

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

Rīgas pilsētas pazemes ūdensgūtvju izmantošanas optimizācijas variantu hidroģeoloģiskais izvērtējums

Inta Lāce¹, Kaspars Krauklis², Aivars Spalviņš³, Juris Laicāns⁴
¹⁻³ Rīgas Tehniskā universitāte, Latvija, ⁴ 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 ūdensgūtvēs neizmanto pat pusi no to ražības, un tāpēc Rīgai būtu lietderīgi izmantot tikai pazemes ūdeni (~122 tūkst. m³/dnn), jo upes ūdens nav kvalitatīvs, 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 – Dziļumsūkņi, hidroģeoloģiskais modelis, pazemes ūdensgūtvēs, sifona tipa ūdensgūtvē.

I. IEVADS

Rīgas pilsētas centralizēto ūdensapgādi nodrošina SIA *Rīgas ūdens*. 2015. gadā pilsētas vidējais diennakts ūdens patēriņš bija 124 700 m³/dnn [1]. Šo ūdens daudzumu nodrošināja pazemes ūdensgūtvēs (61 100 m³/dnn) un Daugavas upe (63 600 m³/dnn) kā virszemes ūdensgūtvē. Šobrīd abu tipu ūdensgūtvēs 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. līdz 2010. gadam: 1993. gadā – 400 tūkst. m³/dnn; 2010. gadā – 340 tūkst. m³/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 ūdensgūtvju tā, lai 2010. gadā tās Rīgai varētu dot ~340 tūkst. m³/dnn dzeramā ūdens. Latvija ieguldīja ievērojamus 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. m³/dnn.

Rīgas pilsētai 2030. gadā būs nepieciešami aptuveni (120–122) tūkst. m³/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. 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 I tabulā [1]. Kompleksā *Baltezers, Zaķumuiža, Remberģi* darbojas piecas sifonu tipa ūdensgūtvēs: *Baltezers, Baltezers1, Baltezers2, Remberģi* un *Zaķumuiža*. To izvietojums skatāms 1. attēlā. Sifoni ņem ūdeni no smilšu slāņa Q. Sifona ūdensgūtvēs darbības princips skaidrots grāmatā [6].

Sifona darbināšanai nav nepieciešami sūkņi, un to ražīgumu var ērti regulēt. Sifona *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 I 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 D3g12* ūdens horizonta.

I TABULA
SIA AQUA-BRAMBIS PROGNOZĒTIE ŪDENSĢŪTVJU RAŽĪBAS VARIANTI

Ūdensgūtne	Ūdens horizonts	ŪSS	1. variants	2. variants	3. variants	4. variants	5. variants
			m ³ /d	m ³ /d	m ³ /d	m ³ /d	m ³ /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	
Kopā PŪG			61 100	91 100	122 600	122 600	122 000
Daugava VŪG	VŪ	Jā	63 600	31 800			
Pavisam			124 700	122 900	122 600	122 600	122 000

Piezīmes:

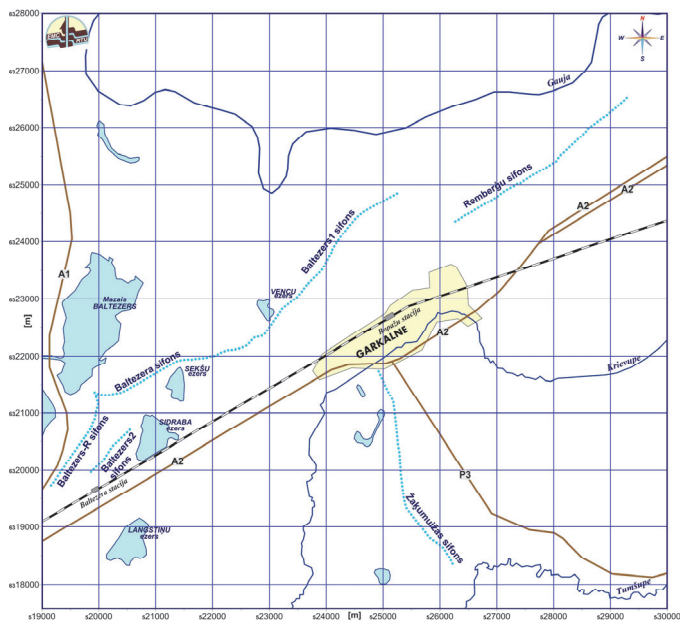
ŪSS – ūdens sagatavošanas stacija;

