

**Vides modelēšanas centra (VMC)  
zinātniskā darbība  
(2010.g.-2016.g.)**

ziņotājs VMC direktors A. Spalviņš

Zinātniskais seminārs veltīts DITF 55 gadu jubilejai  
2016. gada 20. oktobris

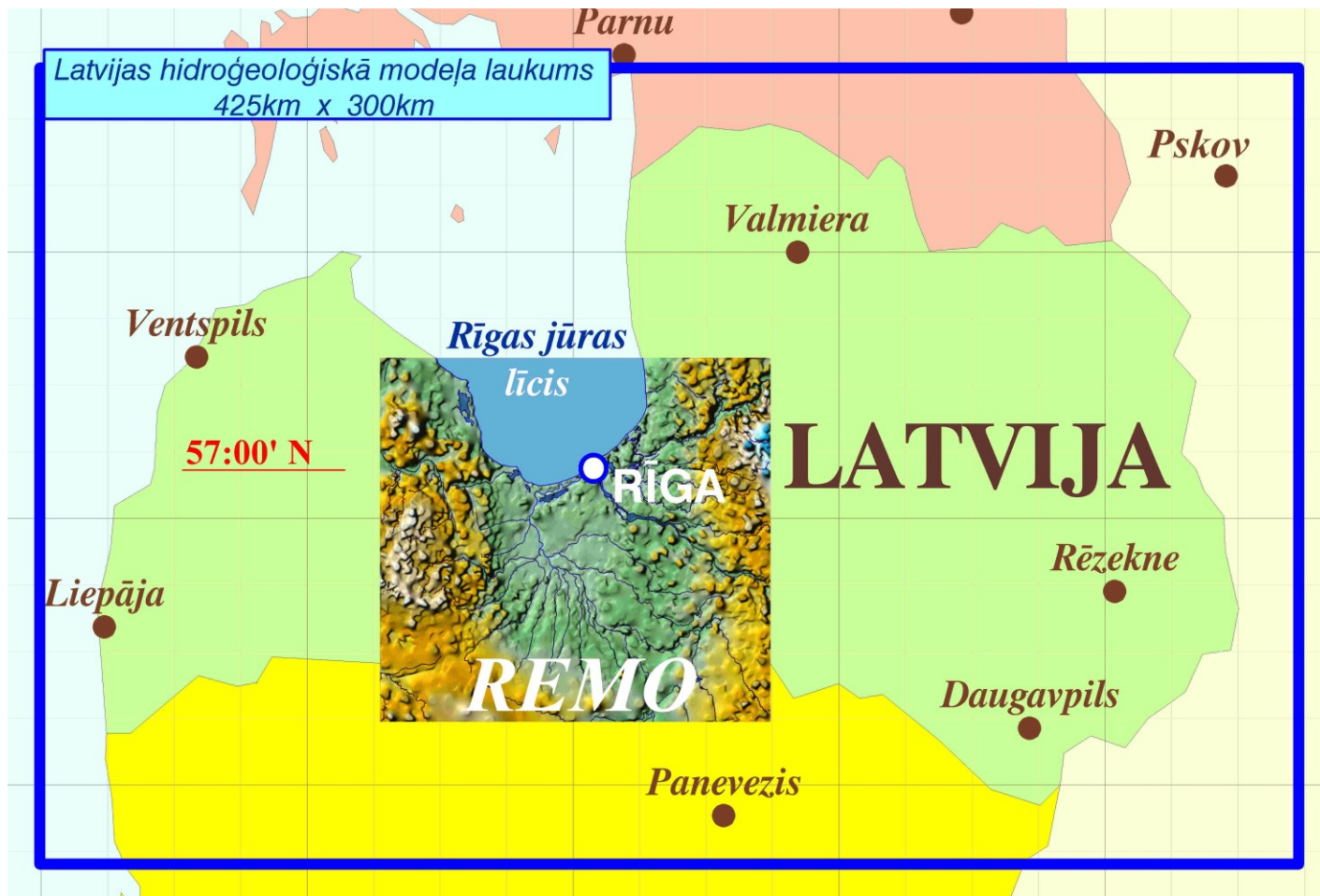
VMC pirmsākums ir 1960. g. kā Elektromodelēšanas problēmu laboratorijai.

VMC ir zinātniska institūcija, kas veic pazemes ūdens plūsmas un tās piesārņojumu dinamikas modelēšanu.

Modeļus pielieto:

1. Pazemes ūdensgūtnēs (resursu novērtējums, aizsargjoslu kontūru noteikšana, piesārņojuma riska novērtēšana);
2. Piesārņojumi (piesārņojuma apjoms gruntī un ūdenī, piesārņojuma kustības prognozēšana, attīrīšanas variantu meklēšana);
3. Ietekmes uz vidi novērtēšana (minerālu ieguves karjeri, pazemes būves, avārijas upēs).

# VMC izveidoto reģionālo hidroģeoloģisko modeļu izvietojums



# VMC veidotie Latvijas reģionālie hidroģeoloģiskie modeļi

Modelis	Gads	Aproksimācija			Programmatūra
		Plaknes solis [m]	Slāņu skaits	Režģa bloku skaits [ $\times 10^6$ ]	
REMO	1996	4000	9	0.015	oriģinālā
LAMO1	2012	500	25	14.25	licenzētā

# Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa LAMO versijas

Versijas nosaukums	Gads	Aproksimācija			Upju skaits modelī			Ezeri
		Plaknes solis [m]	Slāņu skaits	Režģa bloku skaits [ $\times 10^6$ ]	Skaitis	Upju iegrauzumi	Upju pieteces ievērošana	Skaitis
LAMO1	2012	500	25	14.25	199	nē	nē	67
LAMO2	2013	500	27	15.43	199	jā	nē	67
LAMO3	2014	500	27	15.43	469	jā	nē	127
LAMO4	2015	250	27	61.56	469	jā	jā	127

# VMC darbības galvenais rezultāts Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa (LAMO) izveidošana un pilnveidošana

LAMO1 izveidošana (2010.g.-2012.g.) notika īstenojot ERAF projektu

**Hidroģeoloģiskā modeļa izveidošana Latvijas  
pazemes ūdenskrājumu apsaimniekošanai  
un vides atvесеļošanai.**

Projekta mērķis bija izveidot Latvijas reģionālo hidroģeoloģisko modeli (HM), kuru izmanto Vienotās vides informācijas sistēmā.

Šo sistēmu uztur Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs (LVĢMC).

Projekta izmaksas bija ~200000 EURO.

LAMO1 nodots nekomerciālai lietošanai LVĢMC 2013.g. un pilnveidotās versijas LAMO2, LAMO3, LAMO4 nodotas aprobācijai 2013.g., 2014.g. un 2015.g.

LAMO ietver Latvijas Vides Ģeoloģijas un Meteoroloģijas Centra (LVĢMC) uzkrātos hidroģeoloģiskos datus par Latvijas pazemes ūdeņu aktīvās ūdens apmaiņas zonu. LAMO dod informāciju par ģeoloģisko slāņu ģeometriju un filtrācijas īpašībām; pazemes ūdeņu līmeņiem un plūsmu virzieniem, par pazemes un virszemes (upju, ezeru, jūras un atmosfēras nokrišņu) mijiedarbību.

