

Rīgas Tehniskā universitāte

VIDES MODELĒŠANAS

CENTRS

**Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa  
LAMO4 pielietošana piesārņojuma  
kustības prognozei un analīzei**

*Kvartāra un pamatiežu ūdens aizsargātības  
karšu izveide*

*Latvijas vides aizsardzības fonda projekts*

*(reģistrācijas numurs: 1-08/58/2022),*

*kuru īsteno Rīgas Tehniskās universitātes*

*Vides modelēšanas centrs*

*Projekta informatīvais pārskats*

Rīga – jūnijs, 2023

# Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa LAMO4 pielietošana piesārņojuma kustības prognozei un analīzei

## Kvartāra un pamatiežu ūdens aizsargātības karšu izveide

### Projekta informatīvais pārskats par 3. etapu

Atskaitē ir aprakstīta kvartāra ūdens aizsargātības kartes izveide un pamatiežu ūdens aizsargātības kartes izveide, kas veikta, izmantojot ūdenī šķīstošā piesārņojuma kustības modelēšanas simulācijas rezultātus visai Latvijas teritorijai LAMO4 modelī.

Pārskatā kopā ir 13 lappuses, 7 attēli.

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

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, +371 67089511

E-pasts: [Irina.Eglite@rtu.lv](mailto:Irina.Eglite@rtu.lv)

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

## Saturs

1	Ievads.....	2
2	Metodika.....	3
3	Kvartāra un pamatiežu aizsargātības kartes.....	5
4	Iegūto rezultātu sākotnējais novērtējums .....	8
4.1	Kvartāra aizsargātības karte .....	8
4.2	Pamatiežu aizsargātības karte.....	10
5	Secinājumi .....	12
6	Literatūras saraksts .....	13

## 1 Ievads

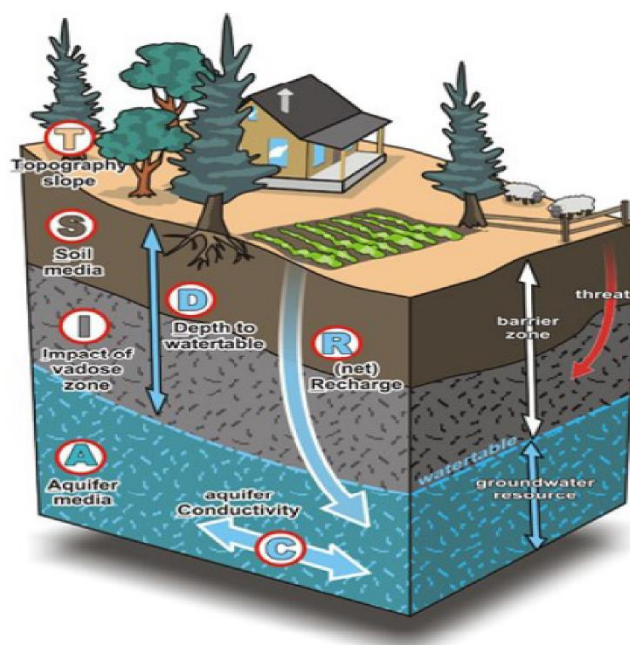
Iepriekšējos projekta etapos Latvijas reģionālais hidroģeoloģiskais modelis LAMO tika pakļauts vairākiem modelēšanas eksperimentiem, ar mērķi noskaidrot piesārņojuma kustības virzienu un laiku, kas ir nepieciešams ūdenī šķīstošā piesārņojuma izplatībai. Otrā etapa eksperimentu apkopotie rezultāti ir par pamatu kvartāra un pamatiežu ūdens aizsargātības karšu iegūšanai. Tiek izmantoti sekojoši otrā etapa dati:

1. piesārņojuma pirmās saskares laiks ar kvartāra slāni, tieši vai dispersijas rezultātā;
2. piesārņojuma pirmā saskares laiks ar pamatiežu (modeļa D3ctl) slāni, tieši vai dispersijas rezultātā.

Šajā etapā tiek iegūtas divas vispārinātas aizsargātības kartes, to izstrādes metodika, izveidotie risinājumi, iegūtais rezultāts un īss salīdzinājums ar jau esošajām aizsargātības kartēm.

