

**Rīgas Tehniskā universitāte
VIDES MODELĒŠANAS
CENTRS**

**Vērtējums par hidroloģiskajiem, hidroģeoloģiskajiem un
inženierģeoloģiskajiem apstākļiem meža meliorācijas
sistēmai “Zāmeļu-Tīsu mežs” un tai piegulošajai
teritorijai**

Pārskats

Rīga – aprīlis, 2019

Vērtējums par hidroloģiskajiem, hidroģeoloģiskajiem un inženierģeoloģiskajiem apstākļiem meža meliorācijas sistēmai “Zāmeļu-Tīsu mežs” un tai piegulošajai teritorijai

Pārskatā iekļauti rezultāti, kas iegūti Rīgas Tehniskās universitātes Datorzinātnes un informācijas tehnoloģijas fakultātes Vides modelēšanas centrā, īstenojot 2019. gada 28. janvārī noslēgto līgumu starp AS Latvijas Valsts meži un Rīgas Tehnisko universitāti.

Rezultāti ietver ekspertu vērtējumus par meteoroloģiskajiem, ģeoloģiskajiem, hidroloģiskajiem un hidroģeoloģiskajiem apstākļiem meža meliorācijas sistēmai “Zāmeļu-Tīsu mežs” un tai piegulošajai teritorijai. Izvērtēta sistēmas daļējas un pilnas pārbūves lietderība, salīdzinot ar nestrādājošu meliorācijas sistēmu.

Pārskatā ir 37 lpp., kas satur 21 attēlu un 9 tabulas. Pārskata pielikumā iekļauti 39 attēli uz 34 lpp. Kopā 71 lpp.

Pārskata sagatavošanā piedalījās Inta Lāce, Kaspars Krauklis, Viesturs Šķibelis, Irina Eglīte, Antons Mačāns

Adrese:

Rīgas Tehniskā universitāte, Vides modelēšanas centrs
Daugavgrīvas iela 2, Rīga, LV-1007, Latvija
Tāl.: +371 7089511
E-mail: aivars.spalvins@rtu.lv
URL: <http://www.emc.rtu.lv>

RTU, VMC direktors
_____A.Spalviņš

Saturs

1. Ievads	5
2. Meteoroloģisko apstākļu novērtējums	5
3. MM sistēmas pārbūves vietas ģeoloģiskā uzbūve	6
4. Hidroloģisko apstākļu novērtējums	7
5. Ūdensteču un novadgrāvju gultņu hidrauliskie aprēķini	13
6. Hidroģeoloģisko apstākļu novērtējums	17
7. MM sistēmas stāvokļa novērtējums un pārbūves varianti	24
8. MM sistēmas pārbūves variantu salīdzinājuma rezultāti	26
9. Lokālā hidroģeoloģiskā modeļa apraksts	32
10. Dabas vērtību aizsardzība	33
11. Secinājumi	34
12. Izmantotie informācijas avoti	36

Attēli

1. att. MM sistēmas “Zāmeļu-Tīsu mežs” atrašanās vieta ar izpētes apgabala robežu
2. att. Izpētes apgabala topogrāfiskā karte
3. att. Virszemes noteces un reljefa izometriskais attēlojums
4. att. Izpētes apgabala bāzes karte ar hidrogrāfisko tīklu un MM sistēmas noteces apgabaliem
5. att. Izpētes apgabala reljefa [m vjl] izolīniju karte
6. att. Kvartāra horizonta Q2 gruntsūdens līmeņu [m vjl] izolīniju karte
7. att. Pamatiežu horizonta D3krs# pazemes ūdens līmeņu [m vjl] izolīniju karte
8. att. Infiltrācijas sadalījums horizontā Q2
9. att. Pazemes ūdens barošanas, tranzīta un atslodzes apgabali horizontā Q2 ar gruntsūdens līmeņu [m vjl] izolīnijām
10. att. Infiltrācijas sadalījums horizontā D3krs#
11. att. Griezums R-A ar pazemes ūdens līmeņu [m vjl] izolīnijām un infiltrāciju
12. att. Griezums D-Z ar pazemes ūdens līmeņu [m vjl] izolīnijām un infiltrāciju
13. att. Gruntsūdens līmeņu pazeminājums [m] izpētes apgabalā, ja MM sistēma nedarbojas
14. att. Lokālā HM pazemes ūdens plūsmu bilances aprēķina apgabals
15. att. Pazemes ūdens plūsmu bilances [m³/dnn] veidi aprēķina apgabalam horizontā Q2
16. att. MM sistēmas grāvju veidi un to aizsērējums [21]
17. att. Aerācijas zonas biezums MM sistēmas apgabalā, ja nav sistēmas pārbūves
18. att. Aerācijas zonas biezums MM sistēmas apgabalā, ja ir daļēja sistēmas pārbūve
19. att. Aerācijas zonas biezums MM sistēmas apgabalā, ja ir pilnīga sistēmas pārbūve
20. att. Gruntsūdens līmeņa pazeminājums [m] MM sistēmas apgabalā pēc daļējas sistēmas pārbūves
21. att. Gruntsūdens līmeņa pazeminājums [m] MM sistēmas apgabalā pēc pilnīgas sistēmas pārbūves

Pielikuma attēli

1a. Attēli, kas ietver reģionāla rakstura informāciju

- 1.1a. att. Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa LAMO4 izmantošana vides problēmu risināšanai
- 1.2a. att. Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa LAMO4 teritorija ar iezīmētu lokālā HM kontūru un reģionālo griezumumu R-A un D-Z novietojumu [24]
- 1.3a. att. Latvijas pazemes ūdensobjektu karte ar iezīmētu lokālā HM kontūru [24]
- 1.4a. att. Pazemes ūdens līmeņa izolīnijas pamatiežos ar iezīmētu lokālā HM kontūru [24]
- 1.5a. att. LAMO4 izmantotā ģeoloģisko slāņu vertikālā shematizācija [24]
- 1.6a. att. Latvijas pamatiežu ģeoloģisko robežu karte ar iezīmētu lokālā HM kontūru [24]
- 1.7a. att. Reģionālais griezums R-A ar iezīmētu lokālā HM atrašanās vietu. Parādītas pazemes ūdens līmeņa izolīnijas un infiltrācija
- 1.8a. att. Reģionālais griezums D-Z ar iezīmētu lokālā HM atrašanās vietu. Parādītas pazemes ūdens līmeņa izolīnijas un infiltrācija
- 1.9a. att. Kvartāra ģeoloģisko nogulumu karte Zemgales līdzenumam ar iezīmētu modeļa apgabalu [12]

2a. Izpētes apgabalā ietverto hidrogrāfiskā tīkla elementu ūdens līmeņu profili

- 2.1a. att. Ķīves-Vilces upes (1000) ūdens līmeņa profils
- 2.2a. att. MM kontūrgrāvja un ML grāvja (1100) ūdens līmeņa profils
- 2.3a. att. LM grāvja (1200) ūdens līmeņa profils
- 2.4a. att. MM kontūrgrāvja (1300) ūdens līmeņa profils
- 2.5a. att. LM grāvja (1400) ūdens līmeņa profils
- 2.6a. att. Platonas upes (2000) ūdens līmeņa profils
- 2.7a. att. MM kontūrgrāvja (2100) ūdens līmeņa profils
- 2.8a. att. MM kontūrgrāvja un ML grāvja (2200) ūdens līmeņa profils
- 2.9a. att. Saulītes grāvja (2300) ūdens līmeņa profils
- 2.10a. att. MM kontūrgrāvja (2400) ūdens līmeņa profils
- 2.11a. att. Sidrabes upes (3000) ūdens līmeņa profils
- 2.12a. att. MM kontūrgrāvja un ML grāvja (3100) ūdens līmeņa profils
- 2.13a. att. MM kontūrgrāvja (3200) ūdens līmeņa profils
- 2.14a. att. Režu strauta (4000) ūdens līmeņa profils
- 2.15a. att. MM kontūrgrāvja (4100) ūdens līmeņa profils
- 2.16a. att. Elejas upes (5000) ūdens līmeņa profils. Parādīta upes ieleja un garenprofils nefiltrētā LIDAR reljefa virsmā.
- 2.17a. att. Zemdegu strauta (6000) ūdens līmeņa profils
- 2.18a. att. Mūrnieku grāvja (7000) ūdens līmeņa profils
- 2.19a. att. Raudziņu grāvja (8000) ūdens līmeņa profils
- 2.20a. att. Lielplatonas grāvja (9000) ūdens līmeņa profils

3a. Attēli par mērījumiem Ūziņu novērošanas stacijā pie Svētes upes, vēja virzienu atkārtotās biežumu Bauskas novērošanas stacijā un grafiki palu un plūdu aprēķiniem

- 3.1a. att. Ūziņu novērošanas stacijā (Svētes upe) novērotie ūdens līmeņi un caurplūdums 2018.g. [15]
- 3.2a. att. Ūziņu novērošanas stacijā (Svētes upe) novērotā ūdens un gaisa temperatūra 2018.g. [15]
- 3.3a. att. Vēja virziena atkārtotās biežums Bauskas novērošanas stacijā [15]
- 3.4a. att. Pavasara palu aprēķiniem izmantoto parametru grafiki kā laukuma A funkcijas: P_p [m^3/s], ja $A < 25 km^2$; P_p [m^3/s], ja $A < 2 km^2$; mežu ietekmes koeficients δ_1
- 3.5a. att. Vasaras-rudens plūdu aprēķiniem izmantoto parametru grafiki kā laukuma A funkcijas: P_v [km^2], ja $A < 25 km^2$; P_v [km^2], ja $A < 2 km^2$
- 3.6a. att. Grafiki, kas izmantojami ūdensteču un novadgrāvju gultņu hidrauliskajam aprēķinam: $R=R(\omega)$, ja $b=0.8m$; $\omega = \omega(h, b)$

4a. Attēli par dabas vērtību aizsardzību MM sistēmā “Zāmeļu-Tīsu mežs”

- 4.1a. att. Pārskats par MM sistēmas “Zāmeļu-Tīsu mežs” dabas vērtību apgabaliem [21]
- 4.2a. att. MM sistēmas “Zāmeļu-Tīsu mežs” mežaudžu plāns [21]. Leģendu par mežaudžu veidiem skat. [6]
- 4.3a. att. MM sistēmas “Zāmeļu-Tīsu mežs” kartoshēma ar norādītām uz pašreizējo brīdi zināmajām dabas vērtībām [20]

5a. Digitalizēta vēsturiska 1931. gada karte par Vircavas virsmežniecības Elejas novada novadgrāvju projektu [21].

Kartes oriģināla lielā izmēra ($1.3m \times 2.0m$) dēļ, karte ir skatāma tikai pārskata pielikuma elektroniskajā versijā ar maksimālo datu apjomu

Tabulas

- 1. tabula. Pārskats par autoceļiem, kas ietekmē virszemes noteci Zāmeļu-Tīsu mežā un tā apkārtnē
- 2. tabula. Pārskats par ūdenstecēm, kas iekļautas HM
- 3. tabula. Pārskats par aprēķinātajām ūdensteču vidējām gada pazemes pietecēm un caurplūdumiem izpētes apgabalā
- 4. tabula. MM sistēmas apgabalu vidējie gada caurplūdumi tās pārbūves variantiem
- 5. tabula. Pārskats par koeficienta λ_p vērtībām [2]
- 6. tabula. Pavasara palu caurplūdumi MM sistēmas apgabalos
- 7. tabula. Ūdensteču un novadgrāvju gultņu hidrauliskā aprēķina gaita un rezultāti
- 8. tabula. Pavasara palu, vidējo gada caurplūdumu un gultņu hidraulisko režīmu salīdzinājums
- 9. tabula. Lokālā HM vertikālā shematizācija

Pārskatā bieži izmantotie saīsinājumi un mērvienības

Saīsinājumi

LVM	AS Latvijas Valsts meži
RTU	Rīgas Tehniskā universitāte
VMC	Vides modelēšanas centrs
MM	Meža meliorācija
LM	Lauksaimniecības meliorācija
MM sistēma	Meža meliorācijas sistēma “Zāmeļu-Tīsu mežs”
LAMO4	Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa 4. versija
HM	Hidroģeoloģiskais modelis
L.k., K.k.	Labais, kreisais krasts ūdenstecei
x, y, z	Dekarta koordinātes 3D-telpā
m	Ģeoloģiskā slāņa biezums
m_{aer}	Aerācijas zonas biezums ir gruntsūdens līmeņa ieguluma dziļums
k	Ģeoloģiskā slāņa filtrācijas koeficients
g	Ģeoloģiskā slāņa vadāmība
φ, ψ	Aprēķināti, fiksēti pazemes ūdens līmeņi
q	Ūdens plūsma
v	Infiltrācija ūdens horizontā
L	Laukums
T	Temperatūra
t	Laiks

Mērvienības

metrs (m), kilometrs (km)	x, y, m, m_{aer}
metri virs jūras līmeņa	
m vjl	φ, ψ, z
m/dnn	k
m ² /dnn	g
m ³ /dnn	
m ³ /sek, litri/sek	
(l/sek)	q
mm/gadā	v
metrs ² , (m ²) kilometrs ² (km ²)	L
C°	T
gads, diennakts (dnn), sekunde (sek)	t

1. Ievads

Pamatojoties uz 2019. gada 28. janvārī noslēgto uzņēmuma līgumu par pakalpojumu sniegšanu starp AS “Latvijas Valsts meži” un Rīgas Tehnisko universitāti (RTU), universitātes Vides modelēšanas centra (VMC) speciālisti sagatavoja eksperta vērtējumus par meteoroloģiskajiem, ģeoloģiskajiem, hidroloģiskajiem un hidroģeoloģiskajiem apstākļiem meža meliorācijas sistēmai “Zāmeļa-Tīsu mežs” un tai piegulošajai teritorijai.

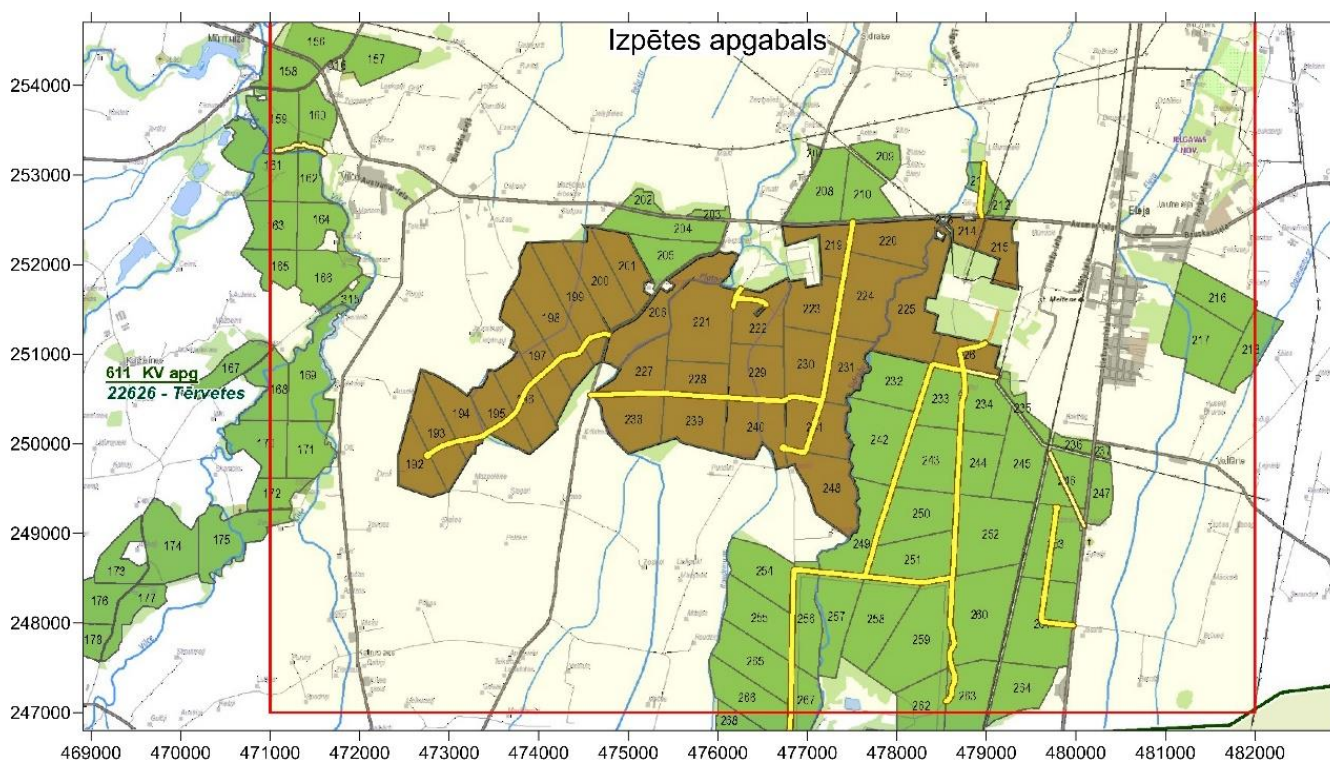
Eksperta vērtējumi apkopoti pārskatā, kurā iekļauta informācija par MM sistēmas daļējas un pilnas pārbūves novērtējumu, salīdzinot ar nestrādājošu meliorācijas sistēmu.

Pārskatā ietvertie galvenie rezultāti ir iegūti ar hidroloģiskās un hidroģeoloģiskās modelēšanas metodēm. Lokālais hidroģeoloģiskais modelis (HM) izpētes apgabalam izveidots, izmantojot Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa LAMO4 datus [22, 23], (1.1a. att.).

Pārskats sagatavots, vadoties no Programmas [1] un Noteikumu [2, 3] prasībām.

2. Meteoroloģisko apstākļu novērtējums

Pētījumi īstenoti izpētes apgabalā ar izmēru $11\text{ km} \times 8\text{ km} = 88\text{ km}^2$ (skat. 1. att.). Izpētes apgabals atrodas Zemgales līdzenuma dienvidu daļā, netālu no robežas ar Lietuvu (skat. 1.2a. att.).



1. att. MM sistēmas “Zāmeļu-Tīsu mežs” atrašanās vieta ar izpētes apgabala robežu

Gada nokrišņu norma izpētes apgabalā ir 540 mm/gadā. No tiem 370 mm/gadā (68 %) iztvaiko [11, 13, 14] un 170 mm/gadā nonāk hidrogrāfiskā tīklā kā virszemes un pazemes noteces

(145 un 25 mm/gadā). Šāds virszemes un pazemes noteču apjoms un sadalījums iegūts Ūziņu novērošanas stacijā pie Svētes upes [13]. Stacija atrodas 6 km attālumā uz ziemeļiem no izpētes apgabala. Novērošanas stacijas dati raksturo vidējos hidroloģiskos un temperatūras apstākļus izpētes apgabalā. Tie apkopoti 3.1a att. par ūdens līmeņiem un caurplūdumu un 3.2a. att. par ūdens un gaisa temperatūru 2018. g. [15].

No 3.1a. att. ūdens līmeņu un caurplūduma izmaiņu rakstura var konstatēt, ka 2018. gada sākumā ir bijuši trīs pavasara plūdu gadījumi (janvāris, marts, aprīlis). Ūdens līmeņu un caurplūduma izmaiņu grafiki ir sinhroni, bet caurplūduma izmaiņa ir daudzkārt lielāka nekā līmeņiem. Ūdens līmeņi 2018. gada oktobrī pazeminājās līdz stacijas nulles atzīmei 8.5 m vjl un laikā no septembra līdz decembrim bija zem iepriekšējo gadu sezonu vidējām vērtībām.

No 3.1a. att. grafika par ūdens līmeņu izmaiņu Svētes upē var secināt, ka izmaiņām ir sezonāls raksturs ar lielām vēsturisko novērojumu amplitūdām. Mazūdens apstākļos caurplūdums ūdenstecēs var izzust [11, 14]. Pavasara palos var aiztecēt līdz 60% no gada caurplūduma [11].

Ūdens temperatūra bezsala laikā ir tuva gaisa temperatūrai un jūlija mēnesī tās bija augstākas par 20 C° (skat. 3.2a. att.). Ūdens temperatūra izmainās vienmērīgāk, jo ūdens siltuma ietilpība ir daudz lielāka nekā gaisam. Ja upi klāj ledus, ūdens temperatūra ir 0 C°. No temperatūras izmaiņu rakstura ziemas sākumā var secināt, ka Svētes upe nav aizsalusi uzreiz (tikai 2019.g. janvārī).

Par vēja virziena atkārtošanās biežumu izpētes apgabalā liecina Bauskas novērojumu stacijas dati (skat. 3.3a. att.) [15]. Valdošie ir DA, D, A virzienu vēji (17%, 17%, 15%). Vēja virzieni ZR, R, ZA (6%, 8%, 10%) ir mazāk iespējami.

Zemgales līdzenums ir vissiltākā Latvijas teritorija (aktīvo gada temperatūru summa >2000 C°). Klimata izmaiņu dēļ laikā no 1961.g. līdz 2010.g. visas vidējās gaisa temperatūras (gada, vasaras, ziemas) ir pieaugušas par 0.7 C°. Pieaudzis veģetācijas perioda dienu skaits (195→197). Sala dienu skaits ir samazinājies (134→125) [16].

Klimata izmaiņas jau ir ietekmējušas ne tikai meteoroloģiskos raksturlielumus, bet arī augu un dzīvnieku dzīves apstākļus [16].

3. MM sistēmas pārbūves vietas ģeoloģiskā uzbūve

Kā var spriest no Latvijas pamatiežu ģeoloģisko slāņu robežu kartes (1.6a. att.) un no reģionālajiem griezumiem R-A un D-Z (1.7a. att. un 1.8a. att.), zem kvartāra nogulumiem Q2 un gQ2z izpētes apgabalā atrodas sprostslānis D3akz un ūdens horizonts D3krs#. Ģeoloģisko slāņu šifri atbilst Latvijas hidroģeoloģiskā modelī LAMO4 izmantotajai vertikālajai shematizācijai (1.5a. att.).

MM sistēmas un tās apkārtnes hidroloģisko un hidroģeoloģisko apstākļu novērtēšanai, pielietojot HM, tiek izmantota izpētes apgabala virsmas reljefa karte, aerācijas zona aer kā sprostslānis, ūdens horizonts Q2, horizonta D3krs# ūdens līmeņi (skat. 1.4a. att.) un apvienotais sprostslānis gQ2z+D3akz, kuram HM nosacīti ir izmantots šifrs gQz (skat. 9. tabulu). Dziļākie pamatiežu nogulumi, kas skatāmi griezumos 1.7a. att. un 1.8a. att., praktiski neietekmē MM sistēmas darbību.

Kvartāra ģeoloģisko nogulumu karte [12] (1.9a. att.) informē, ka izpētes apgabalā to izcelsme ir saistīta ar ledāju kušanas procesiem. Apgabalā sastopami limnoglaciāli (māls, aleirīti, smiltis) un morēnas (māls, smiltis un smilšmāls) tipu nogulumi.

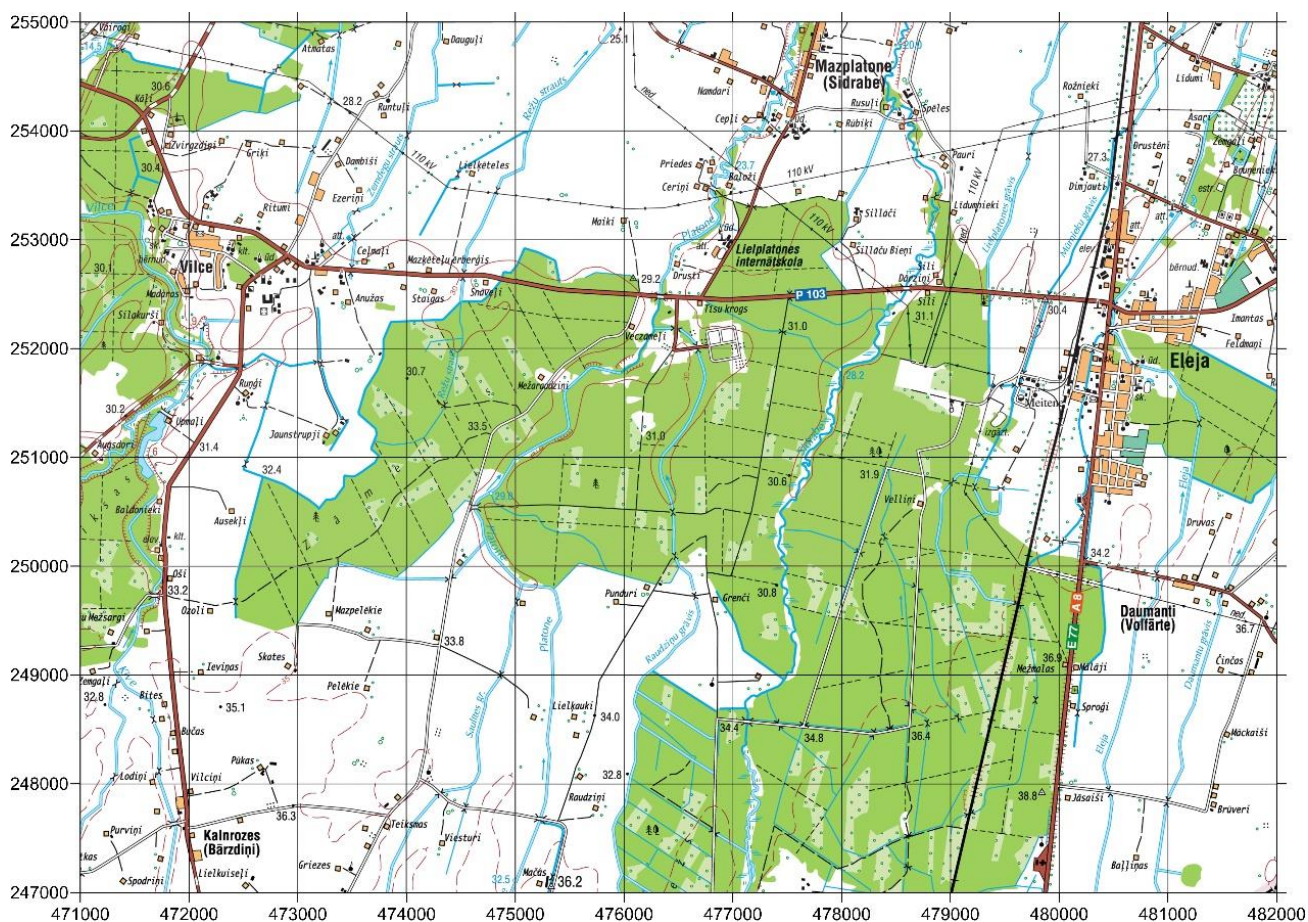
Izpētes apgabalā nav inženierģeoloģisko apstākļu (augšņu erozija, irdenas grūntis, kurās ir nepieciešama novadgrāvju gultņu nostiprināšana), kas varētu sadārdzināt MM sistēmas pārbūvi [5].

4. Hidroloģisko apstākļu novērtējums

Izpētes apgabals (skat.1.3a. att.) atrodas Zemgales līdzenumā Lielupes upju baseina apakšapgabalā F3 (Famenas augšdevona vienība). Baseina dienvidu daļa (50% no tā laukuma) atrodas Lietuvā. Apgabala upju iztekas atrodas tur [24]. Zemgales līdzenumā ir blīvs upju tīkls (809 m/km²), liels upju skaits (776) un kopgarums (2420 km) [11, 13, 14]. Seklās upju ielejas, neliels upju relatīvais kritums 0.1-0.3 m/km, apgrūtinātā sniega kušanas ūdeņu un nokrišņu infiltrācija smilšmālā un morēnā veicina upju palieņu applūšanu pavasara palos un vasaras-rudens plūdus [4,5].

Plašais upju tīkls Zemgales līdzenumā izveidojies ne tikai apgrūtinātās infiltrācijas dēļ, bet arī augšupejošo pazemes ūdens plūsmu ietekmē [24] (skat. arī 1.8a. att.).

Kā var spriest no izpētes apgabala topogrāfiskās kartes (2. att.), cauri apgabalam tek Elejas, Sidrabes, Platones, Ķīves, Vilces upes. Noteces no MM sistēmas teritorijas ieplūst arī Režu strautā, Raudziņū, Lielplatones un Mūrnieku grāvjos.



2. att. Izpētes apgabala topogrāfiskā karte

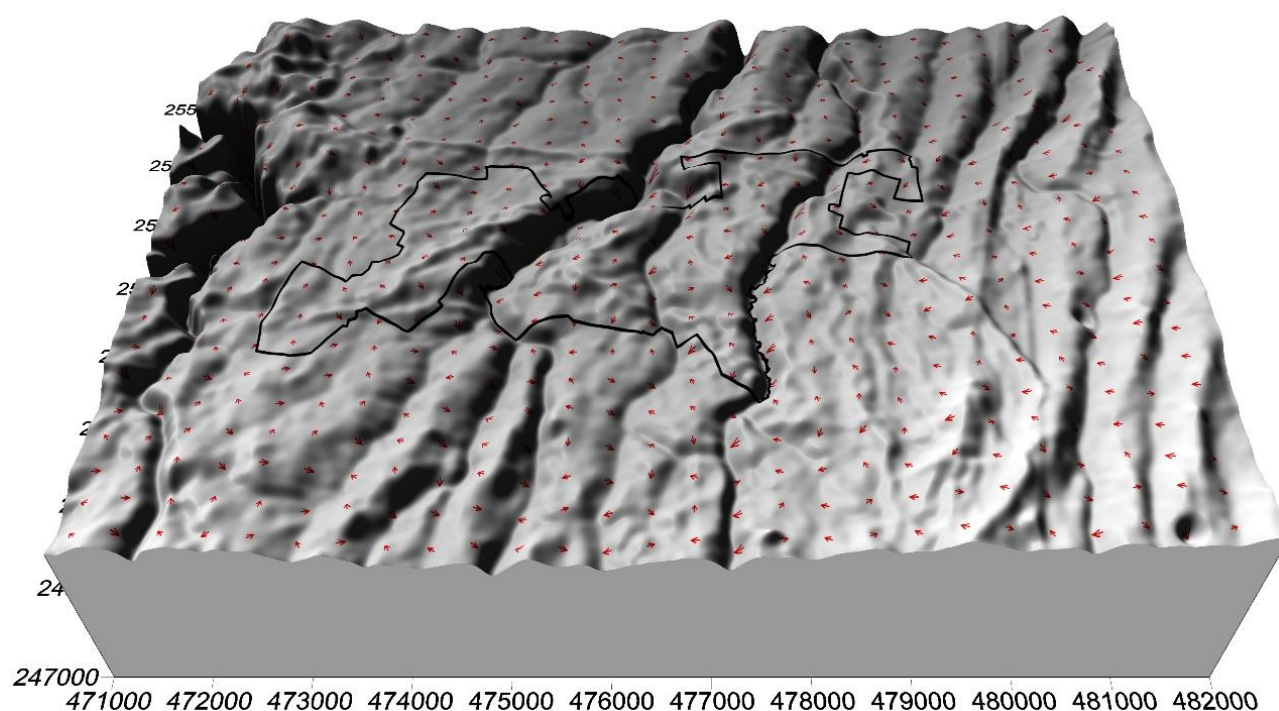
Izpētes apgabalā darbojas arī LM sistēmas [7], kuru novadgrāvji dažviet ir MM sistēmas kontūrgrāvji.

Pavasara palu un vasaras-rudens plūdu notece uz reljefa pazeminājumiem ir intensīva. Virszemes lietus un kušanas ūdeņu noteces un reljefa izometriskais attēlojums skatāms 3. att. Noteces var ietekmēt dzelzceļa Šauļi-Rīga un autoceļu virs zemes virsmas paceltās ceļa klātnes un tās drenējošie grāvji, īpaši meža autoceļiem MM sistēmas teritorijā. Pārskats par autoceļiem izpētes apgabalā dots 1. tabulā.

