.27
210	Tosele	218	3	12.26
211	Ječupe	219	3	17.51
212	Lāņupe	220	3	17.04
213	Plūgupīte	221	3	18.60
214	Akmene	222	3	15.96
215	Alokste	223	3	47.49
216	Skalda	224	3	12.54
217	Ēnava	225	3	17.95
218	Ponakste	226	3	24.45
219	Krimelde	227	3,7	23.84
220	Mazupe	228	3	11.18
221	Dūrupe	229	3,11	16.86
222	Veldze	230	3	28.81
223	Dižgrāvis	231	3	13.99
224	Spāre	232	3	11.28

225	Skujene	233	3,9	30.34
226	Svēpaine	234	3	26.68
227	Ālave	235	3	31.04
228	Vilce	236	3,9	20.36
229	Rukūze	237	3	11.03
230	Sidrabe	238	3	18.41
231	Eleja	239	3	30.90
232	Oglaine	240	3	27.83
233	Audruve	241	3	23.79
234	Liepars	242	3	24.83
235	Bērstele	243	3	13.66
236	Melnupīte	244	3	17.16
237	Plānīte	245	3	17.95
238	Ceraukste	246	3,13	23.74
239	Garoze	247	3	27.75
240	Vecbērzes apvadkanāls	248	3	16.39
241	Bikstupe	249	3	34.32
242	Slampe	250	3	15.88
243	Vecslocene	251	3	7.50
244	Vēršupīte	252	3	22.57
245	Smakupe	253	3	20.73
246	Jāņupe	254	3	18.12
247	Talķe	255	3	33.50
248	Bērzene	256	3	19.17
249	Zvirgzde	257	3	28.99
250	Vīksniņa	258	3	19.37
251	Ģirupe	259	3	11.55
252	Cēze	260	3	14.48
253	Zalvīte	261	3	35.67
254	Dūņupe	262	3	13.84
255	Klauce	263	3	21.34
256	Arālīte	264	3	17.18
257	Radžupe	265	3	20.80
258	Dobe	266	3	10.14
259	Šēderes strauts	267	3	11.01
260	Rauda	268	3	8.15
261	Pakrace	269	3	10.18
262	Kreuna	270	3	7.30
263	Kumpota	271	3	14.40
264	Jāņupīte	272	3	16.51
265	Poguļanka	273	3,5	23.36
266	Borne	274	3,5	16.10
267	Balta	275	3	15.48
268	Rudņa	276	3	27.42
269	Viļeika	277	3	11.01
270	Skaista	278	3	16.92

271	Rosica	279	3	51.43
272	Savica	280	3	15.65
273	Čaušica	281	3	25.98
274	Mojneica	282	3	16.71
275	Plisunka	283	3	13.10
276	Pilda	284	3	24.93
277	Leidiukšņa	285	3	10.08
278	Pilda 2	286	3	9.43
279	Strauja	287	3	22.36
280	Tilža	288	3	37.96
281	Rika	289	3,13	35.67
282	Supenka	290	3,13	18.78
283	Ludumka	291	3	20.90
284	Niedrupīte	292	3	22.39
285	Vārniene	293	3	47.36
286	Sudarbe	294	3	19.88
287	Pokrateņa	295	3	20.61
288	Zušupe	296	3	12.60
289	Dūkšupe	297	3	20.53
290	Igrīve	298	3,13	17.09
291	Voroža	299	3	32.57
292	Kūdupe	300	3,13	22.43
293	Virgulica	301	3	15.13
294	Teterupe	302	3	21.20
295	Ievedne	303	3,13	23.09
296	Akaviņa	304	3	22.87
297	Pērļupīte	305	3	13.57
298	Pedele	306	3	19.42
299	Blīgzna	307	3	17.64
300	Paparze	308	3	28.21
301	Dzērve	310	3	12.80
302	Vidaga	311	3,13	23.80
303	Niedrupīte	312	3	18.38
304	Stepupe	313	3	17.26
305	Pubuļupe	314	3,17	18.34
306	Kaiču upe	315	3	8.98
307	Rikanda	316	3	22.26
308	Pedele	317	3	21.65
309	Omuļupe	318	3	14.68
310	Ķīre	319	3	16.81
311	Acupīte	320	3	33.15
312	Juldruga	321	3	12.34
313	Sapraša	322	3	25.81
314	Ramata	323	3,23	28.08
315	Glāžupe	324	3	21.07
316	Jogla	325	3,23	30.08

