

# Evaluation of Hydrogeological Quality of Various Implementations of the Riga City Water Supply System

## Rīgas pilsētas pazemes ūdensgūtvju izmantošanas optimizācijas variantu hidroģeoloģiskais izvērtējums

Inta Lāce<sup>1</sup>, Kaspars Krauklis<sup>1</sup>, Aivars Spalviņš<sup>1</sup>, Juris Laicāns<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Rīgas Tehniskā universitāte, <sup>2</sup>SIA "AQUA-BRAMBIS",

**Kopsavilkums.** Rīgas pilsētu ar dzeramo ūdeni apgādā pazemes ūdensgūtvju komplekss "Baltezers, Zaķumuiža, Remberģi" un Daugavas upe kā virszemes ūdensgūtvē. Šobrīd (2016.g.) abas ūdensgūtvē neizmanto pat pusi no to ražības un tāpēc Rīgai būtu lietderīgi izmantot tikai pazemes ūdeni (~122 tūkst.m<sup>3</sup>/dnn), jo upes ūdens nav kvalitatīvs un tāpēc tā attīrīšana ir dārga. Rīgas Tehniskās universitātes speciālisti, izmantojot pazemes ūdensgūtvju kompleksa hidroģeoloģisko modeli, ir apstiprinājuši, ka Rīgas pilsētai nākotnē nav nepieciešama virszemes ūdensgūtvē. Pētījums veikts kā SIA AQUA-BRAMBIS uzdevums, kurš paredzēja piecu Rīgas pilsētas pazemes ūdensgūtvju izmantošanas variantu hidroģeoloģisko izvērtējumu (pazemes ūdens līmeņu izmaiņas, laika apstākļu ietekme, pazemes ūdens plūsmu aprēķini u.c.). Rakstā nav analizētas ūdensgūtvju un ūdens sadales tīklu rekonstrukciju izmaksas.

**Atslēgas vārdi:** hidroģeoloģiskais modelis, pazemes ūdensgūtvē, sifona tipa ūdensgūtvē, dziļumsūkņi.

### I.IEVADS

Rīgas pilsētas centralizēto ūdensapgādi nodrošina SIA "Rīgas ūdens". 2015. gadā pilsētas vidējais diennakts ūdens patēriņš bija 124700m<sup>3</sup>/dnn [1]. Šo ūdens daudzumu nodrošināja pazemes ūdensgūtvē (61100m<sup>3</sup>/dnn) un Daugavas upe (63600m<sup>3</sup>/dnn) kā virszemes ūdensgūtvē. Šobrīd abu tipu ūdensgūtvē neizmanto pat pusi no to maksimālās ražības, t.i., darbojas tehniski un ekonomiski neracionālā veidā.

Šāds stāvoklis ir sekas aplamai ticībai prognozei par Rīgas pilsētas ūdens patēriņu laikā no 1993.g. līdz 2010.g. 1993.g. – 400 tūkst.m<sup>3</sup>/dnn; 2010.g. 340 tūkst.m<sup>3</sup>/dnn. Šo prognozi izstrādāja Šveices kompānija RWB SA kā bezmaksas palīdzību pašvaldības uzņēmumam "Ūdensapgāde un kanalizācija" (tagad SIA "Rīgas ūdens"). Stratēģija Rīgas ūdensapgādei bija izklāstīta dokumentā [2], ar kuru Latvijas pārstāvji tika iepazīstināti 1995. gada janvārī. Stratēģija rekomendēja vienlaicīgi modernizēt pazemes un Daugavas ūdensgūtvī tā, lai 2010. gadā tās Rīgai varētu dot ~340 tūkst.m<sup>3</sup>/dnn dzeramā ūdens. Latvija ieguldīja ievērojamu naudas līdzekļus un darbu pazemes ūdensgūtvju kompleksa "Baltezers, Zaķumuiža, Remberģi" un Daugavas ūdens sagatavošanas stacijas modernizācijā, taču šobrīd reālais

ūdens patēriņš ir aptuveni 2.8 reizes mazāks par 340 tūkst.m<sup>3</sup>/dnn.

Rīgas pilsētai 2030. gadā būs nepieciešami aptuveni (120-122) tūkst.m<sup>3</sup>/dnn [1]. Šo ūdens daudzumu varētu iegūt tikai ar pazemes ūdensgūtvēm, jo Daugavas ūdens sagatavošana ir dārga, upe pakļauta būtiskam piesārņojuma riskam.

Rīgas Tehniskās universitātes (RTU) Vides modelēšanas centra (VMC) speciālisti 2016. gadā SIA "Aqua-Brambis" uzdevumā veica pazemes ūdensgūtvju kompleksa "Baltezers, Zaķumuiža, Remberģi" datormodelēšanu, lai izpētītu šī kompleksa izmantošanas variantus hidroģeoloģijas aspektā (pazemes ūdens līmeņu pazeminājuma piltuvju dati, laika apstākļu ietekme, pazemes ūdens plūsmu aprēķins u.c.).

Rakstā nav analizēti ūdensgūtvju ekonomiskie parametri un ūdens sadales tīkla rekonstrukcijas jautājumi.

Pētījumu īstenošanai VMC izmantoja hidroģeoloģisko modeli (HM) [3], (skat. arī pielikumu), kurš darbojas licenzētas programmatūras Groundwater Vistas vidē [4]. Rezultātu noformēšanai izmantota sistēma SURFER [5].

### II. PAZEMES ŪDENSĢŪTVJU IZMANTOŠANAS VARIANTI

Bija jāmodelē pieci Rīgas pilsētas centralizētās ūdens apgādes varianti, kuru dati skatāmi 1. tabulā [1]. Kompleksā "Baltezers, Zaķumuiža, Remberģi" darbojas piecas sifonu tipa ūdensgūtvē: Baltezers, Baltezers1, Baltezers2, Remberģi un Zaķumuiža. To izvietojumus skatāms 1. att. Sifoni ņem ūdeni no smilšu slāņa Q. Sifona ūdensgūtvē darbības princips skaidrots grāmatā [6].