1. tabula

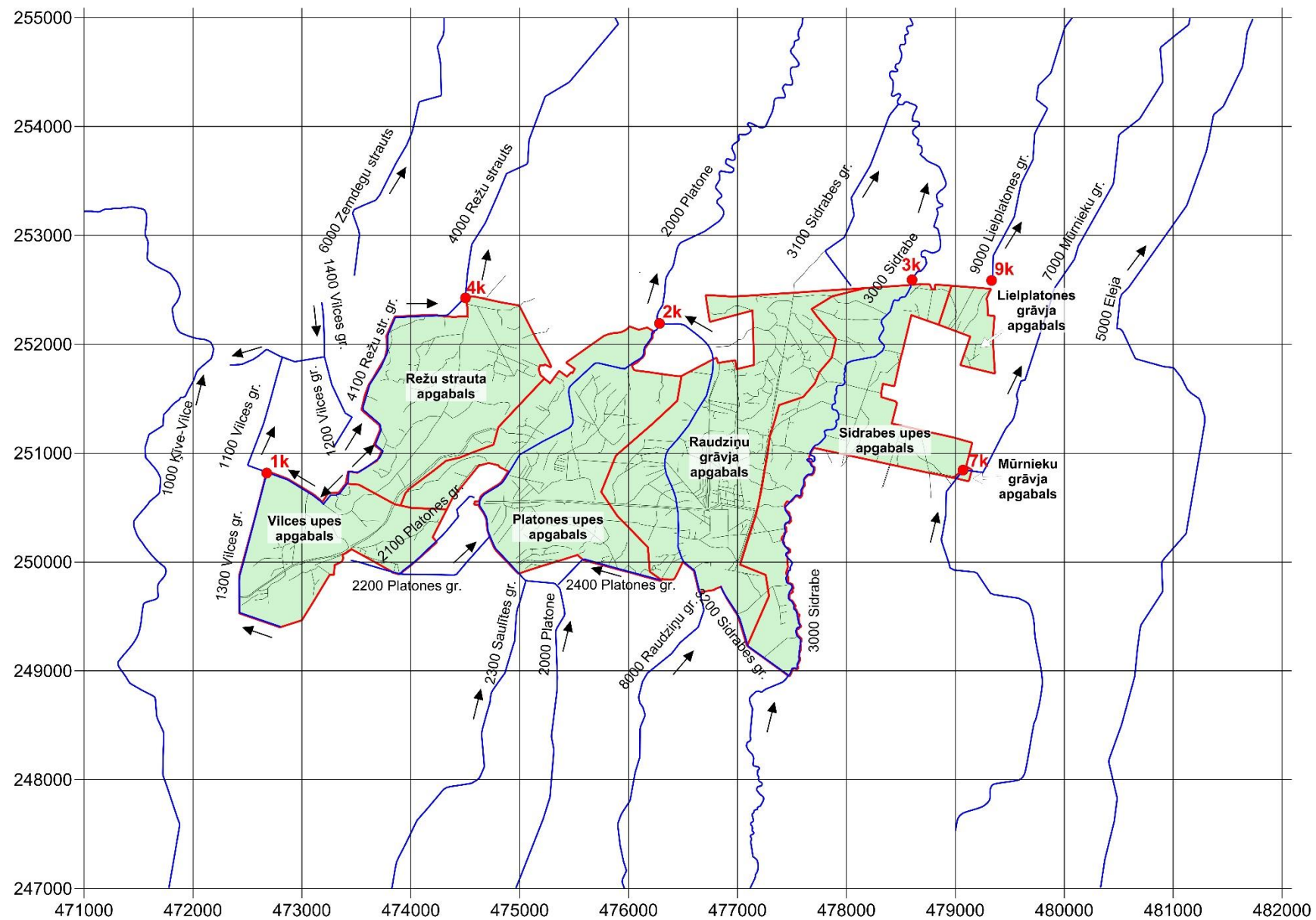
Pārskats par autoceļiem, kas ietekmē virszemes noteci Zāmeļu-Tīsu mežā un tā apkārtnē

Ceļa nosaukums	Kods	Statuss	Segums
Šauļi -Rīga	E77, A8	valsts	asfalts
Dobele-Bauska	P103	reģionāls	asfalts
Kalnrozes-Vilce	V1033	vietējais	asfalts
Tīsu krogs-Lielplatone	V1058	vietējais	asfalts
Blankenfekde-P103	V1078	vietējais	grants
Zāmeļu		meža	grants
Karavīru		meža	grants
Grenču		meža	grants
Tīsu		meža	grants
Velliņu-Celmu		meža	grants
Briežu		meža	grants



3. att. Virszemes noteces un reljefa izometriskais attēlojums

Izpētes apgabala bāzes karte ar hidrogrāfisko tīklu un MM sistēmas noteces apgabaliem skatāma 4. att.



4. att. Izpētes apgabala bāzes karte ar hidrogrāfisko tīklu un MM sistēmas noteces apgabaliem.

Par izpētes apgabala zemes virsmas reljefu var spriest no 3. att. Netece noplūst no reljefa augstākajām vietām uz ieplakām un hidrogrāfiskā tīkla (upes, strauti, grāvji) ielejām. Dziļas ielejas ir Vilces, Platones un Sidrabes upēm. Vietās, kurās atrodas autoceļš Dobeles-Bauska un dzelzceļš Šauļi-Rīga, reljefā redzami zemes virsmas pacēlumi.

Lai hidrogrāfisko tīklu varētu lietot kā HM robežnoteikumus (skat. 9. nodaļu), izmantojot programmu GDI [28], “nojaukti” tilti, kas šķērso tīklu.

Pārskats par ūdenstecēm, kas iekļautas HM, skatāms 2. tabulā. Ūdensteču identifikācijai HM ir piešķirti nosacīti šifri. Pirmais šifra cipars norāda uz piederību kādai no izpētes apgabala deviņām galvenajām ūdenstecēm. Modelēšanai nosacīti lietota apvienotā Ķīves-Vilces upe (1000). Informācija par upēm iegūta no enciklopēdijām [11] un no kopsavilkuma [8] par valsts nozīmes strautiem un grāvjiem.

Ja 2. tabulā nav norādīts MM vai LM novadgrāvja sateces laukums, tad tā caurplūdums q izpētes apgabalā ir aprēķināts, izmantojot sakarību $q = 7q_{paz}$, kur q_{paz} ir pazemes pieteces plūsma, kas aprēķināta HM. Ūziņu novērošanas stacijā $q_{paz} = 0.14q$ [13], tāpēc caurplūduma aprēķinam var izmantot minēto sakarību.

Pārskats par HM aprēķinātajām ūdensteču vidējām gada pazemes pietecēm q_{paz} [m³/dienn] un no tiem iegūtajiem caurplūdumiem q [l/sec] skatāms 3. tabulā. Caurplūduma aprēķins q [l/sec] = $0.08218 q_{paz}$ [m³/dienn] ietver sakarību $q = 7 q_{paz}$. Dati 2. un 3. tabulās atbilst 0-variantam (MM sistēma nedarbojas).

LM sistēmu ietekmi izpētes apgabalā ievēro novadgrāvji (1100), (1200), (1300), (1400), kuri ievada ūdeni Vilces upē, novadgrāvis (2200) un Saulītes grāvis (2300) uz Platones upi, Zemdegu (6000) un Režu (4000) strauti, novadgrāvis (3100) uz Sidrabes upi, Mūrnieku (8000) un Lielplatones (9000) grāvji.

MM sistēmas teritorija ir sadalīta septiņos noteces apgabalos (4. att.). Noteces apgabalu sadalījums un HM aprēķinātie apgabalu vidējie gada caurplūdumi sistēmas pārbūves variantiem 0, 1, 2 skatāmi 4. tabulā. Lielākie MM sistēmas apgabalu caurplūdumi ir 2. variantam. Apgabala ietekmi uz dabīgo hidrogrāfiskā tīkla iztekas caurplūdumiem (2. tabula) var raksturot ar 2. variantā caurplūduma un ar to saistītā tīkla elementa izteces caurplūduma attiecību procentos, kas MM sistēmas apgabaliem skatāmas 4. tabulā.

MM sistēma Platones un Sidrabes upes ietekmē maz (3.1% un 5.7%). Mūrnieku un Lielplatones grāvju dabīgo režīmu MM sistēma praktiski neietekmē, jo attiecīgo apgabalu caurplūdumi (0.8 l/sec un 4.3 l/sec) ir ļoti mazi.

Grāvim 1100 uz Vilces upi, Režu strautam un Raudziņu grāvim ietekmes attiecības >100%. Tāpēc šo objektu gultnēm jāveic hidrauliskais aprēķins (skat. 5. nodaļu), lai novērstu to applūšanu palu un plūdu laikā.

Kopīgais MM sistēmas teritorijas laukums ir 11.5 km². Tomēr faktiskais MM sistēmas noteces laukums ir lielāks, jo tajā ietilpst arī tuvējās apkārtnes teritorijas, kurās ir MM sistēmas netece. Par to uzskatāmi liecina gruntsūdens līmeņa pazeminājums izpētes apgabalā 0-variantam (skat. 13. att.). Hidrauliskajos aprēķinos (5. nodaļa) izmantoto MM sistēmas laukumu var iegūt, ja HM aprēķināto kopējo caurplūdumu 92.0 l/sec 0-variantā (4. tabula) salīdzina ar prognozēto noteci MM sistēmas teritorijā: $11.5 \times 5.5 = 63.3$ [l/sec], kur 5.5 ir noteces modulis l/(sek km²) Svētes upei [13]. Tāpēc faktiskā aprēķinu platība $16.7 \text{ km}^2 = 11.5 \times 92.0 / 63.3$.

Labāku izpratni par drenāžas sistēmas darbību Platones upes (2000), Raudziņu grāvja (8000) un Sidrabes upes (3000) noteces apgabalos veicināja vēsturiskā 1931. gada karte (skat. 5a. att.), kurā attēloti galvenie novadgrāvji un susinātājgrāvji, kas eksistē arī mūsdienās.

2. tabula

Pārskats par ūdenstecēm, kas iekļautas HM

Nr. p.k.	Ūdensteces nosaukums	Ieteka	HM kods	Garums () [km]	Laukums () [km ²]	Caurplūdums () [l/sek]	Regulēta gultne	Kontroles punkta Nr.
1.	Ķīves-Vilces upe	L.k. Svētē	1000	48 (46)	318 (305)	1460 (1400)		
2.	Vilces upe	L.k. Svētē		48 (46)	318 (305)	1460 (1400)		
3.	Ķīves upe	L.k. Vilcē		23 (23)	79 (79)	340 (340)	jā	
4.	MM kontūrgrāvis un LM grāvis	L.k. Vilcē	1100	2.7 (0.6)		16.9 (3.7)		
5.	LM grāvis	L.k. 1100	1200	1.3 (1.3)		4.4 (4.4)		1k
6.	MM kontūrgrāvis	K.k. 1100	1300	1.7 (1.7)		8.8 (8.8)		1k
7.	LM grāvis	L.k. 1200	1400	0.5 (0.5)		1.3 (1.3)		
8.	Platones upe	K.k. Lielupē	2000	69 (40)	445 (265)	2220 (1490)	jā	2k
9.	MM kontūrgrāvis	L.k. 2200	2100	1.0 (1.0)		2.0 (2.0)		
10.	MM kontūrgrāvis un LM grāvis	K.k. Platonē	2200	1.4 (1.4)		8.7 (8.7)		
11.	Saulītes grāvis	K.k. Platonē	2300	13 (13)	16 (16)	85 (85)		
12.	MM kontūrgrāvis	L.k. Platonē	2400	3.2 (3.2)		3.4 (3.4)		
13.	Sidrabes upe	L.k. Platonē	3000	49 (46)	147 (138)	697 (654)		3k
14.	MM kontūrgrāvis un LM grāvis	K.k. Sidrabē	3100	2.0 (2.0)		8.5 (1.3)		
15.	MM kontūrgrāvis	K.k. Sidrabē	3200	1.0 (1.0)		1.9 (1.9)		
16.	Režu strauts	K.k. Platonē	4000	23 (3)	72 (4)	396 (10)	jā no 4k	4k
17.	MM kontūrgrāvis	K.k. Režu strautā	4100	2.4 (2.4)		10 (10)	jā	4k
18.	Elejas upe	K.k. Vircavā	5000	32 (15)	51 (25)	220 (110)	jā	
19.	Zemdegu strauts	K.k. Režu strautā	6000	16 (2.5)	27.3 (4.2)	151 (15.2)	jā	
20.	Mūrnieku grāvis	K.k. Elejā	7000	11 (6)		31 (18)	jā no 7k	7k
21.	Raudziņu grāvis	L.k. Platonē	8000	8 (8)	9 (9)	39 (39)	jā	2k
22.	Lielplatones grāvis	L.k. Platonē	9000	5.7 (2.6)		18.4 (0.0)	jā	9k
	Svētes upe	Pamatupe		(78)	(362)	(3450)		

() Dati Ūziņu novērošanas stacijā pie Svētes upes un izpētes apgabalā

3. tabula

Pārskats par aprēķinātajām ūdensteču vidējām gada pazemes pietecēm un caurplūdumiem
izpētes apgabalā

Nr. p.k.	Ūdenstece nosaukums	HM kods	Pazemes pietece [m ³ /dnn]	Caurplūdums [l/sek]
1.	Ķīves-Vilces upe	1000	1510.3	124.1
2.	MM kontūrgrāvis un LM grāvis	1100	205.5	16.9
3.	LM grāvis	1200	54.0	4.4
4.	MM kontūrgrāvis	1300	107.7	8.9
5.	LM grāvis	1400	15.4	1.3
6.	Platonas upe	2000	1125.4	92.5
7.	MM kontūrgrāvis	2100	24.7	2.0
8.	MM kontūrgrāvis un LM grāvis	2200	105.4	8.7
9.	Saulītes grāvis	2300	283.9	23.3
10.	MM kontūrgrāvis	2400	40.8	3.4
11.	Sidrābes upe	3000	825.9	67.9
12.	MM kontūrgrāvis un LM grāvis	3100	104.0	8.5
13.	MM kontūrgrāvis	3200	23.4	1.9
14.	Režu strauts	4000	221.8	18.2
15.	MM kontūrgrāvis	4100	133.0	10.9
16.	Elejas upe	5000	428.3	35.2
17.	Zemdegu strauts	6000	186.8	15.3
18.	Mūrnieku grāvis	7000	378.6	31.1
19.	Raudziņu grāvis	8000	471.5	38.7
20.	Lielplatonas grāvis	9000	102.8	8.4

Izpētes apgabala ūdenstece skatāmas 4. att.

4. tabula

MM sistēmas apgabalu vidējie gada caurplūdumi tās pārbūves variantiem:
0-nav pārbūves, 1-daļēja pārbūve, 2- pilnīga pārbūve

HM kods	Kont- roles punkti	Noteces apgabals	Apgabala laukums		Caurplūdums [l/sek]				MM pārbūves ietekme [%] (2.var/iztece)
			[km ²]	[%]	Iztecē	0. var.	1. var.	2. var.	
1100	1k	Vilces upes	1.42	12.3	3.7	15.5	27.0	28.4	>100
2000	2k	Platonas upes	2.61	22.6	1490	25.6	41.3	45.8	3.1
3000	3k	Sidrābes upes	2.27	19.7	654	25.1	36.3	37.4	5.7
4000	4k	Režu strauta	1.98	17.2	10	8.8	26.1	27.6	>100
7000	7k	Mūrnieku grāvja	0.01	0.7	18	0.8	0.8	0.8	4.4
8000	2k	Raudziņu grāvja	2.98	25.9	39	16.3	44.0	46.8	>100
9000	9k	Lielplatonas grāvja	0.25	2.2	0	0.0	4.3	4.3	>100
Kopā			11.52	100	2214.7	92.0	179.8	191.1	8.6

MM sistēmas noteces apgabali un kontroles punkti skatāmi 4. att.

5. Ūdensteču un novadgrāvju gultņu hidrauliskie aprēķini

Pavasara palu un vasaras-rudens plūdu maksimālo caurplūdumu aprēķins veikts, izmantojot būvnormatīvu [2] empīriskās formulas, kuru būtība iztirzāta grāmatā [9]. Aprēķinos izmantoti būvnormatīvu [2] apzīmējumi un formulu numuri.

Palu un plūdu caurplūdumu samazina ūdenstilpnes, meži un purvi, kuru ietekmi formulas ievēro ar bezdimensionāliem koeficientiem δ , δ_1 , δ_2 . Ja minētā ietekmes veida nav, tad atbilstošā koeficienta vērtība ir 1.0.

Caurplūduma iespējas varbūtību P [%] ievēro koeficients $\lambda_p \leq 1.0$. Tā vērtības dažādām atkārtojamības varbūtībām paliem un plūdiem dotas būvnormatīvos [2] un skatāmas 5. tabulā.

5. tabula

Pārskats par koeficienta λ_p vērtībām [2]

P [%]	Pavasara pali	Vasaras-rudens plūdi
1	1.00	1.00
2	0.88	0.85
3	0.82	0.77
5	0.74	0.67
10	0.63	0.55

Atbilstoši [2] 1. pielikuma tabulai par maksimālo caurplūdumu pārsniegšanas varbūtību meža meliorācijas regulējošam tīklam, MM sistēmas plūdu un palu aprēķins veikts $P=10\%$ (notikums iespējams reizi 10 gados) varbūtībai.

MM sistēmas noteces baseina platība ir 16.7 km^2 , MM sistēmas teritorijas platība ir 11.5 km^2 . Tajā nav ūdenstilpņu un purvu ($\delta=1$, $\delta_2=1$). Meža relatīvais īpatsvars $A_m=69\%$. Pavasara palu maksimālā caurplūduma $Q_{p10\%}$ aprēķinam izmantota formula (1) [2]:

$$Q_{p10\%}[\text{m}^3/\text{sek}]=k_1 \times 0.63 \times \delta_1 \times P_p, \quad P_p = A / (A + 1)^{0.14}, \quad (P_p \text{ grafiku skat. 3.4a. att.}).$$

$$\delta_1 = (A_m + 1)^{-0.22} \quad (\delta_1 \text{ grafiku skat. 3.4a. att.}). \quad P_p = 11.68 \text{ m}^3/\text{sek}, \quad \delta_1 = 0.39.$$

$$k_1 = 1.0 \text{ atbilstoši būvnormatīvu [2] 1. pielikuma 1. kartogrammai,}$$

$$Q_{p10\%} = 1.0 \times 0.63 \times 0.39 \times 11.68 = 2.87 \text{ m}^3/\text{sek}.$$

Kā var spriest no δ_1 grafika rakstura 3.4a. att., šī koeficienta vērtība intervālā $100 > A_m > 50$ mainās maz ($0.41 \rightarrow 0.36$), t.i., meža esamība samazina pavasara palu maksimālo caurplūdi vismaz 2.5 reizes. Tas notiek tāpēc, ka sniegs un ledus mežā kūst lēnāk nekā lauksaimniecības teritorijās [9]. Kontūrgrāvji ierobežo mežu pavasara kušanas ūdeņu nevēlamo noplūdi uz tām [9, 10].

Vasaras- rudens plūdu maksimālā caurplūduma $Q_{v10\%}$ aprēķinam izmanto formulu (6) [2]:

$$Q_{v10\%}[\text{m}^3/\text{sek}]=q_{200} \times 0.55 \times P_v, \quad P_v = A (200/(A+1))^{0.22} \quad (P_v \text{ grafiku skat. 3.5a. att})$$

$$q_{200} = 0.125 \text{ m}^3/(\text{sek km}^2) \text{ atbilstoši būvnormatīvu [2] 3. pielikuma kartogrammai,}$$

$$P_v = 28.47 \text{ km}^2, \quad Q_{v10\%}[\text{m}^3/\text{sek}]=0.125 \times 0.55 \times 28.47 = 1.96 \text{ m}^3/\text{sek}.$$

Vasaras-rudens plūdu gadījumā meža esamība praktiski neietekmē plūdu maksimālo caurplūdumu. Šī iemesla dēļ koeficientu δ_1 formulā Q_v aprēķinam neizmanto.

MM sistēmai $Q_{p10\%} = 2.87 \text{ m}^3/\text{sek} > Q_{v10\%} = 1.96 \text{ m}^3/\text{sek}$. Tāpēc $Q_{p10\%} = 2.87 \text{ m}^3/\text{sek}$ caurplūdumu jālieto meliorācijas novadgrāvju un ūdensnoteku gultņu caurvades spēju pārbaudei, atbilstoši būvnoteikumu [2] 3.2. punktā ieteiktajai metodikai.

Gultnes aktīvajam šķērsgriezumam ω jānodrošina aprēķina caurplūduma $Q_{ap} = 2.87 \text{ m}^3/\text{sek}$ izvadīšanu, neapplūdinot apkārtējās teritorijas. Caurplūdums nedrīkst attīstīt vidējo ātrumu V_{vid} , kas pārsniedz pieļaujamo V_0 , (7. pielikums, 1. tabula [2]). Grāvja gultnei ir trapeces forma ar nogāžu slīpumu $m=1.5$, gultnes dibena minimālais garenslīpums $i \geq 0.5$ promiles [2,3] (promile= 10^{-3}).

Pieņemot, ka ūdens plūsma ir vienmērīga, izmanto formulu (13) [2]:

$$Q_{ap} \leq Q = \omega V_{vid}, \quad (13)$$

kur Q - gultnes caurvades spēja [m^3/sek].

$$V_{vid} = C (R i)^{0.5}, \quad (14)$$

kur C – ātruma (Šezi) koeficients [$\text{m}^{0.5}/\text{sek}$], R – gultnes aktīvā šķērsgriezuma ω hidrauliskais rādiuss.

Koeficienta C vērtību nosaka gultnes raupjuma koeficients n un rādiuss R :

$$C = R^{0.166}/n, \quad (15)$$

kur MM sistēmā $n=0.04$, atbilstoši [2, 3]. Apvienojot formulas (14) un (15), iegūstam izteiksmi V_{vid} aprēķinam:

$$V_{vid} = 0.79 \times R^{0.666} \times i^{0.5}, \quad \text{kur } i \text{ ir izteikts promilēs.} \quad (16)$$

Var izmantot formulas $\omega = \omega(h, b)$ un $R = R(\omega, b)$ [9, 10]:

$$\omega = h(1.5h + b), \quad (17)$$

$$R = \frac{5\omega}{-b + 6\sqrt{6\omega + b^2}}, \quad (18)$$

kur b un h ir gultnes dibena platums un ūdens slāņa biezums metros.

Ar formulām (17) un (18) iegūtie grafiki ir skatāmi 3.6a. att. Ja $\omega \geq 0.5 \text{ m}^2$, tad $R = R(\omega, b)$ maz ietekmē gultnes platums b (relatīvā kļūda $< 1\%$). Attēlots R grafiks, ja $b=0.8$ metri.

MM sistēmas pavasara palu maksimālā notece $Q_{ap} = 2.87 \text{ m}^3/\text{sek} = 2870 \text{ l/sek}$ sadalīta proporcionāli apgabalu laukumiem 4. tabulā. Noteces apgabalos skatāmas 6. tabulā.

6. tabula

Pavasara palu caurplūdumi MM sistēmas apgabalos

HM kods	1100	2000	3000	4000	7000	8000	9000	kopā
Kontroles punkta Nr.	1k	2k	3k	4k	7k	2k	9k	
Q_{ap} [l/sek]	353	648	565	495	3	743	63	2870

Gultnes hidrauliskais aprēķins, kā konstatēts 4. nodaļā, jāveic grāvim, kas novada ūdeni uz Vilces upi (grāvis 1100, kontroles punkts k1), Režu strautam (4000, kontroles punkts k4) un Raudziņu grāvim (8000, kontroles punkts k2).

Raudziņu grāvī 4 km garā posmā pirms MM sistēmas ieplūst maksimālā pavasara palu notece $0.937 \text{ m}^3/\text{sek} = 937 \text{ l/sek}$ ($A=4.5 \text{ km}^2$, $P_p=3.54$, $A_m=50\%$ $\delta_1=0.42$). Tāpēc kontroles punktā 2k Raudziņu grāvja notece ir $1680 \text{ l/sek} = (743+937) \text{ l/sek}$.

Hidraulisko aprēķinu gaita un rezultāti skatāmi 7. tabulā.

7. tabula

Ūdensteču un novadgrāvju gultņu hidrauliskā aprēķina gaita un rezultāti

Nr.p.k.	Nosaukums	Grāvis uz Vilces upi	Režu strauts	Raudziņu grāvis
	HM kods un kontroles punkta Nr.	1100, 1k	4000, 4k	8000 2k
1.	Q_{ap} [l/sek]	353	495	1680
2.	Platums b [m]	0.6	0.6	1.2
3.	Ūdens slāņa biezums h_{ap} [m]	0.8 (2.2a. att.)	0.8 (2.14a. att.)	1.0 (2.19a. att.)
4.	Gultnes garenslīpums i [promile]	1.0 (2.2a. att.)	1.8 (2.14a. att.)	1.7 (2.19a. att.)
5.	Aprēķina šķērsriezums ω_{ap} [m ²]	1.44	1.44	2.70
6.	Hidrauliskais rādiuss R_{ap} [m]	0.414	0.414	0.563
7.	Aplēses ātrums V_{ap} [m/sek]	0.439	0.589	0.70
8.	Gultnes caurvades spēja Q [l/sek]	632	848	1890
9.	$S = Q_{ap} / Q$	0.56	0.58	0.89
10.	$h_1 = h_{ap} S^{0.5}$ [m]	0.60	0.61	0.94
11.	$\omega = \omega(b, h)$ [m ²] vai no 3.6a. att.	0.892	0.926	2.45
12.	$R = R(b, \omega)$ [m] vai no 3.6a. att.	0.324	0.330	0.534
13.	V_1 [m/sek]	0.373	0.507	0.678
14.	Q_1 [l/sek]	332	469	1662
15.	$S_1 = Q_{ap} / Q_1$	1.063	1.055	1.011

Gultnes caurvades spējas Q aprēķinu veic astoņos soļos. Pirmajā solī izmanto aprēķinātās Q_{ap} vērtības, otrajā solī izvēlas gultņu dibena platumus: $b=0.6$ metri grāvim 1100 un Režu strautam 4000, $b=1.2$ metri Raudziņu grāvim 8000. Ūdens slāņa biezumu h_{ap} , lai nenotiktu apkārtējās teritorijas applūšana (3. solis) un gultnes garenslīpumu i ceturtajā solī iegūst, analizējot gultņu ūdens līmeņu profilus, attiecīgi, 2.2a. att., 2.14a. att., 2.19a. att. Izmantojot formulu (17), aprēķina ω_{ap} (5. solis). Ar

formulu (18) iegūst hidraulisko rādīsu R_{ap} (6. solis). Aplēses vidējo straumes ātrumu V_{ap} dod formula (16), īstenojot 7. soli.

Gultnes caurvades spēju Q dod formula (13) astotajā aprēķina solī. Skaitlisko gultnes caurvades spējas novērtējumu dod attiecība $S = Q_{ap} / Q$ (9. solis). Visām gultnēm $S < 1.0$, t.i., to izvēlētie platumi b un ūdens slāņa biezumi h nodrošina pavasara palu maksimuma ūdeņu plūsmu ievadīšanu hidrogrāfiskajā tīklā. Vidējās aplēses ātrumi V_{ap} nevienā gultnē nepārsniedz maksimāli pieļaujamos (0.70-0.85) m/sek, ja $h = 0,50$ metri būvnormatīvu [2] 7. pielikuma 1. tabulā viegļam smilšmālam nenostiprinātās gultnēs.

Aprēķina soļos 10-15 precizē faktiskos ūdens slāņa biezumus h un straumes ātrumus V . Šim procesam ir iteratīvs raksturs, jo h un V nesaista zināma aprēķina formula.

Ja kā pirmo tuvinājumu izmanto empīrisku sakarību $h_1 = h S^{0.5}$ (10. solis), tad jau ar pirmo mēģinājumu var iegūt apmierinošu attiecību $S_1 = Q_{ap} / Q_1$ (15. solis). Ja ir nepieciešams precīzāks rezultāts ($S \rightarrow 1.0$), tad aprēķinu turpina, izmantojot $h_2 = h_1 S_1^{0.5}$ rezultāta precizēšanas soļos 10-15.

Izmantojot gultņu hidraulisko aprēķinu metodiku, iegūti dati par caurplūdumiem un gultņu hidrauliskajiem parametriem (h , V , Q) arī vidējiem gada apstākļiem (caurplūdumumi no 3. tabulas).

Pavasara palu, vidējo gada caurplūdumu un gultņu hidraulisko režīmu salīdzinājums skatāms 8. tabulā.

8. tabula

Pavasara palu, vidējo gada caurplūdumu un gultņu hidraulisko režīmu salīdzinājums

Nosaukums	Grāvis uz Vilces upi	Režu strauts	Raudziņu grāvis
HM kods, Kontroles punkta Nr.	1100, 1k	4000, 4k	8000, 2k
Pavasara pali			
Caurplūdums Q_p [l/sek]	353	495	1680
Ūdens slāņa biezums h [m]	0.60	0.61	0.94
Vidējais straumes ātrums V [m/sek]	0.373	0.507	0.678
Vidējie gada apstākļi			
Caurplūdums Q_{vid} [l/sek] no 3. tabulas	16.9	18.2	38.7
Ūdens slāņa biezums h [m]	0.13	0.12	0.13
Vidējais straumes ātrums V [m/sek]	0.16	0.21	0.23
Caurplūžu attiecība			
Q_p / Q_{vid} [reizes]	20.9	27.2	43.9

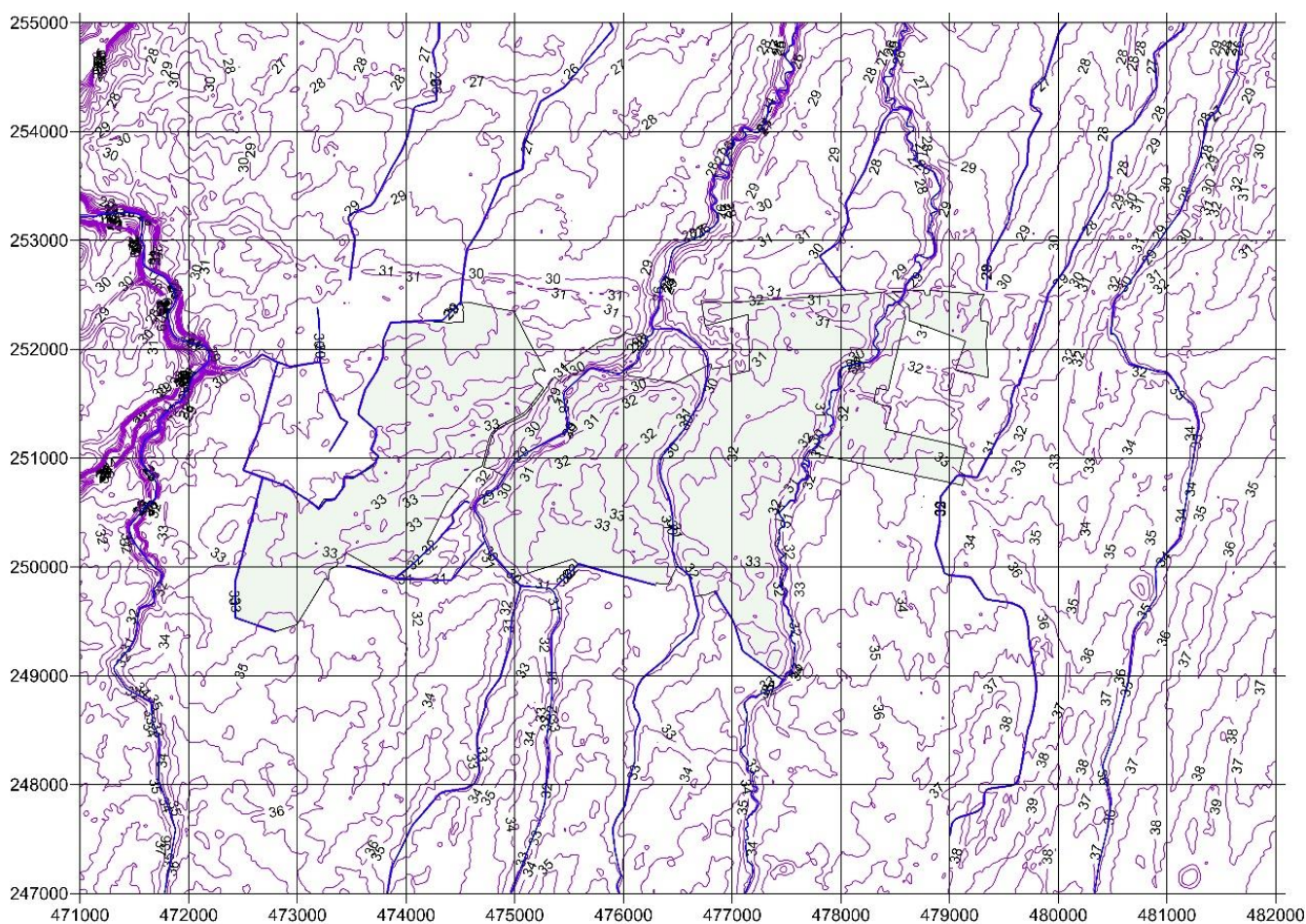
Vidējos gada apstākļos ūdens slāņa biezumi h , straumes ātrumi V un caurplūdumi Q samazinās. Straumes ātrums visām gultnēm ir lielāks par minimāli pieļaujamo 0.1 m/sek [2, 3].

Attiecība $Q_p / Q_{vid} > 20$ raksturo maksimālo pavasara plūdu un vidējo gada caurplūdumu intensitātes atšķirību izpētes apgabalā.

6. Hidroģeoloģisko apstākļu novērtējums

Izpētes apgabalā HM aprēķināto gruntsūdens līmeņu φ_{Q2} sadalījumu horizontā Q2 (6. att.) nosaka zemes virsmas reljefs ψ_{rel} (5. att.), ūdens līmeņi $\psi_{D3krs\#}$ pamatiežu horizontā D3krs# (7. att.), kā arī Q2 horizontam piesaistītais hidrogrāfiskais tīkls un MM sistēmas drenāža (skat. 9. nodaļu).