Q – kvartārs;

D – devons (Gaujas horizonts);

PŪG – pazemes ūdensgūtne;

VŪG – virszemes ūdensgūtne.

 Urbumi ar sūkņi


1. att. Ūdensgūtvju kompleksa sifonu izvietojums.

VMC bija jāanalizē variants Nr. 1, Nr. 2, Nr. 4, Nr. 5, jo 3. variants paredz jaunas ūdensgūtvnes Daugava PŪG (30 tūkst. m³/dnn) izveidošanu devona D3gj1 horizontā, Ķekavas novadā, bet šī varianta sifona sistēmu ražība ir identiska variantam Nr. 2 un Nr. 4.

Pirmais variants atbilst 2015. gada apstākļiem (61 100 tūkst. m³/dnn no pazemes, 63 600 tūkst. m³/dnn no Daugavas).

Otrais variants paredz samazināt ūdens ņemšanu no Daugavas līdz 31 800 tūkst. m³/dnn, kas atbilst Daugavas

ūdens sagatavošanas stacijas (ŪSS) minimāli pieļaujamai jaudai. Zaķumuižas D ūdensgūtve (28 500 tūkst. m³/dnn) gandrīz sasniedz savu maksimālo ražību 30 000 tūkst. m³/dnn, pieaug sifonu Remberģi un Zaķumuiža Q atdeve.

Varianti Nr. 3, Nr. 4, Nr. 5 neparedz Daugavas upes ūdens izmantošanu:

- 3. variants prasa veidot jaunu ūdensgūtvni Daugava PŪG;
- 4. variantā tiek īstenota papildus ūdens ieguve ar sūkņiem no devona D3gj1 horizonta ūdensgūtvēm Baltezers I D un Remberģi D;
- 5. variantā nelieto sifona tipa sistēmas, kuras nomaina urbumi ar dziļumsūkņiem Q horizontā. Viena urbuma ražība ~1400 m³/dnn.

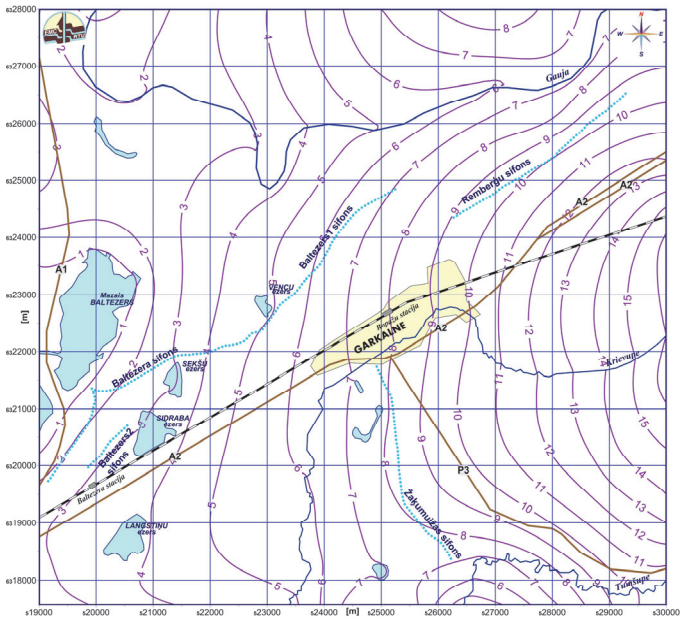
Ūdensgūtvju variantiem noteikti šādi hidroģeoloģiskie raksturojumi:

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

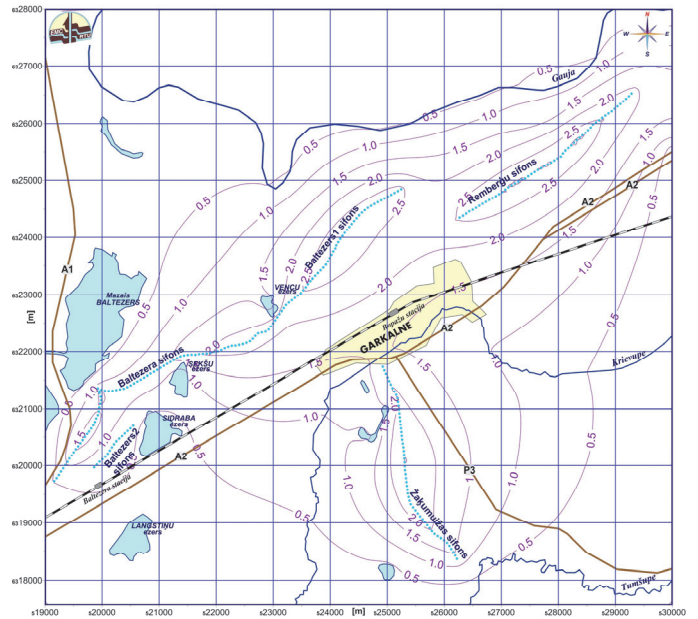
III. SIFONA ŪDENSĢŪTVES DARBĪBAS NOTURĪBA

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

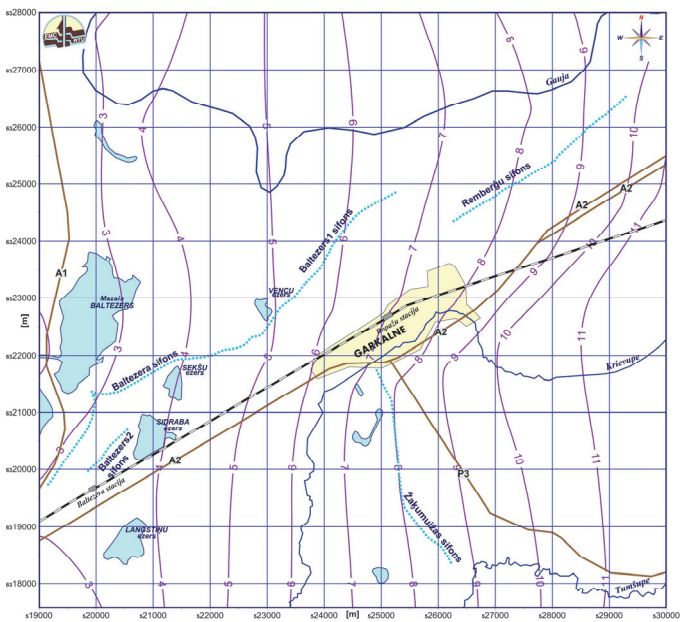
Depresijas piltuves karti iegūst, ja no HM aprēķinātā netraucētā stāvokļa ūdens līmeņu sadalījuma (2. att. Q horizonts) atskaita ūdensgūtvnes dinamisko ūdens līmeņu sadalījumu. Depresiju piltuve Q slānī 1. variantam, ja visi sifoni darbojas vienlaicīgi, skatāma 4. attēlā.