Sifona darbināšanai nav nepieciešami sūkņi un to ražīgumu var ērti regulēt. Sifonu Baltezers un Baltezers2 ražības palielināšanai var izmantot pazemes ūdens resursu mākslīgo papildināšanu ar Mazā Baltezera ūdeni. Šim nolūkam paredzēti infiltrācijas baseini. Neviens no ūdensgūtvju variantiem neparedz infiltrācijas baseinu izmantošanu sifonu ražības palielināšanai. Tāpēc 1. tabulā nav ietverts sifons Baltezers2, kura ražība ir būtiski atkarīga no ūdens mākslīgās infiltrācijas izmantošanas. Kompleksā darbojas ūdensgūtvē Zaķumuiža D, kura izmanto dziļumsūkņus un ņem pazemes ūdeni no Devona D3gj2 ūdens horizonta.

## Galveni atstāj neizmantotu

I.TABULA

SIA "AQUA-BRAMBIS" PROGNOZĒTIE ŪDENSĢŪTVJU RAŽĪBAS VARIANTI

Ūdensgūtne	Ūdens horizonts	ŪSS	1.variants	2.variants	3.variants	4.variants	5.variants
			m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d
Baltezers	Q	JĀ	19 000	19 000	19 000	19 000	28 000
Baltezers I	Q	JĀ	9 600	9 600	9 600	9 600	30 000
Remberģi	Q	NĒ	12 000	17 000	17 000	17 000	17 000
Zaķumuiža Q	Q	NĒ	10 000	17 000	17 000	17 000	17 000
Zaķumuiža D	D	NĒ	10 500	28 500	30 000	30 000	30 000
Daugava PŪG	D	JĀ			30 000		
Baltezers I D	D	JĀ				15 000	
Remberģi D	D	JĀ				15 000	
<b>Kopā PŪG</b>			<b>61 100</b>	<b>91 100</b>	<b>122 600</b>	<b>122 600</b>	<b>122 000</b>
<b>Daugava VŪG</b>	VŪ	JĀ	<b>63 600</b>	<b>31 800</b>			
<b>Pavisam</b>			<b>124 700</b>	<b>122 900</b>	<b>122 600</b>	<b>122 600</b>	<b>122 000</b>

Piezīmes:

ŪSS – Ūdens sagatavošanas stacija;

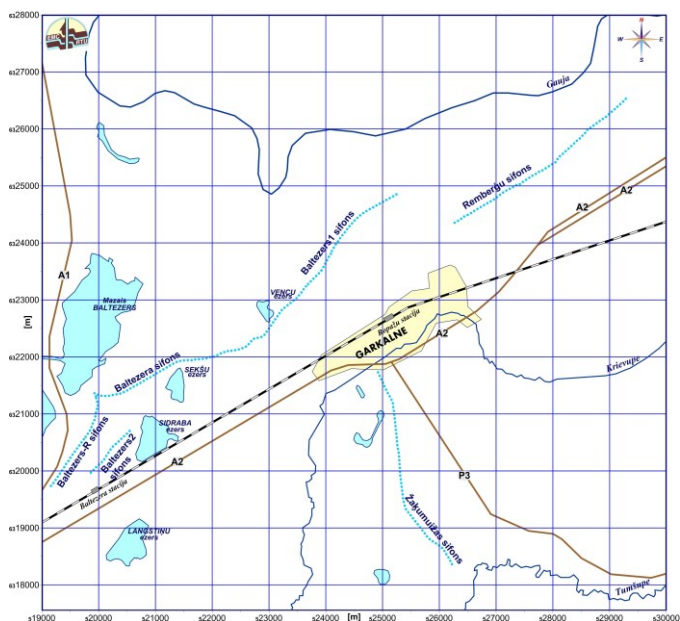
Q – Kwartārs;

D – Devons (Gaujas horizonts);

PŪG – Pazemes ūdensgūtnes;

VŪG – Virszemes ūdensgūtnes.

urbumi ar sūkni



1.att. Ūdensģūtvju kompleksa sifonu izvietojums

VMC bija jāanalizē varianti Nr. 1, 2, 4, 5, jo 3. variants paredz jaunas ūdensģūtvnes Daugava PŪG (30 tūkst.m<sup>3</sup>/dnn) izveidošanu Devona D3g1 horizontā Ķekavas novadā, bet šī varianta sifona sistēmu ražība ir identiska variantiem Nr. 2 un Nr. 4.

Pirmais variants atbilst 2015. gada apstākļiem (61100 tūkst.m<sup>3</sup>/dnn no pazemes, 63600 tūkst.m<sup>3</sup>/dnn no Daugavas).

Otrais variants paredz samazināt ūdens ņemšanu no Daugavas līdz 31800 tūkst.m<sup>3</sup>/dnn, kas atbilst Daugavas ūdens

sagatavošanas stacijas (ŪSS) minimāli pieļaujamai jaudai. Zaķumuižas D ūdensģūtve (28500 tūkst.m<sup>3</sup>/dnn) gandrīz sasniedz savu maksimālo ražību 30000 tūkst.m<sup>3</sup>/dnn, pieaug sifonu Remberģi un Zaķumuiža Q atdeve. Varianti Nr. 3, 4, 5 neparedz Daugavas upes ūdens izmantošanu:

- 3. variants prasa veidot jaunu ūdensģūtvni Daugava PŪG;
- 4. variantā tiek īstenota papildus ūdens ieguve ar sūkņiem no Devona D3g1 horizonta ūdensģūtvēm Baltezers I D un Remberģi D;
- 5. variantā nelieto sifona tipa sistēmas, kuras nomaina urbumi ar dziļumsūkņiem Q horizontā. Viena urbuma ražība ~1400.m<sup>3</sup>/dnn.