## 2 Metodika

Aizsargātības karšu izstrādē nepastāv vienotas metodikas šo karšu izveidei, tāpat arī piesārņojuma kustības transporta (MT3D) izmantošana valsts teritoriju aptverošā modelī ir retāk izmantota pieeja aizsargātības karšu izstrādē. Tam par iemeslu ir hidroģeoloģiskā modeļa laikietilpīgā izstrāde. Tajā pat laikā pasaulē atzītās metodes pamatā izmanto datus, kas ir nepieciešami un arī tiek iestrādāti hidroģeoloģiskā modelī. Kā viens no piemēriem ir metode DRASTIC. Tās nosaukuma seši burti apraksta dziļumu līdz ūdens līmenim (Depth to water), infiltrēšanos (Recharge), ūdeni nesošā ieža īpašības (Aquifer), augsne (Soil), reljefa topoloģija (Topology), aerācijas zonas ietekme (Impact), filtrācijas koeficients (Hidraulic Conductivity). Katram no šiem elementiem tiek piešķirta skaitliska vērtība, tās tiek saskaitītas katru elementu pareizinot ar tā svaru – ietekmes apmēru formulā. Rezultāta tiek iegūts aizsargātības indekss, kas norāda, cik lielā mērā izvēlēta vieta pakļauta piesārņojuma riskam.



2.1. att. DRASTIC metode, attēls ņemts no [1]

Lai noteiktu pazemes ūdeņu aizsargātības pakāpi no modelēšanas eksperimentu rezultātiem, ir nepieciešams balstīties uz metodiku, kas ietver sevī piesārņojuma kustības laika gradāciju. Par tādu izvēlēta Ivana Semjonova aprakstītā [2] (nodaļa “Pazemes ūdens dabiskā aizsargātība no piesārņojuma”).

Kvartāra aizsargātībā iekļautas sekojošās kategorijas:

I kat. – filtrācijas laiks līdz gruntsūdens līmenim līdz 1 dienai.

II kat. – laiks 1 līdz 5 dienām.

III kat. – laiks 5 līdz 10 dienām

IV kat. – laiks 10 līdz 20 dienām

V kat. – laiks virs 20 dienām. [2]

Pamatiežu aizsargātības kartei tiek izmantotas sekojošas pazemes ūdeņu aizsargātības kategorijas:

I kat. – filtrācijas laiks līdz pamatiežu ūdens līmenim līdz 1 gadam.

II kat. – laiks 1 līdz 20 gadi.

III kat. – laiks virs 20 gadi. [2]

Ņemot vērā ievērojamo pieejamo piesārņojuma kustības modelēšanas datu apmēru, esošajām kategorijām tika pievienota vēl viena, paredzot papildus robežšķirtni – 10 gadi:

I kat. – filtrācijas laiks līdz pamatiežu ūdens līmenim līdz 1 gadam.

II kat. – laiks 1 līdz 10 gadi.

III kat. – laiks 10 līdz 20 gadi.

IV kat. – laiks virs 20 gadi.

Par piesārņojuma nonākšanas laiku atsevišķā LAMO modeļa šūnā tiek izvēlēts brīdis, kad piesārņojuma koncentrācija sasniedz 0.0001%. Piesārņojuma pirmā parādīšanās kvartāra slānī ir ar koncentrāciju  $1 \times 10^{-10}$  -  $1 \times 10^{-20}$ , kas var būt ne tikai dispersijas bet arī modelēšanas aprēķinu kļūda, modelēšanas metodē ietvertā precizitāte.