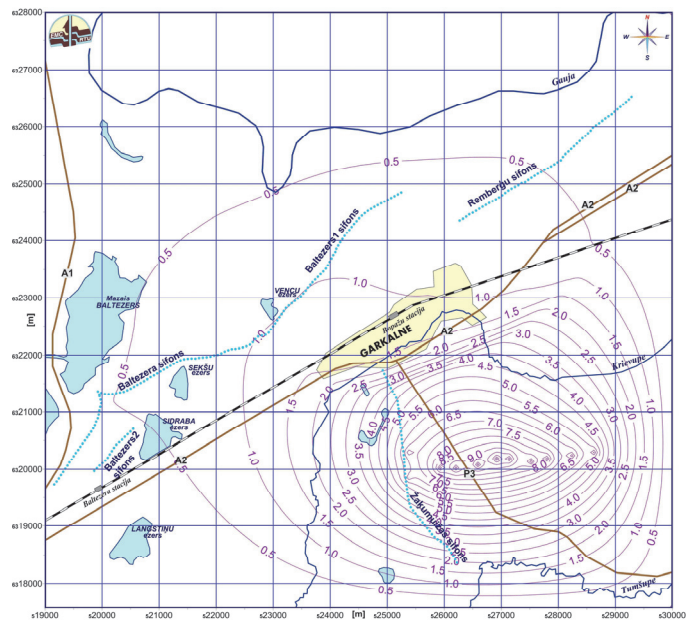
2. att. Netraucētā stāvokļa ūdens līmeņu sadalījums (m v.j.l.) horizontā Q.



4. att. Depresiju piltuve (m) Q horizontā 1. variantam.



3. att. Netraucētā stāvokļa ūdens līmeņu sadalījums (m v.j.l.) horizontā D3gj2.



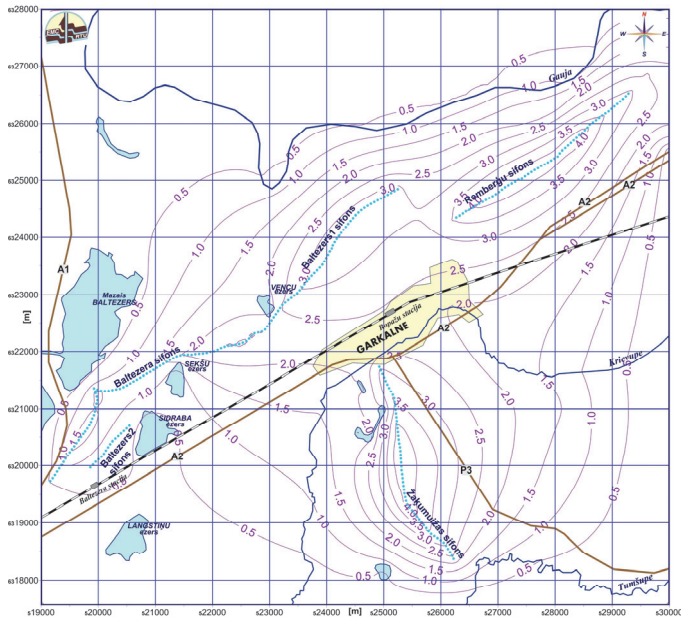
5. att. Depresiju piltuve (m) D3gj2 horizontā 1. variantam.

Sifonam var izmērīt tā lokālās depresijas piltuves dziļumu (1,6 m – Baltezers R (rietumu daļa); 2,2 m – Baltezers A (austrumu daļa); 2,9 m – Baltezers 1; 3,0 m – Remberģi; 2,5 m – Zaķumiža).

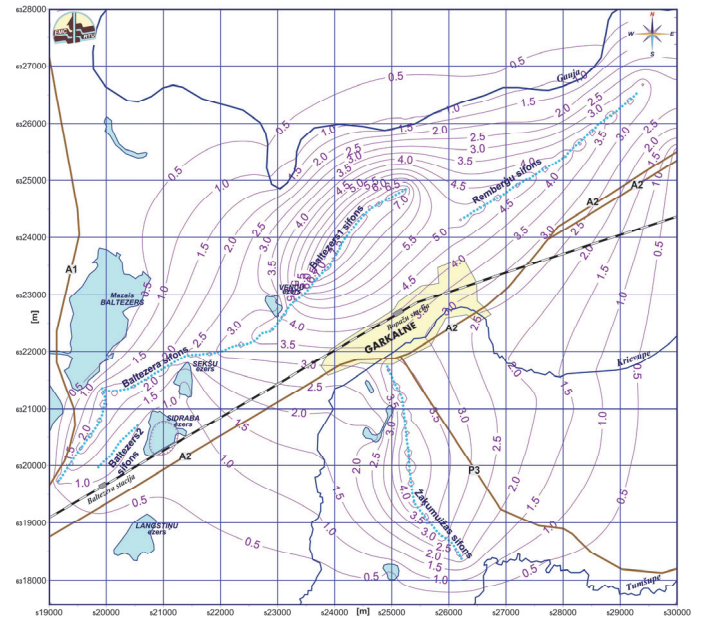
Netraucētā stāvokļa karte un depresiju piltuve 1. variantam D3gj2 horizontā skatāma 3. attēlā un 5. attēlā. Depresijas piltuves dziļums modelī Zaķumižas D ūdensgūtvei ir 11,2 m, ja tās ražība ir 10 500 m³/dnn.