Ūdensģūtvju variantiem noteikti šādi hidroģeoloģiskie raksturojumi:

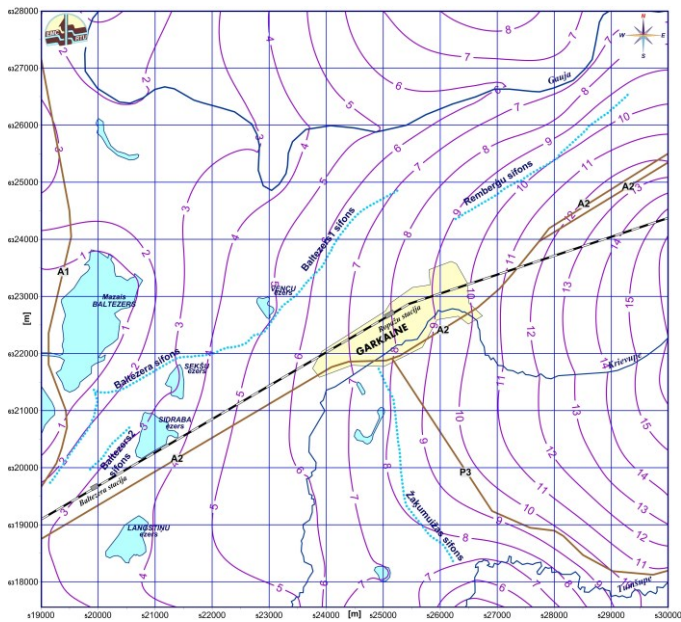
- depresijas piltuves forma un maksimālais dziļums;
- mazūdens režīma ietekme uz šiem parametriem;
- pazemes ūdens plūsmu bilances.

### III. SIFONA ŪDENSĢŪTVNES DARBĪBAS NOTURĪBA

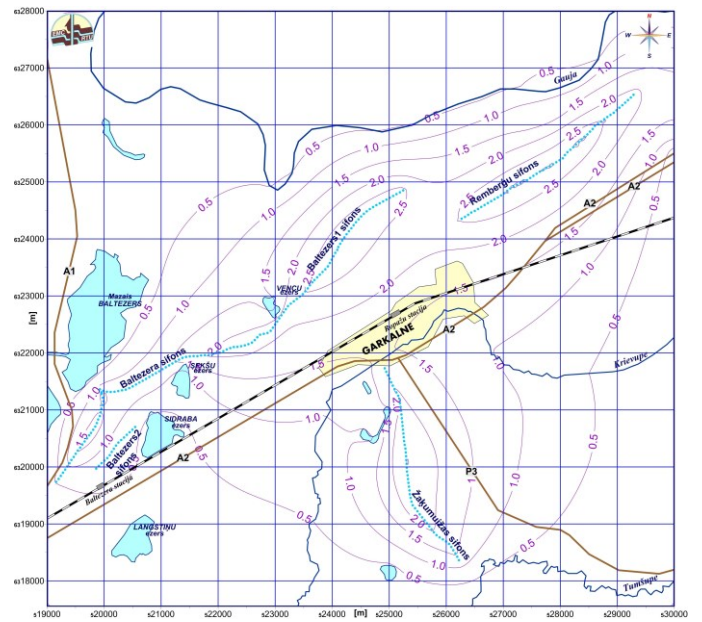
Sifona ūdensģūtvnes darbības noturību pārbauda normāliem un mazūdens apstākļiem. Kā noturības raksturošanas galveno elementu izmanto ūdensģūtvnes depresiju piltuves (ūdens līmeņu pazeminājuma) karti (piltuves forma un dziļums). Lai sifons darbotos stabili, tā piltuves dziļums nedrīkst pārsniegt 6-7 metrus [6].

Depresijas piltuves karti iegūst, ja no HM aprēķinātā netraucētā stāvokļa ūdens līmeņu sadalījuma (2. att. Q horizonts) atskaita ūdensģūtvnes dinamisko ūdens līmeņu sadalījumu. Depresiju piltuve Q slānī 1. variantam, ja visi sifoni darbojas vienlaicīgi, skatāma 4. att.