Modeli lieto Latvijas ūdens resursu izmantošanas un atveseļošanas plānošanai un lokālu detalizētu modeļu izveidošanai un kā līdzekli dabas procesu pētīšanai ar matemātiskās modelēšanas metodēm.

**2014.g. – 2017.g.** darbi ar LAMO tika iekļauti  
Valsts pētījumu programmas (VPP) «Latvijas  
ekosistēmu vērtība un tās dinamika klimata  
ietekmē» apakšprogrammā  
**«Pazemes ūdeņi un klimata scenāriji»**

Apakšprojekta mērķis ir:

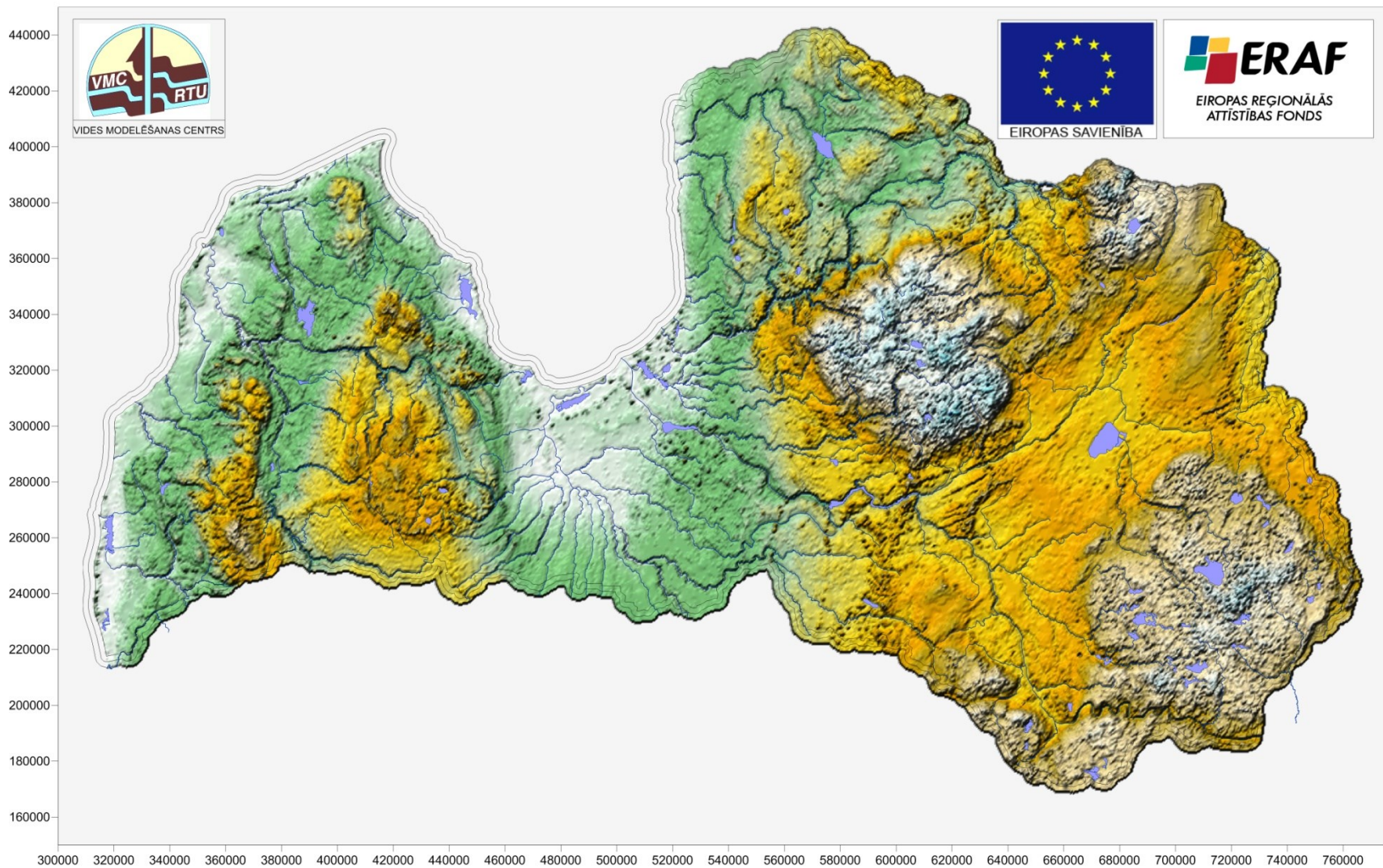
pilnveidot laba ūdeņu stāvokļa un to  
ilgtspējīgai izmantošanai nepieciešamo  
Latvijas hidroģeoloģisko modeli ar datiem  
un funkcijām, kas apraksta pazemes ūdeņu  
mijiedarbību ar hidrogrāfisko tīklu (upes,  
ezeri)



# VPP projektā īstenotie darbi:

- LAMO hidrogrāfiskā tīkla datu papildināšana un piesaistīšana modelim (LAMO3)
- Modeļa plaknes režģa soļa samazināšana no 500 uz 250 metriem (LAMO4)
- Hidroloģisko saišu starp virszemes un pazemes ūdens objektiem vērtību definēšana, ūdens vadāmības koeficientu precizēšana (LAMO4)
- Modeļa kalibrācija, nodrošinot maksimālu atbilstību starp novērotajiem un modelētajiem pazemes ūdeņu līmeņiem un upju caurteci (LAMO4).

# Digitālā reljefa virsma
















## LAMO4 vertikālā shematizācija un precizētie parametri

Vertikālā shematizācija paredz:

27 modeļa plakņu izmantošanu.

LAMO4 režģis ietver:  
61.56\*10<sup>6</sup>mezglus.

