



Latvijas  
Biozinātņu un tehnoloģiju  
universitāte

Pētījuma

## **Hidroloģiskā režīma atjaunošanas ietekmes novērtējums**

GALA ATSKAITE

Projekta Nr. 10.9.1-11/25/1549-e

Projekta vadītājs: dr.oec. Aleksejs Nipers

2025. gada novembris

## Satura rādītājs

|                                                                                               |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Lietotie saīsinājumi un simboli .....</b>                                                  | <b>3</b>  |
| <b>Ievads .....</b>                                                                           | <b>4</b>  |
| <b>1. Algoritma izstrāde hidroloģiskā režīma atjaunošanas ietekmes novērtējumam .....</b>     | <b>6</b>  |
| 1.1. Datu atlase algoritma izstrādei .....                                                    | 6         |
| 1.2. Algoritma izstrāde .....                                                                 | 9         |
| 1.3. Algoritma validācija .....                                                               | 12        |
| <b>2. Pilotteritoriju raksturojums .....</b>                                                  | <b>15</b> |
| 2.1. Pilotteritorijas nr. 1 (Rucavas pagastā) raksturojums.....                               | 15        |
| 2.2. Pilotteritorijas nr. 2 (Ropažu novadā) raksturojums .....                                | 20        |
| 2.3. Pilotteritorijas nr. 3 (Cēsu novadā) raksturojums.....                                   | 24        |
| 2.4. Pilotteritorijas nr. 4 (Rēzeknes novadā) raksturojums .....                              | 29        |
| <b>3. Applūšanas scenāriju modelēšana .....</b>                                               | <b>33</b> |
| <b>4. Applūšanas scenāriju simulācijas rezultāti.....</b>                                     | <b>39</b> |
| 4.1. Applūšanas scenāriju simulācijas rezultāti pilotteritorijā nr. 1 (Rucavas pagastā) ..... | 39        |
| 4.2. Applūšanas scenāriju simulācijas rezultāti pilotteritorijā nr. 2 (Ropažu novadā) .....   | 39        |
| 4.3. Applūšanas scenāriju simulācijas rezultāti pilotteritorijā nr. 3 (Cēsu novadā) .....     | 54        |
| 4.4. Applūšanas scenāriju simulācijas rezultāti pilotteritorijā nr. 4 (Rēzeknes novadā).....  | 62        |
| <b>Kopsavilkums.....</b>                                                                      | <b>71</b> |
| <b>Ieteikumi.....</b>                                                                         | <b>77</b> |
| <b>Literatūras saraksts .....</b>                                                             | <b>78</b> |



## Lietotie saīsinājumi un simboli

**att.** – attēls  
**b.g.** – bez gada  
**cm** – centimetric  
**DEM** – digitālais reljefa modelis (*Digital Elevation Model*)  
**EUR** – eiro  
**GEP** – graudaugi, eļļaugi, pākšaugi  
**GŪ** – gruntsūdens  
**ha** – hektārs  
**LAD** – Lauku atbalsta dienests  
**LGIA** – Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūra  
**LIZ** – lauksaimniecībā izmantojamā zeme  
**LiDAR** – gaismas noteikšana un attāluma mērīšana (*Light Detection and Ranging*)  
**LVM** – Latvijas Valsts meži  
**LVM GEO** – Latvijas Valsts mežu ģeotelpiskās informācijas sistēma  
**m** – metri  
**mm** – milimetri  
**n.d.** – nav datu  
**nr.** – numurs  
**PSE** – pilnas slodzes ekvivalents  
**p/m<sup>2</sup>** – punkti uz kvadrātmetru  
**QGIS** – atvērtā koda ģeogrāfiskās informācijas sistēmas programmatūra (*Quantum Geographic Information System*)  
**r** – korelācijas koeficients  
**R<sup>2</sup>** – determinācijas koeficients  
**SIA** – sabiedrība ar ierobežotu atbildību  
**sk.** – skatīt  
**tab.** – tabula  
**Ta** – augstā purva kūdras augsne  
**Tp** – pārejas purva kūdras augsne  
**Tpg** – pārejas purva kūdras gleja augsne  
**Tz** – zemā purva kūdras augsne  
**Tzg** – zemā purva kūdras gleja augsne  
**vjl** – virs jūras līmeņa  
**VAAD** – Valsts augu aizsardzības dienests  
**VZD** – Valsts zemes dienests  
**ZMNĪ** – Zemkopības ministrijas nekustamie īpašumi  
**ŪSIK** – valsts nozīmes ūdensnoteka  
**2D** – divdimensiju (plaknes) attēlojums  
**%** – procenti  
**±** – plus mīnuss (novirze)  
**>** – lielāks nekā  
**≤** – mazāks vai vienāds nekā

## Ievads

2024. gada augustā stājās spēkā Eiropas Parlamenta un Padomes regula (ES) 2024/1991 (2024. gada 24. jūnijs) par dabas atjaunošanu un ar ko groza Regulu (ES) 2022/869<sup>1</sup> (turpmāk tekstā – Dabas atjaunošanas regula). Tas ir pirmais šāda veida ES tiesību akts, kas nosaka konkrētus mērķus un termiņus ekosistēmu atjaunošanai visās ES dalībvalstīs. Šī tiesību akta mērķis ir ieviest pasākumus, lai līdz 2030. gadam atjaunotu vismaz 20 % ES sauszemes un jūras teritoriju un līdz 2050. gadam visas ekosistēmas, kurām nepieciešama atjaunošana.

Šie mērķi kalpo, lai:

- mazinātu klimata pārmaiņas un pielāgotos to sekām,
- apturētu bioloģiskās daudzveidības samazināšanos,
- stiprinātu vides noturību,
- palīdzētu ES sasniegt klimatneitralitāti līdz 2050. gadam.

Dabas atjaunošanas regulas ietvaros ir paredzēts plašs darbību spektrs, sākot no mežu un mitrāju atjaunošanas līdz upju dabiskās teces atjaunošanai un zālāju saglabāšanai. Dabas atjaunošanas regula paredz atjaunot gan kūdrājus, kas iekļauti Dzīvotņu direktīvas I pielikumā, gan arī citus **nosusinātos kūdrājus, īpaši tos, kas izmantojami lauksaimniecībā**, jo tie ir būtisks siltumnīcefekta gāzu emisiju avots.

Dabas atjaunošanas regulas (2024) 11. panta 4. punkts nosaka, ka dalībvalstīm jānodrošina šādi mērķi lauksaimniecībā izmantotajām kūdraugsnēm:

- a) līdz 2030. gadam – vismaz 30 % šādu platību, no kurām vismaz ceturtajā daļā atjauno hidroloģisko režīmu;
- b) līdz 2040. gadam – vismaz 40 % šādu platību, no kurām vismaz trešajā daļā atjauno hidroloģisko režīmu;
- c) līdz 2050. gadam – vismaz 50 % šādu platību, no kurām vismaz trešajā daļā (jeb 17 %) atjauno hidroloģisko režīmu.

Saskaņā ar Dabas atjaunošanas regulu (2024) - “*Kūdrāja hidroloģiskā režīma atjaunošana ir process, kurā nosusinātu kūdras augsni pārveido par mitru kūdras augsni*”.

Regulā norādīts, ka lauksaimniekiem un privātiem zemes īpašniekiem hidroloģiskā režīma atjaunošana ir brīvprātīga. Tādejādi dalībvalstīm šis mērķis būs jāsasniedz, plānveidīgi veidojot šo aktivitāti par pievilcīgu iespēju un informējot lauksaimniekus un zemju īpašniekus par kūdrāju hidroloģiskā režīma atjaunošanas dabīgajām un dalībvalstu radītajām priekšrocībām.<sup>2</sup>

Lai nodrošinātu, ka dabas atjaunošana notiek mērķtiecīgi un sistemātiski, dalībvalstīm būs jāizstrādā nacionālie atjaunošanas plāni, kas noteiks, kā tiks sasniegti regulā noteiktie mērķi, tai skaitā, kādi dabas atjaunošanas pasākumi, kādā apmērā un kur tiks veikti. Nacionālā dabas

<sup>1</sup> Eiropas Parlaments un Padome. (2024). *Regula (ES) 2024/1991 par dabas atjaunošanu un ar ko groza Regulu (ES) 2022/869*. EUR-Lex. Pieejams: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32024R1991&qid=172240349976>

<sup>2</sup> Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrija. ([b.g.]). *Jautājumi un atbildes par dabas atjaunošanas regulu*. Pieejams: <https://www.varam.gov.lv/lv/jautajumi-un-atbildes-par-dabas-atjaunosanas-regulu>

atjaunošanas plāna izstrādei jānotiek līdz 2026. gada vidum, nosakot konkrētus mērķus un uzdevumus.<sup>3</sup>

Viens no galvenajiem hidroloģiskā režīma atjaunošanas izaicinājumiem ir izpratne par to, kā mainīsies ūdens līmenis ainavā. Tā kā hidroloģiskā režīma atjaunošanas ietekme sniedzas ārpus mērķa teritorijas robežām, paaugstināts ūdens līmenis var skart apkārtējās zemes, negatīvi ietekmējot citus zemes īpašniekus un apsaimniekotājus un viņu saimnieciskās aktivitātes, īpaši lauksaimniecisko darbību.

Lai nodrošinātu ilgtspējīgu un pārdomātu lēmumu pieņemšanu, būtiska loma ir simulācijām, jo tās ļauj novērtēt iespējamo applūstošo teritoriju apjomu un sociālekonomisko ietekmi pirms hidroloģiskā režīma atjaunošanas dabā.

**Pētījuma mērķis** ir visaptverošs hidroloģiskā režīma atjaunošanas kūdraugsnes ietekmes novērtējums, balstoties uz zinātniski pamatotiem aprēķiniem un modelēšanas pieejām.

**Pētījuma** ietvaros veikti šādi **uzdevumi**:

1. Algoritma izstrāde hidroloģiskā režīma atjaunošanas ietekmes novērtējumam.
2. Simulāciju izmēģinājumu teritoriju jeb pilotteritoriju identificēšana aprēķinu vajadzībām.
3. Pieejamās telpiskās informācijas analīze un simulāciju karšu sagatavošana.
4. Simulācijas modeļa izstrāde un simulāciju veikšana.
5. Hidroloģiskā režīma atjaunošanas pasākumu ietekmes novērtējums.

Gala atskaitē atspoguļotie pētījuma rezultāti iegūti laika periodā no 2025. gada aprīļa līdz novembrim.

Atskaitē pētījuma rezultāti strukturēti četrās nodaļās. Pirmajā nodaļā aprakstīts pētījuma metodoloģiskais pamats, ietverot nepieciešamo datu atlasīšanu, algoritma izstrādes procesu un algoritma validāciju, lai nodrošinātu tā precizitāti un uzticamību. Otrā nodaļā veltīta pētījuma empīriskā konteksta nodrošināšanai, sniedzot detalizētu ģeogrāfisko, hidroloģisko un ekoloģisko raksturojumu četrām izvēlētajām pilotteritorijām (Rucavas pagastā, Ropažu novadā, Cēsu novadā, kā arī Rēzeknes novadā), kas nodrošina visu sākotnējo informāciju, kas nepieciešama veicamajai modelēšanai. Trešajā nodaļā aprakstīta hidroloģisko modeļu iestatīšana un izmantošana. Tajā tiek definēti un detalizēti izskaidroti dažādi applūšanas scenāriji, kas tika modelēti, izmantojot 1. nodaļā izstrādāto algoritmu un 2. nodaļā raksturotos datus. Visbeidzot, ceturtajā nodaļā, kas ir rezultātu kodols, secīgi un detalizēti prezentēti 3. nodaļā veiktās modelēšanas rezultāti par katru pilotteritoriju, analizējot kvantitatīvo un telpisko ietekmi, ko rada hidroloģiskā režīma atjaunošana. Atskaītes beigās sniegts pētījuma galveno rezultātu kopsavilkums un izvirzīti galvenie ieteikumi.

Gala atskaitē ar terminu “kūdraugsnes appludināšana” tiek saprasta hidroloģiskā režīma atjaunošana nosusinātās kūdraugsnēs.

---

<sup>3</sup> Eiropas Parlaments un Padome. (2024). *Regula (ES) 2024/1991 par dabas atjaunošanu un ar ko groza Regulu (ES) 2022/869*. EUR-Lex. Pieejams: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32024R1991&qid=1722240349976>

# 1. Algoritma izstrāde hidroloģiskā režīma atjaunošanas ietekmes novērtējumam

## 1.1. Datu atlase algoritma izstrādei

Algoritma izstrāde sākas ar atbilstošu datu kopu apzināšanu un atlasī, kas aptver reljefu, meliorācijas sistēmas, augsnes un kūdraugšnes, zemes izmantošanu un zemes īpašumtiesības, ortofotokartes. Dati atlasīti no oficiālo Latvijas iestāžu datu avotiem, lai nodrošinātu to ticamību, telpisko saskaņotību un atkārtotu izmantojamību, kā arī kalpotu par pamatu telpiskā modeļa matemātiskajiem aprēķiniem.

### Reljefa dati

Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūra (LĢIA) nodrošina vienu no būtiskākajiem datu avotiem telpiskā modeļa izstrādei – **LiDAR** (*Light Detection and Ranging*)<sup>4</sup> datus, kas aptver visu Latvijas teritoriju. Pieejamie LiDAR dati iegūti ar aerolāzerskenēšanas metodi laika periodā 2013.–2019. gadam un nodrošina punktu mākoņus ar kopējo blīvumu ne mazāku par četriem punktiem uz kvadrātmētru ( $\text{p/m}^2$ ), no kuriem zemes virsmas punkti veido vismaz  $1.5 \text{ p/m}^2$ . Katram punktam ir zināmas X un Y koordinātas plaknē un Z augstums virs jūras līmeņa, un dati piesaistīti koordinātu sistēmai LKS-92 TM un augstumu sistēmai LAS-2000,<sup>5</sup>

LiDAR dati automātiski klasificēti pa kategorijām: zemes virsma, zema veģetācija, vidēja veģetācija, augsta veģetācija un būves<sup>6</sup>. Tomēr automātiskajā klasifikācijā iespējamās neprecizitātes – piemēram, elektrolīnijas vai ūdenstilpnes var tikt klasificētas kā augstā veģetācija, kas potenciāli ietekmē galarezultātus. Lai nodrošinātu ticamus aprēķinus un precīzu reljefa attēlojumu, šādi punkti nepieciešamības gadījumā jāfiltrē vai jāpārklasificē.

LiDAR dati LĢIA izplatīti LAS formātā, ar iespēju izmantot arī saspieptos LAZ failus, kas samazina datu apjomu un paātrina apstrādi. Papildus LiDAR datiem pieejams atvasinātais digitālais reljefa modelis (DEM - *Digital Elevation Model*), kas pieejams tekstuālā (“*txt*”) formātā un satur punktus, kas attēlo tikai zemes reljefu bez kokiem, ēkām un augiem<sup>7</sup>. Punktu režģa izšķirtspēja ir 20 m, padarot digitālā reljefa modeļa datu kopumu piemērotu plaša mēroga provizoriskām aprēķinu simulācijām, taču mazāk piemērotu detalizētām analīzēm konkrētās teritorijās. Digitālā reljefa modeļa dati ļauj ātri iegūt reljefa raksturojumu plašām teritorijām, taču, ja modeli jāņem vērā veģetācija vai būves, precizitāte ir zemāka nekā, izmantojot pilnus LiDAR punktu mākoņus.

LiDAR datu iegūšanai jāizvēlas atbilstoši LAS faili no kvadrantiem, un tos nepieciešamības gadījumā jāapvieno vienotā punktu mākoņa kopā. Lai atvieglotu datu sagatavošanu, iespējams izmantot LĢIA piedāvāto karšu nomenklatūras informāciju, kas ļauj

<sup>4</sup> LiDAR – tālzipētes tehnoloģija, kur tiek izmantoti redzamās gaismas un infrasarkanā apgabala viļņi. Svarīgākā lāzera funkcija ir nepārtraukta stara ģenerēšana, un šī stara atstarošanās pret objektu, kas ļauj veikt attāluma noteikšanu līdz objektam (skaidrojuma avots – Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūra. ([b.g.]). *Digitālie augstuma modeļi*. Pieejams: <https://www.lgia.gov.lv/lv/digitalie-augstuma-modeļi-0>)

<sup>5</sup> Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūra. ([b.g.]). *Digitālais virsmas modelis*. Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūra. Pieejams: <https://www.lgia.gov.lv/lv/Digit%C4%81lais%20virsmas%20modelis>

<sup>6</sup> Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūra. ([b.g.]). *Digitālais virsmas modelis*. Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūra. Pieejams: <https://www.lgia.gov.lv/lv/Digit%C4%81lais%20virsmas%20modelis>

<sup>7</sup> Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūra. ([b.g.]). *Digitālais reljefa modelis*. Pieejams: <https://www.lgia.gov.lv/lv/Digit%C4%81lais%20reljefa%20modelis>

precīzi identificēt attiecīgā kvadranta LAS failu. Šī pieeja nodrošina, ka datu apstrāde ir efektīva pat mazākās teritorijās, vienlaikus saglabājot augstu reljefa precizitāti, kas nepieciešama ūdens līmeņa pacelšanas un meliorācijas simulācijām.

### Meliorācijas sistēmu dati

Datu ieguvei par lauksaimniecības meliorācijas sistēmām izmantota **Meliorācijas kadastra informācijas sistēma** (Meliorācijas kadastrs - [www.melioracija.lv](http://www.melioracija.lv)), kuras pārzinis ir valsts SIA **Zemkopības ministrijas nekustamie īpašumi** (ZMNĪ).<sup>8</sup>

Meliorācijas kadastra izveidei un uzturēšanai ZMNĪ izmanto vairākus datu avotus<sup>9</sup>:

- Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūras digitālās vienkāršotās topogrāfiskās kartes un digitālās ortofotokartes;
- Valsts zemes dienesta Nekustamā īpašuma valsts kadastra informācijas sistēmas teksta un telpiskos datus;
- Melioratīvās tehniskās dokumentācijas un izpildedokumentācijas datus;
- Meliorācijas sistēmu inventarizācijas datus, tehnisko noteikumu dokumentācijas datus un melioratīvās hidrometrijas datus.

Meliorācijas kadastra informācijas sistēmā pieejami telpiski dati par sateces baseiniem, ūdensnotekām, drenu sistēmas katru daļu, dabiskajām ūdenstecēm, grāvjiem. Balstoties uz šiem datiem, iespējams provizoriski noteikt, kura meliorācijas sistēmas daļa ir atbildīga par konkrētu zemes vienību. Šī informācija ir noderīga digitālā reljefa modeļa rediģēšanai, lai mākslīgi nobloķētu konkrētu drenas sistēmas posmu un modelētu zemes platības appludināšanu.

Bez šiem datiem telpiskajam modelim būtu jāveic manuālas vai automātiskas manipulācijas ar digitālā reljefa datiem, lai simulētu drenu sistēmas bloķēšanu. Teorētiski telpiskajam modelim iespējams izstrādāt arī papildfunkciju, kas iteratīvi aprēķinātu optimālāko vietu aizsprostojumam, lai efektīvi nopludinātu pētāmo teritoriju. Pastāv arī iespēja, ka meliorācijas tīkla dati satur pārklāšanās vai vizuālas savienojamības kļūdas, kas var radīt neprecizitātes aprēķinos. Lai mazinātu šādas kļūdas drenāžas elementu skaidrojošajos datos ir iekļauti drenu sistēmu diametri un ūdens kolektoriem, kuri novirza ūdeni uz grāvjiem, norāde uz kāda raksturojošā kadastra koda grāvi šis ūdens tiks novadīts. Šī informācija būtiski var atvieglot simulācijas loģiku, un vietās, kur elementi nejauši pārklājas, var skaidri savienot elementus pēc šiem kadastra kodiem.

Datus ir iespējams izgūt no ZMNĪ WMS servera rastra attēlu vai vektora formātos. Pašu datu autors metadatos ir norādīts LVM GEO.

### Augsnes un kūdraugsnes dati

**Valsts augu aizsardzības dienests (VAAD)** piedāvā piekļuvi **lauksaimniecībā izmantojamās zemes augsnes kartei**<sup>10</sup>, kurā ir ietverta ģeotelpiskā informācija par augsnes granulometrisko sastāvu grupu, klasi, tipu un apakštipu. Kartē attēloti vēsturiskie augsnes dati,

<sup>8</sup> Zemkopības ministrijas nekustamie īpašumi. ([b.g.]). *Meliorācijas kadastrs*. Pieejams: <https://www.zmni.lv/meliorācijas-kadastrs/>

<sup>9</sup> Zemkopības ministrijas nekustamie īpašumi. ([b.g.]). *Meliorācijas kadastrs*. Pieejams: <https://www.zmni.lv/meliorācijas-kadastrs/>

<sup>10</sup> Valsts augu aizsardzības dienests. (2024). *Pieejamas vēsturiskās augsnes kartes*. Pieejams: <https://www.vaad.gov.lv/lv/jaunums/pieejamas-vesturiskas-augsnes-kartes>

kas kartēti no 1960-tajiem gadiem līdz 1991. gadam. Dati nav būtiski mainījušies kopš to digitalizācijas 2016. gadā un tie ir pieejami SHP faila formātā, kas atvieglo to izmantošanu dažādās GIS saistītās lietojumprogrammās. Šie dati būs noderīgi, ja būs nepieciešams aprēķināt, ūdens infiltrācijas daudzumu augsnē salīdzinājumā ar tā virszemes uzkrāšanos pētāmajā teritorijā.

**Lauku atbalsta dienesta (LAD) lauku bloku kartē pieejami dati par kūdraugsnes izplatību Latvijā.** Datiem ir informatīvs saturs. Kartē attēlota augsne, kura 1 m dziļumā satur vismaz 40 cm slāni (atkarībā no sūnu šķiedru apjoma var būt biežāks), kuram organisko vielu saturs ir vismaz 35 %. Slānis drīkst sākties pirmo 40 cm dziļumā, un tam nav jābūt vienlaidus. Iezīmētie kūdraugsnes nogabali lauksaimniecības zemē ir ar platību, kas nav mazāka par 0.3 hektāriem.<sup>11</sup> Dati ir pieejami no LAD ArcGIS REST servera kā vektori.

Bez šīs publiski pieejamās kartes, pastāv arī atsevišķa vecāka kūdraugšņu karte, kura tika izstrādāta ar mašīnmācību modeli, balstoties vairāk uz pieņēmumiem, kur kūdraugsne varētu atrasties. Jaunākie publiskie dati ir balstīti uz veco ar mašīnmācības algoritmu izstrādātu karti, tādējādi abas kartes pārklājās, tomēr iezīmēto teritoriju platības kopumā ir par aptuveni 25 % mazākas jaunākajā kartē. Oriģinālajos datos ar mašīnmācības algoritmu palīdzību ārējais perimetrs ir iezīmēts ar kvadrātiem, pieņemot, ka oriģināli algoritms centās procentuāli izlemēt vai konkrētajā vietā un kvadrātos ir kūdraugsne vai varbūt nav, tomēr jaunākajās kartēs šie dati vairs nav iezīmēti kā kvadrāti, bet gan figūras ar liektām līnijām. Pētījumā izmantotas abas kartes, lai sniegtu pēc iespējas precīzākus mērījumus un lai labāk saprastu vai abu karšu iezīmētās teritorijas tiktu nopludinātas, jo potenciāli jaunākie dati var būt neprecīzāki.

### Zemes izmantošanas dati

**Lauku atbalsta dienesta (LAD) interaktīvais ģeotelpisko karšu serviss Lauku bloku karte** nodrošina piekļuvi dažādiem kartogrāfiskiem slāņiem un informācijai par lauksaimniecībā izmantojamām zemēm, ainavu elementiem, lauku blokiem un citiem zemes lietojuma un teritoriju statusiem Latvijā. Dati ir brīvi pieejami caur LAD WFS serveri gan vektordatu, gan rastra attēlu formātos, tādēļ to izmantošanai nav nepieciešami papildu pieprasījumi<sup>12</sup>.

Šie dati ir integrējami vizualizācijās un aprēķinos, piemēram, lai noteiktu, kāda platība ar konkrētu kultūraugu potenciāli varētu tikt appludināta, tādējādi atvieglojot modelēšanas procesu un novēršot nepieciešamību manuāli precizēt sējumu izvietojumu konkrētā teritorijā. Papildus tie nodrošina iespēju analizēt kultūraugu nozīmīgumu – ja kāds kultūraugs tiek definēts kā prioritārs, iespējams atlasīt tikai ar to saistītās teritorijas precīzākiem aprēķiniem. Vienlaikus iespējams izvērtēt arī mazāk nozīmīgu kultūraugu ietekmi.

### Zemes īpašumtiesību dati

**Valsts zemes dienests (VZD) piedāvā publiski pieejamus zemes kadastra datus, kas izplatīti ar “Creative Commons Attribution 4.0” atvērto datu licenci<sup>13</sup>.** Tas nozīmē, ka ikviens

<sup>11</sup> Latvijas Lauku atbalsta dienests. (2024). *Kūdraugsnes kartes dati neietekmēs lauksaimnieku iespēju 2024. gadā saņemt atbalsta maksājumus*. Pieejams: <https://www.lad.gov.lv/lv/jaunums/kudraugsnes-kartes-dati-neietekmes-lauksaimnieku-iespeju-2024-gada-sanemt-atbalsta-maksajumus>

<sup>12</sup> Lauku atbalsta dienests. ([b.g.]). *Lauku reģistra dati*. Pieejams: <https://www.lad.gov.lv/lv/lauku-registra-dati>

<sup>13</sup> Valsts zemes dienests. ([b.g.]). *Kadastra informācijas sistēmas atvertie dati*. Pieejams: <https://www.vzd.gov.lv/lv/kadastra-informacijas-sistemas-atvertie-dati>

var brīvi izmantot šos datus, ja tiek norādīts oriģinālais autors, datu avota saite, kā arī izskaidrotas veiktās izmaiņas gadījumos, kad dati tiek publicēti pārveidotā veidā.

VZD dati galvenokārt satur **metadatus par zemes vienībām un kartes ar šo zemju robežām** (pieejamas SHP failu formātā). Šie dati ir noderīgi, lai precīzāk attēlotu, kuras zemes vienības ar konkrētiem kadastra numuriem tiek skartas – appludinātas. Tas ļauj sadalīt aprēķinus pēc zemes vienībām, nosakot, cik kvadrātmetru konkrētajā īpašumā tiktu appludināti. Lai gan izstrādājamam modelim, šie dati var nesniegt tiešu pievienoto vērtību, tie ir būtiski vizualizācijās un gala rezultātu interpretācijā. Ar to palīdzību iespējams parādīt, ka applūdušās teritorijas sniedzas ārpus vienas zemes vienības robežām, tādējādi skaidrāk iezīmējot reālās sekas.

## Ortofoto dati

Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūra (LĢIA) nodrošina piekļuvi **ortofotokartēm**, kuras iespējams izmantot dažādiem mērķiem, piemēram, ar mašīnmācības metodēm tās var palīdzēt noteikt koku klājumu, kā arī kalpot par pamatu vizualizācijām, kurās uzreiz redzams, kā konkrēta teritorija izskatītos applūdināta.<sup>14</sup>

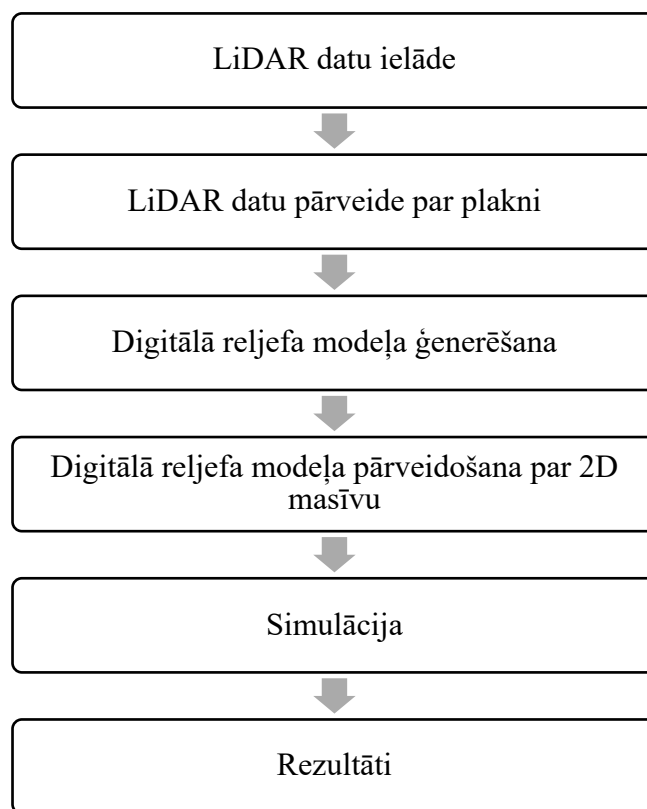
Vizualizāciju vajadzībām ortofotokartes var kombinēt ar reljefa kartēm, uz kurām tiek uzklāta simulētā ūdens sega. Rezultātā iegūst daudz pārskatāmāku attēlu, kas ļauj vieglāk uztvert izmaiņas teritorijā. Tas ir īpaši noderīgs gadījumos, kad grūti interpretēt parastu reljefa karti, kurā nav iezīmēti koki, ēkas vai citi orientieri, kas palīdz saprast reālo situāciju konkrētajā pētāmajā vietā.

### 1.2. Algoritma izstrāde

Lai sasniegtu pētījuma mērķi, bija nepieciešams **izstrādāt telpisko modeli** ūdens līmeņa pacelšanas simulācijai meliorētajās kūdraugsnēs, **kura darbību nodrošina konkrēts algoritms**, kas nosaka ūdens izplešanās trajektoriju, ņemot vērā reljefa augstuma datus, lietotāja ievadītos sākuma punktus un iespējamās ierobežojošās konstrukcijas. Modelēšanas process sastāvēja no sešiem posmiem (sk. 1.1. att.).

---

<sup>14</sup> Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūra. ([b.g.]). *Ortofoto*. Pieejams: <https://www.lgia.gov.lv/lv/ortofoto>



Avots: Pētījuma autoru konstrukcija.

### 1.1. attēls. Īstenotie modelēšanas procesa posmi.

Ūdens līmeņa simulācijai tiek izmantota *Python* programmēšanas valoda, jo tai ir daudz bibliotēku un pamācību darbam ar ģeotelpiskajiem datiem. Šī valoda ir populāra datu zinātnēs un mašīnmācībā, tādēļ ir pieejamas plašas iespējas veidot dažādas programmas un simulācijas.