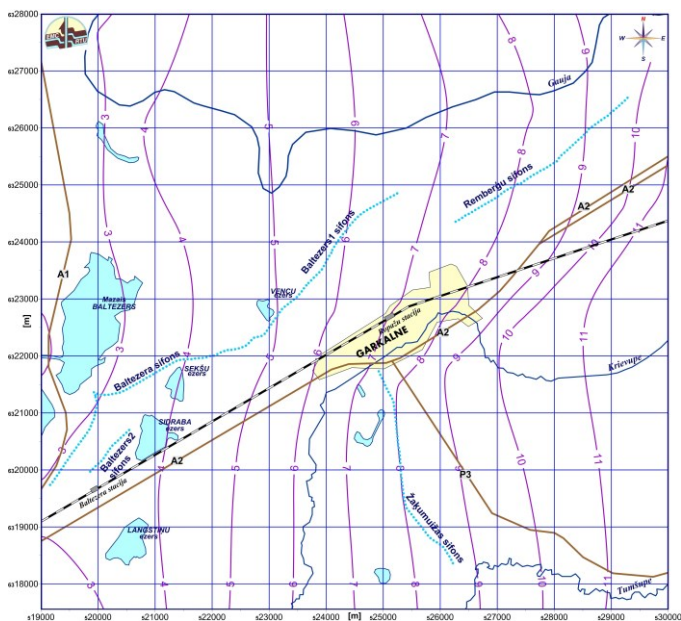
## Galveni atstāj neizmantotu



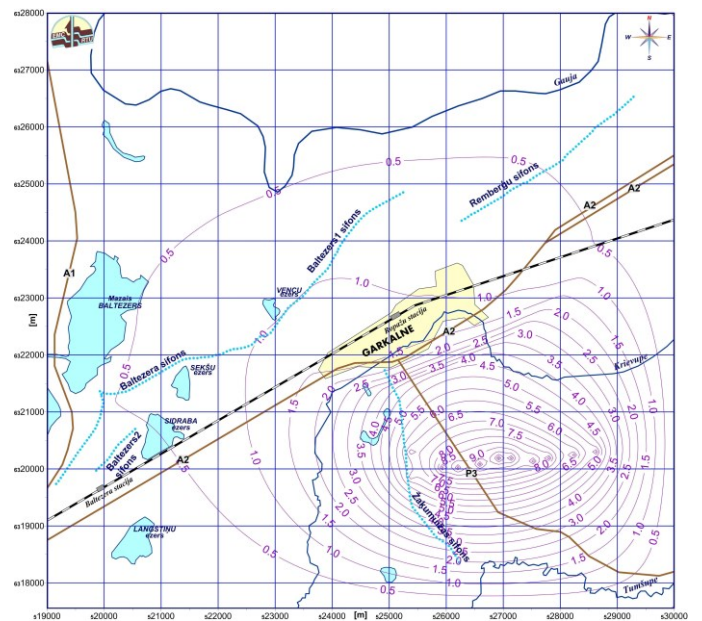
2. att. Netraucētā stāvokļa ūdens līmeņu sadalījums [m vjl] horizontā Q



4. att. Depresiju piltuve [m] Q horizontā 1. variantam



3. att. Netraucētā stāvokļa ūdens līmeņu sadalījums [m vjl] horizontā D3g2



5. att. Depresiju piltuve [m] D3g2 horizontā 1. variantam

Sifonam var izmērīt tā lokālās depresijas piltuves dziļumu (1.6m Baltezers R (rietumu daļa); 2.2m Baltezers A (austrumu daļa); 2.9m –Baltezers 1; 3.0m –Remberģi; 2.5m –Zaķumuiža.

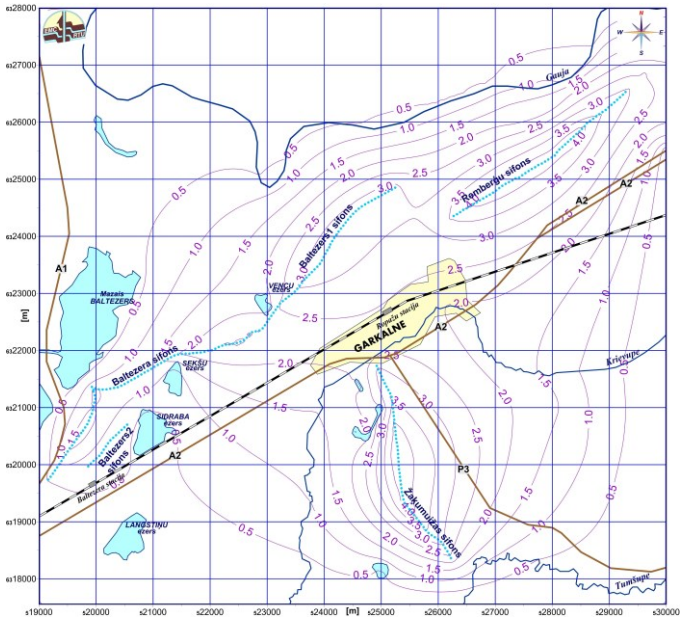
Netraucētā stāvokļa karte un depresiju piltuve 1. variantam D3g2 horizontā skatāma 3. att. un 5. att. Depresijas piltuves dziļums modelī Zaķumuižas D ūdensgūvei ir 11.2 m, ja tās ražība ir 10500 m<sup>3</sup>/dnn.

Depresiju piltuves 4. variantam kvartāra Q un Devona D3g1 horizontos skatāmas 6. att. un 7. att. Devona horizontā dziļurbumi ar ražību 1400 m<sup>3</sup>/dnn vienmērīgi izvietoti gar Baltezersa 1 un Remberģu sifonvadiem, īstenojot Baltezers 1D un Remberģi D ūdensgūves.

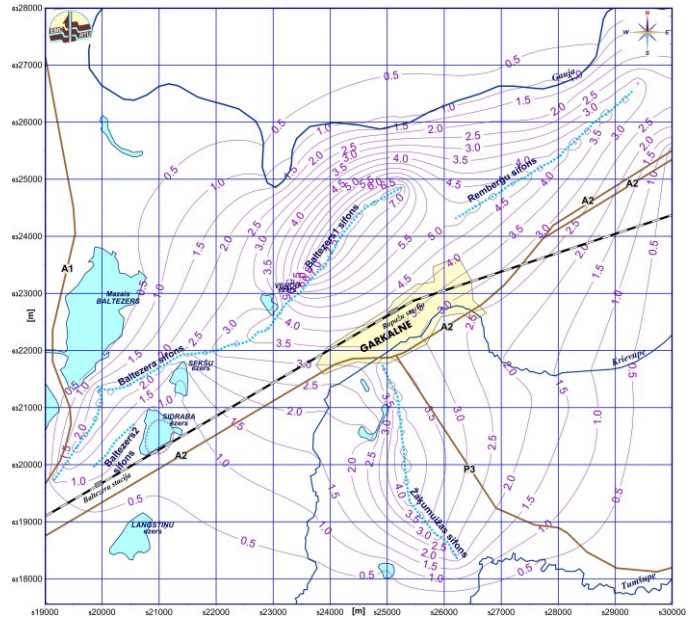
Depresiju piltuve 5. variantam kvartāra Q horizontā ir skatāma 8. att. Ja salīdzina lokālās depresiju piltuves Zaķumuižas Q ūdensgūvei (skat. 6. att. un 8. att.), tad tās praktiski neatšķiras, jo abos variantos šīs ūdensgūves ražība (17000m<sup>3</sup>/dnn) nemainās. Piemēram, Zaķumuižas Q depresijas piltuves dziļums pieaug no 4.3m līdz tikai 4.8m. Šis pieaugums radīs ūdensgūvju Baltezers un Baltezers 1 ietekmē, kuru ražības 5. variantā pieaugušas, attiecīgi (19000→28000) m<sup>3</sup>/dnn; (9600→30000) m<sup>3</sup>/dnn, salīdzinot ar 4. variantu (1. tabula). Depresiju piltuvju attēli visiem analizētajiem ūdensgūvju variantiem ir atrodami pārskatā [7].