317	Korģe	326	3,23	28.66
318	Ārupīte	327	3	15.44
319	Liepupe	328	3	22.17
320	Ķīšupe	329	3	36.51
321	Jugla	330	3,21	19.13
322	Iesala	331	3	27.47
323	Lūdiņupe	332	3	14.36
324	Sunīte	333	3	8.29
325	Piestiņa	334	3	15.39
326	Podvāze	335	3	22.68
327	Ērmīte	336	3,15	15.56
328	Aldaunīca	337	3	10.89
329	Sanaude	338	3	15.73
330	Šustjanka	339	3	12.71
331	Preiļupe	340	3	20.61
332	Joņupe	341	3	18.62
333	Kolupe	342	3	30.43
334	Pušica	343	3	12.21
335	Balda	344	3	24.72
336	Liska	345	3	18.98
337	Pārtova	346	3	12.62
338	Kiudolica	347	3	19.04
339	Ciskoda	348	3	13.44
340	Čečora	349	3	28.01
341	Liužonka	350	3	30.86
342	Moziča	351	3	38.76
343	Sauna	352	3	36.08
344	Ataša	353	3	17.59
345	Mārsna	354	3	16.67
346	Bērzaune	355	3	25.32
347	Babraunīca	356	3,13	21.28
348	Pikstere	357	3,13	20.15
349	Odze	358	3	9.88
350	Pelava	359	3	14.41
351	Valola Lubeja	360	3	15.83
352	Savīte	362	3	25.46
353	Bērzaune	363	3	31.67
354	Taleja	364	3,5	22.15
355	Meirānu kanāls	365	3	17.07
356	Malmuta	366	3,13	37.07
357	Kažova	367	3,13	14.42
358	Teicija	368	3	25.00
359	Lisiņa	369	3	19.54
360	Islīna	370	3	23.42
361	Abaine	371	3	13.16
362	Piestiņa	372	3	20.24

363	Saipeite	373	3	16.47
364	Keiba	374	3	26.96
365	Paukle	375	3	17.52
366	Libe	376	3	18.21
367	Rieba	377	3	19.52
368	Sūla	378	3	18.80
369	Ogrīte	379	3	8.46
370	Arupīte	380	3	17.83
371	Dūņupe	381	3,13	11.91
372	Zaube	382	3	30.37
373	Ranka	383	3	15.94
374	Aviekste	384	3	28.86
375	Kaibala	385	3,13	17.38
376	Brasla	386	3,13	25.14
377	Ļaudonīte	387	3	7.98
378	Donaviņa	388	3	12.41
379	Raduleja	389	3	8.60
380	Sita	390	3	36.92
381	Dzirla	391	3	20.09
382	Mellupe	392	3	23.47
383	Pogupe	393	3	14.06
384	Krustalīce	394	3	22.53
385	Audīle	395	3	19.61
386	Mandaugas_grāvis	396	3	23.90
387	Ušurupe	397	3	10.88
388	Virāne	398	3	10.23
389	Azanda	399	3	18.00
390	Uriekste	400	3	20.21
391	Tulija	401	3	16.69
392	Šepka	402	3	22.48
393	Nigra	403	3,17	23.83
394	Lisa	404	3	29.00
395	Pīsla	405	3	13.27
396	Dzērbe	406	3	7.60
397	Vējupīte	407	3,15,17,19	8.16
398	Abze	408	3	41.60
399	Alūksnīte	409	3	10.08
400	Udziņš	410	3	9.20
401	Orisāre	411	3	6.22
402	Meldrupīte	412	3,15,17	13.61
403	Ziedene	413	3	12.58
404	Mazbriede	414	3	20.39
405	Strenčupīte	415	3,23	20.79
406	Straujupīte	416	3	16.21
407	Sudaliņa_Olekšupīte	417	3	15.41
408	Ķikans	418	3	20.33

