

Rīgas Tehniskā universitāte

VIDES MODELĒŠANAS

CENTRS

**Zinātniskais pamatojums
Teiču dabas rezervāta
ārējās aizsargjoslas noteikšanai**

Atskaite

*Dabas aizsardzības pārvaldes projekts,
kuru īsteno Rīgas Tehniskās universitātes
Vides modelēšanas centrs*

Rīga – oktobris, 2021

Zinātniskais pamatojums Teiču dabas rezervāta ārējās aizsargjoslas noteikšanai

Atskaitē ir iekļauts pētījums par Teiču dabas rezervāta teritorijā un tās apkaimē notiekošiem virszemes un pazemes ūdens apmaiņas procesiem un uz tā pamata izveidotā rezervāta aizsargjoslas robežas līnija.

Atskaite satur 74 lappuses, 32 attēli un 2 tabulas.

Zin. vadītājs Dr.math. I. Eglīte, RTU VMC, oktobris, 2021.

Izpildītāji: Mg.sc.ing. I. Lāce, Mg.sc.ing. K. Krauklis

Adrese:

Rīgas Tehniskā universitāte, Vides modelēšanas centrs

Zunda krastmala 10, Rīga, LV-1048, Latvija

Tālr. +371 22023316

E-mail: Irina.Eglite@rtu.lv

URL: <http://emc.rtu.lv>

Zin. vadītājs un redaktors:

I. Eglīte

© Rīgas Tehniskā universitāte, 2021.

Saturs

1.	Ievads.....	5
2.	Teiču dabas rezervāts	6
3.	Purvs.....	7
4.	Hidroģeoloģiskais modelis	8
5.	Teiču hidroģeoloģiskā modeļa izveide	9
5.1	HM pamata struktūra	9
5.2	Izmantotie dati	9
5.3	HM slāņi un to parametri	12
5.4	Hidrogrāfiskais tīkls.....	20
6.	Modelēšanas rezultāti	22
6.1	HM netraucētais stāvoklis	22
6.2	HM ar meliorācijas sistēmu ietekmi	33
7.	Traseru modelēšanas eksperimenti.....	37
7.1	Traseru novietojums.....	37
7.2	Ūdens aizplūšana no Teiču DR.....	38
7.3	Ūdens avoti Teiču DR.....	41
8.	Aizsargjosla	44
8.1	Aizsargjoslas līnija.....	44
8.2	Ierobežojumi Teiču DR aizsargjoslas apgabalā	47
9.	Secinājumi	48
10.	Izmantotie informācijas avoti	49
	Pielikums. Teiču DR aizsargjoslas koordinātes	Error! Bookmark not defined.

Atskaitē izmantotie saīsinājumi un mērvienības

Saīsinājumi

RTU	Rīgas Tehniskā universitāte
DAP	Dabas Aizsardzība pārvalde
VMC	Vides Modelēšanas centrs
LGIA	Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūra
LVĢMC	Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs
HM	Hidroģeoloģiskais modelis
DR	Dabas rezervāts
GV	Programmatūra Groundwater Vistas

Saīsinājumi	Saīsinājuma nosaukums	Mērvienība
δ	Ģeoloģiskā slāņa biezums	m
k	Ģeoloģiskā slāņa filtrācijas koeficients	m/dnn
T	Ģeoloģiskā slāņa ūdens vadāmība	m ² /dnn
q	Ūdens plūsma	m ³ /dnn
S	Pazemes ūdens līmeņa pazeminājums	m
L	Laukums	m ²
t	Laiks	dnn

1. IEVADS

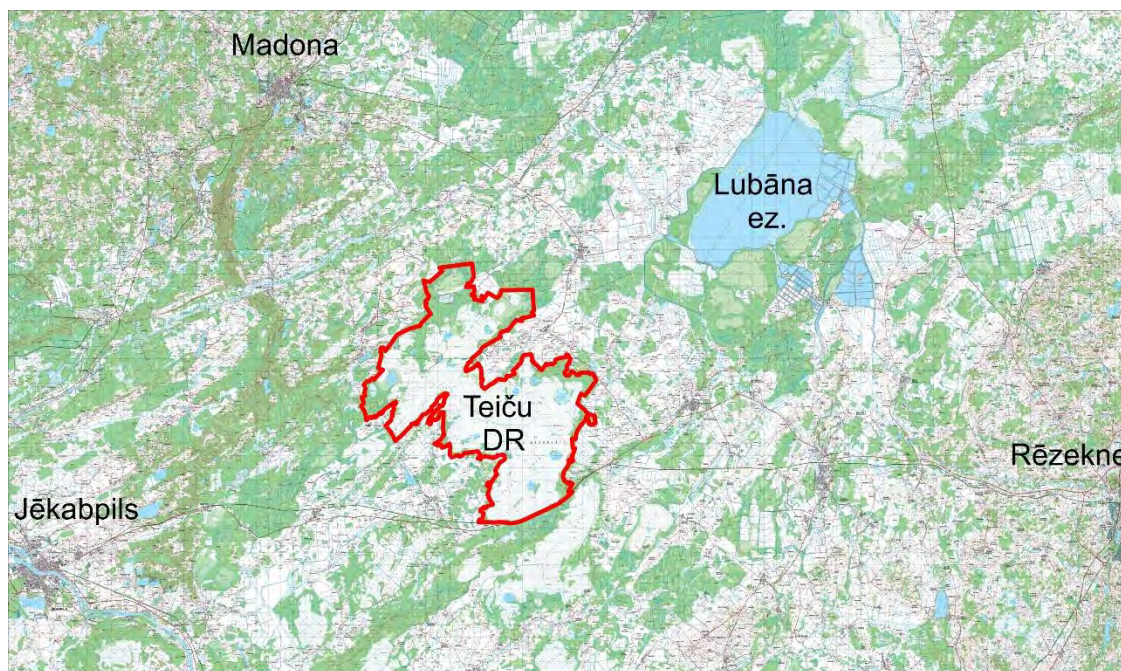
Pārskats sagatavots, pamatojoties uz savstarpēji noslēgto līgumu Nr. 7./7/299/2021 starp Dabas Aizsardzības Pārvaldi DAP, reģistrācijas Nr. 90009099027, un Rīgas Tehnisko Universitāti RTU, reģistrācijas Nr. 90000068977.

Līguma priekšmets ir zinātniskā pamatojuma sagatavošana Teiču dabas rezervāta ārējās robežas noteikšanai.

Teiču dabas rezervāta pamatā ir purva teritorija, kas ir Baltijas valstīs lielākā. Lai nodrošinātu rezervātā esošo augu sugu aizsardzību pret antropogēniem apstākļiem, ap rezervātu ir paredzēta aizsargjosla. Lai no jauna noteiktu aizsargjoslas platumu, šī pētījuma ietvaros tika izveidots hidroģeoloģiskais modelis HM. Tā tapšanā izmantoti dažādi pieejamie kartogrāfiskie dati, no zinātniskās literatūras iegūtās zināšanas, Latvijas reģionālā hidroģeoloģiskā modeļa LAMO dati un RTU Vides Modelēšanas Centrā VMC veikto pētījumu izstrādātās metodikas. Teiču rezervāta hidroģeoloģiskais modelis ne tikai papildina esošās zināšanas par Teiču rezervātu un tā tuvāko apkaimi, bet arī kalpo par vidi, ar kuras palīdzību gan labāk var novērtēt antropogēno ietekmi uz teritoriju, gan arī veikt modelēšanas eksperimentus, lai rastu atbildi uz pētījuma galveno jautājumu – kur atrodas Teiču rezervāta ārējās aizsargjoslas robeža. Šobrīd esošo Teiču DR aizsargjoslas robežu būtu grūti pamatot, tā aizņem plašas teritorijas, un ziemeļdaļā tā atrodas aiz Aiviekstes upes. Ņemot vērā to, ka Aiviekstes upei ir savs, plašs sateces apgabals, ar hidroģeoloģisko modeli būtu grūti vai pat neiespējami pamatot esošās Teiču DR aizsargjoslas robežas. Darba ietvaros tiek meklēta jauna aizsargjoslas robeža.

2. TEIČU DABAS REZERVĀTS

Teiču dabas rezervāts ir valsts nozīmes īpaši aizsargājama dabas teritorija, kopējā platība 19779 hektāri. Rezervāta saudzīgai pārvaldīšanai ir pieņemts Teiču rezervāta likums [1], tāpat tas ir iekļauts starptautiskas nozīmes mitrāju sarakstā. Rezervāta teritorijas pamatā ir purvs (99%). Tas atrodas Jersikas līdzenumā, Austrumlatvijas zemienē, atrašanās vieta uz kartes skatāma 1. attēlā. Teiču purvs izveidojies apmēram pirms deviņiem tūkstošiem gadu, seklā un plašā ledāja ieplakā. Ceļoties gruntsūdens līmenim, apmēram pirms 7,5 tūkstošiem gadiem sākas ezera aizaugšana, kas vēl turpinās mūsdienās [2]. Kā jau purvs, tas ir bagāts ar dažādām augu, dzīvnieku un putnu sugām, kuru eksistenci un uzplaukumu veicina rezervāta vide, kur ne tikai ierobežota iespējamā antropogēnā ietekme. Teiču DR stingrā režīma zona (3. att.) liegta apmeklējumam. Teiču rezervātā ir 19 ezeri, tiem ir nozīmīga loma ekosistēmā, gan nodrošinot noteiktām sugām vidi, gan arī tiem ir purva ūdens līmeņa stabilizējošs efekts. Ezeri paņem pazemes ūdens daļu laikā, kad tā ir daudz purvā, un atdod ūdeni sausajā periodā. Ņemot vērā to, ka Teiču DR purvs ir lielākais Baltijas valstīs, tā neskartās vides saglabāšana ir svarīga, lai saglabātu šo dabas objektu gan kā netraucētu ekosistēmu, augu un dzīvnieku sugu rezervācijai, tāpat arī tūrismam un pētniecībai.



1. att. Teiču DR atrašanās vieta

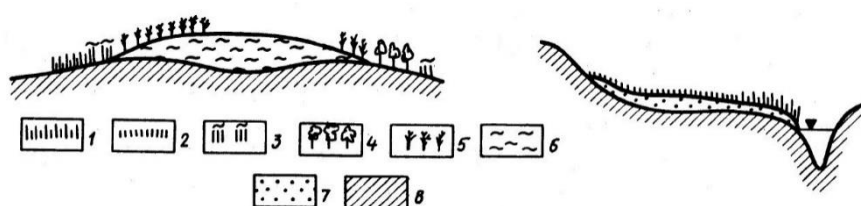
3. PURVS

Par purvu sauc dabīgas izcelsmes veidojumus, ar ūdeni piesūcinātas organiska materiāla minerālvielas – kūdras nogulsņējumu uz zemes virsmas. Purva biezums ir ne mazāks par 30 centimetriem un uz tā virskārtu nosedz specifiskā purva flora.

Purvs veidojas nepilnas augu atlieku sadalīšanās rezultātā un tā specifiskās fizikālās un ķīmiskās īpašības jūtami atšķiras no citiem iežiem.

Pamata iemesls organiskā materiāla uzkrājumam uz augsnes virskārtas ir pastāvīga mitruma esamība augsnē un uz tās virsmas pie vājas ūdensteces un palēninātas ūdens apmaiņas. Tas, cik lielā mērā ir purvainā atsevišķa teritorija, ir saistīts ar tās ūdens bilanci (nokrišņi, iztvaikošana, infiltrācija un notece), siltuma daudzumu un mehānismu, kādā veidā mitruma pārpalikums tiek novadīts upju tīklā. Palielināts mitruma daudzums augsnē un uz tās virsmas izsauc pazeminātu skābekļa apmaiņu, tādējādi apgrūtinot gaisa piekļuvi caur augsnes un grunts porām, kļūst par iemeslu atmirušo augu palieku nepilnai oksidācijai, urīnskābju veidošanai un organiskā materiāla konservācijai. Pēdējais, pamazām sablietējoties un zem sava svara, kā arī dēļ kapilārā spiediena deformējoties, pakāpeniski pārvēršas nogulumiezī – kūdrā. Tai ir augsta spēja noturēt ūdeni un tā procentuāli satur ļoti daudz ūdens. Pētījumos ir noskaidrots, ka purvs dabiskā stāvoklī satur 88%-97% ūdens no kopējā tilpuma, savukārt sausne no 2%-10%, bet gāzes – no 1% līdz 7%. Līdz ar to purva uzkrāšanās process var uzskatīt kā fizikāli ģeogrāfisku ievērojamu ūdens daudzuma uzkrāšanās procesu, uz augsnes augu virskārtas struktūras un sastāva izmaiņām, visu zemes virsas fizikālo īpašību izmaiņām, kas visbeidzot noved pie purva ainavas izveidošanās, tā izvēršas uz plašām teritorijām līdzenuma reljefa gadījumā [3], [4].

Purvi tiek iedalīti trijos veidos – zemais purvs, pārejas purvs un augstais purvs. Tie atšķiras gan pēc atrašanās veida reljefā, gan pēc uz purva augošiem augiem. Tiek uzskatīts, ka augstajos purvos augi saņem ūdeni tikai no atmosfēras nokrišņiem. Pie augstajiem purviem pieder arī Teiču purvs. No 2. attēla ir redzams, ka augstā purva augšējā kārtā atrodas virs apkārtējā reljefa, kas ir iemesls atšķirīgam hidroloģiskam režīmam [2], [5], [6].



2. att. Augstā un zemā purva shēma

4. HIDROĢEOLOĢISKAIS MODELIS

Hidroģeoloģiskais modelis matemātiski modelē pazemes ūdeņu trīsdimensiju plūsmas. Taisnleņķa paralēlskaltnis aizpildīts ar šūnām, kur augstums un platums piesaistīts modeļa apgabala ģeogrāfiskām koordinātēm, bet dziļums – noteiktiem pazemes slāņiem. Šūnas lielums atkarīgs no modeļa aproksimācijas soļa, tas var būt no desmitiem centimetru līdz vairākiem simtiem metru. Hidroģeoloģiskais modelis tiek izveidots izmantojot pieejamos urbumu datus un citu informāciju par modelējamo teritoriju. Katrai modeļa šūnai tiek vai var tikt uzdotas zināmas īpašības, kas apraksta to, cik šī šūna ir ūdeni vadoša, un robežnoteikumus – no hidroģeoloģiskās izpētes zināmas vai interpolētas ūdens līmeņu vērtības. Pēc modeļa šūnu aizpildīšanas ar pētāmās teritorijas hidroģeoloģiskiem datiem, tiek veikta simulācija – modeļa ūdens plūsmu aprēķins katrā modeļa šūnā, kā arī iespējami tālāki eksperimenti, pielāgojot vai papildinot modeli ar jauniem modeļa objektiem.

Hidroģeoloģiskā modeļa izveide ļauj papildināt esošo informāciju par zemes dzīlēm un virszemes hidrogrāfisko tīklu (ūdensteces, ezeri un jūra).

Korekti izveidots modelis simulē interesējošo hidroģeoloģisko situāciju. Tā var būt gan esošā, gan arī pēc atsevišķu modeļa objektu – ūdensteču (grāvju, drenu), ūdeni nevadošu sienu, ūdens ieguves vai atsūkņēšanas urbumu, dīķu, piesārņojuma ievietošanas vai izņemšanas. Papildus tam jaunas iespējas paveras, veidojot dinamisku hidroģeoloģisko modeli, kur iespējams uzdot atšķirīgus apstākļus dažu dienu, nedēļu vai mēnešu ciklā. Eksperimentu rezultāti ļauj prognozēt ūdens plūsmu izmaiņas, ar kādam ir jārēķinās, ja šādus objektus patiesi izbūvē dabā. Izmantojot rezultātus var pilnīgāk novērtēt jau esošo situāciju un attīstības scenārijus.

Teiču rezervāta HM specifika ir purvs kā pamata pētniecības objekts. Purva un tā apkaimes ūdens apmaiņas procesi nav plaši pētīti ar hidroģeoloģiskās modelēšanas līdzekļiem. Tā izstrādē par bāzi tiek izmantots Latvijas reģionālais hidroģeoloģiskais modelis LAMO4.

LAMO4 ir izveidots, izmantojot, HM “Lielā Rīga” [7] [8], LVĢMC urbumu datu bāzi un LGIA reljefu un datus par hidrogrāfisko tīklu visai Latvijas teritorijai [9].

5. TEIČU HIDROĢEOLOĢISKĀ MODEĻA IZVEIDE

5.1 HM pamata struktūra

Rezervāta modeļa izveidei ir nepieciešams liels daudzums ticamas, klasificētas informācijas. HM izveidē būtiskie elementi:

1. HM izmērs, plaknes aproksimācijas režģa solis u.c. uz visu modeli attiecināmie parametri.
2. Pazemes slāņu virsmas un filtrācijas koeficienti.
3. Robežnoteikumi, kas fiksē ūdens līmeni modeļa pirmajā un pēdējā slānī.
4. Hidrogrāfiskais tīkls (upes, ezeri, grāvji) kā lokāli robežnoteikumi atsevišķos slāņos.

Modelī iekļautie dati ir aprakstīti un attēloti turpmāk, 5.2 nodaļā.

5.2 Izmantotie dati

Rezervāta modelis imitē ģeoloģisko vidi 35km×40km laukumā un dziļumā līdz Daugavas ūdens horizontam D3dg#, kas ietver Teiču dabas rezervātu, tā aizsargjoslu un 2km platu zonu ap aizsargjoslu (skat. 3. att.). HM plaknes aproksimācijas solis $h=20\text{m}$ nodrošina modelī ietvertā dabīgā hidrogrāfiskā tīkla (skat. upes/ezeri 4. att.) un arī meliorācijas sistēmu modelēšanas ticamību atbilstoši Tehniskās specifikācijas prasībām [10]. Daudzām upēm un strautiem purva apkārtnē ir izteka (skat. upes/ezeri 4. att.). Purvs ar virszemes noteci un pazemes ūdeņu plūsmu atdod lieko mitrumu, tādējādi barojot tuvējās ūdensteces.

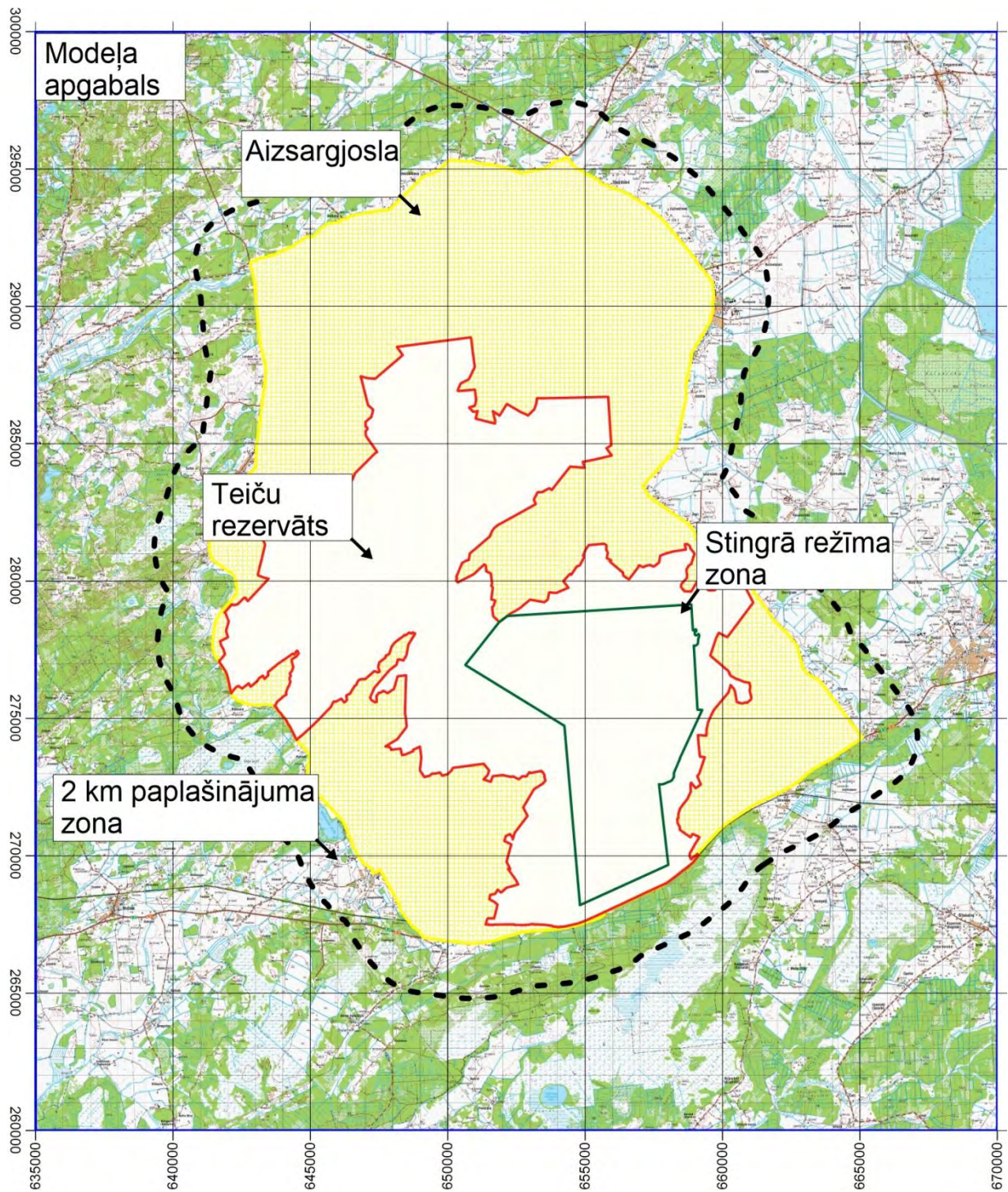
Modeļa telpiskajā režģī ir 7 slāņi. Vienā slānī ir $1750 \times 2000 = 3.5 \times 10^6$ modeļa mezgli. Modelī ir $7 \times 3.5 \times 10^6 = 24.5 \times 10^6$ mezgli. Izmantojot modelējošo programmu Groundwater Vistas7 [11], modeļa režģī iegūst pazemes ūdens līmeņu φ un plūsmu q sadalījumus.

Reģionāla rakstura hidroģeoloģiskie dati rezervāta HM izveidošanai iegūti no Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa LAMO4 [12] un Latvijas dabas enciklopēdijas [13].