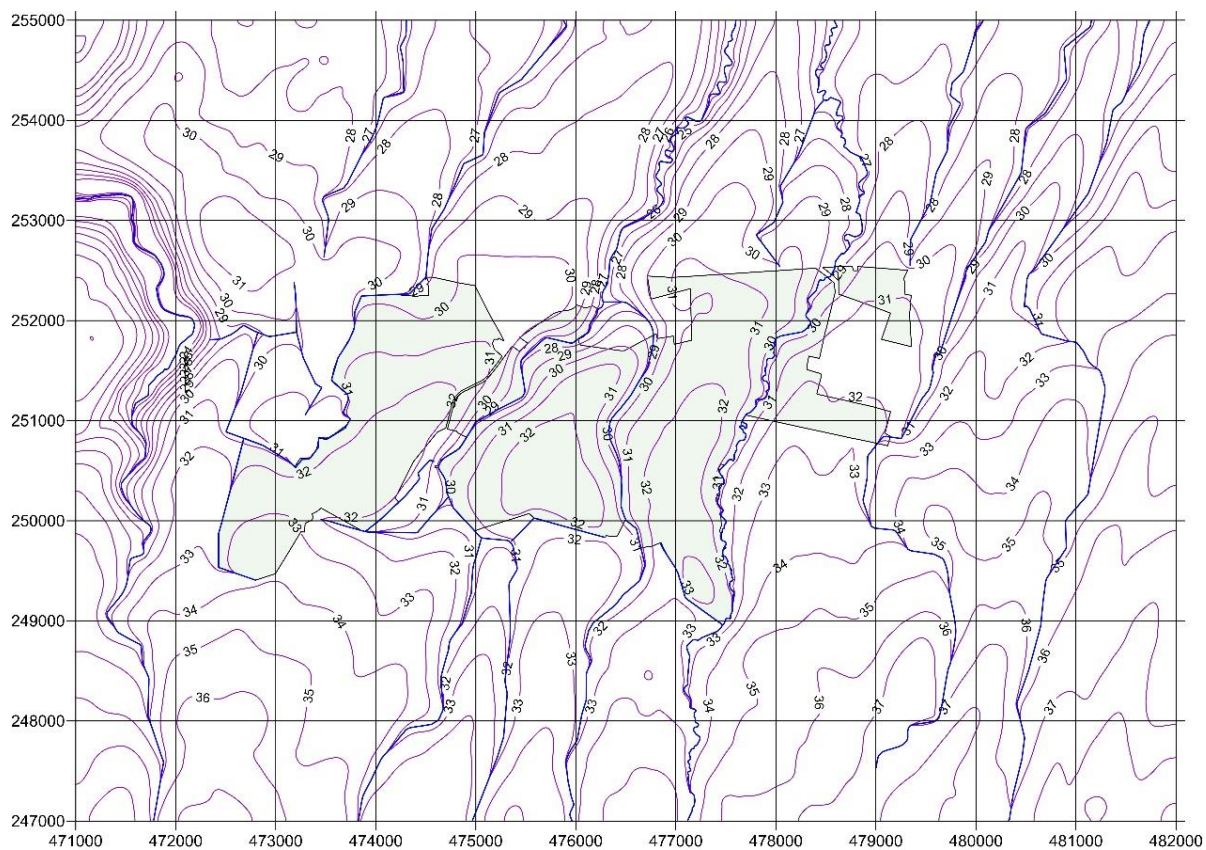
Izmantots filtrēts (nogludināts) LIDAR reljefs [21] (skat. 5. att.). Filtrēšanai izmantoti sistēmas SURFER-12 līdzekļi [27]. Par atšķirībām sākotnējā un nogludinātā reljefā var spriest no 2.16a. att. Elejas upes (5000) ielejas un ūdens līmeņu profila izmaiņām. Katram izpētes apgabala hidrogrāfiskā tīkla elementam (upe, strauts, novadgrāvis) bija jāsadalīto ūdens līmeņu profils kā HM robežnoteikums ψ_{upe} (2a. attēlu grupa pielikumā).



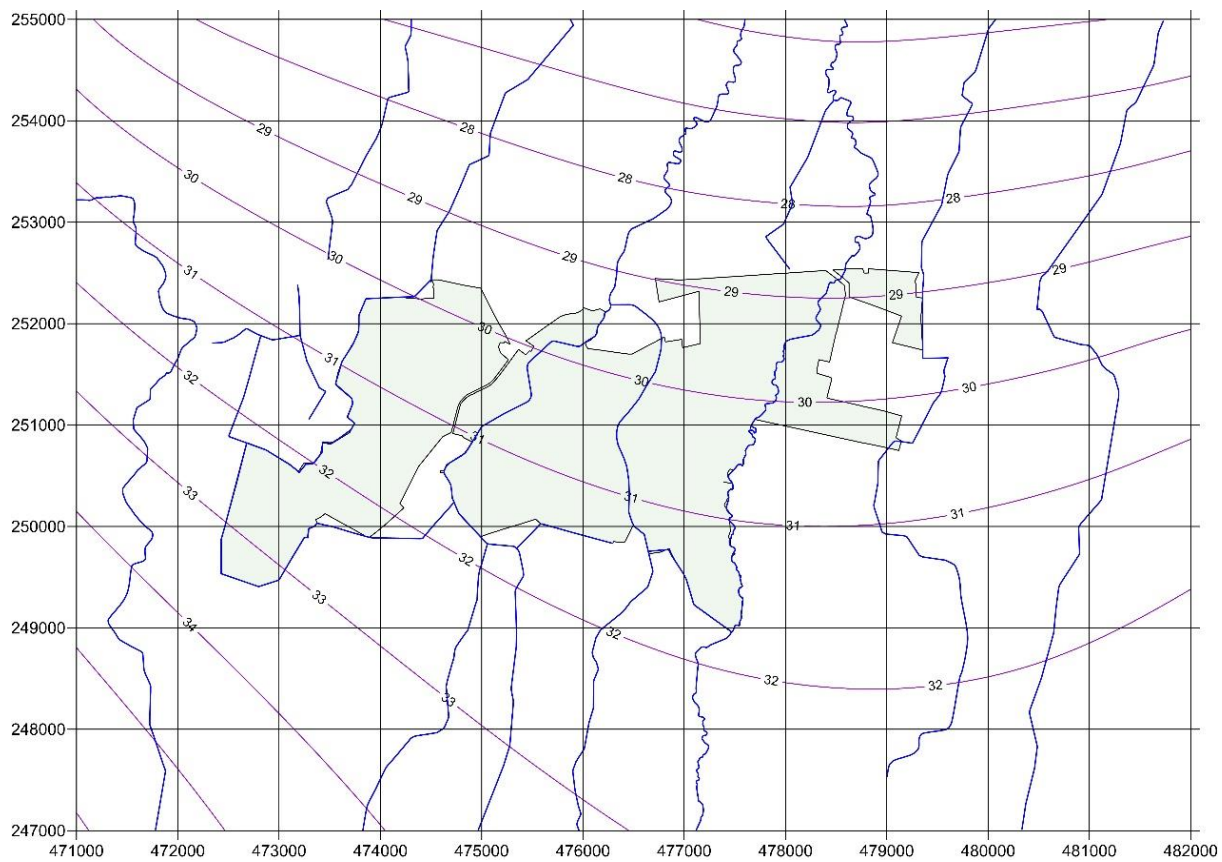
5. att. Izpētes apgabala reljefa [m vjl] izolīnu karte

Gruntsūdens līmenis φ_{Q2} horizontā Q2 (6. att.) ir līdzīgs ļoti nogludinātam reljefam ψ_{rel} . Šī īpašība ir raksturīga gruntsūdens līmeņiem Latvijas mitrā klimata apstākļos. Tāpēc pazemes noteces q_{xy} virzieni horizontā Q2 ir tuvi 3. att. virszemes noteces virzieniem. Tomēr pazemes noteces ātrums [m/gadā] ir daudzkārt mazāks nekā virszemes notecei [m/dnn].

Pamatiežu horizonta D3krs# ūdens līmeņa $\psi_{D3krs\#}$ sadalījumu (7. att.) praktiski neietekmē ψ_{rel} un hidrogrāfiskais tīkls. Arī $\psi_{D3krs\#}$ - karte ir HM robežnoteikums (skat. 9. nodaļu). Pazemes ūdens plūsmas virziens izmainās no ZA izpētes apgabala dienvidu malas rietumu stūrī uz Z-virzienu tā ziemeļu malā. Vidējais plūsmas gradients ~ 0.001 .



6. att. Kvartāra horizonta Q2 gruntsūdens līmeņu [m vjl] izolīniju karte



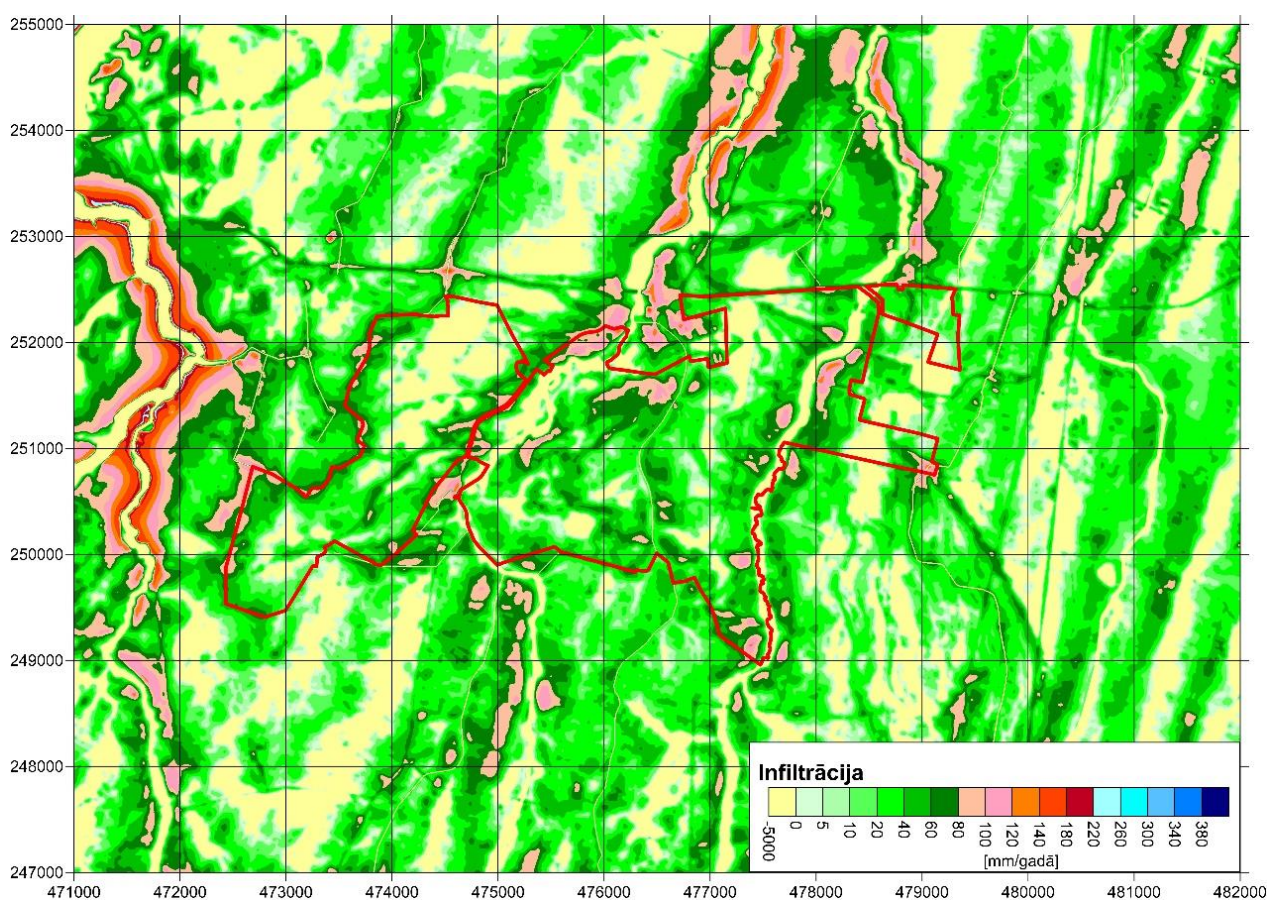
7. att. Pamatiežu horizonta D3krs# pazemes ūdens līmeņu [m vjl] izolīniju karte

Aprēķinātais infiltrācijas sadalījums [mm/gadā] horizontam Q2 skatāms 8. att. Dzeltenās krāsas apgabalos notiek pazemes ūdens atslodze. Pilnīgāku informāciju par horizonta Q2 barošanas, tranzīta un atslodzes apgabaliem dod 9. att. karte, kas iegūta, izmantojot inovatīvu metodi [25]. Tranzīta apgabali ir pārejas zonas no barošanas uz atslodzes apgabaliem.

Barojošās (pozitīvās) infiltrācijas plūsmas horizontā Q2 ir lielākas reljefa augstākajās vietās un dziļāko upju ieleju apkārtnē. Vidējā gada infiltrācija aprēķina laukumā 31.4 mm/gadā (skat. 15. att.).

Infiltrācijas plūsmas sadalījums horizontam D3krs# skatāms 10. att., kur infiltrācijas intensitāte ir ievērojami mazāka nekā horizontā Q2 (8. att.).

Griezumos R-A un D-Z (11. att. un 12. att.) parādīta izpētes apgabala ģeoloģiskā stratigrāfija, pazemes ūdens līmeņu izolīnijas un infiltrācijas sadalījumi.



8. att. Infiltrācijas sadalījums horizontā Q2

Gruntsūdens līmeņa φ pazeminājumu Δ_0 (13. att.), kuru rada dabīgās drenāžas elementi, kas skatāmi 4. att., aprēķina kā starpību:

$$\Delta_0 = \varphi_0 - \varphi_{dr},$$

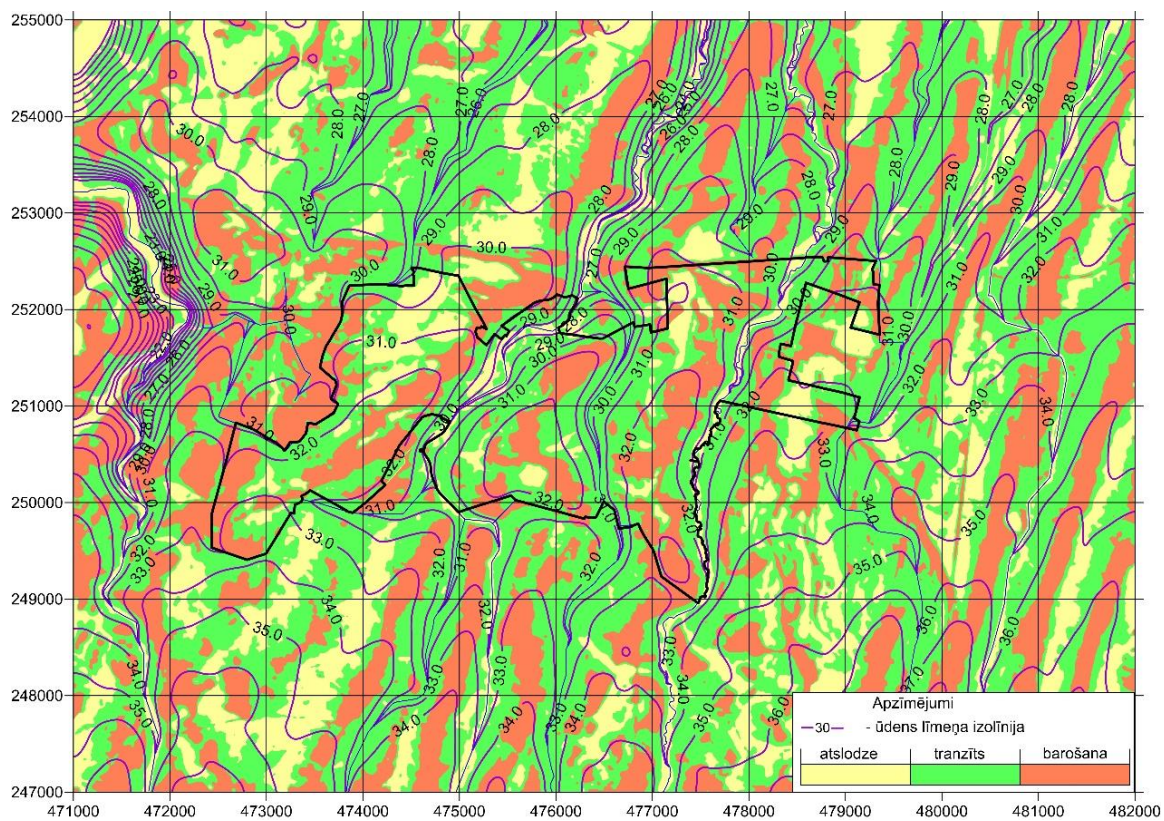
kur φ_0 ir ūdens līmeņu sadalījums horizontā Q2, ja nedarbojas MM sistēma (6. att.); φ_{dr} ir virtuāls līmeņu sadalījums horizontā Q2, ja nedarbojas dabīgās drenāžas elementi.

Izmaiņas Δ_1 un Δ_2 (20. att. un 21. att.) ir aprēķinātas, aizvietojot φ_{dr} ar ūdens līmeņu sadalījumiem horizontā Q2, ja modelē MM sistēmas daļējās un pilnās pārbūves variantus.

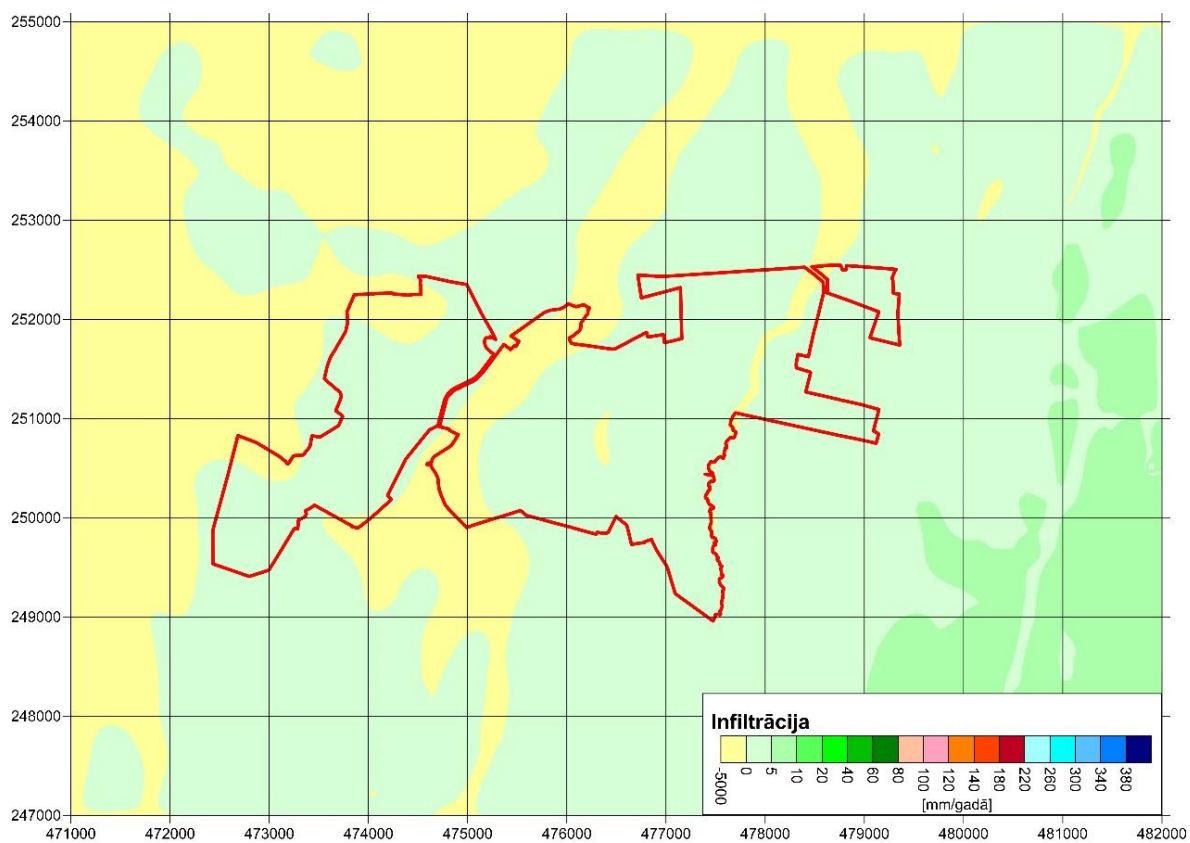
Aerācijas zonas biezumu m_{aer} (17. att., 18. att., 19. att.) aprēķinam izmantota formula:

$$m_{aer} = \psi_{rel} - \varphi_{Q2},$$

kur φ_{Q2} ir ūdens līmeņu sadalījums horizontā Q2, attiecīgi, MM sistēmas pārbūves variantiem 0, 1, 2.

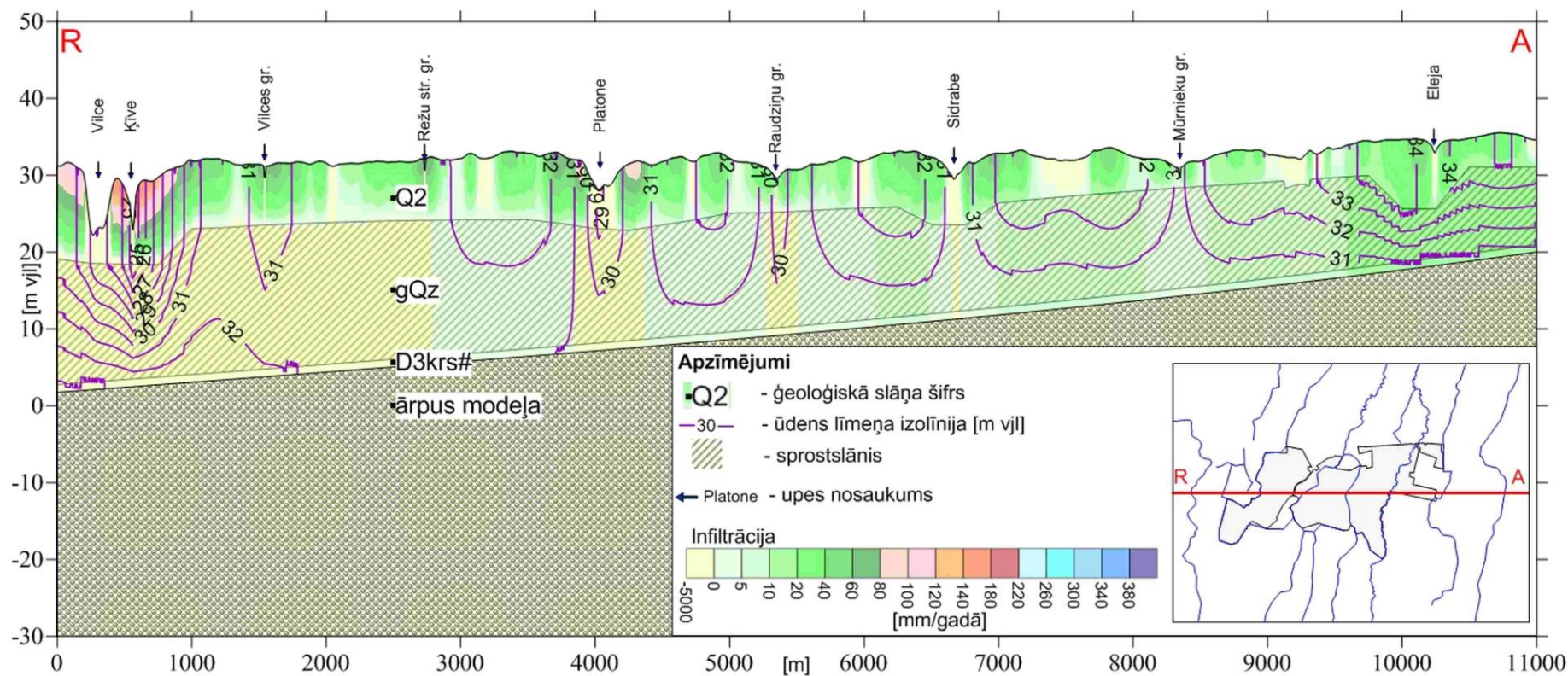


9. att. Pazemes ūdens barošanās, tranzīta un atslodzes apgabali horizontā Q2 ar gruntsūdens līmeņu [m vjl] izolīnijām



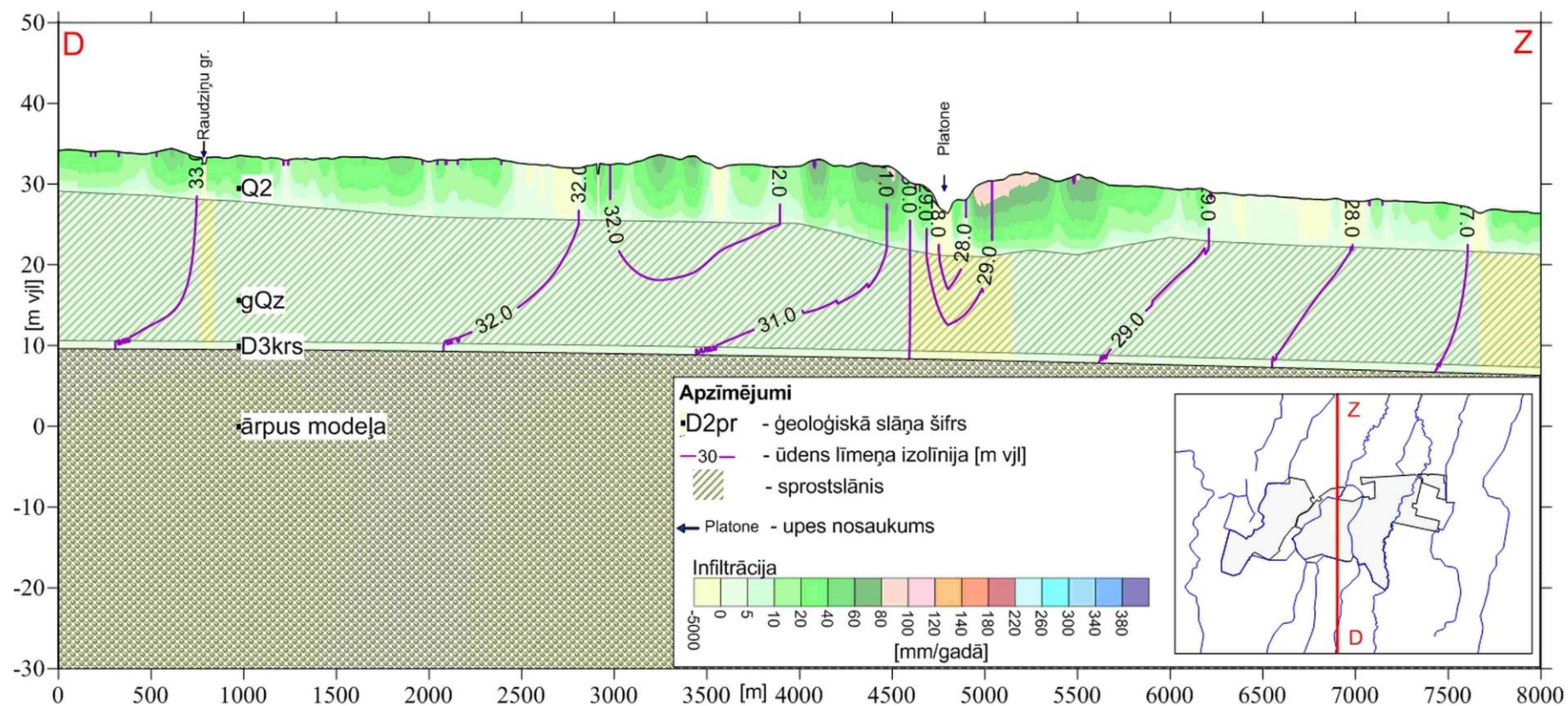
10. att. Infiltrācijas sadalījums horizontā D3krš#

Horizontā Q2 ūdens līmeņu ϕ izolīnijas ir vertikālas, jo z-virzienā ϕ gradients ~ 0 . Infiltrācijas intensitāte z-virzienā sprotslānī gQz nemainās, jo sprotslānī plūsma $q_{xy} \sim 0$.



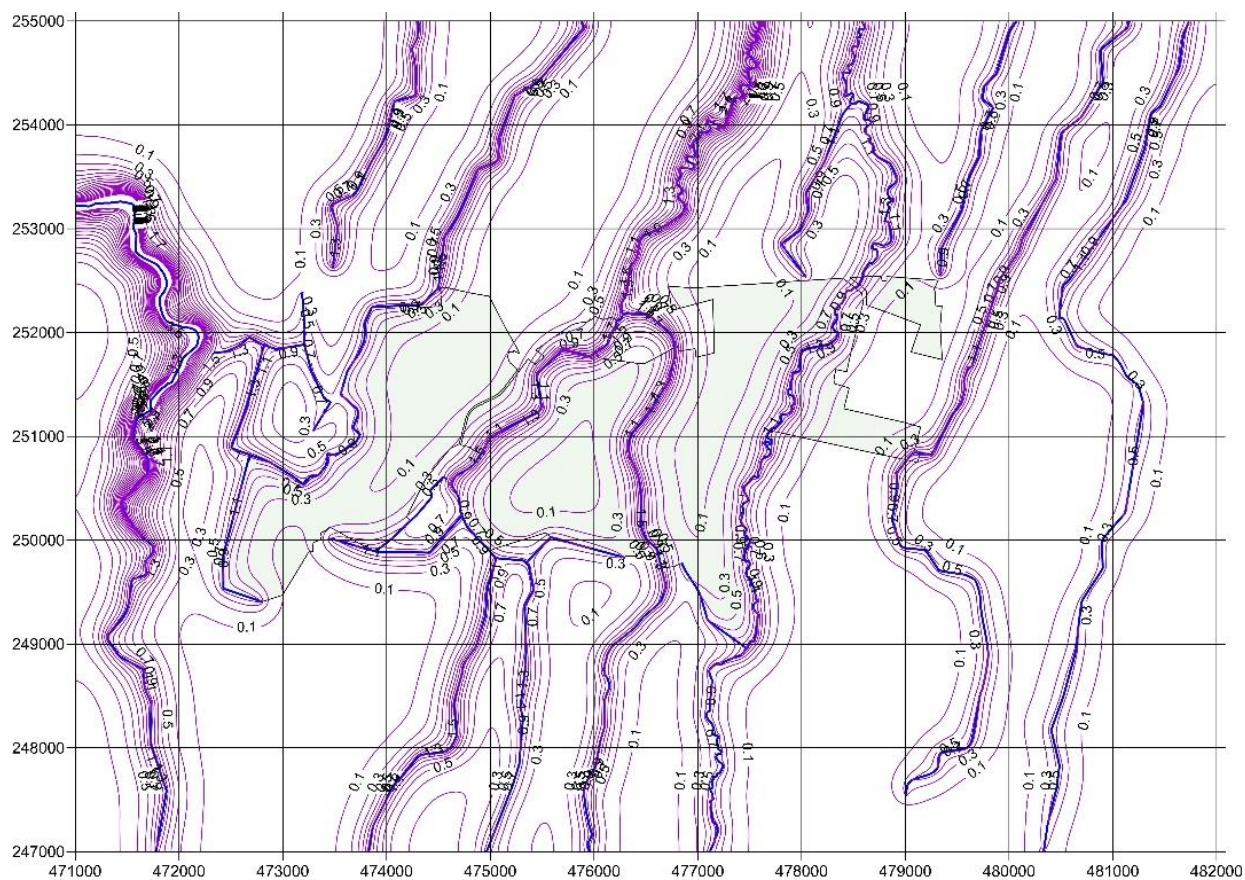
11. att. Griezums R-A ar pazemes ūdens līmeņu [m vjl] izolīnijām un infiltrāciju

Horizontā Q2 ūdens līmeņu ϕ izolīnijas ir vertikālas, jo z-virzienā ϕ gradients ~ 0 . Infiltrācijas intensitāte z-virzienā sprotslānī gQz nemainās, jo sprotslānī plūsma $q_{xy} \sim 0$.



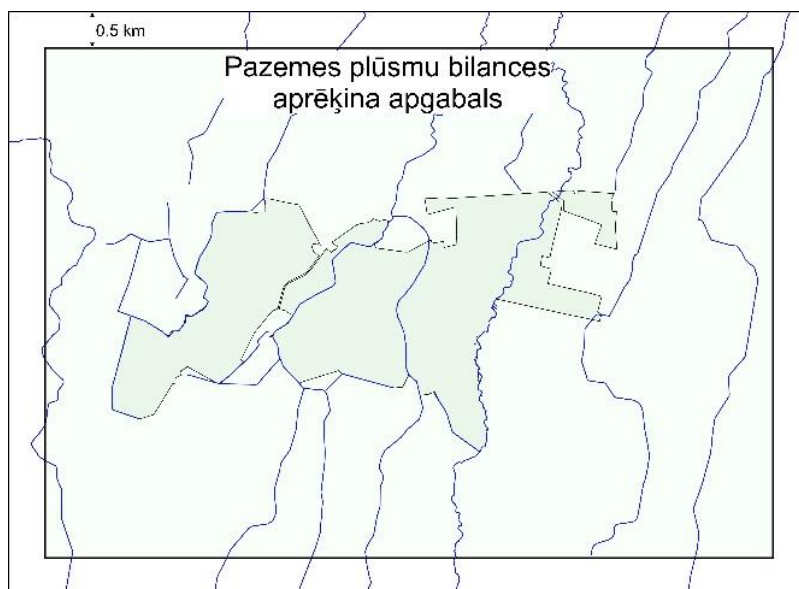
12. att. Griezums D-Z ar pazemes ūdens līmeņu [m vjl] izolīnijām un infiltrāciju

Gruntsūdens līmeņu pazeminājums izpētes apgabalā 0-variantam skatāms 13. att. MM sistēmas upes un kontūrgrāvji nosusina arī tās pierobežu. Tāpēc faktiskais sistēmas noteces apgabals ir lielāks par sistēmas teritoriju (laukuma aprēķinu skat. 4. nodaļā).

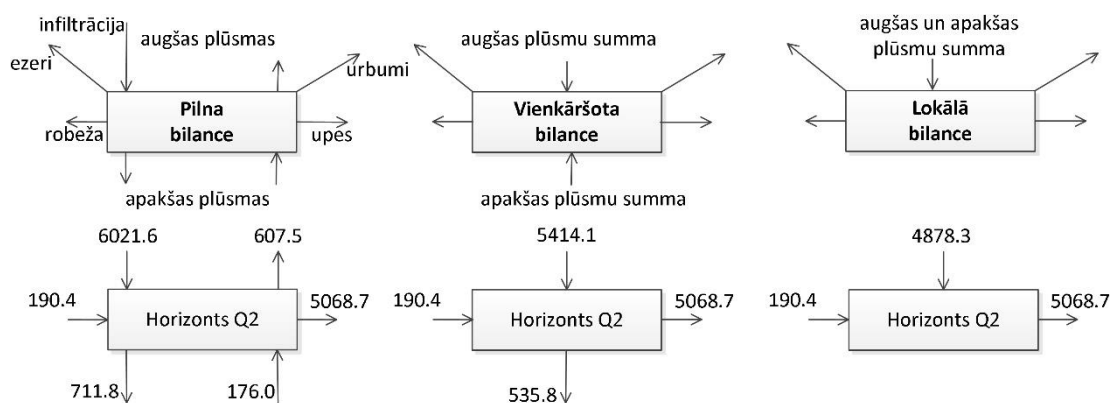


13. att. Gruntsūdens līmeņu pazeminājums [m] izpētes apgabalā, ja MM sistēma nedarbojas

Modelī aprēķina pazemes ūdens plūsmu bilanci apgabalam $10\text{km} \times 7\text{km} = 70\text{ km}^2$ (skat. 14. att.). Balances veidi horizontam Q2 (pilna, vienkāršotā, lokālā) 0-variantam skatāmi 15. att.