Lai uzsāktu izstrādāt modeli, bija nepieciešams izvēlēties pamata karti, uz kuras īstenot simulācijas. Tā kā ir pieejami LiDAR punktu mākoņa dati par visu Latvijas teritoriju, tie tika izmantoti kā pamats, tomēr tie paši par sevi ir grūti apstrādājami augstās precizitātes un lielā datu apjoma dēļ. Dati ir individuālu punktu veidā, tādēļ, lai veiktu simulācijas, tie jāpārveido par plakni, pa kuru ūdens var pārvietoties, pārveidojot punktu mākoņa datus digitālā reljefa modelī. Ir pieejams arī gatavs digitālā reljefa modelis, tomēr tā izšķirtspēja var būt nepietiekama precīzākiem aprēķiniem mazākām teritorijām. Lai iegūtu precīzāku digitālā reljefa modeli, LiDAR datus var pārveidot, izmantojot gatavu programmu vai izstrādājot savu programmu, kas veic šo pārveidi automātiski. Gatavs risinājums ierobežo nākotnes mērogojamību, jo nevar automātiski apstrādāt visas pētāmās teritorijas, savukārt sava programmatūra ļauj pilnībā automatizēt procesu.

Būtiskākā *Python* bibliotēka LiDAR datu pārveidei uz digitālā reljefa modeli ir “PDAL” (*Point Data Abstraction Library*)<sup>15</sup>, kas nodrošina punktu mākoņu apstrādi un konvertēšanu uz citiem datu tiem.

<sup>15</sup> Butler, H., Chambers, B., Hartzell, P., & Glennie, C. (2021). *PDAL: An open source library for the processing and analysis of point clouds*. Computers & Geosciences, vol. 148, p. 104680. doi: 10.1016/J.CAGEO.2020.104680.



LiDAR dati ir ģeoreferencēti, jo tiek uzņemti ar dažādu sensoru datiem, kas ļauj sasaistīt digitālā reljefa modeli ar Latvijas koordinātu sistēmu LKS-97. Tas ir būtiski, lai pārklātu citus ģeoreferencētus datu slāņus un veiktu precīzus aprēķinus par appludinātajām teritorijām. Dati ir sadalīti atsevišķos kvadrantos, tādēļ programmā tiek apvienoti atsevišķi “LAS” faili vienā veselā, izmantojot koordinātes katram punktam. Klasifikācija ļauj viegli noņemt liekos punktus, piemēram, kokus, ēkas, augstu veģetāciju un elektrības vadus, iegūstot tīru zemes reljefu ar redzamo drenu sistēmu. Tomēr LiDAR nevar uzreiz noteikt zem tiltiem esošo reljefu, tādēļ šajās vietās modelis var neprecīzi attēlot ūdens plūsmu.

Lai pārbaudītu digitālā reljefa modeļa lietojamību appludināšanas simulācijām, tika izmantots **reģionu audzēšanas algoritms**. Visu digitālo reljefa virsmu pārvērš divdimensiju masīvā, kur glabājas informācija par katras šūnas augstumu un Būla tipa mainīgais, kas apliecina, vai šūna ir nopludināta. Tika izmantotas augstuma vērtības, lai atrastu zemāko punktu apkārt esošajām nopludinātajām šūnām. Ja apkārt nav zemāku punktu, tiek meklēts punkts ar tādu pašu augstumu, un, ja tāda nav, ūdens līmenis pakāpeniski paaugstinās uz augstākajiem punktiem. Šī ūdens līmeņa paaugstināšana un izplešanās turpinās tik ilgi, cik lietotājs ir noteicis iterācijas.

Šajā implementācijā ūdens var kāpt uz jebkuru pusi, katru iterāciju tikai paaugstinoties vai pazeminoties. Šajā modelī nepilnība ir tāda, ka manuāli jāplāno loģika, kā divdimensiju plaknē atiestatīt appludinātos pikseļus atkal uz neappludinātiem. Lai samazinātu kļūdas, dažas pirmās iterācijas, kur ūdens kritās, var ignorēt, bet šī pieeja ne vienmēr novērš anomālijas sarežģītākā reljefā. Ja sākuma punkts atrodas zemākajā vietā, ūdens līmenis simulācijā aug pakāpeniski un dati ir precīzāki.

Lietotājs var simulēt arī meliorācijas ierobežojumus, ievietojot aizsprostus. Tā kā digitālā reljefa modelis tiek glabāts “GeoTIFF” formātā, kur visi reljefa augstumi ir rediģējami, iespējams tieši iezīmēt šķēršļus. Lietotājs izvēlas divus punktus kartē, un programma aprēķina līnijas augstāko punktu, lai aizsprosts būtu pietiekami augsts. Šajā procesā tiek izmantotas *Python* bibliotēkas: “*Rasterio*” rastra datu apstrādei, “*Shapely*” ģeometrijas objektiem un “*NumPy*”<sup>16</sup> matemātiskajiem aprēķiniem. Visa informācija tiek saglabāta digitālā reljefa modelī un ģeoreferencētajos datos.

Simulācijas loģika darbojas vienā funkcijā, kas saņem digitālā reljefa modeli kā divdimensiju masīvu un sākuma ūdens izplešanās punktu. Tiek izveidoti divi Būla tipa masīvi – viens nopludinātajām vietām, otrs apstrādātajām šūnām. Šie masīvi samazina kļūdu iespējamību, novēršot ūdens atkārtotu pārvietošanu tajās pašās vietās. Lietotāja izvēlētais sākuma punkts tiek pārveidots no koordinātēm uz masīvu, lai simulācija būtu precīza un punkts atrastos masīvā. Sākotnējais ūdens līmenis tiek noteikts pēc šī punkta augstuma.

Simulācija izmanto “*while*” ciklu, kas turpinās līdz visi piemērotie punkti ir appludināti vai sasniegts lietotāja noteiktais kadru skaits. Programma aplūko tikai četrus virzienus apkārt esošajām šūnām (augšup, lejup, pa labi un pa kreisi), jo tas atbilst ūdens dabiskai kustībai. Tiek pārbaudīts, vai šūnas atrodas reljefa iekšienē, vai vēl nav appludinātas un vai atbilst ūdens līmeņa kritērijiem. Ja šie nosacījumi ir izpildīti, šūna tiek iekļauta nākamajās simulācijas iterācijās. Tā ūdens sākumā aizpilda zemākās vietas un pakāpeniski paaugstina līmeni, līdz tiek

---

<sup>16</sup> VanderPlas, J. (2017). *Python data science handbook*. O'Reilly Media.

aizpildītas visas piemērotās šūnas. Šī metode nodrošina, ka ūdens neizplatās uz augstākām vietām, kamēr grāvjos vēl nav ūdens.

Simulācija var būt manuāli pielāgojama, lai modelētu šķēršļus vai meliorācijas sistēmas, un algoritms darbojas atkārtoti, līdz tiek sasniegts lietotāja noteiktais kadru skaits vai visi piemērotie punkti ir appludināti. Tas ļauj detalizēti analizēt, cik liela teritorija tiek appludināta un kā ūdens līmenis mainās dažādās reljefa vietās.

### Lietotāja saskarne

Lai nodrošinātu lietotājiem ērtāku lietotāja pieredzi ar datu sagatavošanu telpiskā modeļa vajadzībām un arī darbību ar pašu telpisko modeli, tika arī izstrādāta **lietotāja grafiskā saskarne**. Sākuma logā jeb **galvenajā sadaļā** ir redzamas trīs izvēles “Ģenerēt DEM”, “Ģenerēt plūdu simulāciju” un “Rediģēt ģeotelpisko datu slāņus”. Šīs izvēlnes ir izvietotas tā, lai lietotājs automātiski zinātu, kādā kārtībā ir veicamas darbības. Visbiežāk darbība iesāktos ar digitālā reljefa modeļa ģenerēšanu jeb pirmo pogu. Pēc datu iegūšanas sekotu plūdu simulēšana. Tā kā iespējams retāk būtu jāizmaina vai jāpievieno jauni ģeotelpisko datu slāņi, šī sadaļa tiek novietota zemāk.

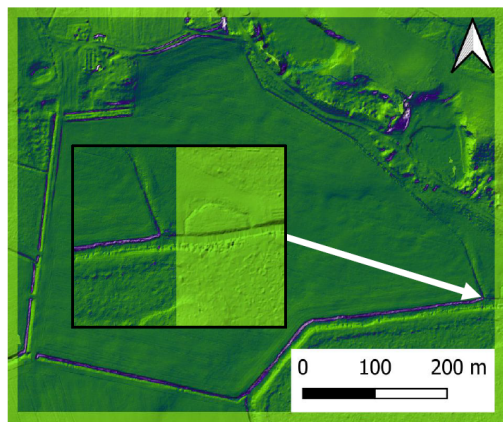
### Lietotāja rokasgrāmata

Lai ar plūdu modeli varētu darboties, ir izveidota **lietotāja rokasgrāmata**. Tajā soli pa solim paskaidrots, ko darīt, lai uzstādītu programmu, sagatavotu nepieciešamos datus un palaistu simulāciju.

## 1.3. Algoritma validācija

Lai validētu izstrādāto telpisko modeli, ar modeli iegūtie dati tika salīdzināti ar publiski pieejamiem digitālā reljefa datiem.

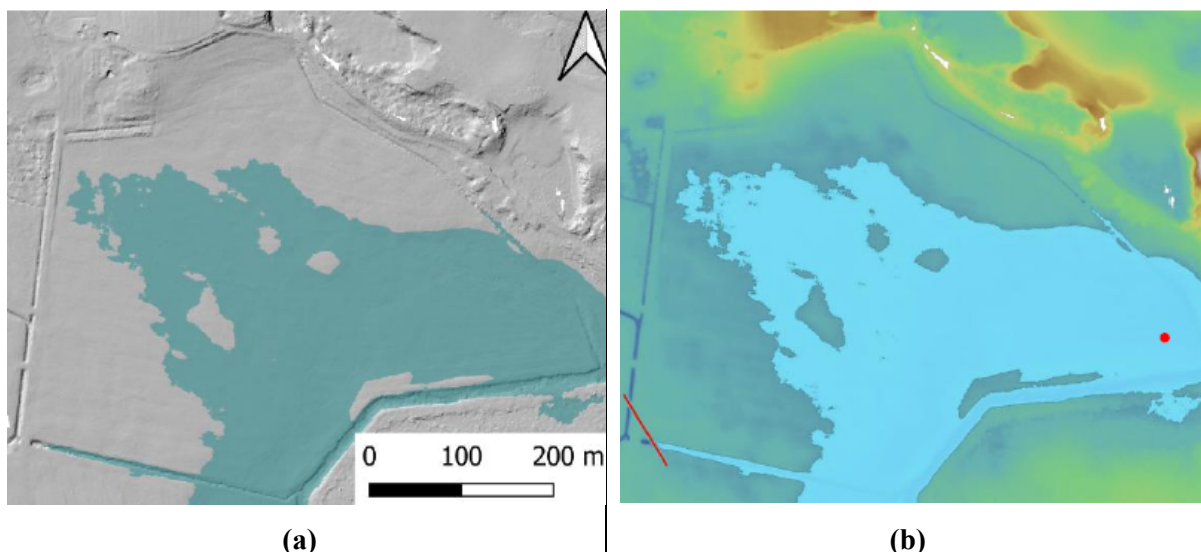
Vispirms tika pārbaudīts, vai ar palīgprogrammu izveidotie digitālā reljefa dati ir pareizi piesaistīti Latvijas koordinātu sistēmai un vizuāli sakrīt ar LVM publiski pieejamajiem digitālā reljefa datiem (sk. 1.2.att.). Salīdzinājums QGIS programmā parādīja, ka būtisku atšķirību nav, izņemot ēnojuma nianšes, tas nozīmē, ka reljefa dati ir uzticami un simulāciju var droši balstīt uz tiem.



Avots: Pētījuma autoru konstrukcija.

1.2. attēls. QGIS programmā vizualizētas atšķirības starp LVM GEO (pietuvinātā labā puse) un izstrādāto digitālā reljefa modeli (pietuvinātā kreisā puse).

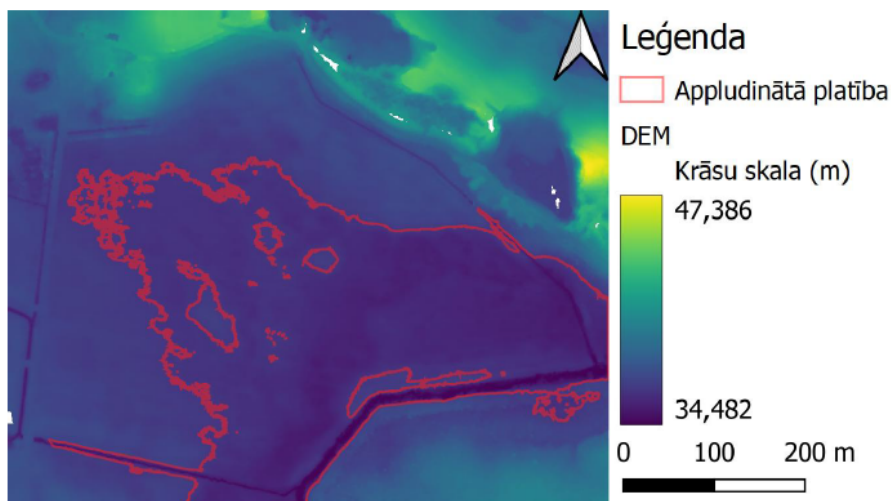
Tālāk tika pārbaudīts, vai simulētie plūdi pareizi izvietojas uz kartes – proti, vai tie iekrīt pareizajās koordinātēs. Pārbaudes rezultāti apstiprināja, ka plūdu kontūras saskan ar Latvijas koordinātu sistēmu, un plūdu laukuma aprēķini, kas veikti gan ar pašu izstrādāto modeli, gan QGIS rīkiem, deva identiskus rezultātus (sk. 1.3. att.). Sakrita arī gan QGIS vidē, gan telpiskā modeļa lietotāja saskarnē iegūtie laukuma aprēķini, tādējādi apstiprinot, ka abu rīku rezultāti ir savstarpēji salīdzināmi un ģeotelpiski korekti.



*Avots: Pētījuma autoru konstrukcija.*

**1.3. attēls. Simulācijas plūdi vizualizēti QGIS programmā (a) un izstrādātajā telpiskajā modelī (b).**

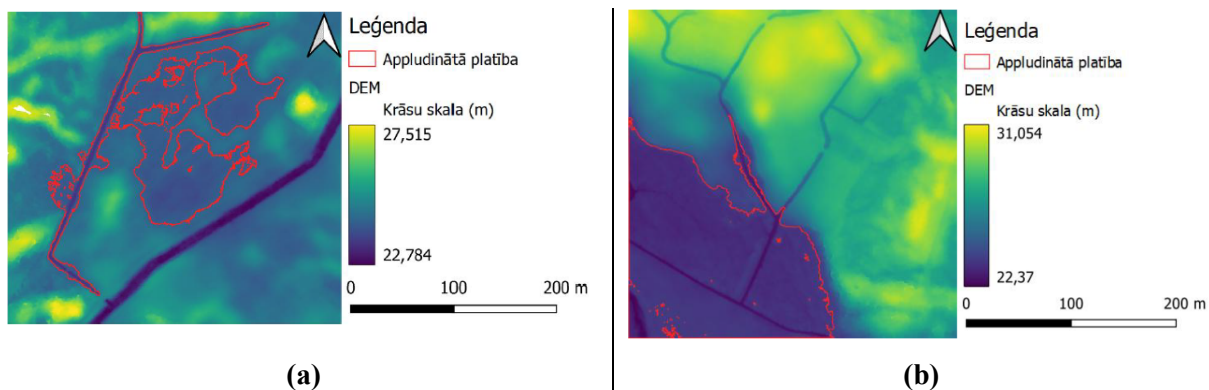
Svarīgi bija arī pārbaudīt, vai ūdens kustība ir loģiska. Simulācijā ūdens izplatījās pa zemākām vietām, aizpildīja grāvjus, apstājās pie lietotāja ievietotiem aizsprostiem un veidoja salas ap paaugstinājumiem – tieši tā, kā tas notiktu dabā (sk. 1.4. att.). Tas apliecināja, ka modelis izmanto reljefa augstuma vērtības, nevis vienkārši nejauši izplata ūdeni.



*Avots: Pētījuma autoru konstrukcija.*

**1.4. attēls. QGIS programmā vizualizēti simulācijas plūdi uz digitālā reljefa modeļa.**

Papildu pārbaudes citās vietās uzrādīja līdzīgus rezultātus – dati bija ģeotelpiski korekti, un ūdens izplatījās reālistiski (sk. 1.5. att.).



*Avots: Pētījuma autoru konstrukcija.*

#### 1.5. attēls. QGIS programmā vizualizēti simulācijas plūdi uz digitālā reljefa modeļa papildus divās (a) un (b) izvēlētajās vietās.

Lai vēl detalizētāk izvērtētu simulācijas, tika izstrādāta funkcija, kas aprēķina, cik lielā mērā applūst konkrētas zemes izmantošanas kategorijas, piemēram, kūdras augsnes vai lauksaimniecības zemes. Rezultāti no šīs funkcijas sakrīt ar neatkarīgiem aprēķiniem, kas veikti QGIS vidē.

Kopumā var secināt, ka izstrādātais modelis darbojas uzticami: reljefa dati ir pareizi ģeoreferencēti, plūdu simulācijas atbilst koordinātēm un plūdu izplatīšanās notiek loģiskā un reālistiskā veidā.

## 2. Pilotteritoriju raksturojums

Izstrādātā algoritma aprobācijai ir nepieciešams veikt arī applūšanas simulācijas vairākās pilotteritorijās. Pētījumam tika izvēlētas četras pilotteritorijas, balstoties uz šādiem atlases kritērijiem:

1. **Teritorijas reljefa vienmērīgums** – izvēlētajai teritorijai jābūt relatīvi plakamai, lai nodrošinātu vienkāršotu ūdens izplatības simulāciju.
2. **Kūdraugsnes segums** – teritorijas virsmā jābūt kūdraugsnei, jo modelis fokusēts uz kūdraugsnes appludināšanu.
3. **Pieejamība informācijai par meliorācijas sistēmu** – nepieciešama informācija par esošo meliorācijas infrastruktūru (grāvji, drenu sistēmas), lai modelī varētu precīzi attēlot ūdens novadi un aprēķināt appludināšanas scenārijus.
4. **Pieejamība datiem par pilotteritorijā audzētajiem kultūraugiem** – šī informācija nepieciešama, lai modelī varētu novērtēt appludināšanas ietekmi. Šie dati ļauj analizēt, cik lielas teritorijas ar kultūraugiem tiktu ietekmētas, ja daļa meliorācijas sistēmas darbības tiktu apturēta, un plānot simulācijas scenārijus, ņemot vērā lauksaimniecības un ekosistēmas mijiedarbību.

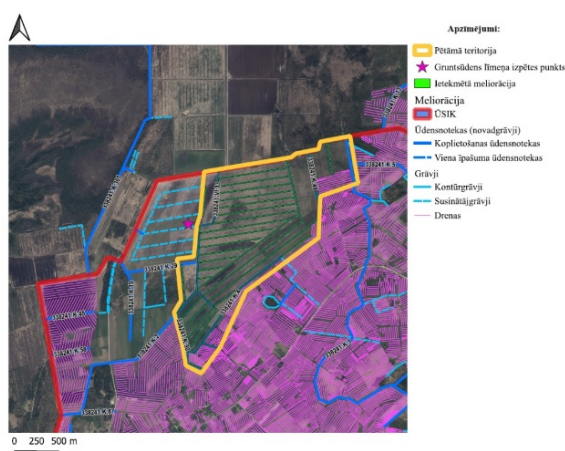
### 2.1. Pilotteritorijas nr. 1 (Rucavas pagastā) raksturojums

Ņemot vērā definētos atlases kritērijus, pilotprojektam tika atlasīta pilotteritorija nr. 1, kas atrodas Dienvidkurzemes novadā (Rucavas pagastā). Dienvidaustrumu pusē pilotteritorija robežojas ar Kalnišķu strautu (33856<sup>17</sup>) un mikroliegumu, savukārt teritorija rietumu daļā – ar asfaltētu ceļu, starp kuru un teritoriju atrodas ūdensnoteka. Teritoriju ieskauj mežs.

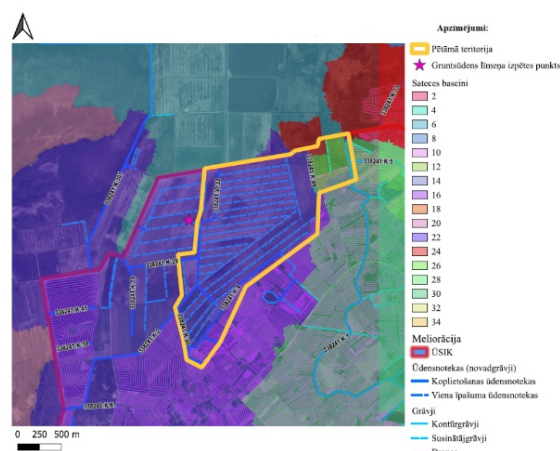
Pa pilotteritorijas ziemeļu robežu (perimetru) iet valsts nozīmes ūdensnoteka (ŪSIK), kas savienota ar dienvidos esošo norobežojošo Kalnišķu strautu. Pilotteritorijas nr. 1 hidroloģiskais režīms ir pilnībā atkarīgs no kompleksas meliorācijas sistēmas. Teritoriju pārsvarā šķērso susinātājgrāvju tīkls, savukārt dienvidaustrumu daļā izvietota drenu sistēma, kas papildina kopējo meliorācijas sistēmu (sk. 2.1.att.). Teritorijas hidroloģisko stāvokli papildus ietekmē tās atrašanās vieta. Kaut arī pilotteritorija ir drenēta, tā atrodas vairāku sateces baseinu saskares punktā (sk. 2.1.att.), ar dominējošo baseinu nr. 22 teritorijas. Tas nozīmē, ka mitruma režīma uzturēšanu teritorijā ietekmē ne tikai iekšējie nokrišņi, bet arī papildu noteces no blakus esošajām, augstākām teritorijām.

---

<sup>17</sup> Ventas upju baseinu apgabala ūdens saimniecisko iecirkņa kods (ŪSIK) saskaņā ar Ministru kabineta 2018. gada 3. jūlija noteikumiem Nr. 397 "Noteikumi par ūdens saimniecisko iecirkņu klasifikatoru". Pieejams: <https://likumi.lv/ta/id/300155>

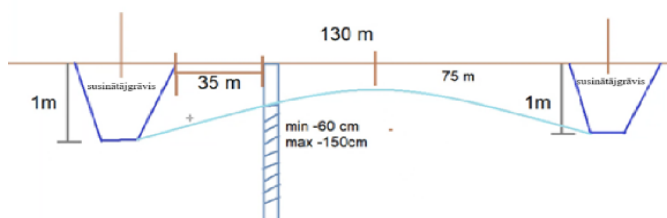


**Meliorācijas sistēma**



**Sateces baseini**

**Apzīmējumi:**



**Nosusināšanas sistēmas shēma**

ŪSIK – valsts nozīmes  
ūdensnoteka  
m – metri

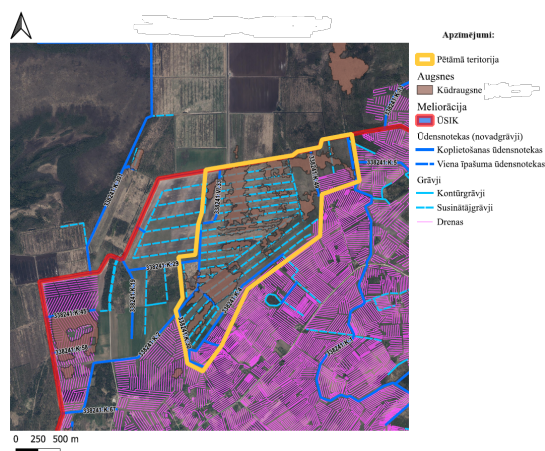
*Avots: Zemkopības ministrijas nekustamie īpašumi, [b.g.]. Meliorācijas kadastrs. Pētījuma autoru konstrukcijas.*

## 2.1. attēls. Meliorācijas sistēma un sateces baseini pētāmajā pilotteritorijā nr. 1.

Pilotteritorijā nr. 1 ūdens kustība dabiskā veidā notiek uz rietumiem. Aprēķini rāda, ka reljefa slīpums ir neliels – aptuveni 0.114 % (jeb ūdens kritums ir ap 11.4 cm uz 100 m), taču pietiekams, lai meliorācijas sistēma nodrošinātu ūdens noteci. Šāds kritums ļauj ūdenim plūst dabiskā veidā, novēršot stagnāciju un nodrošinot efektīvu meliorācijas sistēmas darbību.

Saskaņā ar LAD lauku bloku kartes datiem daļa pilotteritorijas ir klāta ar kūdraugsni (sk. 2.2. att.). Savukārt vēsturiskie augšņu kartes dati liecina, ka pilotteritorijā galvenokārt sastopamas pārejas purva kūdras augsne (Tp) un zemā purva kūdraugsne (Tz). Salīdzinošā analīze, balstoties uz abiem datu avotiem, rāda, ka minētie augsnes apakštīpi pilotteritorijā daļēji pārklājas. Ņemot vērā šo pārklājumu, tiek pieņemts, ka pilotteritoriju nr. 1 klāj kūdraugsne, kas padara to piemērotu pētījumā izstrādāto modeļu aprobācijai.





**Kūdraugšņu izvietojums teritorijā saskaņā ar LAD lauku bloku karti**

**Apzīmējumi:**

ŪSIK – valsts nozīmes ūdensnoteka

**Hidromorfo augšņu apakštipu atšifrējums<sup>18</sup>:**

Tz – zemā purva kūdras augsne

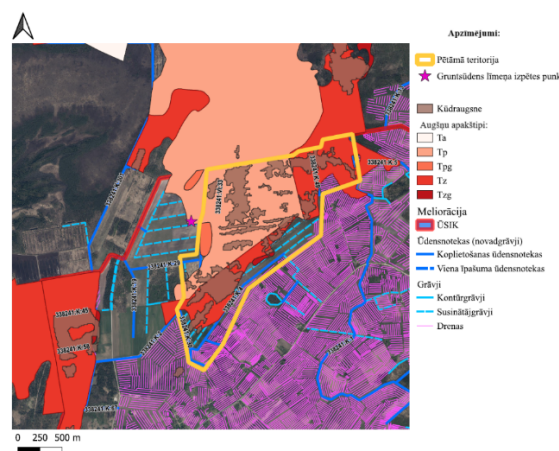
Tzg – zemā purva kūdras gleja augsnes

Ta – augstā purva kūdras augsne

*Avots: Lauku atbalsta dienests, [b.g.]. Lauku reģistra dati; Valsts augu aizsardzības dienests, [b.g.]. LIZ augsnes karte. Pētījuma autoru konstrukcijas.*

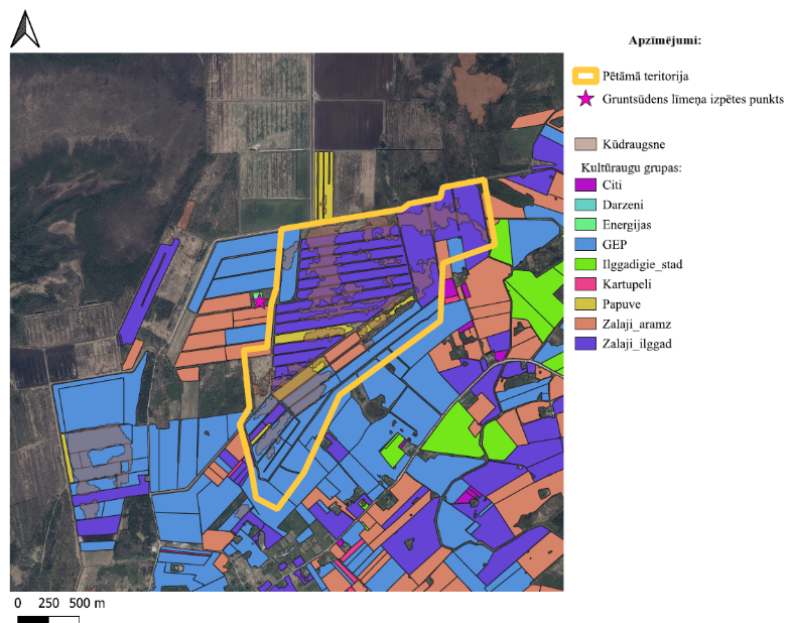
**2.2. attēls. Augsnes raksturojums pilotteritorijā nr. 1.**

Saskaņā ar LAD lauku bloku kartes datiem lielākā daļa pilotteritorijas 2024. gadā tika izmantota lauksaimnieciskai darbībai – galvenokārt ilggadīgo zālāju uzturēšanai, nelielu daļu teritorijas aizņēm GEP (graudaugi, eļļaugi, pākšaugi) un papuves platības (sk. 2.3. att.).



**Kūdraugšņu izvietojums teritorijā saskaņā ar vēsturisko augšņu karti**

<sup>18</sup> Pilvere, I. (2017). *Organisko augšņu devuma novērtējums Latvijas lauksaimniecībā – daudzfaktoru ietekmes izvērtējums efektīvas zemes izmantošanas risinājumu piedāvājumā: Gala atskaite*. Latvijas Lauksaimniecības universitāte. Pieejams: [https://www.lbtu.lv/sites/default/files/files/projects/ORG\\_AUGSNES\\_6\\_0.pdf](https://www.lbtu.lv/sites/default/files/files/projects/ORG_AUGSNES_6_0.pdf)



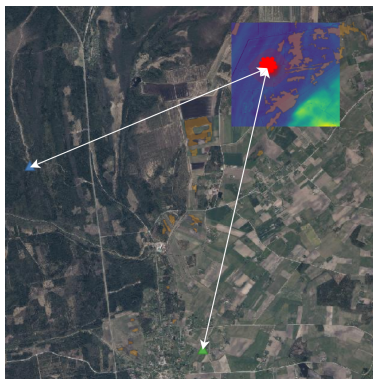
#### Apzīmējumi:

GEP – graudaugi, eļļaugi, pākšaugi

Avots: Lauku atbalsta dienests, [b.g.]. Lauku reģistra dati. Pētījuma autoru konstrukcija.

### 2.3. attēls. Lauksaimniecības zemju sadalījums pēc izmantošanas veida pilotteritorijā nr. 1.

Tā kā pilotteritorijai nr. 1 tuvumā atrodas metroloģiskā stacija “Rucava” (aptuveni 8 132.8 m attālumā) un hidroloģiskā stacija HD073684 (Rucava) (aptuveni 3 981.246 m attālumā) (sk. 2.4. att.), tad tika pētīts gruntūdens līmenis šajā teritorijā.