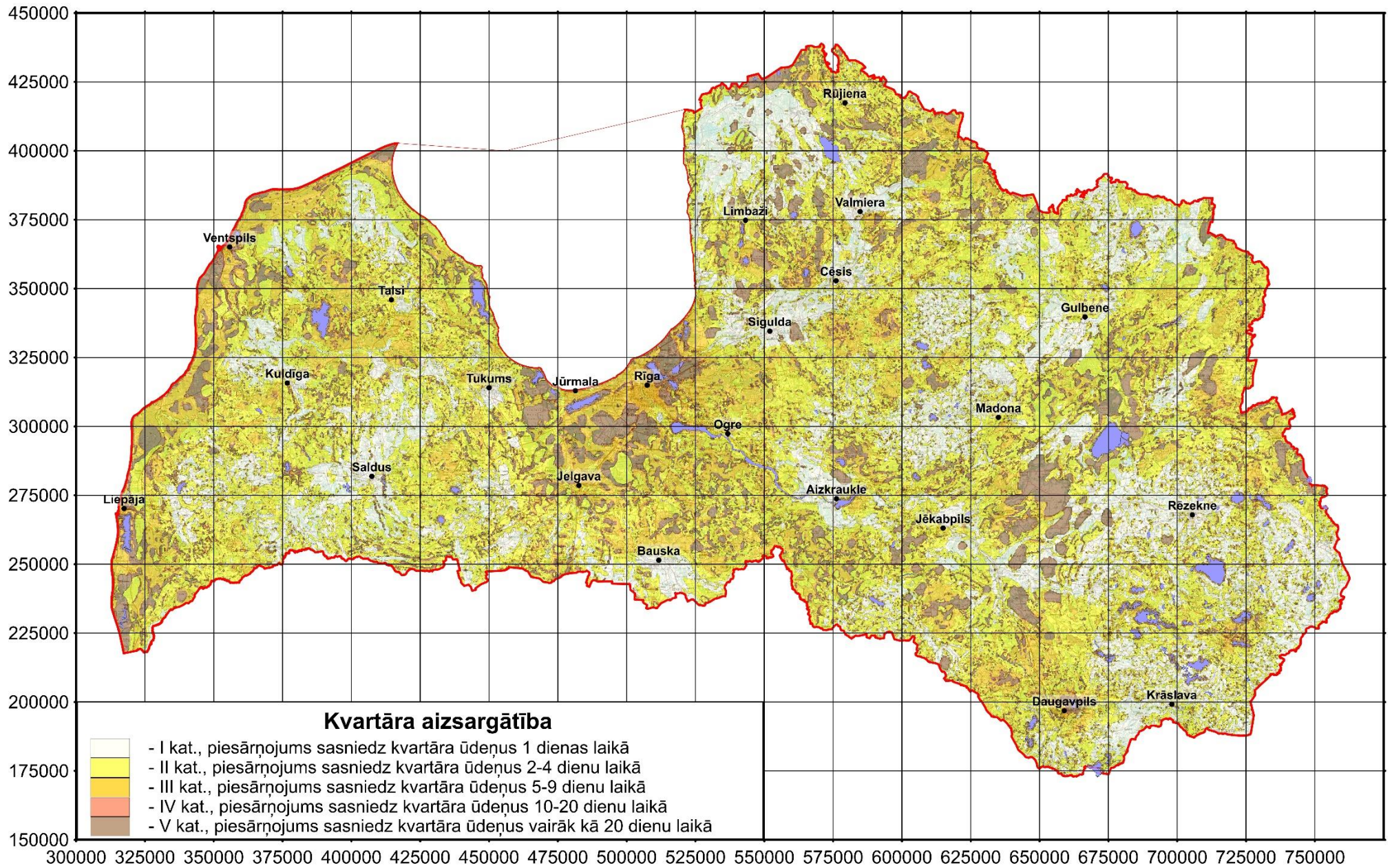
Kartes tiek ģenerētas no datiem par ikvienas kvartāra šūnas LAMO modeli piesārņojuma sasniegšanas laiku ar koncentrāciju 0.0001%.

Esošā projekta ietvaros nākamajā etapā aizsargātības kartes interaktīvas WEB vides ietvaros tiks papildinātas ar tabulāriem datiem par piesārņojuma kustību atsevišķā izvēlētā vietā.