14. att. Lokālā HM pazemes ūdens plūsmu balances aprēķina apgabals



15. att. Pazemes ūdens plūsmu bilances [m^3/dnn] veidi aprēķina apgabalam horizontā Q2

Horizonta augšējā virsmā ieplūst infiltrācija $q_{inf} = 6021.6 \text{ m}^3/\text{dnn}$ ($q_{inf} [\text{mm}/\text{gadā}] = 0.365 \times 6021.6 / 70 = 31.4$), bet daļa no tās $-607.5 \text{ m}^3/\text{dnn}$ kļūst par virszemes noteci (atslodzes apgabali 8. att un 9. att.). Horizonta Q2 apakšējā virsmā notiek pozitīvu $176.0 \text{ m}^3/\text{dnn}$ un negatīvu $-711.8 \text{ m}^3/\text{dnn}$ plūsmu apmaiņa ar horizontu D3krs#. Lielākā daļa (84%) no infiltrācijas plūsmas ir pazemes pietece $q_{upes} = -5068.7 \text{ m}^3/\text{dnn}$ ($\sim 26.4 \text{ mm}/\text{gadā}$) hidrogrāfiskajā tīklā. Plūsma $q_{rob} = 190.4 \text{ m}^3/\text{dnn}$, nonāk apgabalā caur tā robežu.

Bilance ietver ezeru un pazemes ūdens ieguves urbumu plūsmas q_{ez} , q_{urb} . Izpētes apgabalā nav ezeru un nozīmīgu pazemes ūdens ieguves vietu [5]. Tāpēc $q_{ez} = q_{urb} = 0$.

Pazemes pietece q_{upes} ir pazemes un virszemes ūdensobjektu (hidrogrāfiskā tīkla) mijiedarbības rezultāts. Plūsmas q_{upes} ir izmantotas ūdensteču caurplūdumu aprēķinam (2. tabula, 3. tabula).

Pilnā, vienkāršotā un lokālā bilances atšķiras ar vertikālo plūsmu q_z apvienošanas veidu. Pārskatā [24] visi veidi ir izmantoti Lielupes upju baseina un tā daļu pazemes ūdens plūsmu bilances aprēķiniem.

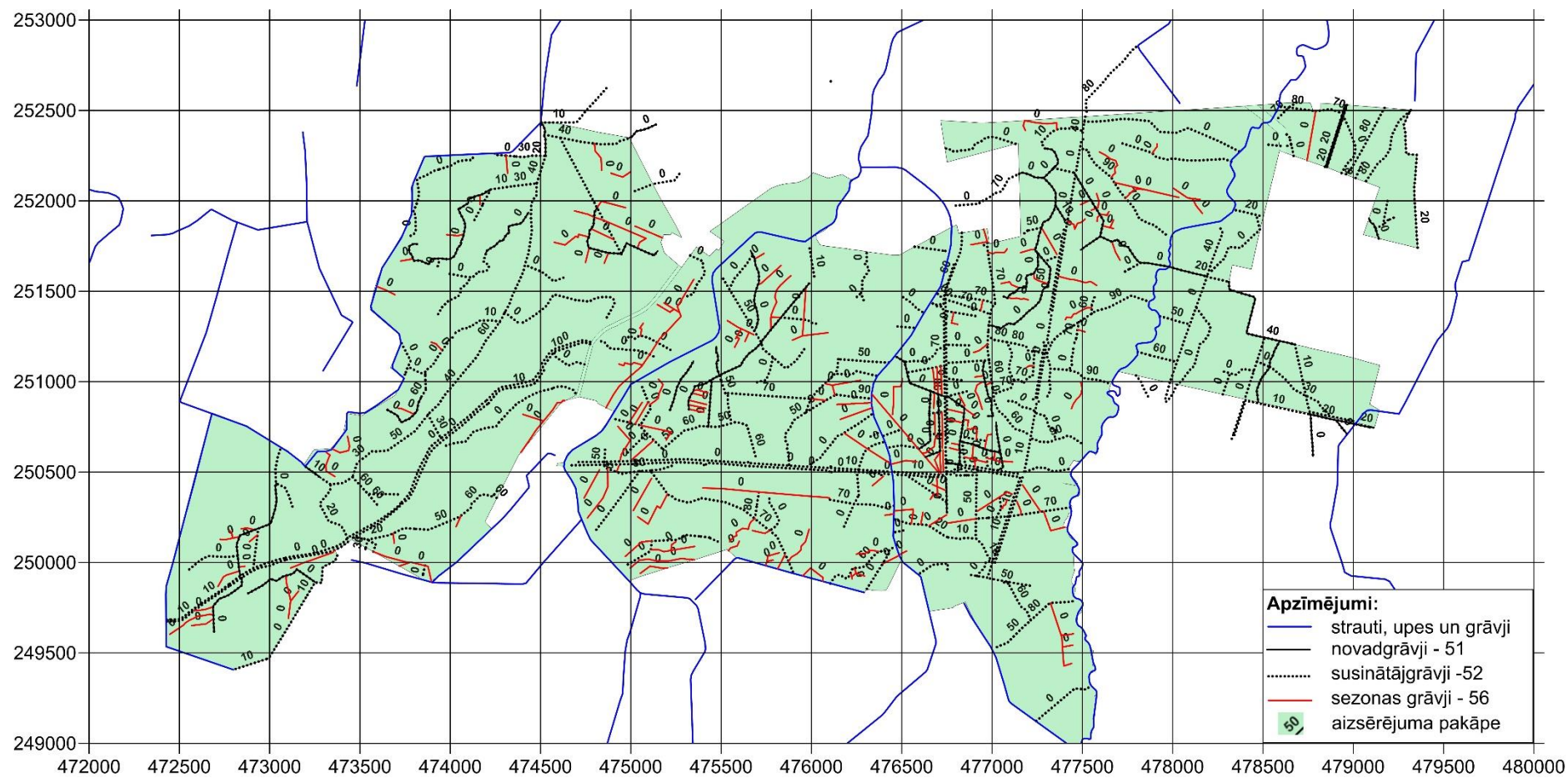
7. MM sistēmas stāvokļa novērtējums un pārbūves varianti

MM sistēmas grāvju veidi un to aizsērējums (%) skatāmi 16. att. Ar zilu krāsu ietonētas ūdensteces, kas darbojas pirms sistēmas pārbūves un atbilst 0-variantam (skat. 4. att.). Ar melnām nepārtrauktām un punktētām līnijām parādīti novadgrāvji – 51 un susinātājgrāvji – 52. Sezonas grāvji 56 ir sarkanā krāsā.

No LVM pārskata par MM grāvjiem [21] var aprēķināt grāvju kopgarumus: novadgrāvjiem 14.8 km, susinātājgrāvjiem 66.8 km, sezonas grāvjiem 24.6 km.

Analizējot MM sistēmas grāvju tīklu, var formulēt šādus secinājumus:

- maz ticams, ka visur novērtēta MM sistēmas grāvju aizsērējuma pakāpe (daudz tīru 0% 51 un 52 tipa grāvju, neviens no sezonas grāvjiem 56 nav aizsērējis!);
- nav pareizi noteikti grāvju 51 un 52 tipi (novadgrāvju posmos nevar atrasties susinātājgrāvji; Režu strauts nav attēlots kā novadgrāvis!);
- lai samazinātu aerācijas zonas biezumu, no MM sistēmas nevar brīvi izņemt novadgrāvjus vai to posmus, jo tad var nedarboties ar tiem saistītie drenāžas apgabali;
- aizsērējumi (50%-100%) grāvjos 51 un 52 var traucēt vai pat pārtraukt daudzu drenāžas sistēmas apgabalu darbību;
- MM sistēmas stāvoklis nav apmierinošs; lai atjaunotu MM sistēmas normālu darbību, ir jāveic tās pārbūve..



16. att. MM sistēmas grāvju veidi un to aizsērējums [21]

Lai novērtētu MM sistēmas pārbūves apjomu ietekmi, modelēti daļējas un pilnīgas pārbūves varianti. Daļējas pārbūves varianta modelēšanai izmantoti 51 un 52 tipa grāvji, bet pilnajā pārbūvē darbojas visi grāvju tipi.

Vērtējot provizoriski, priekšrocības ir daļējai pārbūvei, jo tā samazina atjaunojamo grāvju kopgarumu (nav 24.6 km 56 – tipa grāvju), nodrošinot teritorijas nosusināšanu (skat. 8. nodaļu). Grāvju 51, 52 tīkla blīvums dažos sistēmas apgabalos ir liels. Par drenāžas vienkāršojumiem vai arī papildinājumiem būtu jāvienojas LVM, dabas vērtību aizsardzības un RTU VMC speciālistiem.

8. MM sistēmas pārbūves variantu salīdzinājuma rezultāti

Kā galvenie MM sistēmas pārbūves variantu modelēšanas rezultāti ir aprēķinātais gada vidējais aerācijas zonas biezums m_{aer} un pazemes ūdens līmeņa izmaiņas, salīdzinot ar 0 -variantu. Aerācijas zonas biezumi m_{aer} visiem variantiem ir skatāmi 17. att., 18. att., 19. att. Gruntsūdens līmeņu pazeminājumi MM sistēmas teritorijā daļējai un pilnai pārbūvei ir parādīti 20. att. un 21. att. Pazeminājums izpētes apgabalā 0-variantam skatāms 13. att.

Ja nav MM sistēmas pārbūves (17. att.), tad MM teritorijā ir pazemes ūdens plūsmu atslodzes apgabali, t.i., ir nepieciešama drenāža to novēršanai. Augstākajos zemes virsmas apgabalos (barošana) aerācijas zonas biezums pārsniedz 100 cm un šeit drenāža kalpo palu un plūdu ūdeņu ātrākai aizvadišanai. Optimālais gada vidējais aerācijas zonas biezums var būt atšķirīgs dažādiem meža biotopiem un dzīvotnēm [17, 18, 19].

Ja ir īstenota daļēja MM sistēmas pārbūve (18. att.), atslodzes vai plānas m_{aer} apgabali saglabājas tikai Platones un Sidrabes upju krastos, kā arī dažās vietās, kurās drenāžas blīvums ir mazs vai eksistē ieplakas. Palielinājušies apgabali, kuros aerācijas zonas biezums lielāks par 100 cm.

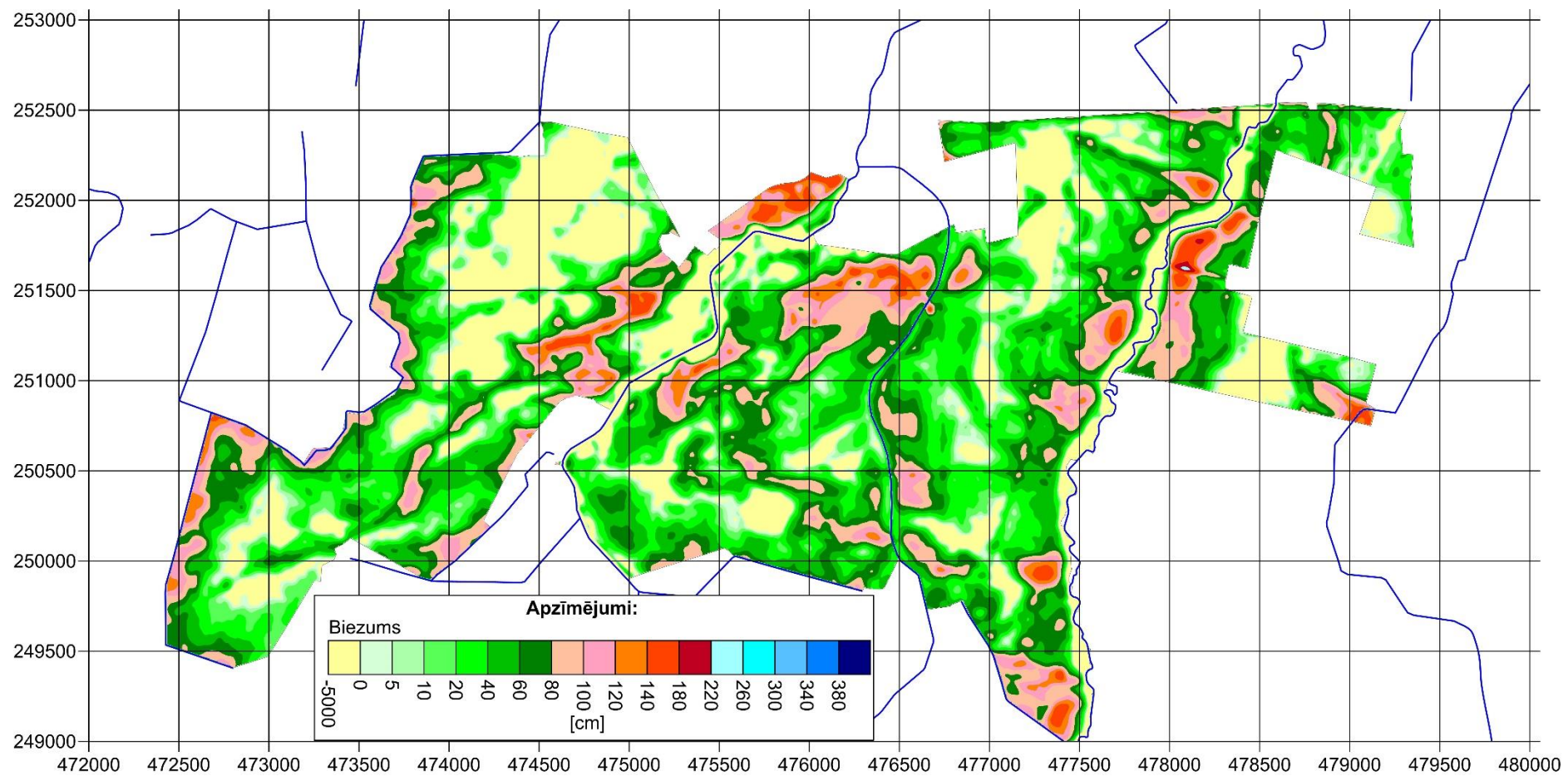
Pilnīga MM sistēmas pārbūve (19. att.) vēl vairāk paplašina apgabalus, kuros aerācijas zonas biezums pārsniedz 100 cm.

Gruntsūdens līmeņa pazeminājuma kartes (20. att. un 21. att.) parāda, ka drenāžas ietekme ir atkarīga no aerācijas zonas biezuma m_{aer} nepārbūvētā sistēmā. Maksimālie pazeminājumi ir vietās ar mazu m_{aer} . Pazeminājuma lielums nekur nesasniedz grāvju dziļumu 100 cm, kas HM izmantots visu MM grāvju tipiem. Pazeminājums ir niecīgs, ja $m_{aer} > 100$ cm.

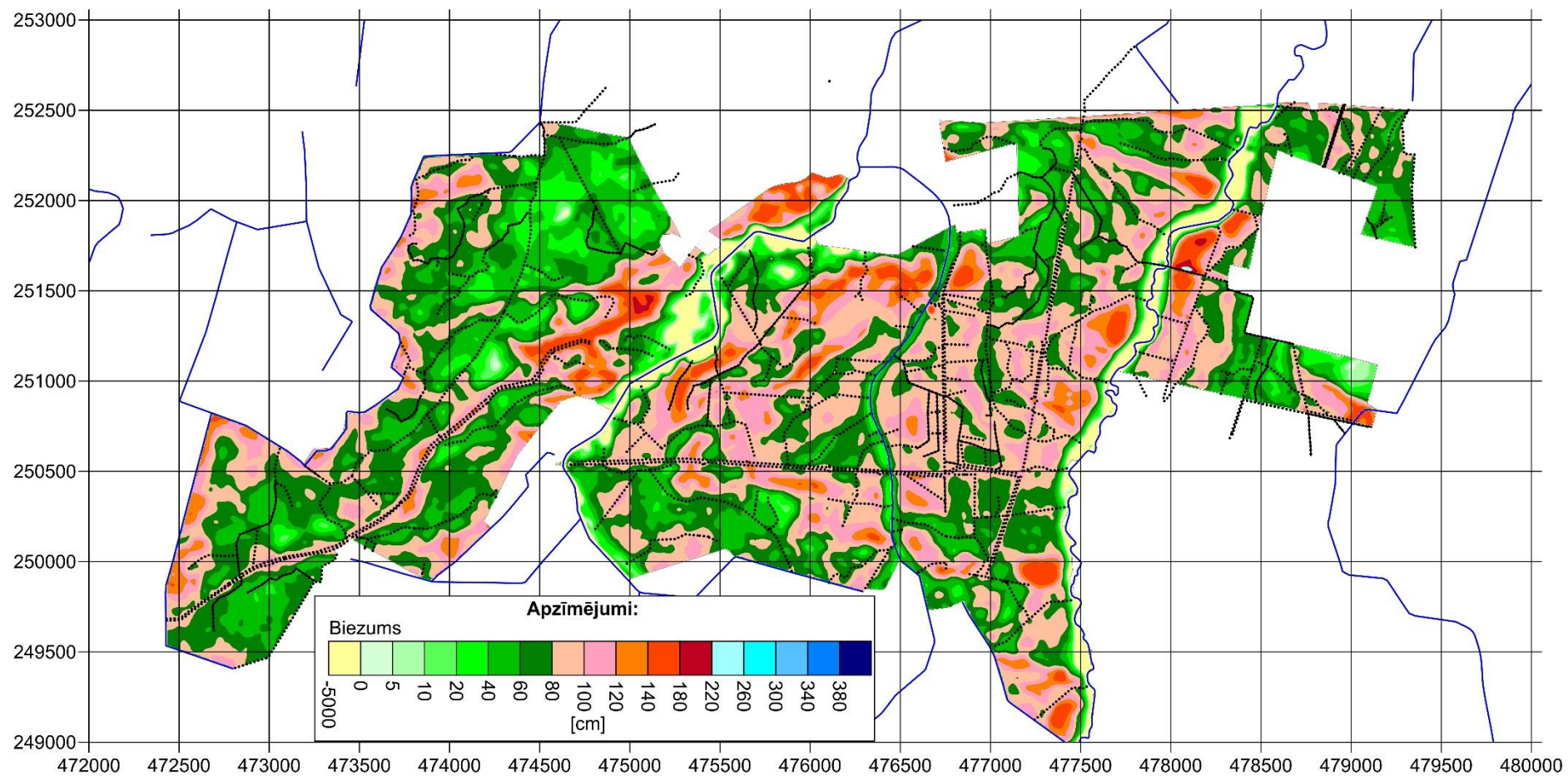
Aprēķinu rezultāti par caurplūdumiem dažādiem MM sistēmas pārbūves variantiem apkopoti 4. tabulā.

Variantiem 0, 1, 2 aprēķinātie caurplūdumi: 92.0; 179.8; 191.1 [l/sek]. Daļējā pārbūvē caurplūdums ir aptuveni divas reizes lielāks nekā nepārbūvētā sistēmā (92.0→179.8). Caurplūdums pilnai pārbūvei sezonas grāvju dēļ tikai nedaudz palielinās (179.8→191.1).

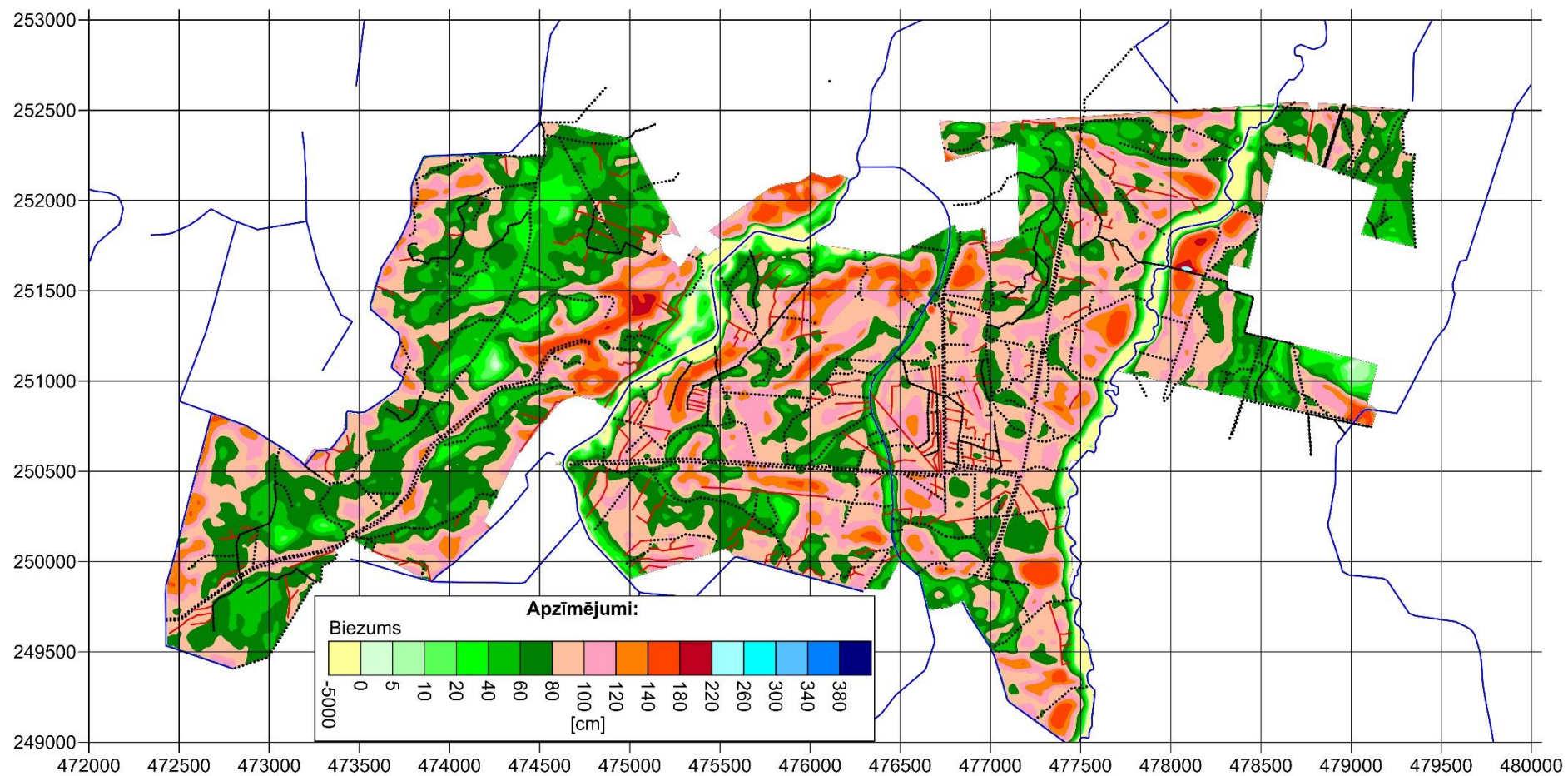
Par pārbūves ietekmi MM sistēmas apgabalos var spriest par to caurteces izmaiņām. Vislielākā izmaiņa (8.8→26.1) ir Režu strauta apgabalā un Raudziņu strauta apgabalā (16.3→44.0). Šīs izmaiņas netieši liecina par drenāžas nepieciešamību abos apgabalos.



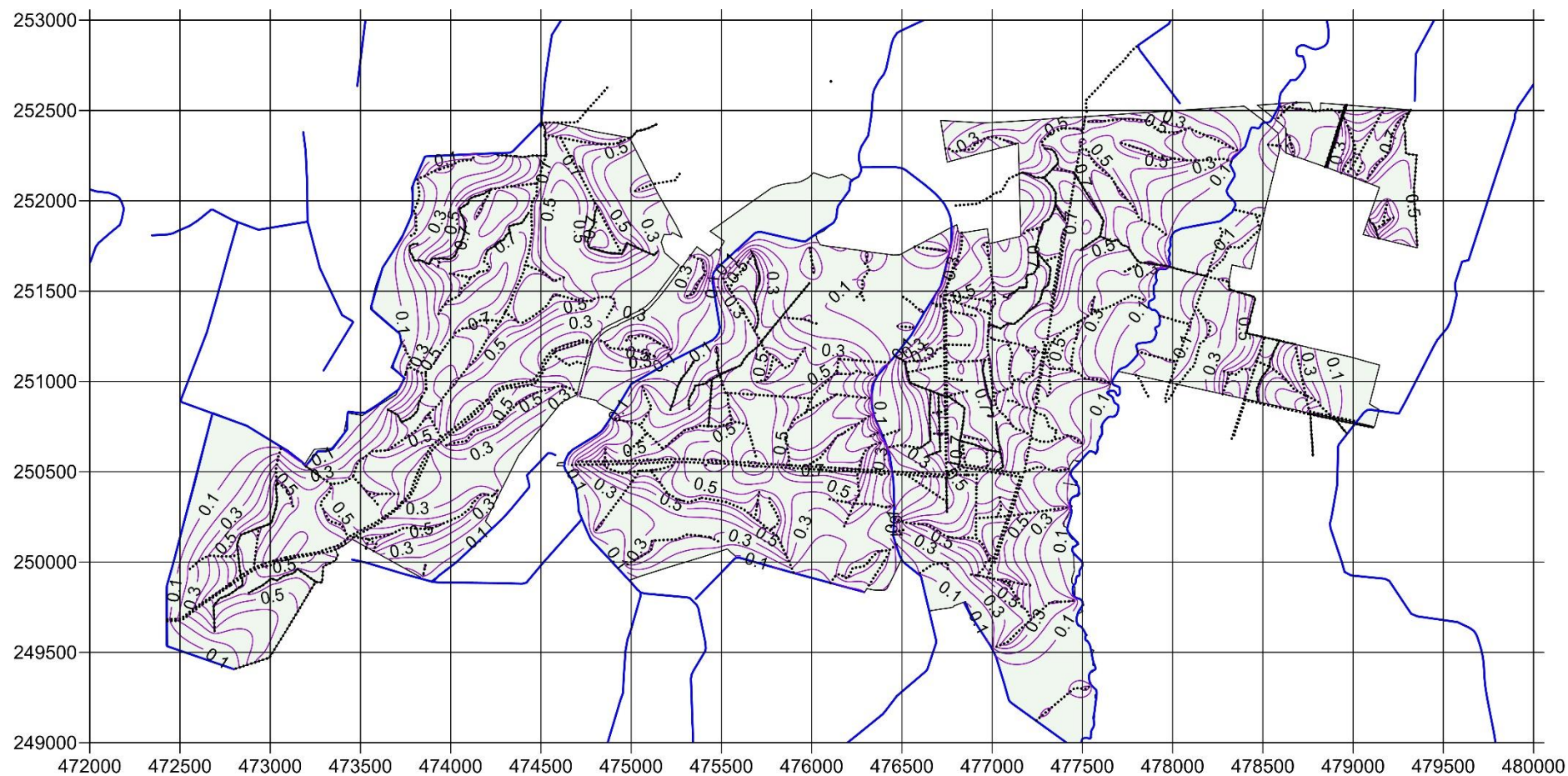
17. att. Aerācijas zonas biezums MM sistēmas apgabalā, ja nav sistēmas pārbūves



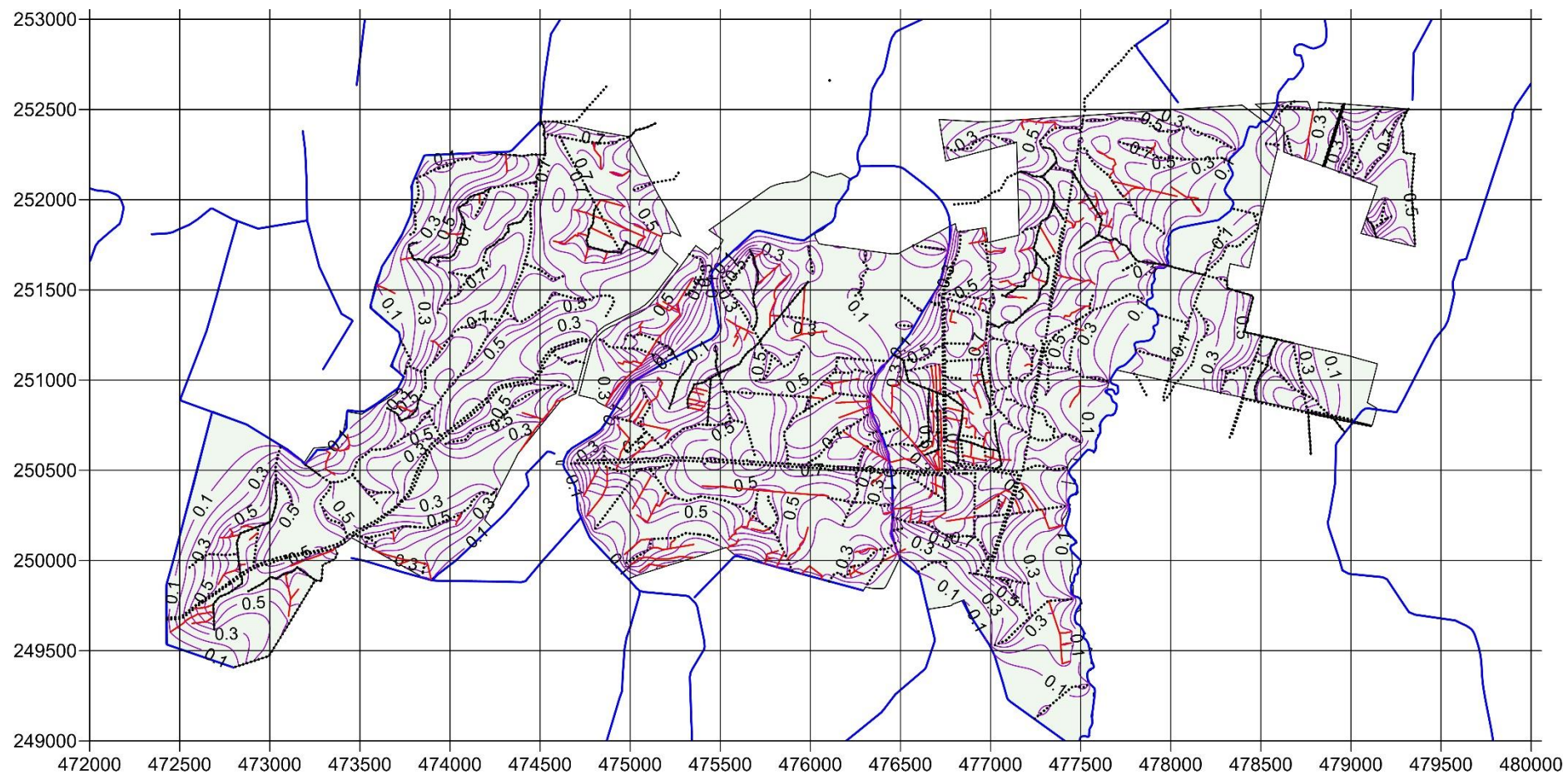
18. att. Aerācijas zonas biezums MM sistēmas apgabalā, ja ir daļēja sistēmas pārbūve



19. att. Aerācijas zonas biezums MM sistēmas apgabalā, ja ir pilnīga sistēmas pārbūve



20. att. Gruntsūdens līmeņa pazeminājums [m] MM sistēmas apgabalā pēc daļējas sistēmas pārbūves



21. att. Gruntsūdens līmeņa pazeminājums [m] MM sistēmas apgabalā pēc pilnīgas sistēmas pārbūves

MM sistēmas daļējas un pilnas pārbūves variantu m_{aer} biezumu un caurplūdumu izmaiņu salīdzinājums liecina, ka pilnās pārbūves lietderība ir apšaubāma. Daļējas pārbūves gadījumā ir iespējama drenāžas tīkla blīvuma samazināšana, ja meža biotopiem vēlams mazāks m_{aer} biezums.

9. Lokālā hidroģeoloģiskā modeļa apraksts

Lokālais HM izpētes apgabalā aprēķina vidējo gada gruntsūdens līmeņu φ un plūsmu q sadalījumu horizontam Q2. Aprēķina sarežģītības un attiecīgo sākuma datu nepietiekamības dēļ, nav mēģināts iegūt laikā mainīgos sezonālos sadalījumus. Sākuma dati par izpētes apgabala ģeoloģiskajiem nogulumiem un hidrogrāfisko tīklu ir aptuveni. Orientējošo modelēšanas rezultātu ticamība ir pietiekama, lai tos sekmīgi izmantotu MM sistēmas pārbūves optimizācijas problēmas atrisināšanai.

Modeļa vertikālā shematizācija skatāma 9. tabulā.