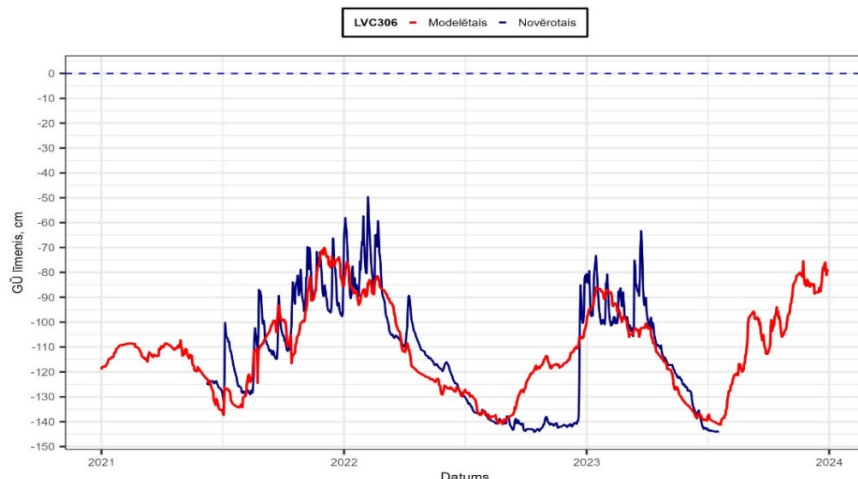


Avots: Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūra, [b.g.]. Pētījuma autoru konstrukcija.

### 2.4. attēls. Pilotteritorijas izvietojums attiecībā pret tuvāko meteoroloģisko un hidroloģisko staciju.

Novērojamo dati, kas iegūti Rucavas gruntsūdeņu novērojumu stacijā, demonstrē, ka gruntsūdens līmenis laika periodā 2021.-2024. gadam svārstās diapazonā no – 60 līdz – 150 cm (sk. 2.5.att.).





Avots: Autoru pētījuma rezultāti.

### 2.5. attēls. Novērtotā (reālā) un modelētā gruntsūdens (GŪ) līmeņa izmaiņu grafiki hidroloģiskā stacijā HD073684 (Rucava) 2021.-2024., cm.

2.5. attēla datos, kas demonstrē gruntsūdens līmeņa izmaiņas, ir redzama izteikta sezonālitate: ziemas mēnešos un pavasara sākumā tas ir augsts, bet vasaras mēnešos – zems. Rudens mēneši kalpo kā pārejas posms gruntsūdens līmeņa izmaiņām, tas ir, pieaugumam.

Tā kā nebija pieejami visi dati par reālo gruntsūdens līmeni šajā teritorijā visā pētījuma periodā, tad iztrūkstošie dati tika modelēti, izmantojot nelineāro regresijas vienādojumu (pētījuma autoru sastādīts) (2.1.):

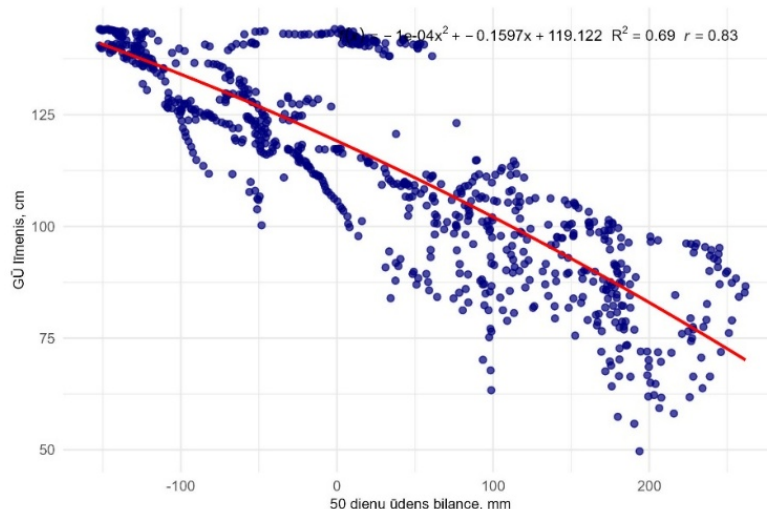
$$y = -1 \cdot 10^{-4} x^2 - 0.1597x + 119.122 \quad (2.1.),$$

kur:

y – gruntsūdens līmenis, cm,

x – 50 dienu ūdens bilance, mm.

Determinācijas koeficienta vērtība ( $R^2=0.69$ ) norāda, ka ar iegūto nelineārās regresijas vienādojumu var izskaidrot 69 % no gruntsūdens līmeņa svārstību variācijas. Savukārt korelācijas koeficients ( $r = -0.83$ ) norāda, ka pastāv cieša negatīva korelācija starp ūdens bilanci un gruntsūdens līmeni, tas nozīmē, pieaugot ūdens bilancei, gruntsūdens līmenis ceļas (sk. 2.6. att.).



*Avots: Autoru pētījuma rezultāti.*

## 2.6. attēls. Izkliedes diagramma starp 50 dienu ūdens bilanci (mm) un gruntsūdens līmeni (cm), regresijas taisne un vienādojums.

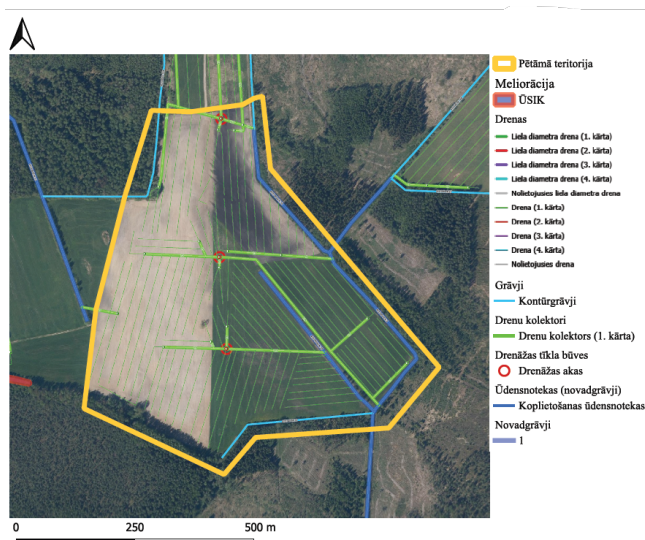
No 2.5. attēla datiem var redzēt, ka modelētais gruntsūdens līmenis kopumā atbilst novērotajam līmenim, tomēr tas izlīdzina straujās svārstības, kas dabā parādās stipru nokrišņu vai sausuma ietekmē. Vispārīgās tendences nelineārās regresijas modelis ataino pietiekami labi, tāpēc to var izmantot kā instrumentu ilgtermiņa gruntsūdens līmeņa prognozēšanai, taču īslaicīgām un straujām svārstībām nepieciešami papildu dati un korekcijas.

Balstoties uz šīs teritorijas izpētes datiem, var secināt, ka meliorācijas sistēma būtiski ietekmē gruntsūdens līmeņa regulāciju pilotteritorijā nr. 1. Esošajā situācijā gruntsūdens svārstās diapazonā no  $-0.60$  m līdz  $-1.50$  m no zemes virsmas, kas nodrošina teritorijas izmantojamību lauksaimnieciskai darbībai. Ja susinātājgrāvji tiktu aizbērti, drenāžas funkcija izzustu, un gruntsūdens līmenis paaugstinātos līdz virszemei vai tuvu tai, izraisot ilgstošu mitruma stagnāciju un applūšanu. Šādos apstākļos pilotteritorija nr. 1 vairs nebūtu piemērota lauksaimnieciskai izmantošanai.

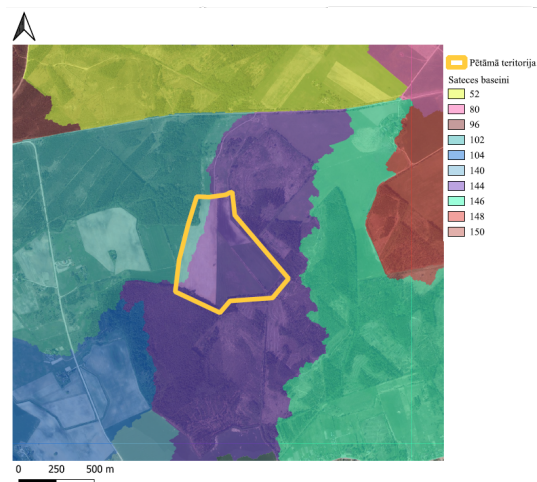
### 2.2. Pilotteritorijas nr. 2 (Ropažu novadā) raksturojums

Balstoties uz definētajiem pilotteritoriju atlases kritērijiem, pētījumam tika izvēlēta vēl viena pilotteritorija – nr. 2, kas atrodas Ropažu novadā. Teritoriju šķērso piebraucamais ceļš, kas stiepjas no ziemeļiem līdz pilotteritorijas centrālajai daļai. Teritorijas centrā atrodas koks, bet austrumu virzienā redzami meža izcirtumi (sk. 2.7.att.). Pilotteritorijas apkārtnē nav īpaši aizsargājamo dabas teritoriju.

Pilotteritorijas nr. 2 hidroloģiskais režīms ir pilnībā atkarīgs no kompleksas meliorācijas sistēmas. Pilotteritoriju klāj pazemes drenu tīkls, ko pa perimetru (ietverot rietumu un austrumu robežas) šķērso kontūrgrāvji un koplietošanas ūdensnotekas (sk. 2.7.att.).



**Meliorācijas sistēma**



**Sateces baseini**

### Apzīmējumi:

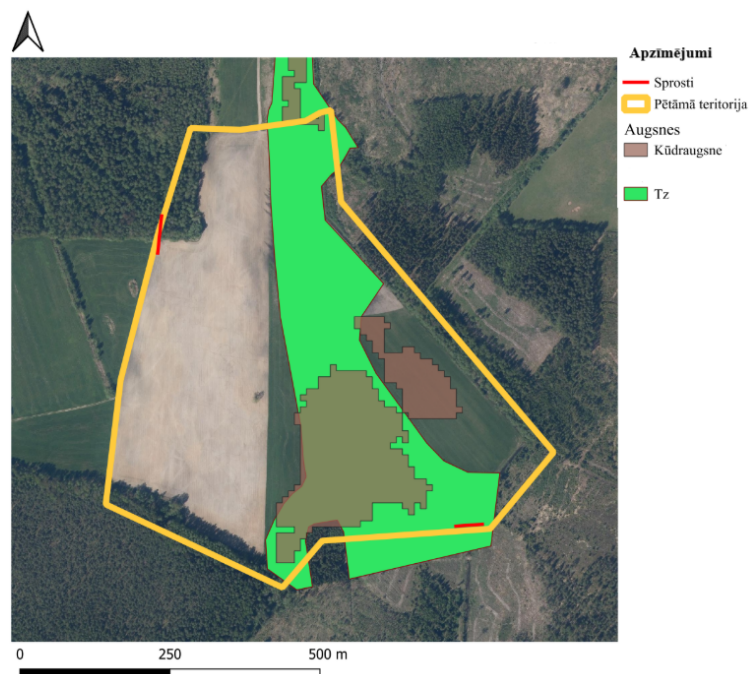
ŪSIK – valsts nozīmes ūdensnoteka

Avots: Zemkopības ministrijas nekustamie īpašumi, [b.g.]. Meliorācijas kadastrs. Pētījuma autoru konstrukcijas.

### 2.7. attēls. Meliorācijas sistēma un sateces baseini pētāmajā pilotteritorijā nr. 2.

Rietumos no pētāmās teritorijas atrodas valsts nozīmes ūdensnoteka (ŪSIK), ar kuru pilotteritorijas nr. 2 meliorācijas tīkls nav tieši savienots, tas rada priekšrocības teritorijas nopludināšanai, izmantojot *Fill Sinks* un *Lake* modeļus.

Teritorijas hidroloģisko stāvokli papildus ietekmē tās atrašanās vieta. Kaut arī pilotteritorija ir drenēta, tā atrodas vairāku sateces baseinu saskares punktā (sk. 2.7.att.), ar dominējošo baseinu nr. 144. Tas nozīmē, ka mitruma režīma uzturēšanu teritorijā ietekmē ne tikai iekšējie nokrišņi, bet arī papildu noteces no blakus esošajām un augstākām teritorijām.



#### Apzīmējumi:

#### Hidromorfo augšņu apakštīpi<sup>19</sup>:

Tz – zemā purva kūdras augsne

m – metri

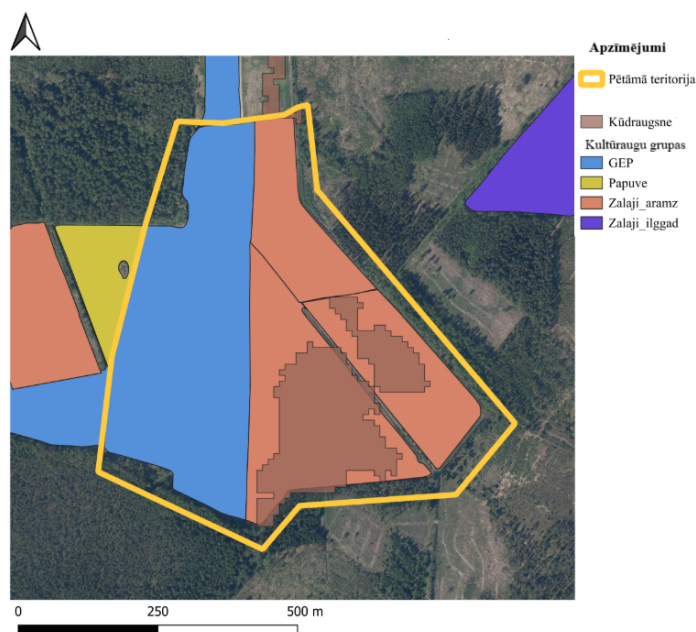
Avots: Lauku atbalsta dienests, [b.g.]. Lauku reģistra dati; Valsts augu aizsardzības dienests, [b.g.]. LIZ augsnes karte. Pētījuma autoru konstrukcija.

#### 2.8. attēls. Augsnes raksturojums pilotteritorijā nr.2.

Saskaņā ar LAD lauku bloku kartes datiem dienvidaustrumos daļu teritorijas klāj kūdraugsne (vidēji sadalījusies) (sk. 2.8.att.). Saskaņā ar vēsturisko augšņu kartes datiem pilotteritorijas austrumu daļā sastopama zemā purva kūdras augsne (Tz). Dati, kas raksturo augsnes tipus pilotteritorijā nr. 2, daļēji pārkājas, līdz ar to var pieņemt, ka pilotteritoriju nr. 2 daļēji klāj kūdraugsne un teritorija ir atbilstoša modeļu aprobācijai.

Saskaņā ar LAD lauku bloku kartes datiem lielākā daļa pilotteritorijas 2024. gadā tika izmantota lauksaimnieciskai darbībai – rietumu daļā tika audzēts tritikāls (GEP), bet austrumu daļā uz kūdraugsnes tika uzturēti aramzemes zālāji (sk. 2.9.att.).

<sup>19</sup> Pilvere, I. (2017). *Organisko augšņu devuma novērtējums Latvijas lauksaimniecībā – daudzfaktoru ietekmes izvērtējums efektīvas zemes izmantošanas risinājumu piedāvājumā: Gala atskaite*. Latvijas Lauksaimniecības universitāte. Pieejams: [https://www.lbtu.lv/sites/default/files/files/projects/ORG\\_AUGSNES\\_6\\_0.pdf](https://www.lbtu.lv/sites/default/files/files/projects/ORG_AUGSNES_6_0.pdf)



#### Apzīmējumi:

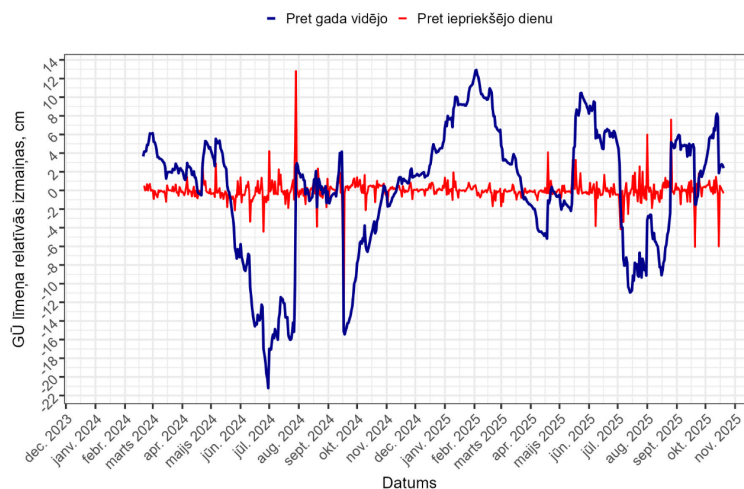
GEP – graudaugi, eļļaugi, pākšaugi m – metri

Avots: Lauku atbalsta dienests, [b.g.]. Lauku reģistra dati. Pētījuma autoru konstrukcija.

### 2.9. attēls. Lauksaimniecības zemju sadalījums pēc izmantošanas veidiem pilotteritorijā nr. 2.

Tā kā pilotteritorijā nr. 2 (identiska situācija būs ar pilotteritorijās nr. 3 un nr. 4) nav uzstādīti gruntsūdens līmeņa sensori, gruntsūdens dinamikas analīzei un modelēšanai tika izmantoti analītiskie aprēķini, kuru pamatā ir Rucavas gruntsūdeņu novērojumu stacijā iegūtie mērījumu dati. Līdz ar to jāatzīmē, ka aprēķini pilotteritorijai nr. 2 (kā arī nr. 3 un nr. 4) atspoguļo gruntsūdens līmeņa relatīvās izmaiņas (svārstības), nevis absolūtās gruntsūdens vērtības, jo reāli mērījumi šajās pilotteritorijās nav pieejami. Šī pieeja ļauj modelēt gruntsūdens līmeņa ciklisko un sezonālo dinamiku, kas nepieciešama tālākai kūdraugsnes appludināšanas efektivitātes novērtēšanai.

Gruntsūdeņu līmeņa izmaiņas pilotteritorijā nr. 2 atspoguļotas 2.10. attēlā.





Piezīme: **Zilā līkne** – ilgtermiņa svārstības. **Sarkanā līkne** – īstermiņa svārstības.

Avots: Autoru pētījuma rezultāti.

#### 2.10. attēls. Gruntsūdeņu (GŪ) līmeņa relatīvās izmaiņas laika posmā no 2024. līdz 2025. gada oktobrim pilotteritorijā nr. 2, cm.

Analizējot gruntsūdeņu (GŪ) līmeņa relatīvās izmaiņas pilotteritorijā nr. 2 laika posmā no 2024. gada līdz 2025. gada oktobrim, skaidri iezīmējas izteiktas sezonālas un cikliski atkārtotojās svārstības.

Ilgtermiņa svārstības, kas attēlotas ar zilo līkni, demonstrē regulāru ciklu. 2024. gada sākumā gruntsūdens līmenis pārsniedza gada vidējo vērtību, sasniedzot maksimumu martā, kas ir raksturīgs pavasara periodam. Tam sekoja straujš līmeņa kritums sākot ar jūniju, kas jūlijā beigās un augusta sākumā sasniedza izteiktu minimumu, ap -20 līdz -22 cm. Šis dziļais kritums norāda uz augstu iztvaikošanas intensitāti un pastiprinātu augu transpirāciju (ūdens iztvaikošana caur lapām) vasaras periodā. Rudens laikā līmenis pakāpeniski atjaunojās, oktobrī pietuvojoties vidējai atzīmei.

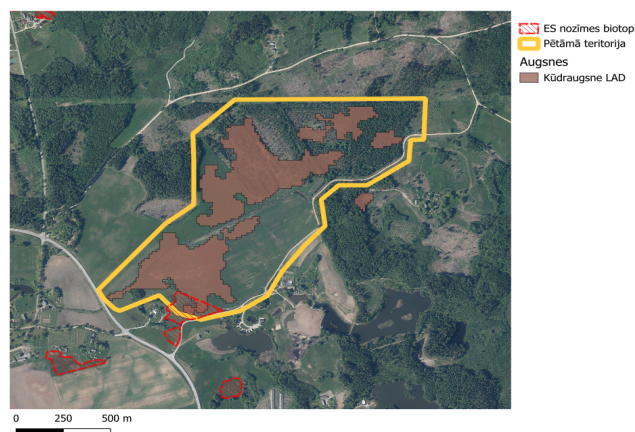
Gada cikls dramatiski atkārtojās 2025. gadā, uzrādot novērojumu perioda lielāko pacēlumu. Gada sākumā un pavasarī, no janvāra līdz martam, novērotais maksimums pārsniedza gada vidējo līmeni par aptuveni +12 cm, ko var skaidrot ar intensīvu sniega kušanu un pavasara lietavu noteci. Līmenis pakāpeniski samazinājās maijā, sasniedzot -4 cm zem vidējā, bet jūnijā īslaicīgi atkal pacēlās līdz aptuveni +8 cm, atspoguļojot lokālu intensīvu nokrišņu epizodi. Vasaras beigās, no jūlija līdz septembrim, līmenis atkārtoja kritumu, sasniedzot ap -10 cm atzīmi, kam sekoja stabila atjaunošanās rudenī, novembra sākumā līmenim sasniedzot aptuveni +8cm virs vidējā.

Īstermiņa svārstības, kas attēlotas ar sarkano līkni, lielākoties ir relatīvi nelielas, svārstoties ap nulli  $\pm 2$  cm robežās, kas liecina par stabilu un pakāpenisku līmeņa maiņas ātrumu. Tomēr novērojami arī vairāki izteikti vienas dienas līmeņa kāpumi vai kritumi, saistīti ar lokāli intensīviem meteoroloģiskiem notikumiem, no kuriem visizteiktākais bija 2024. gada augusta sākumā, kad līmenis vienā dienā pieauga par vairāk nekā +12 cm.

Kopumā gruntsūdeņu līmeņa dinamika pilotteritorijā nr. 2 ir stabils, sezonāli nosacīts ciklisks process, bez skaidras ilgtermiņa paaugstināšanās vai pazemināšanās tendences novērotajā periodā. Līmeņa izmaiņas apliecina spēcīgu atkarību no nokrišņiem un iztvaikošanas, un šo ciklu obligāti jāņem vērā, veicot kūdraugsnes appludināšanas modelēšanu.

#### 2.3. Pilotteritorijas nr. 3 (Cēsu novadā) raksturojums

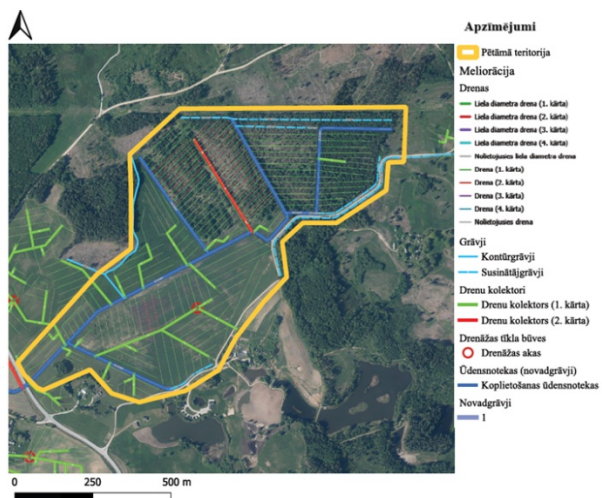
Pētījumam tika izvēlēta pilotteritorija nr. 3, kas atrodas Cēsu novadā. Austrumu pusē pa pilotteritorijas robežu (perimetru) iet grants ceļš, kuru vairākos posmos ieskauj dažāda veida grāvji, savukārt teritorijas tuvumā dienvidaustrumu daļā atrodas vairāki apdzīvoti privātīpašumi. Pilotteritorijas dienvidaustrumu malā atrodas daļa no Eiropas Savienības nozīmes biotopa (sk. 2.11. att.), kas jāņem vērā, nosakot maksimālo appludināšanas līmeni.



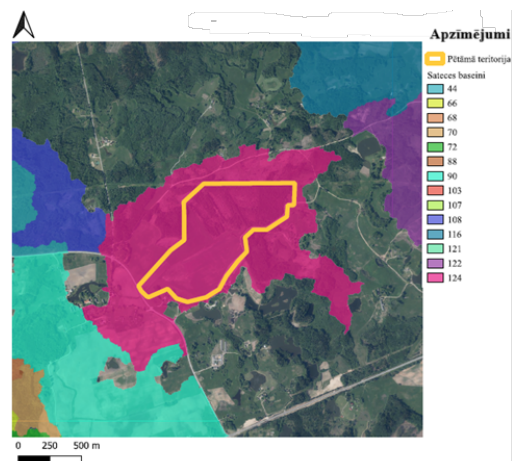
Avots: Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūra, [b.g.]. Pētījuma autoru konstrukcija.

### 2.11. attēls. Pētāmajā pilotteritorijā nr. 3 Cēsu novadā.

Visu pilotteritoriju klāj pazemes meliorācijas tīkls – drenu sistēma un teritorijas centrālajā daļā izvietotas koplietošanas ūdensnotekas, kuras novada ūdeņus uz valsts nozīmes ūdensnoteku (ŪSIK), kas atrodas rietumos no pētāmās teritorijas un neietilpst pētāmajā pilotteritorijā nr. 3 (sk. 2.12.att.). Pa teritorijas ziemeļu robežu (perimetru) iet kontūrgrāvji un susinātājgrāvji.



**Meliorācijas sistēma**



**Sateces baseini**

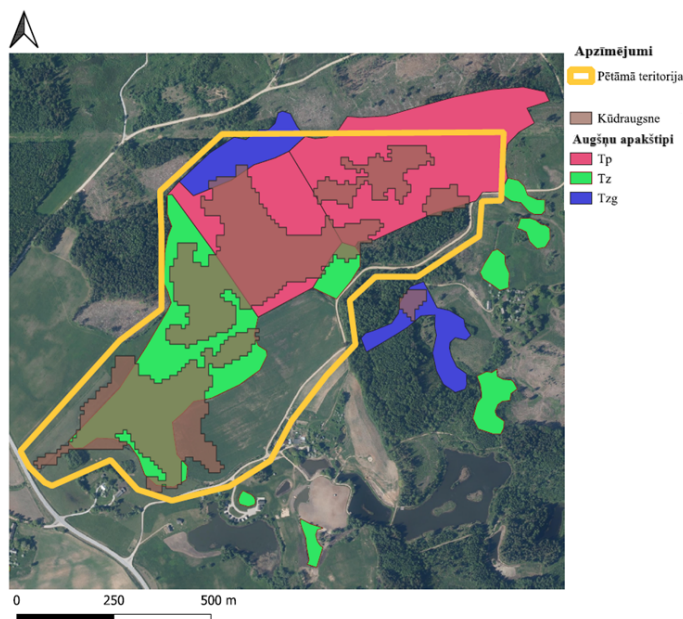
Avots: Zemkopības ministrijas nekustamie īpašumi, [b.g.]. Meliorācijas kadastrs. Pētījuma autoru konstrukcijas.

### 2.12. attēls. Meliorācijas sistēma un sateces baseini pētāmajā pilotteritorijā nr. 3.

Pilotteritorija atrodas viena sateces baseina (nr. 124) ietekmē (sk. 2.12.att.). Tas nozīmē, ka liela daļa noteces nonāk vienā sistēmā.

Saskaņā ar LAD lauku bloku kartes datiem pilotteritoriju klāj kūdraugsne. Saskaņā ar vēsturisko augšņu kartes datiem teritorijas dienvidos atrodas zemā purva kūdras augsne (Tz), ziemeļos - pārejas purva kūdras augsne (Tp) un nelielā platībā arī zemā purva kūdras gleja augsnes (Tzg). Iegūtie dati daļēji pārkājas, līdz ar to var pieņemt, ka pilotteritoriju nr. 3 daļēji klāj kūdraugsne un tā ir atbilstoša modeļu aprobācijai.





#### Apzīmējumi:

m - metri

#### Hidromorfo augšņu apakštipi<sup>20</sup>:

Tp – pārejas purva kūdras augsne

Tz – zemā purva kūdras augsne

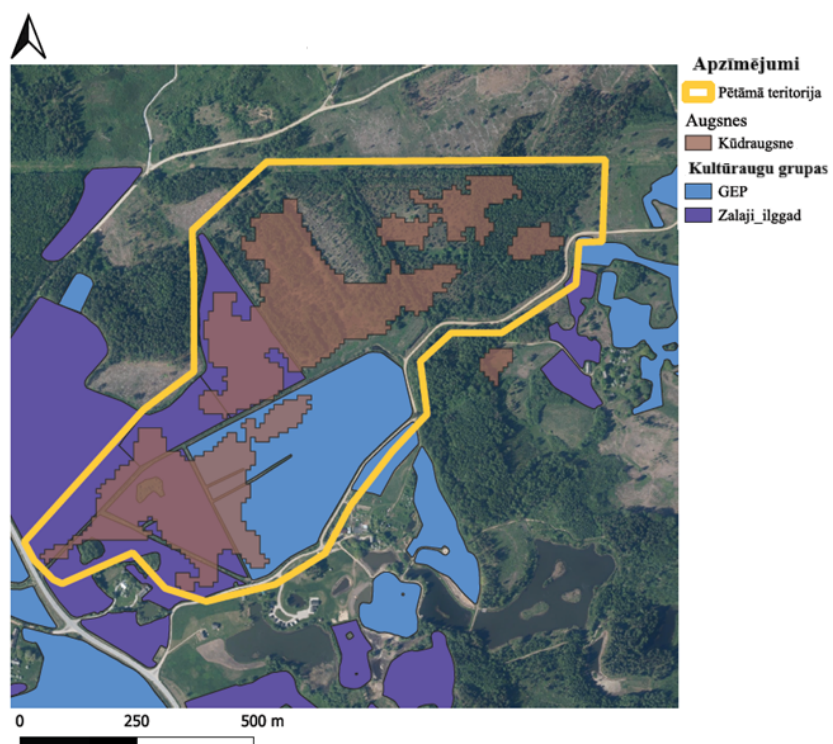
Tzg – zemā purva kūdras gleja augsnes

*Avots: Lauku atbalsta dienests, [b.g.]. Lauku reģistra dati; Valsts augu aizsardzības dienests, [b.g.]. LIZ augsnes karte. Pētījuma autoru konstrukcija.*

#### 2.13. attēls. Augsnes raksturojums pilotteritorijā nr.3.

Saskaņā ar LAD lauku bloku kartes datiem daļa pilotteritorijas 2024. gadā tika izmantota lauksaimnieciskai darbībai – austrumu daļā tika audzēti GEP (rudzi ar stiebrzāļu pasēju vai tauriņziežu pasēju), bet rietumos uzturēti ilggadīgie zālāji. Teritorijas centrālo un ziemeļu un ziemeļaustrumu daļu klāj meži. Pilotteritorijas dienvidu daļā esošā LIZ tiek izmantota bioloģiskajā lauksaimniecībā.