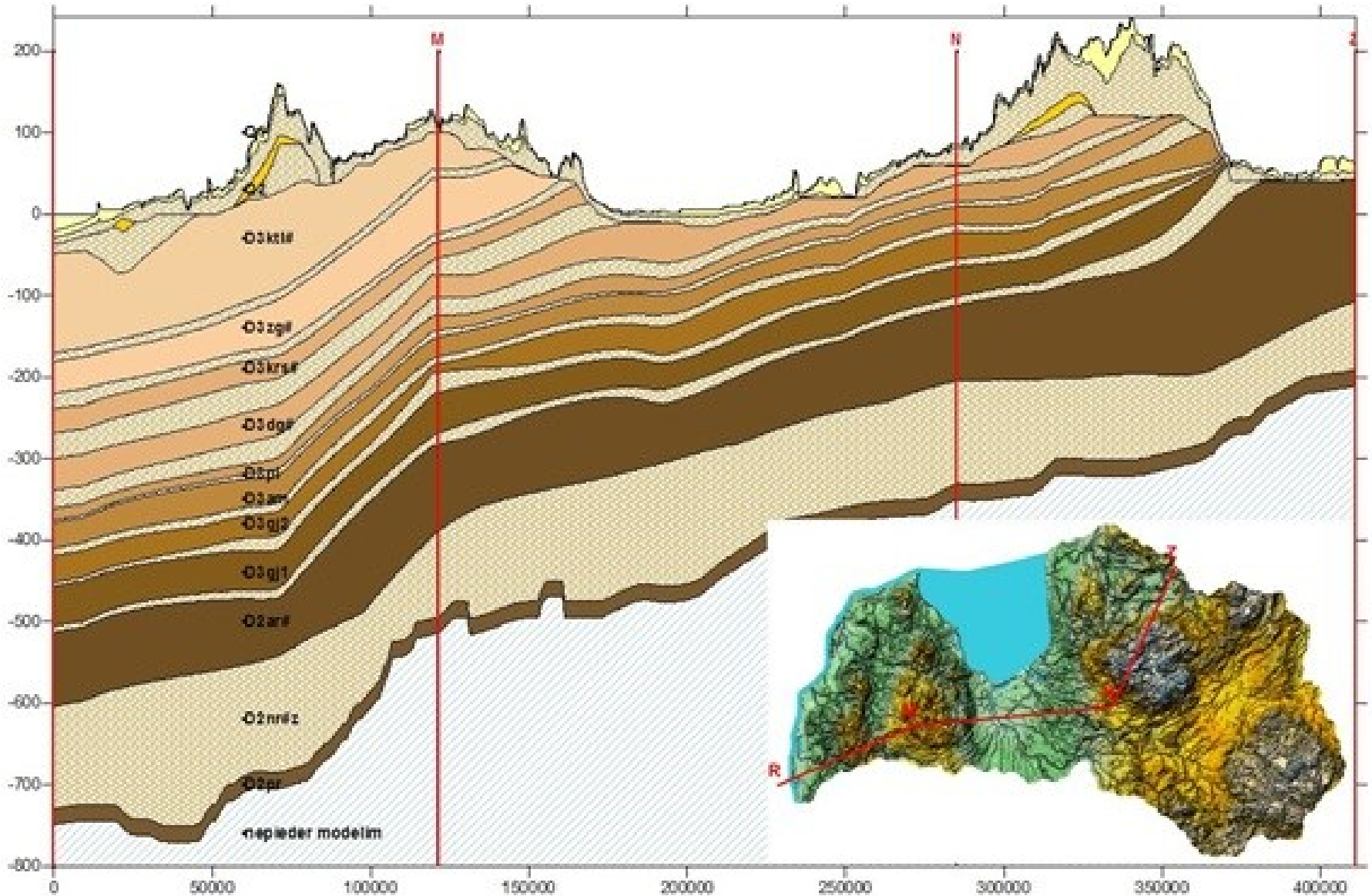
LAMO3 režģa plaknes aproksimācijas solis:  
250 metri.

No of HM layer	*	Name of layer	HM layer code	Area, [thous. km <sup>2</sup> ]	$m_{\text{mean}}$ , [meter]	$k_{\text{mean}}$ [meter /day]
1		Relief	relh	71.29	0.02	10.0
2		Aeration zone	aer	71.29	0.02	3.1×10 <sup>-6</sup>
3		Unconfined Quaternary	Q2	71.29	5.77	11.2
4		Upper moraine	gQ2z	71.29	22.20	1.4×10 <sup>-3</sup>
5		Confined Quaternary	Q1#	7.4	6.13	7.0
6		Lower moraine	gQ1#z	9.7	9.3	2.8×10 <sup>-4</sup>
7		Ketleru	D3ctl#	5.32	61.46	4.2
8		Ketleru	D3ctlz	5.79	10.52	2.8×10 <sup>-4</sup>
9		Zagares	D3zg#	7.43	42.65	7.0
10		Akmenes	D3akz	7.95	11.05	2.8×10 <sup>-5</sup>
11		Kursas	D3krs#	9.34	22.34	6.3
12		Elejas	D3el#z	9.24	27.58	2.8×10 <sup>-5</sup>
13		Daugavas	D3dg#	32.14	30.37	9.4
14		Salaspils	D3slp#z	35.78	12.67	8.4×10 <sup>-4</sup>
15		Plavinu	D3pl	43.80	22.76	8.6
16		Amatas	D3am#z	45.14	8.97	1.4×10 <sup>-4</sup>
17		Amatas	D3am	46.21	21.91	6.4
18		Upper Gauja	D3gj2z	48.80	11.62	2.8×10 <sup>-4</sup>
19		Upper Gauja	D3gj2	50.92	26.34	6.2
20		Lower Gauja	D3gj1z	53.11	13.17	2.8×10 <sup>-4</sup>
21		Lower Gauja	D3gj1	56.13	31.55	5.4
22		Burtnieku	D2brtz	58.09	15.41	5.6×10 <sup>-4</sup>
23		Burtnieku	D2brt	68.74	45.02	4.2
24		Arikula	D2arz	68.74	15.02	4.2×10 <sup>-4</sup>
25		Arikula	D2ar	68.74	40.03	3.2
26		Narva	D2nr#z	71.29	116.67	2.8×10 <sup>-5</sup>
27		Pernava	D2pr	71.29	25.00	10.0