### **3 Kvartāra un pamatiežu aizsargātības kartes**

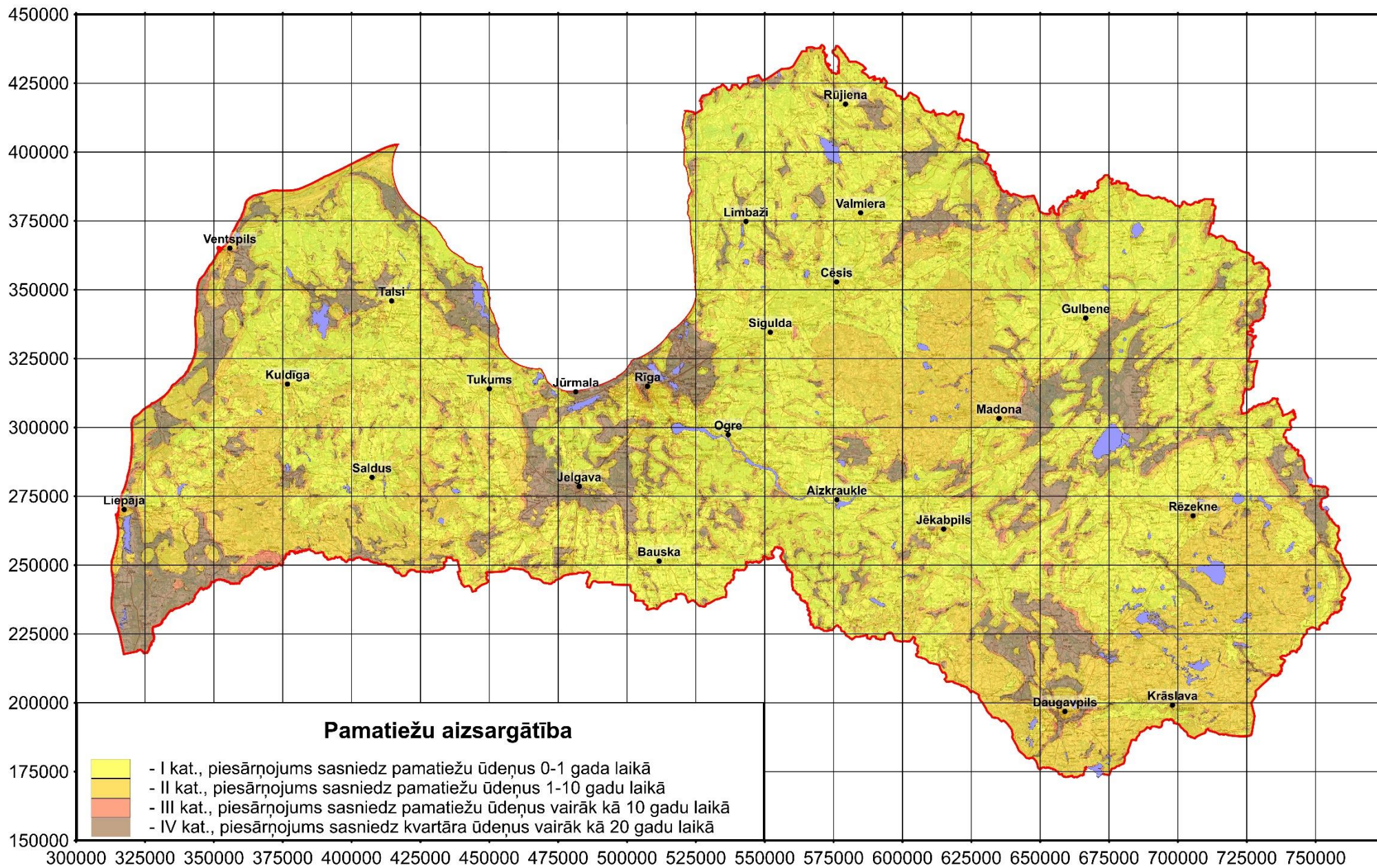
Aizsargātības karšu izveidei tika izmantotas idejas par krāsu sadalījuma spektru dzeltens-brūns, izmantojot pieeju [2]. Karšu izstrādes tika pievērsta sevišķa uzmanība tam, lai tā būtu adresējama parastas topogrāfiskās kartes līmenī [3]. Ņemot vērā to, ka šādas kartes veidojot zemākais – topogrāfiskās kartes slānis ir vājāk redzams, tad vieglākai kartes adresācijai uz kartes papildus atzīmētas vairākas Latvijas pilsētas un LAMO4 modelī iekļautie ezeri vai ūdenstilpes. Kvartāra ūdens aizsargātības karte skatāma 3.1. att., pamatiežu ūdens aizsargātības karte - 3.2. att.

Kvartāra ūdens aizsargātības kartē vietās, kur atrodas atslodzes apgabali – ar augšupejošu ūdens plūsmu, piesārņojums nerasniedz kvartāru ne 20 dienu, nedz arī 15 gadu laikā. Tomēr, piesārņojums nonāk kvartārā infiltrējoties šajās vietās daudz īsākā laikā. Lai tuvinātu modeļa rezultātus dabas procesos esošiem, kvartāra atslodzes vietās tiek ņemts vērā dienu skaits, kas ir nepieciešams, lai piesārņojums no kvartāra slāņa nonāktu uz reljefa. Papildus modelēšanas eksperiments tika veikts 20 dienu laika periodam, 100% piesārņojumu ievietojot kvartāra slānī visā valsts teritorijā. Šīs pieejas rezultāti jau ir iekļauti 3.1. att.