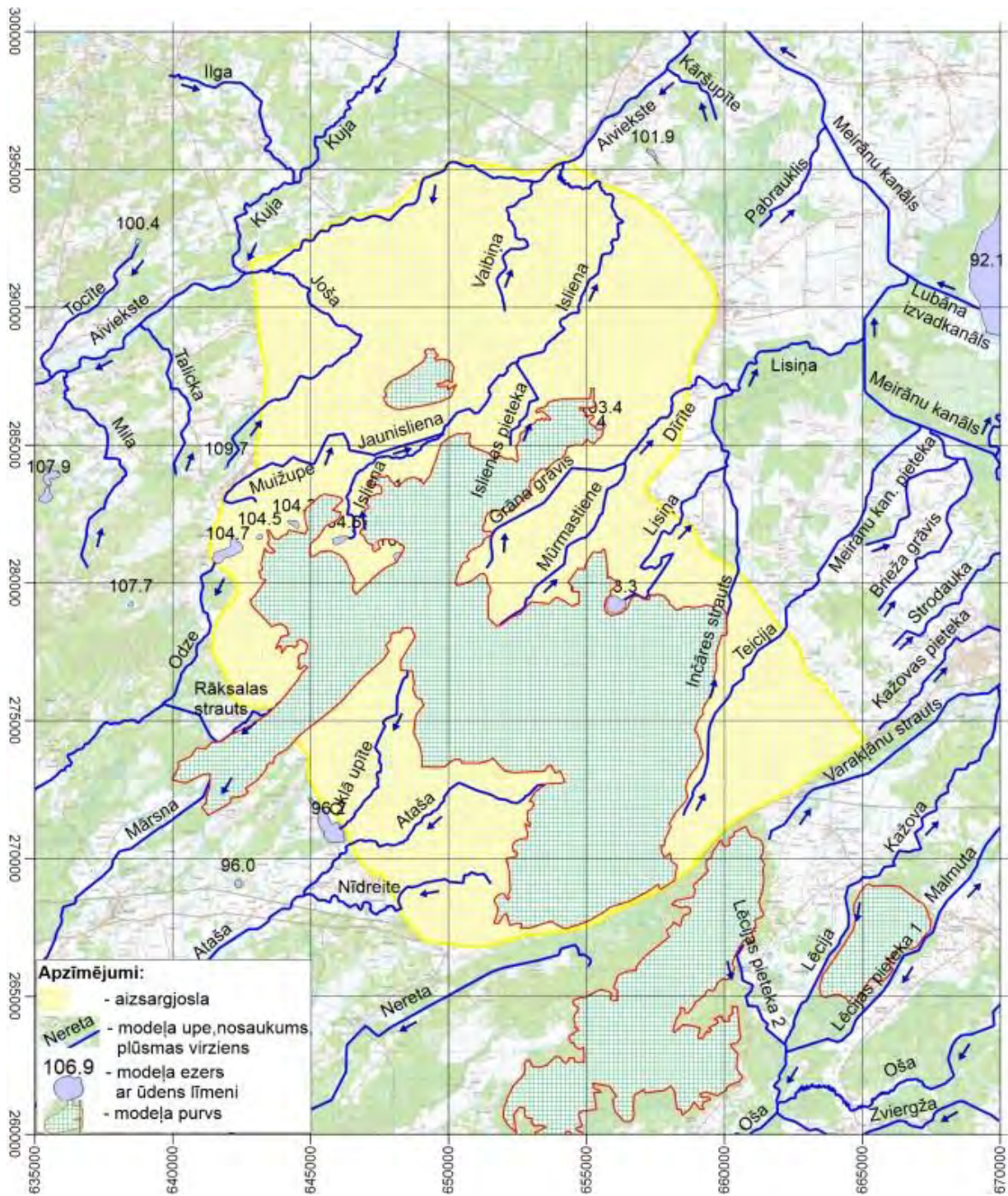
Kā lokālo hidroģeoloģisko datu avots par upēm un ezeriem izmantota Latvijas ģeotelpiskā informācijas aģentūras (LĢIA) topogrāfiskā karte [14].

Informācija par Teiču dabas rezervāta un tā ārējās aizsargjoslas robežām iegūta no dabas datu pārvaldības sistēmas “Ozols” [15].

Izmantota LĢIA sagatavotā zemes virsmas augstuma (reljefa) datu karte [16].



3. att. Teiču dabas rezervāta novietojums HM apgabalā



4. att. Teiču dabas rezervāta HM bāzes karte ar dabīgās izcelsmes hidrogrāfisko tīklu

5.3 HM slāņi un to parametri

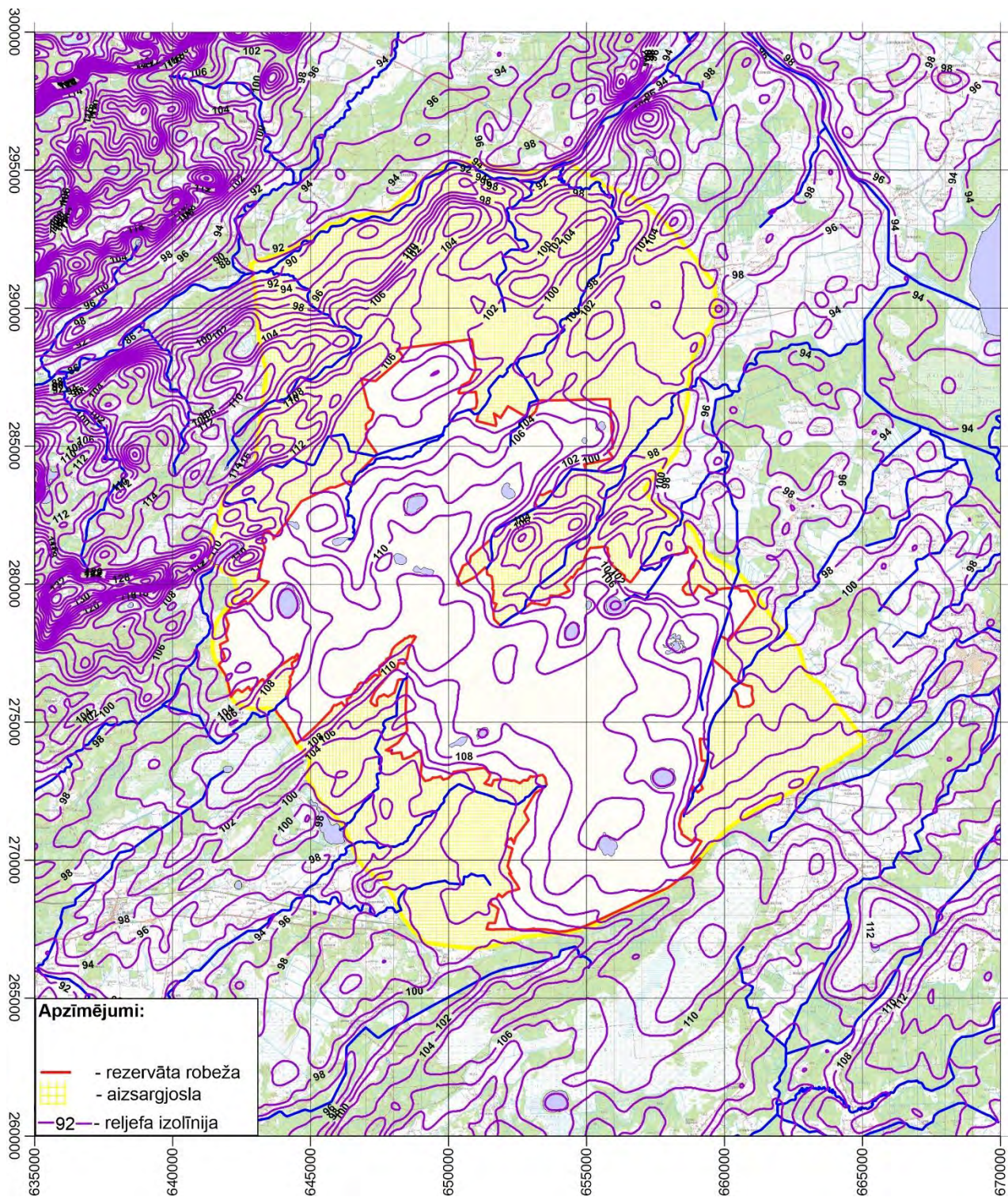
Modeļa vertikālā shematizācija, skatāma Tabula 1. Lai noteiktu, kāda ir meliorācijas sistēmu ietekme, noteiktu aizsargjoslas robežas, ir nepieciešami dati par ūdens plūsmu purva virskārtā, kas piegādā uz purva esošām augu sugām ūdeni, un dati par ūdens plūsmām kvartāra Q2 slānī. Pēdējais gan būt ne tikai svarīgs purva malās augošo augu sugu apgādē ar ūdeni, tas var būt iekļauts mijiedarbībā ar purva slāņiem Prv1 un Prv2.

Tabula 1.

Rezervāta HM vertikālā shematizācija

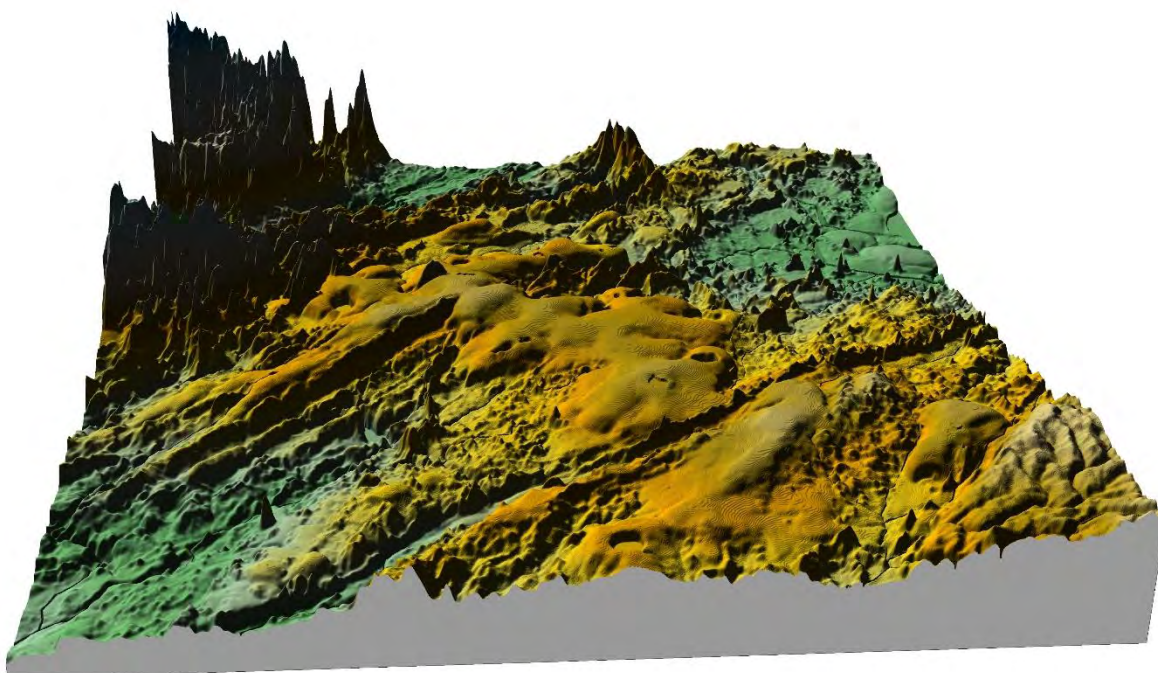
Slāņa Nr.	Modeļa slāņa nosaukums	Slāņa šifrs	Slāņa biezums [m]	Filtrācijas koeficients [m/dnn]	Piezīmes
1.	Reljefs	rel	0.02	10.0	ψ_{rel} - karte kā robežnoteikums
2.	Aerācijas zona kā sprosts slānis	aer	0.2-5.6	$2 \times 10^{-4} - 2 \times 10^{-5}$	Nosaka infiltrācijas plūsmas sadalījumu
3.	Purva virskārta	Prv1	0.02-0.4	0.015	Purva ezeru, purva grāvju piesaiste
4.	Purva sprosts slānis	Prv2	0.2-10.2	10^{-5}	
5.	Kvartāra ūdens horizonts	Q2	1.0-33.2	10.0	Upju, ezeru un grāvju piesaiste
6.	Kvartāra morēna	gQ2z	4.0-40.1	5×10^{-6}	
7.	Daugavas ūdens horizonts	D3dg#	2.0	10.0	$\psi_{D3dg\#}$ karte kā robežnoteikums

Modeļa pirmajā un septītajā slānī fiksēti ūdens līmeņa robežnoteikumi ψ_{rel} un $\psi_{D3dg\#}$ modeļa augšai un apakšai. Kā karte ψ_{rel} (5. att.) izmantota LĢIA sagatavotā zemes virsmas augstuma karte, kurā datu plaknes aproksimācijas solis ir $h=20.0m$.



5. att. Lokālā hidrogeoloģiskā modeļa apgabala reljefa izolīniju [m vjl] karte

Modeļa reljefa karte triju dimensiju virsmas veidā ir apskatāma 6. att. Purvs ir augstāks par apkārtējo reljefu, izņemot HM ziemeļrietumu daļu. Tāpat var redzēt, ka Teiču, Eiduku un Lielais Pečāres purvs veido vienu veselu, vien atdalīti ar autoceļu zonām. Teiču purva izliektā forma veicina virszemes noteci no purva virskārtas. Pazemes ūdens līmeņu izolīniju forma un plūsmu vērsums liecina, ka dabīgās izcelsmes upes to sākumā baro purvu virszemes noteces plūsmas, kuru virzienu nosaka zemes virsmas reljefs (5. att.). Reljefa karte HM tiek izmantota gan kā modeļa augšējā virsma, gan arī kā robežnoteikumi.

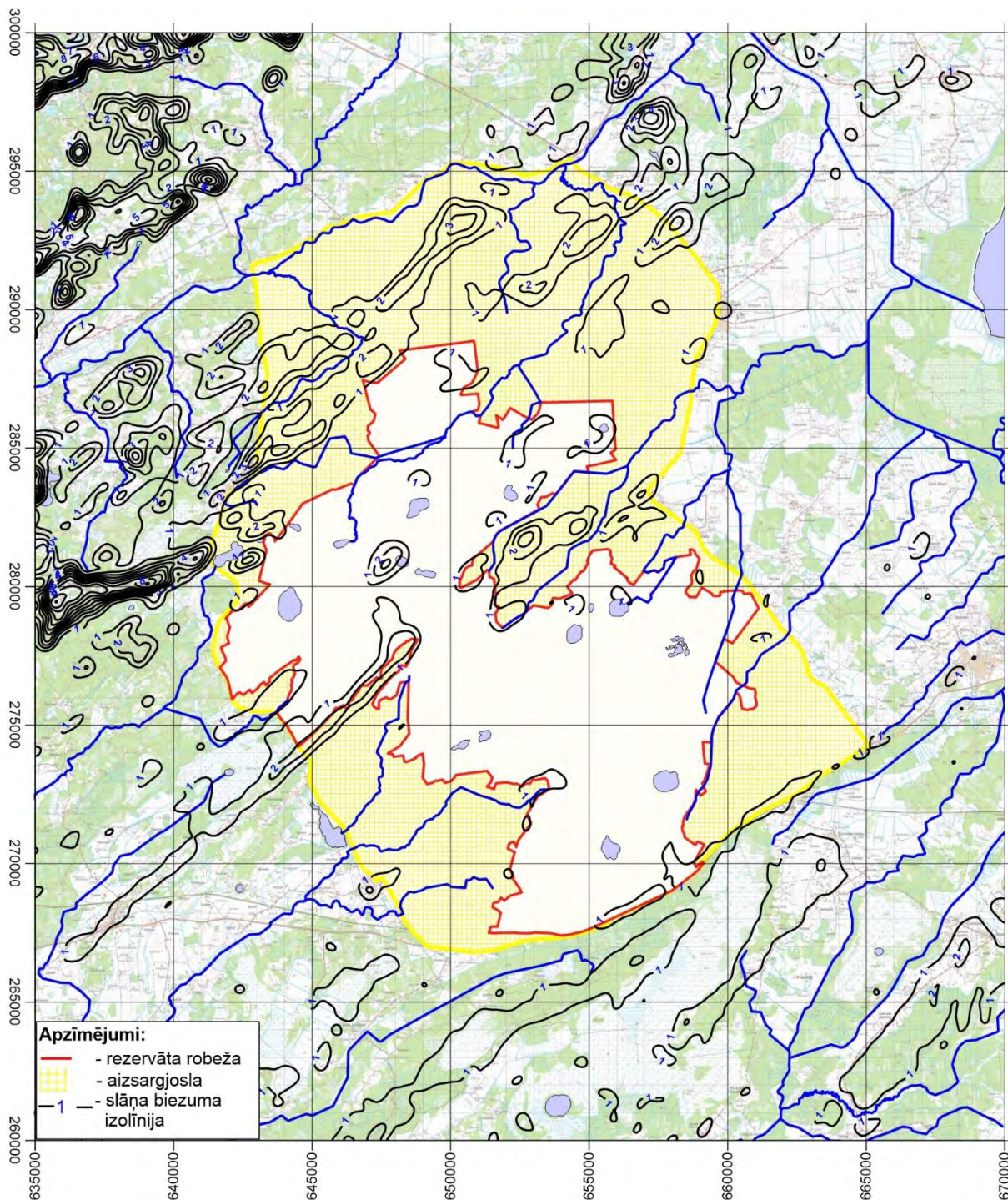


6. att. Modeļa reljefa karte 3D virsmas attēlojumā

Karte $\psi_{D3dg\#}$ ņemta no LAMO4, veicot datu interpolāciju ar SURFER12 [17] no plaknes aproksimācijas soļa $h=250\text{m}$ uz $h=20\text{m}$. Pirmā HM slāņa biezums ir $\delta_l = 0.02\text{m}$, kas minimizē HM stratigrāfijas kropļojumu.

Otrais slānis modelē aerācijas zonu aer kā sprosslāni, kas nosaka nokrišņu infiltrācijas plūsmu. Aerācijas zonas biezums mainās robežās no 0.2m līdz 13.3m (7. att.). Biezuma maksimālās vērtības ir augstienēs.

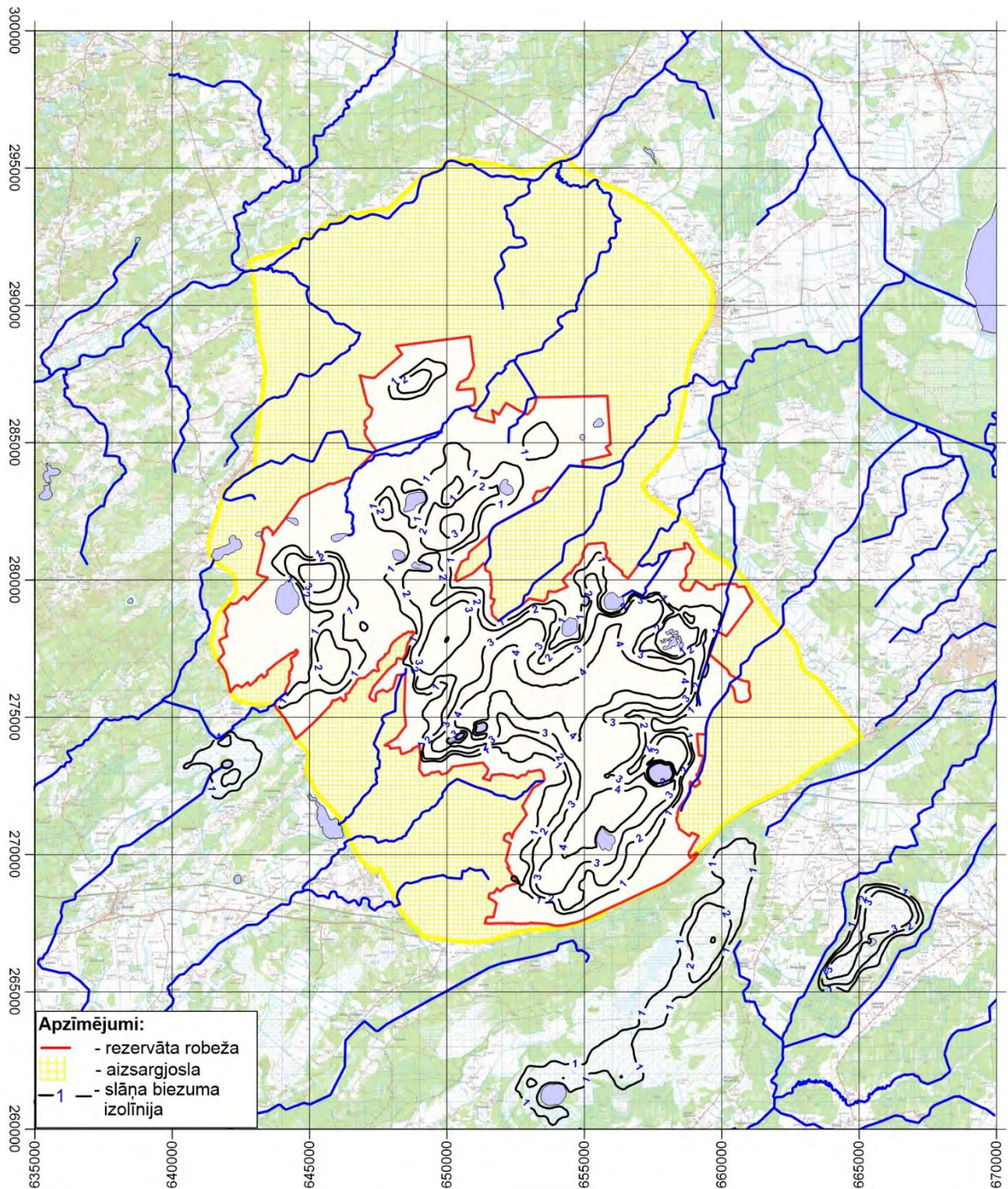
Trešais un ceturtais sprostslānis Prv1 un Prv2 ievēro purvu ietekmi. Kopējais biežums iegūts, analizējot zemes virsmas kartes ψ_{rel} datus. Slānim Prv1 piesaistīti purva ezeri un purva grāvji kā robežnoteikumi.



7. att. aer zonas biezuma karte [m]

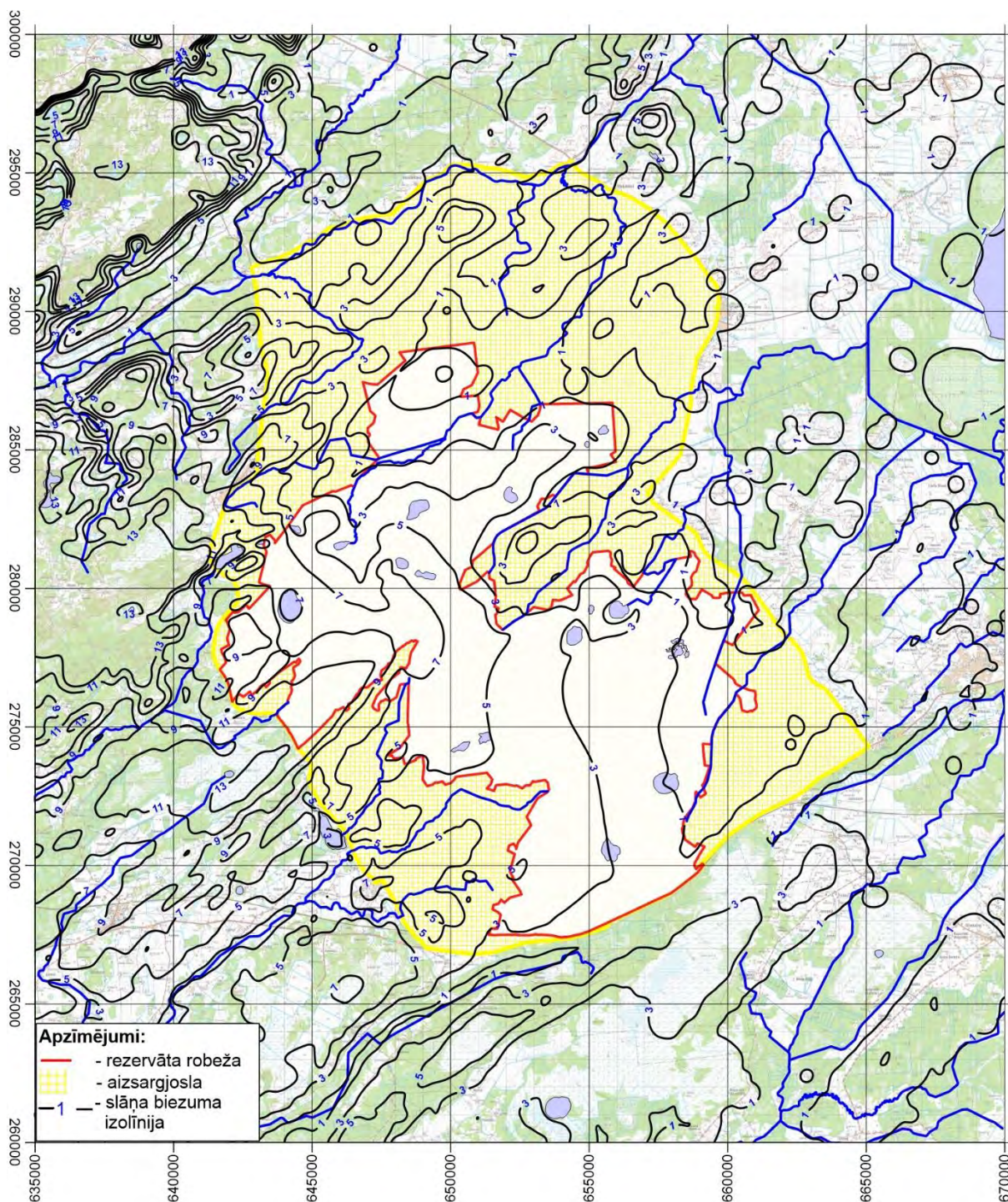
Prv1 slānis ir purva virskārta, tā ir daudzkārt ūdeni vadošāka, nekā Prv2 daļa. Tieši šī slāņa mitruma režīms, kā arī saņemtais Saules siltuma un gaismas daudzums nosaka purva masas augšanas intensitāti. Purva slāņu filtrācijas koeficienti ir jūtami atšķirīgi. Lai

arī abi slāņi ir modeļa sprosts slāņi, tomēr Prv1 ir daudzkārt vadošāks, tā filtrācijas koeficienta vērtība ir no [3]. Maksimālais biezums 5.6m ir Teiču rezervāta teritorijā. Apvienotā Purva slāņa Prv1 un Prv2 biezuma karte skatāma 8. att. Modelī nosacīti izmantots slāņa biezums $\delta_3 = 0.02\text{m}$ vietās, kur purvu nav.