Depresiju piltuves 4. variantam kvartāra Q un devona D3gj1 horizontos skatāmas 6. attēlā un 7. attēlā. Devona horizontā dziļurbumi ar ražību 1400 m³/dnn vienmērīgi izvietoti gar Baltezera 1 un Remberģu sifonvadiem, īstenojot Baltezers 1D un Remberģi D ūdensgūtvi.

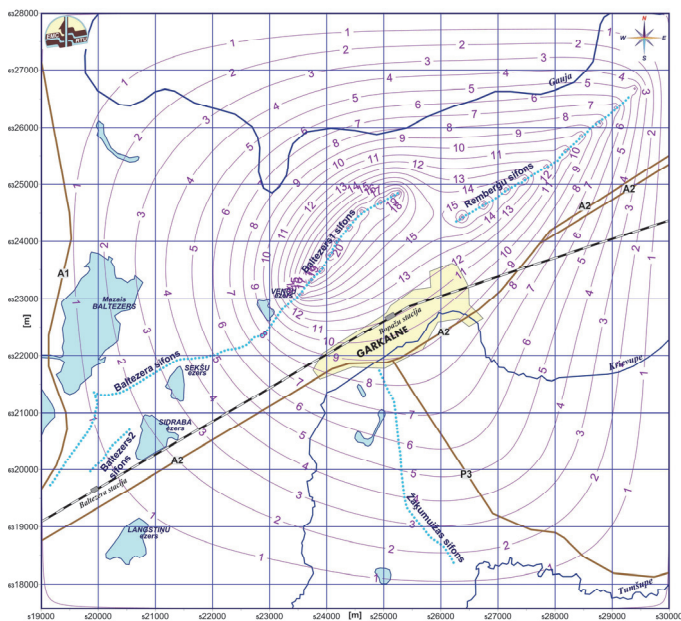
Depresiju piltuve 5. variantam kvartāra Q horizontā ir skatāma 8. attēlā. Ja salīdzina lokālās depresiju piltuves Zaķumižas Q ūdensgūtvei (6. att., 8. att.), tad tās praktiski neatšķiras, jo abos variantos šīs ūdensgūtves ražība (17 000 m³/dnn) nemainās. Piemēram, Zaķumižas Q depresijas piltuves dziļums pieaug no 4,3 m līdz tikai 4,8 m. Šis pieaugums radīs ūdensgūtves Baltezers un Baltezers 1 ietekmē, kuru ražības 5. variantā pieaugušas, attiecīgi (19 000 → 28 000) m³/dnn; (9600 → 30 000) m³/dnn, salīdzinot ar 4. variantu (I tab.). Depresiju piltuvju attēli visiem analizētajiem ūdensgūtņu variantiem ir atrodami pārskatā [7].



6. att. Depresiju piltuve (m) Q horizontā 4. variantam.



8. att. Depresiju piltuve (m) Q horizontā 5. variantam.



7. att. Depresiju piltuve (m) D3g1 horizontā 4. variantam.