3.1. att. Kvartāra ūdens aizsargātības karte



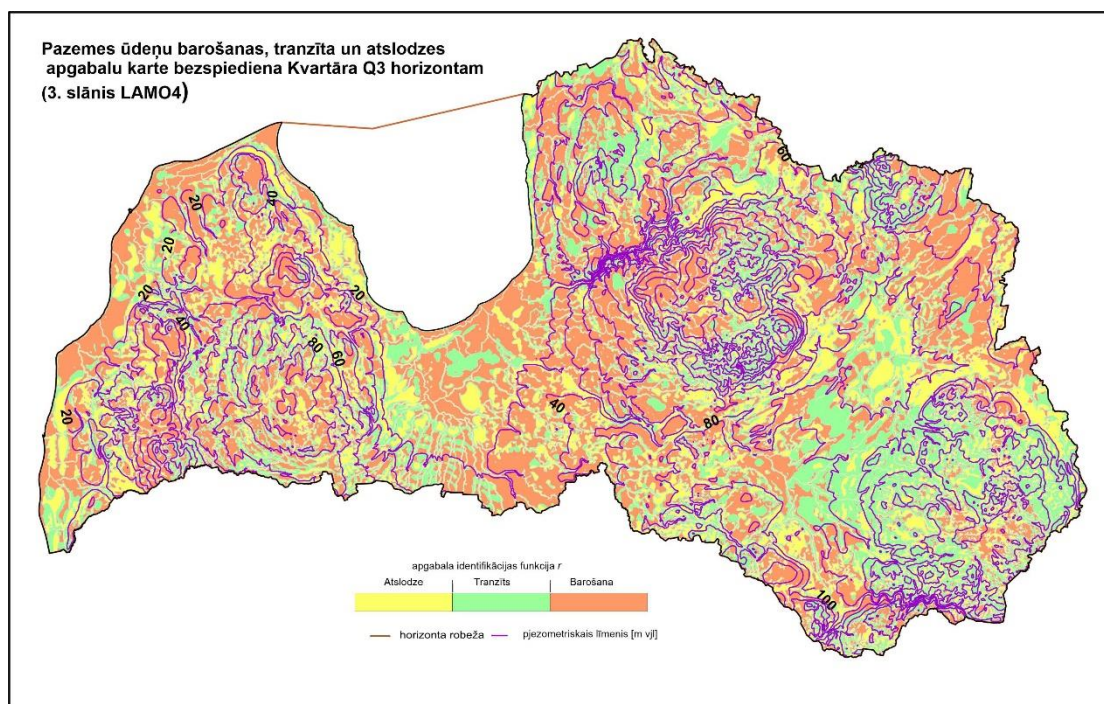


3.2. att. Pamatiežu ūdens aizsargātības karte

## 4 Iegūto rezultātu sākotnējais novērtējums

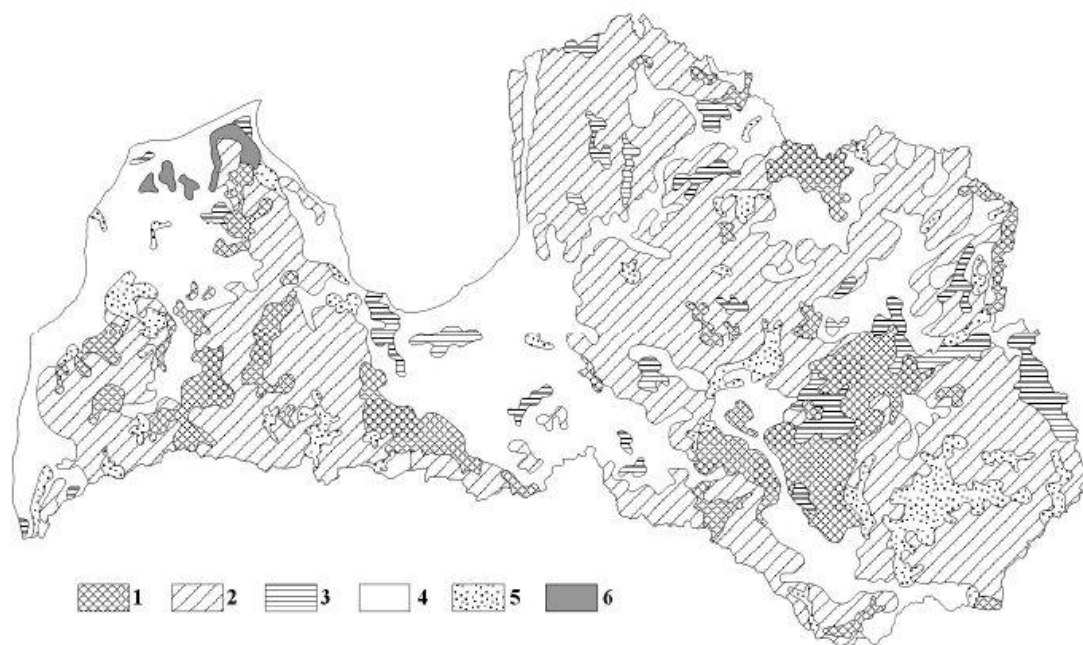
### 4.1 Kvartāra aizsargātības karte

Kvartāra aizsargātības kartei daudzi apgabali ar augstu aizsargātību pārsvarā ir purvainās teritorijas, tādas kā Teiču, Ķemeru purvs. Šo vietu iekļaušana V kategorijā ir pilnībā attaisnota. No V kategorijas tika izņemtas teritorijas ar augšupejošu ūdens plūsmas virzienu – atslodzi kvartārā, izmantojot iepriekšējā nodaļā aprakstīto pieeju. Ievērojams papildinājums būtu barošanas, tranzīta un atslodzes (BTA) apgabalu attēlošana uz kartes. Atslodzes apgabalā nonācis piesārņojums ir bez tālākās virzības, piesārņojums neizplatās citviet, un tie ir būtiski dati par piesārņojuma iespējamo kustību. Tajā pat laikā šāda karte būtu grūtāk pārskatāma, jo būtu jāatsakās no bāzes topogrāfiskās kartes. BTA apgabalu sadalījums kvartāram Q2 redzams 