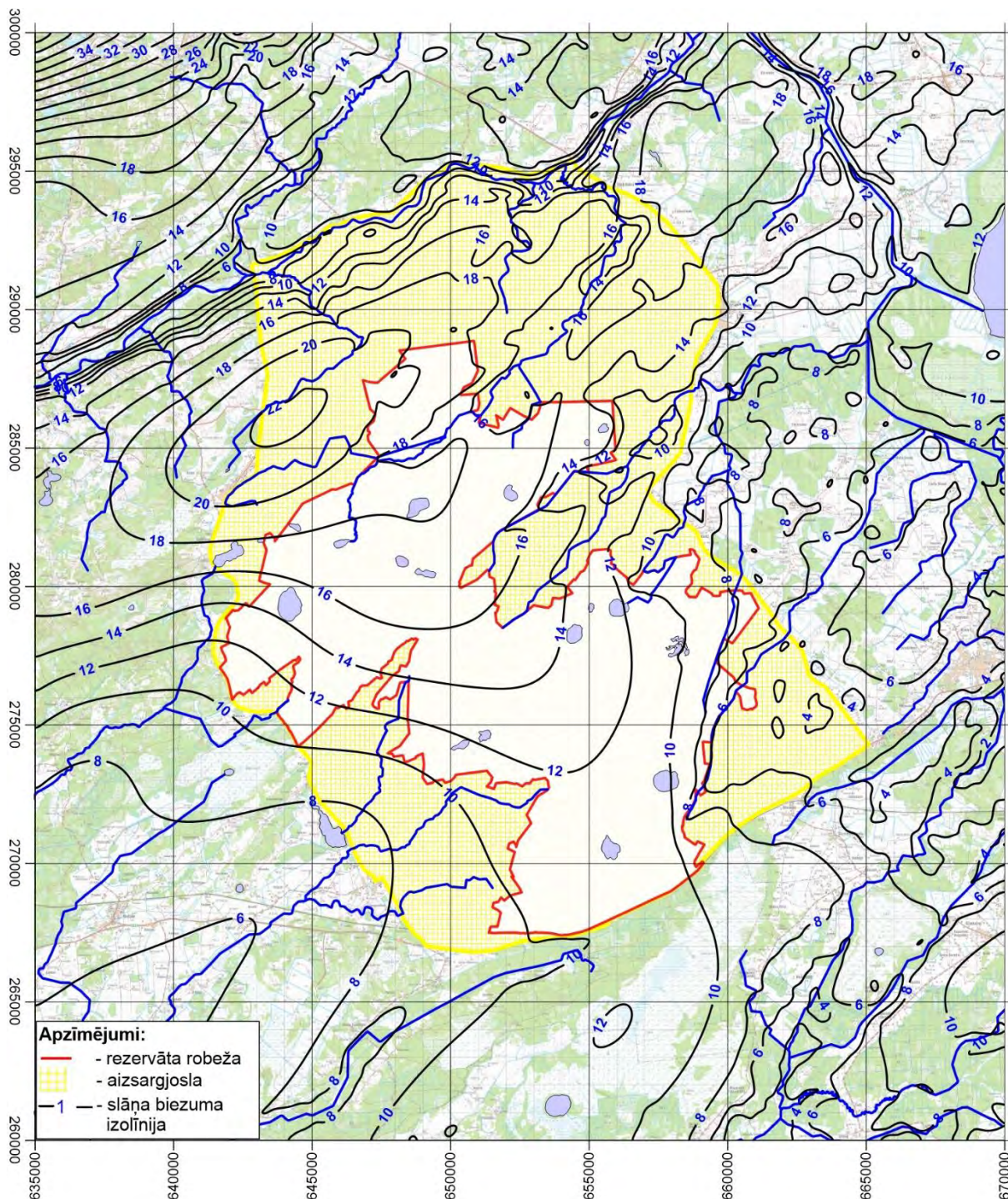
8. att. Purva slāņu Prv1 un Prv2 kopējā biezuma karte [m]

Kvartāra ūdens horizontu Q2 imitē HM piektais slānis. Tā biezuma aprēķinam izmantoti LAMO4 dati. Horizontam ir piesaistītas upes un daļa ezeru kā papildus robežnoteikumi. Kvartāra horizontam Q2 biezums (9. att.) mainās no 1.0m līdz 33.2m. Horizonts ir plāns izpētes apgabala ZA stūrī, kur nav upju gultņu iegrauzumu. Iegrauzumi ir izpētes apgabala DR daļā, kur slāņa biezums sasniedz 15m.



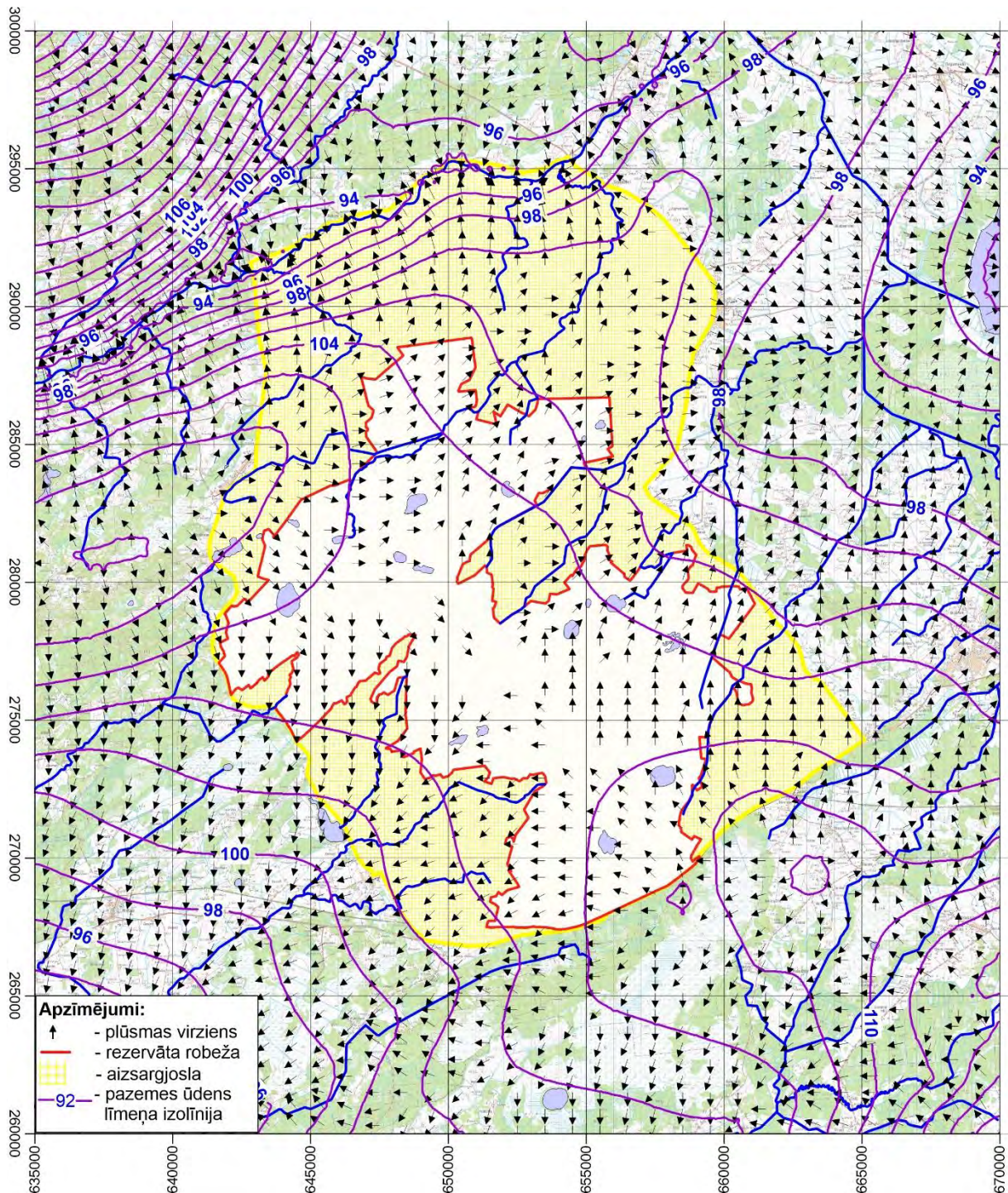
9. att. Q2 slāņa biezuma karte [m]

Kvartāra morēna gQ2z kā HM sestais slānis ievēro Daugavas ūdens horizonta D3dg# ietekmi. Slāņa biezuma δ_5 aprēķinam izmantoti LAMO4 dati. Sprostslānim gQ2z# biezums (10. att.) mainās no 4.0m līdz 40.1m apgabala ZR stūrī. Upju gultnes iegrauzumi ir izpētes apgabala ZA daļā, kuru pārklāj plāns Kvartāra horizonts Q2.



10. att. gQ2z# slāņa biezuma karte [m]

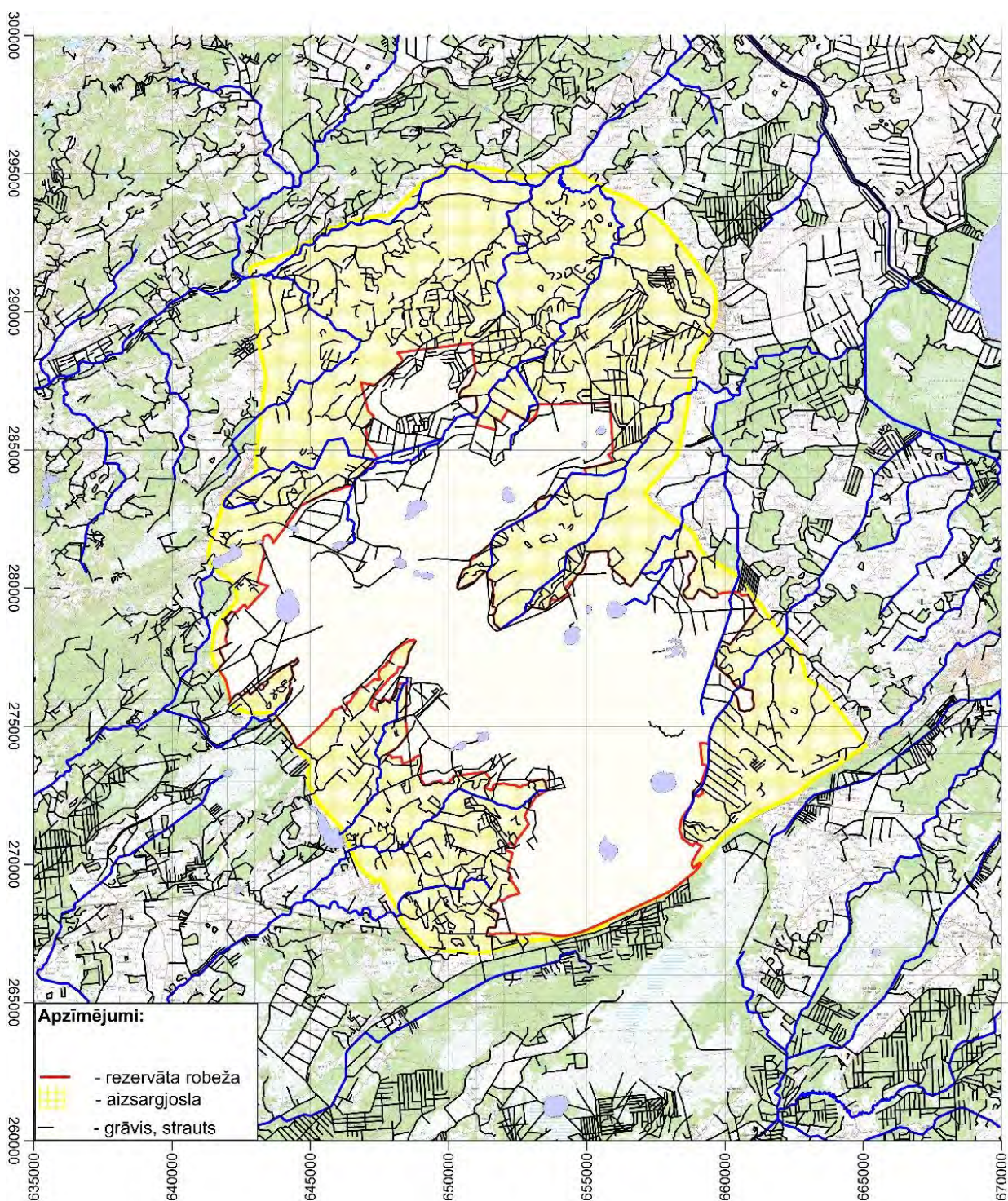
Daugavas ūdens horizonta D3dg# ūdens līmeņu sadalījums izmantots no LAMO4, kalpo par HM septītā slāņa robežnoteikumiem, skat. 11. att. Septītajam slānim izmantots biezums $\delta = 2.0\text{m}$, lai vertikālajos griezumos slānī varētu vizualizēt modelēšanas rezultātus, taču, tā kā šim slānim ir uzdotas konstantas ūdens līmeņa vērtības, tā reālajam biezumam modelī nav nozīmes.



11. att. Horizonta D3dg# pazemes ūdens līmeņa izolīniju [m vjl] karte

5.4 Hidrogrāfiskais tīkls

Hidrogrāfiskā tīkla elementi (37 upes un 30 ezeri) iekļauti HM reljefā (skat. 4. att. un 5. att.), izmantojot VMC izstrādātu interpolācijas programmu GDI [18]. Visas upes ir piesaistītas kā robežnoteikumi Q2 slānim, par pamatu izmantota metodika, aprakstīta [19]. Upju piesaistīšana modelī veido to gultņu iegrauzumus slāņos Q2 un gQ2z (skat. 9. att. un 10. att.).



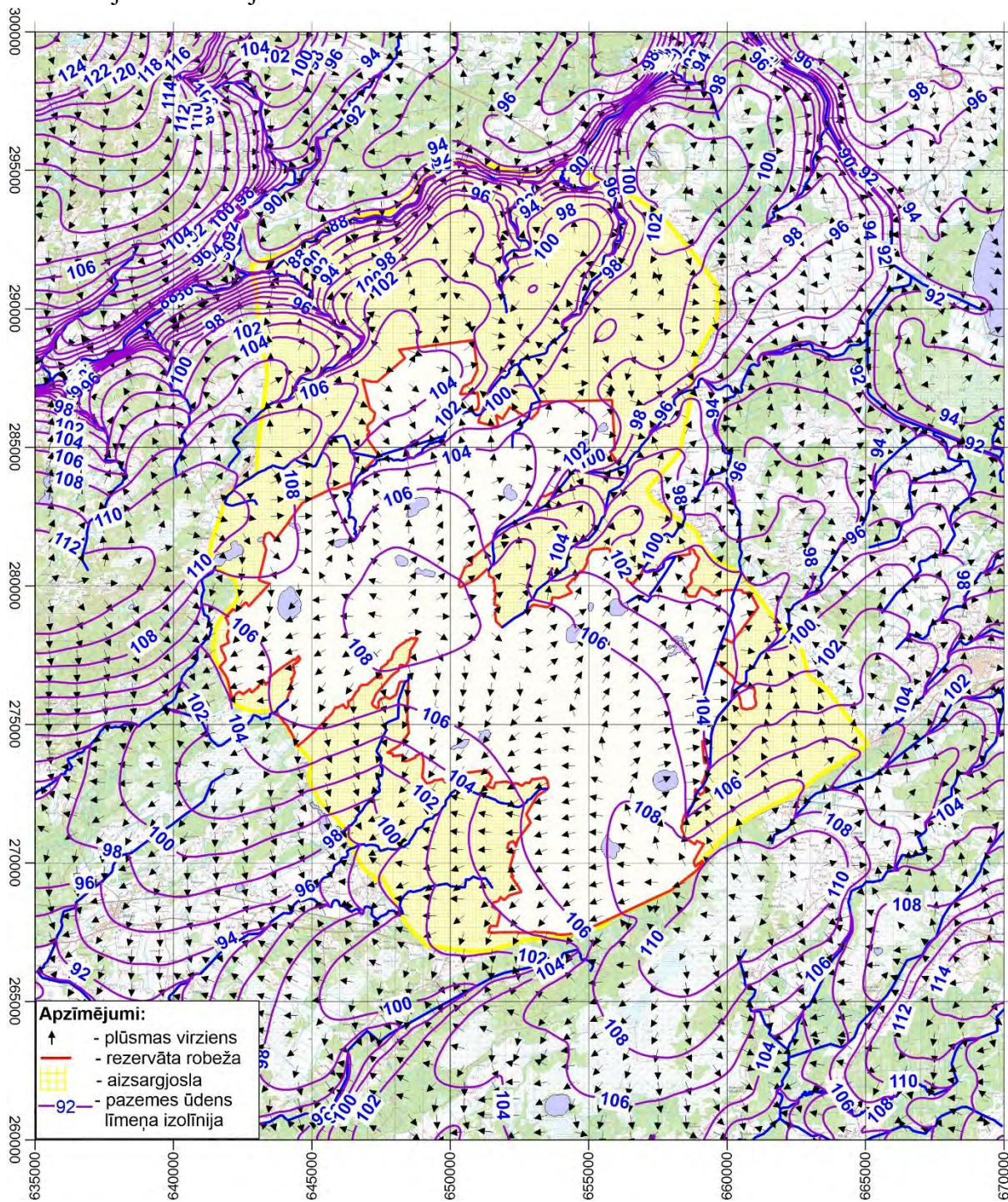
12. att. Modeļa grāvji un strauti

Meliorācijas sistēmas ietekmes modelēšanai izmantota LĢIA informācija par grāvjiem un strautiem kopumā par vairāk nekā 30000 km garumā, grāvju un strautu tīkls redzams 12. att. Tie grāvji un ezeri, kas atrodas purva masīvā, kalpo par robežnoteikumiem Prv1 slānim, pārējie piesaistīti pie Q2 slāņa. Ņemot vērā to, ka grāvju daudzums modelī ir ļoti liels, to ūdens līmeņi tika aprēķināti automatizēti, izmantojot metodiku, aprakstītu [20].

6. MODELĒŠANAS REZULTĀTI

6.1 HM netraucētais stāvoklis

Aprēķināts slāņa pazemes ūdens līmeņa sadalījums φ_{Q2} (13. att.), pazemes ūdens plūsmas un to bilance kā galvenie modelēšanas rezultāti netraucētam HM stāvoklim, ja nedarbojas meliorācijas sistēmas.



13. att. Kvartāra horizonta Q2 pazemes ūdens līmeņa izolīniju [m vjl] karte

Kalibrējot sprostslnāņu aer, Prv un gQ2z filtrācijas koeficientus k un hidrogrāfiskā tīkla elementu piesaisti slānim Q2, ir iegūts modelēšanas rezultāts, kas atbilst gada vidējiem hidroloģiskajiem apstākļiem izpētes apgabalā, ja nav ievērota meliorācijas sistēmu ietekme [13].

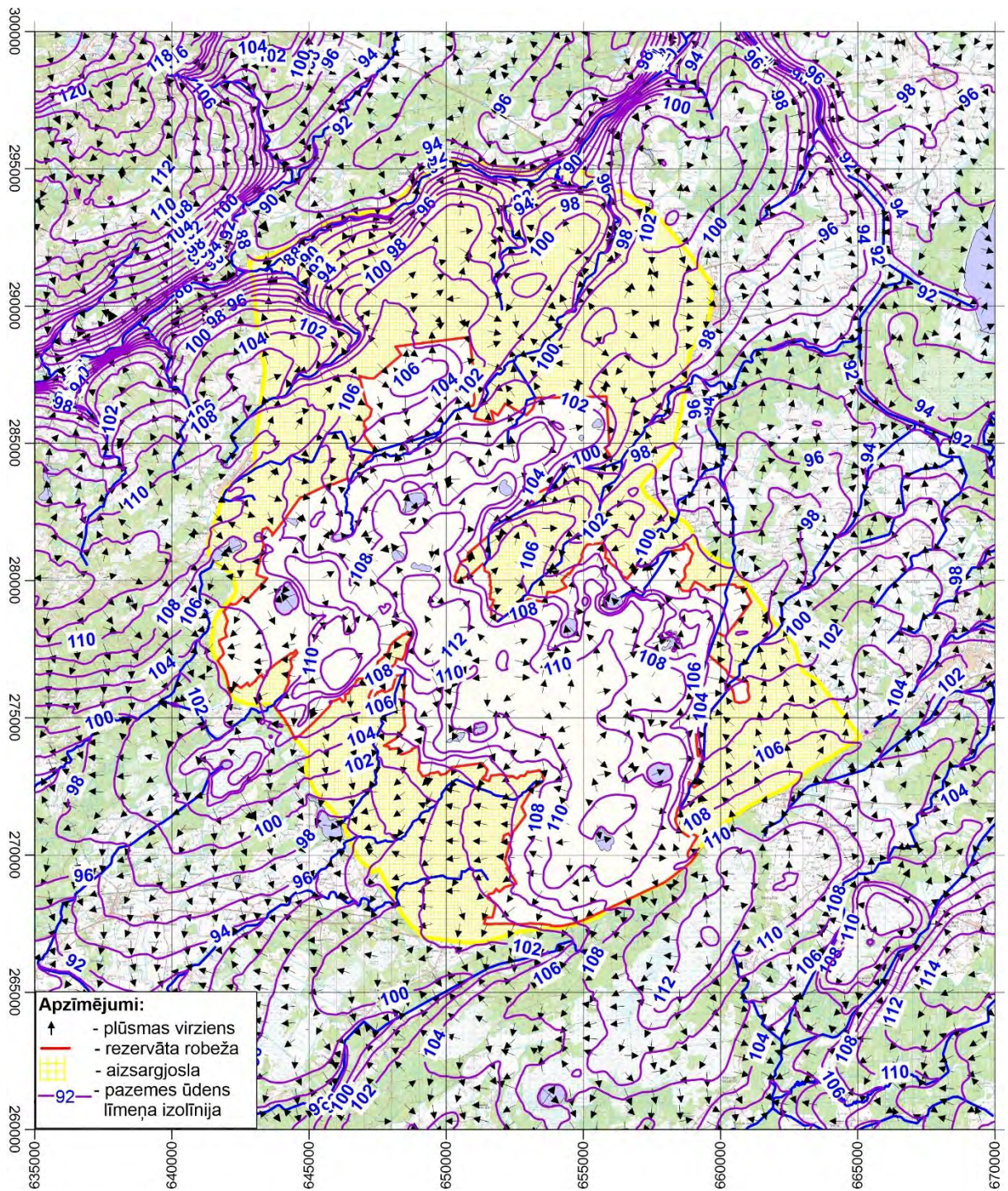
Teiču dabas rezervāta netraucēto hidroģeoloģisko stāvokli nosaka tā flutingu tipa virsmas reljefs ψ_{rel} (5. att.), dabīgās izcelsmes hidrogrāfiskais tīkls (upes un ezeri), kas skatāms 4. att., pazemes ūdens līmeņi $\psi_{D3dg\#}$ Daugavas ūdens horizontā (11. att.), kā arī modeļa slāņu ūdens vadāmība $T = \delta \times k$.