<sup>20</sup> Pilvere, I. (2017). *Organisko augšņu devuma novērtējums Latvijas lauksaimniecībā – daudzfaktoru ietekmes izvērtējums efektīvas zemes izmantošanas risinājumu piedāvājumā: Gala atskaite*. Latvijas Lauksaimniecības universitāte. Pieejams: [https://www.lbtu.lv/sites/default/files/files/projects/ORG\\_AUGSNES\\_6\\_0.pdf](https://www.lbtu.lv/sites/default/files/files/projects/ORG_AUGSNES_6_0.pdf)



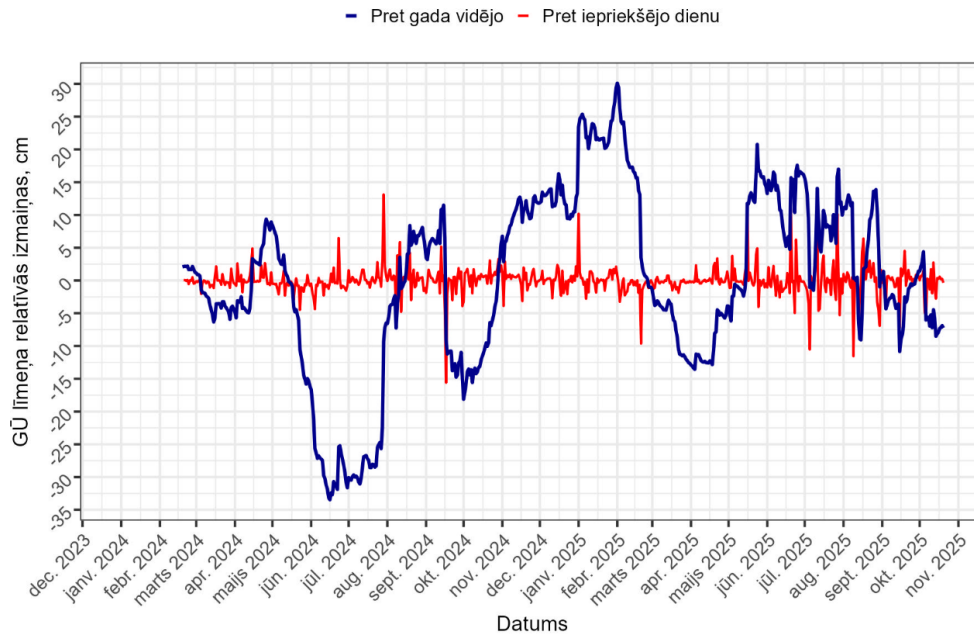
**Apzīmējumi:**

GEP – graudaugi, eļļaugi, pākšaugi m – metri

*Avots: Lauku atbalsta dienests, [b.g.]. Lauku reģistra dati. Pētījuma autoru konstrukcija.*

**2.14. attēls. Lauksaimniecības zemju sadalījums pēc izmantošanas veidiem pilotteritorijā nr. 3.**

Gruntsūdeņu līmeņa izmaiņas pilotteritorijā nr. 3 atspoguļotas 2.15. attēlā.



Piezīme: **Zilā līkne** – ilgtermiņa svārstības. **Sarkanā līkne** – īstermiņa svārstības.

Avots: Autoru pētījuma rezultāti.

#### 2.15. attēls. Gruntsūdeņu (GŪ) līmeņa relatīvās izmaiņas laika posmā no 2024. līdz 2025. gada oktobrim pilotteritorijā nr. 3, cm.

2.15. attēlā redzamās sezonālās svārstības (zilā līkne) ir ārkārtīgi izteiktas un cikliskas, ar skaidri iezīmētām divām fāzēm katru gadu. 2024. gada sākumā, pēc mērena pacēluma, vērojams straujš līmeņa kritums, kas ap jūliju un augustu sasniedza izteiktu minimumu aptuveni -30 līdz -35 cm zem gada vidējā. Šis kritums ir tipisks vasaras beigām un skaidrojams ar pastiprinātu iztvaikošanu un augu transpirāciju (ūdens iztvaikošana caur lapām). Rudens mēnešos (oktobris – novembris) sākās strauja līmeņa atjaunošanās.

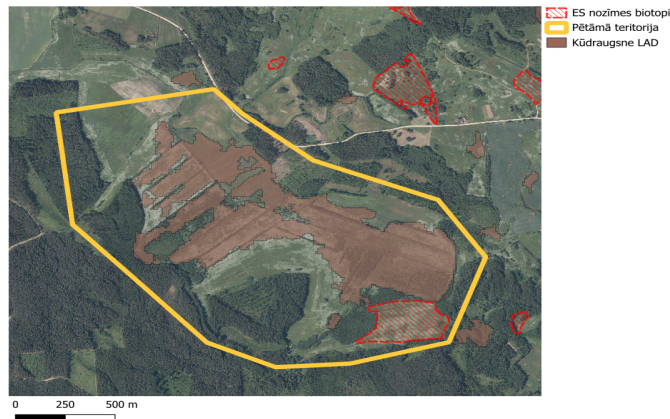
Gada cikls dramatiski atkārtojās 2025. gadā. Gada sākumā (janvāris – marts) tika novērots izteikts maksimums, kas pārsniedza gada vidējo līmeni par aptuveni +25 līdz +30 cm. Šis pacēlums, visticamāk, ir saistīts ar sniega kušanu un palielinātu nokrišņu daudzumu. Pavasarim beidzoties, sekoja pakāpenisks kritums līdz vasaras sākumam, kam sekoja vēl viens mērens pacēlums vasaras vidū un rudenī, sasniedzot maksimumu ap +15 līdz +20 cm virs vidējā līmeņa.

Diennakts svārstības (sarkanā līkne) kopumā ir nelielas, liecinot par pakāpenisku, nevis krasu līmeņa dinamiku. Lielāko daļu laika posma svārstības notiek ap nulles asi, robežās no  $\pm 1$  līdz  $\pm 5$  cm. Tomēr atsevišķos periodos novērojami straujāki vienas dienas līmeņa kāpumi vai kritumi, kas sasniedz no  $\pm 5$  līdz  $\pm 10$  cm, piemēram, 2024. gada augustā un 2025. gada jūnijā, augustā un oktobrī.

Kopējā gruntūdens līmeņa dinamika norāda uz stabilu ciklisku raksturu bez izteiktas ilgtermiņa paaugstināšanās vai pazemināšanās tendences pētījuma periodā. Cikla fāzes — pavasara pacēlums (papildināšanās no sniega kušanas/lietus) un vasaras–rudens kritums (dominējoša iztvaikošana un transpirācija (ūdens iztvaikošana caur lapām)) — ir izteiktas un atkārtojas, atspoguļojot klimatisko apstākļu noteikto hidroloģisko režīmu.

## 2.4. Pilotteritorijas nr. 4 (Rēzeknes novadā) raksturojums

Pētījumam kā pilotteritorija nr. 4 tika izvēlēta teritorija, kas atrodas Rēzeknes novadā (Kaunatas pagastā). Gar pilotteritorijas ziemeļaustrumu robežu (pa teritorijas perimetru) ved grants ceļš, un aiz tā ziemeļaustrumu virzienā izvietotas vairākas privātas saimniecības (sk. 2.16.att.).

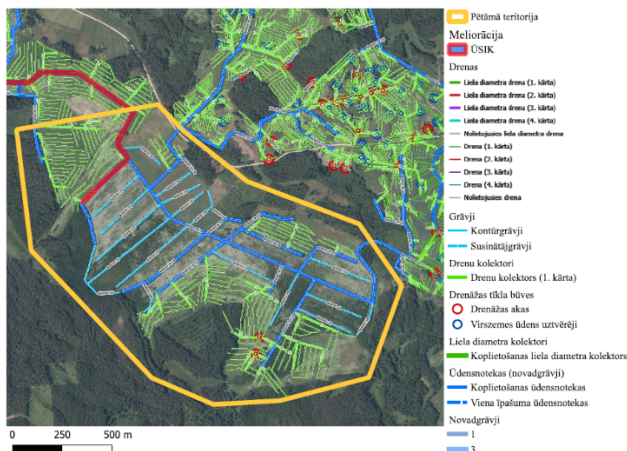


Avots: Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūra, [b.g.]. Pētījuma autoru konstrukcija.

### 2.16. attēls. Pētāmajā pilotteritorijā nr. 4.

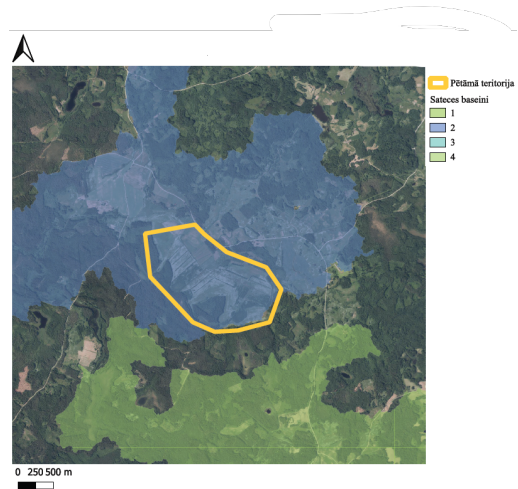
Pilotteritorijas dienvidaustrumu daļā atrodas ES nozīmes biotops, kas robežojas ar meliorētu kūdraugsnī, kuru šī pētījuma ietvaros plānots appludināt. Biotopa teritorijā ir izbūvēta drenu sistēma, kas savienojas ar appludināmās teritorijas grāvju tīklu. Ārpus pētāmās teritorijas ziemeļaustrumu daļā atrodas vairāki, citi ES nozīmes biotopi.

Pētāmajā pilotteritorijā nr. 4 meliorācijas sistēma ir atkarīga no augsnes tipa un reljefa (sk. 2.17.att.). Vietās, kur sastopama kūdraugsne, galvenokārt izbūvēti kontūrgrāvji, susinātājgrāvji un koplietošanas ūdensnotekas. Ap kūdraugsnes masīviem ir izbūvēta drenu sistēma. Kūdraugsnei piegulošajā ziemeļrietumu daļā atrodas valsts nozīmes ūdensnoteka (ŪSIK). Caur kūdraugsnī iet koplietošanas ūdensnotekas, kas savāc un novada ūdeņus no ziemeļu daļas meliorētajām teritorijām.



### Meliorācijas sistēma

Apzīmējumi:



### Satences baseini



ŪSIK – valsts nozīmes ūdensnoteka

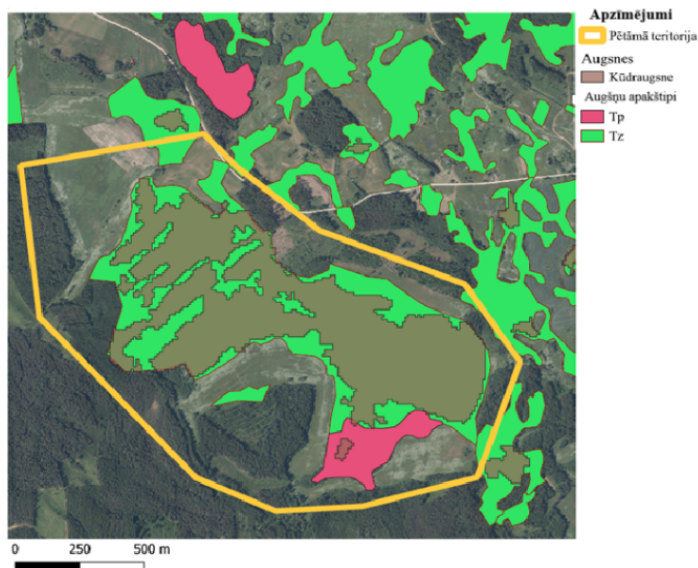
m – metri

Avots: Zemkopības ministrijas nekustamie īpašumi, [b.g.]. Meliorācijas kadastrs. Pētījuma autoru konstrukcijas.

#### 2.17. attēls. Meliorācijas sistēma un sateces baseini pētāmajā pilotteritorijā nr. 4.

Pilotteritorija nr. 4 ietilpst sateces baseinā nr. 2, kas apkopo virszemes noteci no tam pieguļošajām teritorijām.

Saskaņā ar LAD lauku bloku kartes datiem daļu pilotteritorijas klāj kūdraugsne (sk. 2.18.att.). Pēc vēsturiskās augšņu kartes datiem teritoriju pārsvarā sedz zemā purva kūdras augsne (Tz), bet nelielu daļu tās dienvidos – pārejas purva kūdras augsne (Tp). Tā kā iegūtie dati daļēji pārklājas, var secināt, ka pilotteritoriju nr. 4 daļēji klāj kūdraugsne, un tā ir piemērota modeļu aprobācijai.



#### Apzīmējumi:

m – metri

#### Hidromorfo augšņu apakštīpi<sup>21</sup>:

Tp – pārejas purva kūdras augsne

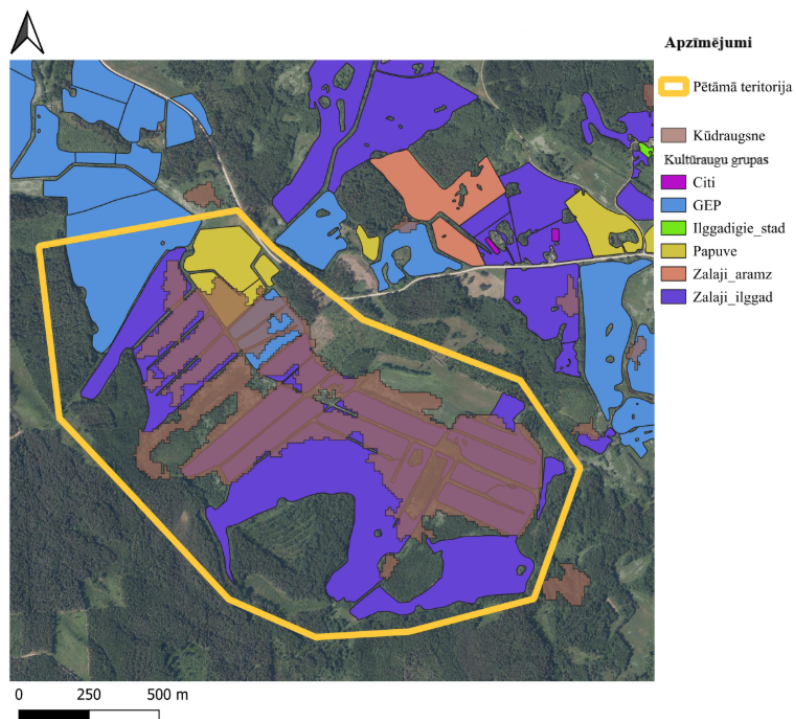
Tz – zemā purva kūdras augsne

Avots: Lauku atbalsta dienests, [b.g.]. Lauku reģistra dati; Valsts augu aizsardzības dienests, [b.g.]. LIZ augsnes karte. Pētījuma autoru konstrukcija.

#### 2.18. attēls. Augsnes raksturojums pilotteritorijā nr. 4.

Saskaņā ar LAD lauku bloku kartes datiem daļa pilotteritorijas 2024. gadā tika izmantota lauksaimnieciskai darbībai – galvenokārt ilggadīgo zālāju uzturēšanai (sk. 2.19.att.). Teritorijas ziemeļu daļā kūdraugsnē tiek audzēti GEP, savukārt neliela platība atstāta papuvē. Pētāmās teritorijas daļu klāj meži.

<sup>21</sup> Pilvere, I. (2017). *Organisko augšņu devuma novērtējums Latvijas lauksaimniecībā – daudzfaktoru ietekmes izvērtējums efektīvas zemes izmantošanas risinājumu piedāvājumā: Gala atskaite*. Latvijas Lauksaimniecības universitāte. Pieejams: [https://www.lbtu.lv/sites/default/files/files/projects/ORG\\_AUGSNES\\_6\\_0.pdf](https://www.lbtu.lv/sites/default/files/files/projects/ORG_AUGSNES_6_0.pdf)



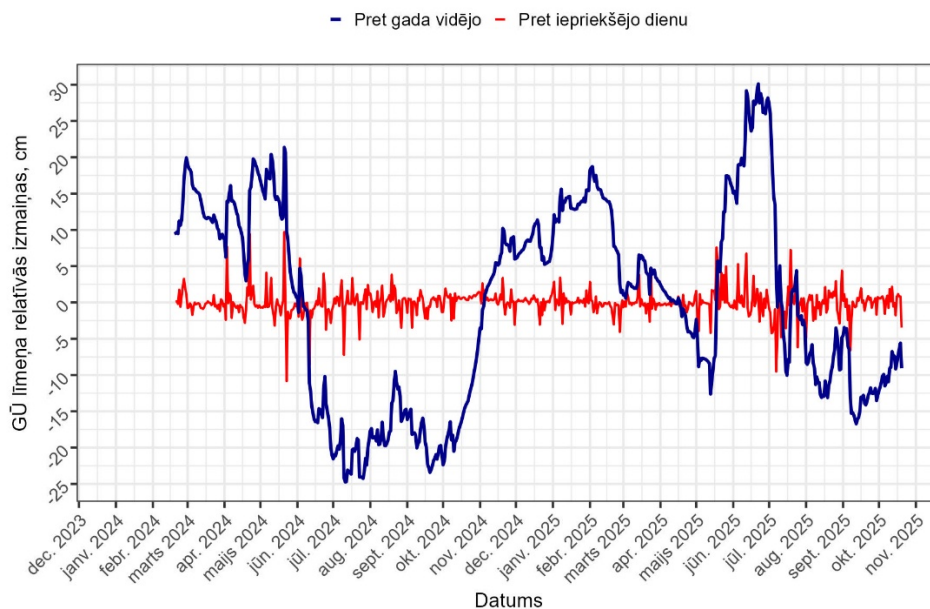
#### Apzīmējumi:

GEP – graudaugi, eļļaugi, pākšaugi m – metri

Avots: Lauku atbalsta dienests, [b.g.]. Lauku reģistra dati. Pētījuma autoru konstrukcija.

#### 2.19. attēls. Lauksaimniecības zemju sadalījums pēc izmantošanas veidiem pilotteritorijā nr. 4.

Pilotteritorijā tika pētītas arī gruntsūdeņu līmeņa izmaiņas (sk. 2.20.att.).



Piezīme: **Zilā līkne** – ilgtermiņa svārstības. **Sarkanā līkne** – īstermiņa svārstības.



*Avots: Autoru pētījuma rezultāti.*

**2.20. attēls. Gruntsūdeņu (GŪ) līmeņa relatīvās izmaiņas laika posmā no 2024. līdz 2025. gada oktobrim pilotteritorijā nr. 4, cm.**

Analizējot gruntūdens līmeņa datus, tika konstatētas izteiktas sezonālas svārstības, kas cieši saistītas ar hidroloģiskajiem un meteoroloģiskajiem faktoriem – nokrišņu daudzumu, gaisa temperatūru un iztvaikošanas intensitāti. Pavasara mēnešos (marts – maijs) novērojams ievērojams līmeņa paaugstinājums, kas, visticamāk, saistīts ar kūstošā sniega noteci un palielinātu nokrišņu daudzumu. Šajā periodā virszemes ūdeņu pieplūde un gruntsūdeņu papildināšanās izraisa kopējo ūdens līmeņa paaugstināšanos. Savukārt vasaras beigās un rudenī (augusts – oktobris) vērojama pretēja tendence – ūdens līmenis pakāpeniski samazinās. Šo samazinājumu var skaidrot ar paaugstinātu gaisa temperatūru un līdz ar to pastiprinātu iztvaikošanas intensitāti, kā arī ar veģetācijas sezonas laikā pieaugošo augu transpirāciju (ūdens iztvaikošana caur lapām). Rezultātā notiek kopējās ūdens bilances samazinājums, kas atspoguļojas līmeņa kritumā.

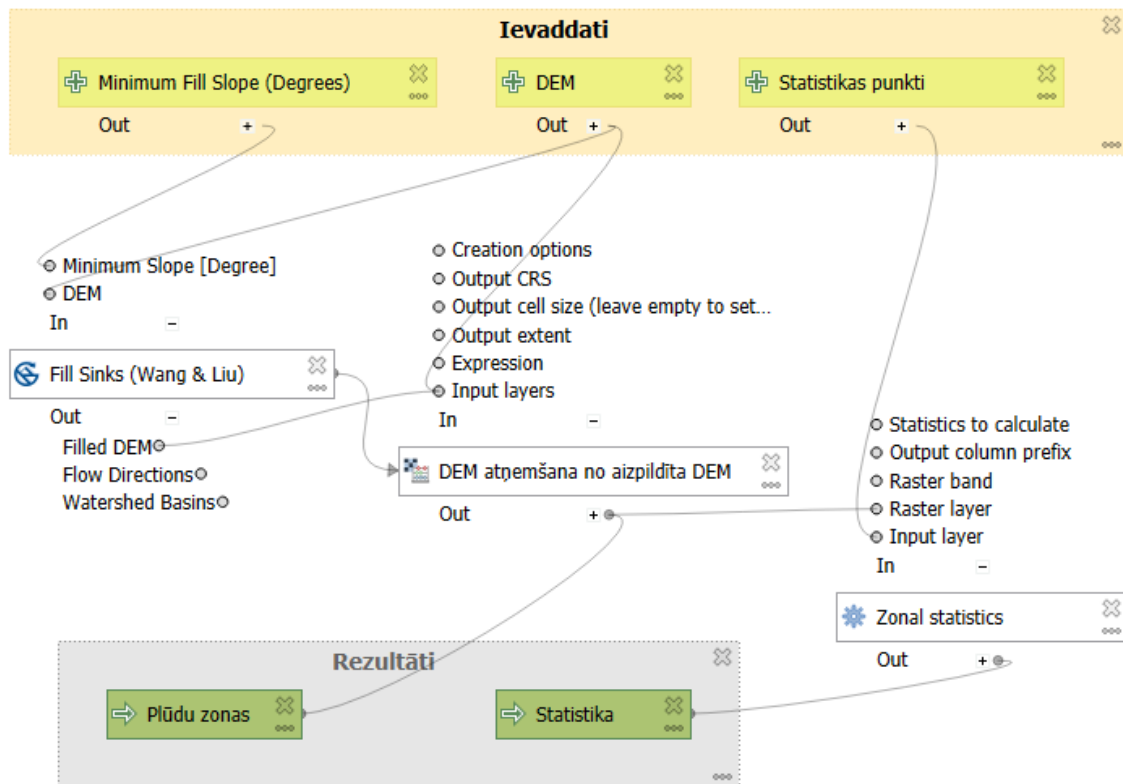
Salīdzinot faktiskos novērojumus ar gada vidējo līmeni, redzams, ka 2024. gada pavasarī ūdens līmenis pārsniedza vidējo aptuveni par +20 cm. Vasaras otrajā pusē tika novērots straujš kritums līdz -25 cm, kas saskan ar periodu, kad iztvaikošana ir visintensīvākā. 2025. gada pavasarī un vasaras sākumā atkārtojās līdzīgs cikls ar maksimumu ap +25–30 cm virs vidējā līmeņa. Šie novērojumi apliecina, ka katru gadu izteikti iezīmējas divas fāzes – pavasara pacēlums un vasaras–rudens kritums, kas raksturīgas klimatisko apstākļu noteiktam hidroloģiskajam režīmam.

Diennakts svārstības kopumā ir nelielas – sarkanā līkne svārstās ap nulli  $\pm 1-2$  cm robežās, kas liecina par vienmērīgu, pakāpenisku līmeņa maiņu. Tomēr atsevišķos periodos (piemēram, 2024. gada maijā un 2025. gada jūnijā) novēroti straujāki vienas dienas līmeņa kāpumi vai kritumi.

Neskatoties uz īstermiņa un sezonālajām svārstībām, kopējā līmeņa dinamika norāda uz stabilu ciklisku raksturu bez izteiktas ilgtermiņa paaugstināšanās vai pazemināšanās tendences. Veicot kūdraugsnes appludināšanas modelēšanu, būtiski ir ņemt vērā gruntsūdeņu līmeņa izmaiņas, jo tās tieši ietekmē appludināšanas efektivitāti un potenciālās sekas uz apkārtējo teritoriju.

### 3. Applūšanas scenāriju modelēšana

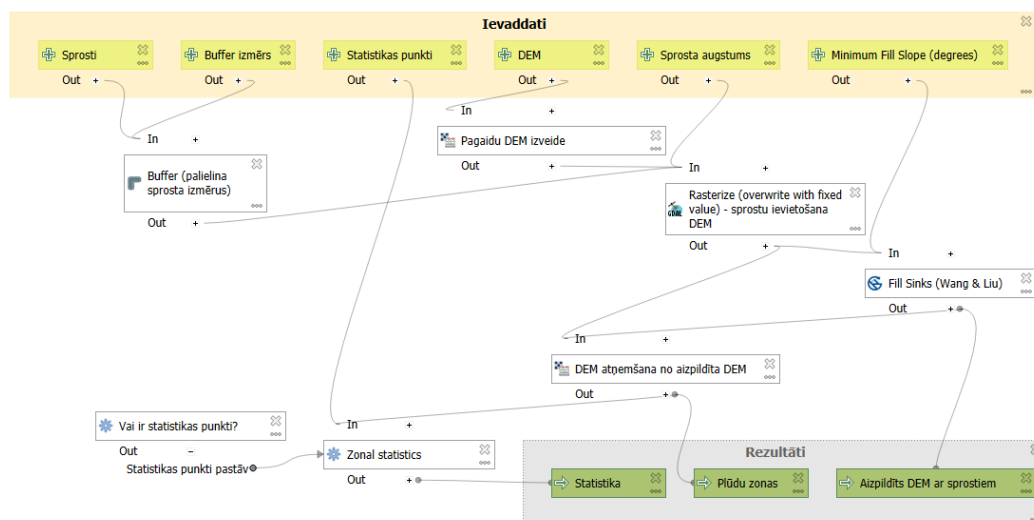
Ģeotelpiskajai analīzei tika izmantota QGIS programmatūra un tai piesaistītie spraudņi *GRASS GIS*, *SAGA* un *Whitebox Workflows*. Šie rīki nodrošina plašu algoritmu un modeļu klāstu, kas balstīti uz starptautiski atzītiem pētījumiem un matemātiskām pieejām. Pētījuma gaitā vislielākā uzmanība tika pievērsta *SAGA* rīkam *Fill Sinks (Wang & Liu)* un *GRASS* rīkam *Lake*, kurus izmanto applūšanas modelēšanai. Izmantojot iteratīvu pieeju, tika mainīti tā parametri, lai atrastu optimālās vērtības, kas precīzi atbilst pētāmās teritorijas reljefam, drenāžas sistēmai un kūdraugsnei. Lai iegūtu ūdens līmeņa augstumu virs reljefa ar konkrēti *Fill Sinks* rīku, no aizpildītā rastra vērtībām tika atņemts digitālais reljefa modeļa (turpmāk tekstā – DEM) rastra vērtības (sk. 3.1. att.).



Avots: Pētījuma autoru konstrukcija.

#### 3.1. attēls. QGIS modelis, kurā automatizē applūšanas datu ieguvu.

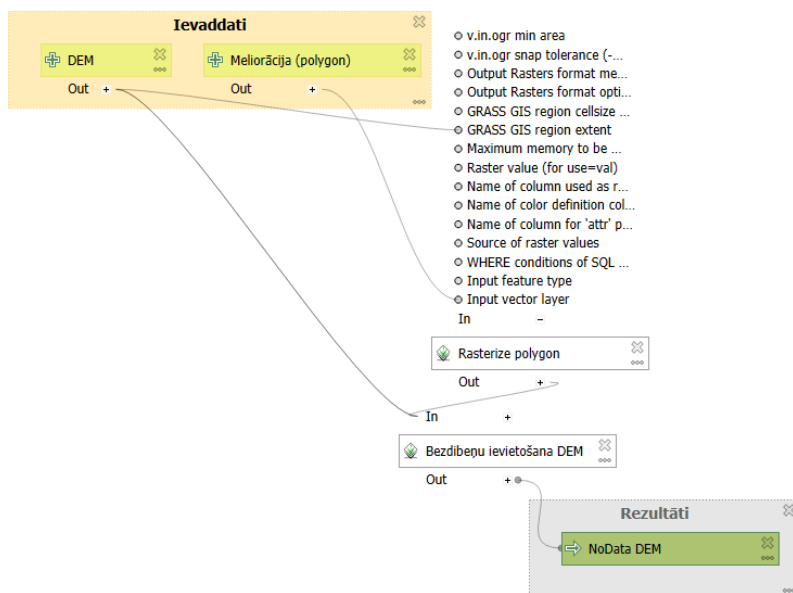
Lai paātrinātu šo procesu un samazinātu manuālo darbību pieļauto kļūdu iespējamību, QGIS vidē tika izstrādāts īpašs modelis, kas automatizēja aprēķinus un nodrošināja iespēju vienlaikus izveidot vairākus applūšanas scenārijus ar mainītiem parametriem. Automātiski iespējams arī aprēķināt ūdens augstumu dažādos reljefā ievietotos punktos. Iegūtie rezultāti palīdz izprast, kādas modeļa vērtības sniedz neiespējamus applūšanas scenārijus.



Avots: Pētījuma autoru konstrukcija.

### 3.2. attēls. Appludināšanas modelis ar automātisku sprostu ievietošanu.

Pētījumā tika analizēta arī drenāžas ietekme uz applūšanas aprēķiniem, un šim nolūkam DEM tika papildināts ar aizsprostiem (sk. 3.2. att.). Lai to panāktu, tika izstrādāts vēl viens QGIS modelis, kuram kā ievaddati bija nepieciešami vektoru slānis ar aizsprostiem, reljefs un *Fill Sinks* parametri. Vektori tika pārveidoti par daudzstūriem, tiem izveidota buferzona, un šādā veidā tika modelēts aizsprosts ar dažādiem lielumiem. Šajās vietās DEM tika pievienots papildus augstums, kura vērtību bija iespējams brīvi mainīt, tādējādi eksperimentējot ar vairākiem scenārijiem. Rediģētais DEM tika padots tālāk uz *Fill Sinks* modeli, kur rezultātā atkal tika iegūti applūšanas dati. Papildus, izmantojot QGIS rastra analīzes rīku *Zonal Statistics*, konkrētos punktos tika noteikti applūšanas līmeņi.



Avots: Pētījuma autoru konstrukcija.