4.1. att. Atslodzes apgabalu ir daudz, tie ir nelieli, savukārt, salīdzinot BTA karti ar iegūto kvartāra aizsargātības karti (3.1. att.), tad šeit nav manāma korelācija, kur ūdens barošanas apgabalos būtu vāji aizsargāts, bet tranzīta apgabalos vidēji.



4.1. att. Kvartāra Q2 barošanas, tranzīta un atslodzes karte [6]

Iegūto karti var mēģināt salīdzināt ar Dēliņas izstrādāto aizsargātības karti, skat. 4.2. att. [4] Redzams, ka abās kartēs ir atšķirīga pieceja purva teritorijām. Ūdens apmaiņa purvā notiek ļoti lēni, līdz ar to šajās vietās 3.1. att. karte ir precīzāka.



3.4. att. Kvartārsegas pazemes ūdeņu dabiskās aizsargātības principiālā karte. Ģeneralizēta, izmantojot Dēliņas, Prola (1998) sagatavoto aizsargātības karti M 1:500 000 (Delina 2004).

Apzīmējumi: Aizsargātības pakāpe - 1 – ļoti augsta, 2 – augsta, 3 – vidēja, 4 – vāja, 5 – ļoti vāja. Citas zīmes - 6 – zemes virsmā atsedzas devona nogulumu

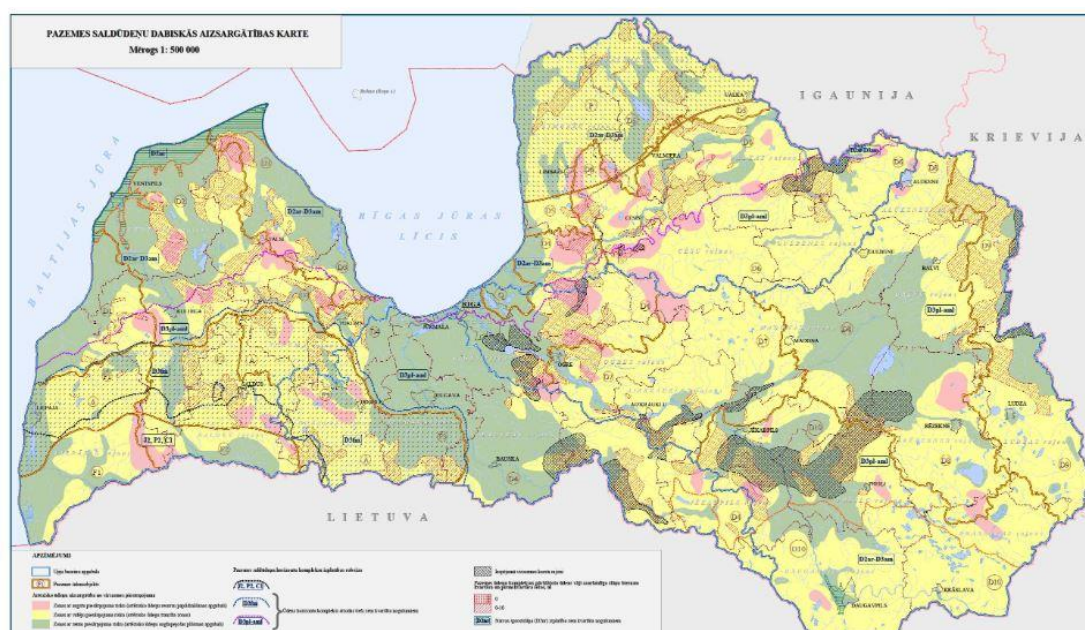
#### 4.2. Kvartāra ūdeņu aizsargātības karte, Aija Dēliņa