Flutingi ir savstarpēji paralēli garenstiepti vaļņi, kas izpētes teritorijā orientēti ledāju kustības DR virzienā [13].

Hidrogrāfisko upju tīklu veido Lubānas ezera baseina upes, kuras ietek ezerā, Jersikas līdzenuma upes, kuras ietek Daugavā un Aiviekstes baseina upes.

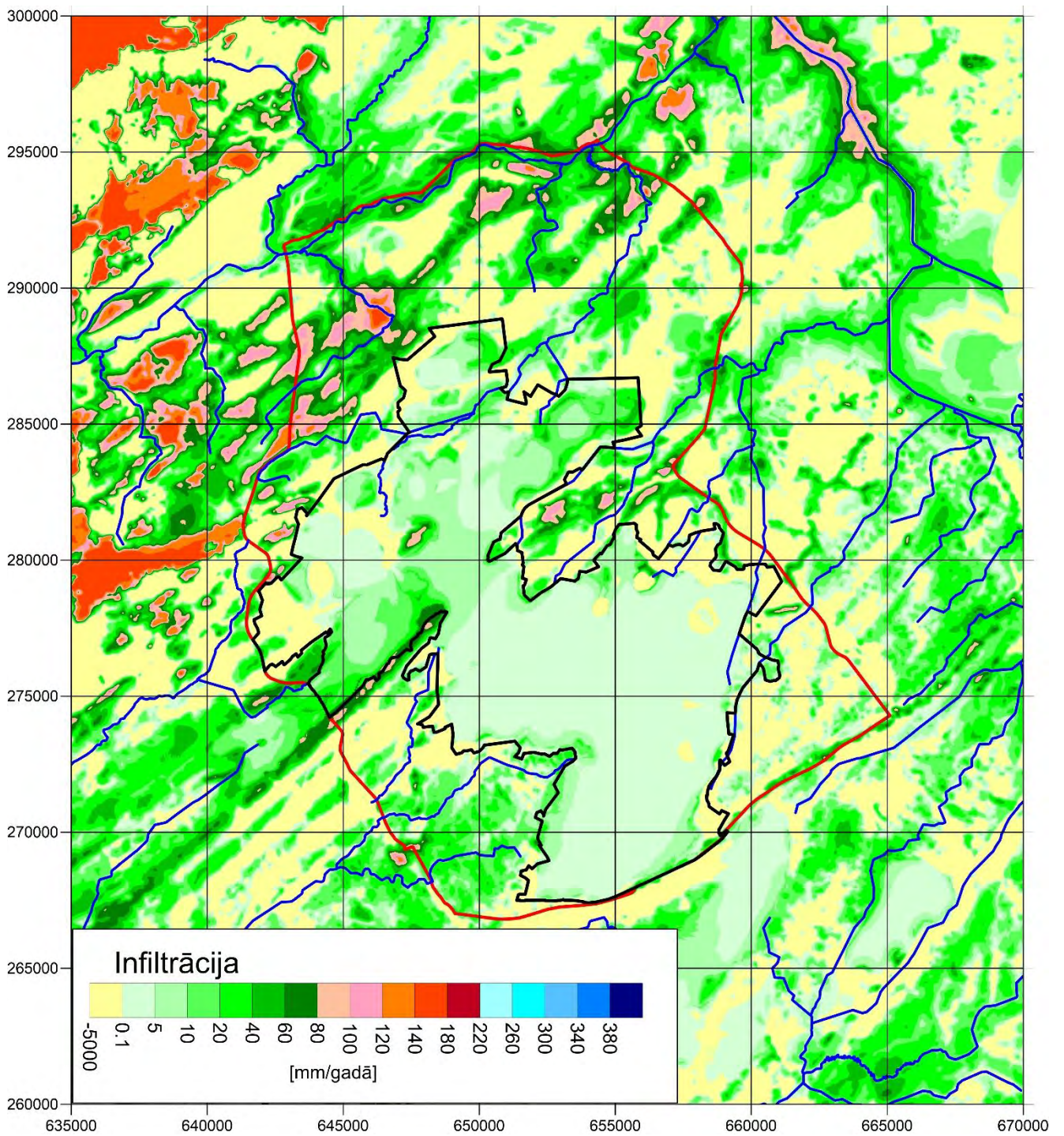
Kvartāra ūdens horizontā Q2 ir aprēķināts tā netraucētais pazemes ūdens līmeņa φ_{Q2} sadalījums (13. att.). Apskatot ūdens plūsmas virzienus un aprēķinātos ūdens līmeņus, var redzēt, ka gandrīz visur φ_{Q2} Teiču rezervātā ir ar augstāku līmeni nekā rezervāta apkārtnē. Tas apstiprina pieņēmumu, kas tika izdarīts skatot reljefa un hidrogrāfiskā tīkla datus – Teiču rezervāta apgabals kalpo par avotu apkārtējām upēm, kas iztek no šī apgabala. Vietās, kur tā nav, var pieņemt, ka Teiču rezervāta gruntsūdeņi tiek papildināti, un tas ir divos apgabalos – Lielā purva apkārtnē un pie apdzīvotām vietām Āriņi un Jurjāni. Šīs teritorijas var pieņemt apriori kā tādas, kurām nepieciešama plaša aizsargjosla.

Purvā augošos augus ar ūdeni pamatā apgādā purva virskārtas Prv1 slānis. Lai arī tā filtrācijas īpašības ir drīzāk atbilstošas sprostslnānim, tomēr, šī pētījuma ietvaros neieciešams novērtēt tā ūdens līmeņus, skat. 14. att. Pamata atšķirības no φ_{Q2} ir redzamas vien vietās, kur purvs eksistē – augstāks ūdens līmenis. Taču arī šeit manāmas tās pašas likumsakarības, atsevišķos apgabalos uz robežas ar Teiču dabas rezervātu plūsmas virziens ir uz rezervātu.

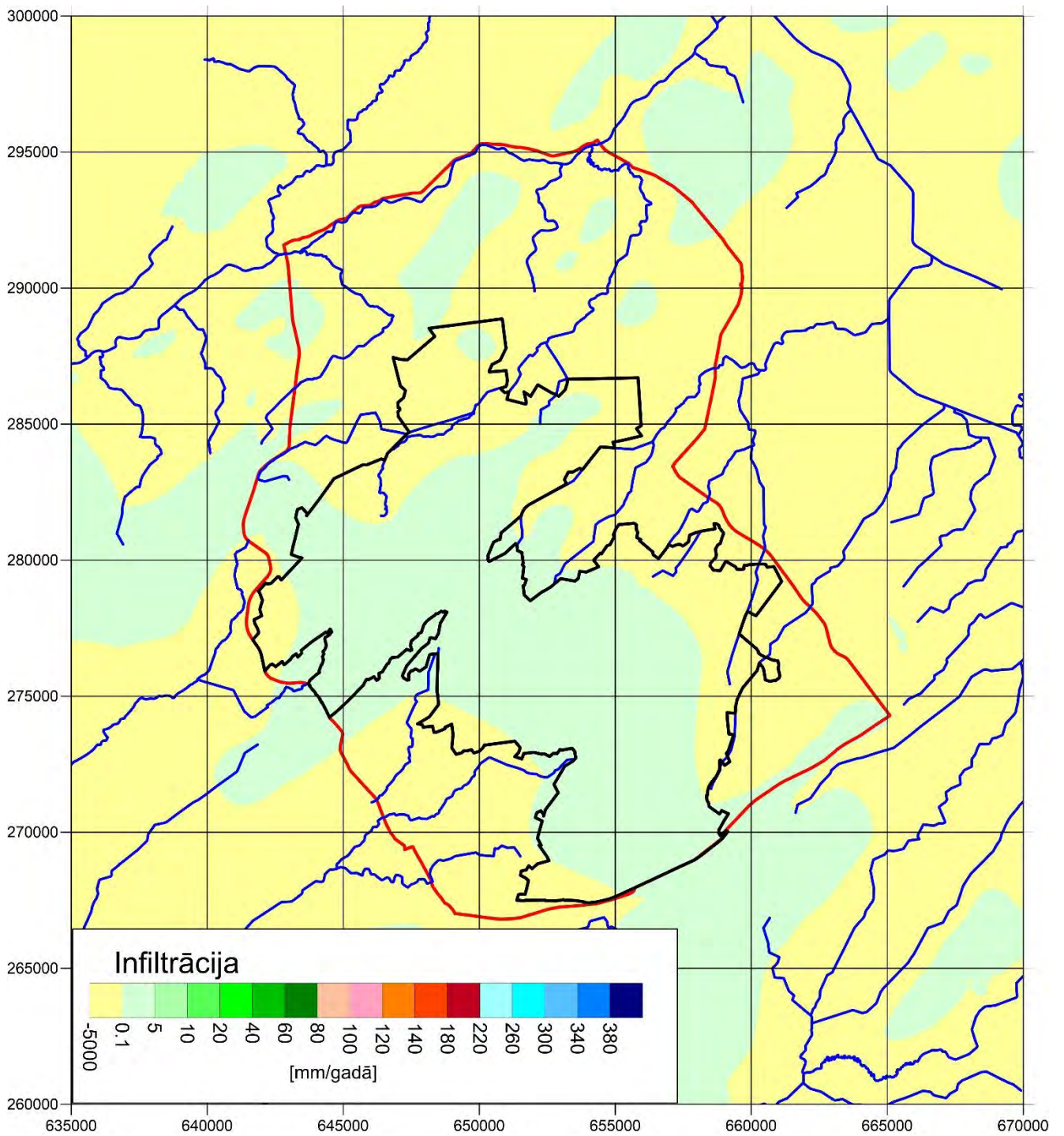


14. att. Purva horizonta Prv1 pazemes ūdens līmeņa izolīniju [m vjl] karte

Ūdens kustība caur sprostsplāņiem notiek vertikālā virzienā. Apskatot infiltrācijas karti netraucētam stāvoklim aer sprostsplānim 15. att., var redzēt, ka šis process Teiču DR teritorijā norit lēni. Pamata iemesls – ūdeni vāji vadošais Prv1 un sprostsplānis Prv2. Līdz ar to lēnā infiltrācija ir iemesls paaugstinātai iztvaikošanai purva teritorijā.



15. att. Infiltrācija aer slānī



16. att. Infiltrācija gQ2z# slānī

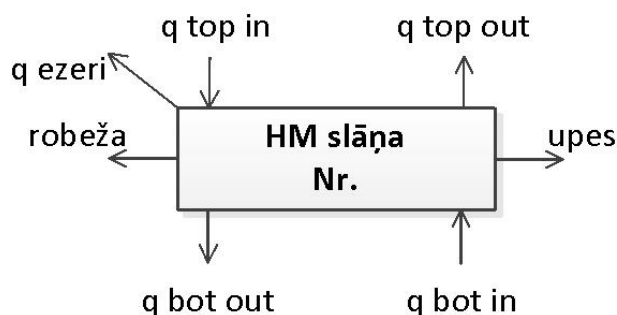
Infiltrācijas karte gQ2z# sprotslānim ir skatāma 16. attēlā. Šeit infiltrācijas plūsma visā apgabalā ir vāja, jo gQ2z# slānis ir biezs. Tikai daļa no rezervāta teritorijas ir ar pozitīvu infiltrāciju, norit ūdens apmaiņa abos virzienos.

Kvantitatīvi ūdens plūsmas lielumu var noteikt, sastādot ūdens plūsmu bilanci izvēlētam apgabalam. Ūdens plūsmu skaidrojumam ar plūsmu šifriem, skat. 17. att. Apzīmējumi pazemes ūdens plūsmu bilancēm HM slānim:

$q_{top\ in}$ un $q_{bot\ in}$ – caur augšējo un apakšējo virsmu slānī ieplūstošā vertikālā plūsma [m^3/dnn];

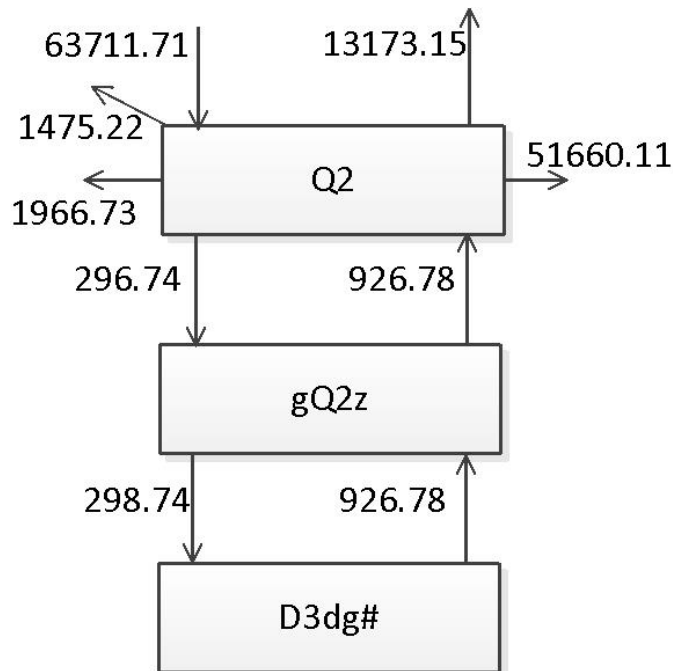
$q_{top\ out}$ un $q_{bot\ out}$ – caur augšējo un apakšējo virsmu no slāņa izplūdušā vertikālā plūsma [m^3/dnn];;

$q_{robeža}$, q_{ezeri} , q_{upes} - horizontālā plūsma caur slāņu robežu, pazemes pieteces ezeros un upēs.



17. att. Ūdens plūsmu bilances paskaidrojošā shēma

Plūsmas aprēķinātas, izmantojot GV rīku “Mass balance” HM laukumā 33km×38km, jo datiem par 1.0 km plato HM zonu gar modeļa robežu ir mazāka ticamība, skat. 18. att. Shēma parāda, ka Q2 horizontu ar ūdeni pamatā papildina infiltrētie nokrišņi, taču ir arī neliela ūdens pieplūde no D3dg# horizonta. Galvenais ūdens patērētājs modelī ir upes, nākamais pēc nozīmes patērētājs ir iztvaikošana.

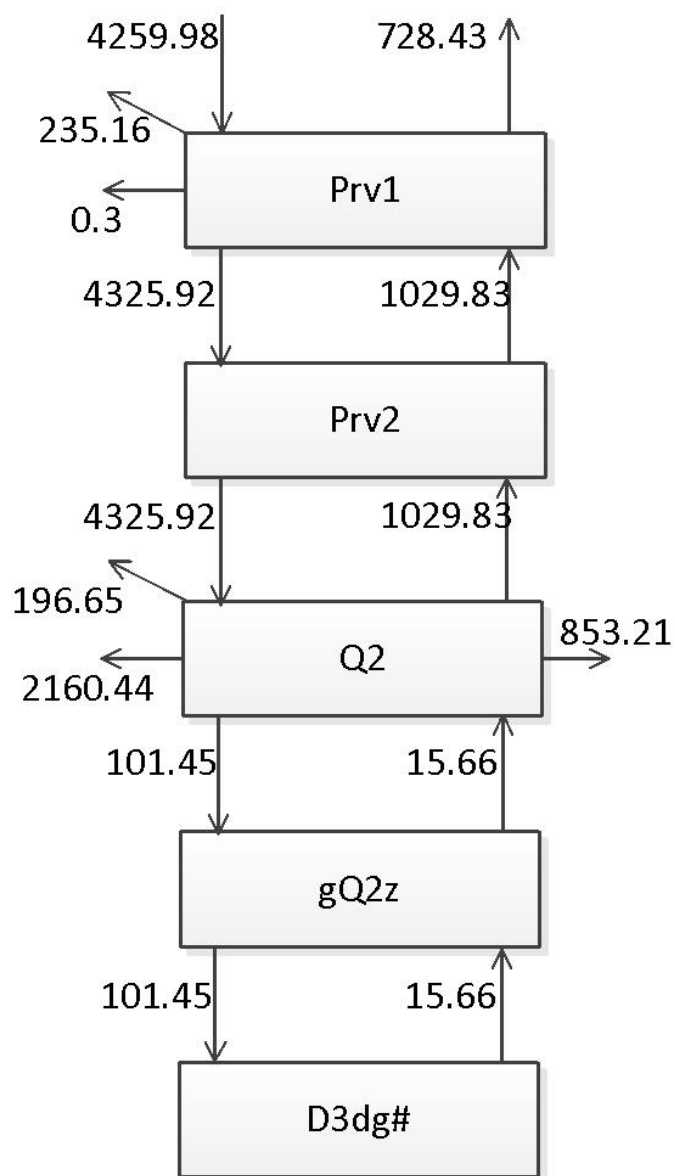


18. att. HM ūdens plūsmu bilance netraucētam stāvoklim m³/dienn

Nokrišņu norma izpētes apgabalā ir 660 mm/gadā; iztvaiko 70% no nokrišņu daudzuma [13]. Nokrišņu infiltrācija 63711.71 m³/dnn, kas attiecīgi ir $0.365 \times 63711.71 / (33 \times 38) = 18.5$ mm/gadā, kas ir tikai 2.8% no nokrišņiem. Tāpēc hidrogrāfisko tīklu izpētes apgabalā baro galvenokārt virszemes notece, kas ir 27.2% no nokrišņu daudzuma. Atslodzes daļa – no horizonta Q2 augšupejošā plūsma 13173.15 m³/dnn sastāda 20% no kopējās horizonta bilances. Upju pazemes pieteces (77%) veido galveno nokrišņu atslodzes daļu. Ezeru pietecēm un plūsmai caur robežu (2% un 3%) ir maza ietekme pazemes ūdens plūsmu bilancē.

Atsevišķi pazemes ūdens plūsmu bilance ir sastādīta Teiču rezervāta apgabalā, par atskaites punktu, izmantojot rezervāta robežas līniju (3. att.), skatāma 19. att.

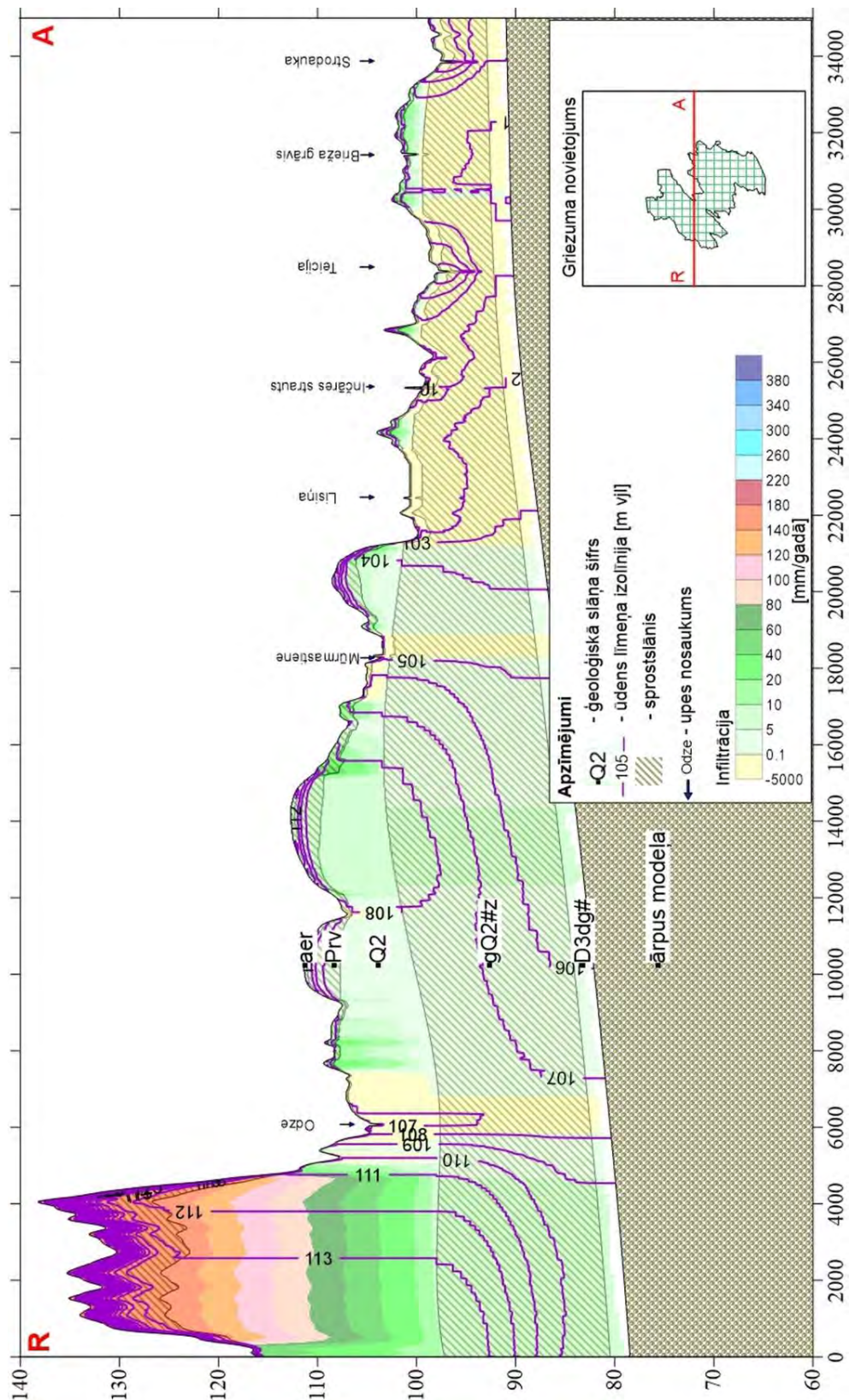
Skaitliski šeit ir ļoti nozīmīgi rādītāji, kas attiecās uz ūdens plūsmu pāri robežai. Var pamanīt, ka Prv1 slānim 0.3 m³/dnn, tā ir ļoti maza. Tas nozīmē, ka netraucētā stāvoklī no purva virsējā slāņa niecīga daļa, salīdzinājumā ar nokrišņu infiltrāciju 4259.98 m³/dnn, nonāk aiz rezervāta robežas. Krasi atšķirīga ir Q2 horizonta situācija. Tur plūsma pāri robežai ir 2187.71 m³/dnn, kas ir 50% no kopējā. Tas ir izskaidrojams ar to, ka šis apgabals aktīvi apgādā ar ūdeni tuvumā esošās upes.