9. tabula

Lokālā HM vertikālā shematizācija

HM slāņa Nr.	Slāņa nosaukums	Slāņa šifrs	Slāņa biezums [m]	Filtrācijas koeficients [m/dnn]	Piezīmes
1.	Reljefs	rel	0.02	10	ψ_{rel} karte kā robežnoteikums
2.	Aerācijas zona kā sprostslānis	aer	mainīgs	10^{-4} - 10^{-5}	Nepieciešama k_{aer} kalibrācija
3.	Kvartāra ūdens horizonts	Q2	mainīgs	0.3-2.0	Pieslēdz ūdensteces un MM sistēmu kā robežnoteikumus
4.	Sprostslānis	gQz	mainīgs	10^{-4} - 10^{-5}	gQ2z+D3akz
5.	Pamatiežu horizonta ūdens līmenis	D3krs#	0.02	10	$\psi_{D3krs\#}$ karte kā robežnoteikums

Lokālajā HM ir pieci slāņi:

- zemes virsmas reljefa ψ_{rel} - karte, kas ir robežnoteikums modeļa augšējai daļai;
- aerācijas zona aer kā sprostslānis, kas nosaka infiltrācijas plūsmu; tā ievēro nokrišņu un kušanas ūdeņu ietekmi;
- ūdens horizonts Q2, kurā HM aprēķina pazemes ūdens līmeņu φ un plūsmu q sadalījumu;
- sprostslānis gQz, kas atdala horizontu Q2 no pamatiežu horizonta D3krs#;
- horizonta D3krs# ūdens līmeņu $\psi_{D3krs\#}$ -karte, kas ir robežnoteikums modeļa apakšējai daļai.

Kā reģionālu datu avots lokālā HM izveidošanai izmantots Latvijas hidroģeoloģiskais modelis LAMO4 (skat. 1.1a. att. un [22, 23, 24]). LAMO4 un lokālais HM darbojas licenzētas programmatūras Groundwater Vistas 7 [26] vidē. LAMO4 un lokālā HM plaknes aproksimācijas soļi ir, attiecīgi, 250 un 5 metri.

Lokālajā HM reģionālos datus papildina un koriģē detalizēta informācija par zemes virsmas reljefu ψ_{rel} (5. att.), hidrogrāfisko tīklu (skat. 4. att. un 2a. attēlus) un par ūdens horizonta Q2 biezumu m_{Q2} un filtrācijas koeficientu k_{Q2} sadalījumu.

Lai būtu iespējams HM izmantot izpētes apgabala LIDAR reljefu ψ_{rel} , bija nepieciešams to nogludināt, izmantojot programmas SURFER12 iespējas [27]. Par nogludināšanas nepieciešamību liecina Elejas upes ielejas un ūdens profila izmaiņas (skat. 2.16a. att.).

Upju ūdens līmeņu profili iestrādāti ψ_{rel} –kartē kā 40 metru plata josla, izmantojot programmu GDI [28]. Strautiem un 0-varianta grāvjiem (skat. 4. att.) joslas platums 10 metri.

Darbībām ar informācijas datnēm izmantota programmatūra ARC GIS [29].

Lai iegūtu ticamus datus par horizonta Q2 pazemes ūdens līmeņu ϕ (6. att.) un infiltrācijas plūsmu q_z sadalījumiem (8. att., 9. att., 10. att.), bija jāveic HM kalibrēšana, izmantojot informāciju par izpētes apgabalu:

- ψ_{rel} un $\psi_{D3krs\#}$ - kartes kā robežnoteikumus modeļa 1. un 5. slānī (5. att. un 7. att.); $\psi_{D3krs\#}$ karte ņemta no LAMO4;
- hidrogrāfiskā tīkla elementu ūdens līmeņu profili (2.1a. att. – 2.20a. att.), kas iegulti ψ_{rel} kartē kā robežnoteikumi horizontā Q2;
- MM sistēmas grāvju tīkla dati, kas ir robežnoteikumi horizontā Q2 daļējai un pilnai sistēmas pārbūvei;
- Ūziņu novērošanas stacijas hidroloģiskie dati par Svētes upes caurplūduma moduli $M=5.5$ l/(sek km²) un pazemes pieteci $M_p=0.8$ l/(sek km²); Tos izmanto kā kalibrācijas etalonus hidrogrāfiskajam tīklam;
- slāņu Q2 un gQz biezumu un filtrācijas koeficientu sadalījumam izmantoti LAMO4 dati. Horizontam Q2 izmantots koriģēts filtrācijas koeficients $k_{Q2}=0.2 \rightarrow 0.7$ m/dnn, jo drenāžas esamība smilšmālā uzlabo tā ūdens vadāmību. Drenētā grunts kļūst irdenāka, tajā ir vairāk atmirušu augu sakņu kapilāru, slieku, kukaiņu un kurmju eju [10].

Modeli kalibrējot, tiek atrastas filtrācijas koeficientu k_{aer} , k_{Q2} kartes, kuras izmantojot, aprēķinātie ϕ un q_z sadalījumi atbilst vidējai gada hidroloģiskajai situācijai izpētes apgalā.

Lokālais HM aprēķina pazemes plūsmas q (skat. 15. att.), no kurām pazemes pietece q_{upes} hidrogrāfiskajā tīklā raksturo pazemes un virszemes ūdeņu mijiedarbību. Pazemes plūsmas dabā izmērīt nav praktiski iespējams. To vērtības var iegūt kā HM aprēķina rezultātu.

10. Dabas vērtību aizsardzība

MM sistēmas teritorijā ir aizsargājamas dabas vērtības (4.1a. att.). Sistēmas kvartālu nogabalos kā mozaikā ir izkliedētas atšķirīgas mežaudzes ar tām raksturīgajiem biotopiem (4.2a. att.). Vides aizsardzības kluba vēstulē [20] ir iekļauta kartoshēma (4.3a. att.) par dabas vērtībām MM sistēmas teritorijā.

RTU VMC speciālisti ir eksperti datormodelēšanas, hidroloģisko un hidroģeoloģisko apstākļu novērtēšanas jomās, bet nav tik kompetenti vides vērtību saglabāšanas un aizsardzības jautājumos. Tāpēc pārskatā nav iekļauta informācija par aerācijas zonas biezuma ietekmi uz meža augsnes

īpašībām, meža ražību, mikroliegumiem, dižkokiem u.c. apgrūtinājumiem. Informācijas avotos [6, 11, 17, 18, 19, 20] parādīta šīs ietekmes sarežģītā daba. Tā izpaužas meža ražības palielināšanas un vides aizsardzības interešu pretrunīgumā.

Optimālos aerācijas zonas biezumus varētu meklēt, sadarbojoties LVM, dabas vērtību aizsardzības un RTU VMC speciālistiem.

11. Secinājumi

Pamatojoties uz 2019. gada 28. janvārī noslēgto līgumu starp AS “Latvijas Valsts meži” un Rīgas tehnisko universitāti, universitātes Vides modelēšanas centra speciālisti ir sagatavojuši pārskatu, kurā iekļauti ekspertu vērtējumi par meteoroloģiskajiem, ģeoloģiskajiem, hidroloģiskajiem un hidroģeoloģiskajiem apstākļiem meža meliorācijas sistēmai “Zāmeļu-Tīsu mežs” un tai pieguļošai teritorijai. Izvērtēta sistēmas daļējas un pilnas pārbūves lietderība, salīdzinot ar nestrādājošo meliorācijas sistēmu.

Pārskata galvenie rezultāti ir iegūti ar hidroloģiskās un hidroģeoloģiskās modelēšanas metodēm. Lokālais hidroģeoloģiskais modelis izpētes apgabalam (11kmx8km=88 km²) izveidots, izmantojot Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa LAMO4 datus, kas papildināti ar detalizētu izpētes apgabala virsmas reljefu un hidrogrāfisko tīklu.

Lokālais HM izpētes apgabalā aprēķina vidējo gada gruntsūdens līmeņu un plūsmu sadalījumu horizontam Q2. Aprēķina sarežģītības un attiecīgo sākuma datu nepietiekamības dēļ, nav mēģināts iegūt laikā mainīgos sezonālos sadalījumus. Sākuma dati par izpētes apgabala ģeoloģiskajiem nogulumiem un hidrogrāfisko tīklu ir aptuveni. Orientējošo modelēšanas rezultātu ticamība ir pietiekama, lai tos sekmīgi izmantotu MM sistēmas pārbūves optimizācijas problēmas atrisināšanai.

1. Meteoroloģisko apstākļu novērtējums

Meteoroloģisko apstākļu raksturošanai izmantoti Ūziņu novērošanas stacijas dati par Svētes upes ūdens līmeņiem un caurplūdumu, kā arī par ūdens un gaisa temperatūru. Izmantoti Bauskas novērošanas stacijas dati par vēja virzienu atkārtotās biežumu, Nokrišņu norma izpētes apgabalā ir 540 mm/gadā, no tiem 370 mm/gadā (68 %) iztvaiko un 170 mm/gadā nonāk hidrogrāfiskajā tīklā kā virszemes un pazemes noteces (145 mm/gadā un 25 mm/gadā). Caurplūdumiem hidrogrāfiskajā tīklā (upes, strauti, grāvji) ir sezonāls raksturs. Pavasara palu laikā var aizplūst pat līdz 60% no gada noteces apjoma. Mazūdens apstākļos caurplūdumumi var izzust. Meliorācijas sistēmas samazina sezonālo meteoroloģisko apstākļu ietekmi uz meža un lauksaimniecības augšņu mitruma izmaiņām.

2. Ģeoloģisko apstākļu novērtējums

Meža meliorācijas sistēmas darbību ietekmē zemes virsmas reljefs, aerācijas zona kā sprostsplānis, kvartāra ūdens horizonts Q2, sprostsplānis gQz, kas saista horizontu Q2 ar pamatiežu ūdens horizonta D3krs# pazemes ūdens līmeņiem. Dziļākie pamatiežu nogulumi praktiski neietekmē meliorācijas

sistēmu. Kvartāra nogulumu izcelsme saistīta ar ledāju kušanas procesiem. Izpētes apgabalā sastopami limnoglaciāli (māls, aleirīti, smiltis) un morēnas (mālsmiltis un smilšmāls) nogulumi.

Izpētes apgabalā nav inženierģeoloģisko apstākļu (augšnes erozija, irdenas gruntis, kurās ir nepieciešama novadgrāvju gultņu nostiprināšana), kas varētu sadārdzināt meža meliorācijas sistēmas pārbūvi.

3. Hidroģeoloģisko apstākļu novērtējums.

Izpētes apgabals atrodas Zemgales līdzenumā Lielupes upju baseina apakšapgabalā F3 (Famenas augšdevona vienība). Baseina dienvidu daļa (50% no tā laukuma) atrodas Lietuvā. Izpētes apgabala upju iztekas atrodas tur. Seklās upju ielejas, neliels relatīvais upju kritums 0.1-0.3 m/km, apgrūtinātā sniega kušanas ūdeņu un nokrišņu infiltrācija veicina upju palieņu applūšanu pavasara palos un vasaras-rudens plūdus.

Cauri izpētes apgabalam tek Elejas, Sidrabes, Platones, Ķīves un Vilces upes. Noteces no meža meliorācijas sistēmas ieplūst arī Režu strautā, Raudziņū, Lielplatones un Mūrnieku grāvjos.

Izpētes apgabalā iekļautas divdesmit ūdensteces, kurām hidroģeoloģiskajā modelī aprēķinātas to vidējās gada pazemes pieteces un caurplūdumi. Meža meliorācijas sistēmas teritorijā ir septiņi noteces apgabali, kas saistīti ar galvenajām ūdenstecēm.

Pavasara palu un vasaras-rudens plūdu laikā virszemes notece uz reljefa pazeminājumiem ir ļoti intensīva, salīdzinot ar vidējo gada noteces normu. Tāpēc nepieciešams hidrauliskais aprēķins, lai izvēlētos ūdensteču gultņu dziļumus un dibenu platumus, kas aizvadītu palu un plūdu virszemes noteci, neapplūdinot zemes virsmu. Veikts aprēķins novadgrāvim uz Vilces upi, Režu strautam un Raudziņū grāvim, jo to caurplūdumi var būt appludināšanas cēlonis..

4. Hidroģeoloģisko apstākļu novērtējums.

Izmantojot hidroģeoloģisko modeli, aprēķināti ūdens horizonta Q2 gruntsūdens līmeņu un plūsmu sadalījumi vidējiem gada apstākļiem. Kā robežnoteikumi modelēšanai izmantoti: zemes virsmas reljefa karte, ūdensteču ūdens līmeņu profili un pamatiežu horizonta D3krs# ūdens līmeņu karte. Aprēķināti infiltrācijas sadalījumi horizontiem Q2 un D3krs#, kā arī barošanas, tranzīta un atslodzes apgabalu sadalījums horizontā Q2. Izveidoti griezumī R-A un D-Z, kuros parādīta ģeoloģiskā stratigrāfija, pazemes ūdens līmeņu izolīnijas un infiltrācija.

Aprēķināts gruntsūdens līmeņu pazeminājums un aerācijas zonas biezums (gruntsūdens līmeņa ieguluma dziļums) izpētes apgabalā, ja MM sistēma nedarbojas. Aprēķināta pazemes ūdens plūsmu bilance horizontam Q2. No pazemes plūsmām visnozīmīgākā ir pazemes ūdens pieteces plūsma hidroģeoloģiskajā tīklā. Tā raksturo tīkla un horizonta Q2 mijiedarbību.

5. Meža meliorācijas sistēmas “Zāmeļu-Tīsu mežs” stāvokļa novērtējums un tās pārbūves variantu lietderīgums.

Meliorācijas sistēmu “Zāmeļu-Tīsu mežs” veido novadgrāvji 51, susinātājgrāvji 52 un sezonas grāvji 56. Grāvju kopgarums novadgrāvjiem 14.8 km, susinātājgrāvjiem 66.8 km un sezonas grāvjiem 24.6 km. Ne visiem grāvjiem dots to faktiskais aizsērējums %. Aizsērējums 50%-100% grāvjos 51 un 52 norāda uz meža meliorācijas sistēmas neapmierinošo stāvokli.

Lai novērtētu meža meliorācijas sistēmas pārbūves apjomu ietekmi, modelēti tās daļējas un pilnīgas pārbūves varianti, kas ir salīdzināti ar nepārbūvētu (nestrādājošu) sistēmu. Daļējā pārbūvē izmantoti 51 un 52 tipa grāvji, bet pilnajā pārbūvē darbojas visi grāvju tipi.

Galvenie meža meliorācijas sistēmu pārbūves variantu modelēšanas rezultāti ir aprēķinātie vidējie gada aerācijas zonas biezumi, pazemes ūdens līmeņu izmaiņas un aprēķini par caurplūdumiem sistēmas noteces apgabalos, kas apstiprina, ka meža meliorācijas sistēma nebūtiski ietekmē dabīgo ūdensteču caurplūdumus izpētes apgabalā.

Provizoriski vērtējot, priekšrocības ir daļējai pārbūvei, kas samazina atjaunojamo grāvju kopgarumu un nodrošina apmierinošu meža teritorijas nosusināšanu. Arī daļējas pārbūves grāvju tīklā ir iespējami vienkāršojumi, kas var samazināt sistēmas pārbūves izmaksas. Aerācijas zonas biezuma atkarība no dabas aizsardzības prasībām ir galvenais kritērijs meliorācijas sistēmas vienkāršojumu vai arī papildinājumu lietderībai. Šo problēmu būtu kopīgi jāatrisina LVM, vides vērtību aizsardzības un RTU VMC speciālistiem.

12. Izmantotie informācijas avoti

1. Programma Nr. 5-03/2 ietekmes uz vidi novērtējums meža meliorācijas sistēmas “Zāmeļu-Tīsu mežs” pārbūvei, Jelgavas novads, Vides pārraudzības valsts birojs, 2018.g. 5. aprīlī, 8 lpp.
2. Ministru kabineta noteikumi; Nr. 329, Rīgā, 2015. gada 30. jūnijā, Noteikumi par Latvijas būvnormatīviem LBN 224-15. “Meliorācijas sistēmas un hidrotehniskās būves”
3. Meža infrastruktūras objektu projektēšanas tehniskie noteikumi 2015, apstiprināti AS “Latvijas Valsts meži” 14.09.2015., reģistrēti LVS 19.09.2015. ar Nr. 8009 88 lpp
4. Stratēģiskais ietekmes uz vidi novērtējums Lielupes upju baseina apgabala apsaimniekošanas plāna 2016.-2021. gadam un Lielupes upju baseina apgabala plūdu riska pārvaldības plāna 2016.-2021. gadam vides pārskats, Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrija, Rīgā, 2016. gada maijā, 46 lpp.
5. Jelgavas novada attīstības programma 2017.-2023. gadam. Vides pārskats, SIA Reģionālie projekti, 108 lpp
6. V. Ostrovska, LVM mežu apsaimniekošana Elejas masīvā 2015.-2019.gadam, 39 lpp
7. Valsts SIA “Zemkopības ministrijas nekustamie īpašumi”, Meliorācijas kadastra izdrukas par lauksaimniecības platībām Zāmeļu-Tīsu meža apkārtnē, 2019.g.
8. Valsts nozīmes ūdensnoteku kopsavilkums uz 2017.g. 1. novembri, 4. pielikums, Zemkopības ministrija, 22.11.2017. rīkojums Nr. 158
9. Lauksaimniecības hidrotehniskā meliorācija, D. Saukas redakcijā, Rīga, “Zvaigzne” , 1987, 296 lpp.
10. C. Šķiņķis, Augšņu drenēšana, Rīga, “Avots”, 1986, 330 lpp.
11. Enciklopēdija “Latvija un latvieši” Latvijas daba, apgāds Preses nams, Rīga, 6 sējumi 1994.g.-1998.g.
12. Latvijas PSR atlants, Maskava, 1988.g., 40 lpp.
13. И. Дзилна. 1970 Ресурсы, состав и динамика подземных вод средней Прибалтики, изд. Зинатне, Рига, стр. 179
14. Гидрогеология СССР., том XXXI, Латвийская ССР., I часть. изд. Недра, Москва, 1967, стр. 200

15. Valsts SIA Latvijas Vides Ģeoloģijas un Meteoroloģijas centrs apkopotie dati par vēja virziena atkārtotānās biežumu Bauskas novērojumu stacijā un Svētes upes līmeni, caurplūdumu, ūdens un gaisa temperatūru Ūziņu novērošanas stacijā
16. A. Avotniece, S. Aņiskeviča, E. Maļinovskis, Klimata pārmaiņu scenāriji Latvijai, Ziņojuma kopsavilkums, Valsts SIA Latvijas Vides, Ģeoloģijas un Meteoroloģijas centrs, Rīga, 2017, 14 lpp.
17. Latvijas augšņu noteicējs, A. Kārklīņa red., Latvijas lauksaimniecības universitāte, Jelgava, 2009.g. 240 lpp.
18. R. Kasparinskis, Latvijas meža augšņu daudzveidība un to ietekmējošie faktori, Promocijas darbs, Latvijas universitāte, Rīga, 2012, 154 lpp.
19. V. Lārmanis, Meža biotopi, A. Auniņa red., Eiropas Savienības aizsargājamie biotopi Latvijā. Noteikšanas rokasgrāmata, 2. precizēts izdevums, Latvijas dabas fonds, Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrija, Rīga, 2013, 268-306 lpp.
20. Par ietekmes uz vidi novērtējuma procedūras piemērošanu meža meliorācijas sistēmai "Zāmeļu-Tīsu" mežs", Vides aizsardzības kluba vēstule Vides pārraudzības valsts birojam 06.09.2017. Rīga, 8 lpp.
21. AS "Latvijas Valsts meži" iesniegtie materiāli: LIDAR reljefa karte izpētes apgabalam; materiāli par "Zāmeļu-Tīsu meža" meliorācijas sistēmu; vēsturiska 1931. g. karte par Vircavas virsmežniecības Elejas novada novadgrāvju projektu
22. A. Spalviņš "Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa izveidošana Rīgas Tehniskajā universitātē", *Rīgas Tehniskās universitātes zinātniskais žurnāls Datormodelēšana un robežproblēmas*, 55. sēj. RTU Press, 2016.5.-11. lpp. http://www.emc.rtu.lv/issues/2016/Spalvins_zin_darbiba.pdf
23. Informācija par Latvijas hidroģeoloģisko modeli LAMO4 Rīgas Tehniskās universitātes Vides modelēšanas centra mājas lapā <http://www.emc.rtu.lv>
24. A. Spalviņš, Pazemes ūdensobjektu kartēšana Lielupes upju baseina apgabalā, Rīgas Tehniskā universitāte, Vides modelēšanas centrs, Rīga, 2013.g. novembris, 9 lpp. teksta, 5 tabulas, 39 attēli (kartes) un Pielikums Latvijas upju baseinu kartēšanas materiālam (22 lpp.) http://www.emc.rtu.lv/ERAF/LVGMC/Lielupe_parskats_2013.pdf
25. A. Spalviņš, K. Krauklis, I. Lāce "Pazemes ūdens plūsmu barošanās, tranzīta un atslodzes apgabalu robežu noteikšana, *Rīgas tehniskās universitātes zinātniskais žurnāls Datormodelēšana un robežproblēmas*", RTU Press, Rīga, 2017, 57. sēj. 12-16 lpp, http://www.emc.rtu.lv/issues/2017/02_VMC_56_2017_Spalvins.pdf
26. *Environmental Simulations, Inc.* Groundwater Vistas. Version 7, Guide to using, 2017
27. Golden Software, Inc., SURFER-12 for Windows, Users manual, Guide to Using, 2015. 11, Dec. 2016
28. VMC izstrādātā ģeoloģisko datu interpolācijas programma GDI, 2010
29. ArcGIS [GIS software]. Version 10.6. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, Inc., 2017



Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa LAMO4 izmantošana vides problēmu risināšanai.



Dr.sc.ing. Aivars Spalviņš, Mg.sc.ing. Kaspars Krauklis, Mg.sc.ing. Inta Lāce
Rīgas Tehniskā universitāte, Vides modelēšanas centrs

www.emc.rtu.lv, Aivars.Spalvins@rtu.lv

Išenojot Latvijas Valsts pētniecības programmu EVIDENT, RTU Vides modelēšanas centrs (VMC) ir izveidojis Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa (HM) pilnveidoto versiju LAMO4 pazemes ūdeņu aktīvajai zonai.

Šis modelis apkopo ģeoloģisko un hidroģeoloģisko informāciju, kas ir Latvijas Vides, Ģeoloģijas un Meteoroloģijas centra rīcībā, kā arī izmanto Latvijas Ģeotelpiskās Informācijas Aģentūras datus par Latvijas upēm, ezeriem un digitālo reljefu.

LAMO darbojas licenzētas programmatūras GROUNDWATER VISTAS-6 vidē, kurā ietilpst programmas: MODFLOW (realizē HM), MODPATH un MT3D (veic piesārņojuma kustības modelēšanu).

Izmantojot LAMO4 datus, RTU VMC sagatavo informāciju par:

- ģeoloģisko slāņu stratigrāfiju un filtrācijas īpašībām;
- pazemes ūdens līmeņiem un plūsmām;
- mijiedarbību starp pazemes un virszemes ūdeņiem (jūra, upes, ezeri).

RTU VMC izmanto LAMO4 informāciju kā datu avotu lokālu modeļu izveidošanai un dabas procesu pētīšanai.

No LAMO4 iegūtos datus lokālā modeļa apgabalam papildina ar detalizētu ģeoloģisko slāņu stratigrāfiju, precizētām filtrācijas īpašībām un blīvāku upju un ezeru tīklu.

Lokālos HM izmanto vides un dabas aizsardzības uzdevumu risināšanai:

- pazemes ūdensgūtnes, to ražība, aizsargjoslu novietojums, piesārņojuma risks, u.c.;
- piesārņojums ūdenī un gruntī, tā apjoms, kustības virziens un ātrums, vides attīrīšanas scenāriji;
- ietekmes uz vidi novērtējums minerālu karjeriem, pazemes būvēm, ūdensgūtnēm un citiem objektiem.

LAMO apgabals 142.5 tūkst.km².

LAMO4 laukums 71.3 tūkst.km²
ietver Latvijas sauszemes teritoriju un Rīgas jūras līci.

Teritorijas ar kaimiņvalstīm var aktivizēt pārrobežu projektu īstenošanai.

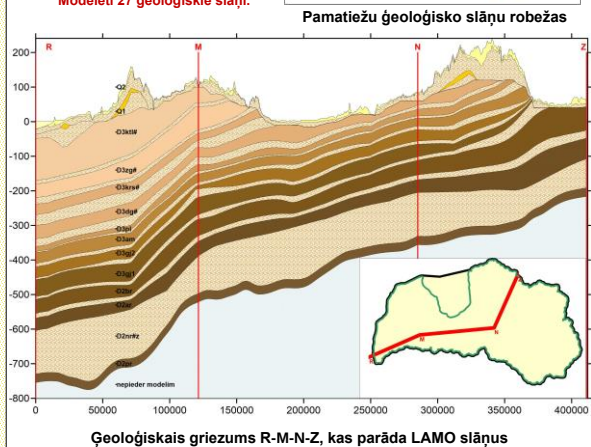
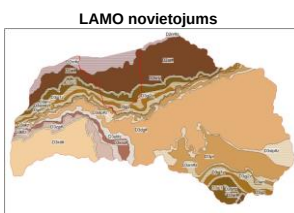
LAMO telpiskais režģis

Ģeoloģiskā telpa tiek aproksimēta ar xyz-režģi. Režģi veido ($h \times h \times m$) izmēru bloki, kur m ir mainīgs slāņa biezums un h ir

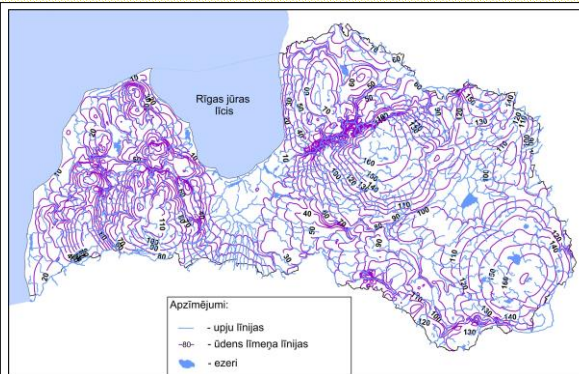
plāksnes aproksimācijas solis 250 metri

LAMO režģi ir 61.56*10⁶ bloki.

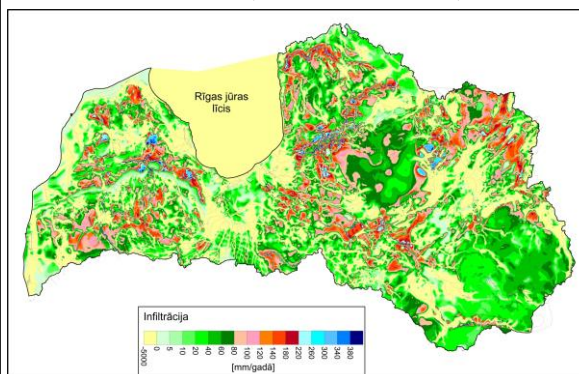
Modelēti 27 ģeoloģiskie slāņi.



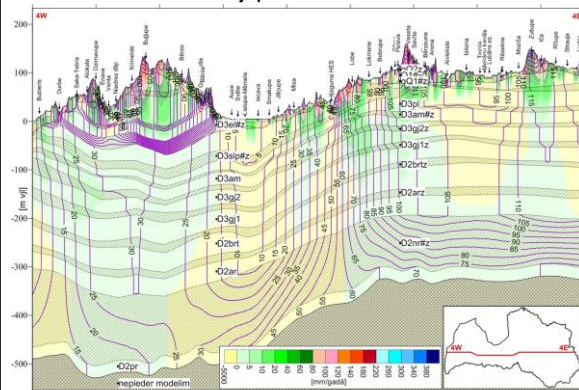
Ģeoloģiskais griezum R-M-N-Z, kas parāda LAMO slāņus



Pazemes ūdens līmeņu izolīnijas zemkvartāra slāņos



Infiltrācija pamatiežu virsmā.

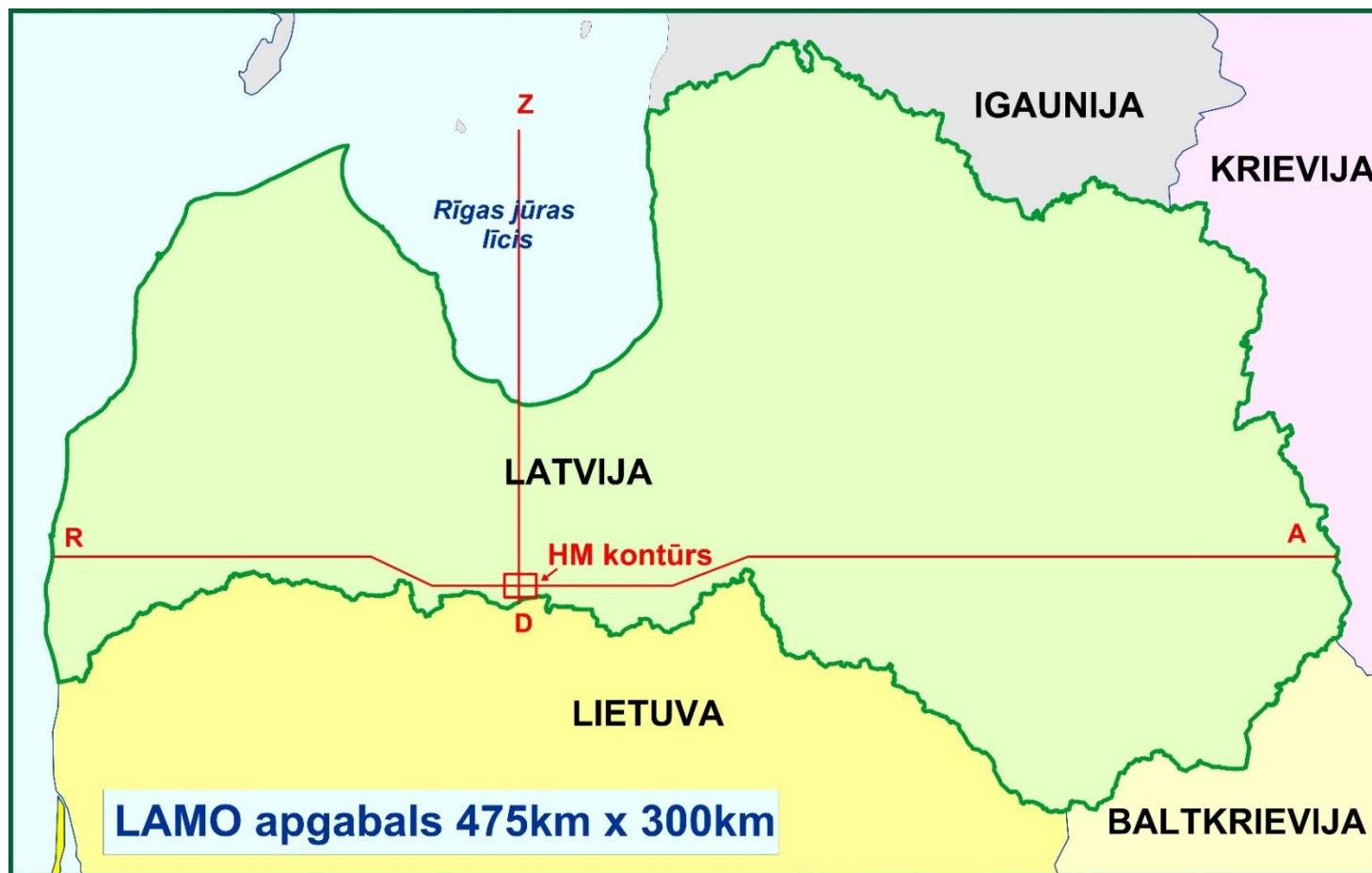


Ģeoloģiskais griezum 4W-4E ar pazemes ūdens līmeņa izolīniju un krāsu skalā attēlotu infiltrāciju

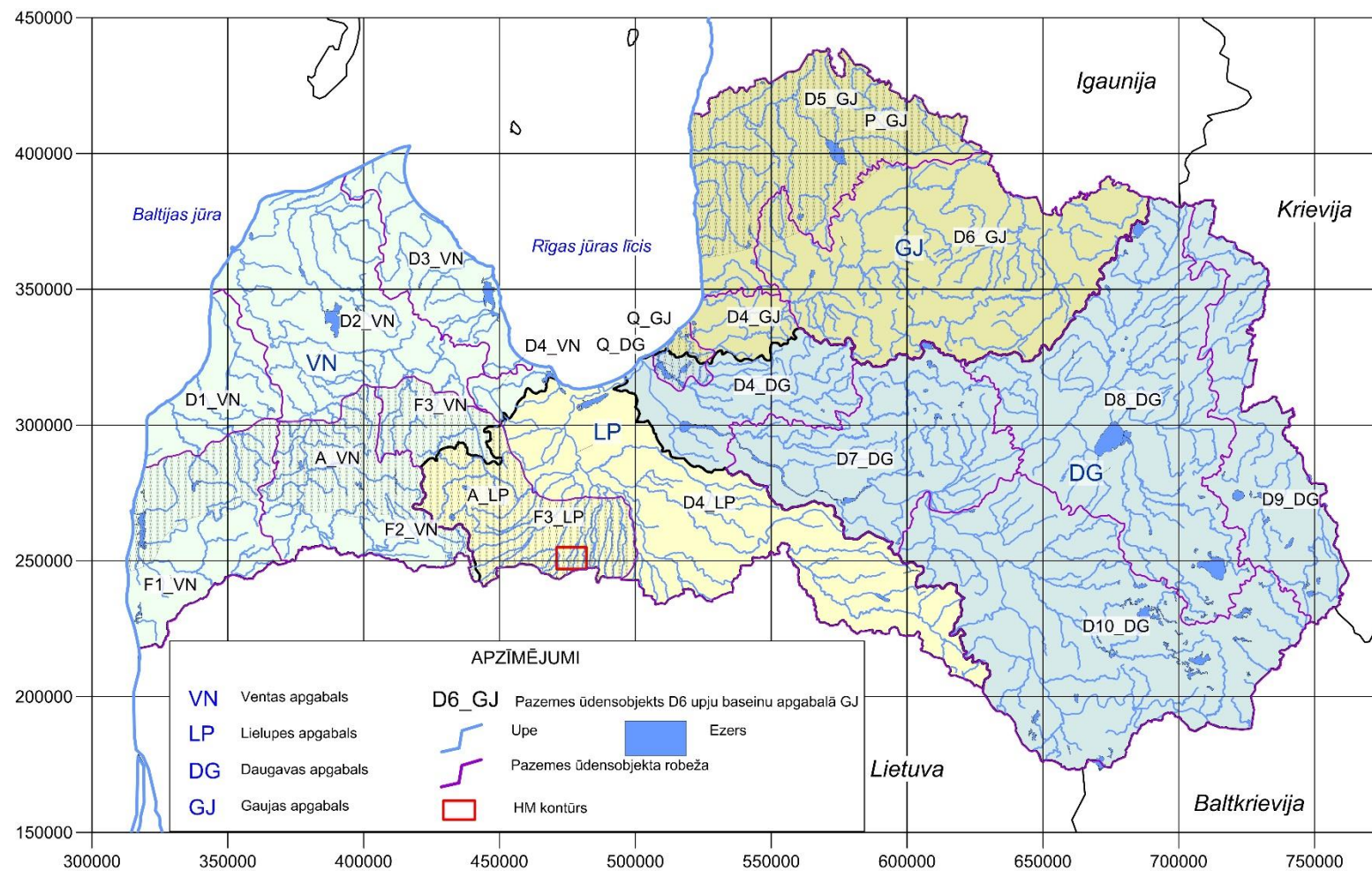
LAMO4 aprēķinātā pazemes ūdens plūsmas balance [tūkst.m³/dnn]
upju baseinu apgabaliem un Latvijai