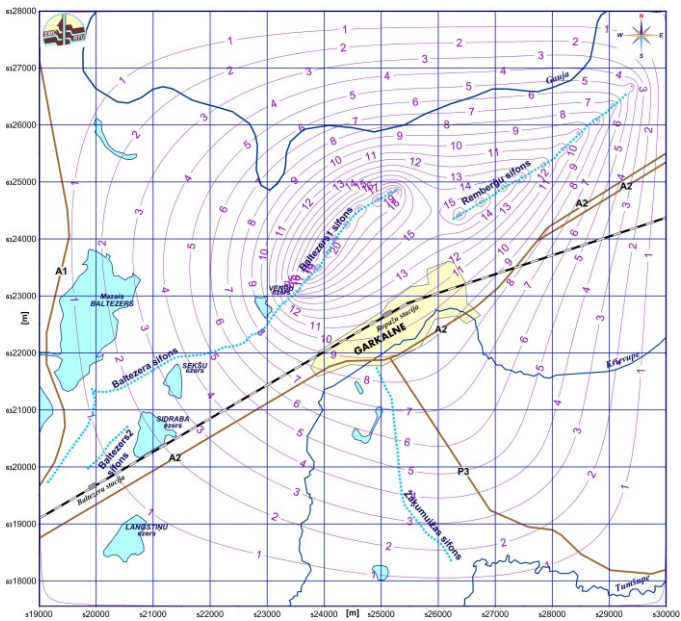
## Galveni atstāj neizmantotu



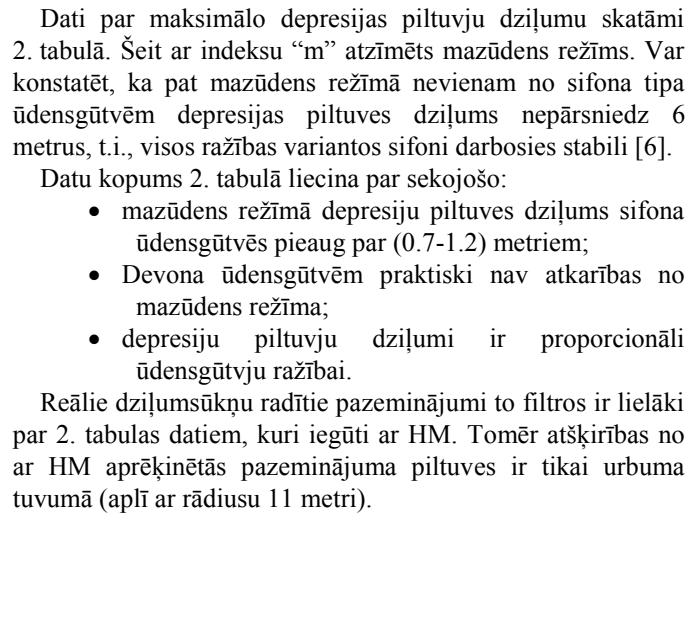
6. att. Depresiju piltuve [m] Q horizontā 4. variantam



8. att. Depresiju piltuve [m] Q horizontā 5. variantam



7. att. Depresiju piltuve [m] D3gjl horizontā 4. variantam



Dati par maksimālo depresijas piltuvju dziļumu skatāmi 2. tabulā. Šeit ar indeksu “m” atzīmēts mazūdens režīms. Var konstatēt, ka pat mazūdens režīmā nevienam no sifona tipa ūdensgūtvēm depresijas piltuves dziļums nepārsniedz 6 metrus, t.i., visos ražības variantos sifoni darbosies stabili [6].

Datu kopums 2. tabulā liecina par sekojošo:

- mazūdens režīmā depresiju piltuves dziļums sifona ūdensgūtvēs pieaug par (0.7-1.2) metriem;
- Devona ūdensgūtvēm praktiski nav atkarības no mazūdens režīma;
- depresiju piltuvju dziļumi ir proporcionāli ūdensgūtvju ražībai.

Reālie dziļumsūkņu radītie pazeminājumi to filtros ir lielāki par 2. tabulas datiem, kuri iegūti ar HM. Tomēr atšķirības no ar HM aprēķinātās pazeminājuma piltuves ir tikai urbuma tuvumā (aplī ar rādiusu 11 metri).

II TABULA

MAKSIMĀLAIS DEPRESIJAS PILTUVES DZIĻUMS [M] ŪDENSĢŪTŅU IZMANTOŠANAS VARIANTIEM

Ūdensgūtvē	Ūdensgūtvju izmantošanas varianti (m-mazūdens režīms)							
	1	1m	2	2m	4	4m	5	5m
Baltezers R	1,60	1,90	1,7	2,0	1,7	2,0	2,6	2,9
Baltezers A	2,20	2,90	2,4	3,2	2,4	3,3	3,9	5,1
Baltezers l	2,90	3,90	3,2	4,3	3,4	4,6	7,8	2,4
Remberģi	3,00	4,20	4,0	5,5	4,3	5,7	5,3	6,8
Zaķumuiža Q	2,50	3,50	4,2	5,5	4,3	5,6	4,8	6,1
Zaķumuiža D3gjl	11,20	11,50	30,6	30,8	32,8	33,1	32,8	32,6
Devons D3gjl	0	0	0	0	22,5	22,8	0	0

Urbumu papildus pazeminājuma  $\Delta S$  aprēķinu dod izteiksme [8]:

$$\Delta S = \frac{q}{2\pi T} (\ln(0.2h/r) + \xi) \quad (1)$$

kur  $q$  – urbuma ražība [ $\text{m}^3/\text{dnn}$ ];  $T$  – ūdens vadāmība [ $\text{m}^2/\text{dnn}$ ];  $h$  – režģa solis HM;  $r$  – urbuma filtra rādiuss [m];  $\xi$  – urbuma hidrauliskā pretestība. Formulā (1) izmantotā izteiksme  $0.2h = r_{ekv}$  HM režģa šūnas ekvivalentajam rādiusam  $r_{ekv}$  iegūta darbā [9].