19. att. Teiču DR pazemes ūdens plūsmu bilance netraucētam stāvoklim

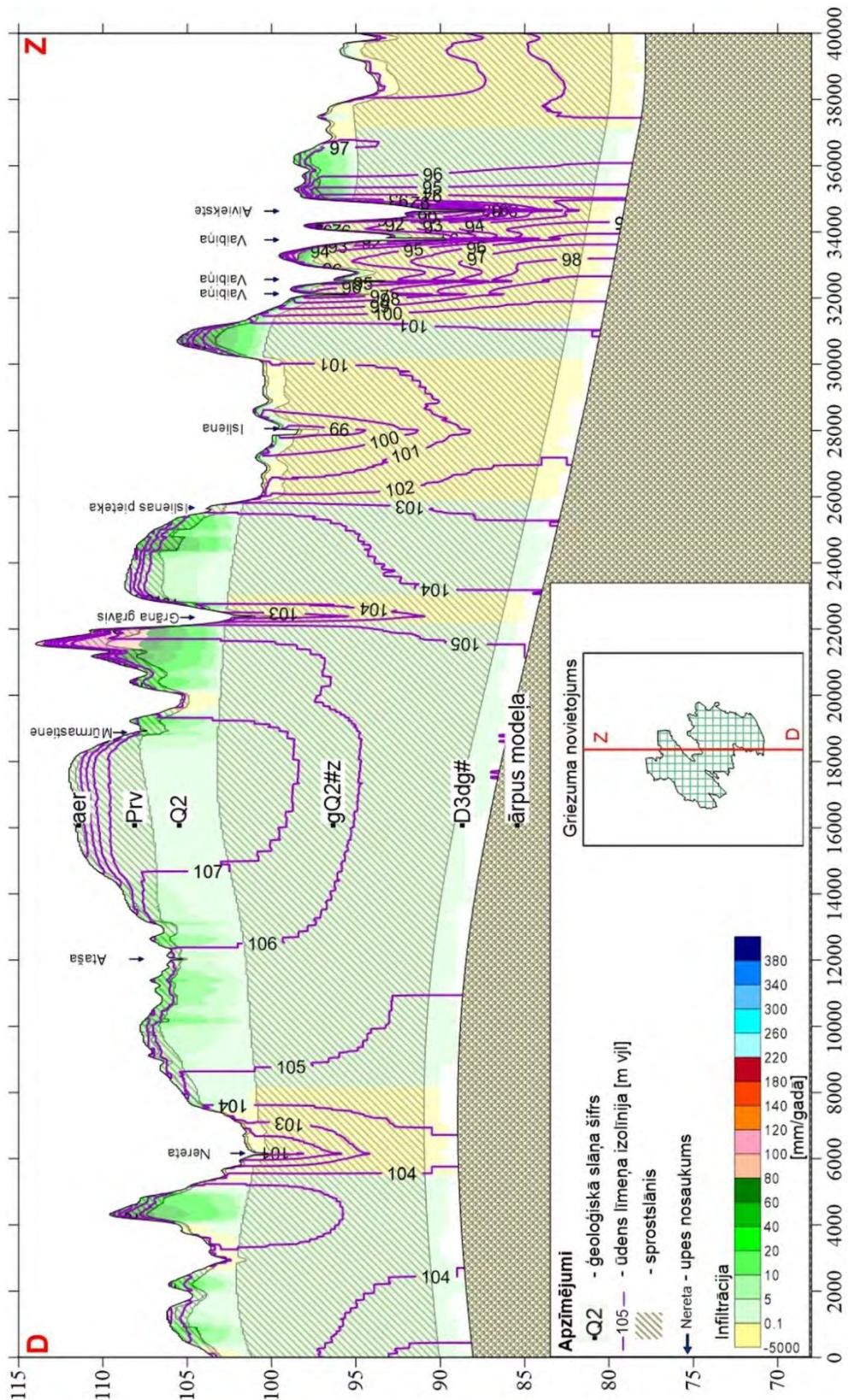
Teiču HM komplicētā situācija attiecībā uz slāņu virsmu ģeometriju, pazemes ūdens līmeņiem un infiltrācijas plūsmu redzama vertikālos griezumos R-A (20. att.) un D-Z (21. att.). Kartē slāņi Prv1 un Prv2 apvienoti zem šifra Prv.

Zem Teiču DR, ko griezumos var redzēt, pamatā, ar purva Prv esamību, ir biezi Q2 un gQ2#z slāņi. Sprostslāņa gQ2#z biezums izskaidro nelielo ūdens apmaiņu starp Q2 un D3dg# horizontiem. Savukārt, Q2 slāņa biezums nosaka to, cik aktīvs kvantitatīvi ūdens apmaiņas process starp Teiču DR teritoriju un apkaimi, ko arī apliecināja iepriekš apskatīta ūdens plūsmu bilance (19. att.).



20. att. Griezums R-A ar pazemes ūdens līmeņa izolinijām un infiltrāciju

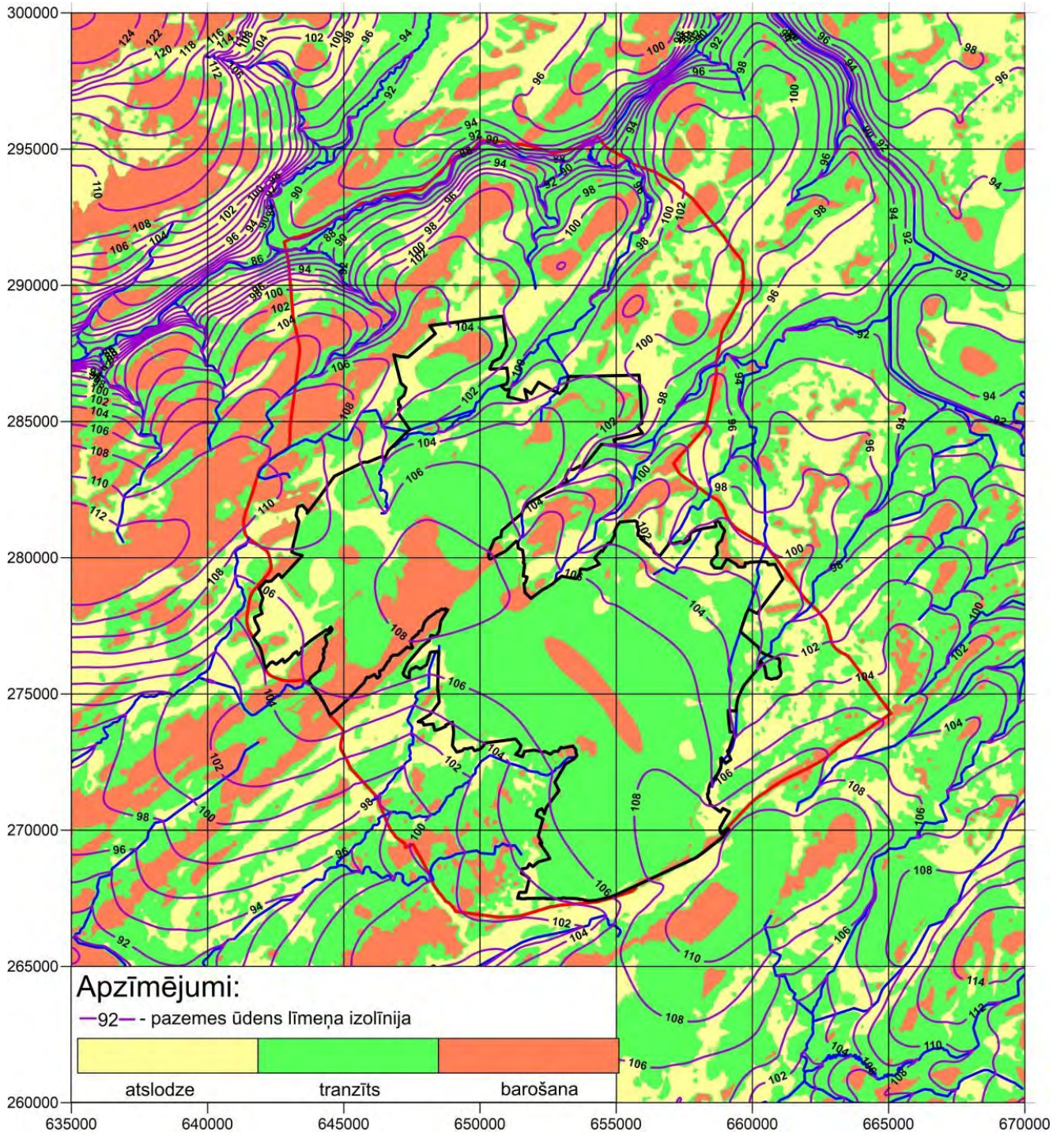
Abos griezumos redzamais ūdens līmeņu sadalījums skaidri parāda, ka augstieņu daļa to paaugstina, savukārt upes ūdens līmeni pazemina. Līdzīga situācija vērojama abu



21. att. Griezums D-Z ar pazemes ūdens līmeņa izolīnijām un infiltrāciju

griezumu infiltrācijas kartēs – augstienes intensīvi veido pozitīvo infiltrācijas daļu, bet upes – infiltrācijas atslodzes daļu. Horizontos Q2 un D3dg# ūdens līmeņu φ – izolīnijas ir vertikālas, jo horizontos z virzienā φ gradients ~ 0 . Infiltrācijas plūsmas z virzienā

sprostslāņos aer, Prv, gQ2z nemainās, jo sprostslāņos horizontālās plūsma $q_{xy} \sim 0$. Skatot ūdens plūsmu pēc sadalījuma barošanas, tranzīta un atslodzes (BTA) apgabalos Q2 slānī (22. att.), var redzēt, ka daļā no Teiču DR ir barošanas apgabals, t.i. šajā vietā kvartāra horizonts uzņem ūdens resursus. Pamatā šeit gan ir tranzīta daļa ar nelieliem atslodzes apgabaliem. Atslodzes daļā kvartāra slānis papildina purva ūdens resursus, savukārt,



22. att. Pazemes ūdens barošanas, tranzīta un atslodzes apgabali Kvartāra horizontā Q2 ar pazemes ūdens līmeņa[m vjl] izolīnijām

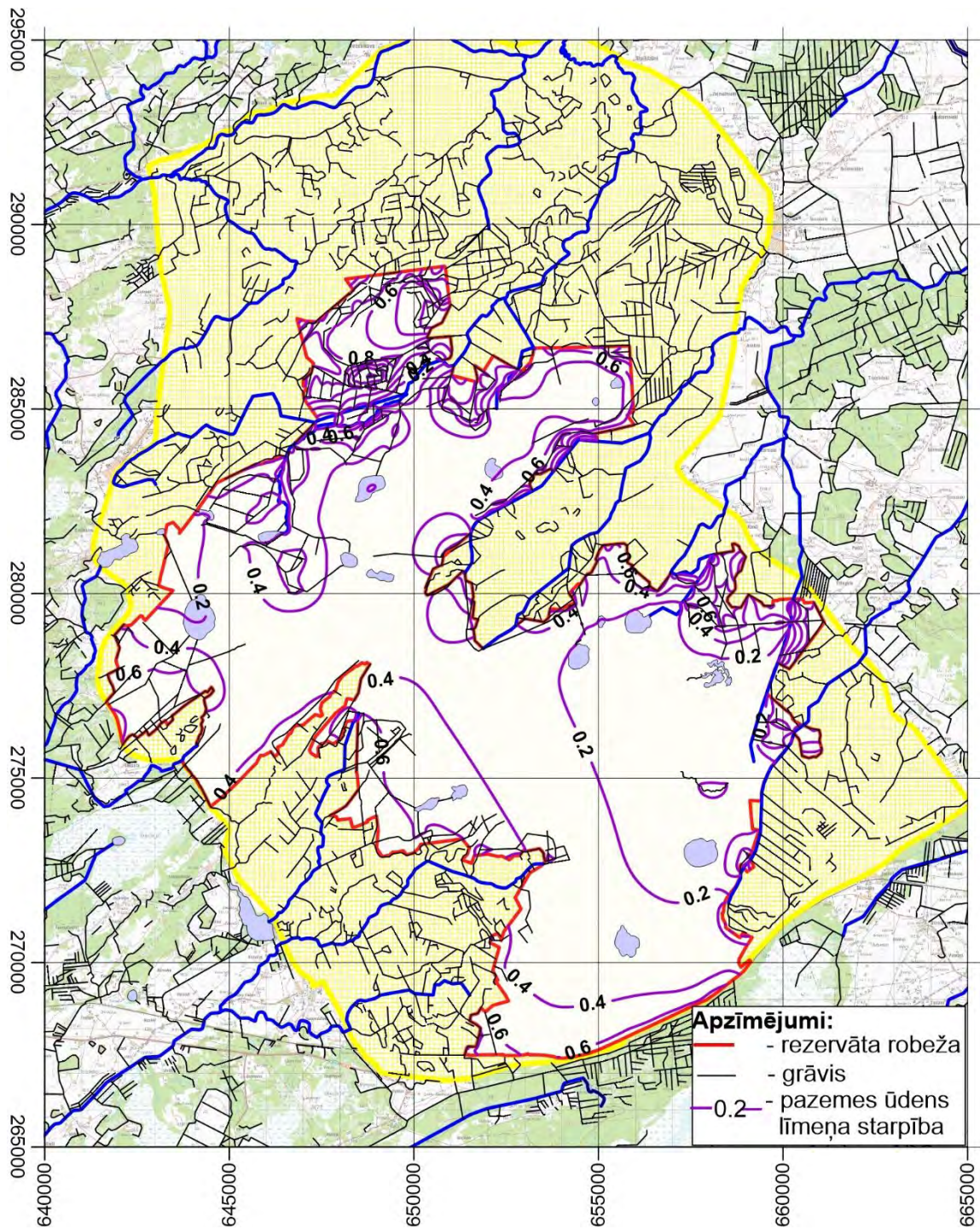
tranzīts ir ūdens migrācijas daļa virzienā no apgabaliem ar barošanu uz apgabaliem ar atslodzi. BTA kartes izveidei tika izmantota metodika [21].

6.2 HM ar meliorācijas sistēmu ietekmi

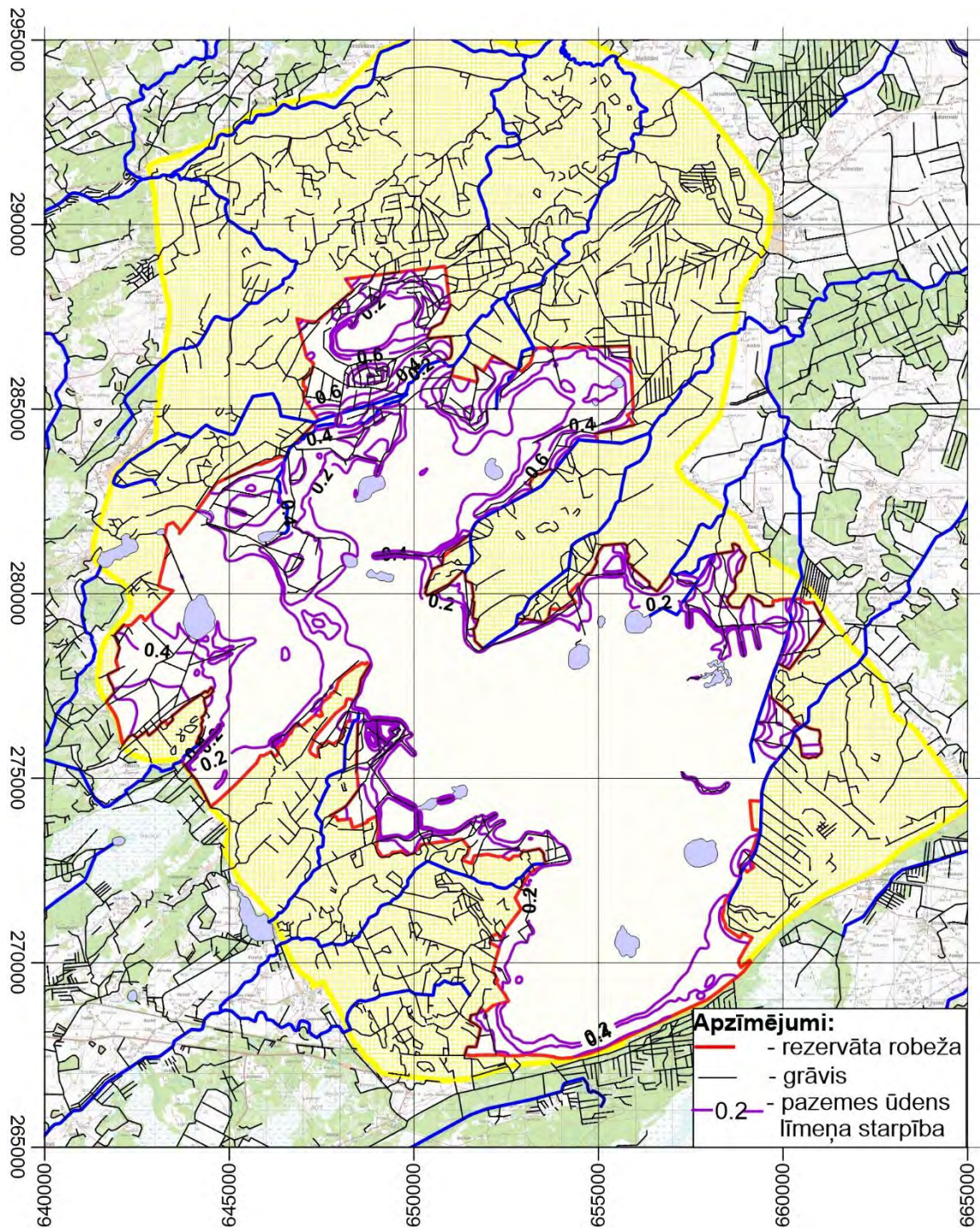
Meliorācijas sistēmu darbība pazemina dabas rezervāta netraucētos pazemes ūdens līmeņus. Tāpēc lauksaimnieciskā un mežu meliorācija rezervāta teritorijā un tās aizsargjoslā pasliktina dabīgos rezervāta faunas un floras eksistences apstākļus. No otras puses, purvu gadījumā meliorācijas sistēmu lietošana aizsargā no tuvējo teritoriju pārpurvošanās, tādējādi aizkavējot purva izplešanos. Lai saprastu, kā hidroģeoloģiski Teiču DR ietekmē meliorācijas grāvji, HM tika ar tiem papildināts, grāvju un strautu tīkls redzams 12. attēlā. Tā kā grāvju esamība dramatiski neietekmē ūdens līmeņu vērtības slāņos Prv1 un Q2, var analizēt ūdens līmeņu starpību starp netraucētā stāvokļa rezultātu un stāvokli, kur strādā meliorācija, tikai Teiču DR teritorijai. Horizonta Q2 ūdens līmeņu starpība skatāma 23. attēlā. Atsevišķās vietās pazeminājums sasniedz 1 metru, vidējais pazeminājums apgabalā ir 0.36m. Atšķirīgais pazeminājums ir skaidrojams ar meliorācijas grāvju izvietojumu teritorijā un ārpus tās. Tuvāk Teiču DR robežai vērojama lielākā atšķirība. Tajā pat laikā Q2 slānī nav manāma to grāvju ietekme, kas atrodas pašā Teiču DR teritorijā. Šo ietekmi var redzēt slāņa Prv1 ūdens līmeņu starpību kartē, 24. attēlā.

Prv1 slānī maksimālais pazeminājums sasniedz gandrīz 1m, taču vidēji tikai 0.18m. Šeit ir labi redzama purva grāvju stingri lokāla ietekme, tajā pašā laikā vairāku grāvju tīkls purvā efektīvi aizvada mitrumu no virskārtas vietās, kur Teiču DR radās tāda nepieciešamība.

Modelēšanas rezultāti apliecina to, ka pārdomāta atsevišķu, seklu grāvju rakšana purva teritorijā var kritiski neietekmēt kopējo hidroģeoloģisko situāciju. To nevar teikt par grāvju tīklu, ar ko var jūtami nosusināt purva virskārtu.

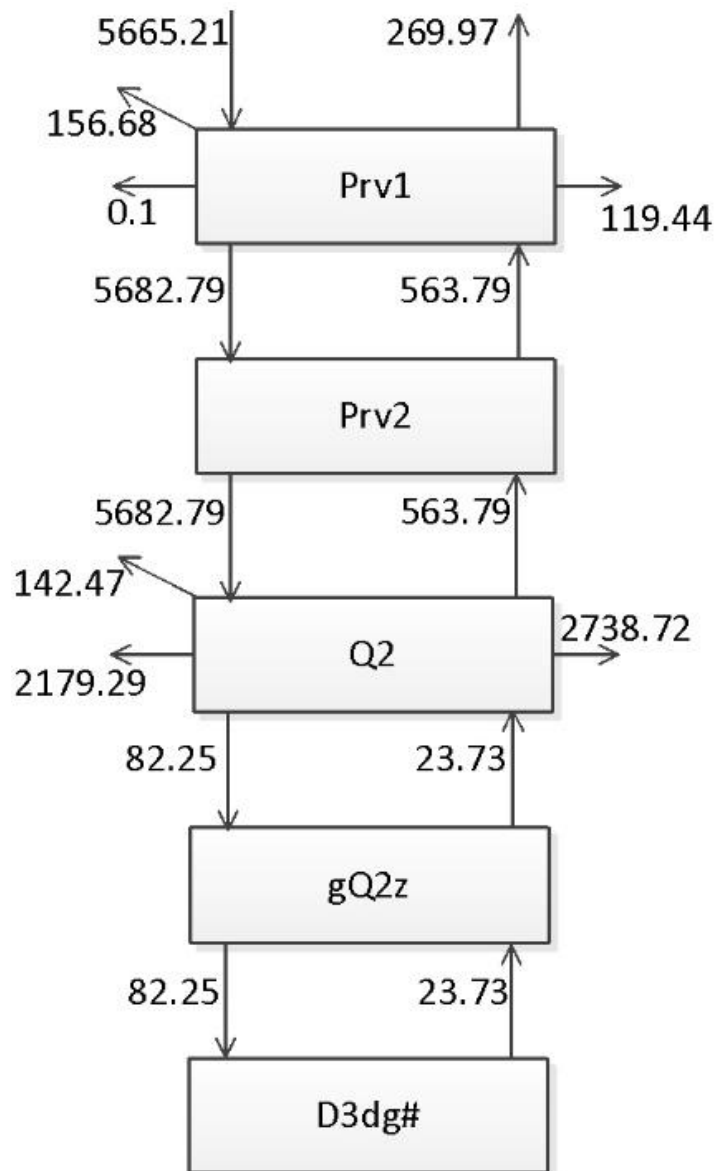


23. att. Ūdens līmeņu pazeminājums Q2 slānī [m]



24. att. Ūdens līmeņu pazeminājums Prv1 slānī [m]

HM stāvoklim ar meliorācijas grāvjiem sastādīta ūdens plūsmu bilance Teiču DR teritorijai (sk. 25. attēlā). Plūsma pāri robežai šeit ir līdzīga kā netraucētam stāvoklim, taču ir jūtami pieaugusi tā ūdens plūsma, ko savāc upes un grāvji. Ja netraucētam stāvoklim tie bija 853.21 m³/dnn, tad stāvoklim ar meliorāciju - 2858.16 m³/dnn. Tas nozīmē, ka no Teiču DR teritorijas, pateicoties grāvju sistēmai, tiek novadīti 2004 m³/dnn. Tajā pat laikā redzams, ka no Prv1, purva virskārtas daļas aizplūst caur robežu vien 0.1 m³/dnn, kas ir pat mazāk kā netraucētam stāvoklim, savukārt ūdens plūsma pāri robežai Q2 horizontā ir gandrīz identiska ar aprēķināto netraucētam stāvoklim.