Apgabala nosaukums	nokrišņi	upes	ezeri	robeža	urbumi	Laukums [tūkst.km ²]
Gaujas	3691	-3471	-86	-116	-18	13.00
Daugavas	6247	-5171	-553	-432	-91	27.06
Lielupes	1100	-1114	-30	64	-20	8.86
Ventas	3183	-2630	-156	-371	-26	15.63
Latvija	14221	-12386	-825	-855	-155	64.55

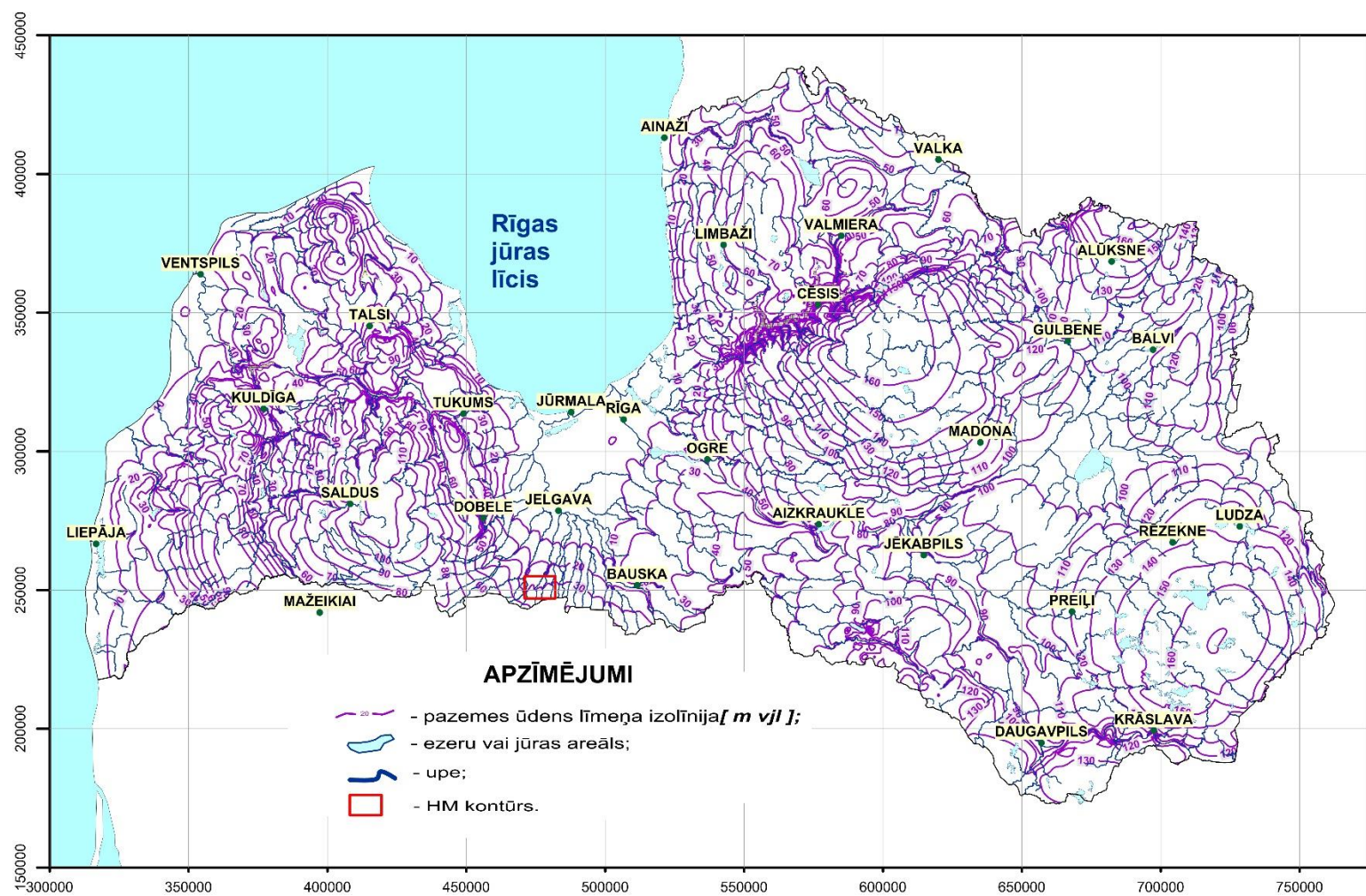
1.1a. att. Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa LAMO4 izmantošana vides problēmu risināšanai



1.2a. att. Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa LAMO4 teritorija ar iezīmētu lokālā HM kontūru un reģionālo griezumā R-A un D-Z novietojumu [24]



1.3a. att. Latvijas pazemes ūdensobjektu karte ar iezīmētu lokālā HM kontūru [24]



1.4a. att. Pazemes ūdens līmeņa izolīnijas pamatiežos ar iezīmētu lokālā HM kontūru [24]

HM plaknes Nr.		Slāņa nosaukums	Ģeoloģiskais kods	Modeļa kods	HM plaknes nosaukums	Komentāri
1.		Reljefs	relh	relh	Reljefs	robežnosacījums
2.		Aerācijas zona	aer	aer	Aerācijas zona	Formāls sprotslānis
3.		Bezspiediena. Q	Q4-3	Q2	Kvartārs Q2	
4.		Augš. morēna	gQ3	gQ2z	Augšējā. morēna	
5.		Spiediena kvartārs vai Jura	Q1-3 J	Q1#	Kvartārs Q1	Ietver J
6.		Apakšējā morēna vai Triass	gQ1-3 T	gQ1#z	Apakšējā morēna	Ietver T
7.		Perma Karbons Šķerveles Ketleru	P2 C1 D3šķ D3kti	D3kti#	Ketleru	D3fm#
8.		Ketleru	D3kti	D3kti#z	Ketleru z	D3fm#z
9.		Žaģares Svētes Tērvetes Mūru	D3žg D3sv D3tr D3mr	D3žg#	Žaģares	D3fm#
10.		Akmenes	D3ak	D3akz	Akmenes	D3fm#z
11.		Akmenes Kursas Jonišķu	D3ak D3krs D3jn	D3krs#	Kursas	D3fm#
12.		Elejas Amulas	D3el D3aml	D3el#z	Elejas	D3fm#z
13.		Stipinu Katlešu Ogres Daugavas	D3stp D3kti D3og D3dg	D3dg#	Daugavas	D3pl-aml
14.		Daugavas Salaspils	D3dg D3slp	D3slp#z	Salaspils	D3pl-aml
15.		Pļaviņu	D3pl	D3pl	Pļaviņu	D3pl-aml
16.		Pļaviņu Amatas	D3pl D3am	D3am#z	Amatas z	D3pl-aml
17.		Amatas	D3am	D3am	Amatas	D2-3ar_am
18.		Augšējā Gauja	D3gj2	D3gj2z	Augšējā Gauja z	D2-3ar_am
19.		Augšējā Gauja	D3gj2	D3gj2	Augšējā Gauja	D2-3ar_am
20.		Apakšējā. Gauja	D3gj1	D3gj1z	Apakšējā. Gauja z	D2-3ar_am
21.		Apakšējā. Gauja	D3gj1	D3gj1	Apakšējā. Gauja	D2-3ar_am
22.		Burtņieku	D2brt	D2brtz	Burtņieku z	D2-3ar_am
23.		Burtņieku	D2brt	D2brt	Burtņieku	D2-3ar_am
24.		Arikula	D2ar	D2arz	Arikula z	D2-3ar_am
25.		Arikula	D2ar	D2ar	Arikula	D2-3ar_am
26.		Narvas,	D2nr2, D2nr1	D2nr#z	Narvas z	D12
27.		Pērnavas	D2prn	D2prn	Pērnavas	D12 robežnosacījums.

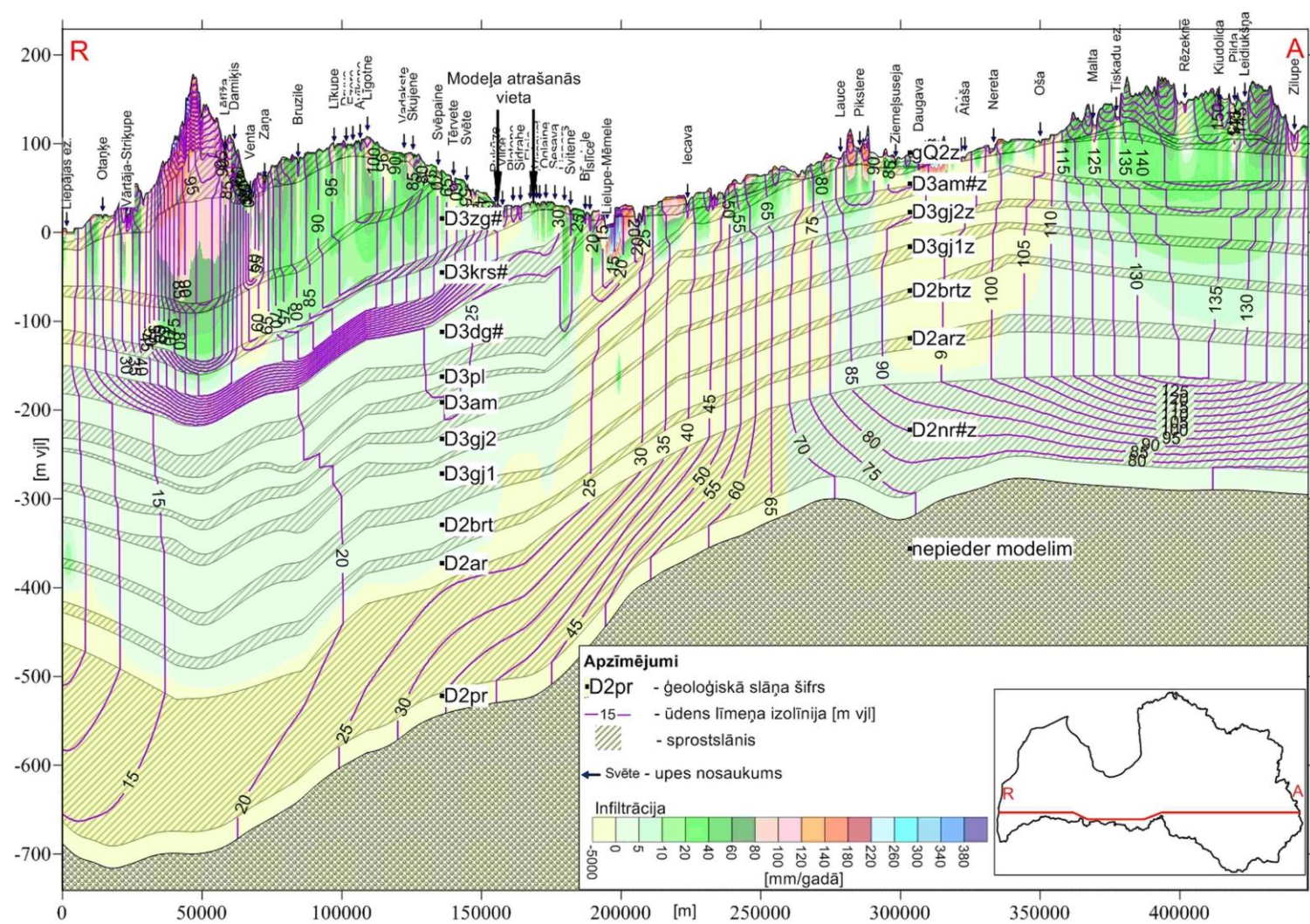


-sprotslānis
aquitard

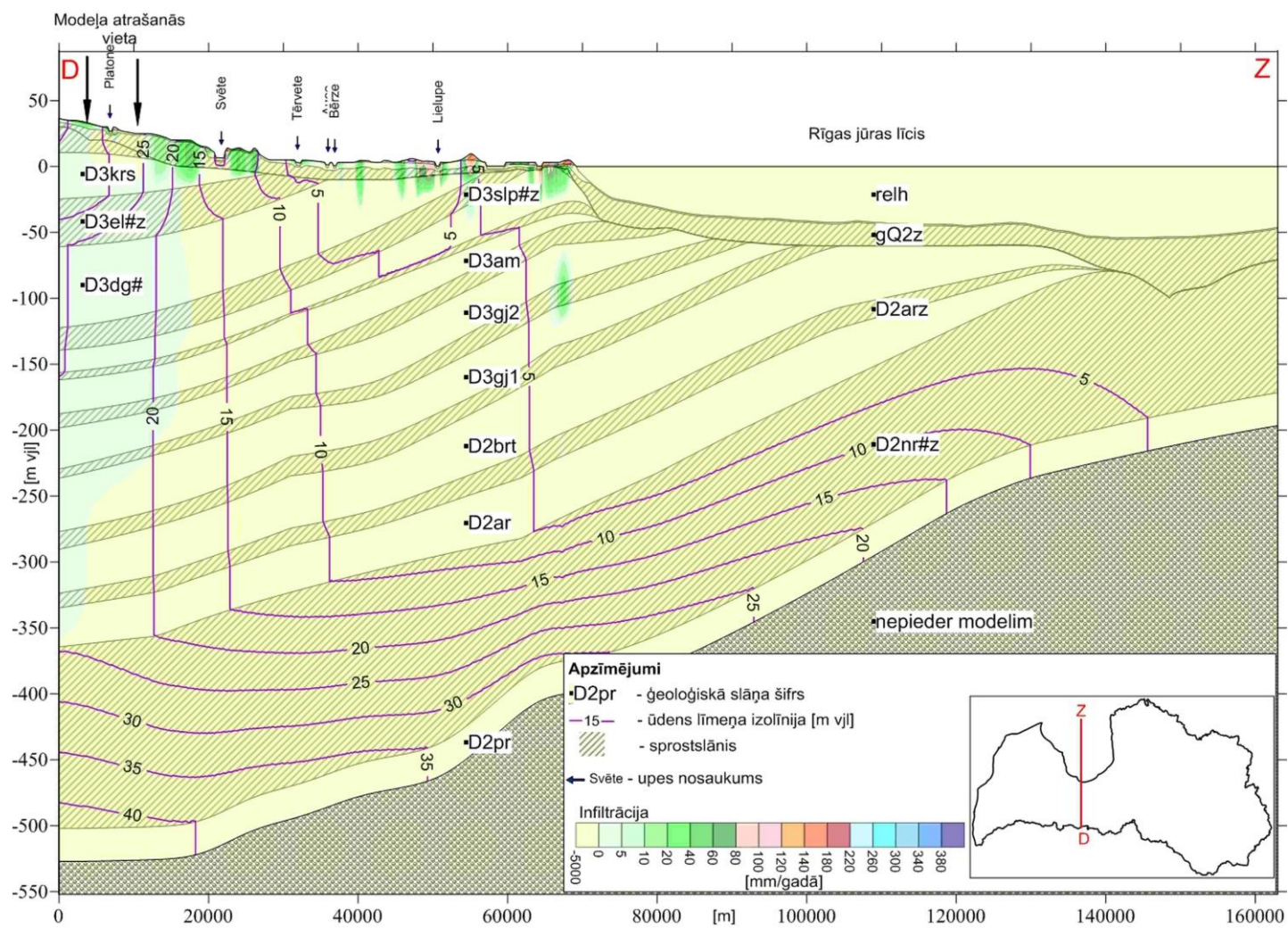
#-apvienotais ūdens horizonts
united aquifer

#z-apvienotais sprotslānis
united aquitard

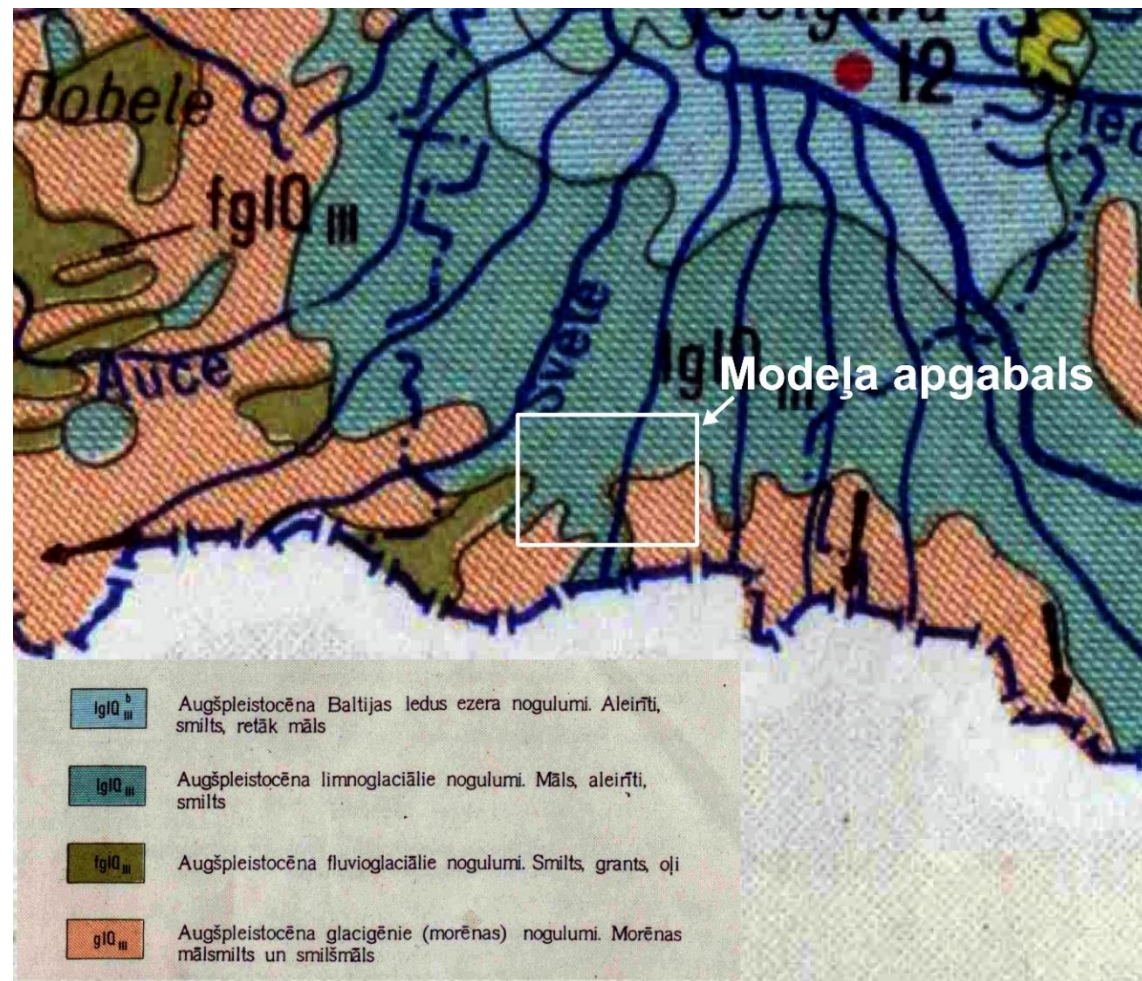
1.5a. att. LAMO4 izmantotā ģeoloģisko slāņu vertikālā shematizācija [24]



1.7a. att. Reģionālais griezum R-A ar iezīmētu lokālā HM atrašanās vietu. Parādītas pazemes ūdens līmeņa izolīnijas un infiltrācija



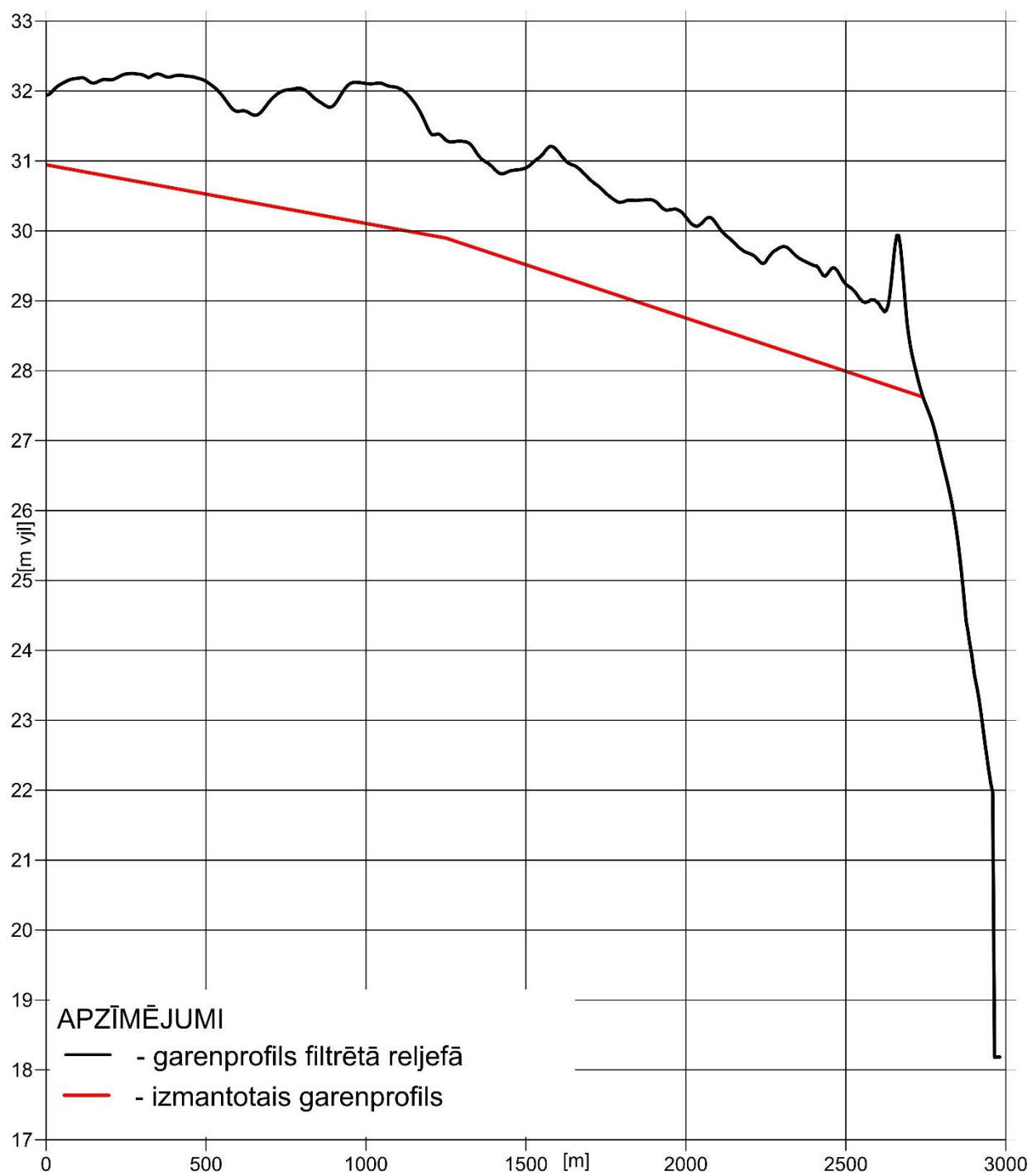
1.8a. att. Reģionālais griezum D-Z ar iezīmētu lokālā HM atrašanās vietu. Parādītas pazemes ūdens līmeņa izolīnijas un infiltrācija



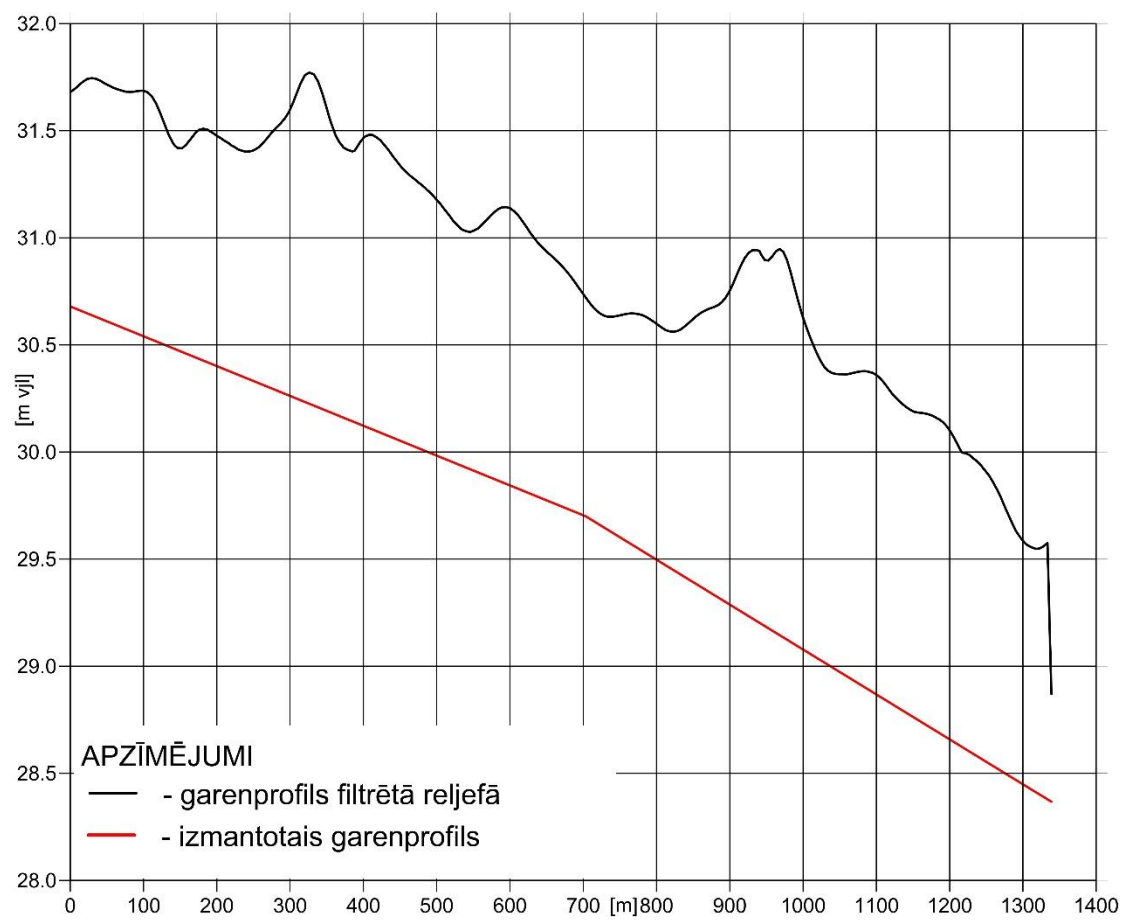
1.9a. att. Kvartāra ģeoloģisko nogulumu karte Zemgales līdzenumam ar iezīmētu modeļa apgabalu [12]



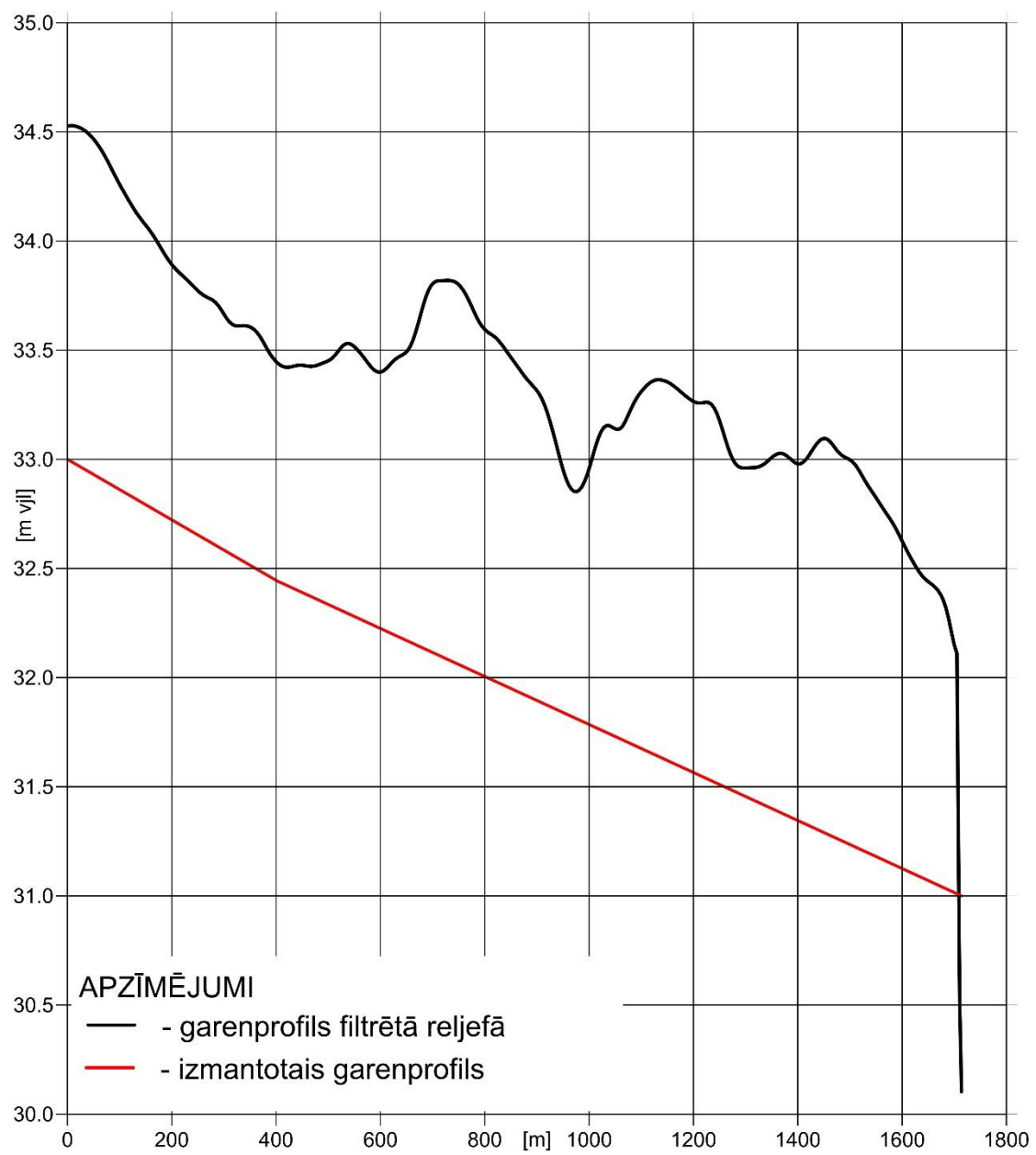
2.1a. att. Kīves-Vilces upes (1000) ūdens līmeņa profils



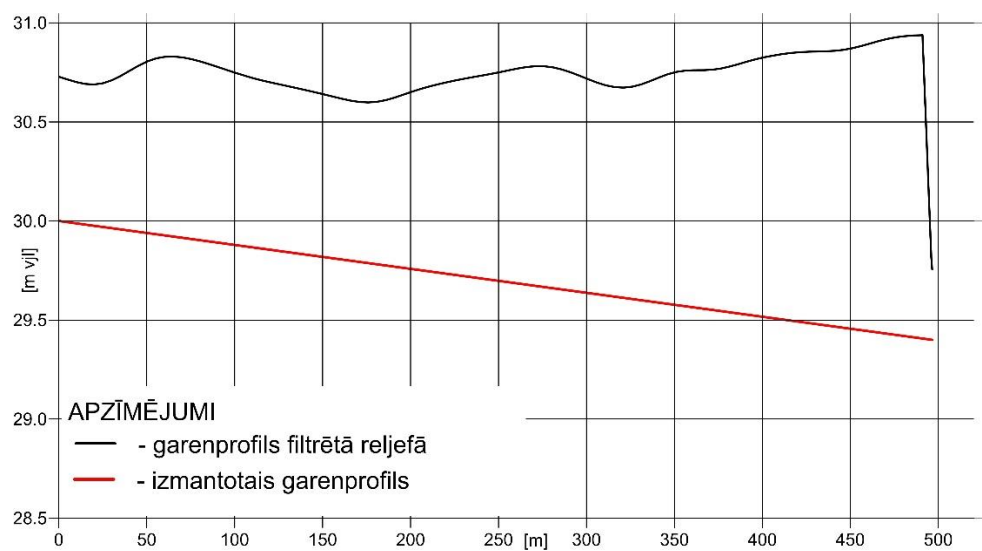
2.2a. att. MM kontūrgrāvja un ML grāvja (1100) ūdens līmeņa profils