Ja urbumiem D3gj1 slānī  $q = 1400 \text{ m}^3/\text{dnn}$ ,  $T=300\text{m}^2/\text{dnn}$ ,  $h = 55\text{m}$ ;  $r = 0.2\text{m}$ ,  $\xi = 4.0$ , tad  $\Delta S = 6.0\text{m}$ .

Ja sifona urbumiem  $q \sim 150 \text{ m}^3/\text{dnn}$  un vidējā ūdensvadāmība  $Q$  slānim  $T=700 \text{ m}^2/\text{dnn}$ , tad formula (1) dod  $\Delta S \sim 0.3\text{m}$ , t.i., sifonom papildus depresijas piltuves padziļinājums ir niecīgs.

Piektajā variantā sifoni kvartāra  $Q$  horizontā aizvietoti ar dziļumsūkņiem ar ražību  $1400 \text{ m}^3/\text{dnn}$ . Tad iespējams ūdensgūtves ražību nodrošināt ar būtiski mazāku urbumu skaitu (skat.3. tabulu), praktiski nepalielinot depresiju piltuvju dziļumu, salīdzinot ar sifonu ūdensgūtvju izmantošanas variantiem.

III TABULA

SALĪDZINOŠIE DATI PAR DZIĻUMSŪKŅŅU UN SIFONU SISTĒMU URBUMIEM 5. VARIANTAM

Ūdensgūtve	Dziļurbumi		Sifona urbumi	
	Skaitis	Vidējais attālums [m]	Skaitis	Vidējais attālums [m]
Baltezers A	20	~300	121	~50
Baltezers 1	20	~150	72	~38
Rembergi	12	~400	55	~78
Zaķumuiža	12	~300	90	~42

## IV. PAZEMES ŪDENS PLŪSMU BILANCE

Ar sistēmas GV instrumentiem var iegūt pazemes ūdens plūsmu bilances, kuras ietver visus HM slāņus Q1, Q2, D3gj2, D3gj1 (skat. 2p. att. Pielikumā). Balances netraucētam stāvoklim 1. un 5. variantiem, skatāmas 4. tabulā. Dati par bilancēm citiem ūdensgūtvju variantiem ir doti pārskatā [7].

Balances tabulas slānī Q1 plūsma caur slāņa augšu atbilst atmosfēras nokrišņu nodrošinātai infiltrācijai. Balances tabula parāda, kā šī plūsma baro upes un ezerus, urbumus, plūsmu caur modeļa apgabala sānu robežām.

4.TABULA

PAZEMES PLŪSMU BILANCE [TŪKST.M3/DNN] ŪDENSĢŪTVJU IZMANTOŠANAS VARIANTIEM

Slāņi	Caur slāņa augšu	Caur slāņa apakšu	Rezultējošā (2+3)	Upes	Ezeri	Robežas	Urbumi
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Netraucētais stāvoklis</b>							
Q1	55.34	0.78	56.12	-33.89	-22.04	-0.19	0
Q2	-0.78	0.28	-0.50	0	0	0.50	0
D3gj2	-0.28	-1.16	-1.44	0	0	1.44	0
D3gj1	1.16	0	1.16	0	0	-1.16	0
<b>Kopā</b>			55.34	-33.89	-22.04	0.59	0
<b>1.variants</b>							
Q1	68.17	-45.70	22.47	-22.43	-4.99	4.95	0
Q2	45.70	-0.77	44.93	0	0	5.67	-50.60
D3gj2	0.77	1.36	2.13	0	0	8.37	-10.50
D3gj1	-1.36	0	-1.36	0	0	1.36	0
<b>Kopā</b>			68.17	-22.43	-4.99	20.35	-61.10
<b>1m.variants</b>							
Q1	38.34	-38.61	0.27	-14.46	3.06	11.13	0
Q2	38.61	0.29	38.90	0	0	11.70	-50.60
D3gj2	-0.29	1.77	1.48	0	0	9.02	-10.50
D3gj1	-1.77	0	-1.77	0	0	1.77	0
<b>Kopā</b>			38.34	-14.46	3.06	34.17	-61.10
<b>5.variants</b>							
Q1	80.72	-85.93	-5.21	-10.98	7.51	8.68	0
Q2	3.45	-3.45	82.48	0	0	9.52	-92.00
D3gj2	-5.10	5.10	8.55	0	0	21.45	-30.00
D3gj1		0	-5.10	0	0	5.10	0
<b>Kopā</b>			80.72	-10.98	7.51	44.75	-122.00
<b>5m.variants</b>							
Q1	46.29	-77.52	-31.23	-2.73	17.94	16.02	0
Q2	77.52	-1.98	75.54	0	0	16.46	-92
D3gj2	1.98	5.69	7.67	0	0	22.33	-30
D3gj1	-5.69	0	-5.69	0	0	5.69	0
<b>Kopā</b>			46.29	-2.73	17.94	60.50	-122.00

Netraucētajā stāvoklī praktiski nav robežu plūsmu, un upju un ezeru pazemes pietece sasniedz maksimālās vērtības  $-33.83$  tūkst.m<sup>3</sup>/dnn un  $-22.04$  tūkst.m<sup>3</sup>/dnn, kas praktiski atbilst infiltrācijas plūsmai ( $55.34$  tūkst.m<sup>3</sup>/dnn). Plūsma  $55.34$  tūkst.m<sup>3</sup>/dnn atbilst gada vidējai infiltrācijai  $55.34 \times 10^3 \times 365 \times 10^3 / (11000 \times 10450) = 175.7$  mm/gadā modeļa teritorijā, t.i.,  $1000$  m<sup>3</sup>/dnn =  $3.17$  mm/gadā. Šī sakritība ļauj novērtēt infiltrāciju tai raksturīgā veidā [mm/gadā] arī 4. tabulā. Ūdensgūtvju pirmais un piektais variants atbilst mūsdienu un forsētai ražībai kvartāra un Devona horizontos. Šī iemesla dēļ šie varianti iekļauti 4. tabulā.