25. att. Teiču DR pazemes ūdens plūsmu bilance stāvoklim ar meliorāciju

7. TRASERU MODEĻĒŠANAS EKSPERIMENTI

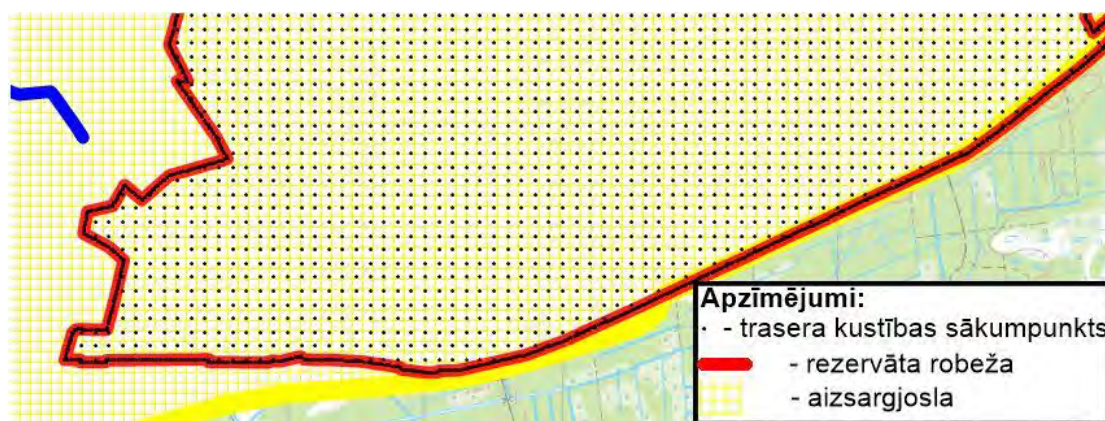
7.1 Traseru novietojums

Traseris ir matemātisks punkts, bez svara un bez tilpuma. Ar modelēšanas līdzekļiem var ievietot tādus punktus - daļiņas jebkurā vietā modelī un veikt modelēšanas eksperimentus ar Modpath daļiņu izsekošanas modeli [22]. Ir iespējami divi pamata eksperimenti:

1. Daļiņas kustības trajektorijas noteikšana, virzienā uz nākotni – kur un pa kādu trajektoriju daļiņa aizceļos, virzoties kopā ar pazemes ūdens plūsmu.
2. Daļiņas kustības trajektorijas noteikšana, virzienā uz pagātni – no kurienes un pa kādu trajektoriju daļiņa ieradīsies, virzoties kopā ar pazemes ūdens plūsmu.

Lai veiktu modelēšanas eksperimentus, tika sagatavota traseru kopa – Teiču DR teritorijā ar kvadrātveida režģi, kur malas garums ir 100m, tika sagatavoti traseri, kopā virs 19000. Tāpat, lai īpašu uzmanību pievērstu procesiem, kas notiek uz Teiču DR robežas, uz robežlīnijas, ar soli līdz 20m, tika sagatavota papildus traseru kopa, virs 8000 traseru. Pārklājuma blīvumu var redzēt 26. attēlā. kur var redzēt, ka uz diviem 100m traseriem rezervāta pamatteritorijā ir vismaz 5 traseri uz robežas.

Eksperimentiem tiks izmantots modelis ar meliorācijas sistēmām. Iežu porainība visā HM ir 0.12, kas pamatā saskan ar [23].



26. att. Traseru sākumpunktu pārklājums Teiču DR

7.2 Ūdens aizplūšana no Teiču DR

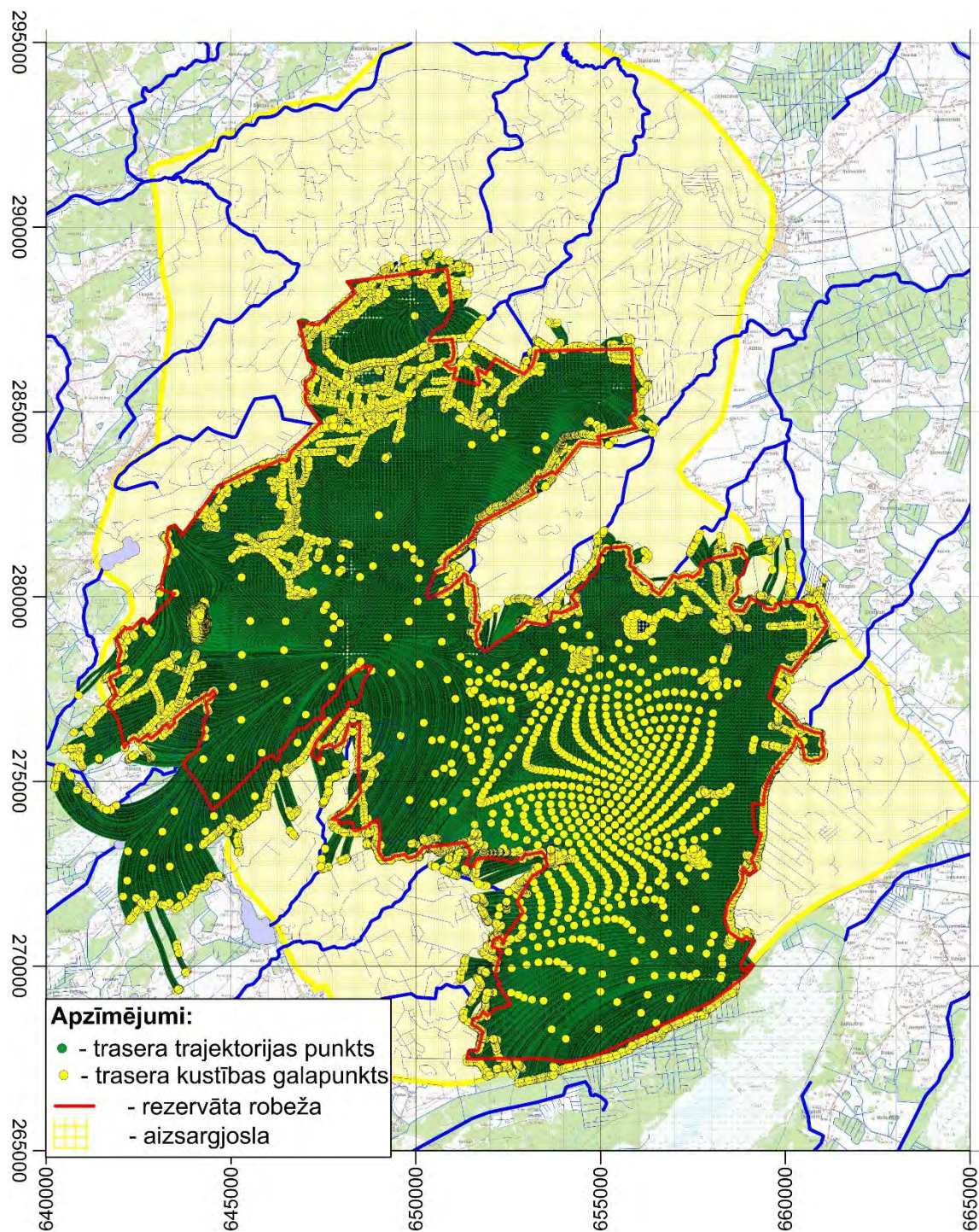
Lai noskaidrotu, kurā virzienā aizplūst ūdens no Teiču DR teritorijas, tika veikti traseru kustības modelēšanas simulācijas, neierobežojot daļiņu kustības laiku. Vienā gadījumā daļiņas uzsāka ceļu no Q2 horizonta vidus, skat. 27. att. Otrs modelēšanas eksperiments, uzsākot daļiņu kustību no Prv1 slāņa, skat. 28. att. Abos gadījumos grafiski kustības rezultāti ir līdzīgi – daudzas daļiņas pārtver upes, tāpat, aktīvi ar ūdeni tiek apgādāts Eiduku purva apvidus. Lai atbilstošāk novērtētu modelēšanas rezultātu, būtiski ir saprast, kāds procents daļiņu modeli nonāk atslodzes daļā, nonāk dziļākos slāņos, vai arī tiek pārtverts ar grāvjiem, upēm un ezeriem. Lai arī šie skaitļi var arī nebūt proporcionāli ūdens plūsmu bilances datiem (25. att.), tomēr tie rada priekšstatu par ūdens apriti dabā šajā vietā. Procentuāli daļiņu galapunktu sadalījums pa slāņiem skatāms Tabula 2.

Tabula 2.

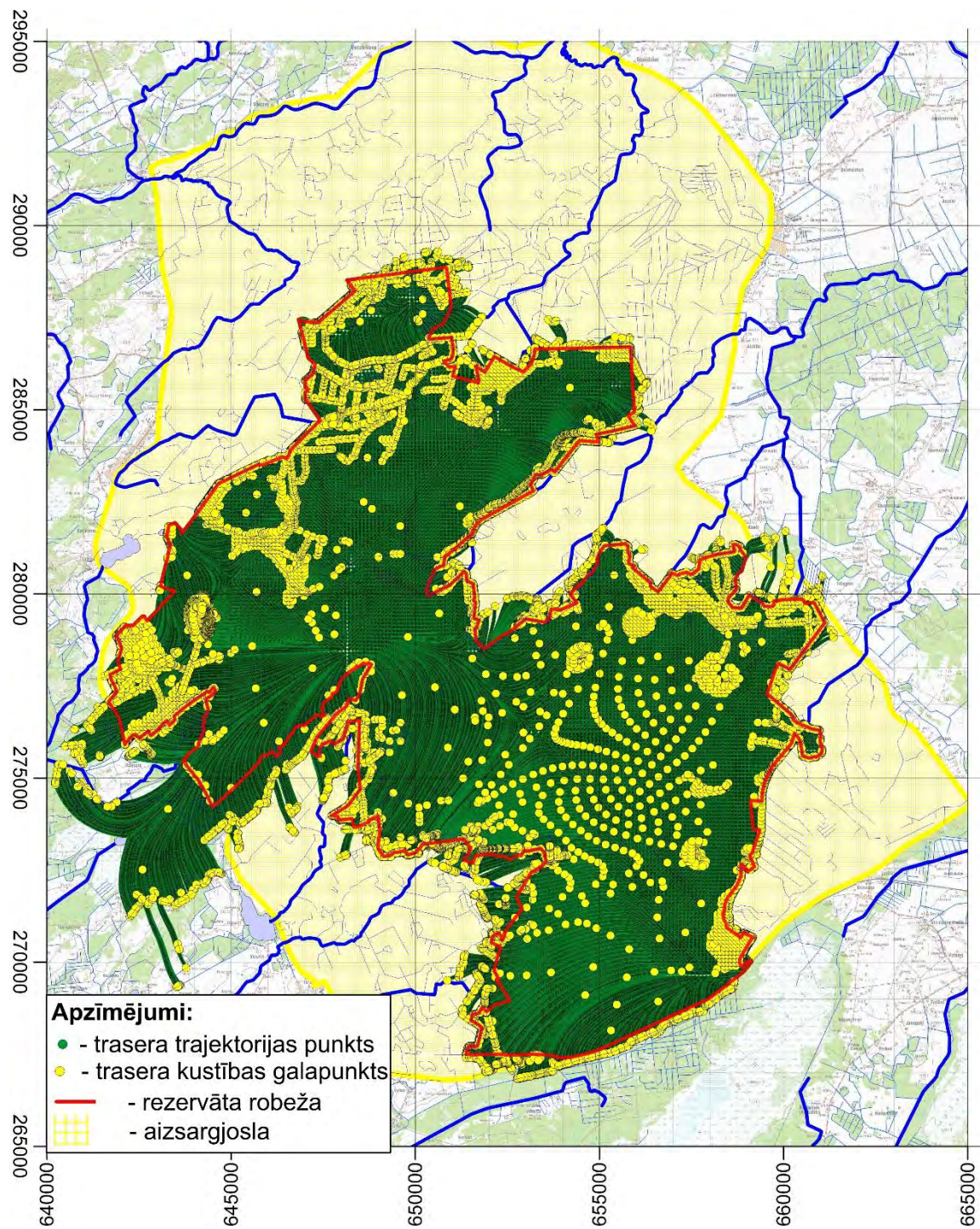
Traseru galapunkti, plūsmas virzienā

	relh	Prv1	Q2	D3dg#
Daļiņas beigu atrašanās vieta, startējot no Prv1 [%]	15	5	79	1
Daļiņas beigu atrašanās vieta, startējot no Q2 [%]	0.5	5	92	2.5

Daļiņas, kurām galapunkts ir reljefs, caur augšupejošo ūdens plūsmas kustību, jeb atslodzi, nonākušas zemes virskārtā un iztvaikojušas. Startējot daļiņas no Prv1, tie ir 15%, savukārt, startējot no Q2 slāņa, šādu daļiņu īpatsvars ir niecīgs. Pamata iemesli ir sprosts slāņu Prv1 un Prv2 atrašanās ceļā, kā arī infiltrācijas plūsmas virziens. Tās daļiņas, kuras apstājušās Prv1 – tika pārtvertas ar purva grāvjiem un purva ezeriem. Lielākais daļiņu īpatsvars apstājās Q2 slānī. Šīs daļiņas nonākušas upēs, ezeros vai grāvjos ārpus purva teritorijas. Pavisam neliela daļa no traseriem apstājušās D3dg# slānī, modeļa apakšā. Ja skata daļiņu kustības laiku, tad tas svārstās no 1 dienas līdz 83000 gadu, vidēji 245 gadi, starta no Q2 gadījumā. Savukārt, startējot daļiņas no Prv1, kustības laiks svārstās no 19 dienām līdz 33000 gadu, vidēji 153 gadi. Kustības laika periodu šeit ievērojami ietekmē daļiņas kustība caur sprotslāņiem Prv1, Prv2 un gQ2z. Tās daļiņas, kas nogrima līdz modeļa apakšai, izejot caur slāni gQ2z ir ar ilgāko kustības laiku. Gadījumā, ja traseira mūžs ir ļoti īss, tam par iemeslu ir tā sākumpunkta atrašanās vieta, kas ir tiešā tuvumā grāvim, upei vai ezeram.



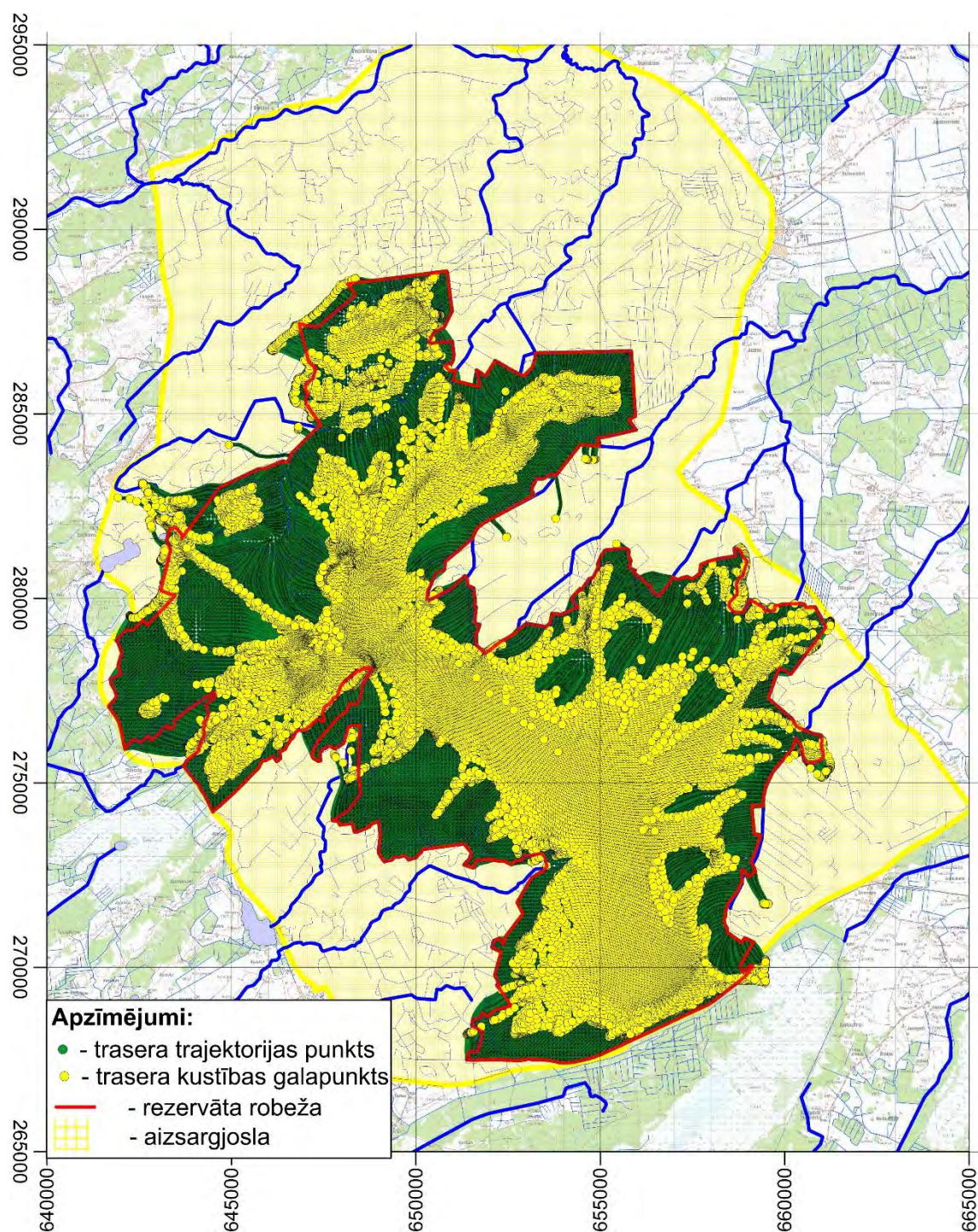
27. att. Daļiņu kustības trajektorijas no Q2 slāņa, ūdens plūšanas virzienā



28. att. Daļiņu kustības trajektorijas no Prv1 slāņa, ūdens plūšanas virzienā

7.3 Ūdens avoti Teiču DR

Teiču DR ūdens avots ir nokrišņi. To apliecina veiktie traseru eksperimenti, kuros tiek modelēts, no kurienes daļiņa ir ieradusies, ar kādu trajektoriju un cik ilgā laikā. Ūdens avotu apgabalu noteikšana ir praktisks risinājums, lai noteiktu aizsargjoslas kontūru. Tieši apgabalos, no kuriem Teiču DR saņem ūdeni, būtu nosakāmi ar hidroloģisko stāvokli saistītie ierobežojumi.

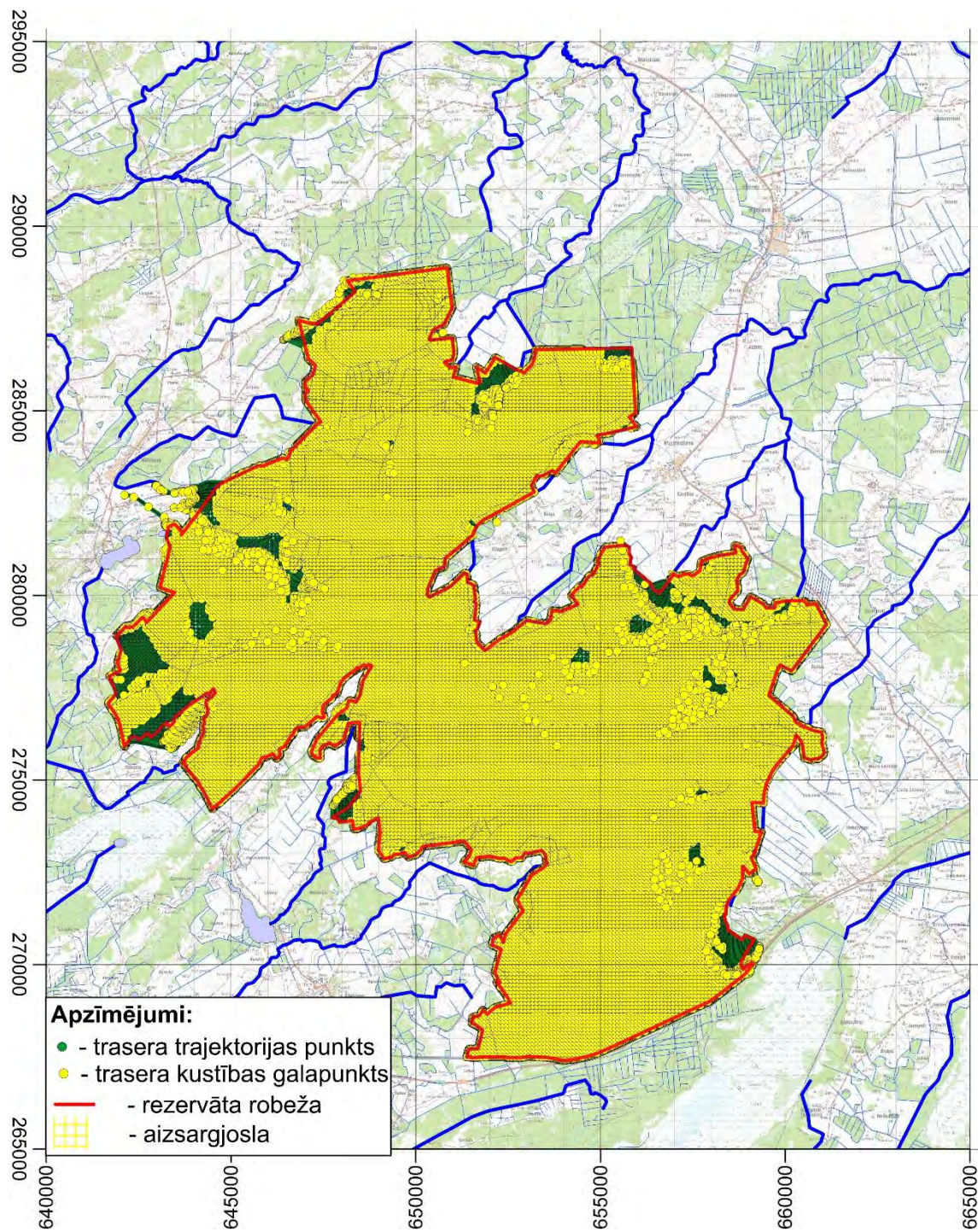


29. att. Daļiņu kustības trajektorijas no Q2 slāņa, pretēji ūdens plūšanas virzienam

Ekspērimētos daļiņu kopa (26. att. Traseru sākumpunktu pārklājums Teiču DR) tika ievietota sākumā Q2 slāņa vidū, tad – Prv1 slāņa vidū. Abos gadījumos daļiņu kustības laiks netika ierobežots. Praktiski visas daļiņas savu kustību apturēja reih slānī.

Traseru modelēšanas rezultāts Q2 slānim ir skatāms 29. attēlā. Ir redzams, ka pamata apgabali, no kuriem Teiču DR papildina ūdeni, ir paša rezervāta augša, bez tās ir nelieli apgabali ziemeļrietumos un dienvidaustrumos. Daļiņu kustības laiks – no 3 gadiem līdz 404 gadiem, vidēji 81 gads.