Tajā pat laikā LAMO modelī aerācijas zonas īpašības – filtrācijas koeficients vairāk balstās uz vidējo nokrišņu daudzumu apvidū, nevis uz kvartāra nogulumu veidu. Šeit būtu atklāta iespēja attīstīt LAMO modeli, iekļaujot datus par nogulumu veidu.

Nenoliedzami, uz doto brīdi izstrādātā kvartāra ūdens aizsargātības karte ne tikai ar augstāku detalizācijas pakāpi, bet arī sniedz aizsargātības novērtējumu ar dienu skaitu, kas ir nepieciešams, lai piesārņojums sasniegtu kvartāra ūdeņus. Tajā pat laikā ir jāņem vērā, ka tiek operēts ar ūdens līmeņu gada vidējām vērtībām. Realitātē, kvartāra ūdens līmenis palu laikā var atšķirties no vasaras sausuma mēnešos par vairākiem metriem, līdz ar to ar modeli iegūtais dienu skaits parāda vien piesārņojuma kustības tendences apvidū pie vienādiem apstākļiem.

## 4.2 Pamatiežu aizsargātības karte

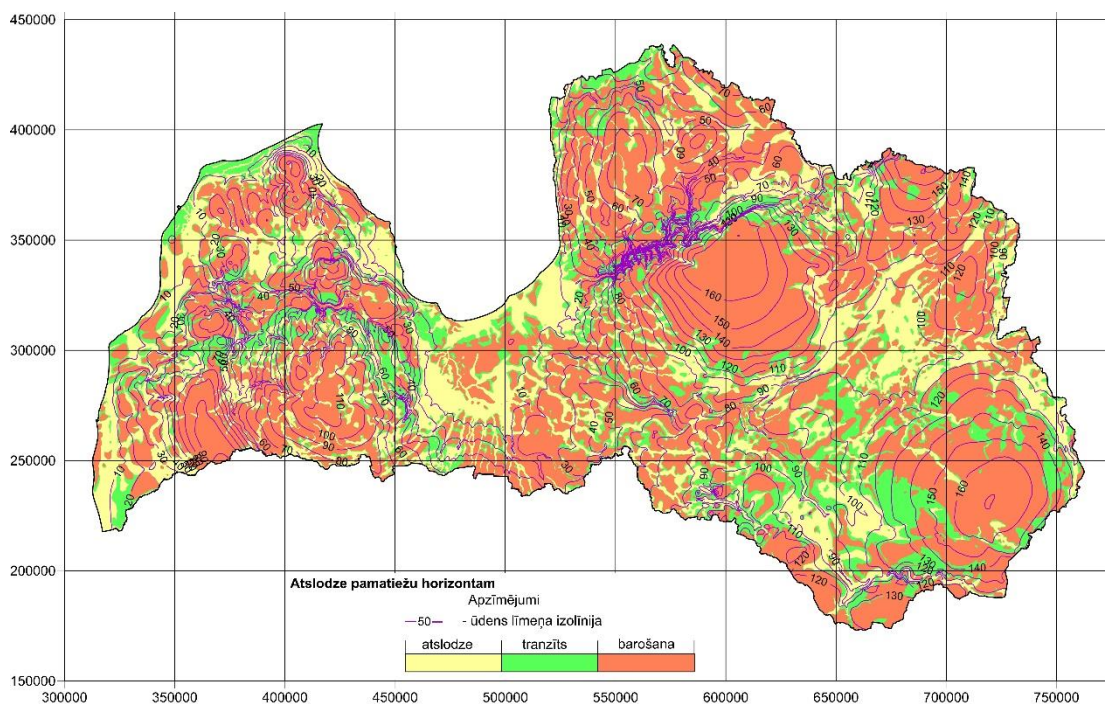
Pamatiežu aizsargātības kartē 3.2. att. praktiski visas teritorijas ar augstu aizsargātību ir ar augšupejošu ūdens plūsmas virzienu D3Ktl slānī, kura ūdens līmenis reprezentē zem kvartāra atsedzošos pamatiežu slāņus visā valsts teritorijā. Nepārtraukto teritoriju ar II kategorijas aizsargātības pakāpi pamatā ir teritorijas, kur LAMO modelī ir iekļauti kvartāra Q1 un gQ1z slāņi. Ja salīdzina izstrādāto ar šobrīd LVĢMC rīcībā esošo 4.3. att. [5], tad acīmredzami pēdējā balstās uz ideju par barošanas, tranzīta un atslodzes apgabaliem. Starp kartēm ir acīmredzama līdzība. Tajā pat laikā atslodzes apgabalu 3.2. att. ir jūtami mazāk un tas ir pamatots ar matemātiski aprēķinātām 3D ūdens plūsmām modelī. Kartē 3.2. att. par pamatu izmantota topogrāfiskā karte. Tas tiek darīts, lai atvieglotu atsevišķa apgabala, vietas, novada adresēšanu. Pazemes ūdensobjektu, upju baseinu apgabalu un citas 4.3. att. iekļautās informācijas pievienošana ir izdarāma, taču diskutabla, no kartes lasāmības viedokļa plašākam interesentu lokam.