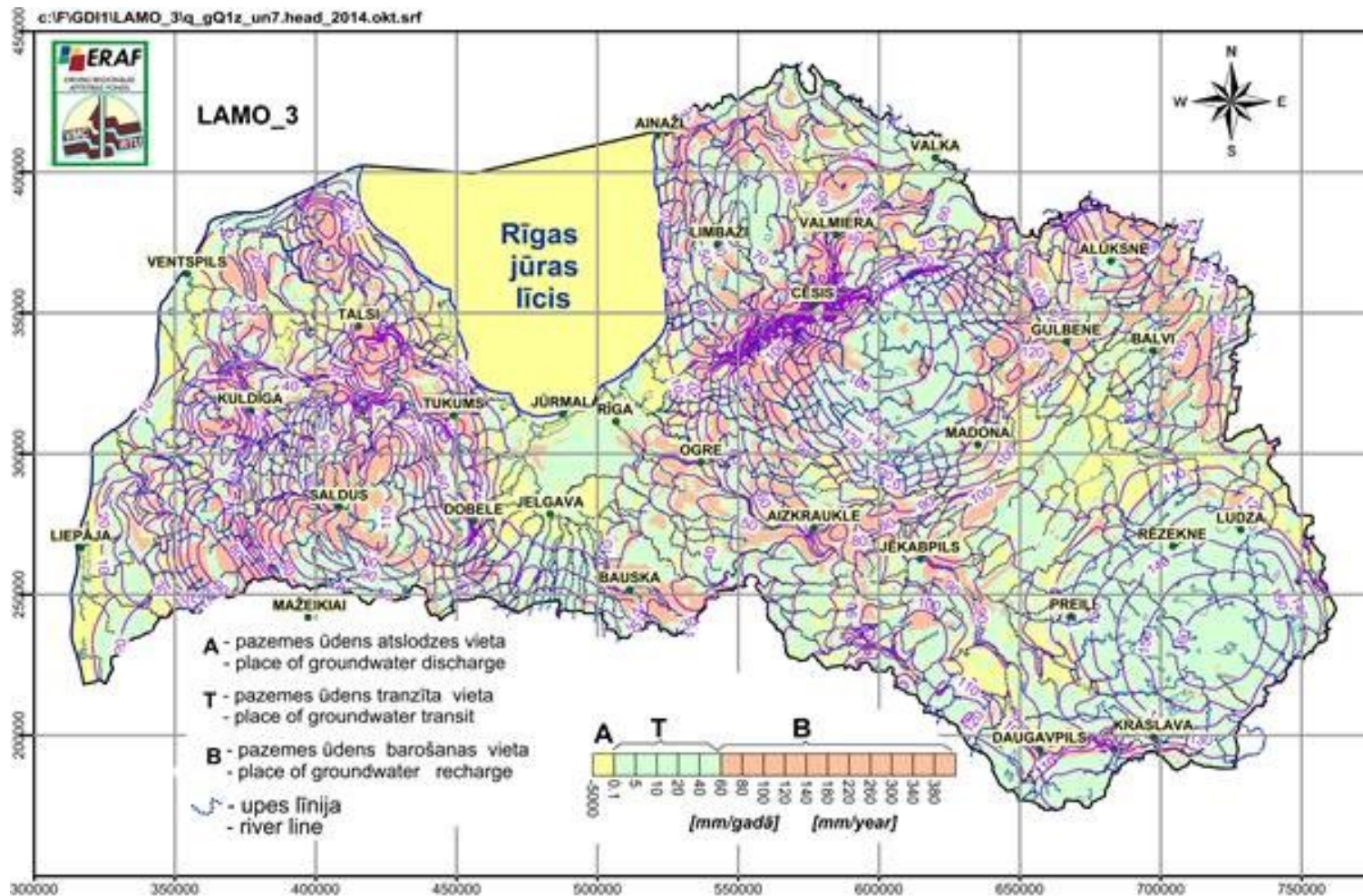
\*  - aquitard

$m_{\text{mean}}$  and  $k_{\text{mean}}$  – the mean thickness and permeability

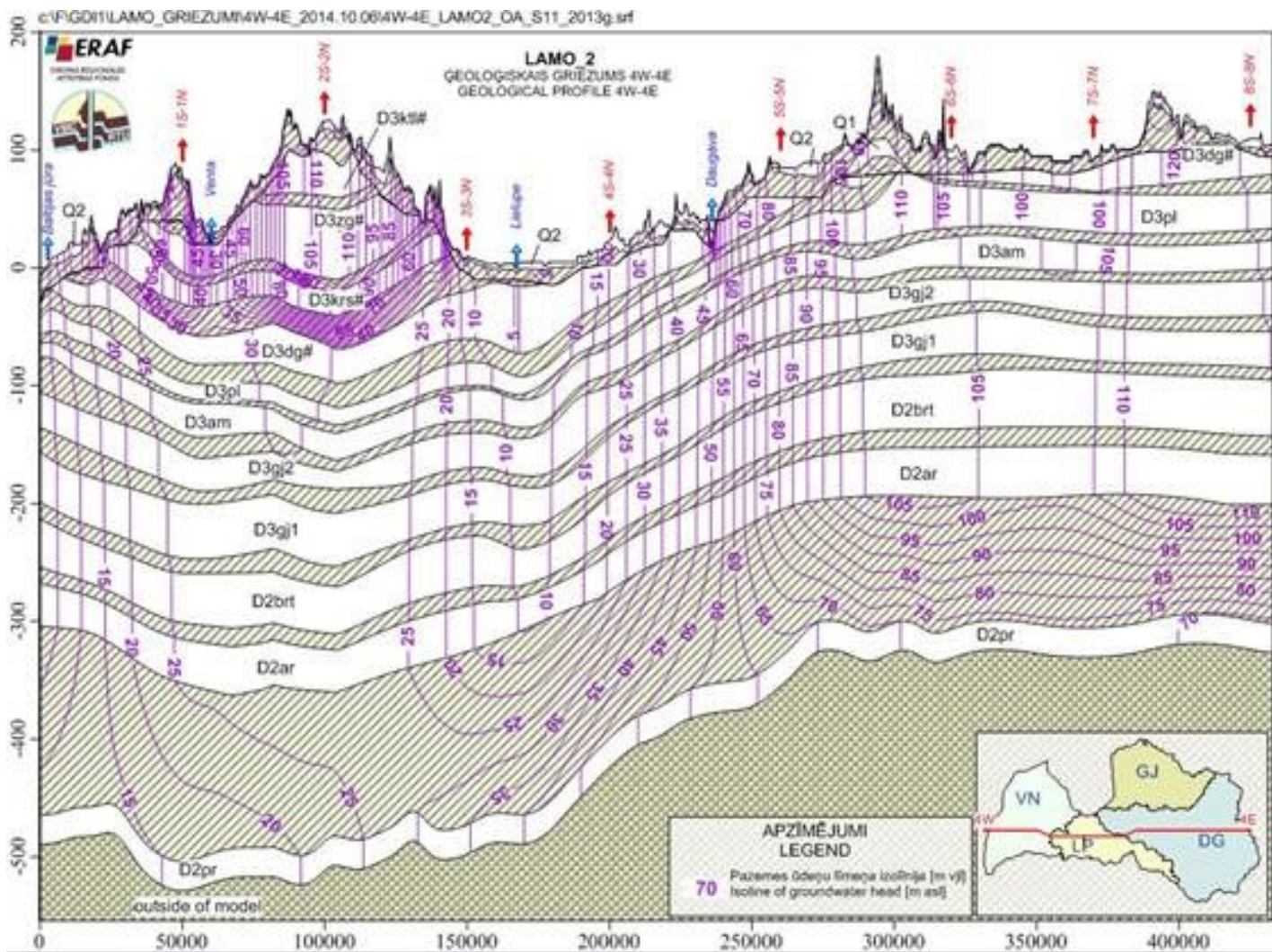
# Ģeoloģiskais griezumš



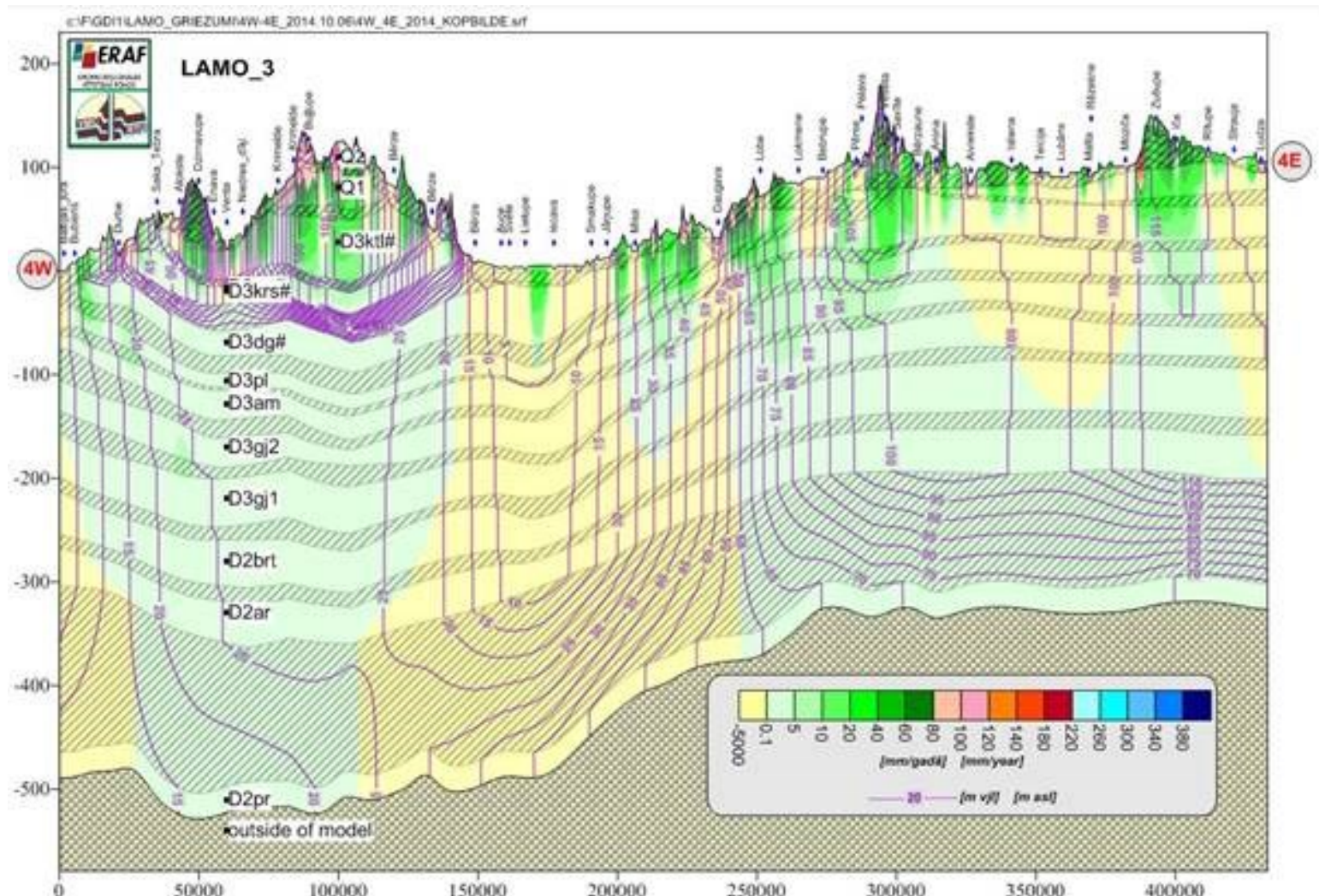