409	Padures_upe	419	3,17	17.47
410	Dzirnavupe	420	3	10.78
411	Kauliņupe	421	3	6.63
412	Vidvide	422	3	20.72
413	Buļļupe_1	423	3	10.74
414	Langa	424	3	15.18
415	Sāvīte	425	3	9.52
416	Labonīte	426	3	6.00
417	Bļožu pīte	427	3	2.56
418	Meltne	428	3	16.13
419	Bērzupe	429	3	16.97
420	Dzirnavupe	430	3	11.77
421	Svīkupīte	431	3,15,17,19	6.93
422	Nurmižu pīte	432	3,15,17,19	6.03
423	Ežupe	433	3,15	8.55
424	Pērļupe	434	3,15,17	8.37
425	Nedīene	435	3	11.31
426	Cimziņa	436	3	12.82
427	Līčupe	437	3	14.72
428	Dranda	438	3	6.16
429	Cērtene	439	3	6.06
430	Vienziemīte	440	3	8.09
431	Līčupe	441	3	12.63
432	Pļepovka	442	3	7.12
433	Stirna	443	3	8.37
434	Cegelņa	444	3	14.71
435	Grīva	445	3	7.98
436	Kārnīte	446	3	9.19
437	Kurna	447	3	19.06
438	Pērļupe	448	3	19.77
439	Kurliņupe	449	3	12.19
440	Zaķupīte	450	3,23	14.61
441	Duntes_strauts	451	3	7.96
442	Garūdēne	452	3,5,7	23.80
443	Jāmaņupe	453	3	6.68
444	Lējējupe	454	3,11	26.47
445	Sprincupe	455	3,11	14.23
446	Vārme	456	3	23.85
447	Lonaste_Raķupe	457	3,21,23	54.94
448	Pāce_Pieņupe	458	3,23	33.50
449	Klāņu_Būšnieku_kanāls	459	3	10.14
450	Dzirnavupe_Kažupe	460	3,19	25.46
451	Kazeņa	461	3	11.89
452	Čodorāņu_upe	462	3	24.26
453	Stakļupīte	463	3,23	18.83
454	Vaipa	464	3	5.50

455	Damiķis	465	3	7.59
456	Sēme	466	3	9.65
457	Vedze	467	3	15.19
458	Ķīve	469	3	11.83
459	Veseta	155	3	61.92
460	Istra	105	3	39.69
461	Nabe	468	3	12.16

LAMO ietverto ezeru saraksts

Nr.p.k.	Nosaukums	Indekss	Ar kādiem slāņiem	Laukums [km ²]
1	Engures	1	3	36.60
2	Usmas	2	3	42.93
3	Cieceres	3	3	2.75
4	Skrundas dīķi	4	3	3.20
5	Babītes	5	3	23.04
6	Kaņieris	6	3,13	8.01
7	Liepājas	7	3	26.61
8	Lielauces	8	3	3.76
9	Zebrus	9	3	4.19
10	Durbes	10	3	5.88
11	Puzes	11	3,23	4.81
12	Būšnieku	12	3	3.36
13	Papes	13	3	6.46
14	Ludza	14	3	2.87
15	Balvu	15	3	3.81
16	Alauksts	16	3	7.66
17	Inesis	17	3	5.22
18	Lobes	18	3	4.26
19	Kālezers	19	3	4.01
20	Ķīšezers	20	3	16.08
21	Juglas	21	3	5.27
22	Lubāns	22	3	80.96
23	Odzes	23	3	2.58
24	Lielais un Mazais Ludzas	24	3	8.73
25	Pildas	25	3	3.10
26	Cirma	26	3	12.64
27	Saukas	27	3	7.10
28	Rāznas	28	3	57.11
29	Nierzas	29	3	5.58
30	Peiteļa	30	3	3.64
31	Feimaņu	31	3	6.29
32	Cirišs	32	3	6.53
33	Jašas un Bicānu	33	3	2.52
34	Sivers	34	3	17.60
35	Cārmins un Lejs	35	3	3.80
36	Užuņu	36	3	2.71
37	Geraņimovas	37	3	3.16
38	Rušons	38	3	24.25
39	Zolvas Ribackas un Kategrades	39	3	4.97