### 3.3. attēls. DEM bezdzībeņu veidošanas modelis.

Tā kā sākotnējā DEM drenu sistēmā varēja būt neprecīzi iezīmēta virsma LiDAR datu kvalitātes vai DEM izšķirtspējas dēļ, tika eksperimentēts ar tā sauktajiem bezdibeņiem un drenāžas “aizbēršanu” jeb interpolēšanu tā, lai drenāžas elementi būtu vienā augstumā ar apkārtējo reljefu. Bezdibeņus *Fill Sinks* modelis uztver, kā vietas, kur ūdens brīvi aizplūst projām, tādēļ ir iespējams simulēt pamata situācijas, kad visi drenāžas elementi meliorētajā augsnē funkcionē. Bezdibeņu ātrākai izveidei tika izveidots vienkāršots QGIS modelis (sk. 3.3. att.), kurš pieprasīja DEM un daudzstūru datu slāni ar informāciju par meliorācijas sistēmu. Vietās, kur atrodas meliorācijas sistēmas daudzstūru modelis, izveido buferzonu, kur buferzonas lielumu jānorāda paštaisītajā modelī kā parametru. Šī buferzona domāta, lai tiktu ieskausti apkārt esošie elementi ap grāvi (gara zāle, koki, nepilnības DEM vai LiDAR datos). Daudzstūra un tā buferzonas vietai tiek izmantota formula (3.1.):

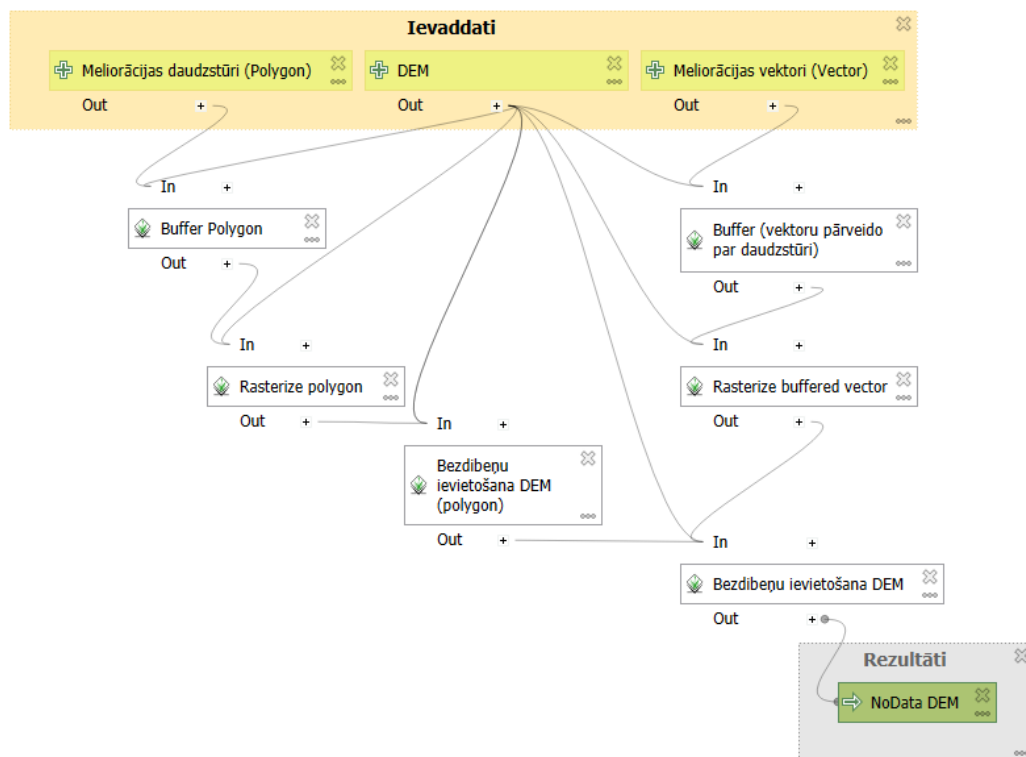
$$if(isnull(B), A, null()), \quad (3.1.)$$

kur

mainīgais A ir DEM

mainīgais B ir meliorācijas sistēmas daudzstūris (pārveidots par rastru).

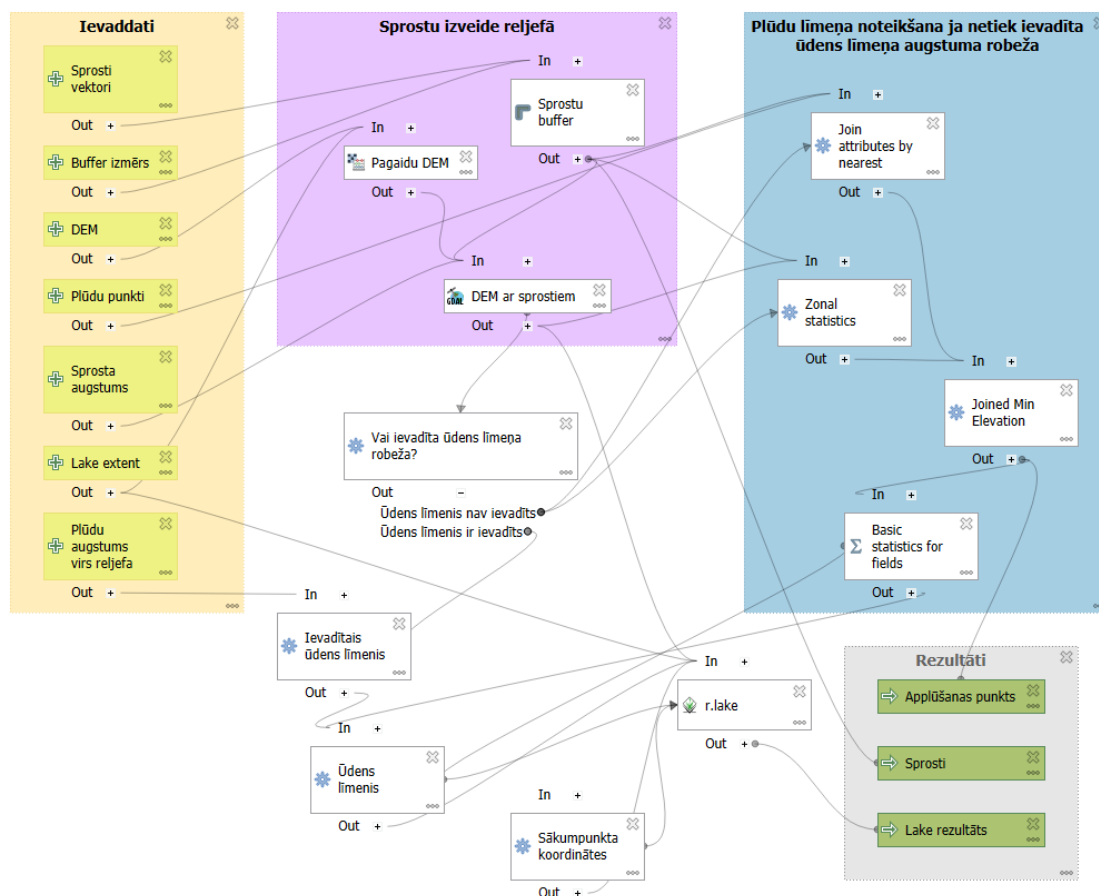
Formula daudzstūra atrašanās vietā pašā DEM izveido null vērtības jeb bezdibeņus. Papildus vienkāršotajam bezdibeņu veidošanas modelim, tika izveidots arī modelis, kurā var ievietot gan vektorus, gan daudzstūrus, no kuriem tiktu veidoti bezdibeņi (sk. 3.4. att.).



Avots: Pētījuma autoru konstrukcija.

3.4. attēls. DEM bezdibeņu veidošanas modelis, kur var ievadīt gan vektorus, gan daudzstūrus.

Lai iegūtu situāciju, kur meliorācijas sistēmas daļas ir “aizbērtas”, bez papildus modeļa izstrādes, manuāli tika izmantots *GDAL* rīks *Fill NoData*, kurš konkrētā attālumā ap bezdibeņiem meklē vērtības un pēc tām interpolē ciet bezdibeņus. Rezultātā vietās, kur DEM bija bezdibeņi, tagad atradās plakana virsma. Izmantojot *Fill Sinks* modeli, uz interpolēto DEM tika simulētas situācijas, kad meliorācijas sistēma nestrādāja – grāvji aizsprostoti/ aizbērti, ūdens pa grāvjiem neplūst tālāk uz kādu ūdenstilpni.



Avots: Pētījuma autoru konstrukcija.

### 3.5. attēls. *Lake* algoritma automatizācijas modelis.

Papildus *Fill Sinks* algoritmam tika arī izmantots *GRASS GIS* izstrādātais algoritms *r.Lake*. Lai uz vairākām teritorijām ātrāk un iteratīvi būtu iespējams ar šo rīku pārbaudīt dažādus sprosta izvietojumus un citu parametru izmaiņas, bija nepieciešams automatizēt ūdens līmeņa paaugstinājuma robežvērtības iegūšanu. Lai automatizētu algoritmu, tika izstrādāts modelis, kurš automātiski ieguva minētos nepieciešamos parametrus (sk. 3.5. att.) Algoritms sagaida ievadvērtību ūdens līmeni kā metrus virs jūras līmeņa, tomēr pilotteritorijas atrodas dažādos augstumos. Arī ja ar *Lake* algoritma palīdzību cenšas simulēt uzreiz dažādas situācijas ar dažādiem ūdens izplešanās sākumpunktiem jeb *seed points*, tad ir nepieciešams katram punktam ievadīt konkrētu ūdens līmeni.

Lai varētu iegūt ūdens līmeņa vērtību pie applūšanas sākumpunktiem tiek pievienots papildus atribūts un katram sprostam tiek iedalīts unikāls identifikators. Katrā simulācijas iterācijā tiek eksperimentēts ar konkrētu punktu, nevis uzreiz ar visiem, tādēļ katram punktam



kā atribūts tiek pievienots tuvākā sprosta vektora unikālais identifikators. No korigēta DEM, kurā ir ievietoti sprostī, tiek nolasīta ūdens izplešanās sākumpunkta piesaistītā sprostā esošā minimālā augstuma vērtība, kura apzīmē sprostā zemāko malu, kurai ūdens tecētu pāri un ūdens līmenis nekāptu. Rezultātā tiek iegūta ūdens līmeņa augstuma robežvērtība un tiek simulēts ūdens līmenis, kāds tas būtu arī maksimāli iespējams, ja, piemēram, sprostu uztaisītu vienā augstumā ar grāvja malām un grāvi pilnībā appludinātu. Pēc šiem rezultātiem arī var viegli atrast, kur ir problemātiskas situācijas, ka ūdens pa reljefu applūst gar ievietoto sprostu nevis atduras pret to. Modelis galvenokārt palīdz automātiski atrast optimālo augsto ūdens līmeņa ievadvērtību, lai varētu piemēklēt optimālāku sprostu un plūdu izplešanās punktu izvietojumu.

Pētījumā izmantoto algoritmu salīdzinājums atspoguļots 3.1. tabulā.

3.1. tabula

### ***Fill Sinks un Lake algoritmu salīdzinājums***

| <b>Rādītāji</b>       | <b><i>Fill Sink</i> algoritms<sup>22</sup></b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b><i>Lake</i> algoritms</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mērķis                | Izlīdzina (aizpilda) nelielas ieplakas DEM datus, lai nodrošinātu nepārtrauktu ūdens plūsmas modeli                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Identificēt, kur ūdens uzkrātos (veidotos ezeri) esošajā reljefā, neaizpildot to                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Obligātie ievaddati   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Reljefa rastrs (DEM)</li> <li>Minimālais leņķis grādos</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>Reljefa rastrs (DEM)</li> <li>Ūdens izplešanās sākumpunkts</li> <li>Ūdens līmeņa augstuma robeža</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                              |
| Darbības raksturojums | <ul style="list-style-type: none"> <li>Algoritms atrod depresijas DEM virsmā (šūnas, no kurām ūdens nevar aizplūst).</li> <li>Tās “aizpilda” līdz līmenim, kur ūdens var aizplūst no teritorijas uz leju.</li> <li>Lai pastāvētu ūdens plūsmas virziens, aizpildītajām platībām tiek piešķirts slīpums, balstoties uz ievadīto minimālo leņķi</li> <li>Lielāks minimālais slīpums veidos lielākas aizpildītās platības</li> <li>Rezultāts ir jauns DEM bez aizsprostiem.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Tiek simulēta ūdens izplešanās no konkrēta sākuma punkta (<i>seed point</i>).</li> <li>Algoritms neveic DEM korekcijas, bet aprēķina potenciālos ūdens baseinus, kur ūdens tiktu savākts noteiktā līmenī.</li> <li>Tas ļauj simulēt ūdens līmeņa celšanos, lai redzētu, kur veidotos ezeri vai applūstošas teritorijas konkrētās teritorijās.</li> </ul> |
| Rezultāts             | Jauns DEM bez slēgtām ieplakām                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Rastrs, kas parāda “ezerus” noteiktā ūdens līmenī, neizmainot sākotnējo DEM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

*Avots: Pētījuma autoru konstrukcija.*

Tātad pētījuma vajadzībām tika:

- izstrādāti automatizēti QGIS modeļi, kas samazina manuālo kļūdu iespēju un ļauj veidot vairākus scenārijus vienlaikus;

<sup>22</sup> Pēc noklusējuma *Fill Sinks* algoritma ievadvērtība ir 0.1 grāds. Eksperimentējot ar dažādām teritorijām, tika konstatēts, ka pie šādas vērtības aprēķinātie applūšanas apjomi ir pārmērīgi un neatbilst reālajiem apstākļiem. Tāpēc pētījuma aprēķinos tika izmantota 0.01 grāda ievadvērtība, kas nodrošināja realistiskākus un vizuāli uztveramākus rezultātus.

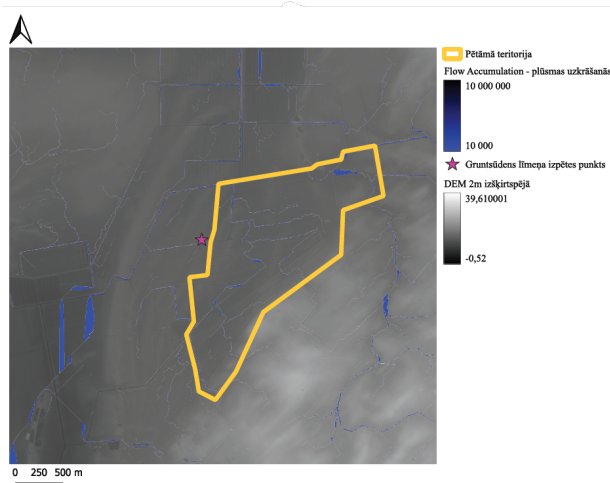
- integrēti aizsprostu un “bezdiķeņu” (plūsmas punktu) modeļi, kas simulē dažādu meliorācijas sistēmu darbības (vai to traucējumu) efektu;
- izmantota DEM rediģēšana un interpolācija, lai pielāgotu reljefa modeli precīzākai ūdens uzkrāšanās simulācijai;
- automatizēts *r.Lake* algoritms, lai noteiktu optimālos ūdens līmeņa augstumus un sprostus novietojumus dažādās teritorijās.

Šī pieeja ļāva modelēt gan dabiskos, gan inženiertehniskos ūdens režīmus un identificēt potenciālās applūšanas zonas, kas būtiski kūdraugsnes appludināšanas plānošanā.

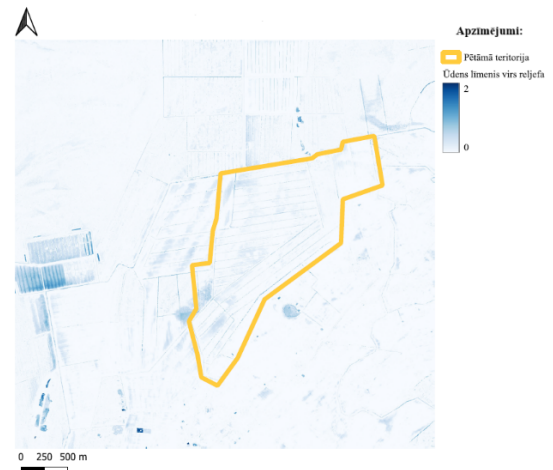
## 4. Applūšanas scenāriju simulācijas rezultāti

### 4.1. Applūšanas scenāriju simulācijas rezultāti pilotteritorijā nr. 1 (Rucavas pagastā)

Divu galveno hidroloģisko modeļu rezultāti, kas raksturo pilotteritorijas nr. 1 dabisko, nepārveidoto režīmu, ir apkopoti 4.1. attēlā. Šo modeļu salīdzinājums (*Flow Accumulation* un *Fill Sinks* uz neizmainīta DEM) veido pamatu argumentam par mākslīgas iejaukšanās nepieciešamību kūdraugsnes appludināšanai pilotteritorijā nr. 1.



(a) *Flow Accumulation* (Plūsmas uzkrāšanās) modeļa rezultāts



(b) *Fill Sinks* (Ieplaku aizpildīšanas) modeļa uz neizmainīta DEM rezultāts

#### Apzīmējumi:

DEM – digitālais reljefa modelis

m – metri

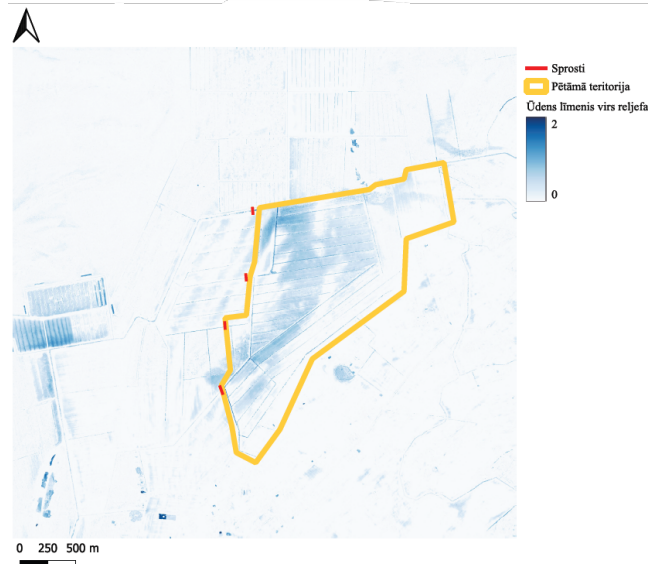
Avots: Autoru pētījuma rezultāti.

#### 4.1. attēls. Reljefa hidroloģisko modeļu salīdzinājums pilotteritorijā nr. 1.

*Flow Accumulation* modeļa rezultāts (sk. 4.1.(a) att.) vizuāli atspoguļo virszemes noteces plūsmas virzienu un uzkrāšanās intensitāti. Intensīvākie plūsmas uzkrāšanās apgabali ir redzami galvenokārt teritorijas rietumu pusē, kur tie sakrīt ar galvenajiem meliorācijas grāvjiem. Šis rezultāts pierāda, ka reljefs pilotteritorijā nr. 1 ir dabiski orientēts uz efektīvu un ātru ūdens novadīšanu.

*Fill Sinks* modeļa uz neizmainīta digitālā reljefa modeļa (DEM) rezultāts (sk. 4.1.(b) att.) identificē lokālas ieplakas. Lielākā daļa pilotteritorijas nr. 1 ir attēlota gaišā tonī (tuvu baltai krāsai), kas nozīmē ļoti zemu ūdens līmeni virs reljefa. Tādējādi šī analīze liecina, ka teritorijas reljefā nav daudz slēgtu depresiju vai dobumu, kur ūdens dabiski varētu uzkrāties ilgstoši.

Abu modeļu rezultāti kopumā apliecina, ka pilotteritorijas nr. 1 reljefs ir dabiski veidots ūdens novadīšanai, nevis uzkrāšanai. Lai sasniegtu kūdraugsnes appludināšanas mērķi, nepieciešama sprostū ievietošana.

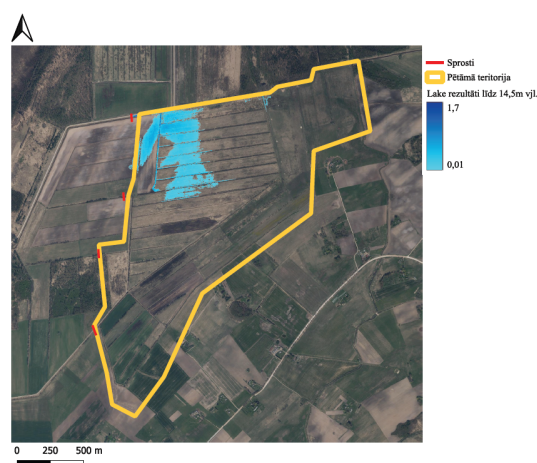


Avots: Autoru pētījuma rezultāti.

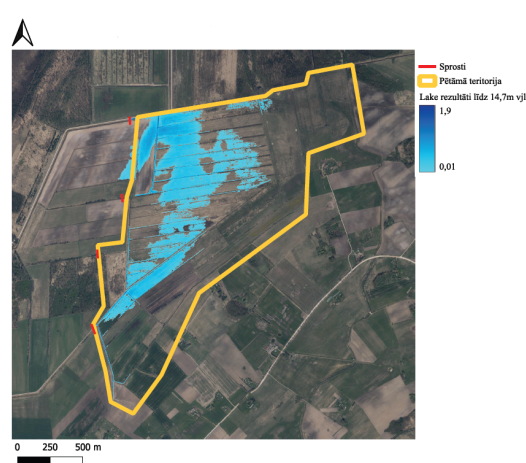
#### 4.2. attēls. **Fill Sinks** modeļa rezultāts, ievietojot sprostus meliorācijas sistēmā, pilotteritorijā nr. 1.

*Fill Sinks* modeļa rezultāti pēc sprostu ieviešanas meliorācijas sistēmā (sk. 4.2. att.) parāda ūdens līmeņa sadalījumu virs reljefa. Pētāmajā pilotteritorijā nr. 1 novērojama būtiska izmaiņa. Lielākā daļa teritorijas rietumu daļā ir attēlota vidēji līdz tumši zilā krāsā, kas norāda uz ūdens līmeņa paaugstināšanos. Tas nozīmē, ka pēc sprostu uzstādīšanas (četri sarkani marķējumi gar rietumu robežu) ūdens plūsma tiek aizturēta, veidojot plašu, savstarpēji saistītu mitruma zonu sistēmu. Sprostu ieviešana būtiski palielina ūdens akumulācijas potenciālu un samazina noteces intensitāti.

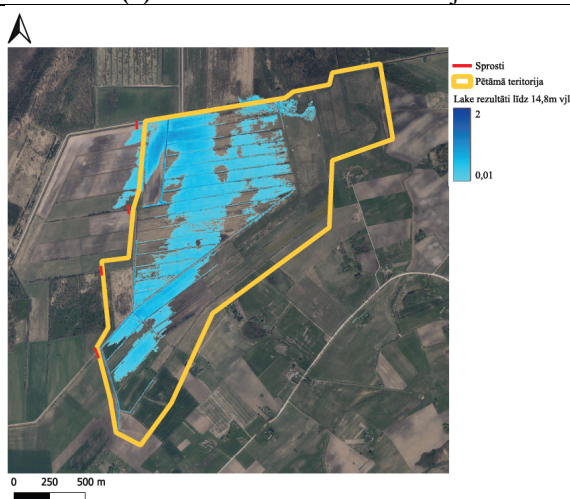
*Lake* modeļa rezultātu apkopojums (sk. 4.3. att.) ilustrē pētāmās pilotteritorijas nr. 1 applūstošo platību izmaiņas. Modelī tika simulēti trīs scenāriji ar atšķirīgiem ūdens līmeņiem: 14.5 m, 14.7 m un 14.8 m vjl. Pie zemākā modelētā ūdens līmeņa (14.5 m vjl) ūdens uzkrājas pilotteritorijas ziemeļrietumu daļā sprostu tuvumā. Pie vidējā ūdens līmeņa (14.7 m vjl) applūstošā teritorija būtiski paplašinās. Pie augstākā ūdens līmeņa (14.8 m vjl) appludinātā platība sasniedz maksimālo teritorijas daļu, aptverot lielāko daļu no teritorijas ziemeļu un rietumu daļā. Šī situācija atspoguļo maksimālo potenciālo appludinātās platības robežu, kad sprosti nodrošina stabilu gruntsūdeņu līmeņa paaugstinājumu.



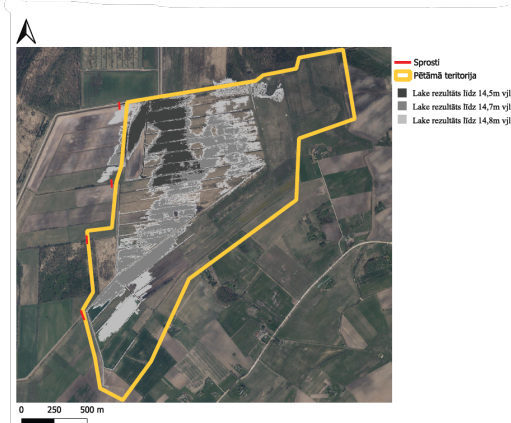
(a) Lake rezultāti līdz 14.5 m vjl



(b) Lake rezultāti līdz 14.7 m vjl



(c) Lake rezultāti līdz 14.8 m vjl



(d) Lake rezultātu kopsavilkums

#### Apzīmējumi:

m – metri

Avots: Autoru pētījuma rezultāti.

vjl – virs jūras līmeņa

### 4.3. attēls. *Lake* modeļa rezultātu apkopojums, ievieojot sprostus meliorācijas sistēmā, pilotteritorijā nr. 1.

Gan *Lake*, gan *Fill Sinks* modeļu rezultāti parāda, ka sprostus ievieošana meliorācijas sistēmā būtiski maina pētāmās pilotteritorijas nr. 1 hidroloģisko režīmu. *Lake* modelis parāda ūdens izplatību pie dažādiem līmeņiem, apliecinot, ka pie 14.8 m vjl applūdinājums aptver lielāko daļu no pilotteritorijas tās rietumu un ziemeļu daļā. Savukārt *Fill Sinks* modelis ar sprostiem papildina šo analīzi, uzrādot vietas gar meliorācijas grāvjiem, kur pēc sprostus ieviešanas ūdens uzkrājas, veidojot lokālas ūdenskrātuves un ilgstoši mitras zonas.

Balstoties uz iegūtajiem datiem par pilotteritorijas nr. 1 hidroloģiskā režīma izmaiņām, tika izvērtēta applūdināšanas pasākumu ietekme uz kūdraugsnēm un lauksaimniecībā izmantojamām zemēm.

4.1. tabulā atspoguļoti ūdens līmeņa paaugstināšanās simulācijas rezultāti pilotteritorijā nr. 1, salīdzinot izmantotos modelēšanas pieejas variantus – *Fill Sinks* modeli un *Lake* modeli pie dažādiem applūdināšanas augstumiem (14.5 m vjl, 14.7 m vjl un 14.8 m vjl).

## Simulācijas rezultāti pilotteritorijā nr.1 Rucavas pagastā, ha

| Rādītājs                                                                                                                          | Simulētā platība, izmantojot <i>Fill Sinks</i> modeli | Simulētā platība, izmantojot <i>Lake</i> modeli, pie dažādiem appludināšanas augstumiem |            |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|
|                                                                                                                                   |                                                       | 14.5 m vjl                                                                              | 14.7 m vjl | 14.8 m vjl |
| Kopējā zemes platība, uz kuru varētu būt tieša vai netieša hidroloģiskā ietekme pēc ūdens līmeņa paaugstināšanas (appludināšanas) | 203.45                                                | 109.68                                                                                  | 176.71     | 187.63     |
| Kopējā platība, kas pēc ūdens līmeņa atjaunošanas vairs nebūs izmantojama lauksaimniecībā                                         | 153.87                                                | 28.20                                                                                   | 100.63     | 121.20     |
| Kopējā kūdraugsnes platība pilotteritorijā                                                                                        | 61.45                                                 | -                                                                                       | -          | -          |
| Simulētā kūdraugsnes platība, kas pakļauta applūšanai                                                                             | 54.29                                                 | 18.07                                                                                   | 34.44      | 47.03      |

Avots: Autoru pētījuma rezultāti.

Simulācijas rezultāti liecina, ka hidroloģiskā režīma atjaunošana pilotteritorijā nr. 1 būtiski ietekmēs mitruma apstākļus plašā lauksaimniecības zemju teritorijā, tostarp kūdraugsnēs. Izmantojot *Fill Sinks* modeli, aprēķināts, ka 203.45 ha zemes var nonākt hidroloģiskās ietekmes zonā, kas ir būtiski lielāka platība nekā *Lake* modeļa gadījumā. *Lake* modelī pieaugot applūdināšanas augstumam no 14.5 m līdz 14.8 m vjl, ietekmētā platība pieaug no 109.68 ha līdz 187.63 ha. Tas liecina, ka *Lake* modelis uzrāda pakāpenisku un loģisku applūstošās teritorijas pieaugumu atkarībā no ūdens līmeņa, savukārt *Fill Sinks* modelis sniedz maksimālu potenciālās ietekmes novērtējumu.

Izmantojot *Fill Sinks* modeli, aprēķināts, ka 153.87 ha jeb lielāko daļu pētāmās pilotteritorijas būtu jāuzskata par lauksaimnieciski neizmantojamu teritoriju. Saskaņā ar *Lake* modeli lauksaimnieciskai ražošanai neizmantojamā platība svārstās diapazonā no 28.20 ha (pie 14.5 m vjl) līdz 121.20 ha (pie 14.8 m vjl). Šie dati norāda, ka ūdens līmeņa atjaunošana būtiski ietekmē lauksaimniecībā izmantojamās zemes apjomu, un pat neliels līmeņa pieaugums (par 0.3 m) var vairāk nekā četrkārsot applūstošo lauksaimniecības platību.

Pilotteritorijā kopējā kūdraugsnes platība pēc *Fill Sinks* modeļa ir 61.45 ha, no kuras 54.29 ha (aptuveni 88 %) tiek skarta ar applūdināšanu. Savukārt *Lake* modeļa rezultāti rāda, ka, pieaugot ūdens līmenim, applūstošās kūdraugsnes platības pieaug no 18.07 ha (pie 14.5 m vjl) līdz 47.03 ha (pie 14.8 m vjl). Tas apliecina, ka kūdraugšņu mitrināšana ir atkarīga no applūdināšanas augstuma un, palielinot līmeni par dažiem desmitiem centimetru, iespējams ievērojami paplašināt mitrināto teritoriju.

Simulācijas rezultāti parāda, ka, lai gan tieši appludinātā kūdraugsnes platība nav ļoti liela (no 34.44 līdz 54.29 ha atkarībā no izmantotā modeļa), kopējā teritorija, kas kļūst neizmantojama lauksaimniecībā, ir vairākas reizes lielāka — līdz pat 153.87 ha (*Fill Sinks* modelis) vai līdz 121.20 ha (*Lake* modelis pie 14.8 m vjl). Tas liecina, ka, lai panāktu efektīvu kūdraugsnes mitrināšanu un hidroloģisko apstākļu atjaunošanu, nepieciešams appludināt arī apkārtējās zemes, tostarp daļu no pašreizējām lauksaimniecības platībām. Šāda mēroga



appludināšana būtiski maina zemes izmantošanas struktūru pilotteritorijā, vienlaikus veicinot ekosistēmu pakalpojumu atjaunošanu – īpaši oglekļa uzkrāšanas, ūdens regulācijas un bioloģiskās daudzveidības saglabāšanas jomās.

Tādējādi simulācijas rezultāti uzsver kompromisa nepieciešamību starp dabas atjaunošanas mērķiem un lauksaimnieciskās ražošanas iespējām, norādot, ka pat relatīvi neliels ūdens līmeņa pieaugums (par 0.2–0.3 m) var būtiski palielināt gan mitrināto kūdraugšnes platību, gan arī ietekmēt apkārtējo zemju izmantojamību.

Zeme, kas atrodas pilotteritorijā nr. 1, pieder deviņiem īpašniekiem, kuru kopējā lauksaimniecībā izmantojamā zemes platība visā Latvijā ir 2 375.87 ha. Tādējādi simulētā hidroloģiskā ietekme skar aptuveni 7 % no īpašniekiem piederošās kopējās zemes platības, norādot uz būtisku, tomēr lokāli koncentrētu ietekmi uz ražošanas iespējām (sk. 4.2.tab.).