# Plūsmu un ūdens līmeņu sadalījums pamatiežu preQ horizontā



# Ģeoloģiskais griezumums 4W-4E LAMO2 versijā



# Ģeoloģiskais griezumš 4W-4E LAMO3 versijā

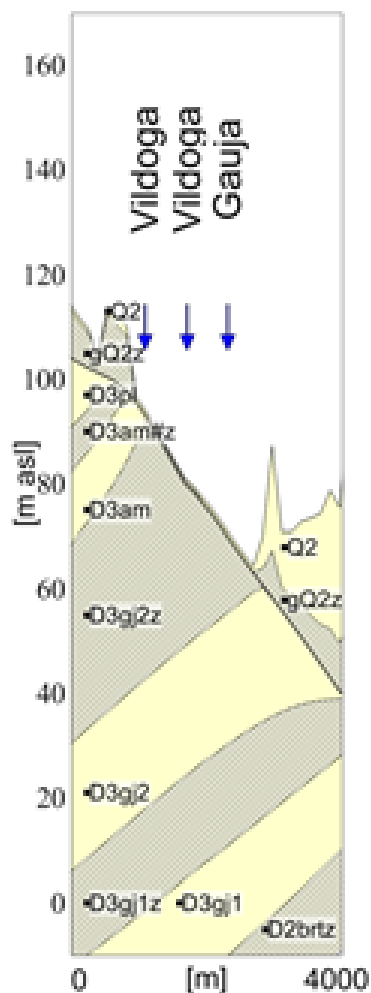


LAMO2 un LAMO3 hidrogrāfiskie tīkli;  
LAMO2 – zilā krāsā; LAMO3 jaunie elementi – sarkanā krāsā