Dati par maksimālo depresijas piltuvju dziļumu skatāmi II 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 II tabulā liecina, ka:

- mazūdens režīmā depresiju piltuves dziļums sifona ūdensgūtvēs pieaug par (0,7–1,2) m;
- devona ūdensgūtvēs praktiski nav atkarīgas no mazūdens režīma;
- depresiju piltuvju dziļumi ir proporcionāli ūdensgūtvju ražībai.

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

II TABULA

MAKSIMĀLAIS DEPRESIJAS PILTUVES DZIĻUMS ŪDENSĢŪTŅU IZMANTOŠANAS VARIANTIEM

Ūdensgūtve	Ūdensgūtvju izmantošanas varianti (m – mazūdens režīms)							
	1	1 _m	2	2 _m	4	4 _m	5	5 _m
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 I	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 D3g1	11,20	11,50	30,6	30,8	32,8	33,1	32,8	32,6
Devons D3g1	0	0	0	0	22,5	22,8	0	0

Urbumu papildu pazeminājuma ΔS aprēķinu dod izteiksme [8]:

$$\Delta S = \frac{q}{2\pi T} (\ln(0,2h/r) + \xi), \quad (1)$$

kur q – urbuma ražība, m^3/dnn ; T – ūdens vadāmība, m^2/dnn ; h – režģa solis HM; r – urbuma filtra rādiuss, m ; ξ – urbuma hidrauliskā pretestība. Formulā (1) izmantotā izteiksme $0,2 = r_{ekv}$ HM režģa šūnas ekvivalentajam rādiusam r_{ekv} iegūta darbā [9].

Ja urbumiem D3gj1 slānī $q = 1400 m^3/dnn$, $T = 300 m^2/dnn$, $h = 55 m$; $r = 0,2 m$, $\xi = 4,0$, tad $\Delta S = 6,0 m$.

Ja sifona urbumiem $q \sim 150 m^3/dnn$ un vidējā ūdensvadāmība Q slānim $T = 700 m^2/dnn$, tad formula (1) dod $\Delta S \sim 0,3 m$, t. i., sifonam papildu depresijas piltuves padziļinājums ir niecīgs.

Piektajā variantā sifoni kvartāra Q horizontā aizvietoti ar dziļumsūkņiem, kuru ražība $1400 m^3/dnn$. Tad iespējams ūdensgūtves ražību nodrošināt ar būtiski mazāku urbumu skaitu (III tab.), praktiski nepalielinot depresiju piltuvju dziļumu, salīdzinot ar sifonu ūdensgūtņu izmantošanas variantiem.

III TABULA

SALĪDZINOŠIE DATI PAR DZIĻUMSŪKŅU 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
Remberģi	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 (2p. att. pielikumā). Bilances netraucētam stāvoklim 1. un 5. variantiem skatāmas IV tabulā. Dati par bilancēm citiem ūdensgūtņu variantiem ir doti pārskatā [7].

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

IV TABULA

PAZEMES PLŪSMU BILANCE (TŪKST. M^3 / DNN) ŪDENSĢŪTŅU IZMANTOŠANAS VARIANTIEM

Slāņi	Caur slāņa augšu	Caur slāņa apakšu	Rezultējošā (2 + 3)	Upes	Ezeri	Robežas	Urbumi
1	2	3	4	5	6	7	8
Netraucētais stāvoklis							
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
Kopā			55,34	-33,89	-22,04	0,59	0
1. variants							
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
Kopā			68,17	-22,43	-4,99	20,35	-61,10
1m. variants							
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
Kopā			38,34	-14,46	3,06	34,17	-61,10
5. variants							
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
Kopā			80,72	-10,98	7,51	44,75	-122,00
5m. variants							
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
Kopā			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. m³ / dnn un –22,04 tūkst. m³ / dnn, kas praktiski atbilst infiltrācijas plūsmai (55,34 tūkst. m³ / dnn). Plūsma 55,34 tūkst. m³ / dnn atbilst gada vidējai infiltrācijai $55,34 \times 10^3 \times 365 \times 10^3 / (11\,000 \times 10\,450) = 175,7$ mm gadā modeļa teritorijā, t. i., 1000 m³/dnn = 3,17 mm gadā. Šī sakritība ļauj novērtēt infiltrāciju tai raksturīgā veidā (mm gadā) arī IV tabulā. Ūdensgūtvju 1. un 5. variants atbilst mūsdienu un forsētai ražībai kvartāra un devona horizontos. Šī iemesla dēļ šie varianti iekļauti IV tabulā.