Bilances tabula ļauj izsekot plūsmu izmaiņām ne tikai atsevišķos ūdens slāņos bet arī vispārīgajam pazemes plūsmu sadalījumam, kuram atbilst tabulas datu kopsūmma katrā kolonā. Piemēram, salīdzinot ar netraucēto stāvokli, 1. variantā ir pieaugusi infiltrācijas plūsma ( $55.34 \rightarrow 68.17$ ) tūkst.m<sup>3</sup>/dnn un plūsma caur robežu ( $0.59 \rightarrow 20.35$ ) tūkst.m<sup>3</sup>/dnn. Samazinājusies plūsma upēs ( $33.89 \rightarrow 22.43$ ) tūkst.m<sup>3</sup>/dnn un ezeros ( $22.04 \rightarrow 4.99$ ) tūkst.m<sup>3</sup>/dnn. Šādā veidā hidroģeoloģiskā vide ir nodrošinājusi urbumu ražības  $50.60$  un  $10.50$  tūkst.m<sup>3</sup>/dnn Q un Devona horizontos.

Mazūdens 1m. variantā, salīdzinot ar normālo 1. variantu, samazinās infiltrācija ( $68.17 \rightarrow 38.34$ ) tūkst.m<sup>3</sup>/dnn un upju plūsma ( $22.43 \rightarrow 14.46$ ) tūkst.m<sup>3</sup>/dnn; palielinās barojošā plūsma caur robežu ( $20.35 \rightarrow 34.14$ ) tūkst.m<sup>3</sup>/dnn; ezeru plūsma kļūst pozitīva ( $-4.99 \rightarrow 3.06$ ) tūkst.m<sup>3</sup>/dnn.

Forsētajā 5. variantā ar dziļumsūkņiem, salīdzinot ar 1. variantu, ražība Q un Devona slāņos pieaug ( $50.60 \rightarrow 92.00$ ) tūkst.m<sup>3</sup>/dnn un ( $10.5 \rightarrow 30.0$ ) tūkst.m<sup>3</sup>/dnn; aug kopējā ražība ( $61.10 \rightarrow 122.0$ ) tūkst.m<sup>3</sup>/dnn. No 4. tabulas var secināt, ka arī 5. variantā urbumu kopējās ražības pieaugums nodrošina galvenokārt infiltrācijas un robežu plūsma.

Devona horizontos urbumu ražību nodrošina galvenokārt barojošā plūsma caur HM robežu. Infiltrācijas plūsmai te ir maza loma.

Šajā pētījumā nav analizētas atsevišķu ūdensgūtvju (Baltezers, Baltezers1, Remberģi, Zaķumuīza) lokālās bilances, bet tikai bilance HM apgabalā, kura ļauj noskaidrot, kā tiek nodrošināta pazemes ūdensgūtvju ražība kompleksā "Baltezers, Zaķumuīza, Remberģi".

## V. SECINĀJUMI

Datormodelēšanas rezultāti apstiprina, ka hidroģeoloģijas aspektos ūdensgūtvju kompleksā "Baltezers, Remberģi, Zaķumuīza" var īstenot visus piecus SIA AQUA-BRAMBIS ieteiktos ūdensgūtvju variantus. Ir iespējams sifonu ūdensgūtvju kvartāra smilšu slānī nomainīt ar dziļumsūkņiem. Šī nomaina būtiski samazinātu eksploatācijas urbumu skaitu. Nav sagaidāma tāda depresijas piltuvju dziļuma palielināšanās, kura būtiski atšķirtos no sifona ūdensgūtvju piltuvēm.

## VI. PIELIKUMS HIDROĢEOLÓGISKAIS MODELIS

Pazemes ūdensgūtvju kompleksa HM imitē gada vidējos ilggadīgos hidroģeoloģiskos apstākļus un ir stacionārs. HM

novietojums Rīgas apkārtnē ir skatāms 1p. att. Modeļa izmēri ir  $11000\text{m} \times 10450\text{m}$  un tā plaknes režģa solis  $h = 55\text{m}$ .

HM darbojas licenzētas programmatūras GV vidē.

HM vertikālā shematizācija ir skatāma 2p. att.

Kvartāra sistēma pārstāvēta ar četriem slāņiem, kuriem atbilst aerācijas zona aer (formāls sprotslānis), smilšu slāņi Q1 un Q2, morēna gQ kā sprotslānis. Slānim Q1 piesaistīti upes un ezeri, bet slānī Q2 realizē kvartāra sistēmas eksploatācijas urbumus.

Devona sistēmu modelī pārstāv Gaujas svītas smilšakmens ūdens horizonti D3gj2, D3gj1 un tos atdalošais sprotslānis D3gj1z. Slāņa D3gj1 apakša ir ūdens necaurļaidīga.

Robežnoteikumi horizontiem ūdens līmeņu veidā uzdoti uz modeļa robežas kontūra. Modeļa pirmajā slānī rel uzdots zemes virsmas reljefs kā ūdens līmeņa tipa robežnoteikums.

Ūdensgūtvju ražības variantu analīzei mazūdens režīmam (50% no normāliem apstākļiem) ilgstošam laikam iegūst, ja uz pusi samazina aer zonas hidraulisko vadāmību. Šāds režīms ir Latvijā maz varbūtīgs un tāpēc tas īsteno ūdensgūtvju darbības noturības pārbaudi ekstremālos apstākļos, kas raksturīga tikai būtiskām klimata izmaiņām.

Detalizētāks HM apraksts dots pārskatā [3].