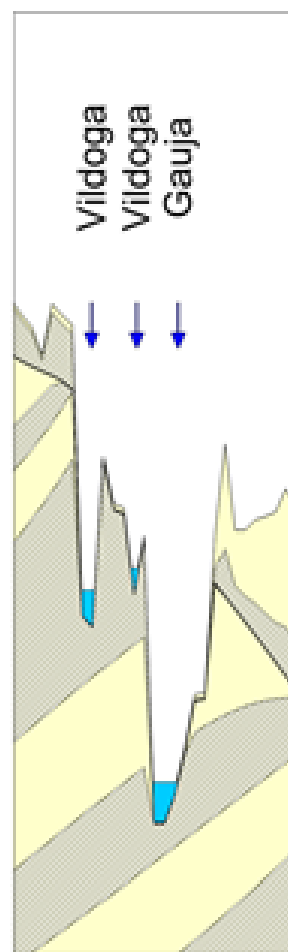




**Gaujas un tās pieteces Vildogas ieleju iegrauzumi;**  
**a) LAMO1 – tikai Kvartāra slānī; b) LAMO2 – arī pamatiežos**



a) LAMO1



b) LAMO2

# LAMO pilnveidošana; praktisku un pētniecisku veikšana izmantojot LAMO iespējas.

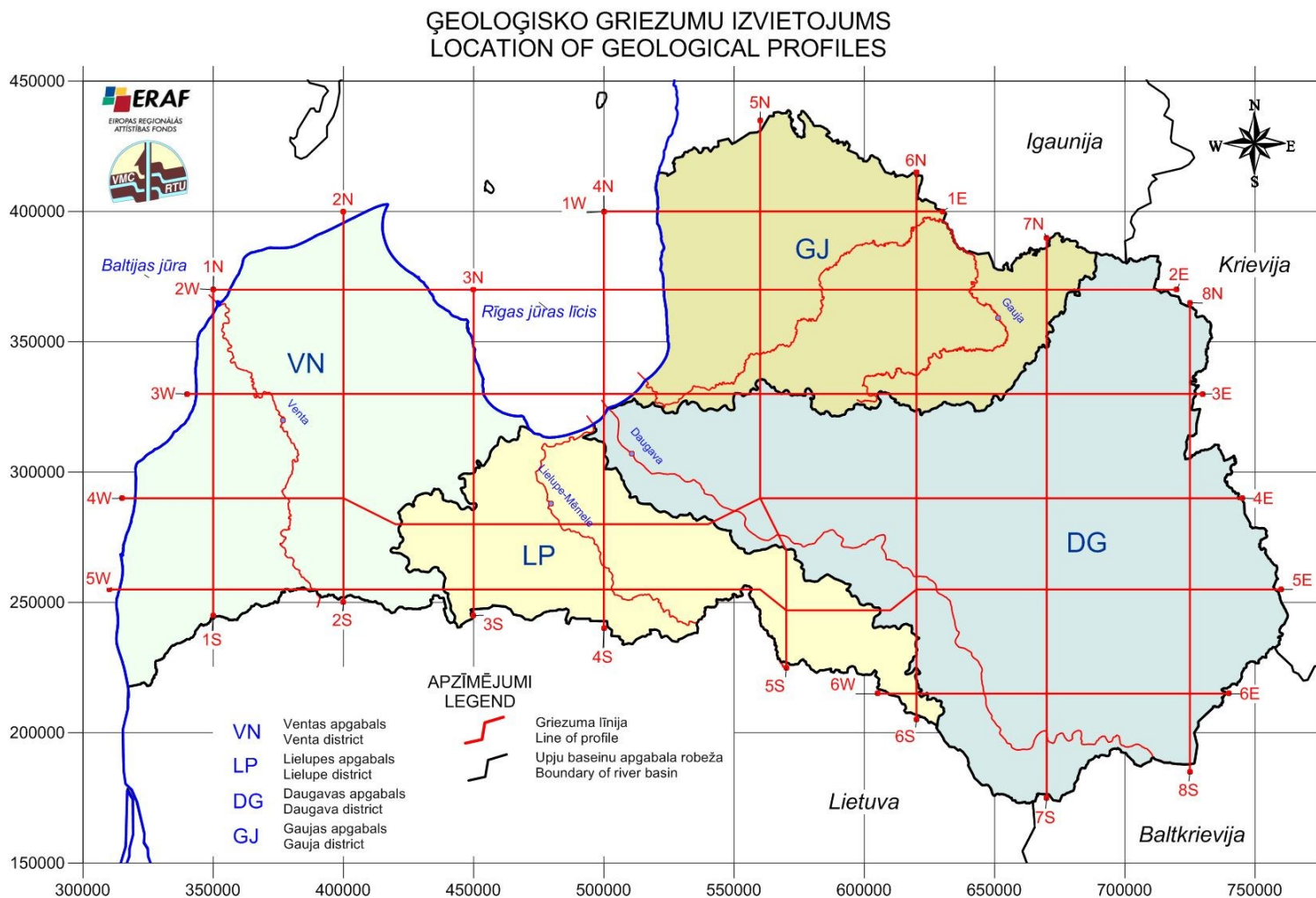
2013.g.- veikti kartēšanas darbi starpvalstu līgumā:

Pazemes ūdensobjektu kartēšana Gaujas/Koivas upju baseinu apgabalā. Pārskats iepirkuma līgumam Nr.62 starp Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministriju . 2013, 19 lpp., 25 kartes

2013.g.- Līgumā ar LVĢMC veikti kartēšanas darbi:

1. Pazemes ūdensobjektu kartēšana Gaujas upju baseina apgabalā, Rīgas Tehniskā universitāte, Rīga, 2013, 12 lpp. 49 kartes, 6 tabulas,
2. Pazemes ūdensobjektu kartēšana Daugavas upju baseina apgabalā, Rīgas Tehniskā universitāte, Rīga, 2013, 12 lpp. 52 kartes, 7 tabulas,
3. Pazemes ūdensobjektu kartēšana Lielupe upju baseina apgabalā, Rīgas Tehniskā universitāte, Rīga, 2013, 12 lpp. 55 kartes, 7 tabulas,
4. Pazemes ūdensobjektu kartēšana Ventas upju baseina apgabalā, Rīgas Tehniskā universitāte, Rīga, 2013, 12 lpp. 57 kartes, 7 tabulas.

# Latvijas upju lielbaseini un reģionālo ģeoloģisko griezumu izvietojums



Upju pazemes pieteces plūsmu kalibrēšanai 2015. gadā LAMO4 izmantoti upju caurteces mērījumi.

1. tabulā apkopoti pazemes plūsmu bilances kalibrēšanas rezultāti.

Vidējā kvadrātiskā kļūda starp novērotajiem un modelētajiem pazemes ūdens līmeņiem nepārsniedz 1.5 metrus.

Apstrādājot modeļa rezultātus ir izveidots upju un ezeru caurplūžu raksturlīkņu katalogs, pēc kura analīzes var turpināt korigēt upju un ezeru piesaisti modelī.

## 1. tabula

LAMO4 pazemes ūdens plūsmu bilance [tūkst. m<sup>3</sup>/dienn])  
 lielbaseiniem, kvartāra un pamatiežu sistēmai