Bilances tabula ļauj izsekot plūsmu izmaiņām ne tikai atsevišķos ūdens slāņos bet arī vispārīgajam pazemes plūsmu sadalījumam, kuram atbilst tabulas datu kopsomma katrā kolonā. Piemēram, salīdzinot ar netraucēto stāvokli, 1. variantā ir pieaugusi infiltrācijas plūsma (55,34 → 68,17) tūkst. m³ / dnn un plūsma caur robežu (0,59 → 20,35) tūkst. m³ / dnn. Samazinājusies plūsma upēs (33,89 → 22,43) tūkst. m³ / dnn un ezeros (22,04 → 4,99) tūkst. m³ / dnn. Šādā veidā hidroģeoloģiskā vide ir nodrošinājusi urbumu ražības 50,60 un 10,50 tūkst. m³ / dnn Q un devona horizontos.

Mazūdens 1m. variantā, salīdzinot ar normālo 1. variantu, samazinās infiltrācija (68,17 → 38,34) tūkst. m³ / dnn un upju plūsma (22,43 → 14,46) tūkst. m³ / dnn; palielinās barojošā plūsma caur robežu (20,35 → 34,14) tūkst. m³ / dnn; ezeru plūsma kļūst pozitīva (–4,99 → 3,06) tūkst. m³ / dnn.

Forsētajā 5. variantā ar dziļumsūkņiem, salīdzinot ar 1. variantu, ražība Q un devona slāņos pieaug (50,60 → 92,00) tūkst. m³ / dnn un (10,5 → 30,0) tūkst. m³ / dnn; aug kopējā ražība (61,10 → 122,0) tūkst. m³ / dnn. No IV 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, Zaķumuiža) lokālās bilances, bet tikai bilance HM apgabalā, kura ļauj noskaidrot, kā tiek nodrošināta pazemes ūdensgūtvju ražība kompleksā *Baltezers, Zaķumuiža, Remberģi*.

V. SECINĀJUMI

Datormodelēšanas rezultāti apstiprina, ka hidroģeoloģijas aspektos ūdensgūtvju kompleksā *Baltezers, Zaķumuiža, Remberģi* 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 HIDROĢEOLOĢISKAIS MODELIS

Pazemes ūdensgūtvju kompleksa HM imitē gada vidējos ilggadīgos hidroģeoloģiskos apstākļus un ir stacionārs. HM novietojums Rīgas apkārtnē ir skatāms 1p. attēlā. Modeļa

izmēri ir 11 000 m × 10 450 m, un tā plaknes režģa solis $h = 55$ m.

HM darbojas licenzētas programmatūras GV vidē.

HM vertikālā shematizācija ir skatāma 2p. attēlā.

Kvartāra sistēma pārstāvēta ar četriem slāņiem, kuriem atbilst aerācijas zona aer (formāls sprosts slānis), smilšu slāņi Q1 un Q2, morēna gQ kā sprosts slānis. 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 sprosts slānis D3gj1z. Slāņa D3gj1 apakša ir ūdens necaurlaidīga.

Robežnoteikumi horizontiem ūdens līmeņu veidā uzdoti un 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].

Riga_apk_mod_48krjums.srf



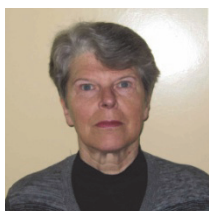
1p. att. Hidroģeoloģiskā modeļa novietojums Rīgas apkārtnē.

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)
	Sprosts slānis		

2p. att. Modeļa vertikālā shematizācija.