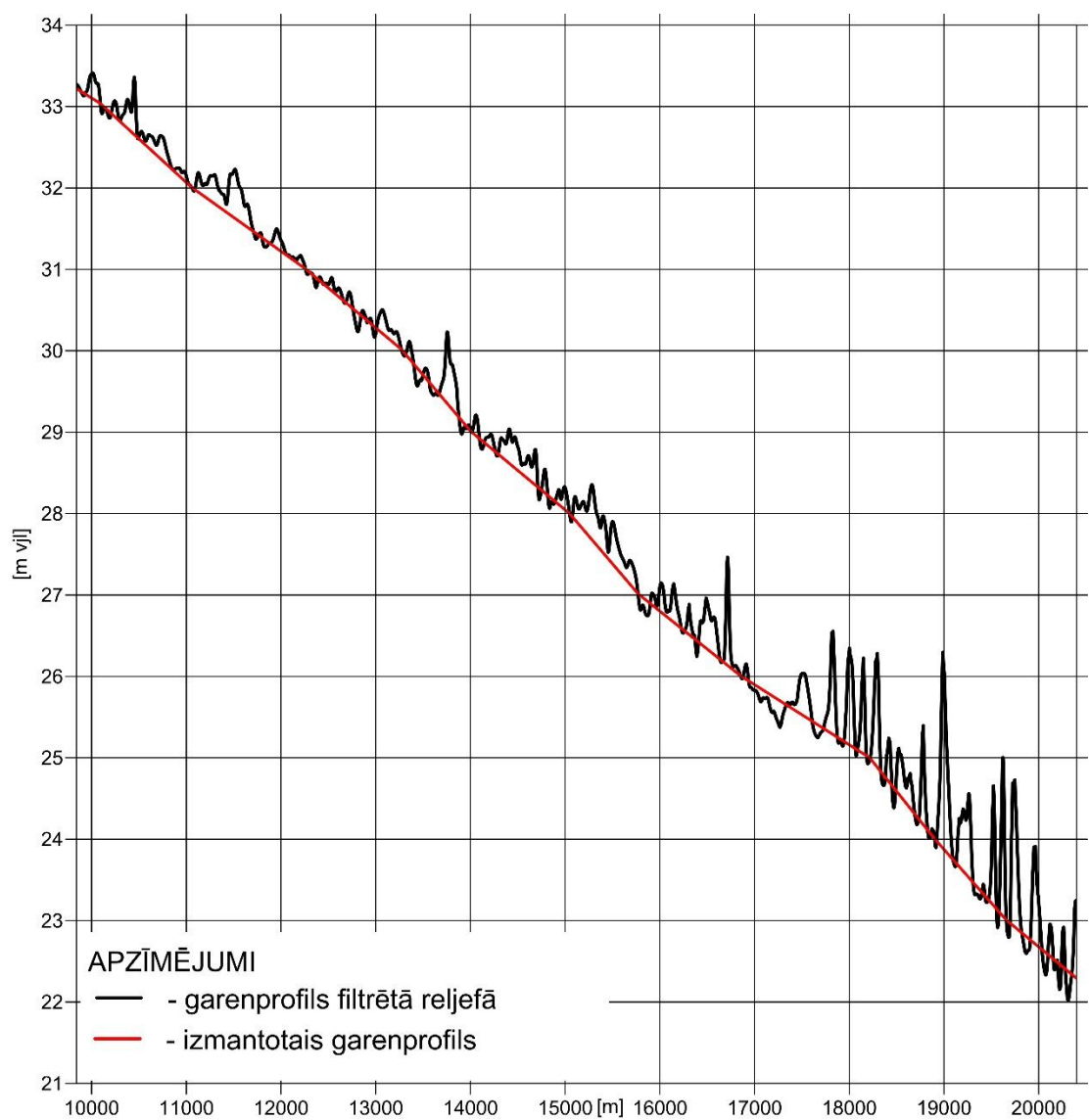
2.3a. att. LM grāvja (1200) ūdens līmeņa profils



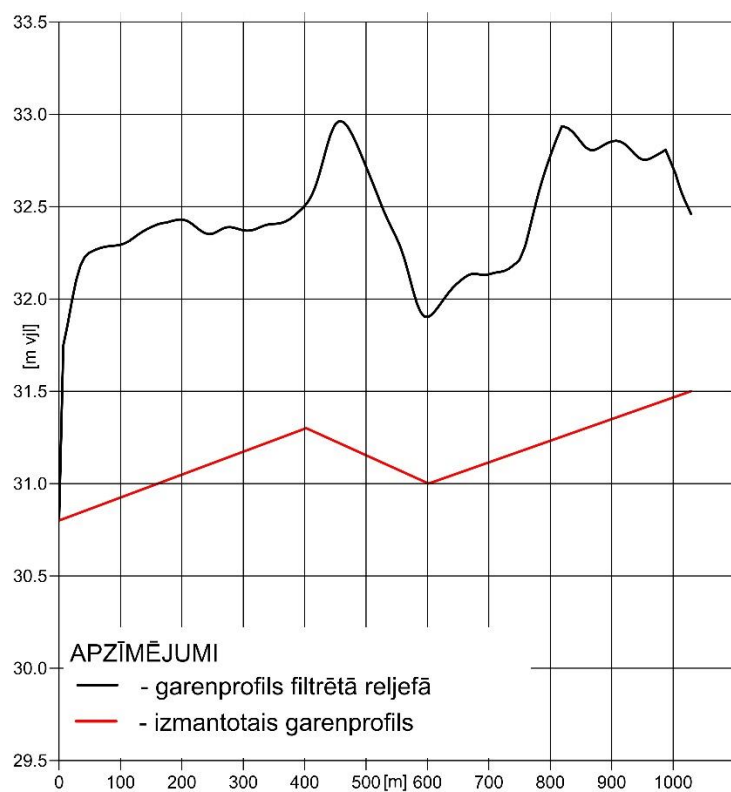
2.4a. att. MM kontūrgrāvja (1300) ūdens līmeņa profils



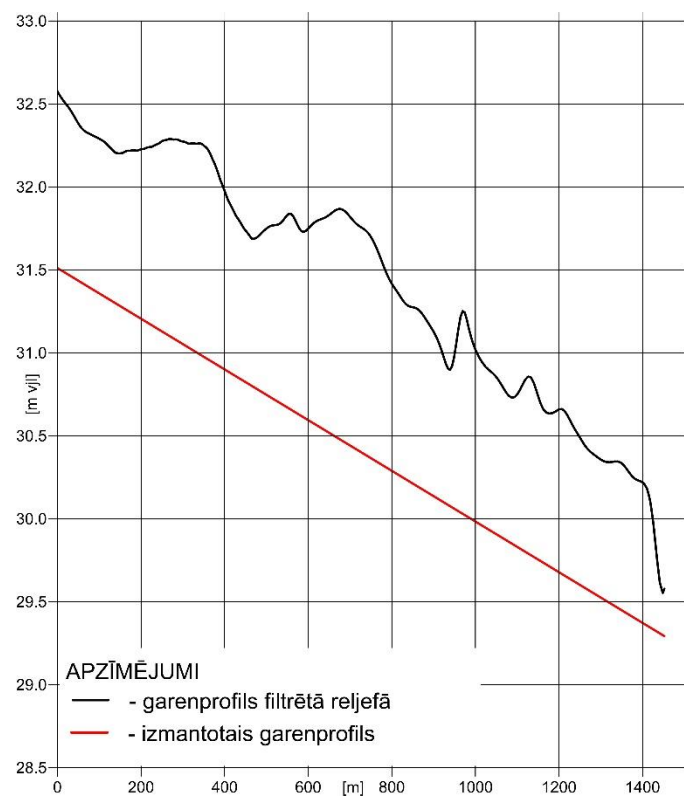
2.5a. att. LM grāvja (1400) ūdens līmeņa profils



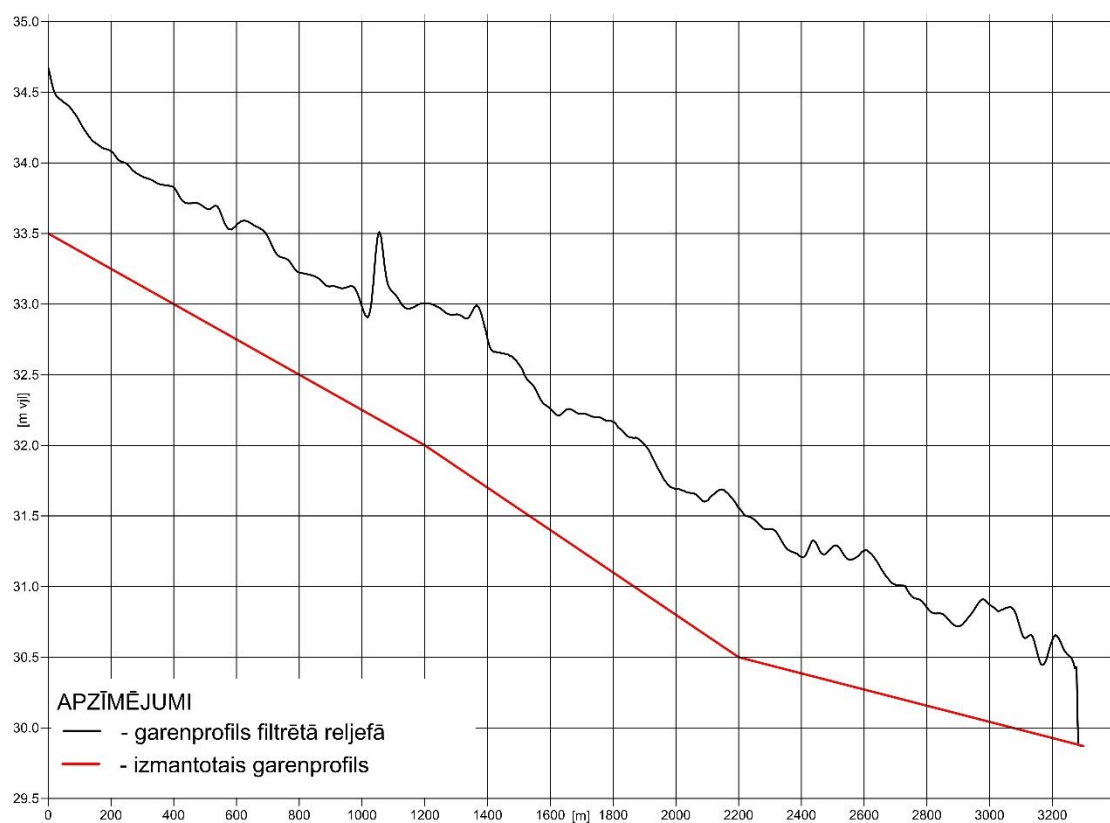
2.6a. att. Platones upes (2000) ūdens līmeņa profils



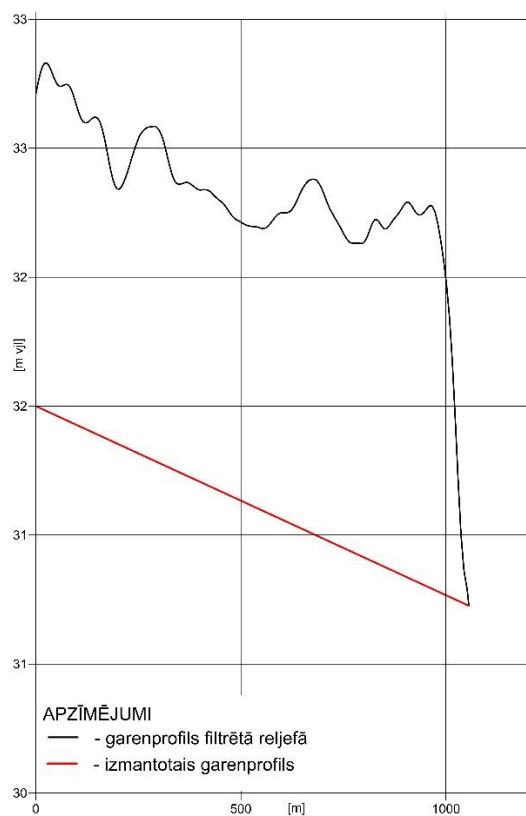
2.7a. att. MM kontūrgrāvja (2100) ūdens līmeņa profils



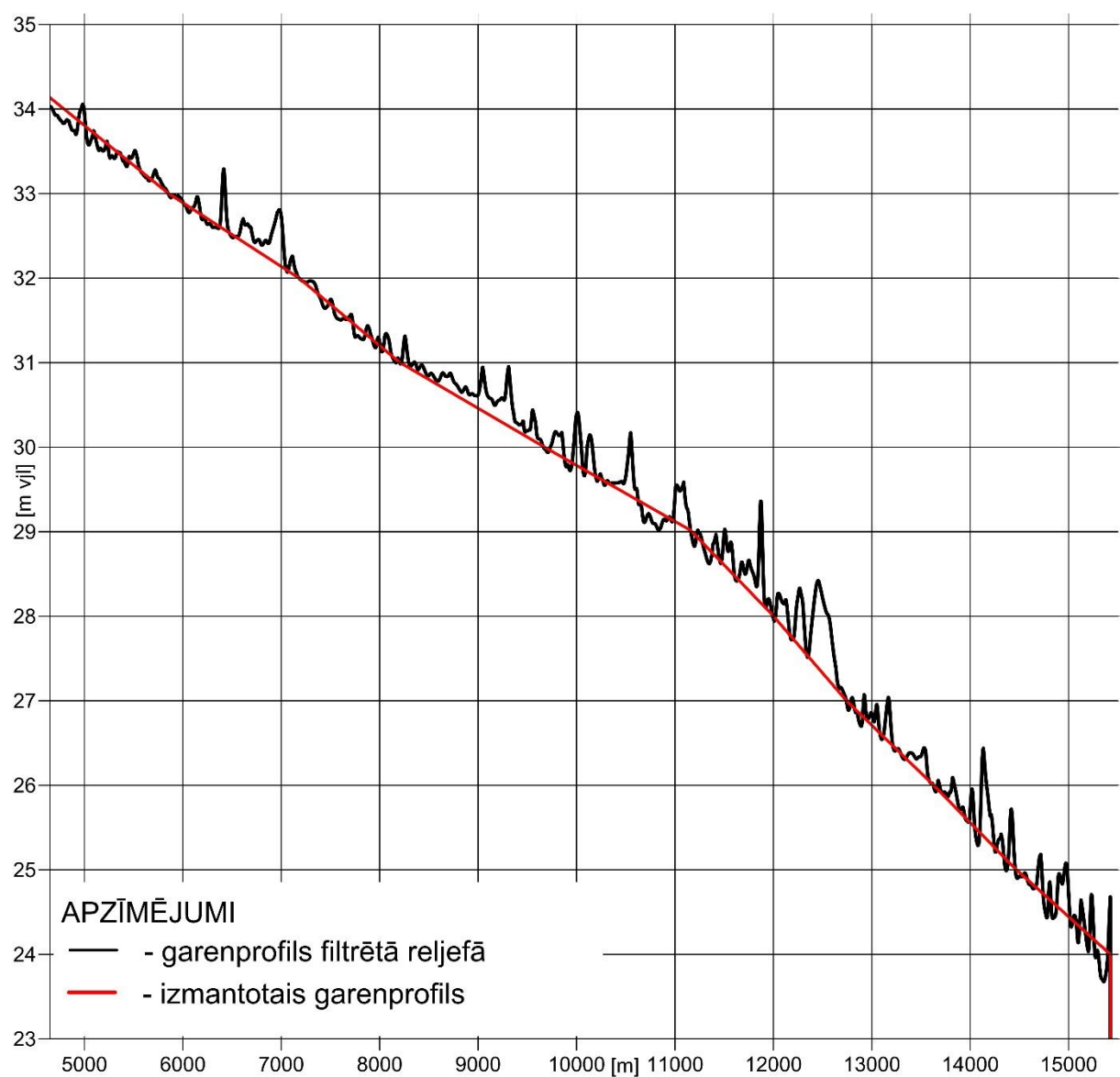
2.8a. att. MM kontūrgrāvja un ML grāvja (2200) ūdens līmeņa profils



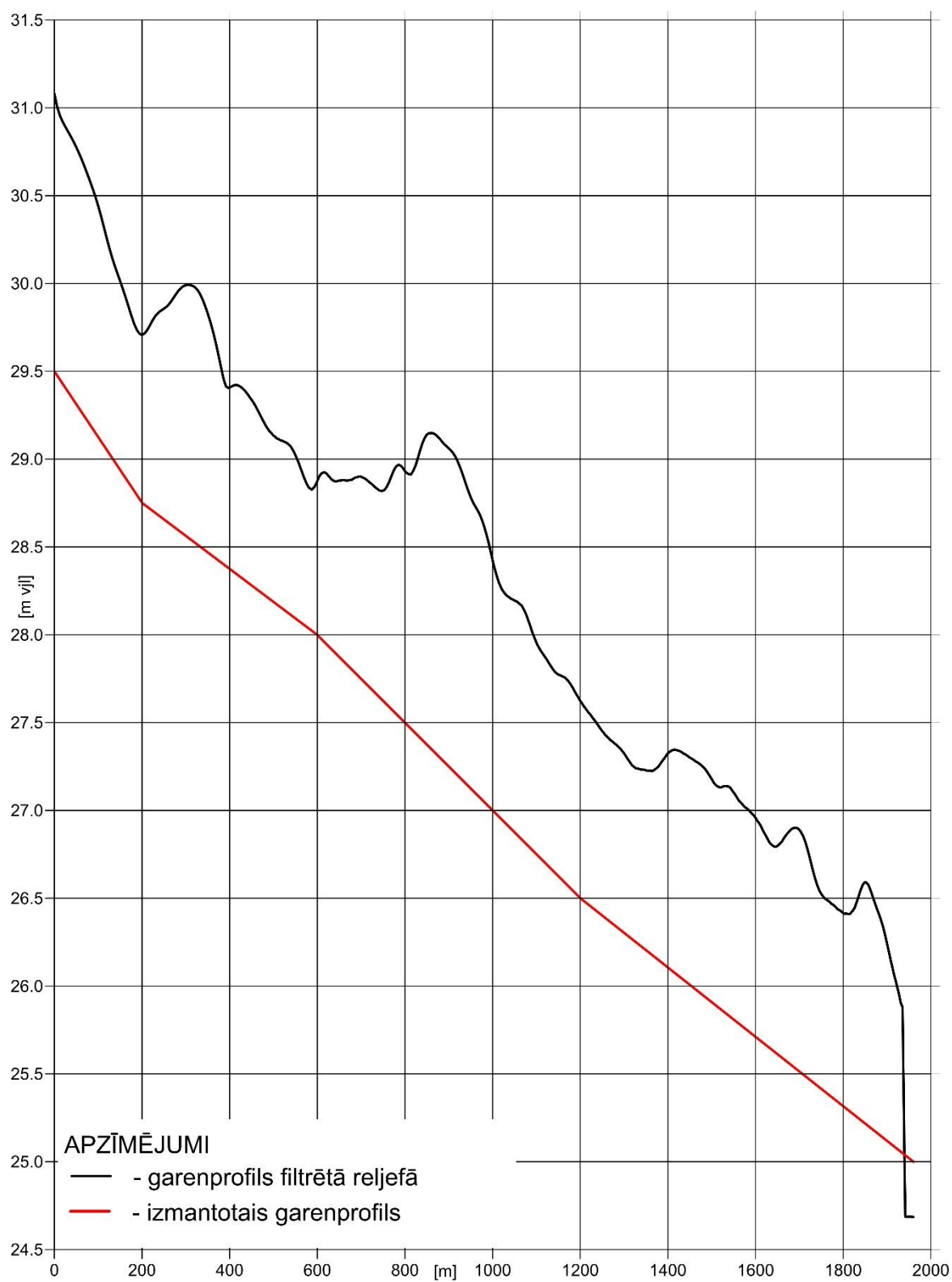
2.9a. att. Saulītes grāvja (2300) ūdens līmeņa profils



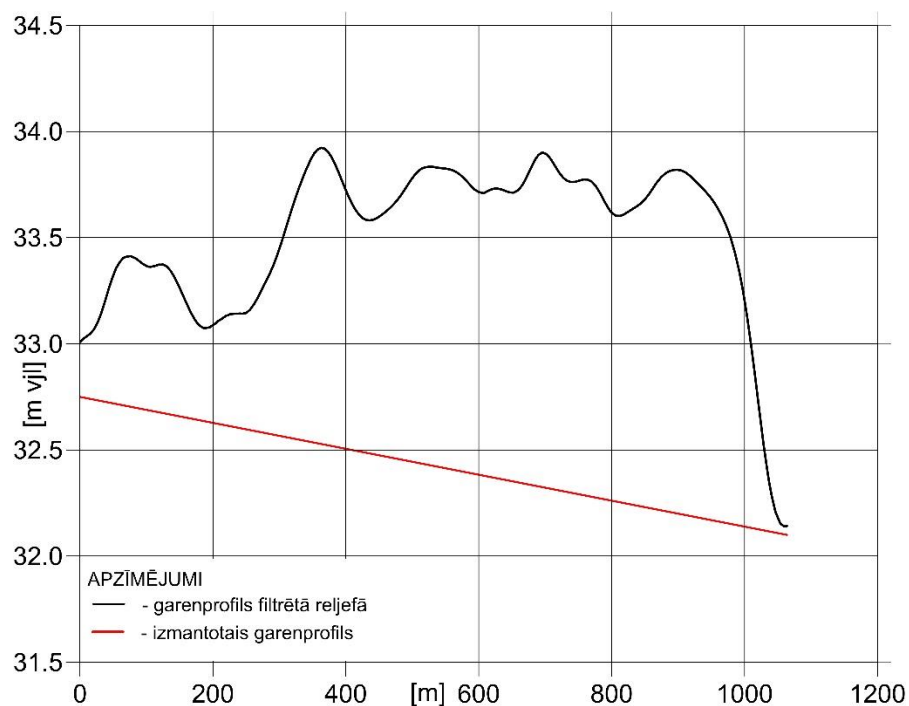
2.10a. att. MM kontūrgrāvja (2400) ūdens līmeņa profils



2.11a. att. Sidrabes upes (3000) ūdens līmeņa profils



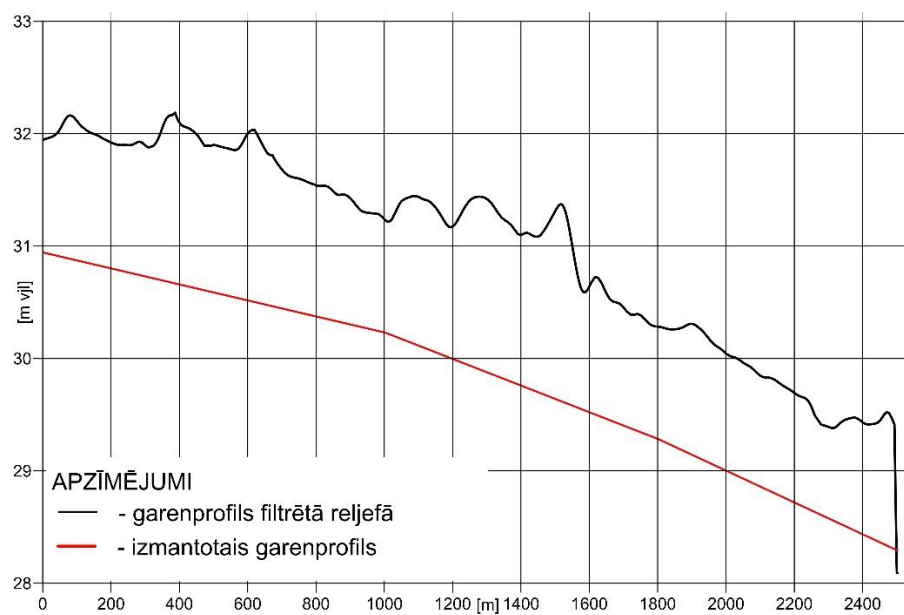
2.12a. att. MM kontūrgrāvja un ML grāvja (3100) ūdens līmeņa profils



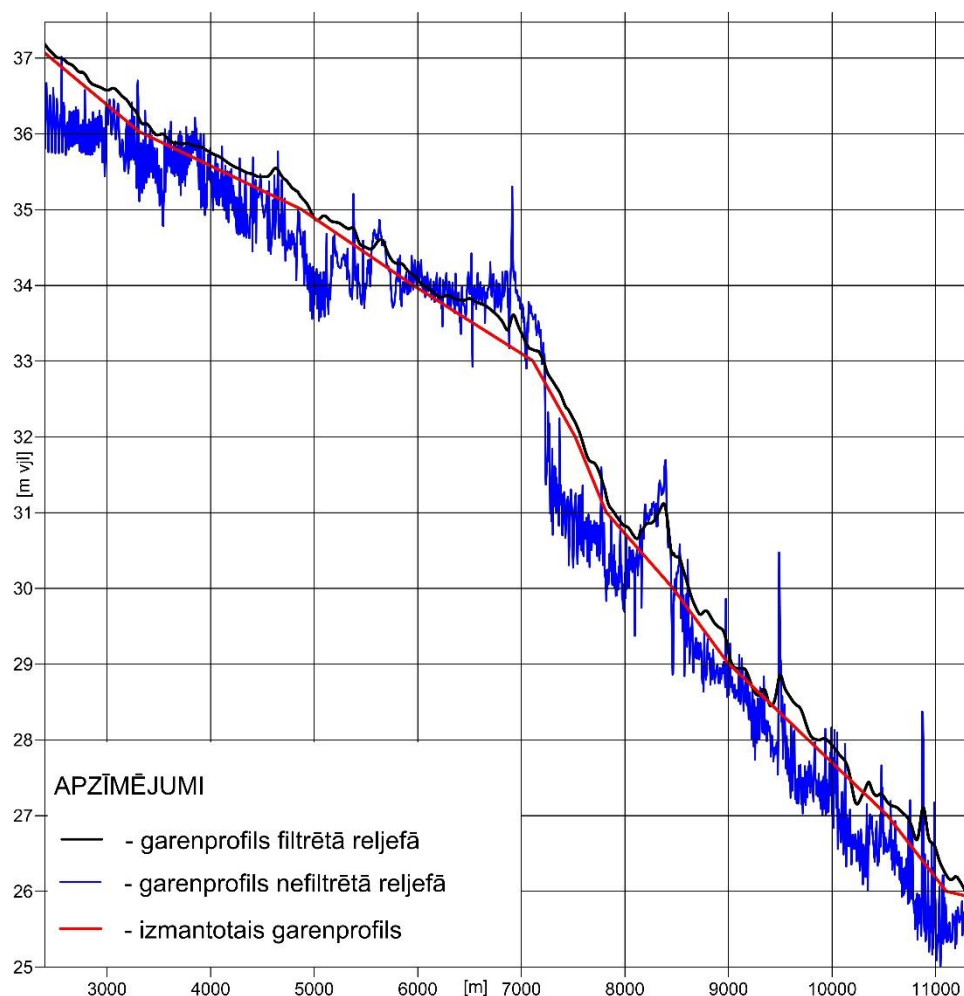
2.13a. att. MM kontūrgrāvja (3200) ūdens līmeņa profils



2.14a. att. Režu strauta (4000) ūdens līmeņa profils



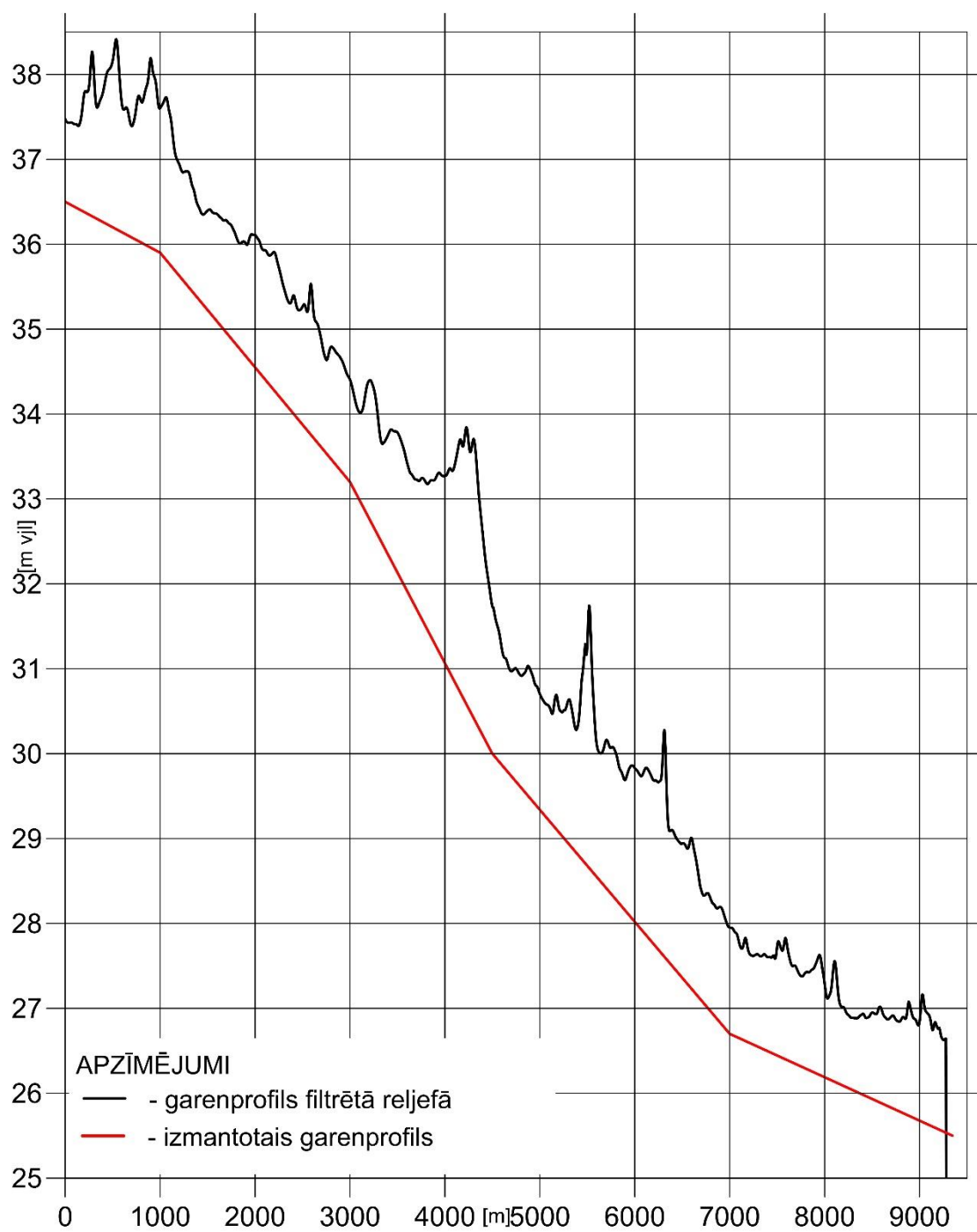
2.15a. att. MM kontūrgrāvja (4100) ūdens līmeņa profils



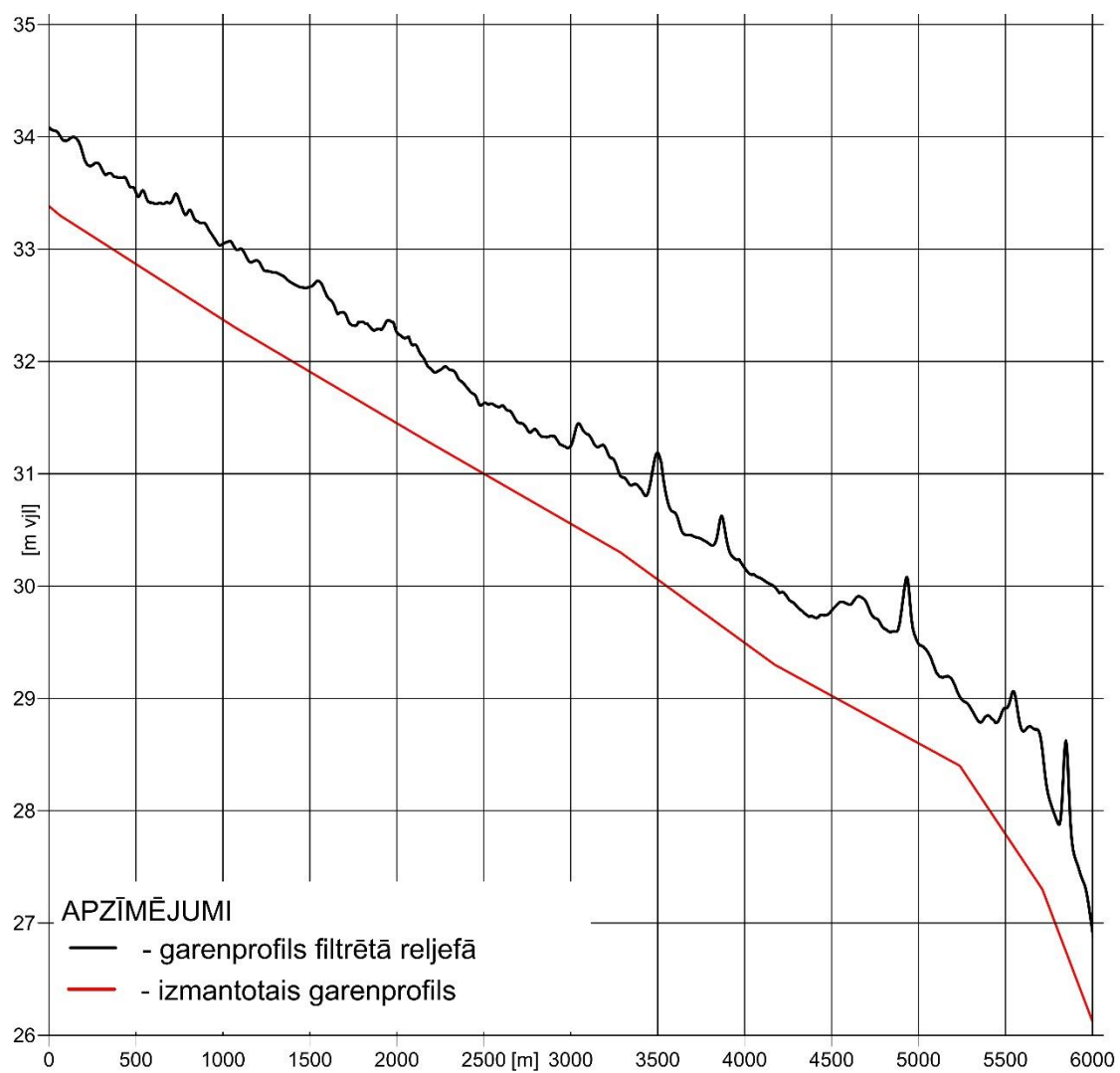
2.16a. att. Elejas upes (5000) ūdens līmeņa profils. Parādīta upes ieleja un garenprofils nefiltrētā LIDAR reljefa virsmā.