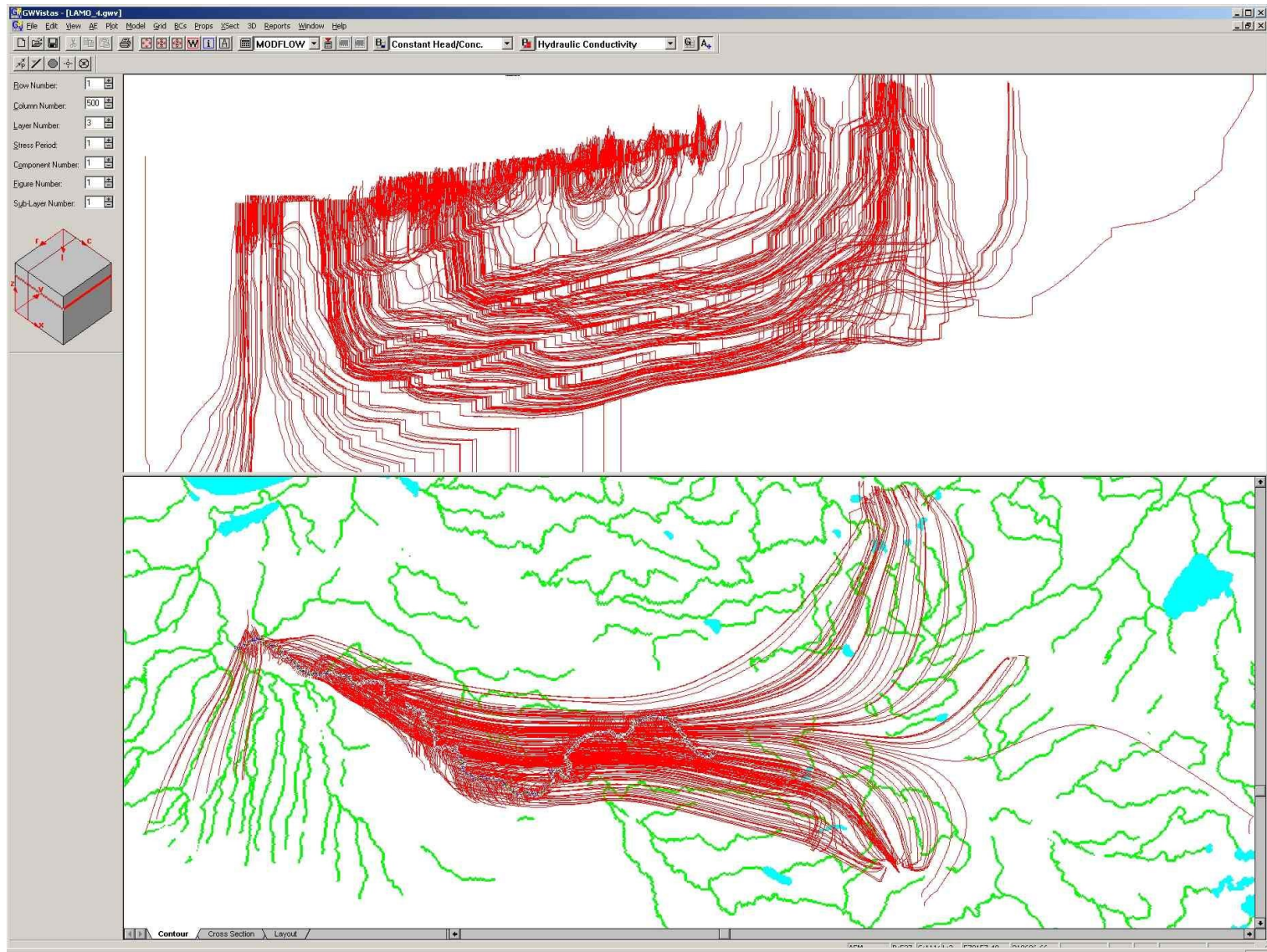
Apgabala nosaukums	Q <sub>toprezi pietece</sub>	Q <sub>rivers upes</sub>	Q <sub>lakes ezeri</sub>	Q <sub>border robeža</sub>	Q <sub>wells urbumi</sub>	Laukums [km <sup>2</sup> ]
1. Lielbaseini						
Gauja	3691	-3471	-86	-116	-18	13004.0
Daugava	6247	-5171	-553	-432	-91	27063.6
Lielupe	1100	-1114	-30	64	-20	8857.2
Venta	3183	-2630	-156	-371	-26	15629.9
Latvija	14221	-12386	-825	-855	-155	64554.7
2. Kvartāra sistēma						
Gauja	1977	-1853	-80	-37	-7	13004.0
Daugava	4922	-4538	-369	34	-49	27063.6
Lielupe	977	-955	-29	7	0	8857.2
Venta	2062	-1764	-126	-172	0	15629.9
Latvija	9938	-9110	-604	-168	-56	64554.7
3. Pamatiežu sistēma						
Gauja	1714	-1618	-6	-79	-11	13004.0
Daugava	1325	-633	-184	-466	-42	27063.6
Lielupe	123	-159	-1	57	-20	8857.2
Venta	1121	-866	-30	-199	-26	15629.9
Latvija	4283	-3276	-221	-687	-99	64554.7

# LAMO4 izmantošana dabas procesu pētīšanā (2015.g.-2016.g.)

LAMO izmantošana dabas procesu pētīšanā ir iespējama tāpēc, ka LAMO strādā licenzētas programmatūras **Groundwater Vistas (GV)** vidē, kuru veido pasaulē plaši izmantotas pazemes ūdens objektu modelēšanas sistēmas: **MODFLOW** (LAMO uzturēšana) **MODPATH** (ūdens daļiņu kustības trasēšana) **MT3D** (masas transporta modelēšana).

Izmantojot GV sistēmu, tika meklēti lecavas upes pazemes pieteces avoti (atmosfēras nokrišņi un citi pieteces avoti).

# Traseru līniju (1027) sānskats un virsskats(GV grafika)



Eksperimenta nolūks bija apstiprināt upju sateces apgabala principa pareizību, t.i., “upes pazemes pieteces avots ir atmosfēras nokrišņi šajā apgabalā”. Lecavas upe ir tipiska līdzenuma upe ar vienkāršu piesaisti ģeoloģiskajai videi 1027 modeļa šūnās.

Tomēr ar MODPATH iegūtais rezultāts bija negaidīts šādu iemeslu dēļ:

- ūdens daļiņu trajektorijas veido šķietami haotisku ainu;
- daudzi atmosfēras nokrišņu avoti atrodas ļoti tālu (Vidzemes un Latgales augstienēs) no upes sateces apgabala;
- daļiņas uz Lecavas upi pārvietojās visos Latvijas pazemes ūdeņu aktīvās ūdens apmaiņas zonas ģeoloģiskajos slāņos.

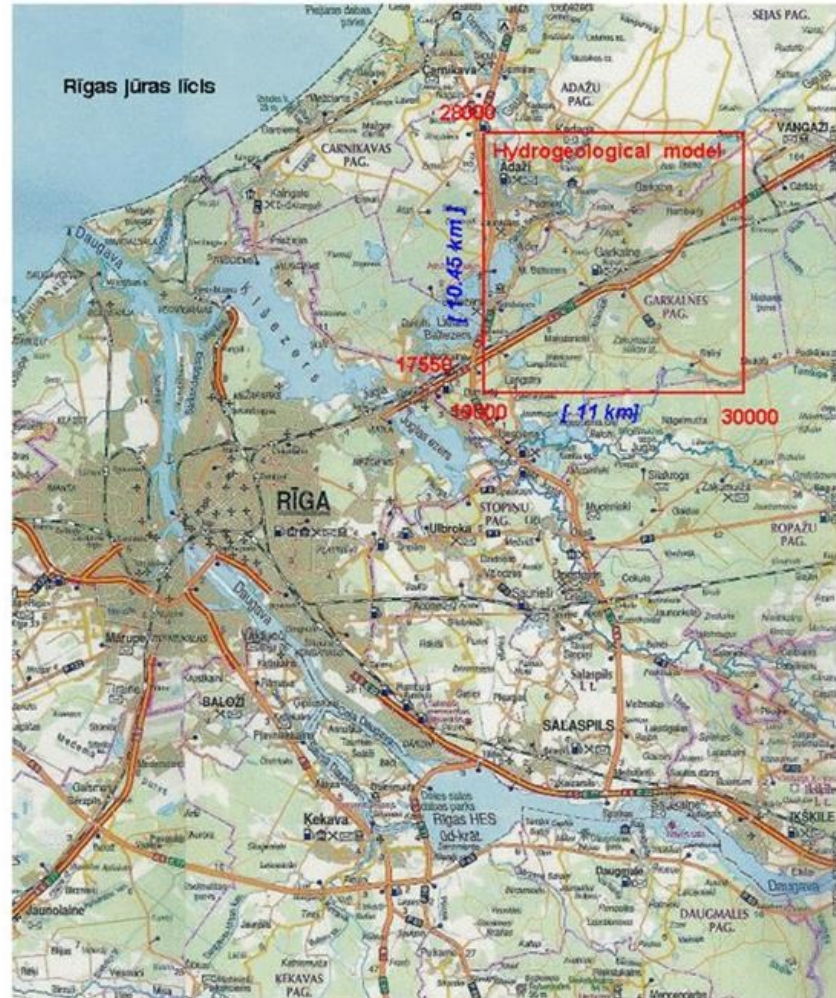


# **Hidroģeoloģiskā modeļa pielietošana Rīgas centralizēto ūdensgūtņu optimizēšanai (2016.g.)**

Pēc SIA «Aqua-Brambis» pasūtījuma apkopoti datormodelēšanas rezultāti par Rīgas pilsētas ūdensgūtņu kompleksa “Baltezers, Rembergi, Zaķumuiža” ražības variantu izvērtējumu ar mērķi noskaidrot, kā var atteikties no Daugavas virszemes ūdensgūtnes izmantošanas.