Traseru modelēšanas rezultāts Prv1 slānim ir skatāms 30. attēlā. Ir redzams, ka pamatā traseri ir kustējušies vertikāli uz augšu. Izņēmums ir Eiduku purva apvidus. Atsevišķi traseri ir apstājušies ārpus Teiču DR ziemeļrietumos un dienvidaustrumos, līdzīgi kā eksperimentā ar Q2. Tam par iemeslu ir atslodzes infiltrācija trasera sākumpunkta vietā. Līdz ar to daļiņa vispirms nonāk no Prv1 uz Q2 slāni, no kura tālāk pārvietojas līdzīgā veidā, kā tas notika eksperimentā ar Q2. Minimālais daļiņas kustības laiks ir 81 diena, maksimālais 3068 gadi. Vidēji daļiņas kustības laiks ir 14. gadi.



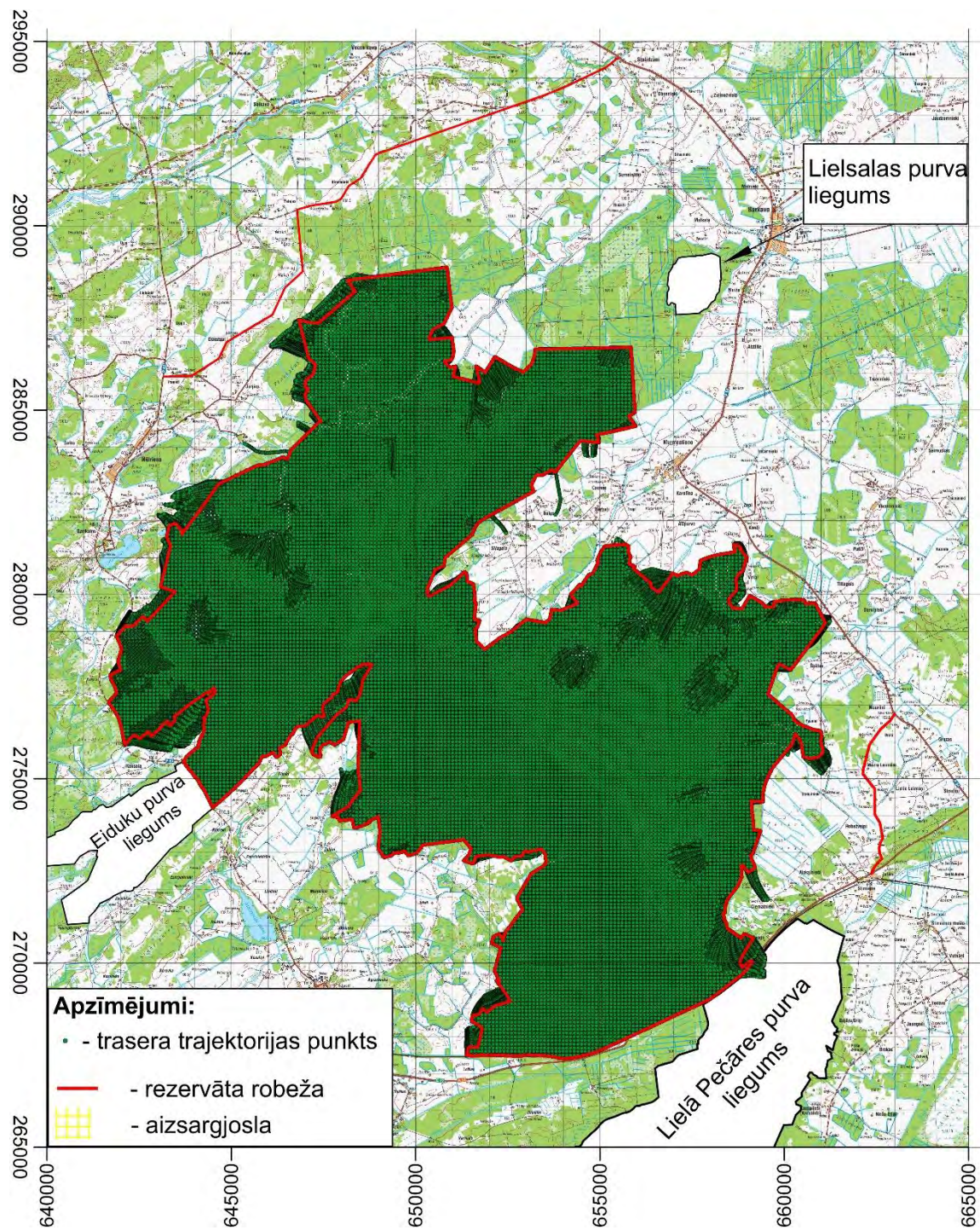
30. att. Daļiņu kustības trajektorijas no Prv1 slāņa, pretēji ūdens plūšanas virzienam

8. AIZSARGJOSLA

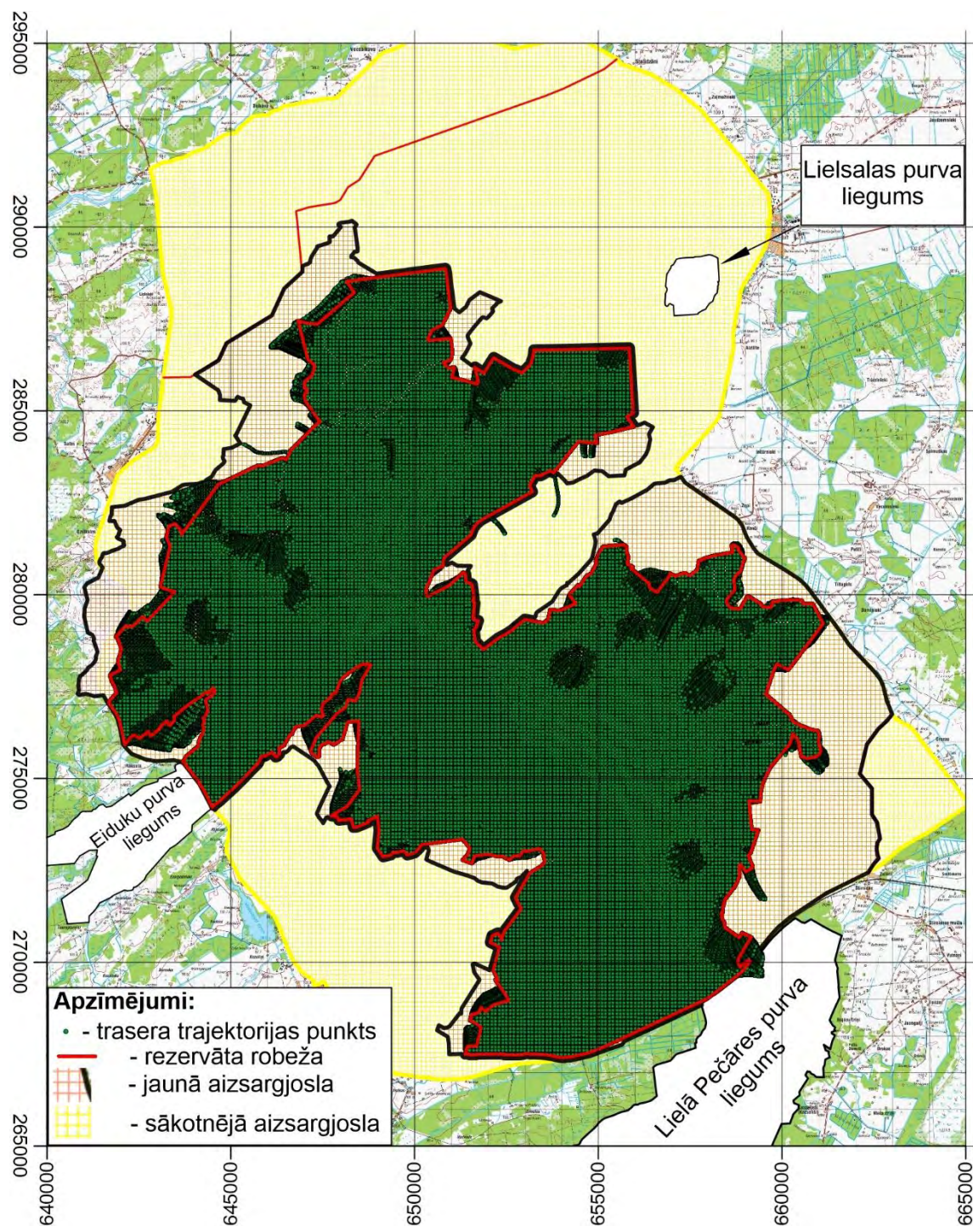
8.1 Aizsargjoslas līnija

Aizsargjoslas noteikšanai par pamatu tiks izmantots Aizsargjoslu likums [24]. Likuma 7. pantā minēti minimālie aizsargjoslas izmēri ap purviem. Balstoties uz šo likumu, ap Teiču purvu minimālā aizsargjosla būtu 100 m plata. Vietās, kur ir nepieciešama plašāka aizsargjosla, būtu vajadzīgs zinātnisks pamatojums tam, kādēļ aizsargjoslai ir attiecīgais platums. Šī darba ietvaros tika padziļināti pētīti ūdens apmaiņas procesi Teiču DR un tā apkārtnē. Par pamatu Teiču DR aizsargjoslas noteikšanai tiks izmantoti pētījumā iegūtie dati par apgabalu, kas kalpo par pazemes ūdens avotu Prv1 un Q2 slānī (nodaļa 7.3 Ūdens avoti Teiču DR). Atšķirībā no sākotnējā pētījuma, kur traseru kustība netika laikā ierobežota, tad aizsargjoslas gadījumā tie ir 25. gadi, kas ir ekvivalents ķīmiskās aizsargjoslai [23]. Teiču DR gadījumā ir būtiski tie apgabali, no kurienes tas papildina ūdens krājumus. Lai arī tā nav ūdens ņemšanas vieta kā tāda, tomēr ar 25 gadu periodu pasargātu ne vien no purva žūšanas antropogēno procesu rezultātā, bet arī aizsargātu Teiču DR ķīmiski un bakterioloģiski.

Teiču DR aizsargjoslas noteikšanai tika veikti nodaļā 7.3 Ūdens avoti Teiču DR aprakstītie modelēšanas eksperimenti, ierobežojot daļiņu kustības laiku līdz 25. gadi. Iegūtais rezultāts ir tuvs tam, kāds ir iegūts, modelējot bez šī ierobežojuma. Līdz ar to, daļiņu kustības trajektorijas šeit atsevišķi netiks izvērtētas. Apvienotajā kartē 31. att. ir skatāmas vienlaicīgi daļiņu kustības trajektorijas pretēji pazemes ūdens plūsmas virzienam gan startējot no Q2 slāņa, gan no Prv1 horizonta. Jaunā aizsargjosla skatāma 32. attēlā. Atsevišķos apgabalos, kuros daļiņas nav tikušas ārpus Teiču DR, vai arī atrodas 100 m joslas zonā, tiek pieņemts, ka ir pietiekami ar 100 m aizsargjoslas zonu. Savukārt, vietās, kur daļiņas 25. gadu laikā ir nonākušās tālāk par 100 m, apkārt šīm vietām aizsargjosla tiek apliekta tā, lai tās robežu būtu iespējams saskatīt dabā – aizsargjoslas līnija tiek vilkta gar ceļiem, upēm un grāvjiem. Atsevišķos gadījumos aizsargjosla ir jūtami plašāka nekā tikai vadoties pēc traseru līnijām. Tam pamatā ir dabā esošu objektu trūkums, gar kuriem būtu iespējams novilkt aizsargjoslas līniju. Lai novērstu aizsargjoslu pārklāšanos vietās, kur Teiču DR saskarās ar Eiduku un Lielo Pečāres purvu dabas liegumiem aizsargjosla ir mazāka par 100 metriem. Aizsargjoslas līnijas koordinātes ir skatāmas pielikumā - **Error!**
Reference source not found..



31. att. Traseru trajektorijas pretēji ūdens plūsmas virzienam, kustības laiks līdz 25. gadi



32. att. Jaunā aizsargjosla

8.2 Ierobežojumi Teiču DR aizsargjoslas apgabalā

Pamatā Teiču DR dabisko stāvokli, tajā esošo augu sugu netraucētu attīstību un purva pieaugumu hidroloģiski ietekmē pazemes ūdens pieteces izmaiņas un ūdens kvalitāte. Pirmajā gadījumā būtu nepieciešams vismaz apzināti nepalielināt to pazemes ūdens daudzumu, kas aizplūst no aizsargjoslas apgabala.

Aizsargjoslas apgabalā būtu pieļaujami sekojošas ar pazemes ūdens patēriņu saistītas darbības tikai tajā esošo māsaimniecību vajadzībām:

1. Piemājas dīķu rakšana.
2. Pašpatēriņa aku ierīkošana.

Abos minētos gadījumos iespējamais pazemes ūdens patēriņš ir neliels. Teiču DR aizsargjoslas apgabalā nav pieļaujami:

1. Jaunu meliorācijas sistēmu izbūve.
2. Grāvju izveide.
3. Ūdens ņemšanas vietu aizsargjoslu pārklāšanās ar Teiču DR aizsargjoslu.

Esošās meliorācijas sistēmas jau ir efektīvi ierobežojušas Teiču purva izplešanos, tādēļ jaunu noteču izveide aizsargjoslas apgabalā negatīvi ietekmēs pazemes un virszemes ūdens plūsmu Teiču DR. Ūdens ņemšanas vietu ierīkošana ar aizsargjoslas noteikšanu teritorijā ir vairāk diskutējams jautājums. Ir iespējams iegūt ūdeni no dziļākiem slāņiem, sevišķi nesamazinot Q2 slāņa ūdens līmeni. Ja to var pamatot ar aprēķiniem un hidroģeoloģisko modelēšanu, šādus urbumus ir pieļaujams ierīkot. Savukārt, ūdens kvalitāte šajā gadījumā ir cieši saistīta ar iespējamo piesārņojumu. Būtu nozīmīgi ierobežot vai izvairīties no virszemes un pazemes ūdeņu piesārņošanas. Iespējamie piesārņojuma avoti šeit būtu – lauksaimniecība, transports un rūpniecība [25]. Lai samazinātu, novērstu pazemes un virszemes ūdeņu piesārņošanu Teiču DR aizsargjoslas apgabalā, būtu nepieciešams:

1. Samazināt vai aizliegt herbicīdu, pesticīdu lietošanu.
2. Aizliegt ierīkot izgāztuves.
3. Aizliegt neattīrītu notekūdeņu infiltrēšanu.
4. Aizliegt to transportlīdzekļu kustību, kas pārvadā bīstamas ķīmiskas kravas.
5. Aizliegt degvielas uzpildes staciju ierīkošanu.
6. Aizliegt ierīkot jaunas lauksaimniecības ķīmijas noliktavas, jaunas fermas vai mehāniskās darbnīcas u.c. ražotnes ar piesārņojuma risku. Esošajās būtu vēlams izvērtēt piesārņojuma riskus.

9. SECINĀJUMI

Pētījuma pamata mērķis bija izveidot zinātniski pamatotu aizsargjoslas kontūru. Lai sasniegtu mērķi, tika veikta kartogrāfisko datu, atskaišu un citu pieejamo datu izpēte, lai labāk saprastu un spētu novērtēt dabas procesus, kas nodrošina Teiču DR eksistenci un netraucētu attīstību. Rezultātā tika izstrādāts Teiču HM, ar kura palīdzību iegūti modelēšanas rezultāti, kas detalizēti apraksta ūdens apmaiņas procesu ar apkārtējām teritorijām gan telpiski, gan arī skaitliski. Būtiska inovācija modeļa izstrādē ar tajā esošu purvu ir tā sadalīšana pēc slāņa filtrācijas īpašībām, ar ko ne tikai modeļa stāvoklis vēl vairāk tika pietuvināts reālajam, bet arī šī pieeja ļāva novērtēt purva virskārtā notiekošos ūdens apmaiņas procesus.

Ar modeļa palīdzību nav rasts apstiprinājums idejai par to, ka augsto purvu gadījumā purvs uzņem ūdeni tikai no nokrišņiem. Modelēšanas rezultāti parāda, ka purva ūdens apmaiņas procesos iesaistīti vēl 10% Q2 slāņa ūdens resursu.

Traseru eksperimenti parādīja, ka Teiču DR gruntsūdeņu un virszemes ūdeņu mijiedarbības apgabals ar apkārtējām teritorijām nav liels. Lai arī šie secinājumi atšķiras no eksperimentos ar traseriem reģionālajā modelī LAMO modelī aprakstītā [26], tas ir nozīmīgs atklājums ne tikai Teiču DR teritorijas gadījumā, bet arī ar to var labāk izprast meliorācijas sistēmu ietekmi uz ūdens apmaiņu kopumā.

Pamatojoties uz traseru eksperimentiem tika sastādīta jaunā Teiču DR aizsargjosla. Pamata grūtības bija atrast savstarpēji savienotus objektus – upes, grāvjus, ceļus, tā, lai vietās, kur ir nepieciešama plašāka aizsargjosla, gar tiem varētu novilkt apgabala līniju. Tagad Teiču DR aizsargjoslas apgabals aizņem par 71% mazāk, salīdzinot ar sākotnējās aizsargjoslas apgabalu. Jaunā aizsargjoslas noteikšanā ir ņemts vērā komplicētais virszemes un pazemes ūdens apmaiņas process starp Teiču DR un apkaimes teritorijām.

Aizsargjoslas robežas koordinātes (LKS-92 sistēma) ir pievienotas pielikumā - **Error! Reference source not found..**

10. IZMANTOTIE INFORMĀCIJAS AVOTI

- [1] Saeima, «Teiču dabas rezervāta likums,» *Latvijas Vēstnesis*, 2008.
- [2] O.Aleksāns, «TEIČU UN KRUSTKALNU DABAS REZERVĀTU HIDROLOĢISKĀ IZPĒTE,» 2016.
[Tiešsaiste]. Available:
https://www.daba.gov.lv/sites/daba/files/data_content/zin_p_teicu_krustkalnu_dr_hidroizpete_20161.pdf.
- [3] А.Чеботарёв, *Общая гидрология*, Ленинград: Гидрометеиздат, 1984.
- [4] К.Иванов, *ВОДООБМЕН В БОЛОТНЫХ ЛАНДШАФТАХ*, Ленинград: Гидрометеиздат, 1975.
- [5] В.Михайлов, С. Добролюбов, *Гидрология. Учебник для вузов*, Москва: Директ-Медиа, 2017.
- [6] М. Ābele, «Purvu klasifikācija,» [Tiešsaiste]. Available:
<http://raksti.daba.lv/referaati/2001/MAbele/purvs7.html>.
- [7] A.Spalvins, R.Janbickis, J.Slangens, E.Gosk, «Hydrogeological Model for Evaluating Groundwater Resources of the Central Region of Latvia,» %1 10. *Symposium on "Simulationstechnik"*, Dresden, 1996.
- [8] A.Spalvins, «Hydrogeological Model "Large Riga" Atlas of maps.,» *Baltic Electronics*, sēj. No.2, 1996.
- [9] A. Spalviņš, K.Krauklis, I.Lāce, O.Aleksāns, «Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa LAMO izveidošana, izmantošana un pilnveidošana,» *Boundary Field Problems and Computer Simulation*, sēj. 57, pp. 5.-14., 2018.
- [10] *Tehniskā specifikācija līgumdarbam par zinātniskā pamatojuma sagatavošanu Teiču dabas rezervāta ārējās aizsargjoslas noteikšanai.*
- [11] I. Environmental Simulations, Groundwater Vistas. Version 7, Guide to using, 2017.
- [12] Vides Modelēšanas centrs, «Informācija par Latvijas hidroģeoloģisko modeli LAMO4,» RTU, 2021. [Tiešsaiste]. Available: http://www.emc.rtu.lv/lamo_lv.htm.
- [13] *Enciklopēdija "Latvijas daba"*, Rīga: Preses Nams, 1995.
- [14] «Topogrāfiskās kartes M 1:50 000,» Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūra, [Tiešsaiste]. Available: <https://www.lgia.gov.lv/lv/node/961>.

- [15] Envirotech, «OZOLS - Dabas datu pārvaldības sistēma,» [Tiešsaiste]. Available: <https://ozols.gov.lv/>.
- [16] Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūra, «Digitālais reljefa modelis,» [Tiešsaiste]. Available: <https://www.lgia.gov.lv/lv/Digit%C4%81lais%20reljefa%20modelis>.
- [17] SURFER-12 for Windows, User's manual, Guide to Using, Golden Software, Inc., 2016.
- [18] A Spalvins, J Slangens, R Janbickis, I Lace, «Novel interpolation tools for creating hydrogeological models,» *Boundary Field Problems and Computer Simulation*, 2002.
- [19] K.Krauklis, J.Slangens, «Special Software Used for Implementing Elements of Hydrographical Network into Hydrogeological Model of Latvia,» *Boundary Field Problems and Computer Simulation*, sēj. 53, pp. 25-29, 2014.
- [20] A. Spalvins, I.Eglite,I.Lace, K.Krauklis, «MODELLING OF THE FOREST MELIORATION SYSTEM AT LATVIA. A CASE STUDY,» %1 *in SGEM*, Albena, 2020.
- [21] Spalvins A., Krauklis K., Lace I., «The new method for finding borders of groundwater recharge, transit and discharge areas,» %1 *18th international multidisciplinary scientific geoconference SGEM 2018*, Albena, 2018.
- [22] Pollock, David W., User Guide for MODPATH Version 6—A Particle-Tracking Model for MODFLOW, Virginia: USGS, 2012.
- [23] LVĢMC, METODISKIE NORĀDĪJUMI PAR HIDROĢEOLOĢISKĀS IZPĒTES PĀRSKATU SAGATAVOŠANU UN NOFORMĒŠANU: AIZSARGJOSLU AP PAZEMES ŪDENS ŅEMŠANAS VIETĀM NOTEIKŠANAS METODIKA, Rīga, 2018.
- [24] «Aizsargjoslu likums,» *Latvijas Vēstnesis*, nr. <https://likumi.lv/ta/id/42348>, pp. 56-57, 1997.
- [25] red. I.Semjonovs, Pazemes ūdeņu aizsardzība, Rīga: Izdevniecība Gandrs, 1997.
- [26] A. Spalvins, I. Lace, K. Krauklis, «A hydrogeological model as a tool for investigating the processes of nature: a case study of the Iecava river baseflow, Latvia,» %1 *16TH International scientific geoconference SGEM 2016*, Albena, 2016.