1p. att. Hidroģeoloģiskā modeļa novietojums Rīgas apkārtnē

Slāņa tips	Slāņa nosaukums	Ģeoloģiskais kods modelī	Modeļa sekcijas numurs un tips
	Reljefs	<i>relh</i>	1. (robežnoteikums) (zemes virsmas reljefa karte.)
		<i>aer</i>	2. (z)
		<i>Q1</i>	3. (xy)
		<i>Q2</i>	4. (xy)
		<i>gQ</i>	5. (z)
	Otrā Gauja	<i>D3gj2</i>	6 (xy)
	Pirmā Gauja	<i>D3gj1z</i>	7. (z)
		<i>D3gj1</i>	8. (xy)
		sprotslānis	

2p. att. Modeļa vertikālā shematizācija

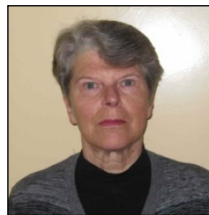


## VII. LITERATŪRAS SARAKSTS

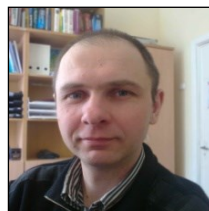
1. Spalviņš A., Rīgas pilsētas ūdensgūtņu izvērtējums un ūdensgūtņu optimizācijas plāna izstrāde. Noslēguma ziņojums. 2. redakcija, SIA AQUA-BRAMBIS, Rīga, 2016
2. Riga Water Supply Strategy by J.-L. Walther at workshop in Riga on January 19, 1995., 30 pages (angļu valodā)
3. Spalviņš A., Baltežera. Remberģu un Zaķumuižas ūdensgūtņu kompleksa optimizācija un piesārņojumu migrācijas kaitīguma prognozēšana ar skaitliskās modelēšanas līdzekļiem, Atskaite IZM-RTU projektam Nr. U7115, Rīga –decembris, 2006.
4. *Environmental Simulations, Inc. Groundwater Vistas. Version 6*, Guide to using, 2011
5. *Golden Software, Inc. SURFER-10* (2012) User's Guide
6. Skārds. V., *Ūdens apgāde un kanalizācija*, izd. Liesma, Rīga, 1970, 309 lpp.
7. Spalviņš A., Rīgas pilsētas pazemes ūdensgūtņu ražības variantu izvērtējums, pārskats, RTU, Rīga, jūnijs, 2016
8. Бочевер, Ф. М., *Проектирование водозаборов подземных вод.*, Москва, Стройиздат 1976, стр.291
9. Максимов, М. М., Л. П. Рибницкая, *Математическое моделирование процессов разработки нефтяных месторождений.*, Москва, Недра 1976, стр.264.



**Juris Laicāns** holds M.Sc. degree in Water Technologies from Riga Technical University (RTU) and M.Sc. degree in Sustainable Infrastructure and Environmental Engineering from Royal Institute of Technologies in Stockholm (KTH). Currently he fills the role of a senior engineer in the Latvian water engineering consultancy company "Aqua Brambis" SIA. He wrote his RTU graduation thesis on the problems of drinking water quality in the water supply system of Jurmala city in Latvia, and KTH graduation thesis on the treatment processes in Liepāja wastewater treatment plant (Latvia), including its computer simulation using software EFOR. During the 18 years of his engineering career Juris has participated in numerous projects focussing on the development of water supply and sewerage systems in a number of towns and urban areas in Latvia.  
E-mail: [jla@aquabrambis.lv](mailto:jla@aquabrambis.lv)



**Inta Lace** was born in Latvia. In 1971 she graduated from Riga Polytechnical Institute (Riga Technical University since 1990) as a Computer Engineer. In 1995 she received Master's Degree in Applied Computer Science. Since 1991 she is a Researcher with the Environment Modelling Centre, Faculty of Computer Science and Information Technology, RTU.  
E-mail: [intalace@yahoo.com](mailto:intalace@yahoo.com)



**Kaspars Krauklis** received a Master's Degree in Computer Systems from Riga Technical University in 2007 and the Certificate in Teaching of Engineering Sciences from the Institute of Humanities of Riga Technical University in 2005. Presently he is a Researcher with the Environment Modeling Centre of Riga Technical University.  
E-mail: [kasparskrauklis@gmail.com](mailto:kasparskrauklis@gmail.com)



**Aivars Spalvins** was born in Latvia. In 1963 he graduated from Riga Polytechnical Institute (Riga Technical University since 1990) as a Computer Engineer. He is Head of the Environment Modelling Centre of RTU. His research interests include computer modelling of groundwater flows and migration of contaminants.  
E-mail: [Aivars.Spalvins@rtu.lv](mailto:Aivars.Spalvins@rtu.lv)

### **Inta Lace, Kaspars Krauklis, Aivars Spalvins, Juris Laicans. Evaluation of Hydrogeological Quality of Various Implementations of the Riga City Water Supply System**

Keywords: hydrogeological model, groundwater well fields, syphon, pumping of groundwater.

Drinking water for the Riga city is provided by the groundwater well field "Baltezers, Zakumuiza, Remberģi" and by the Daugava river as a surface water source. Presently (2016), they both supply 122 thous.m<sup>3</sup>/day and they do not exploit ever a half of their power. Therefore, it seems reasonable in future, to use only groundwater, because water of a river is of low quality and its treatment is expensive. Scientists of Riga Technical university by using hydrogeological model of the well field "Baltezers, Zakumuiza, Remberģi" have proved that its capacity covers demand (120-122 thous.m<sup>3</sup>/day of drinking water for Riga in 2030. Therefore, it is possible not to exploit the Daugava river as the water source. The research was done as the task drawn up by the company "Aqua-Brambis". The company asked to evaluate hydrogeological properties of several versions of water supply of the Riga city. It was necessary to check stability of syphon type systems that extracts groundwater for the city under conditions of their increased productivity. It was also proved that the syphons may be replaced by a pumping station. Then the number of exploitation wells considerably decreases. The impact of expenses related to reconstruction of the wellfield and the water distribution network is not considered. The publication may be of interest for specialists dealing with problems of water supply for large towns.