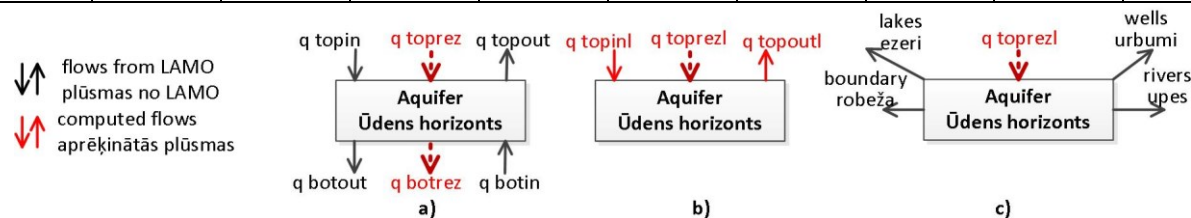
40	Luknas un Višku	40	3	7.63
41	Meduma	41	3	2.71
42	Sventes	42	3	7.03
43	Skaunas	43	3	2.50
44	Plisūns	44	3	4.71
45	Dagdas	45	3	4.87
46	Eša	46	3	11.36
47	Sila	47	3	2.55
48	Riču	48	3	13.07
49	Burtnieku	49	3	39.63
50	Stropu	50	3	4.10
51	Dreidzs	51	3	7.72
52	Augstrozes Lielezers	52	3	4.06
53	Limbažu Lielezers	53	3	2.51
54	Lādes	54	3	2.69
55	Aijažu	55	3	3.07
56	Ungurs	56	3	3.95
57	Alūksnes	57	3	16.14
58	Dūņezers	58	3	2.69
59	Baltezers	59	3	7.81
60	Istras	60	3	1.58
61	Kvāpānu dīķi	61	3	5.54
62	Īdeņas dīķi	62	3	6.31
63	Vaidavas	63	3,21	0.88
64	Viļakas	64	3	1.38
65	Pušas	67	3	2.16
66	Bižas	68	3	1.49
67	Pārtovas	69	3	0.94
68	Ušura	70	3	1.38
69	Lielais Ilgas	71	3	1.32
70	Biržkalna	72	3	2.03
71	Vilgāles	73	3	2.35
72	Slokas	75	3	2.49
73	Spāres	76	3	1.85
74	Liezēris	77	3	0.92
75	Saimejs	78	3	1.00
76	Piksteres	79	3	2.38
77	Talejas	80	3	0.81
78	Juveris	81	3	0.79
79	Dziļlais	82	3	1.44
80	Bižas	83	3	1.70
81	Viraudas	84	3	1.22
82	Solojs	85	3	1.70
83	Jazinks	86	3	2.58
84	Pulgosnis	127	3	0.90
85	Lielais Līderis	126	3	0.97

86	Laidzes	87	3	1.35
87	Kodajezers	125	3	1.01
88	Ramatas_Lielezers	124	3	1.63
89	Aģes	123	3	1.09
90	Dzirnezers	122	3	1.70
91	Lilastes	121	3	1.71
92	Gusena	120	3	1.24
93	Indezers	119	3	1.49
94	Ots	118	3	1.24
95	Stirns	117	3	1.51
96	Brīgenes	116	3	1.43
97	Svātovas	115	3	1.33
98	Zosnas	114	3	1.50
99	Olovecs	113	3	1.60
100	Černostes	112	3	2.19
101	Cierps	111	3	1.34
102	Lielais_Kustaru	110	3	1.42
103	Ārdavs	109	3	2.25
104	Veirūgnes	108	3	1.26
105	Zilezers	107	3	2.17
106	Ismeru	106	3	1.46
107	Tiskadu	105	3	1.91
108	Adamovas	104	3	1.99
109	Bižu	103	3	1.38
110	Meirānu	102	3	1.12
111	Kurjanovas	101	3	1.26
112	Zviergzdīnes	100	3	1.32
113	Viesītes	99	3	1.63
114	Baļotes	98	3	1.74
115	Jumurdas	97	3	1.74
116	Viešūrs	96	3	1.72
117	Pečora	95	3	1.09
118	Lazdags	94	3	1.30
119	Kalnis	93	3	1.07
120	Lubezers	92	3	1.27
121	Tosmares	91	3	1.23
122	Grebūtnieku_dīķis	89	3	1.06
123	Niedres_dīķi	88	3,9	1.47
124	Liekna	90	3	3.08
125	Plavinu_HES	66	15	13.51
126	Keguma_HES	665	13	24.35
127	Rīgas_HES	65	13	36.18
128	Rīgas_Jūras_līcis	1000	3	7161.15
129	Baltijas_jūra	1001	3	17241.39