4.3. att. Pazemes saldūdeņu dabiskās aizsargātības karte

Uz esošā pētījuma bāzes ir iespējams izdalīt datus un ģenerēt pazemes ūdeņu aizsargātības kartes ikvienam LAMO modelī ietvertam ūdeni vadošam slānim. Šāds apkopojums kļiedētu šaubas vietās, kur ūdens ieguve notiek pamatiežu aizsargātības kartes I kategorijas apgabālā, taču no dziļāka pamatiežu slāņa.

Lai izprastu, cik lielā mērā pamatiežu aizsargātības karte ir saskaņojama ar BTA karti, šim gadījumam tika sagatavota vēl iepriekš npublicēta pamatiežu BTA karte, tā ir kompozīta, izmantojot BTA kartes no D3Ktl slāņa līdz D2Pr slānim, skat. 4.4. att.



4.4. att. Barošanas, tranzīta un atslodzes karte pamatiežu horizontam

Salīdzinot 4.4. att. karti ar pamatiežu aizsargātības karti 3.2. att. ir redzams, ka teritorijas ar augstu aizsargātību atbilst atslodzes apgabaliem, taču starp barošanas, tranzīta apgabaliem šādas korelācijas nav. Modelēšanas eksperiments MT3D parāda, ka aizsargātības noteikšanā ar datiem par BTA apgabaliem nav pietiekami, lai noteiktu, cik aizsargāts ir izvēlētais zem spiediena esošais pazemes ūdens slānis.

## **5 Secinājumi**

Projekta trešajā etapā “Kvartāra un pamatiežu ūdens aizsargātības karšu izveide” atbilstoši darba uzdevumam realizēti sekojoši punkti:

1. Izstrādāta kvartāra ūdeņu aizsargātības karte.
2. Izstrādāta pamatiežu ūdeņu aizsargātības karte.

## 6 Literatūras saraksts

- [1] Priyank Patel, Darshan Menta, Neeraj Sharma, «A review on the application of the DRASTIC method in the assessment of groundwater vulnerability,» *Water Supply*, vol.22, iss5., 2022.
- [2] Ivans Semjonovs, Pazemes ūdeņu aizsardzība, Rīga: Izdevniecība Gandrs, 1997.
- [3] Jaroslav Vrba, Aleksandr Zaporozec, Guidebook on Mapping Groundwater Vulnerability, Hannover: Heise, 1994.
- [4] A. Dēliņa, Kuartārsegas pazemes ūdeņi Latvijā, Promocijas darbs doktora grāda iegūšanai ģeoloģijas nozares lietišķās ģeoloģijas apakšnozarē, Rīga: LU, 2007.
- [5] LVĢMC, «Ziņojums par virszemes un pazemes ūdeņu aizsardzību 2010. gadā,» LVĢMC, Rīga, 2011.
- [6] Vides Modelēšanas centrs, «LAMO4 barošana, tranzīta un atslodze,» [Tiešsaiste]. Available: [http://www.emc.rtu.lv/lamo\\_lv\\_bta.htm](http://www.emc.rtu.lv/lamo_lv_bta.htm).