4.2. tabula

**Lauksaimnieciskajai ražošanai neizmantojamās platības sadalījums pa saimniecības lielumu grupām pilotteritorijā nr. 1 (2024. gada dati)**

| Saimniecības lielums (ha) | Īpašniekam piederošā kopējā zemes platība Latvijā, ha | Lauksaimnieciskajai ražošanai neizmantojamās platības, ha |                                                                                  |               |               |
|---------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|
|                           |                                                       | simulētas, izmantojot <i>Fill Sinks</i> modeli            | simulētas, izmantojot <i>Lake</i> modeli, pie dažādiem appludināšanas augstumiem |               |               |
|                           |                                                       |                                                           | 14.5 m vjl                                                                       | 14.7 m vjl    | 14.8 m vjl    |
| Lielā (>300)              | 1 158.03                                              | 70.09                                                     | 27.66                                                                            | 56.32         | 61.69         |
| Vidējā (>100, ≤300)       | 294.31                                                | 5.67                                                      | -                                                                                | -             | 0.03          |
| Vidējā (>100, ≤300)       | 247.00                                                | 21.81                                                     | -                                                                                | 16.16         | 19.80         |
| Vidējā (>100, ≤300)       | 211.79                                                | 17.46                                                     | -                                                                                | 8.83          | 11.94         |
| Vidējā (>100, ≤300)       | 177.24                                                | 13.27                                                     | 0.55                                                                             | 13.27         | 13.27         |
| Vidējā (>100, ≤300)       | 119.62                                                | 3.30                                                      | -                                                                                | 2.59          | 3.30          |
| Mazā (>20, ≤100)          | 98.58                                                 | 9.50                                                      | -                                                                                | 2.88          | 8.40          |
| Mazā (>20, ≤100)          | 53.33                                                 | 10.01                                                     | -                                                                                | -             | -             |
| Ļoti mazā (≤20)           | 15.97                                                 | 2.77                                                      | -                                                                                | 0.58          | 2.77          |
| <b>KOPĀ</b>               | <b>2 375.87</b>                                       | <b>153.87</b>                                             | <b>28.20</b>                                                                     | <b>100.63</b> | <b>121.20</b> |

Avots: Autoru pētījuma rezultāti.

Aplūkojot simulācijas rezultātus saimniecību lielumu šķērsgrīzumā, redzams, ka lauksaimniecībai neizmantojamās platības dinamika būtiski atšķiras gan atkarībā no saimniecību lieluma, gan no izmantotā modelēšanas scenārija.

Lielo saimniecību grupa, kurā ietilpst viena saimniecība, koncentrē vislielāko neizmantojamās zemes apjomu abos modeļos, tādējādi uzņemoties lielāko daļu no kopējā pilotteritorijas zemes sloga. Saskaņā ar *Fill Sinks* modeļa datiem šī saimniecība veido 70.09 ha no visām modelī noteiktajām neizmantojamām zemēm jeb aptuveni 45.6 % no kopējā apjoma. *Lake* modelis savukārt parāda, ka lielās saimniecības zeme ir visjutīgākā pret agrīnu applūšanu, jo jau pie zemākā līmeņa – 14.5 m vjl – applūst 27.66 ha, bet pie 14.8 m vjl applūdušās teritorijas palielinās līdz 61.69 ha.

Vidējo saimniecību grupa, kas ietver piecas saimniecības, veido otro lielāko problemātisko teritoriju daļu, taču tās raksturo atšķirīgs jutīguma profils pret applūšanu. Pēc *Fill Sinks* modeļa datiem šajās saimniecībās identificēti 61.45 ha neizmantojamās zemes jeb gandrīz

40 % no kopējā ietekmētā zemes platības apjoma. *Lake* modeļa rezultāti rāda, ka applūšana šajā grupā ir visizteiktākā starp 14.7 m un 14.8 m vjl, kad applūdušās platības pieaug līdz 49.44 ha.

Mazo saimniecību (mazās un ļoti mazās) grupās novērojama vislielākā atšķirība starp modeļu rezultātiem. *Fill Sinks* modelis šajās grupās identificē 23.28 ha neizmantojamās zemes jeb aptuveni 15.1 % no kopējās lauksaimnieciskajai ražošanai neizmantojamās platības. *Lake* modeļa aprēķini rāda, ka applūšana šajās teritorijās ir salīdzinoši reta, taču tā palielinās, sasniedzot 14.8 m vjl līmeni.

Vērtējot ietekmēto teritoriju īpatsvaru attiecībā pret kopējo zemes platību, kļūst skaidrs, ka hidroloģiskās pārmaiņas visvairāk ietekmēs tieši mazo un ļoti mazo saimniecību grupas. Šīm saimniecībām būs visierobežotākās iespējas kompensēt zaudēto zemes platību vai pielāgot ražošanas struktūru, kas padara tās par visneaizsargātāko segmentu pret iespējamām hidroloģiskajām izmaiņām.

4.3. tabulā ir apkopoti dati par simulētajām lauksaimnieciskajai ražošanai neizmantojamajām platībām sadalījumā pa kultūraugu grupām, salīdzinot *Fill Sinks* modeļa un *Lake* modeļa rezultātus.

4.3. tabula

**Lauksaimnieciskajai ražošanai neizmantojamo platību sadalījums pa kultūraugu grupām pilotteritorijā nr. 1 (2024. gada dati), ha**

| Ietekmētās kultūraugu grupas       | Lauksaimnieciskajai ražošanai neizmantojamās platības |                                                                                  |               |               |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|
|                                    | simulētas, izmantojot <i>Fill Sinks</i> modeli        | simulētas, izmantojot <i>Lake</i> modeli, pie dažādiem appludināšanas augstumiem |               |               |
|                                    |                                                       | 14.5 m vjl                                                                       | 14.7 m vjl    | 14.8 m vjl    |
| Ilggadīgie zālāji                  | 95.61                                                 | 21.59                                                                            | 76.58         | 81.48         |
| GEP (graudaugi, eļļaugi, pākšaugi) | 38.41                                                 | 6.62                                                                             | 13.50         | 24.16         |
| Papuve                             | 11.77                                                 | -                                                                                | 8.83          | 9.49          |
| Aramzemes zālāji                   | 7.37                                                  | -                                                                                | 1.72          | 5.36          |
| Energokultūra                      | 0.70                                                  | -                                                                                | -             | 0.70          |
| <b>KOPĀ</b>                        | <b>153.87</b>                                         | <b>28.20</b>                                                                     | <b>100.63</b> | <b>121.20</b> |

*Avots: Autoru pētījuma rezultāti.*

Analizējot platību sadalījumu, var secināt, ka dominējošā un visvairāk ietekmētā kultūraugu grupa visos scenārijos ir ilggadīgie zālāji. Pēc *Fill Sinks* modeļa ilggadīgo zālāju neizmantojamā platība pēc appludināšanas sasniedz 95.61 ha, *Lake* modelī šī platība krasi pieaug līdz ar ūdens līmeņa paaugstināšanos no 21.59 ha pie 14.5 m vjl līdz 81.48 ha pie 14.8 m vjl. Arī GEP platības tiek ievērojami ietekmētas. To neizmantojamā platība pieaug no 6.62 ha pie 14.5 m vjl līdz 24.16 ha pie augstākā līmeņa, salīdzinot ar 38.41 ha pēc *Fill Sinks* modeļa.

Mērena ietekme ir uz papuvi un aramzemes zālājiem. Papuvei ietekme pieaug no 8.83 ha pie 14.7 m vjl līdz 9.49 ha pie 14.8 m vjl. Aramzemes zālājiem *Lake* modelī maksimālā ietekme ir 5.36 ha pie 14.8 m vjl. Nepieciešams atzīmēt, ka pie zemākajiem līmeņiem (14.5 m vjl) šīs grupas, kā arī energokultūras, *Lake* modelī netiek ietekmētas. Energokultūru simulētā ietekme ir vismazākā un ir vienāda ar 0.70 ha gan *Fill Sinks* modelī, gan *Lake* modelī pie 14.8 m vjl.

Kopumā *Lake* modeļa simulācijas rezultāti skaidri norāda uz proporcionālu ietekmes pieaugumu uz lauksaimniecības zemēm, paaugstinoties ūdens līmenim. Vislielākā ietekme

visos scenārijos ir prognozēta ilggadīgajiem zālājiem un GEP platībām. *Lake* modelis pie zemā appludināšanas līmeņa (14.5 m vjl) uzrāda ļoti lokālu ietekmi, kas neskar mazākās kultūraugu grupas.

Lai gan lauksaimnieciskajai ražošanai neizmantojamo platību analīze sniedz priekšstatu par zemes resursu zudumu, pilnīgai ekonomiskās ietekmes novērtēšanai ir nepieciešams analizēt šīs neizmantojamās zemes radītās sekas attiecībā uz darbaspēka ieguldījumu (sk. 4.4. tab.) un saimniecību negūto peļņu (sk. 4.5. tab.).

4.4. tabula

**Prognozētās nodarbinātības sekas pilotteritorijā nr. 1**

| Saimniecības lieluma grupa (ha) | Nodarbinātību raksturojošie rādītāji izmantoto modeļu šķērsgriezumā                                               |                                                                                  |               |                 |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------------|
|                                 | izmantojot <i>Fill Sinks</i> modeļa rezultātus                                                                    | izmantojot <i>Lake</i> modeļa rezultātus, pie dažādiem appludināšanas augstumiem |               |                 |
|                                 |                                                                                                                   | 14.5 m vjl                                                                       | 14.7 m vjl    | 14.8 m vjl      |
|                                 | <b>Vidējais dardaspēka ieguldījums gadā, stundas</b>                                                              |                                                                                  |               |                 |
| Lielā (>300)                    | 430.38                                                                                                            | 168.98                                                                           | 306.92        | 349.62          |
| Vidējā (>100, ≤300)             | 85.60                                                                                                             | -                                                                                | -             | 0.26            |
| Vidējā (>100, ≤300)             | 293.07                                                                                                            | -                                                                                | 134.78        | 236.78          |
| Vidējā (>100, ≤300)             | 243.15                                                                                                            | -                                                                                | 70.67         | 132.82          |
| Vidējā (>100, ≤300)             | 79.59                                                                                                             | 3.27                                                                             | 79.59         | 79.59           |
| Vidējā (>100, ≤300)             | 24.00                                                                                                             | -                                                                                | 15.56         | 24.00           |
| Mazā (>20, ≤100)                | 427.57                                                                                                            | -                                                                                | 129.82        | 377.85          |
| Mazā (>20, ≤100)                | 80.07                                                                                                             | -                                                                                | -             | -               |
| Ļoti mazā (≤20)                 | 47.19                                                                                                             | -                                                                                | 8.66          | 47.19           |
| <b>KOPĀ</b>                     | <b>1 710.62</b>                                                                                                   | <b>172.26</b>                                                                    | <b>746.01</b> | <b>1 248.13</b> |
|                                 | <b>Pilnas slodzes ekvivalents, pieņemot, ka viens pilnas slodzes darbinieks strādā aptuveni 1800 stundas gadā</b> |                                                                                  |               |                 |
| Lielā (>300)                    | 0.24                                                                                                              | 0.09                                                                             | 0.17          | 0.19            |
| Vidējā (>100, ≤300)             | 0.05                                                                                                              | -                                                                                | -             | 0.0001          |
| Vidējā (>100, ≤300)             | 0.16                                                                                                              | -                                                                                | 0.07          | 0.13            |
| Vidējā (>100, ≤300)             | 0.14                                                                                                              | -                                                                                | 0.04          | 0.07            |
| Vidējā (>100, ≤300)             | 0.04                                                                                                              | 0.002                                                                            | 0.04          | 0.04            |
| Vidējā (>100, ≤300)             | 0.01                                                                                                              | -                                                                                | 0.01          | 0.01            |
| Mazā (>20, ≤100)                | 0.24                                                                                                              | -                                                                                | 0.07          | 0.21            |
| Mazā (>20, ≤100)                | 0.04                                                                                                              | -                                                                                | -             | -               |
| Ļoti mazā (≤20)                 | 0.03                                                                                                              | -                                                                                | 0.005         | 0.03            |
| <b>KOPĀ</b>                     | <b>0.95</b>                                                                                                       | <b>0.10</b>                                                                      | <b>0.41</b>   | <b>0.69</b>     |

Avots: Pētījuma autoru aprēķini, balstoties uz (Veipane, Pilvere, Lillemets, Bilande & Nipers, 2025<sup>23</sup>).

<sup>23</sup> Veipane, U. D., Pilvere, I., Lillemets, J., Bilande, K., & Nipers, A. (2025). Land Use and Production Practices Shape Unequal Labour Demand in Agriculture and Forestry. *Land*, 14(10), 2097. <https://doi.org/10.3390/land14102097>

Kopējais prognozētais darbaspēka ieguldījuma zaudējums pilotteritorijā nr. 1 pēc *Fill Sinks* modeļa sasniedz 1 711 stundas. Tas atbilst 0.95 pilnas slodzes ekvivalentiem (pieņemot, ka viens pilnas slodzes darbinieks strādā aptuveni 1800 stundas gadā). *Lake* modeļa scenārijos prognozētais zaudējums strauji pieaug, palielinoties no 172 stundām (0.10 pilnas slodzes ekvivalents) pie 14.5 m vjl līdz 1 248 stundām (0.69 pilnas slodzes ekvivalentiem) pie 14.8 m vjl. Šī būtiskā atšķirība starp *Fill Sinks* un *Lake* modeļa maksimālajiem rezultātiem liecina, ka iekšējā drenāža šajā teritorijā rada ievērojami lielāku potenciālo slogu nekā tieša applūšana.

Prognozētais nodarbinātības slogs ir koncentrēts lielo saimniecību (kurā ietilps tikai viena saimniecība) un mazo saimniecību grupā. Lielā saimniecība uzņemas vislielāko absolūto slogu abos modeļos. Pēc *Fill Sinks* modeļa tās zaudējums sasniedz 430 stundas, kas veido aptuveni 25 % no kopējā sloga. *Lake* modelī šis zaudējums pieaug no 169 stundām līdz 350 stundām (0.19 pilnas slodzes ekvivalents) pie 14.8 m vjl. Šīs saimniecības zemes struktūra, kur dominē ilggadīgie zālāji un GEP, padara to jutīgu gan pret applūšanu, gan iekšējās drenāžas problēmām.

Otrs lielākais darbaspēka slogs pēc *Fill Sinks* modeļa ir konstatēts mazo saimniecību grupā, kur zaudējums vienā saimniecībā ir 428 stundas (0.24 pilnas slodzes ekvivalents). *Lake* modelī šis slogs strauji pieaug, sasniedzot 378 stundas pie 14.8 m vjl. Šis augstais prognozētais slogs mazā saimniecībā, salīdzinot ar platības zaudējumu, norāda uz to, ka mazā saimniecība audzē darbietilpīgus kultūraugus (GEP).

Vidējo saimniecību grupā (kurā ietilpst piecas saimniecības) prognozētais slogs ir nevienmērīgs. Vienā vidējā saimniecībā ir prognozēts augsts slogs, kas pēc *Fill Sinks* modeļa sasniedz 293 stundas. Tāpat kā mazajās saimniecībās, arī šajā vidējā saimniecībā applūšanas risks ir ļoti jutīgs pret ūdens līmeņa celšanos, jo *Lake* modeļa rezultāts pieaug no 135 stundām līdz 236.78 stundām starp 14.7 m un 14.8 m vjl. Savukārt citām vidējām saimniecībām, kuru zemes tiek izmantotas mazāk darbietilpīgai ražošanai, slogs ir ievērojami mazāks.

Kopumā nodarbinātības seku analīze parāda, ka, lai gan absolūtais slogs ir augsts lielajā saimniecībā, relatīvi kritiskākā situācija ir vērojama mazajās saimniecībās, kas, neskatoties uz nelielo apsaimniekoto zemes platību, saskaras ar lielu prognozēto darbaspēka ieguldījuma zaudējumu, apdraudot to darbības stabilitāti.

4.5. tabula

#### Prognozētā negūtā peļņa vai neciestie zaudējumi gadā pilotteritorijā nr. 1., EUR

| Saimniecības lieluma grupa (ha) | Negūtā peļņa vai neciestie zaudējumi izmantoto modeļu šķēsgriezumā |                                                                                  |            |            |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|
|                                 | izmantojot <i>Fill Sinks</i> modeļa rezultātus                     | izmantojot <i>Lake</i> modeļa rezultātus, pie dažādiem appludināšanas augstumiem |            |            |
|                                 |                                                                    | 14.5 m vjl                                                                       | 14.7 m vjl | 14.8 m vjl |
| Lielā (>300)                    | 10 530.77                                                          | 4 148.47                                                                         | 8 136.56   | 9 024.66   |
| Vidējā (>100, ≤300)             | 809.66                                                             | -                                                                                | -          | -1.27      |
| Vidējā (>100, ≤300)             | 1 885.42                                                           | -                                                                                | 1 334.47   | 1 689.51   |
| Vidējā (>100, ≤300)             | 2 082.17                                                           | -                                                                                | -340.82    | 517.39     |
| Vidējā (>100, ≤300)             | 1 072.11                                                           | 44.10                                                                            | 1 072.11   | 1 072.11   |
| Vidējā (>100, ≤300)             | 209.60*                                                            | -                                                                                | 209.60*    | 209.60*    |
| Mazā (>20, ≤100)                | 2 060.63                                                           | -                                                                                | 625.64     | 1 821.02   |
| Mazā (>20, ≤100)                | 634.29                                                             | -                                                                                | -          | -          |

| Saimniecības lieluma grupa (ha) | Negūtā peļņa vai neciestie zaudējumi izmantoto modeļu šķērsgriezumā |                                                                                  |                  |                  |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------|
|                                 | izmantojot <i>Fill Sinks</i> modeļa rezultātus                      | izmantojot <i>Lake</i> modeļa rezultātus, pie dažādiem appludināšanas augstumiem |                  |                  |
|                                 |                                                                     | 14.5 m vjl                                                                       | 14.7 m vjl       | 14.8 m vjl       |
| Ļoti mazā ( $\leq 20$ )         | -12.58                                                              | -                                                                                | 10.42            | -12.58           |
| <b>KOPĀ</b>                     | <b>19 272.07</b>                                                    | <b>4 192.57</b>                                                                  | <b>11 047.99</b> | <b>14 320.44</b> |

Piezīmes:

*Sarkanā krāsa* izceļ negatīvās vērtības (zaudējumus), kas norāda uz lauksaimniecības platībām ar negatīvu ienesīgumu. Šādu platību appludināšana rada neciestos zaudējumus jeb pozitīvu ekonomisko ieguvumu projektam.

\* prognozē nav iekļauts energokultūru finansiālais rezultāts datu trūkuma dēļ.

Avots: Pētījuma autoru aprēķini.

Prognozētās negūtās peļņas vai neciesto zaudējumu gadā analīze pilotteritorijā nr. 1 atspoguļo tiešo finansiālo ietekmi, kas rodas saimniecībām, kuru lauksaimniecības zemes tiek pakļautas appludināšanai hidroloģiskā režīma atjaunošanas pasākumu rezultātā. Aprēķini veikti, izmantojot *Fill Sinks* un *Lake* modeļus pie dažādiem appludināšanas augstumiem (14.5 m, 14.7 m un 14.8 m vjl), kas ļauj novērtēt iespējamās ekonomiskās sekas atkarībā no ūdens līmeņa paaugstināšanās.

Rezultāti parāda, ka vislielākā negūtā peļņa tiek prognozēta lielo saimniecību grupā, kurā ietilpst tikai viena saimniecība, kuras negūtās peļņas apmērs, izmantojot *Fill Sinks* modeli, tiek prognozēts – 10 530.77 EUR apmērā gadā, bet *Lake* modeļa scenārijos, pieaugot appludināšanas augstumam, tas palielinās no 4 148.47 EUR līdz 9 024.66 EUR gadā jeb pieaug vairāk kā divas reizes.

Vidējo saimniecību grupā (kurā ietilpst piecas saimniecības) novērojamas būtiskas atšķirības negūtās peļņas rādītājos, ko ietekmē kultūraugu struktūra, appludināmo platību īpatsvars un teritorijas reljefs. Pēc *Fill Sinks* modeļa rezultāti svārstās no 209.60 EUR līdz vairāk nekā 2000.00 EUR, savukārt *Lake* modelī negūtā peļņa, palielinoties appludināšanas līmenim, pakāpeniski pieaug no –340.82 EUR (jeb tie ir neciestie zaudējumi) līdz + 1689.51 EUR. Vidējo saimniecību rezultātu mainīgums skaidrojams ne vien ar appludināšanas līmeņa izmaiņām, bet arī ar atšķirīgo kultūraugu struktūru un reljefu. Saimniecībās, kur dominē graudaugi un ilggadīgie zālāji, peļņa saglabājas pozitīva, savukārt teritorijās, kur lielāku daļu aizņem papuve, appludināšana rada zaudējumus. Dati liecina, ka pat neliela appludināšanas augstuma izmaiņa (no 14,7 līdz 14,8 m vjl) var būtiski ietekmēt rezultātus, jo tā maina appludināto zemju raksturu – no papuves uz ražīgākām platībām. Tādējādi *Lake* modelis precīzāk atklāj reljefa un zemes lietojuma ietekmi uz peļņas svārstībām vidējo saimniecību grupā.

Mazo saimniecību grupā appludināšanas ietekme uz negūto peļņu ir mērena, taču skaidri izteikta. Negūtā peļņa svārstās robežās no 2060.63 EUR gadā (*Fill Sinks* rezultāti) līdz 1821.02 EUR pie augstākā appludinājuma līmeņa *Lake* modelī. Tas parāda, ka arī mazāka mēroga saimniecības būtiski izjūt ūdens līmeņa paaugstināšanas ietekmi, īpaši, ja applūst intensīvi apsaimniekotas zemes.

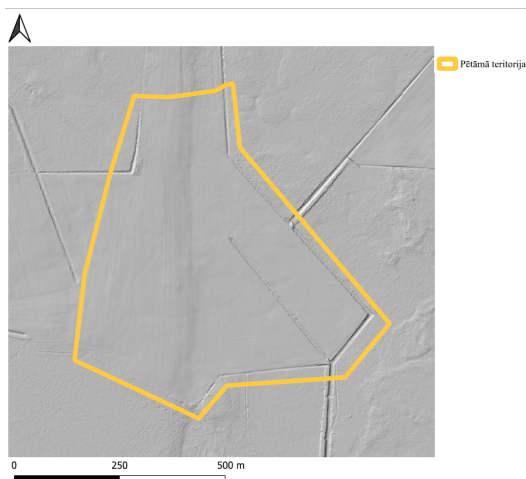
Ļoti mazajās saimniecībās appludināšanas rezultāti ir vienveidīgi: gan *Fill Sinks*, gan *Lake* modeļa aprēķinos negūtā peļņa ir negatīva (- 12,58 EUR), kas norāda uz neciestiem

zaudējumiem kūdraugsnes appludināšanas gadījumā. Šajās saimniecībās dominē ilggadīgie zālāji, tomēr to radītā peļņa nenosedz papuves radītos zaudējumus.

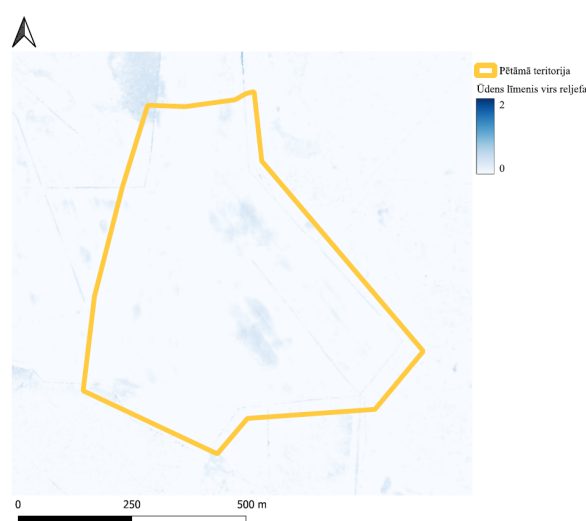
Kopumā kopējais negūtās peļņas apjoms pilotteritorijā nr. 1 sasniedz 19 272.07 EUR gadā pēc *Fill Sinks* modeļa un no 4 192.57 līdz 14 320.44 EUR pēc *Lake* modeļa, pieaugot ūdens līmenim. Šī tendence apliecina, ka hidroloģiskā režīma atjaunošanas pasākumu ietekme ir tieši proporcionāla appludināšanas apjomam.

#### 4.2. Applūšanas scenāriju simulācijas rezultāti pilotteritorijā nr. 2 (Ropažu novadā)

*Flow Accumulation* un *Fill Sinks* modeļu rezultāti sniedz pamatu arī pilotteritorijas nr. 2 dabiskā hidroloģiskā potenciāla novērtēšanai, kas ir būtisks appludināšanas pasākumu nepieciešamības pamatojumam (sk. 4.4. att.).



(a) *Flow Accumulation* (Plūsmas uzkrāšanās) modeļa rezultāts



(b) *Fill Sinks* (Ieplaku aizpildīšanas) modeļa uz neizmainīta DEM rezultāts

#### Apzīmējumi:

DEM – digitālais reljefa modelis

m – metri

Avots: Autoru pētījuma rezultāti.

#### 4.4. attēls. Reljefa hidroloģisko modeļu salīdzinājums pilotteritorijā nr. 2.

*Flow Accumulation* modelis (sk. 4.4.(a) att.) identificē lineārus, koncentrētus noteces ceļus (plūsmas līnijas), kas vizuāli sakrīt ar esošo meliorācijas sistēmas tīklu. Intensīvākie plūsmas uzkrāšanās apgabali ir redzami galvenokārt teritorijas centrālajā ieplakā un dienvidaustrumu galā. Šis rezultāts pierāda, ka reljefs pilotteritorijā nr. 2 ir dabiski orientēts uz efektīvu un ātru ūdens novadīšanu.

No *Fill Sinks* modeļa uz neizmainīta digitālā reljefa modeļa (DEM) rezultāta (sk. 4.4.(b) att.) redzams, ka lielākā daļa pilotteritorijas nr. 2 ir gaišā tonī (tuvu baltai krāsai) ar gaiši zilām ieplakām. Tas nozīmē, ka ūdens līmenis virs reljefa ir ļoti zems (tuvu 0 m), kas liecina par minimālu dabisko ūdens uzkrāšanās potenciālu bez papildu hidrotehniskiem pasākumiem. Tādējādi šī analīze liecina, ka teritorijas reljefā nav daudz slēgtu depresiju vai dobumu, kur ūdens dabiski varētu uzkrāties ilgstoši.



Abu modeļu rezultāti kopumā apliecina, ka pilotteritorijas nr. 2 reljefs ir dabiski veidots ūdens novadīšanai, nevis uzkrāšanai. Lai sasniegtu kūdraugsnes appludināšanas mērķi un nodrošinātu stabilus mitruma apstākļus, nepieciešama sprosta ievietošana, kas pārtrauks koncentrētās plūsmas (*Flow Accumulation*) un mākslīgi radīs appludināšanas apstākļus (*Fill Sinks*).

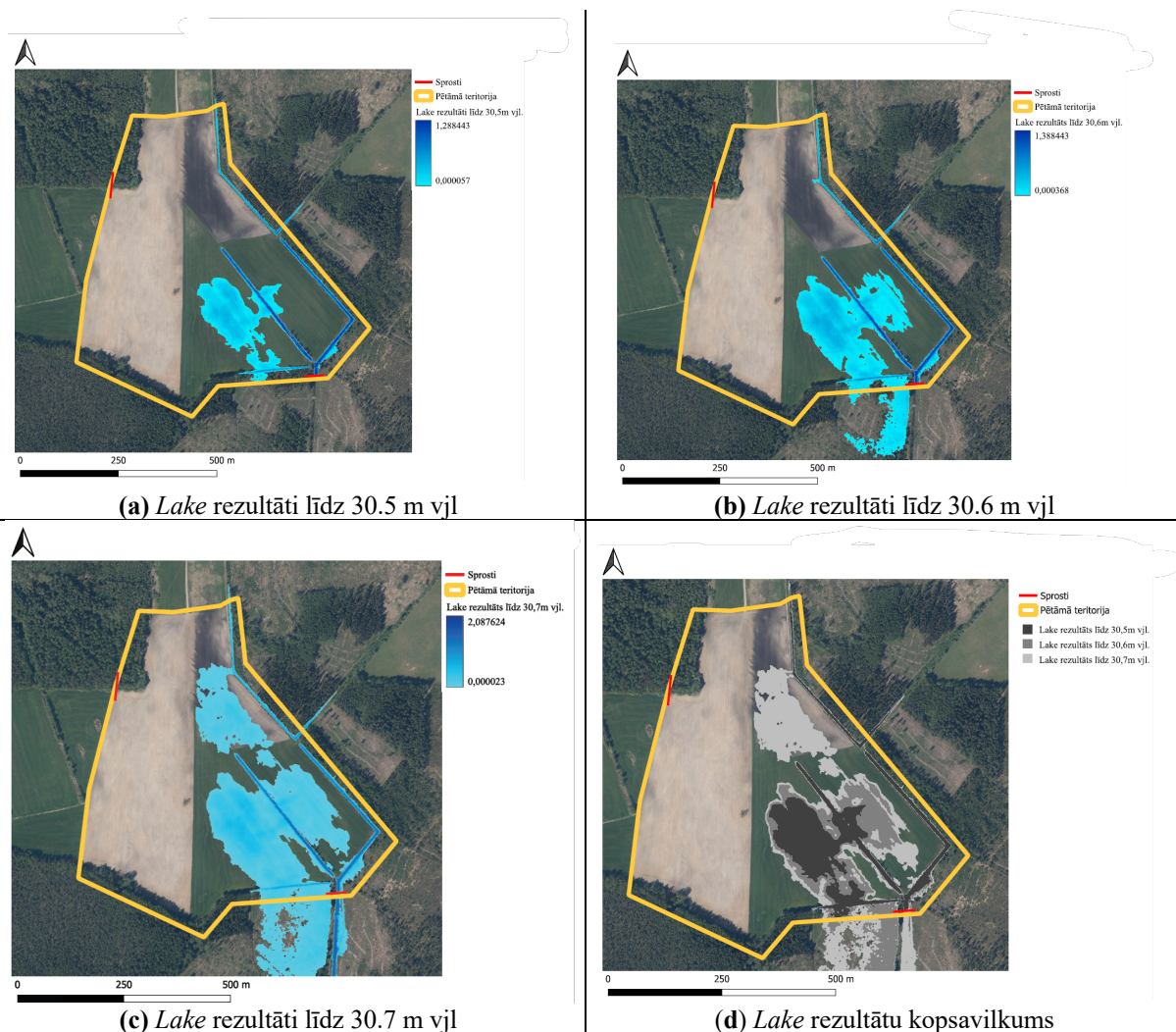


Avots: Autoru pētījuma rezultāti.