4. tabula

LAMO2 pazemes ūdens plūsmas [tūkst.m3/dienn] balance Latvijai

Name of aquifer	Q_{topin}	Q_{topout}	$Q_{\text{toprez}} (2+3)$	Q_{botout}	Q_{botin}	$Q_{\text{botrez}} (5+6)$	$Q_{\text{topinl}} (2+5)$	$Q_{\text{topoutl}} (3+6)$	$Q_{\text{toprezl}} (4+7)$	rivers	lakes	boundary	wells
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Q2	11194	-3775	7419	-6992	3461	-3531	4202	-314	3888	-3288	-426	-118	-56
Q1	6992	-3461	3531	-6855	3349	-3506	137	-112	25	-7	0	-18	0
D3ktl#	6855	-3349	3506	-6524	3191	-3333	331	-158	173	-192	0	20	-1
D3zg#	6524	-3191	3333	-6284	3014	-3270	240	-177	63	-41	0	-18	-4
D3krs	6284	-3014	3270	-6233	2986	-3247	51	-28	23	-11	0	-8	-4
D3dg#	6233	-2986	3247	-4981	2333	-2648	1252	-653	599	-569	-10	-15	-5
D3pl	4981	-2333	2648	-3981	1849	-2132	1000	-484	516	-446	8	-70	-8
D3am	3981	-1849	2132	-3622	1634	-1988	359	-215	144	-93	0	-50	-1
D3gj2	3622	-1634	1988	-3041	1418	-1623	581	-216	365	-244	0	-96	-25
D3gj1	3041	-1418	1623	-2114	996	-1118	927	-422	505	-327	0	-154	-24
D2brt	2114	-996	1118	-852	423	-429	1262	-573	689	-462	0	-214	-13
D2ar	852	-423	429	-256	36	-220	596	-387	209	0	0	-195	-14
Model	11194	-3775	7419	-256	36	-220	10938	-3739	7199	-5680	-428	-936	-155
Q1+Q2	11194	-3775	7419	-6855	3349	-3506	4339	-426	3913	-3295	-426	-136	-56
Primary	6855	-3349	3506	-256	36	-220	6599	-3313	3286	-2385	-2	-800	-99



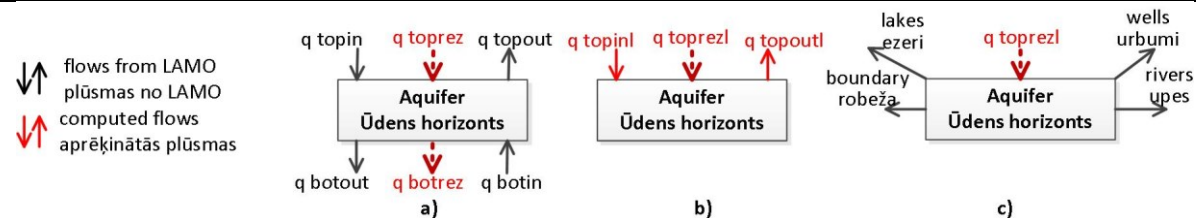
Legend of stages a), b), c) for obtaining flows of Table 4:

- a) computing of resulting flows: q_{toprez} , q_{botrez} ;
- b) computing of local flows q_{topinl} , q_{topoutl} , q_{toprezl} ;
- c) local balance of aquifer

5. tabula

. LAMO3 pazemes ūdens plūsmas [tūkst.m3/dienn] balance Latvijai

Name of auifer	q_{topin}	q_{topout}	q_{toprez} (2+3)	q_{botout}	q_{botin}	q_{botrez} (5+6)	q_{topinl} (2+5)	q_{topoutl} (3+6)	q_{toprezl} (4+7)	upes rivers	ezeri lakes	robeža boundary	urbumi wells
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Q2	12762	-1804	10958	-7125	3390	-3735	5637	1586	7223	-6596	-487	-84	-56
Q1#	7125	-3390	3735	-6960	3272	-3688	165	-118	47	-31	0	-16	0
D3ktl#	6960	-3272	3688	-6593	3166	-3427	367	-106	261	-277	0	17	-1
D3zg#	6593	-3166	3427	-6205	2860	-3345	388	-306	82	-64	-3	-11	-4
D3krs	6205	-2860	3345	-6027	2776	-3251	178	-84	94	-80	0	-10	-4
D3dg#	6027	-2776	3251	-4588	2137	-2451	1439	-639	800	-692	-90	-13	-5
D3pl	4588	-2137	2451	-3279	1302	-1977	1309	-835	474	-361	-8	-60	-45
D3am	3279	-1302	1977	-2872	1157	-1715	407	-145	262	-237	0	-24	-1
D3gj2	2872	-1157	1715	-2184	996	-1188	688	-161	527	-443	0	-59	-25
D3gj1	2184	-996	1188	-1554	688	-866	630	-308	322	-213	-5	-80	-24
D2brt	1554	-688	866	-596	287	-309	958	-401	557	-442	-6	-96	-13
D2ar	596	-287	309	-229	34	-195	367	-253	114	0	0	-100	-14
Model	12762	-1804	10958	-229	34	-195	12533	-1770	10763	-9436	-599	-536	-192
Q1+Q2	12762	-1804	10958	-6960	3272	-3688	5802	1468	7270	-6627	-487	-100	-56
Primary	6960	-3272	3688	-229	34	-195	6731	-3238	3493	-2809	-112	-436	-136