# Hidroģeoloģiskā modeļa novietojums

Hidroģeoloģiskais modelis imitē gada vidējos hidroģeoloģiskos apstākļus un ir stacionārs. Modeļa izmēri ir 11000m × 10450m un tā plaknes režģa aproksimācijas solis ir 55m.

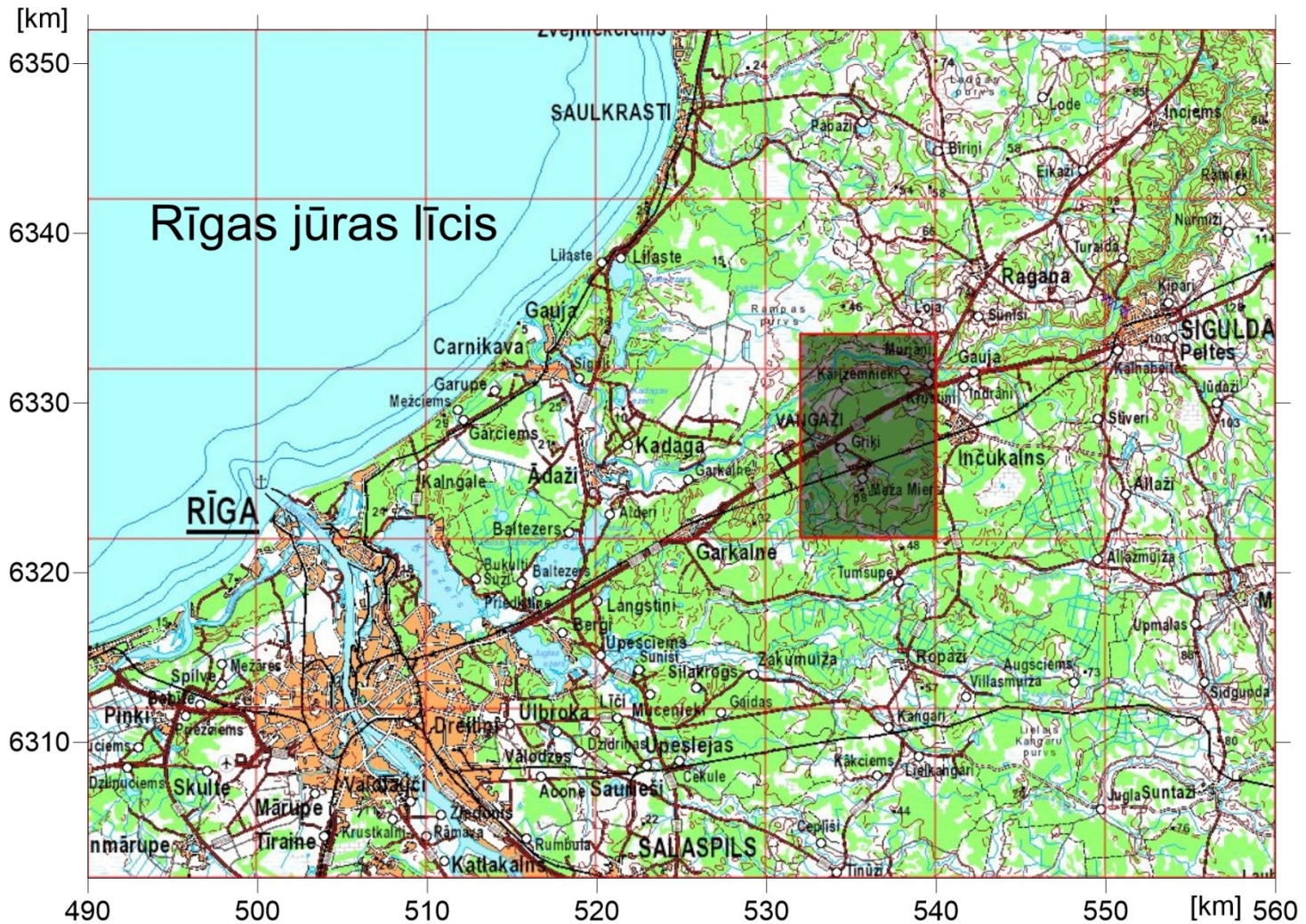


# HM pielietošana Inčukalna gudrona dīķu radītā piesārņojuma kustības datormodelēšanā (2016.g.)

Pēc INTERGEO pasūtījuma izveidots Ziemeļu un Dienvidu dīķu teritoriju (8km×12km) hidroģeoloģiskais modelis ar režģa plaknes soli 10 metri. Šis modelis īstenots uz 2005. gadā izveidotā reģionālā modeļa bāzes (režģa plaknes solis 100 metri), izmantojot Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa (LAMO) datus.

Apkopoti datormodelēšanas rezultāti par virsmas aktīvo vielu (VAV) migrāciju Gaujas horizontā D3gj2 uz Gaujas upi no Ziemeļu un Dienvidu sērskābā gudrona dīķiem un par sanācijas pasākumiem, kurus var veikt pēc dīķu satura eskavācijas.

# Inčukalna reģionālā modeļa novietojums



Ziemeļu dīķa VAV areāla fronte sasniegs Gaujas upi pēc ~25 gadiem (2040. g.). Pirmajos piecpadsmit gados pēc šī notikuma (līdz 2055. g.) nav sagaidāma augstas koncentrācijas VAV ieplūde Gaujas upē, jo areāla frontes daļā piesārņojuma koncentrācija ir maza. Tikai tālākā nākotnē ~2075. gadā VAV koncentrācija var pieaugt, tomēr šo faktoru var samazināt VAV ķīmiskās sabrukšanas procesa esamība.

Piesārņojums no gudrona dīķiem nevar nonākt Rīgas pilsētas centralizētajās ūdensgūtnēs.

# Piesārņojuma ceļš no Inčukalna pa Gaujas upi gar Rīgas pilsētas centrālajām ūdensgūtvēm



Turpināsim pilnveidot LAMO un izmantot to kā instrumentu dabas procesu izzināšanai. Kā liecina lietuviešu kolēģu pieredze, ar reģionālu hidroģeoloģisko modeli GV sistēmas vidē var iegūt nozīmīgus rezultātus ģeoķīmisko procesu pētniecībā.

Kopš 1966. gada tiek izdots starptautisks zinātnisko rakstu krājums «Datormodelēšana un robežproblēmas».

Laikā no 2010.g.-2015.g. VMC darbiniekiem ir 100 publikācijas no kurām 22 ir indeksētas DB SCOPUS.

**Paldies par uzmanību**