#### 4.5. attēls. **Fill Sinks** modeļa rezultāts, ievieojot sprostu meliorācijas sistēmā, pilotteritorijā nr. 2.

4.5. attēlā redzami *Fill Sinks* modeļa rezultāti pēc sprostu ievietošanas meliorācijas sistēmā pētāmajā pilotteritorijā nr. 2. Modelis parāda ūdens līmeņa sadalījumu virs reljefa pēc sprostu ievietošanas. Pētāmajā pilotteritorijā novērojamas būtiskas izmaiņas salīdzinājumā ar neizmainīto DEM modeli. Lielākā daļa teritorijas, īpaši tās centrālā un dienvidaustrumu daļa, ir attēlota vidēji līdz tumši zilā krāsā, kas norāda uz ūdens līmeņa paaugstināšanos līdz pat 2 m virs reljefa. Tas nozīmē, ka pēc sprostu uzstādīšanas ūdens plūsma tiek aizturēta, un daļa teritorijas tiek appludināta. Sprostu ietekmē virszemes noteces ceļi kļūst par ūdens uzkrāšanās joslām. Šī pārmaiņa ir īpaši izteikta teritorijas dienvidaustrumu pusē pie sprosta ievietošanas vietas. Modelis parāda, ka sprostu ieviešana būtiski palielina ūdens akumulācijas potenciālu un samazina noteces intensitāti, radot priekšnoteikumus kūdraugsnes mitrināšanai. Kopumā *Fill Sinks* modeļa rezultāti pēc sprostu ievietošanas apliecina, ka hidrotehniskais risinājums (sprosti) veicina ūdens uzkrāšanos pētāmajā pilotteritorijā nr. 2.

*Lake* modeļa rezultātu apkopojums (sk. 4.6. attēls.) ilustrē pētāmās pilotteritorijas nr. 2 applūstošo platību izmaiņas pēc sprostu ievietošanas meliorācijas sistēmā. Modelī tika simulēti trīs scenāriji ar atšķirīgiem ūdens līmeņiem – 30.5 m, 30.6 m un 30.7 m vjl.



**Apzīmējumi:**

m – metri

*Avots: Autoru pētījuma rezultāti.*

vjl – virs jūras līmeņa

#### 4.6. attēls. **Lake modeļa rezultātu apkopojums, ievietojot sprostus meliorācijas sistēmā, pilotteritorijā nr. 2.**

Pie zemākā modelētā ūdens līmeņa (30.5 m vjl) ūdens uzkrājas sprosta tuvumā pilotteritorijas dienvidaustrumu daļā. Pie vidējā ūdens līmeņa (30.6 m vjl) applūstošā teritorija būtiski paplašinās un ūdens sāk izplatīties, appludinot arī daļu bakusteritorijas, kas neietilpst pētāmajā pilotteritorijā. Pie augstākā ūdens līmeņa (30.7 m vjl) appludinātā platība sasniedz maksimālo teritorijas daļu aptverot gandrīz visas zemākās reljefa zonas centrālajā un austrumu daļā. Papildus tam, šis līmenis izraisa arī blakus esošajās teritorijas applūšanu pilotteritorijas dienvidaustrumu daļā. Modelis kopumā parāda, ka sprostu ievietošana meliorācijas sistēmā būtiski ietekmē ūdens režīmu un ūdens uzkrāšanos pētāmajā pilotteritorijā.

Gan *Lake*, gan *Fill Sinks* modeļu rezultāti parāda, ka sprostu ievietošana meliorācijas sistēmā būtiski maina pētāmās pilotteritorijas nr. 2 hidroloģisko režīmu. *Lake* modelis parāda ūdens izplatību pie dažādiem līmeņiem, apliecinot, ka pie 30.7 m vjl applūdinājums aptver lielāko daļu no teritorijas centrālās un austrumu daļas. Savukārt *Fill Sinks* modelis ar sprostu

papildina šo analīzi, uzrādot vietas gar meliorācijas grāvjiem, kur pēc sprostu ievietošanas ūdens uzkrājas, veidojot lokālas ūdenskrātuves un ilgstoši mitras zonas.

4.6. tabulā atspoguļoti ūdens līmeņa paaugstināšanās simulācijas rezultāti pilotteritorijā nr. 2, salīdzinot izmantotos modelēšanas pieejas variantus – *Fill Sinks* modeli un *Lake* modeli pie dažādiem applūdināšanas augstumiem (30.5 m vjl, 30.6 m vjl un 30.7 m vjl).

4.6. tabula

**Simulācijas rezultāti pilotteritorijai nr.2 Ropažu novadā, ha**

| Rādītājs                                                                                                                          | Simulētā platība, izmantojot <i>Fill Sinks</i> modeli | Simulētā platība, izmantojot <i>Lake</i> modeli, pie dažādiem applūdināšanas augstumiem |            |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|
|                                                                                                                                   |                                                       | 30.5 m vjl                                                                              | 30.6 m vjl | 30.7 m vjl |
| Kopējā zemes platība, uz kuru varētu būt tieša vai netieša hidroloģiskā ietekme pēc ūdens līmeņa paaugstināšanas (applūdināšanas) | 28.45                                                 | 15.44                                                                                   | 15.44      | 28.45      |
| Kopējā platība, kas pēc ūdens līmeņa atjaunošanas vairs nebūs izmantojama lauksaimnieciskai ražošanai                             | 14.48                                                 | 7.63                                                                                    | 10.09      | 13.87      |
| Kopējā kūdraugsnes platība pilotteritorijā                                                                                        | 6.21                                                  | -                                                                                       | -          | -          |
| Simulētā kūdraugsnes platība, kas pakļauta applūšanai                                                                             | 5.13                                                  | 4.02                                                                                    | 4.75       | 5.09       |

*Avots: Autoru pētījuma rezultāti.*

Modelēšanas rezultāti rāda, ka pilotteritorijā nr. 2 ūdens līmeņa paaugstināšanās ietekme ir salīdzinoši lokāla, aptverot nelielu platību, taču mitrināšanas efektivitāte attiecībā uz kūdraugsnēm ir augsta. Kopējā teritorija, uz kuru varētu būt tieša vai netieša hidroloģiskā ietekme, pēc *Fill Sinks* modeļa ir 28.45 ha, savukārt *Lake* modeli šī platība svārstās no 15.44 ha pie zemākajiem applūdināšanas līmeņiem (30.5 un 30.6 m vjl) līdz 28.45 ha pie augstākā līmeņa (30.7 m vjl). Tas liecina, ka applūstošās teritorijas pieaugums notiek tikai pie maksimālā ūdens līmeņa, bet citos gadījumos tas saglabājas samērā stabils.

No kopējās ietekmētās teritorijas daļa zemju pēc ūdens līmeņa atjaunošanas vairs nebūtu izmantojama lauksaimniecībā. *Fill Sinks* modelis uzrāda 14.48 ha šādas platības, bet *Lake* modelis – no 7.63 ha līdz 13.87 ha atkarībā no simulētā applūdināšanas augstuma. Tas nozīmē, ka mitrināšanas pasākumi pilotteritorijā nr.2 samērīgi ietekmē arī lauksaimniecībā izmantojamās zemes, tomēr šī ietekme ir mērena un koncentrēta noteiktās vietās.

Kopējā kūdraugsnes platība pilotteritorijā nr. 2 ir 6.21 ha, un no tās saskaņā ar simulācijas rezultātiem applūdināta tiktu lielākā daļa – 5.13 ha pēc *Fill Sinks* modeļa un no 4.02 līdz 5.09 ha pēc *Lake* modeļa. Tas nozīmē, ka kūdraugsnes applūdināšana šajā teritorijā būtu efektīva un mērķtiecīga, jo lielākā daļa no esošajām kūdraugsnēm tiktu pakļauta hidroloģiskai ietekmei.

Zeme, kas atrodas pilotteritorijā nr. 2, pieder vienam īpašniekam, līdz ar to rezultāti, kas atspoguļoti 4.6. un 4.7. tabulā, sakrīt. Šīs vienīgās saimniecības īpašumā esošā kopējā zemes platība Latvijā ir 118.54 ha, tādējādi simulētā hidroloģiskā ietekme skar aptuveni 12 % no īpašniekam piederošās kopējās zemes platības.

**Lauksaimnieciskajai ražošanai neizmantojamās platības sadalījums pa saimniecības lielumu grupām pilotteritorijā nr. 2 (2024. gada dati)**

| Saimniecības lielums (ha) | Īpašniekam piederošā kopējā zemes platība Latvijā, ha | Lauksaimnieciskajai ražošanai neizmantojamās platības, ha |                                                                                  |            |            |
|---------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|
|                           |                                                       | simulētas, izmantojot <i>Fill Sinks</i> modeli            | simulētas, izmantojot <i>Lake</i> modeli, pie dažādiem appludināšanas augstumiem |            |            |
|                           |                                                       |                                                           | 30.5 m vjl                                                                       | 30.6 m vjl | 30.7 m vjl |
| Vidējā (>100, ≤300)       | 118.54                                                | 14.48                                                     | 7.63                                                                             | 10.09      | 13.87      |

*Avots: Autoru pētījuma rezultāti.*

4.8. tabulā atspoguļots lauksaimnieciskajai ražošanai neizmantojamo platību sadalījums pa kultūraugu grupām pilotteritorijā nr. 2, salīdzinot ar *Fill Sinks* modeli un *Lake* modeli, kas simulēts pie trim appludināšanas augstumiem: 30.5 m vjl, 30.6 m vjl un 30.7 m vjl iegūtos rezultātus. Šajā pilotteritorijā appludināšanas ietekme ir koncentrēta, aptverot relatīvi nelielu kopējo platību un tikai divas kultūraugu grupas.

**Lauksaimnieciskajai ražošanai neizmantojamo platību sadalījums pa kultūraugu grupām pilotteritorijā nr. 2 (2024. gada dati), ha**

| Ietekmētās kultūraugu grupas       | Lauksaimnieciskajai ražošanai neizmantojamās platības |                                                                                  |              |              |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|
|                                    | simulētas, izmantojot <i>Fill Sinks</i> modeli        | simulētas, izmantojot <i>Lake</i> modeli, pie dažādiem appludināšanas augstumiem |              |              |
|                                    |                                                       | 30.5 m vjl                                                                       | 30.6 m vjl   | 30.7 m vjl   |
| GEP (graudaugi, eļļaugi, pākšaugi) | 0.44                                                  | -                                                                                | -            | 0.43         |
| Aramzemes zālāji                   | 14.03                                                 | 7.63                                                                             | 10.09        | 13.44        |
| <b>KOPĀ</b>                        | <b>14.48</b>                                          | <b>7.63</b>                                                                      | <b>10.09</b> | <b>13.87</b> |

*Avots: Autoru pētījuma rezultāti.*

Analizējot kultūraugu sadalījumu, redzams, ka galvenā ietekme pilotteritorijā nr. 2 koncentrējas uz aramzemes zālājiem. Pēc *Fill Sinks* modeļa šī grupa veido lielāko daļu no kopējās neizmantojamās platības, sasniedzot 14.03 ha. *Lake* modelis prognozē, ka aramzemes zālāju platība tiks pakļauta augstai ietekmei visos scenārijos, pieaugot no 7.63 ha pie 30.5 m vjl līdz 13.44 ha pie 30.7 m vjl. Tas norāda, ka praktiski visa lauksaimniecībai neizmantojamā platība, ko simulē *Lake* modelis pie zemākajiem līmeņiem, ir tieši aramzemes zālāji.

Otra ietekmētā grupa ir GEP. Tā ietekmēta minimāli, jo pēc *Fill Sinks* modeļa tā ir tikai 0.44 ha. *Lake* modelis prognozē, ka GEP platības netiks ietekmētas ne pie 30.5 m vjl, ne pie 30.6 m vjl, bet tikai pie maksimālā līmeņa, 30.7 m vjl, sasniedzot 0.43 ha.

Kopumā simulācijas rezultāti pilotteritorijā nr. 2 rāda, ka ūdens līmeņa paaugstināšanas radītā ietekme ir salīdzinoši lokāla un ļoti koncentrēta uz aramzemes zālāju platībām. GEP platības tiek ietekmētas tikai pie augstākā simulētā ūdens līmeņa.

Neskatoties uz to, ka lauksaimnieciskajai ražošanai neizmantojamo platību analīze sniedz priekšstatu par zemes resursu zudumu, pilnīgai ekonomiskās ietekmes novērtēšanai ir nepieciešams analizēt šīs neizmantojamās zemes radītās sekas attiecībā uz darbaspēka ieguldījumu (sk. 4.9. tab.) un saimniecības negūto peļņu (sk. 4.10. tab.).

4.9. tabula

**Prognozētās nodarbinātības sekas pilotteritorijā nr. 2.**

| Saimniecības lieluma grupa (ha) | Nodarbinātību raksturojošie rādītāji izmantoto modeļu šķērsgriezumā                                        |                                                                                  |            |            |
|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|
|                                 | izmantojot <i>Fill Sinks</i> modeļa rezultātus                                                             | izmantojot <i>Lake</i> modeļa rezultātus, pie dažādiem appludināšanas augstumiem |            |            |
|                                 |                                                                                                            | 30.5 m vjl                                                                       | 30.6 m vjl | 30.7 m vjl |
|                                 | Vidējais dardaspēka ieguldījums gadā, stundas                                                              |                                                                                  |            |            |
| Vidējā (>100, ≤300)             | 401.77                                                                                                     | 213.64                                                                           | 282.39     | 384.80     |
|                                 | Pilnas slodzes ekvivalents, pieņemot, ka viens pilnas slodzes darbinieks strādā aptuveni 1800 stundas gadā |                                                                                  |            |            |
| Vidējā (>100, ≤300)             | 0.22                                                                                                       | 0.12                                                                             | 0.16       | 0.21       |

Avots: Pētījuma autoru aprēķini, balstoties uz (Veipane, Pilvere, Lillemets, Bilande & Nipers, 2025<sup>24</sup>).

4.9. tabulā atspoguļotas prognozētās nodarbinātības sekas pilotteritorijā nr. 2, kuras dati aptver tikai vienu vidējo saimniecību. Nodarbinātības rādītāji ir tieši saistīti ar to, ka lauksaimnieciskajai ražošanai neizmantojamās platības (pēc appludināšanas) šajā saimniecībā tiek izmantotas darbietilpīgiem kultūraugiem – GEP un aramzemes zālājiem.

Kopējais prognozētais darbaspēka ieguldījuma zaudējums šajā vidējā saimniecībā pēc *Fill Sinks* modeļa ir 402 stundas, kas atbilst 0.22 pilnas slodzes ekvivalentam. *Lake* modeļa applūšanas scenārijos slogs pakāpeniski pieaug no 214 stundām pie 30.5 m vjl līdz 385 stundām (0.21 pilnas slodzes ekvivalents) pie 30.7 m vjl. Lai gan *Fill Sinks* modelis uzrāda par nedaudz lielāku ietekmi (402 stundas), *Lake* modeļa maksimālais slogs (385 stundas) ir tuvs tam, norādot, ka šīs saimniecības zemes ir vienlīdz jutīgas gan pret iekšējās drenāžas problēmām, gan pret virszemes ūdens līmeņa celšanos.

Nodarbinātības seku analīze šajā pilotteritorijā apstiprina, ka liels prognozētais darbaspēka slogs (gandrīz pusgads pilnas slodzes darba) vienā vidējā saimniecībā ir tieši saistīts ar to, ka tās aplūstošās platības tiek izmantotas darbietilpīgu kultūraugu ražošanai.

4.10. tabula

**Prognozētā negūtā peļņa gadā pilotteritorijā nr. 2., EUR**

<sup>24</sup> Veipane, U. D., Pilvere, I., Lillemets, J., Bilande, K., & Nipers, A. (2025). Land Use and Production Practices Shape Unequal Labour Demand in Agriculture and Forestry. *Land*, 14(10), 2097. <https://doi.org/10.3390/land14102097>



| Saimniecības lieluma grupa (ha) | Negūtā peļņa izmantoto modeļu šķērs griezumā   |                                                                                  |            |            |
|---------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|
|                                 | izmantojot <i>Fill Sinks</i> modeļa rezultātus | izmantojot <i>Lake</i> modeļa rezultātus, pie dažādiem appludināšanas augstumiem |            |            |
|                                 |                                                | 30.5 m vjl                                                                       | 30.6 m vjl | 30.7 m vjl |
| Vidējā (>100, ≤300)             | 1 493.16                                       | 743.61                                                                           | 982.92     | 1 431.00   |

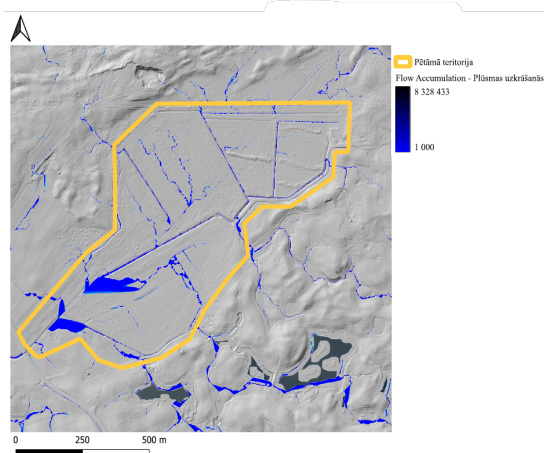
Avots: Pētījuma autoru aprēķini.

Prognozētās negūtās peļņas analīze tieši atspoguļo finansiālo slogu, ar kuru saskaras saimniecība vairs lauksaimnieciskajai ražošanai neizmantojamo platību dēļ. Vidējās saimniecības, kuras zeme atrodas pilotteritorijā nr. 2, zaudējumi ir ievērojami un saistīti ar audzējamo kultūraugu veidu un zaudēto platību lielumu.

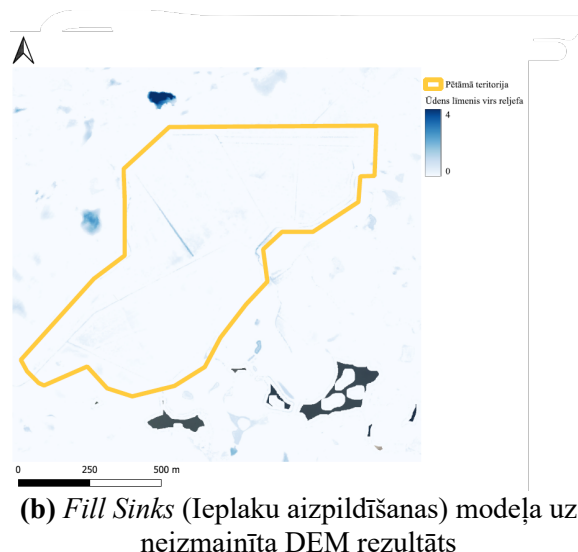
Vislielākie zaudējumi (jeb negūtā peļņa) tiek prognozēti, izmantojot *Fill Sinks* modeli, 1 493.16 EUR apmērā. *Lake* modeļa scenārijos negūtā peļņa pakāpeniski pieaug, ūdens līmenim ceļoties: sākotnēji pie 30.5 m vjl prognozētie zaudējumi ir 743.61 EUR, kas saistīti ar mazāku platības zaudējumu (7.63 ha), taču, pieaugot ūdens līmenim līdz 30.7 m vjl, prognozētie zaudējumi palielinās gandrīz divas reizes, sasniedzot 1 431.00 EUR gadā. Šis straujais zaudējumu pieaugums atbilst platības zaudējuma pieaugumam līdz 13.87 ha. Pilotteritorijā nr. 2 lielāko daļu negūtās peļņas rada zaudētie ienākumi no aramzemes zālāju platībām.

#### 4.3. Applūšanas scenāriju simulācijas rezultāti pilotteritorijā nr. 3 (Cēsu novadā)

*Flow Accumulation* un *Fill Sinks* modeļu rezultāti sniedz pamatu pilotteritorijas nr. 3 dabisko hidroloģisko potenciālu novērtēšanai.



(a) *Flow Accumulation* (Plūsmas uzkrāšanās) modeļa rezultāts



(b) *Fill Sinks* (Ieplaku aizpildīšanas) modeļa uz neizmainīta DEM rezultāts

#### Apzīmējumi:

DEM – digitālais reljefa modelis  
m – metri

Avots: Autoru pētījuma rezultāti.

#### 4.7. attēls. Reljefa hidroloģisko modeļu salīdzinājums pilotteritorijai nr. 3.

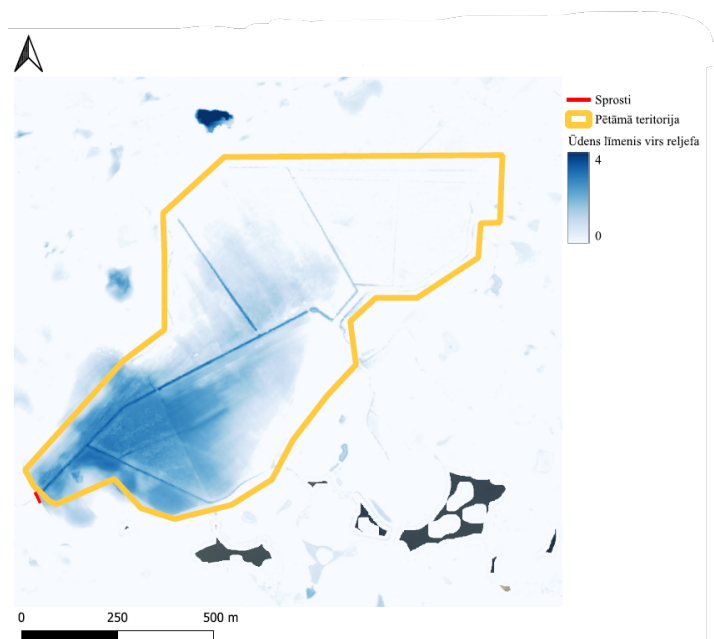


4.7. (a) attēlā redzami *Flow Accumulation* modeļa rezultāti pētāmajai pilotteritorijai nr. 3. Modelis atspoguļo virszemes noteces plūsmas virzienu un uzkrāšanās intensitāti, izmantojot digitālo reljefa modeli (DEM). Zilā krāsu gamma norāda vietas, kur ūdens plūsma koncentrējas – no mazākas uzkrāšanās (gaiši zils) līdz augstākai uzkrāšanai (tumši zils). *Flow Accumulation* modelis identificē lineārus, koncentrētus noteces ceļus (plūsmas līnijas), kas sakrīt ar esošo meliorācijas sistēmas grāvju tīklu. Šis rezultāts pierāda, ka reljefs pilotteritorijā nr. 3 ir dabiski orientēts uz efektīvu un ātru ūdens novadīšanu. Intensīvākie plūsmas uzkrāšanās apgabali ir redzami galvenokārt teritorijas dienvidrietumu daļā, kur tie savienojas ar valsts nozīmes ūdensnoteku. Tas norāda uz to, ka visa pētāmā platība tiek efektīvi drenēta caur šiem ceļiem. Tas apstiprina, ka bez sprostā visa ūdens plūsma ātri aizplūst.

Savukārt *Fill Sinks* modeļa analīze (4.7. (b)attēls), veikta uz neizmainīta digitālā reljefa modeļa (DEM), identificē un aizpilda lokālas ieplakas un mikrodepresijas reljefā, atspoguļojot ūdens līmeņa augstuma atšķirības virs reljefa. Krāsu gradācija no gaiši zilas līdz tumšākai norāda vietas, kur iespējams ūdens uzkrāšanās potenciāls līdz aptuveni 4 m virs apkārtējā reljefa.

No *Fill Sinks* modeļa rezultātiem redzams, ka lielākā daļa pilotteritorijas nr. 3 ir attēlota gaišā tonī (tuvu baltai krāsai), tas nozīmē zemu ūdens līmeni virs reljefa. Tādējādi šī analīze liecina, ka teritorijas reljefā nav daudz slēgtu depresiju vai dobumu, kur ūdens dabiski varētu uzkrāties ilgstoši. Lielākās depresijas novērojamas dienvidu un centrālajā daļā, kas saskan ar *Flow Accumulation* modeļa norādītajām ūdens akumulācijas zonām.

Abu modeļu rezultāti kopumā apliecina, ka pilotteritorijas nr. 3 reljefs ir dabiski veidots ūdens novadīšanai, nevis uzkrāšanai. Lai sasniegtu kūdraugsnes appludināšanas mērķi un nodrošinātu stabilus mitruma apstākļus, nepieciešama sprostā ievietošana, kas pārtrauks koncentrētās plūsmas (*Flow Accumulation*) un mākslīgi radīs appludināšanas apstākļus (*Fill Sinks*).



Avots: Autoru pētījuma rezultāti.

#### 4.8. attēls. *Fill Sinks* modeļa rezultāts, ievietojot sprostus meliorācijas sistēmā, pilotteritorijā nr. 3.

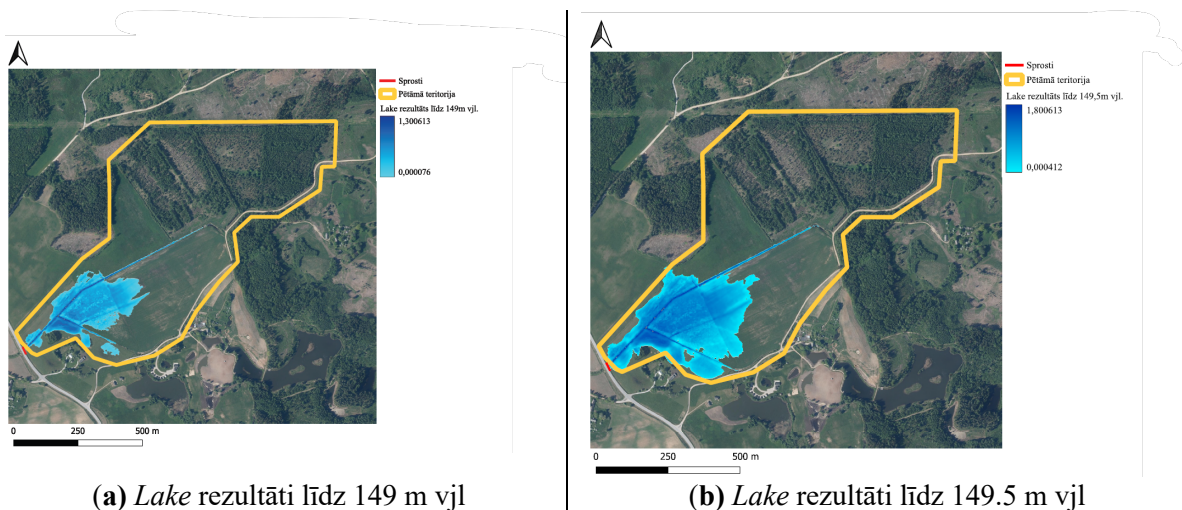
4.8. attēlā redzami *Fill Sinks* modeļa rezultāti pēc sprosta ievietošanas meliorācijas sistēmā pētāmajā pilotteritorijā nr. 3. Modelis parāda ūdens līmeņa sadalījumu virs reljefa pēc sprosta ievietošanas. Pētāmajā pilotteritorijā novērojamas būtiskas izmaiņas salīdzinājumā ar iepriekšējo (neizmainītā DEM) modeli. Lielākā daļa teritorijas, īpaši tās dienvidrietumu un centrālā daļa, ir attēlota vidēji līdz tumši zilā krāsā, kas norāda uz ūdens līmeņa paaugstināšanos līdz pat 4 m virs reljefa. Tas nozīmē, ka pēc sprosta uzstādīšanas ūdens plūsma tiek aizturēta un daļa teritorijas tiek appludināta.

Sprostas ietekmē virszemes noteces ceļi (agrākie meliorācijas grāvji) kļūst par ūdens uzkrāšanās joslām. Šī pārmaiņa ir īpaši izteikta pilotteritorijas nr. 3 dienvidrietumu stūrī, kur atzīmēta sprostas atrašanās vieta (sarkans marķējums 4.8. att.). No šī punkta uz ziemeļaustrumiem veidojas plaša, savstarpēji saistītu mitruma zonu sistēma, kas aptver lielāko daļu pilotteritorijas.

Modelis parāda, ka sprostas ieviešana būtiski palielina ūdens akumulācijas potenciālu un samazina noteces intensitāti, radot priekšnoteikumus kūdraugsnes mitrināšanai un appludināšanas apstākļu saglabāšanai.

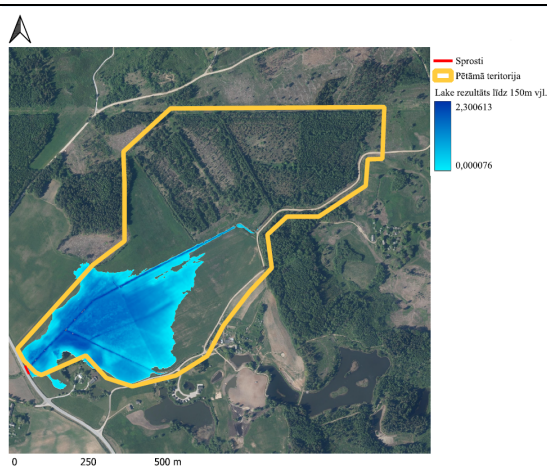
Kopumā *Fill Sinks* modeļa rezultāti pēc sprostas ievietošanas apliecina, ka sprostas ieviešana pārtrauc koncentrēto noteci un veicina ūdens uzkrāšanos pētāmajā pilotteritorijā nr. 3.

4.9. attēlā ir apkopoti *Lake* modeļa rezultāti, kas ilustrē pētāmās pilotteritorijas nr. 3 applūstošo platību izmaiņas pēc sprostas ievietošanas meliorācijas sistēmā.



(a) *Lake* rezultāti līdz 149 m vjl

(b) *Lake* rezultāti līdz 149.5 m vjl

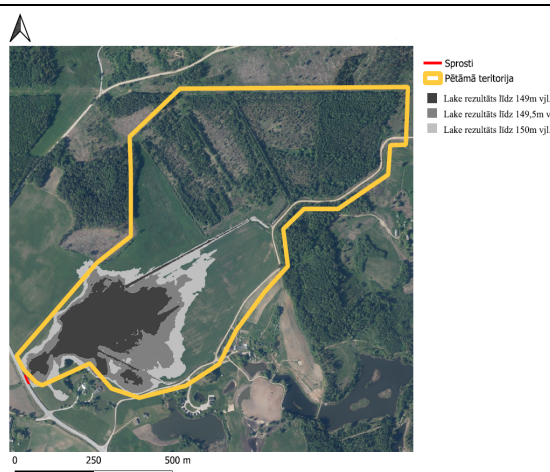


(c) Lake rezultāti līdz 150 m vjl

#### Apzīmējumi:

m – metri

Avots: Autoru pētījuma rezultāti.