LĪTERATŪRAS SARAKSTS

- [1] A. Spalviņš, Rīgas pilsētas ūdensgūtnu izvērtējums un ūdensgūtnu optimizācijas plāna izstrāde. Noslēguma ziņojums. 2. redakcija, Rīga: SIA Aqua-Brambis, 2016. (in Latvian)
- [2] J.-L. Walther, "Riga Water Supply Strategy" presented at workshop in Riga, January 19, 1995, 30 p.
- [3] A. Spalviņš, Baltezers, Rembergu un Zaķumuižas ūdensgūtnu kompleksa optimizācija un piesārņojumu migrācijas kaitīguma prognozēšana ar skaitliskās modelēšanas līdzekļiem, Atskaite IZM-RTU projektam Nr. U7115, Rīga –decembris, 2006. (in Latvian)
- [4] Environmental Simulations, Inc. "Groundwater Vistas. Version 6, Guide to using," 2011.
- [5] Golden Software, Inc., "SURFER-10 (2012) User's Guide".
- [6] V. Skārds, *Ūdens apgāde un kanalizācija*, Rīga: Liesma, 1970, 309 lpp. (in Latvian)
- [7] A. Spalviņš, *Rīgas pilsētas pazemes ūdensgūtnu ražības variantu izvērtējums, pārskats*, Rīga: RTU, jūnijs, 2016. (in Latvian)
- [8] F. M. Bočever, *Proektirovanie vodozaborov podzemnyh vod*. Moskva: Strojizdat, 1976, p. 291. (in Russian)
- [9] M. M. Maksimov and L. P. Rybickaja, *Matematičeskoe modelirovanie processov razrabotki nefjnyh mestoroždenij*. Moskva: Nedra, 1976, p. 264. (in Russian)



Inta Lāce 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 the Master's degree in Applied Computer Science. Since 1991, she is a Researcher at the Environment Modelling Centre of the Faculty of Computer Science and Information Technology, RTU.
E-mail: inta.lace@yahoo.com



Kaspars Krauklis received the 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 RTU in 2005. He is a Researcher at the Environment Modelling Centre of RTU.
E-mail: Kaspars.Krauklis@gmail.com



Aivars Spalviņš was born in Latvia. In 1963, he graduated from the 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



Juris Laicāns received the M. Sc. degree in Water Technologies from Riga Technical University (RTU) and the M. Sc. degree in Sustainable Infrastructure and Environmental Engineering from Royal Institute of Technologies (KTH), Stockholm. Currently he is a Senior Engineer in Latvian water engineering consultancy company "Aqua Brambis" SIA. His graduation thesis at RTU was on the problems of drinking water quality in the water supply system of Jurmala city in Latvia. His graduation thesis at KTH was on the treatment processes in Liepāja wastewater treatment plant (Latvia), including its computer simulation using software EFOR. During 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@aqua-brambis.lv

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

Inta Lāce¹, Kaspars Krauklis², Aivars Spalviņš³, Juris Laicāns⁴

¹⁻³ Riga Technical University, Latvia, ⁴ Ltd "Aqua-Brambis"

Drinking water for Riga city is provided by the groundwater well field "Baltezers, Zakumuiza, Rembergi" and by the Daugava river as a surface water source. Presently (2016), it amounts to 122 thous.m³/day and both sources do not exploit even half of their power. Therefore, in future it seems reasonable to use only groundwater, because the river water is of low quality and its treatment is expensive. Scientists of Riga Technical University by using hydrogeological model of the well field "Baltezers, Zakumuiza, Rembergi" proved that its capacity covers the demand for 120–122 thous.m³/day of drinking water in Riga until 2030. Therefore, it is possible not to exploit the Daugava river as the water source. The research was done as to the request of the company "Aqua-Brambis". The company asked to evaluate hydrogeological properties of several versions of water supply of Riga city. It was necessary to check the stability of syphon type systems that extract the groundwater for the city under the 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 was not considered. The publication may be of interest for the specialists dealing with problems of water supply for large cities.

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