PIELIKUMS. TEIČU DR AIZSARGJOSLAS KOORDINĀTES

X koordināte	Y koordināte
652693.59	279205.42
652937.53	279406.82
652944.46	279412.05
652951.81	279416.66
652959.53	279420.61
652967.57	279423.88
652975.86	279426.44
652984.34	279428.28
652992.94	279429.37
653001.61	279429.71
653010.28	279429.30
653018.88	279428.14
653280.01	279381.24
653320.08	279513.08
653357.67	279542.32
653728.79	279797.43
653746.72	279809.69
653921.39	280094.76
653969.48	280152.28
654007.05	280185.15
654066.82	280221.47
654111.68	280243.56
654144.68	280255.17
654154.33	280323.60
654186.45	280318.13
654416.63	280528.99
654473.05	280580.68
654742.66	280884.12
654794.21	280946.06
654831.49	281001.97
654856.56	281101.93
654862.86	281129.40
654917.27	281365.27
654924.88	281470.75
654876.55	281641.97
654972.73	281663.23
655305.59	282041.88
655347.90	282177.59
655402.27	282266.76
655478.85	282462.01

655478.85	282455.66
655578.36	282537.23
655631.04	282497.77
655901.22	282619.54
656326.60	282851.34
656526.48	283020.08
656814.35	283047.59
656932.88	283108.98
657066.24	283119.56
657247.40	283209.77
657360.60	283049.36
658735.89	282098.41
658819.17	282021.25
658913.58	281885.25
659036.33	281572.74
659229.99	281259.98
659332.34	281127.37
659513.76	281012.95
660077.08	280676.41
660438.05	280442.01
660556.55	280342.34
660654.27	280240.72
660744.20	280134.06
660980.17	279815.86
661137.38	279600.27
661564.00	279019.36
661821.99	278637.09
662500.65	277918.36
662671.76	277699.13
662746.33	277533.59
662851.26	277114.77
662996.10	276746.68
662851.68	276567.98
662620.85	276351.76
662307.32	275925.91
662116.86	275124.23
662446.23	274727.35
662446.23	274016.94
662585.13	273801.04
662664.51	273364.47
662593.07	273249.38
662573.23	273106.50
662589.10	272951.72
662628.79	272828.69

662489.88	272669.94
662342.86	272440.40
661209.21	271880.93
660220.06	271227.72
659893.61	270953.97
659715.50	270762.63
659125.14	270035.42
658965.63	269843.89
658891.64	269763.60
658831.00	269711.05
658193.79	269210.99
657860.16	268955.89
657777.09	268917.87
657819.44	268837.61
657261.77	268580.40
656899.53	268407.26
656898.38	268406.71
656610.41	268273.54
656364.64	268155.21
656361.87	268153.93
656157.53	268063.11
655707.80	267850.68
655644.35	267755.08
655375.53	267666.18
655068.69	267558.64
655066.61	267557.73
655062.10	267555.93
654772.83	267448.56
654768.93	267447.21
654760.25	267444.81
654269.01	267333.09
654262.68	267331.86
654256.29	267331.05
654249.86	267330.64
654140.31	267327.32
654132.73	267323.48
654124.85	267320.30
654116.72	267317.81
654108.41	267316.02
654099.98	267314.96
654091.49	267314.62
654007.05	267314.75
654002.72	267314.85
653994.72	267315.54

653814.44	267338.23
653806.26	267339.59
653798.24	267341.64
653790.40	267344.35
653782.83	267347.70
653775.56	267351.68
653768.65	267356.25
653762.15	267361.38
653513.99	267397.10
653319.73	267405.93
653122.89	267408.20
653114.14	267408.67
653105.47	267409.92
653096.94	267411.94
653088.63	267414.70
653080.59	267418.19
653072.89	267422.38
652978.68	267399.58
652971.23	267398.08
652963.69	267397.14
652956.10	267396.78
652948.51	267397.00
652919.09	267398.96
652911.79	267395.51
652904.24	267392.67
652896.48	267390.45
652888.57	267388.86
652880.56	267387.93
652872.49	267387.65
652429.76	267389.93
652421.82	267390.28
652413.93	267391.27
652406.14	267392.88
652398.51	267395.12
652391.08	267397.95
652383.90	267401.38
652377.02	267405.37
652370.48	267409.90
651730.46	267404.03
651723.76	267400.34
651716.79	267397.18
651709.60	267394.58
651702.22	267392.54
651694.71	267391.08

651687.11	267390.21
651679.47	267389.93
651494.62	267389.93
651486.16	267390.29
651477.76	267391.36
651469.49	267393.14
651461.39	267395.62
651453.54	267398.77
651445.98	267402.59
651438.77	267407.03
651384.84	267405.93
651375.94	267406.14
651367.11	267407.15
651358.39	267408.93
651349.87	267411.48
651341.61	267414.78
651333.67	267418.80
651326.13	267423.51
651319.03	267428.88
651312.44	267434.85
651306.40	267441.38
651300.97	267448.43
651296.18	267455.93
651292.09	267463.82
651288.70	267472.05
651286.07	267480.54
651284.20	267489.24
651283.11	267498.07
651282.80	267506.96
650943.18	267497.08
650930.83	267807.80
650904.54	267973.26
650615.38	268148.76
650660.23	268286.39
650798.08	268213.64
650887.63	268223.24
650953.73	268257.35
651234.12	268621.97
651272.24	268605.52
651274.88	268721.21
651287.22	268757.62
651515.72	269120.00
651768.62	269523.18
651635.95	269708.99

651622.03	269733.73
651581.87	269945.63
651618.94	269963.35
651640.59	269966.45
652043.58	269781.85
652043.31	269790.24
652043.73	269798.62
652044.86	269806.93
652046.68	269815.12
652113.63	270065.99
652113.89	270066.94
652189.21	270337.05
652190.05	270339.89
652198.71	270367.72
652019.44	270455.93
652011.77	270460.13
652004.50	270464.98
651997.68	270470.45
651991.36	270476.50
651985.59	270483.07
651980.43	270490.12
651975.89	270497.60
651972.03	270505.44
651968.87	270513.59
651966.43	270521.98
651964.73	270530.56
651963.79	270539.25
651963.61	270547.99
651964.20	270556.72
651965.55	270565.35
651967.64	270573.84
652019.61	270750.74
652020.19	270752.74
652023.02	270761.01
652026.56	270769.01
652030.78	270776.66
652035.65	270783.92
652041.14	270790.72
652047.21	270797.02
652053.80	270802.76
652060.86	270807.90
652068.35	270812.41
652076.20	270816.25
652110.25	270831.09

652157.07	270856.02
652164.76	270859.70
652165.69	270860.09
652216.32	270881.13
652223.70	270885.54
652231.42	270889.30
652239.44	270892.39
652247.70	270894.77
652256.13	270896.43
652264.67	270897.36
652273.26	270897.55
652281.83	270897.01
652290.33	270895.72
652298.68	270893.71
652306.83	270890.99
652314.71	270887.58
652322.28	270883.51
652329.46	270878.79
652336.21	270873.48
652342.48	270867.61
652343.67	270871.44
652346.58	270879.58
652350.19	270887.45
652354.47	270894.98
652359.38	270902.11
652788.57	271470.82
652660.52	271718.58
652656.97	271726.20
652654.08	271734.10
652651.87	271742.21
652650.34	271750.48
652649.51	271758.85
652649.39	271767.25
652649.98	271775.64
652651.26	271783.95
652653.25	271792.12
652655.91	271800.10
652659.23	271807.82
652663.19	271815.24
653058.31	272486.06
652897.73	272317.61
652784.85	272274.31
652755.47	272193.90
652523.53	272037.72

652481.78	272026.90
652416.83	272028.45
652260.66	272059.37
652118.40	272140.55
651835.42	272173.03
651721.00	272216.32
651631.31	272289.77
651425.12	272364.47
651068.45	272466.82
650416.58	272746.66
650318.29	272798.50
650389.54	273043.66
650359.15	273129.29
650252.68	273115.30
650221.20	273058.23
650217.31	273051.78
650212.95	273045.63
650208.14	273039.84
650202.91	273034.42
650070.06	272906.81
650063.96	272901.42
650057.45	272896.55
650050.56	272892.23
650043.34	272888.48
650035.84	272885.32
650028.11	272882.79
649830.71	272826.89
649822.34	272824.90
649813.83	272823.64
649805.25	272823.12
649796.65	272823.34
649788.10	272824.29
649779.67	272825.97
649771.41	272828.38
649763.39	272831.48
649755.67	272835.26
649748.30	272839.69
649741.34	272844.74
649734.83	272850.37
649728.84	272856.53
649723.39	272863.19
649675.36	272927.38
649560.64	272898.03
649553.55	272896.49

649546.36	272895.46
649539.12	272894.96
649531.86	272894.99
649469.64	272897.48
649420.95	272851.35
649414.46	272845.71
649407.51	272840.64
649400.15	272836.20
649392.43	272832.40
649384.42	272829.28
649376.17	272826.86
649173.91	272776.87
649165.34	272775.14
649156.66	272774.17
649147.92	272773.97
649139.20	272774.52
649130.56	272775.84
649122.06	272777.90
649113.78	272780.70
649105.78	272784.21
649098.11	272788.41
649090.84	272793.26
649084.02	272798.73
649077.71	272804.77
649071.94	272811.33
649066.77	272818.38
648908.29	273055.52
648903.81	273062.89
648899.99	273070.62
648896.84	273078.64
648894.40	273086.91
648892.68	273095.36
648891.69	273103.93
648891.44	273112.55
648891.94	273121.16
648939.38	273589.51
648909.52	273830.22
648847.33	273801.13
648845.49	273792.39
648842.88	273783.86
648839.51	273775.60
648835.42	273767.66
648830.64	273760.13
648825.20	273753.05

648819.16	273746.49
648812.55	273740.49
648805.43	273735.11
648797.86	273730.39
648789.89	273726.36
648665.68	273670.26
648663.82	273669.45
648661.39	273668.45
648455.60	273586.83
648448.34	273584.27
648440.91	273582.27
648433.35	273580.86
648425.69	273580.03
648346.82	273574.52
648338.02	273574.30
648329.24	273574.85
648320.54	273576.16
648311.99	273578.24
648303.65	273581.07
648295.60	273584.61
648287.88	273588.85
648280.58	273593.75
648273.72	273599.27
648267.39	273605.38
648261.61	273612.02
648256.44	273619.14
648251.91	273626.68
648248.07	273634.60
648244.94	273642.82
648242.54	273651.29
648208.03	273797.39
647959.44	273767.82
647957.83	273767.65
647949.38	273767.00
647940.91	273767.06
647932.48	273767.85
647924.14	273769.34
647915.96	273771.54
647908.00	273774.42
647900.31	273777.97
647892.95	273782.16
647885.97	273786.96
647879.42	273792.33
647873.35	273798.24

647867.80	273804.64
647862.82	273811.49
647858.44	273818.73
647854.68	273826.33
647852.31	273831.74
647834.15	273872.38
647720.07	273889.58
647711.49	273891.26
647703.08	273893.69
647694.92	273896.84
647687.06	273900.69
647679.58	273905.21
647672.51	273910.37
647665.93	273916.13
647659.87	273922.44
647654.39	273929.26
647649.52	273936.53
647645.31	273944.20
647641.78	273952.20
647593.86	273935.02
647514.11	273782.93
647493.74	273822.47
647391.13	273953.51
647345.39	274031.39
647346.63	274059.83
647461.36	274321.92
647669.29	274759.54
647691.63	274782.68
647614.46	274912.21
647402.68	275316.71
647335.22	275403.23
647335.37	275403.09
647403.32	275316.39
647335.55	275402.92
647335.37	275403.09
647265.21	275492.60
647073.12	275624.37
646693.44	275876.51
646625.05	275840.83
646569.49	275766.75
646501.94	275714.23
646425.24	275713.56
646429.74	275678.10
646428.67	275657.61

646422.67	275635.77
646414.15	275619.20
646403.91	275605.82
646362.96	275560.70
646331.20	275527.89
646314.23	275517.21
646253.39	275488.79
646221.85	275484.95
646191.08	275491.05
646165.50	275505.02
646144.66	275526.27
646099.57	275588.89
645975.11	275522.13
645966.47	275518.02
645958.77	275515.15
645948.53	275512.41
645940.09	275511.00
645930.85	275510.30
645921.07	275510.48
645903.03	275511.70
645880.09	275473.83
645830.45	275365.63
645808.88	275335.20
645628.35	275156.43
645418.19	274933.43
645147.26	274665.68
644934.29	274470.58
644760.06	274311.29
644701.18	274265.93
644631.91	274212.60
644571.74	274140.50
644540.88	274163.51
644484.42	274185.80
644443.33	274279.59
644149.09	274843.40
643718.97	275406.66
643654.49	275444.59
643598.03	275464.53
643519.17	275482.66
643465.20	275498.53
642963.55	275473.13
642685.74	275516.79
642303.94	275668.13
642151.20	275825.25

642071.91	275930.07
642038.84	276094.11
641980.63	276378.54
641915.81	276627.25
641767.64	276886.94
641652.55	277050.98
641611.54	277127.71
641601.12	277146.49
641601.82	277145.27
641533.49	277265.13
641292.62	277238.49
641119.98	277286.11
641036.64	277302.65
640882.52	277267.59
640832.20	277306.91
640869.41	277387.36
640855.79	277566.52
640875.80	277726.29
640905.56	277794.38
640964.21	277828.25
641098.76	277962.36
641121.55	278016.38
641205.40	278074.12
641293.49	278169.06
641326.84	278241.70
641328.94	278310.83
641374.75	278447.77
641268.50	278754.24
641282.36	278800.46
641231.49	278909.34
641109.82	278969.35
641009.19	279408.67
641026.80	279636.10
641103.62	279852.14
641015.44	280208.01
641094.55	280310.85
641400.09	280467.35
641514.51	280740.72
641425.76	280850.02
641424.86	280901.70
641450.51	280958.50
641467.00	280984.15
641496.31	281020.79
641507.31	281081.25

641532.96	281125.23
641565.94	281134.39
641589.75	281130.72
641631.89	281138.05
641688.73	281156.31
641760.15	281191.19
641792.98	281200.84
641925.04	281244.32
642007.49	281293.79
642071.62	281319.44
642102.77	281343.26
642097.27	281370.74
642086.28	281381.73
642073.45	281403.72
642075.28	281414.71
642088.11	281442.19
642084.44	281458.68
642066.12	281473.34
641956.56	281514.33
641896.13	281561.46
641940.75	281611.55
641969.15	281711.27
641994.77	281756.94
641924.29	281816.30
641894.52	281855.29
641851.88	281967.62
641839.41	282002.37
641697.90	282004.90
641716.43	282105.44
641759.09	282185.04
641766.70	282383.25
642115.95	282419.23
642489.01	282580.63
642660.53	282606.01
643392.78	282797.62
643684.93	282979.94
643770.14	282997.56
644104.44	283018.82
644232.30	283061.50
644301.59	283065.53
644329.03	283115.83
644478.77	283211.09
644587.13	283393.32
644745.75	283526.44

644809.28	283587.99
644832.31	283625.71
644788.64	283704.73
644779.49	283756.80
644798.96	283779.77
644805.96	283959.36
645018.45	283994.15
645259.95	284116.29
645118.48	284331.44
645143.59	284348.43
645532.99	285149.85
645360.93	285235.59
645335.22	285330.08
645254.26	285350.71
645186.00	285382.46
645118.00	285273.98
644702.60	285295.15
644707.90	285427.44
644662.92	285557.09
644027.91	285988.36
644233.38	286108.44
644668.21	286374.65
644884.68	286842.93
646119.33	287596.15
646456.68	288333.02
646948.80	288786.25
646949.79	288938.94
647046.35	288984.73
647089.63	288993.05
647137.08	289028.84
647160.39	289043.83
647162.88	289091.27
647177.03	289146.63
647204.50	289210.72
647301.06	289363.88
647354.33	289442.96
647350.80	289473.23
647609.06	289554.90
647693.13	289589.86
647684.81	289738.45
647693.96	289746.77
647775.54	289746.77
647793.85	289760.09
647995.29	290003.57

647978.65	290025.21
647948.68	290036.03
647931.20	290048.51
647925.37	290066.83
647930.37	290085.14
647969.49	290109.28
648017.77	290121.77
648221.71	290144.24
648300.74	290171.33
648317.21	290152.35
648375.45	290113.77
648423.73	290070.19
648374.74	289993.39
648452.40	289416.47
648447.90	289338.90
648368.23	289327.16
648299.52	289239.37
648278.52	289218.37
648278.08	289182.97
648353.48	289170.24
648449.93	289078.85
648468.05	289036.09
648967.33	288734.79
650823.26	288975.40
650832.02	288976.15
650840.80	288976.12
650849.56	288975.33
650858.20	288973.76
650866.68	288971.45
650874.92	288968.40
650882.86	288964.64
650890.44	288960.19
650897.60	288955.10
650904.29	288949.40
650910.45	288943.13
650916.18	288936.55
650921.27	288931.05
650926.26	288925.08
650930.77	288918.74
650934.76	288912.07
650938.22	288905.10
650941.12	288897.88
650943.45	288890.46
650945.19	288882.88

650945.36	288882.03
650969.32	288756.29
650969.48	288755.43
650970.55	288747.89
651000.55	288458.68
651024.49	288276.78
651024.59	288275.98
651055.84	288022.82
651085.45	287809.82
651086.25	287801.46
651086.35	287793.06
651085.94	287787.36
651216.42	287681.62
651404.73	287835.03
651490.61	288013.60
651776.55	288229.52
652353.12	287984.30
652256.49	287941.59
652219.65	287894.64
652121.92	287801.09
652114.30	287778.33
652122.30	287754.23
652138.02	287709.43
652090.70	287649.95
652004.62	287552.19
651961.00	287517.60
651938.12	287521.61
651882.12	287545.06
651857.75	287547.73
651832.19	287532.50
651623.27	287286.37
651454.99	287072.67
651447.70	287048.96
651447.68	287011.97
651454.01	286989.68
651503.93	286880.32
651519.91	286843.78
651521.15	286833.76
651515.67	286820.83
651434.16	286659.01
651396.06	286588.62
651371.01	286545.48
651354.27	286520.73
651286.23	286437.98

651556.10	286237.87
651556.73	286239.22
651561.15	286246.88
651566.24	286254.13
651571.95	286260.90
651578.24	286267.13
651585.05	286272.79
651592.34	286277.82
651600.04	286282.19
651608.10	286285.86
651616.45	286288.80
651625.03	286290.99
651633.77	286292.41
651642.60	286293.06
651651.45	286292.92
651660.26	286292.00
651668.95	286290.30
651677.45	286287.84
651685.71	286284.64
651693.65	286280.72
651701.21	286276.11
651860.21	286169.32
652071.02	286504.99
652075.87	286512.03
652081.31	286518.63
652087.29	286524.74
652093.77	286530.32
652100.71	286535.33
652108.05	286539.72
652115.73	286543.47
652123.71	286546.55
652131.92	286548.94
652140.31	286550.62
652148.81	286551.57
652157.36	286551.79
652165.89	286551.29
652174.36	286550.05
652182.68	286548.10
652190.81	286545.44
652198.68	286542.10
652206.24	286538.10
652709.31	286243.44
652872.35	286175.87
652877.75	286173.44

652882.99	286170.70
652908.87	286156.18
653070.90	286321.21
653129.14	286498.71
653136.79	286537.73
653148.64	286666.21
653149.79	286674.70
653151.67	286683.06
653154.25	286691.23
653157.52	286699.15
653161.46	286706.76
653166.03	286714.00
653171.21	286720.83
653176.96	286727.18
653183.22	286733.03
653189.97	286738.31
653197.14	286743.00
653204.68	286747.05
653212.55	286750.45
653220.68	286753.16
653229.01	286755.17
653237.48	286756.45
653246.03	286757.00
653479.22	286762.12
653484.41	286762.10
653546.79	286760.23
653563.64	286761.90
653569.06	286762.30
653571.92	286762.38
654002.28	286769.38
655841.24	286811.58
655849.74	286811.41
655858.20	286810.53
655866.55	286808.92
655874.74	286806.61
655882.70	286803.62
655890.38	286799.95
655897.72	286795.65
655904.66	286790.75
655911.17	286785.26
655917.18	286779.25
655922.66	286772.75
655927.57	286765.80
655931.87	286758.46

655935.54	286750.78
655938.53	286742.82
655940.84	286734.64
655942.45	286726.29
655943.34	286717.83
656042.30	285129.57
656054.02	284955.63
656054.23	284947.29
656053.75	284938.96
656052.58	284930.71
656050.72	284922.58
656048.19	284914.63
656045.01	284906.92
656041.19	284899.51
656036.77	284892.43
656031.78	284885.75
656026.25	284879.51
656020.22	284873.75
656013.73	284868.52
656006.82	284863.84
655924.71	284813.10
656052.82	284634.62
656057.68	284627.17
656061.87	284619.31
656065.33	284611.10
656068.06	284602.63
656260.34	284680.90
656486.11	284557.71
656385.32	284384.97
656383.16	284361.27
656386.31	284324.57
656413.88	284229.13
656389.69	284114.13
656356.90	283958.20
656294.68	283816.57
656129.98	283603.22
655748.04	283400.79
655711.04	283244.54
655353.61	283225.48
655281.12	283221.61
655107.33	283361.02
654891.13	283376.33
654686.73	283229.31
654477.32	283138.01

654314.08	283051.29
654154.01	283026.73
654082.98	283110.77
653897.26	283298.31
653862.29	283252.97
653852.60	283242.33
653841.74	283233.37
653824.94	283223.70
653807.54	283217.69
653790.41	283215.03
653766.14	283216.36
653748.68	283221.13
653734.60	283227.69
653723.11	283235.24
653687.98	283262.00
653478.04	283149.28
653468.32	283144.99
653460.29	283142.33
653450.22	283140.01
653440.12	283138.76
653332.95	283138.12
653300.14	283065.73
653267.82	283016.37
653242.12	282960.34
653301.45	282828.23
653303.31	282820.32
653304.92	282807.57
653305.05	282797.83
653304.36	282789.16
653302.83	282780.15
653300.68	282771.97
653297.94	282764.22
653295.73	282759.13
653291.91	282751.75
653276.50	282731.39
653253.63	282713.97
652289.81	282179.78
651874.76	281951.14
651755.70	281852.53
651696.82	281763.06
651659.77	281680.83
651626.12	281585.06
651621.44	281576.67
651612.18	281564.07

651601.47	281553.42
651384.26	281367.77
650895.05	280951.64
650871.37	280803.65
651016.92	280872.64
651167.17	280785.52
651534.07	280781.26
651441.93	280650.78
651459.65	280633.66
651465.22	280627.82
651470.30	280621.55
651474.86	280614.89
651478.87	280607.89
651482.30	280600.59
651485.13	280593.03
651487.34	280585.27
651488.92	280577.35
651489.86	280569.34
651500.68	280427.04
651610.01	280377.65
651617.54	280373.86
651624.73	280369.44
651631.53	280364.43
651637.87	280358.87
651643.73	280352.79
651649.05	280346.24
651653.80	280339.26
651657.94	280331.91
651661.45	280324.24
651664.30	280316.29
651666.48	280308.14
651667.95	280299.83
651701.83	280047.57
651702.25	280043.97
651715.71	279906.12
651716.17	279898.14
651715.99	279890.15
651715.17	279882.20
651713.72	279874.35
651711.64	279866.63
651708.95	279859.11
651705.67	279851.82
651718.03	279837.01
651722.97	279830.57

651727.38	279823.75
651731.22	279816.59
651734.46	279809.14
651737.09	279801.46
651739.09	279793.59
651740.45	279785.58
651741.14	279777.49
651741.18	279769.37
651740.57	279761.27
651699.54	279411.98
651768.69	279389.51
651776.66	279386.54
651784.35	279382.90
651791.70	279378.63
651798.66	279373.74
651805.18	279368.29
651811.21	279362.30
651816.71	279355.81
651821.64	279348.89
651825.97	279341.57
651829.66	279333.90
651832.68	279325.96
651835.02	279317.78
651836.65	279309.44
651837.57	279300.99
651837.77	279292.49
651837.25	279284.00
651836.01	279275.59
651834.05	279267.31
651831.40	279259.23
651801.72	279180.32
651771.45	279084.07
651769.01	279077.20
651766.08	279070.53
651762.66	279064.08
651758.79	279057.90
651733.26	279020.31
651728.99	279014.50
651724.29	279009.03
651751.49	278775.51
651886.40	278644.21
652054.38	278772.56
652198.59	278884.11
652199.90	278885.11

652224.35	278903.38
652229.13	278906.74
652236.96	278911.41
652407.73	279002.69
652444.40	279023.61
652573.90	279105.37
652598.64	279123.18
652691.78	279203.88
652693.59	279205.42