Legend of stages a), b), c) for obtaining flows of Table 5:

a) computing of resulting flows: q_{toprez} , q_{botrez} ;b) computing of local flows q_{topinl} , q_{topoutl} , q_{toprezl} ;

c) local balance of aquifer

6. tabula

LAMO2 un LAMO3 pazemes ūdens plūsmu [tūkst.m3/dienn] starpības balance Latvijai 6. tabula. LAMO2 un LAMO3 pazemes ūdens plūsmu [tūkst.m3/dienn] starpības balance Latvijai ($\Delta = q_{LAMO3} - q_{LAMO2} = (5. \text{ tabula} - 4. \text{ tabula})$)

Name of aquifer	Δq_{topin}	Δq_{topout}	$\Delta q_{\text{toprez}} (2+3)$	Δq_{botout}	Δq_{botin}	$q_{\text{botrez}} (5+6)$	$\Delta q_{\text{topinl}} (2+5)$	$\Delta q_{\text{topoutl}} (3+6)$	$\Delta q_{\text{toprezl}} (4+7) (8+9)$	Δ rivers	Δ lakes	Δ boundary	Δ wells
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Q2	1568	1971	3539	-133	-71	-204	1435	1900	3335	3308	61	-34	0
Q1#	133	71	204	-105	-77	-182	28	-6	22	24	0	-2	0
D3ctl#	105	77	182	-69	-25	-94	36	52	88	85	0	3	0
D3zg#	69	25	94	79	-154	-75	148	-129	19	23	3	-7	0
D3krs	-79	154	75	206	-210	-4	127	-56	71	69	0	2	0
D3dg#	-206	216	4	393	-196	197	187	14	201	123	80	-2	0
D3pl	-393	196	-197	702	-547	155	309	-351	-42	-85	16	-10	37
D3am	-702	547	-155	750	-477	273	48	70	118	144	0	-26	0
D3gj2	-750	477	-273	857	-422	435	107	55	162	199	0	-37	0
D3gj1	-857	422	-435	560	-308	252	-297	114	-183	-114	5	-74	0
D2brt	-560	308	-252	256	-136	120	-304	172	-132	-20	6	-118	0
D2ar	-256	136	-120	27	-2	25	-229	134	-95	0	0	-95	0
Model	1568	1971	3539	27	-2	25	1595	1969	3564	3756	171	-400	37
Q1+Q2	1568	1971	3539	-105	-77	-182	1463	1894	3357	3332	61	-36	0
Primary	105	77	182	27	-2	25	132	75	207	424	110	-364	37

LAMO2 un LAMO3 pazemes ūdens plūsmu relatīvās [%] starpības

Name of aquifer	δ_{toprez}	δ_{river}	δ_{lakes}	δ_{border}	δ_{wells}
1	2	3	4	5	6
Q2	85	100	14	-29	0
Q1#	88	243	0	-10	0
D3ctl#	51	44	0	15	0
D3zg#	11	12	∞	-39	0
D3krs	308	627	0	25	0
D3dg#	33	21	800	-13	0
D3pl	-8	-19	200	-14	462
D3am	82	155	0	-52	0
D3gj2	44	81	0	-38	0
D3gj1	-36	-35	∞	-48	0
D2brt	-19	-4	∞	-55	0
D2ar	-45	0	0	-49	0
Model	2	66	40	-47	22
Q1+Q2	96	101	14	-26	0
Primary	6	18	550	-45	35

(Relatīvo starpību [%] iegūst $\delta=100 \Delta/q\text{LAMO2}$, kas atbilst 6. tabulas daļījumam ar 4. tabulu)