2.17a. att. Zemdegu straute (6000) ūdens līmeņa profils



2.18a. att. Mūrnieku grāvja (7000) ūdens līmeņa profils



2.19a. att. Raudziņu grāvja (8000) ūdens līmeņa profils



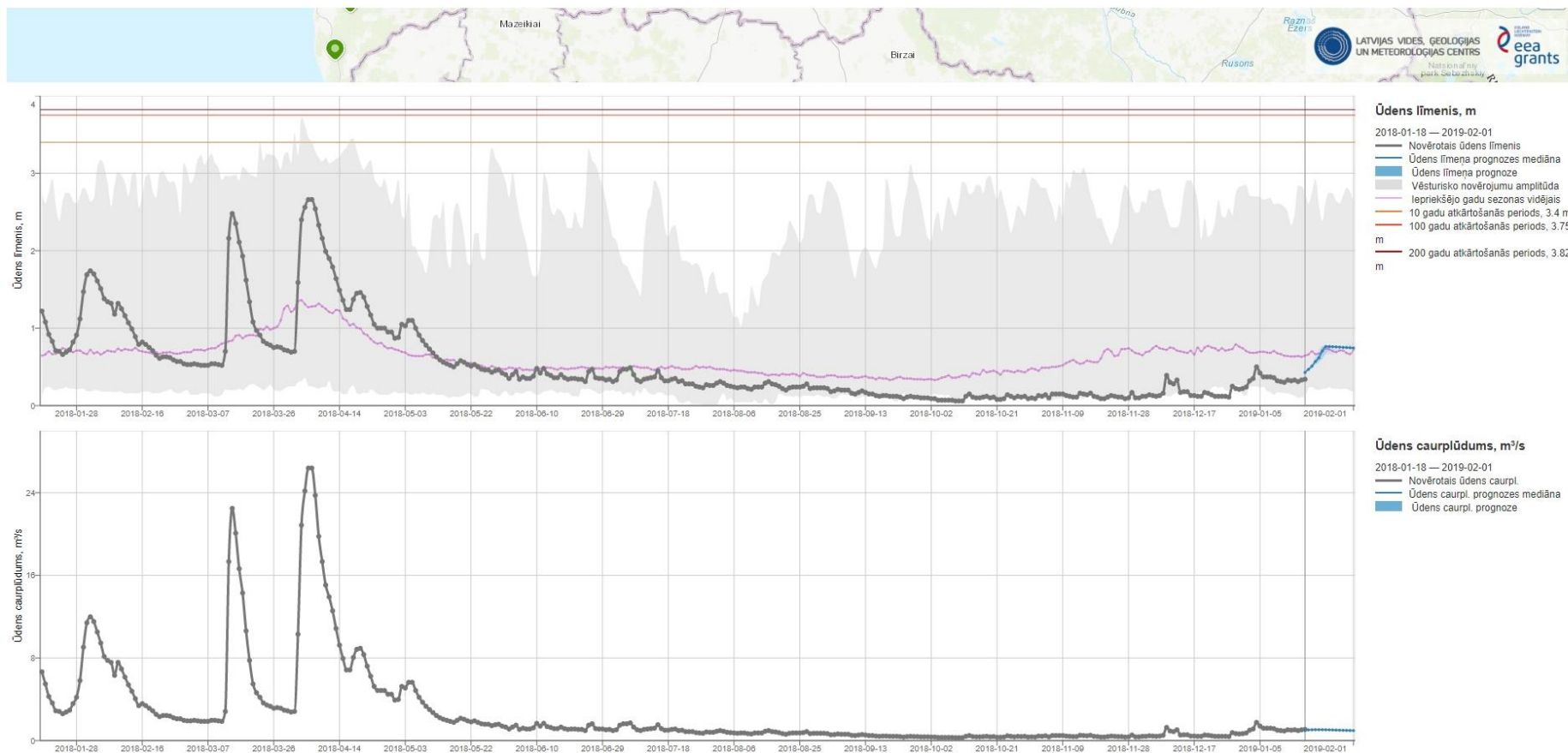
2.20a. att. Lielplatones grāvja (9000) ūdens līmeņa profils

Svēte — Ūziņi

Atgriezties pie kartes

Mēneša skats

Gada skats



3.1a. att. Ūziņu novērošanas stacijā (Svētes upe) novērotie ūdens līmeņi un caurplūdums 2018.g. [15]



3.2a. att. Ūziņu novērošanas stacijā (Svētes upe) novērotā ūdens un gaisa temperatūra 2018.g. [15]

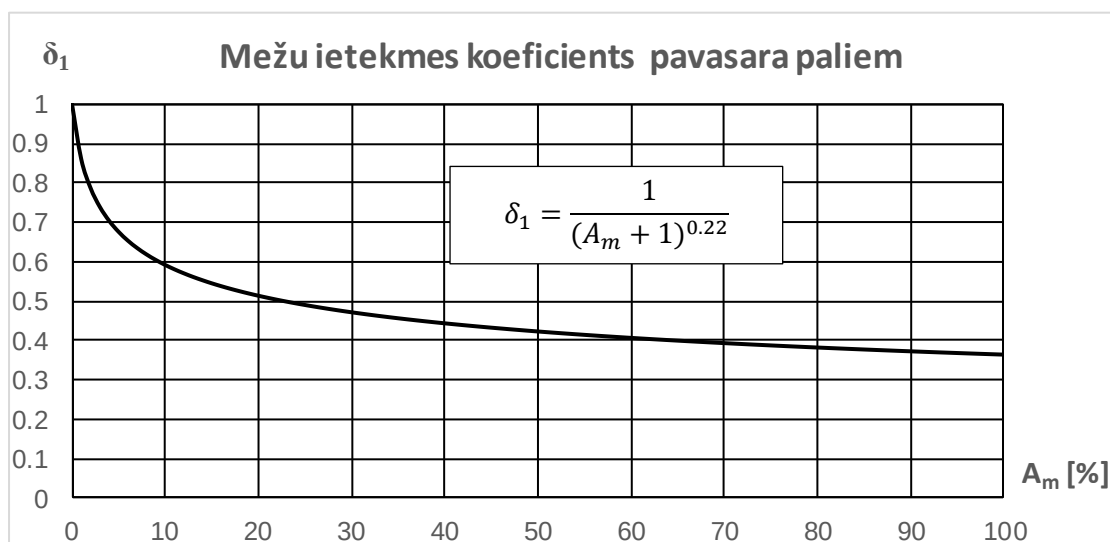
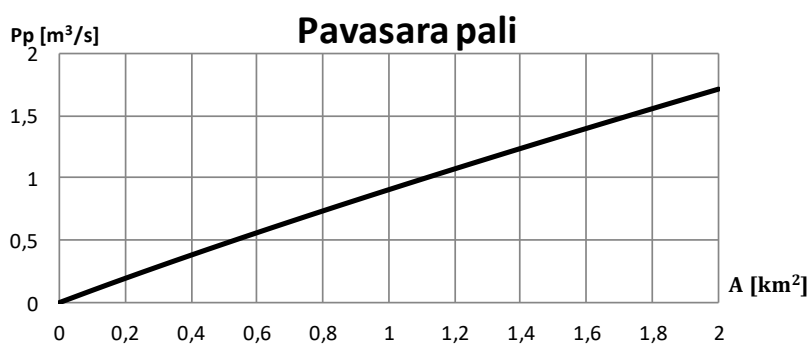
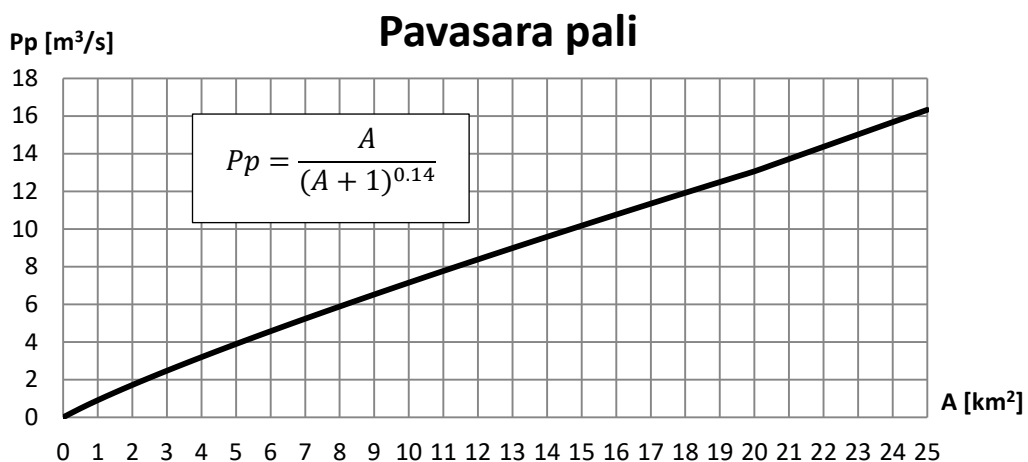
Bauska

Vēja virziena atkārtotības biežums, %							
Z	ZA	A	DA	D	DR	R	ZR
14	10	15	17	17	13	8	6

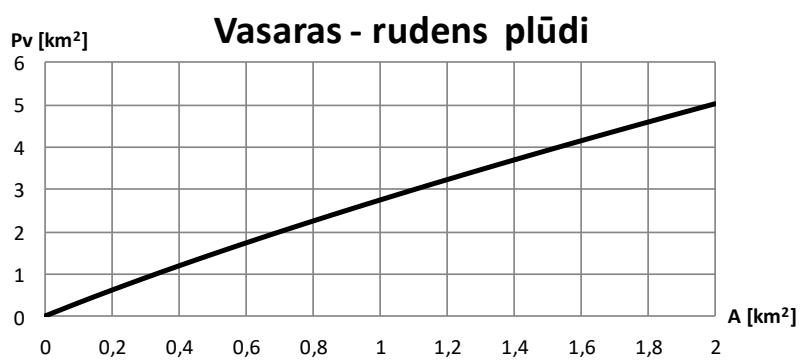
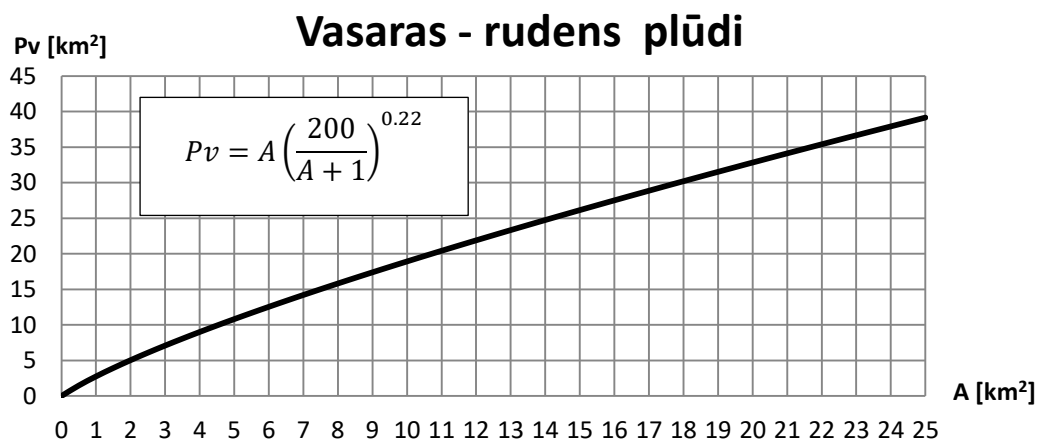


3.3a. att. Vēja virziena atkārtotības biežums Bauskas novērošanas stacijā [15]

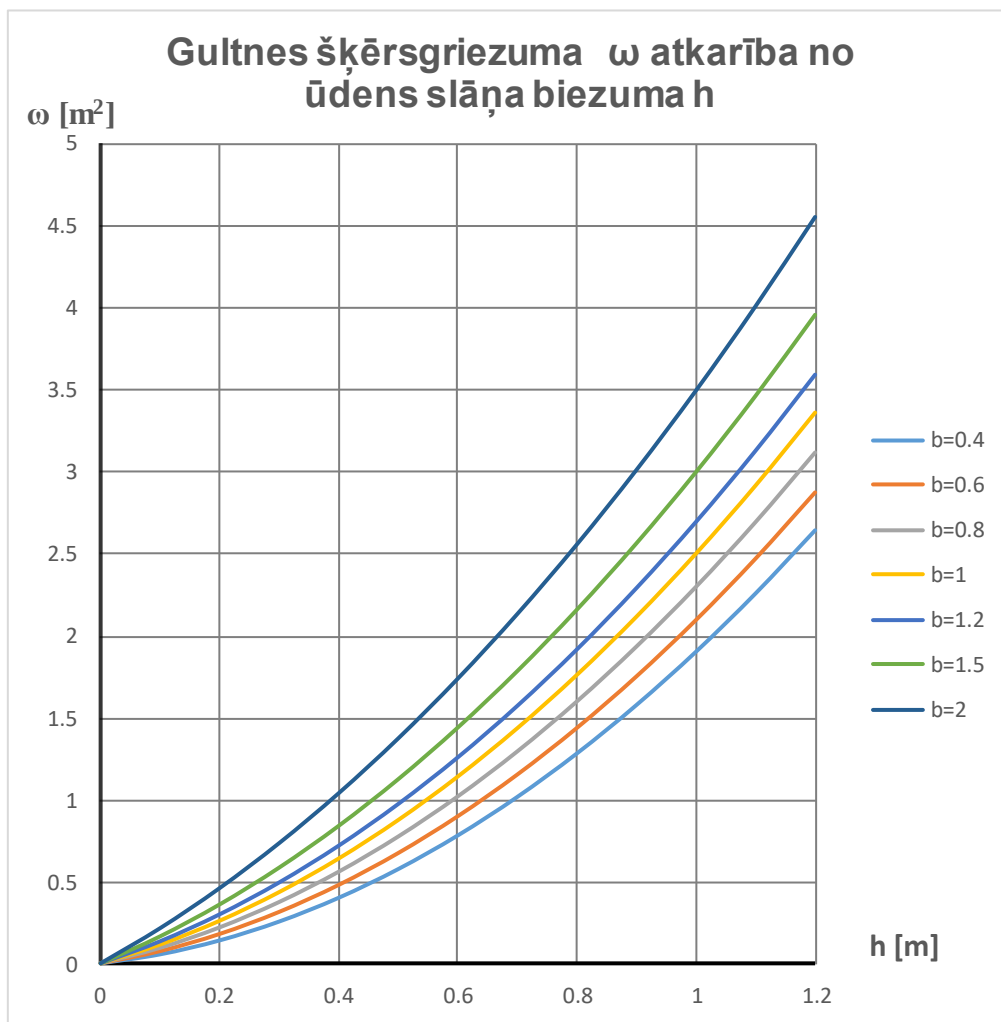
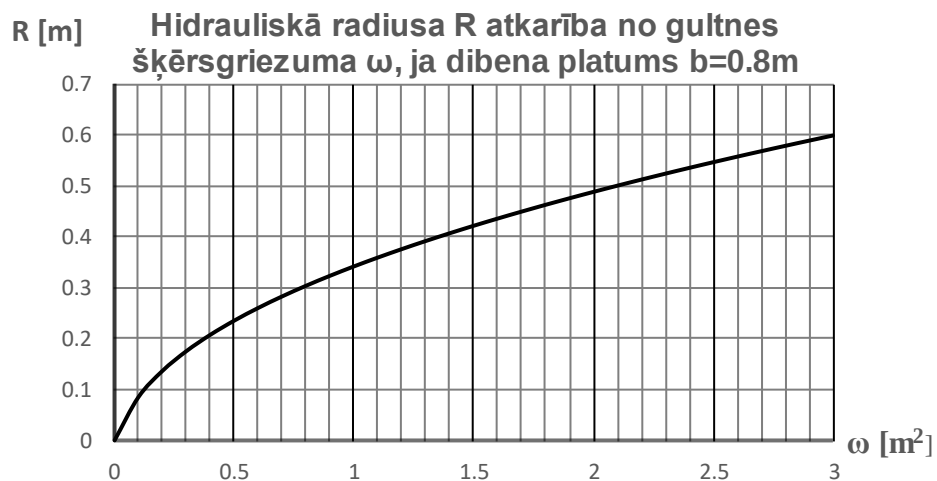
Plūdu koeficientu grafiki



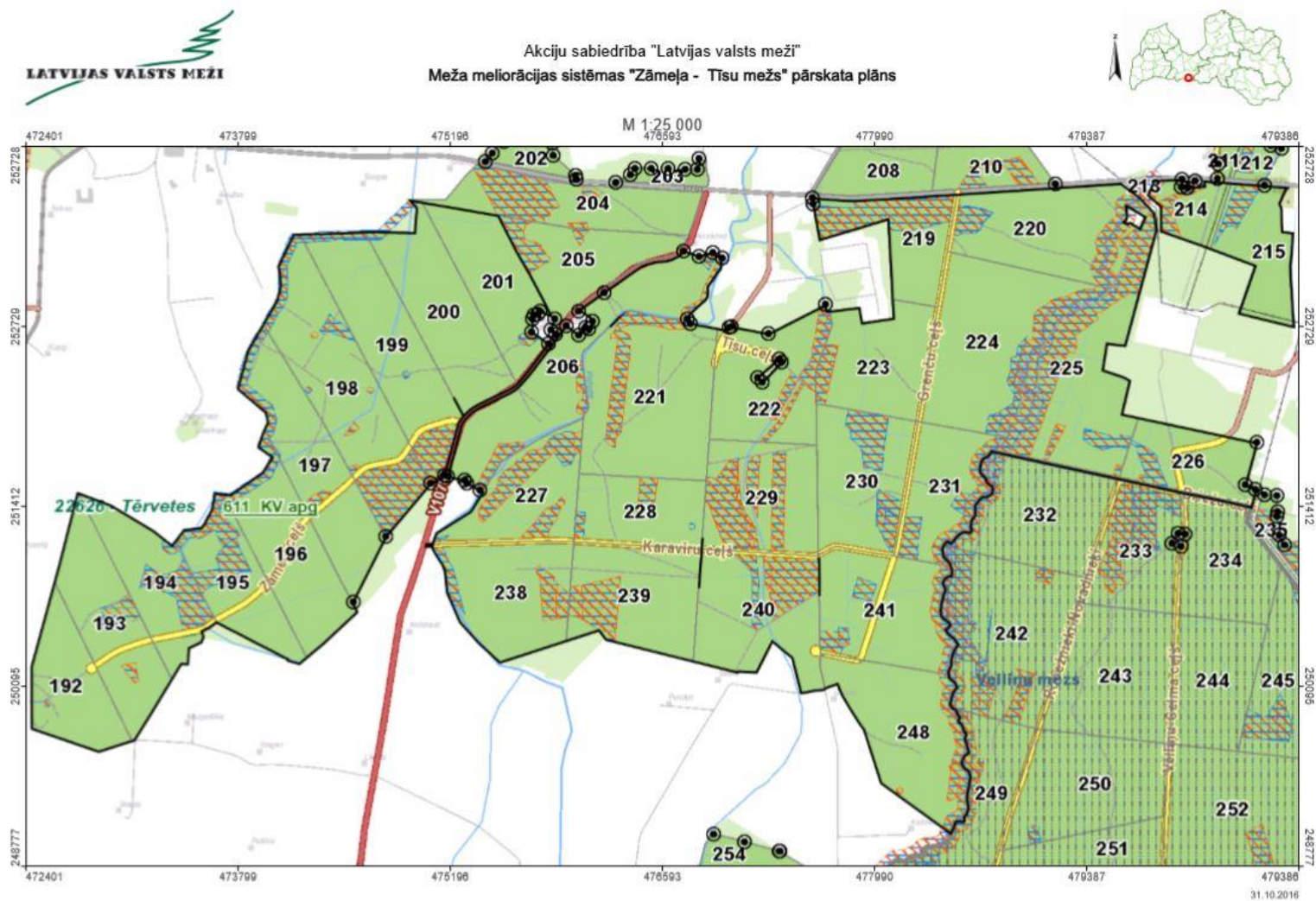
3.4a. att. Pavasara palu aprēķiniem izmantoto parametru grafiki kā laukuma A funkcijas: $Pp \text{ [m}^3/\text{s]}$, ja $A < 25 \text{ km}^2$ $Pp \text{ [m}^3/\text{s]}$, ja $A < 2 \text{ km}^2$; mežu ietekmes koeficients δ_1



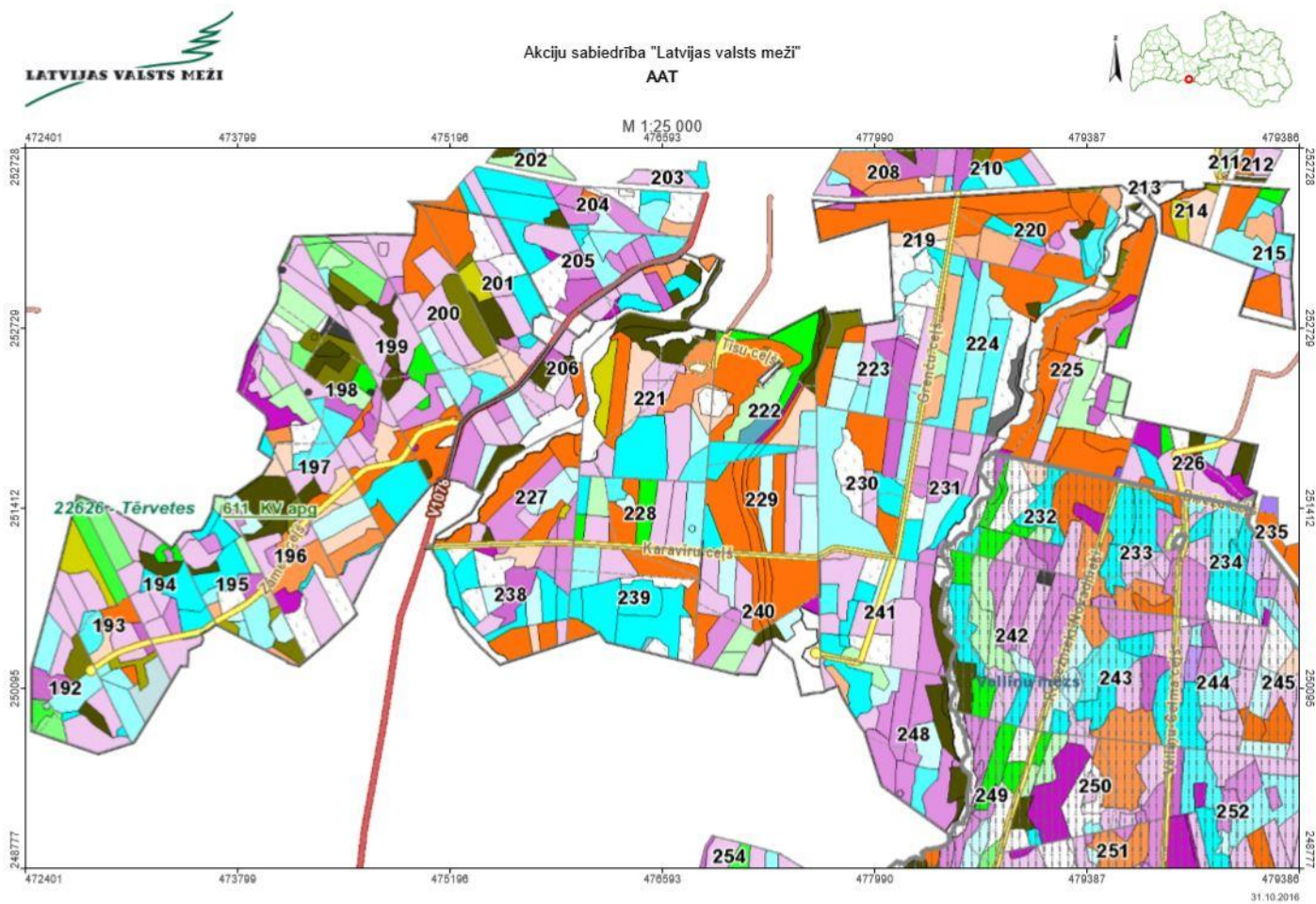
3.5a. att. Vasaras-rudens plūdu aprēķiniem izmantoto parametru grafiki kā laukuma A funkcijas:
 P_v [km²], ja $A < 25 \text{ km}^2$; P_v [km²], ja $A < 2 \text{ km}^2$



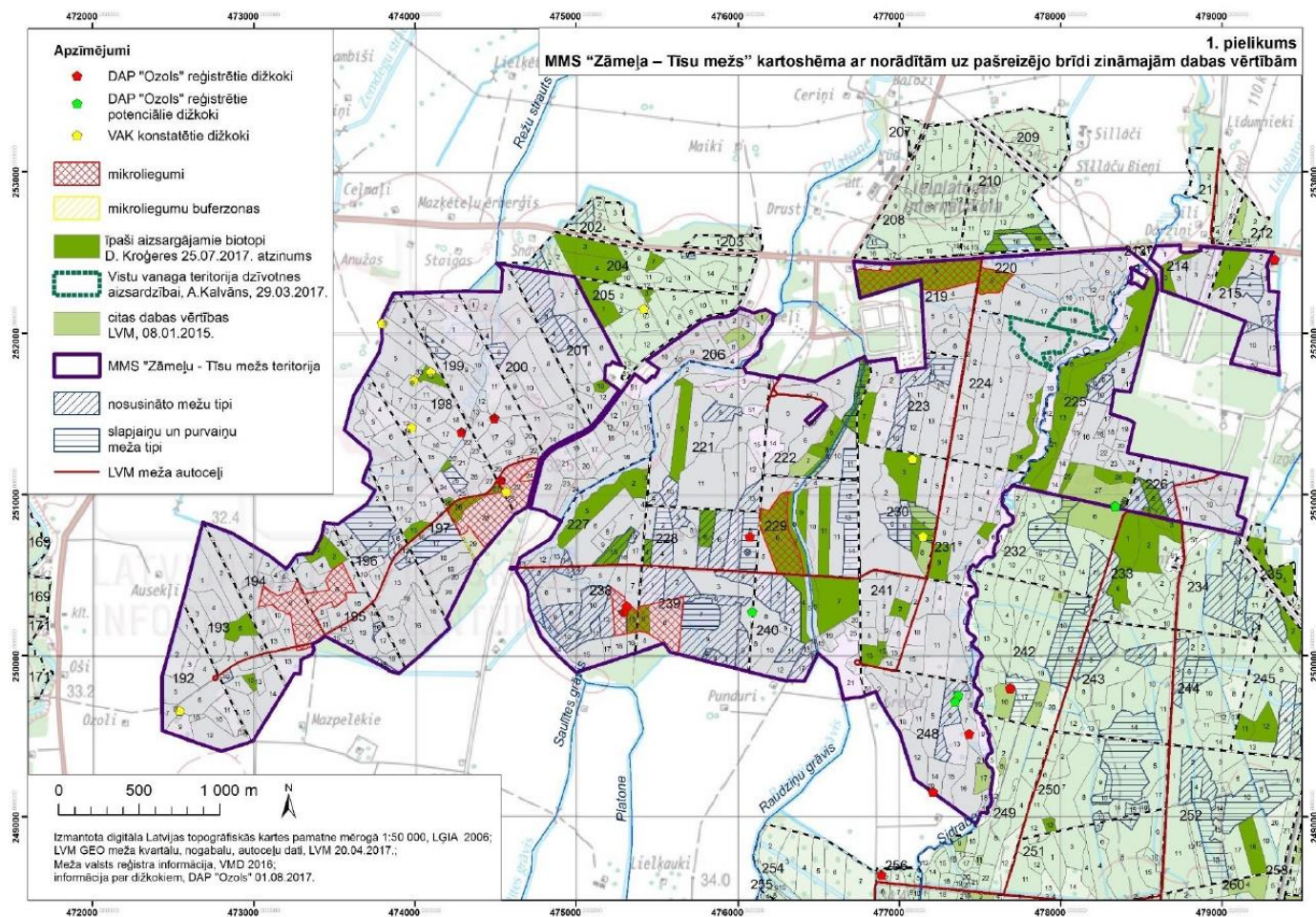
3.6a. att. Grafiki, kas izmantojami ūdensteču un novadgrāvju gultņu hidrauliskajam aprēķinam:
 $R=R(\omega)$, $\omega = \omega(h, b)$



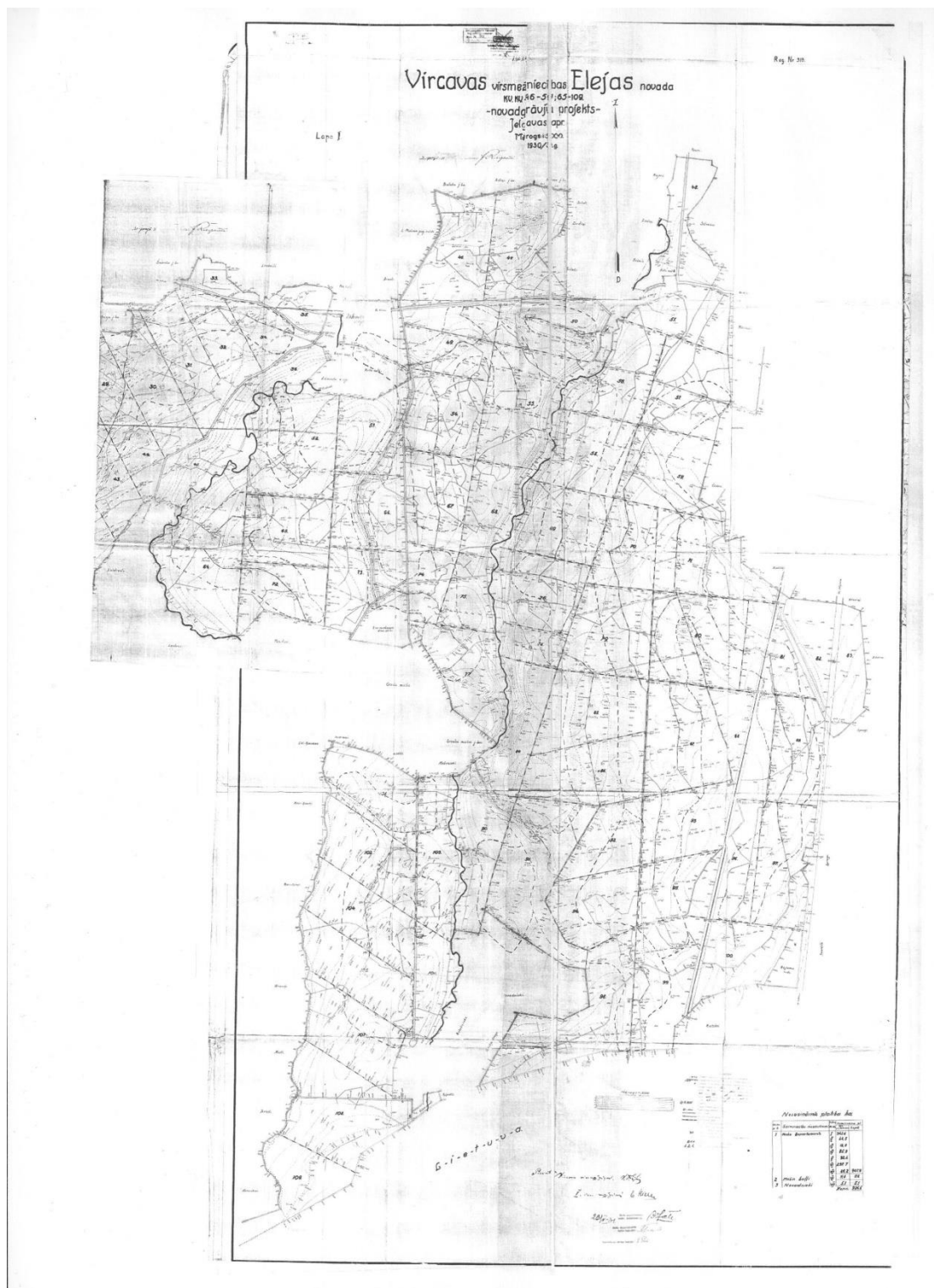
4.1.a. att. Pārskats par MM sistēmas "Zāmeļu-Tīsu mežs" dabas vērtību apgabaliem [21]



4.2a. att. MM sistēmas “Zāmeļu-Tīsu mežs” mežaudžu plāns[21]. Legendu par mežaudžu veidiem skat. [6]



4.3a. att. MM sistēmas "Zāmeļu-Tīsu mežs" kartoshēma ar norādītām uz pašreizējo brīdi zināmajām dabas vērtībām [20]



5a. Digitalizēta vēsturiska 1931. gada karte par Vircavas virsmežniecības Elejas novada novadgrāvju projektu [21].

Kartes oriģināla lielā izmēra (1.3m×2.0m) dēļ, karte ir skatāma tikai pārskata pielikuma elektroniskajā versijā ar maksimālo datu apjomu