(d) Lake rezultātu kopsavilkums

vjl – virs jūras līmeņa

#### 4.9. attēls. **Lake modeļa rezultātu apkopojums, ievietojot sprostu meliorācijas sistēmā, pilotteritorijā nr. 3.**

Modelī tika simulēti trīs scenāriji ar atšķirīgiem ūdens līmeņiem – 149.0 m, 149.5 m un 150.0 m vjl, lai izvērtētu appludinājuma apjoma izmaiņas atkarībā no ūdens uzkrāšanās intensitātes pētāmajā mērķteritorijā nr. 3. Pie zemākā modelētā ūdens līmeņa (149.0 m vjl) ūdens uzkrājas sprostā tuvumā, aplūdinot teritorijas dienvidrietumu daļu. Šajā posmā novērojama sākotnējā ūdens aizture, kas skar teritorijas zemākās vietas. Pie vidējā ūdens līmeņa (149.5 m vjl) applūstošā teritorija būtiski paplašinās, un ūdens sāk izplatīties gar blakus esošajām zemākajām reljefa zonām, pakāpeniski aptverot plašu lauksaimniecības zemes daļu un pārvietojoties dziļāk pilotteritorijā. Pie augstākā ūdens līmeņa (150.0 m vjl) applūdinātā platība sasniedz maksimālo teritorijas daļu, aptverot gandrīz visas zemākās reljefa zonas teritorijas dienvidu pusē. Šī situācija atspoguļo maksimālo potenciālo applūdinājuma robežu, kad sprosts nodrošina pilnīgu ūdens noteces aizturi un pastāvīgu gruntsūdeņu līmeņa paaugstinājumu kūdraugsnes slānī.

Modelis kopumā parāda, ka sprosta ievieošana meliorācijas sistēmā būtiski ietekmē ūdens režīmu un ūdens uzkrāšanos pētāmajā teritorijā. Iegūtie rezultāti apstiprina, ka ir iespējams nodrošināt pakāpenisku ūdens aizturi un ilgtspējīgu mitruma palielināšanos pētāmajā pilotteritorijā nr. 3.

Gan *Lake*, gan *Fill Sinks* modeļu rezultāti parāda, ka sprosta ievieošana meliorācijas sistēmā būtiski maina pētāmās pilotteritorijas nr. 3 hidroloģisko režīmu. *Lake* modelis parāda ūdens izplatību pie dažādiem līmeņiem, apliecinot, ka pie 150.0 m vjl. applūdinājums aptver lielāko daļu no pētāmās teritorijas dienvidrietumu daļā. Savukārt *Fill Sinks* modelis ar sprostu papildina šo analīzi, uzrādot vietas gar meliorācijas grāvjiem, kur pēc sprosta ieviešanas ūdens uzkrājas, veidojot lokālas ūdenskrātuves un ilgstoši mitras zonas.

4.11. tabulā atspoguļoti ūdens līmeņa paaugstināšanās simulācijas rezultāti pilotteritorijā nr. 3, salīdzinot izmantotos modelēšanas pieejas variantus – *Fill Sinks* modeli un *Lake* modeli pie dažādiem applūdināšanas augstumiem (149.0 m vjl, 149.5 m vjl un 150.0 m vjl).

Modelēšanas rezultāti rāda, ka kopējā zemes platība, uz kuru varētu būt tieša vai netieša hidroloģiskā ietekme, pēc ūdens līmeņa paaugstināšanas gan *Fill Sinks* modeli, gan *Lake* modeli ir nemainīga visos simulācijas scenārijos un sastāda 37.61 ha. Tas liecina, ka pilotteritorijā nr. 3 applūstošās teritorijas potenciālais maksimālais apjoms nesvārstās atkarībā no applūdināšanas līmeņa diapazonā no 149.0 m vjl līdz 150.0 m vjl.

4.11. tabula

**Simulācijas rezultāti pilotteritorijai nr. 3 Cēsu novadā, ha**

| Rādītājs                                                                                                                          | Simulētā platība, izmantojot <i>Fill Sinks</i> modeli | Simulētā platība, izmantojot <i>Lake</i> modeli, pie dažādiem applūdināšanas augstumiem |             |             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|
|                                                                                                                                   |                                                       | 149.0 m vjl                                                                             | 149.5 m vjl | 150.0 m vjl |
| Kopējā zemes platība, uz kuru varētu būt tieša vai netieša hidroloģiskā ietekme pēc ūdens līmeņa paaugstināšanas (applūdināšanas) | 37.61                                                 | 37.61                                                                                   | 37.61       | 37.61       |
| Kopējā platība, kas pēc ūdens līmeņa atjaunošanas vairs nebūs izmantojama lauksaimnieciskai ražošanai                             | 30.28                                                 | 11.55                                                                                   | 16.08       | 19.57       |
| Kopējā kūdraugsnes platība pilotteritorijā                                                                                        | 21.12                                                 | -                                                                                       | -           | -           |
| Simulētā kūdraugsnes platība, kas pakļauta applūšanai                                                                             | 18.15                                                 | 8.17                                                                                    | 8.59        | 8.77        |

*Avots: Autoru pētījuma rezultāti.*

No kopējās ietekmētās teritorijas daļa zemju pēc ūdens līmeņa atjaunošanas vairs nebūtu izmantojama lauksaimniecībā. *Fill Sinks* modelis uzrāda salīdzinoši augstu platības apjomu – 30.28 ha, kas veido lielāko daļu no kopējās ietekmētās platības. Savukārt *Lake* modelis prognozē ievērojami mazāku neizmantojamo platību – no 11.55 ha pie zemākā applūdināšanas līmeņa (149.0 m vjl) līdz 19.57 ha pie augstākā līmeņa (150.0 m vjl). Tas nozīmē, ka, lai gan *Fill Sinks* modelis paredz ļoti lielu ietekmi uz lauksaimniecības zemēm, *Lake* modelis uzrāda mazāku un pakāpeniski pieaugošu ietekmi, kas liecina par mērenāku ietekmi uz saimniecisko darbību.

Kopējā kūdraugsnes platība pilotteritorijā nr. 3 ir 21.12 ha. No tās saskaņā ar simulācijas rezultātiem applūdināta tiktu lielākā daļa pēc *Fill Sinks* modeļa – 18.15 ha. *Lake* modelis uzrāda ievērojami mazāku applūstošo platību, kas svārstās no 8.17 ha (pie 149.0 m vjl) līdz 8.77 ha (pie 150.0 m vjl). Tas nozīmē, ka *Fill Sinks* modelis paredz ļoti augstu kūdraugsnes mitrināšanas efektivitāti, ietekmējot gandrīz visu esošo kūdraugsnes platību. Turpretim *Lake* modelis rāda, ka tikai neliela daļa no kūdraugsnes platības tiktu pakļauta applūšanai.

Kopumā pilotteritorijas nr. 3 simulācijas rezultāti rāda, ka ūdens līmeņa paaugstināšanas ietekmes novērtēšana ir ļoti atkarīga no izvēlēta modelēšanas rīka. *Fill Sinks* modelis prognozē augstu kūdraugsnes mitrināšanas efektivitāti, *Lake* modelis piedāvā scenārijus ar mazāku ietekmi uz lauksaimniecību, taču tajā pašā laikā samazina kūdraugsnes mitrināšanas apjomu.

Zemes, kas atrodas pilotteritorijā nr. 3, pieder četriem īpašniekiem, kuru kopējā lauksaimniecībā izmantojamās zemes platība visā Latvijā ir 228.70 ha. Tādējādi simulētā hidroloģiskā ietekme skar no 9 % (pēc *Lake* modeļa pie 150.0 m vjl) līdz 13% (pēc *Fill Sinks*

modeļa) no īpašniekiem piederošās kopējās zemes, platības norādot uz būtisku, tomēr lokāli koncentrētu ietekmi uz ražošanas iespējām.

4.12. tabula

**Lauksaimnieciskajai ražošanai neizmantojamās platības sadalījums pa saimniecības lielumu grupām pilotteritorijā nr. 3 (2024. gada dati)**

| Saimniecības lielums<br>(ha) | Īpašniekam<br>piederošā<br>kopējā<br>zemes<br>platība<br>Latvijā, ha | Lauksaimnieciskajai ražošanai neizmantojamās<br>platības, ha |                                                                                     |              |              |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|
|                              |                                                                      | simulētas,<br>izmantojot<br><i>Fill Sinks</i><br>modeļi      | simulētas, izmantojot <i>Lake</i> modeļi, pie<br>dažādiem appludināšanas augstumiem |              |              |
|                              |                                                                      |                                                              | 149.0 m vjl                                                                         | 149.5 m vjl  | 150.0 m vjl  |
| Vidējā (>100, ≤300)          | 182.13                                                               | 11.85                                                        | 2.77                                                                                | 4.81         | 6.91         |
| Mazā (>20, ≤100)             | 26.50                                                                | 9.26                                                         | 1.87                                                                                | 2.74         | 3.49         |
| Ļoti mazā (≤20)              | 10.94                                                                | 7.18                                                         | 5.81                                                                                | 7.18         | 7.18         |
| Ļoti mazā (≤20)              | 9.14                                                                 | 1.99                                                         | 1.09                                                                                | 1.35         | 1.99         |
| <b>KOPĀ</b>                  | <b>228.70</b>                                                        | <b>30.28</b>                                                 | <b>11.55</b>                                                                        | <b>16.08</b> | <b>19.57</b> |

Avots: Autoru pētījuma rezultāti.

Aplūkojot simulācijas rezultātus saimniecību lielumu šķērsgrīzumā, redzams, ka lauksaimniecībai neizmantojamās platības dinamika būtiski atšķiras gan atkarībā no saimniecību lieluma, gan no izmantotā modelēšanas scenārija.

Pilotteritorijā nr. 3 vislielākais turpmāk (pēc appludināšanas) neizmantojamās zemes apjoms ir koncentrēts vidējo saimniecību grupā, kurā ietilpst viena saimniecība. Saskaņā ar *Fill Sinks* modeļa datiem šī saimniecība veido 11.85 ha neizmantojamās zemes, kas ir aptuveni 39.1 % no visa modelī noteiktā apjoma. *Lake* modelis rāda, ka applūšanas ietekme ir pakāpeniska un loģiska: tā pieaug no 2.77 ha (pie 149.0 m vjl) līdz 6.91 ha (pie 150.0 m vjl).

Mazās un ļoti mazās saimniecības pilotteritorijā nr. 3 uzrāda gan augstu neizmantojamās zemes īpatsvaru, gan atšķirīgu jutīgumu pret modelēšanas scenārijiem.

Mazo saimniecību grupa (ar vienu saimniecību) veido otru lielāko problemātisko teritoriju daļu. *Fill Sinks* modelis identificē 9.26 ha neizmantojamās zemes, kas ir aptuveni 30.6% no kopējā *Fill Sinks* modeļa aprēķinātās platības. *Lake* modeļa rezultāti rāda, ka applūšanas ietekme ir mērena, sasniedzot 3.49 ha pie 150.0 m vjl.

Ļoti mazo saimniecību grupā, kuru veido divas saimniecības, kopējā neizmantojamā platība saskaņā ar *Fill Sinks* modeli ir 9.17 ha. Tomēr *Lake* modelis šajā grupā uzrāda neparasti augstu applūšanas jutību. Ar abiem modeļiem iegūti gandrīz identiski rezultāti.

Vērtējot ietekmēto teritoriju īpatsvaru attiecībā pret kopējo zemes platību, kļūst skaidrs, ka hidroloģiskās pārmaiņas visvairāk ietekmēs tieši mazo un ļoti mazo saimniecību grupas. Šīm saimniecībām būs visierobežotākās iespējas kompensēt zaudēto zemes apjomu vai pielāgot ražošanas struktūru, kas padara tās par visneaizsargātāko segmentu pret iespējamām hidroloģiskajām izmaiņām, neskatoties uz to, ka absolūto slogu pilotteritorijā nr. 3 nes galvenokārt vidējā saimniecība.

4.13. tabulā atspoguļots lauksaimnieciskajai ražošanai neizmantojamo platību sadalījums pa kultūraugu grupām pilotteritorijā nr. 3, salīdzinot *Fill Sinks* modeļa rezultātus ar *Lake*



modeļa, kas simulēts pie trim applūdināšanas augstumiem: 149.0 m vjl, 149.5 m vjl un 150.0 m vjl, rezultātiem.

4.13. tabula

**Lauksaimnieciskajai ražošanai neizmantojamo platībasadalījums pa kultūraugu grupām pilotteritorijā nr. 3 (2024. gada dati), ha**

| Ietekmētās kultūraugu grupas       | Lauksaimnieciskajai ražošanai neizmantojamās platības |                                                                                  |              |              |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|
|                                    | simulētas, izmantojot <i>Fill Sinks</i> modeli        | simulētas, izmantojot <i>Lake</i> modeli, pie dažādiem applūdināšanas augstumiem |              |              |
|                                    |                                                       | 149.0 m vjl                                                                      | 149.5 m vjl  | 150.0 m vjl  |
| GEP (graudaugi, eļļaugi, pākšaugi) | 11.85                                                 | 2.77                                                                             | 4.81         | 6.91         |
| Ilggadīgie zālāji                  | 18.43                                                 | 8.77                                                                             | 11.27        | 12.66        |
| <b>KOPĀ</b>                        | <b>30.28</b>                                          | <b>11.55</b>                                                                     | <b>16.08</b> | <b>19.57</b> |

*Avots: Autoru pētījuma rezultāti.*

Analizējot kultūraugu sadalījumu, redzams, ka ietekme koncentrējas uz divām galvenajām kultūraugu grupām: ilggadīgajiem zālājiem un GEP. Ilggadīgie zālāji ir visvairāk ietekmētā grupa. Pēc *Fill Sinks* modeļa rezultātiem neizmantojamā platība sasniedz 18.43 ha. *Lake* modelī šī platība pieaug no 8.77 ha (149.0 m vjl) līdz 12.66 ha (150.0 m vjl). Tas nozīmē, ka ilggadīgie zālāji veido lielāko daļu no kopējās neizmantojamās platības visos simulācijas scenārijos.

GEP platībām arī tiek prognozēta ievērojama ietekme, lai gan mazāka nekā ilggadīgajiem zālājiem. Pēc *Fill Sinks* modeļa ietekme ir 11.85 ha. *Lake* modelī ietekme ir mazāka, bet arī pakāpeniski pieaugoša: no 2.77 ha pie zemākā līmeņa līdz 6.91 ha pie augstākā līmeņa.

Lai gan lauksaimnieciskajai ražošanai neizmantojamo platību analīze sniedz priekšstatu par zemes resursu zudumu, pilnīgai ekonomiskās ietekmes novērtēšanai ir nepieciešams analizēt šīs neizmantojamās zemes radītās sekas attiecībā uz darbaspēka ieguldījumu (sk. 4.14. tab.) un saimniecību negūto peļņu (sk.4.15. tab.).

4.14. tabula

**Prognozētās nodarbinātības sekas pilotteritorijā nr. 3**

| Saimniecības lieluma grupa (ha) | Nodarbinātību raksturojošie rādītāji izmantoto modeļu šķēsgriezumā                                                |                                                                                  |               |               |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|
|                                 | izmantojot <i>Fill Sinks</i> modeļa rezultātus                                                                    | izmantojot <i>Lake</i> modeļa rezultātus, pie dažādiem applūdināšanas augstumiem |               |               |
|                                 |                                                                                                                   | 149.0 m vjl                                                                      | 149.5 m vjl   | 150.0 m vjl   |
|                                 | <b>Vidējais dardaspēka ieguldījums gadā, stundas</b>                                                              |                                                                                  |               |               |
| Vidējā (>100, ≤300)             | 237.02                                                                                                            | 55.48                                                                            | 96.15         | 138.28        |
| Mazā (>20, ≤100)                | 74.11                                                                                                             | 14.99                                                                            | 21.93         | 27.91         |
| Ļoti mazā (≤20)                 | 107.71                                                                                                            | 87.14                                                                            | 107.71        | 107.71        |
| Ļoti mazā (≤20)                 | 29.82                                                                                                             | 16.32                                                                            | 20.23         | 29.82         |
| <b>KOPĀ</b>                     | <b>448.66</b>                                                                                                     | <b>173.93</b>                                                                    | <b>246.02</b> | <b>303.72</b> |
|                                 | <b>Pilnas slodzes ekvivalents, pieņemot, ka viens pilnas slodzes darbinieks strādā aptuveni 1800 stundas gadā</b> |                                                                                  |               |               |



| Saimniecības<br>lieluma grupa (ha) | Nodarbinātību raksturojošie rādītāji izmantoto modeļu šķēsgriezumā |                                                                                     |             |             |
|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|
|                                    | izmantojot<br><i>Fill Sinks</i><br>modeļa<br>rezultātus            | izmantojot <i>Lake</i> modeļa rezultātus, pie dažādiem<br>appludināšanas augstumiem |             |             |
|                                    |                                                                    | 149.0 m vjl                                                                         | 149.5 m vjl | 150.0 m vjl |
| Vidējā (>100, ≤300)                | 0.13                                                               | 0.03                                                                                | 0.05        | 0.08        |
| Mazā (>20, ≤100)                   | 0.04                                                               | 0.01                                                                                | 0.01        | 0.02        |
| Ļoti mazā (≤20)                    | 0.06                                                               | 0.05                                                                                | 0.06        | 0.06        |
| Ļoti mazā (≤20)                    | 0.02                                                               | 0.01                                                                                | 0.01        | 0.02        |
| <b>KOPĀ</b>                        | <b>0.25</b>                                                        | <b>0.10</b>                                                                         | <b>0.14</b> | <b>0.17</b> |

Avots: Pētījuma autoru aprēķini, balstoties uz (Veipane, Pilvere, Lillemets, Bilande & Nipers, 2025<sup>25</sup>).

Kopējais prognozētais darbaspēka ieguldījuma zaudējums pilotteritorijā nr. 3 ir 449 stundas pēc *Fill Sinks* modeļa, kas atbilst 0.25 pilnas slodzes ekvivalentam. *Lake* modeļa applūšanas scenāriji uzrāda mazāku, bet pieaugošu slogu, sasniedzot maksimumu 304 stundas jeb 0.17 pilnas slodzes ekvivalentus pie augstākā līmeņa (150.0 m vjl).

Nodarbinātības slogs ir izteikti koncentrēts ļoti mazo saimniecību grupā. No divām ļoti mazajām saimniecībām viena uzņemas vislielāko prognozētā darbaspēka ieguldījuma zaudējuma daļu. Pēc *Fill Sinks* modeļa šīs saimniecības zaudējums sasniedz 108 stundas gadā, kas ir aptuveni 24.0 % no visa pilotteritorijas sloga. Šīs saimniecības zemes ir arī ļoti jutīgas pret agrīnu applūšanu, jo *Lake* modeļa rezultāts jau pie 149.0 m vjl ir 87 stundas un paliek nemainīgs pie augstākiem līmeņiem (108 stundas pie 149.5 un 150.0 m vjl). Tas apliecina, ka prognozētais zaudējums ir stabils un ļoti maz atkarīgs no ūdens līmeņa svārstībām.

Vidējo saimniecību grupā ir vislielākais absolūtais darbaspēka ieguldījuma zaudējums pēc *Fill Sinks* modeļa, sasniedzot 237 stundas jeb 0.13 pilnas slodzes ekvivalentu. Tas veido vairāk nekā pusi no kopējā sloga. Tomēr *Lake* modeļa scenārijos slogs šajā grupā ir ievērojami mazāks, bet strauji pieaug, palielinoties no 55 stundām (pie 149.0 m vjl) līdz 138 stundām (pie 150.0 m vjl).

Mazo saimniecību grupā zaudējumi ir mazāki, bet tie arī pieaug: prognozētais zaudējums *Lake* modelī pieaug no 15 stundām līdz 28 stundām. Tas nozīmē, ka augstāks applūšanas sliekšnis ievērojami palielina nodarbinātības sekas.

Nodarbinātības seku analīze parāda, ka, lai gan absolūtais darbaspēka slogs pēc *Fill Sinks* modeļa ir vislielākais vidējā saimniecībā, relatīvi kritiskākā situācija ir vērojama ļoti mazajā saimniecībā, kuras zeme ir visjutīgākā un tās darbaspēka slogs applūšanas scenārijos ir nemainīgi augsts.

4.15. tabula

### Prognozētā negūtā peļņa gadā pilotteritorijā nr. 3., EUR

<sup>25</sup> Veipane, U. D., Pilvere, I., Lillemets, J., Bilande, K., & Nipers, A. (2025). Land Use and Production Practices Shape Unequal Labour Demand in Agriculture and Forestry. *Land*, 14(10), 2097. <https://doi.org/10.3390/land14102097>

| Saimniecības lieluma grupa (ha) | Negūtā peļņa izmantoto modeļu šķērsgriezumā    |                                                                                  |                 |                 |
|---------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|
|                                 | izmantojot <i>Fill Sinks</i> modeļa rezultātus | izmantojot <i>Lake</i> modeļa rezultātus, pie dažādiem appludināšanas augstumiem |                 |                 |
|                                 |                                                | 149.0 m vjl                                                                      | 149.5 m vjl     | 150.0 m vjl     |
| Vidējā (>100, ≤300)             | 3 315.34                                       | 775.97                                                                           | 1 344.89        | 1 934.26        |
| Mazā (>20, ≤100)                | 587.10                                         | 118.77                                                                           | 173.72          | 221.12          |
| Ļoti mazā (≤20)                 | 129.49                                         | 104.76                                                                           | 129.49          | 129.49          |
| Ļoti mazā (≤20)                 | 35.85                                          | 19.62                                                                            | 24.32           | 35.85           |
| <b>KOPĀ</b>                     | <b>4 067.78</b>                                | <b>1 019.12</b>                                                                  | <b>1 672.42</b> | <b>2 320.70</b> |

Avots: Pētījuma autoru aprēķini.

Simulācijas rezultāti un autoru aprēķini pilotteritorijai nr. 3 demonstrē, ka hidroloģiskā režīma atjaunošana radīs nozīmīgu un nevienmērīgi sadalītu finansiālo slogu zemes īpašniekiem negūtās peļņas veidā.

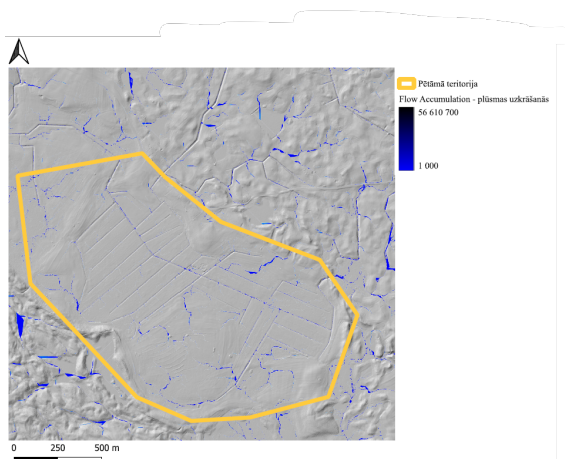
Kopējie prognozētie zaudējumi pilotteritorijā nr. 3 pēc *Fill Sinks* modeļa sasniedz 4067.78 EUR gadā. *Lake* modeļa scenārijos negūtā peļņa pakāpeniski pieaug, ūdens līmenim ceļoties: kopējie zaudējumi sākotnēji pie 149.0 m vjl tiek prognozēti 1 019.12 EUR apmērā, kas saistīti ar mazāku kopējo platības zaudējumu (11.55 ha), taču, pieaugot ūdens līmenim līdz 150.0 m vjl, prognozētie zaudējumi palielinās vairāk nekā divas reizes, sasniedzot 2 320.70 EUR gadā. Šis straujais zaudējumu pieaugums atbilst platības zaudējuma pieaugumam līdz 19.57 ha.

Prognozes dati pēc *Fill Sinks* modeļa demonstrē, ka vidējā saimniecība uzņemas pārliecinoši lielāko finansiālo slogu, kas sasniedz 3 315.34 EUR gadā. Tas veido aptuveni 81.5 % no visas pilotteritorijas kopējās negūtās peļņas. Šī koncentrācija norāda uz to, ka tieši šīs saimniecības intensīvi apsaimniekotās platības (audzējot GEP) rada vislielāko finansiālo ietekmi. Mazā saimniecība uzrāda otru lielāko finansiālo slogu, sasniedzot 587.10 EUR gadā. Ļoti mazo saimniecību grupai kopējā finansiālā ietekme ir neliela, summāri sasniedzot 165.34 EUR gadā.

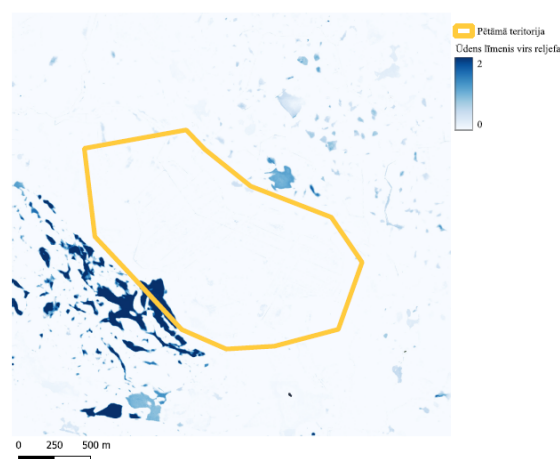
Analizējot finanšu zaudējumus, pieaugot ūdens līmenim (*Lake* modelis), redzams, ka visas saimniecību grupas ir jutīgas, taču visstraujāk pieaug vidējās saimniecības zaudējumi: no 775.97 EUR (pie 149.0 m vjl) līdz 1 934.26 EUR (pie 150.0 m vjl). Šī trīskāršošanās apliecina kritisko finansiālo jutīgumu pret pat nelielu ūdens līmeņa celšanos.

#### 4.4. Applūšanas scenāriju simulācijas rezultāti pilotteritorijā nr. 4 (Rēzeknes novadā)

4.10. attēlā ir apkopoti divu galveno hidroloģisko modeļu rezultāti, kas raksturo pilotteritorijas nr. 4 dabisko, nepārveidoto režīmu. Šo modeļu salīdzinājums (*Flow Accumulation* un *Fill Sinks* uz neizmainīta DEM) veido pamatu argumentam par mākslīgas iejaukšanās nepieciešamību kūdraugsnes appludināšanai.



**(a) *Flow Accumulation* (Plūsmas uzkrāšanās) modeļa rezultāts**



**(b) *Fill Sinks* (Ieplaku aizpildīšanas) modeļa uz neizmainīta DEM rezultāts**

#### **Apzīmējumi:**

DEM – digitālais reljefa modelis  
m – metri

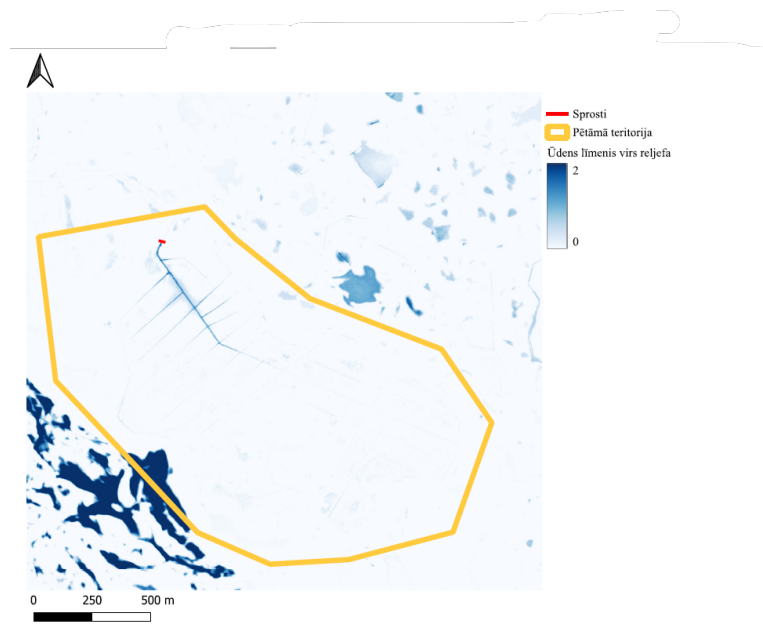
Avots: Autoru pētījuma rezultāti.

#### **4.10. attēls. Reljefa hidroloģisko modeļu salīdzinājums pilotteritorijā nr. 4.**

*Flow Accumulation* modelis (4.10.(a) attēls) identificē lineārus, koncentrētus noteces ceļus, kas sakrīt ar esošo meliorācijas sistēmas grāvju asīm. Tas pierāda, ka reljefs pilotteritorijā nr. 4 ir dabiski orientēts uz efektīvu ūdens novadīšanu. Visintensīvākā plūsmas uzkrāšanās ir novērojama ārpus pētāmās pilotteritorijas robežām, kas norāda uz ūdens noplūdi no pētāmās pilotteritorijas.

No *Fill Sinks* modeļa uz neizmainīta DEM (4.10.(b) attēls) rezultāta redzams, ka lielākā daļa no pētāmās pilotteritorijas nr. 4 ir attēlota gaišā tonī (tuvu baltai krāsai), kas nozīmē zemu (mazāks par 0.5 metriem) vai nulle ūdens līmeni virs reljefa. Tātad *Fill Sinks* modeļa rezultāti liecina, ka šīs pilotteritorijas reljefā nav daudz slēgtu depresiju (dobumu), kurās ūdens dabiski uzkrātos.

Abu modeļu rezultāti pierāda, ka pilotteritorijā nr. 4 reljefs ir dabiski veidots, lai novadītu ūdeni, nevis to uzkrātu. Tādējādi, lai sasniegtu kūdraugsnes appludināšanas mērķi, nepieciešams izmantot aktīvus hidrotehniskus pasākumus (sprosta ievietošanu), kas pārtrauks koncentrēto plūsmu (*Flow Accumulation*) un mākslīgi radīs appludināšanas apstākļus (*Fill Sinks*).

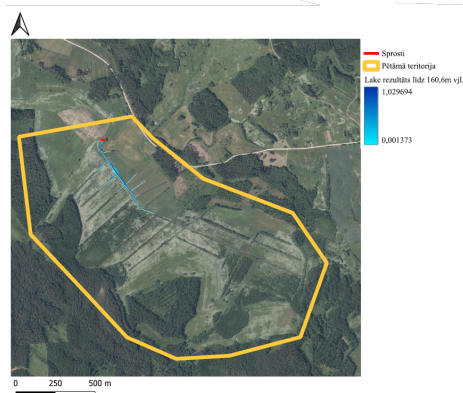


Avots: Autoru pētījuma rezultāti.

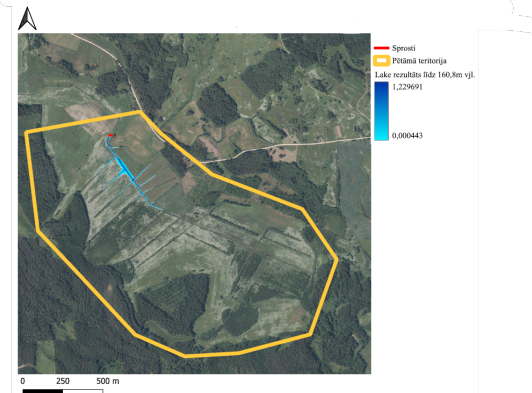
#### 4.11. attēls. *Fill Sinks* modeļa rezultāti, ievietojot sprostus meliorācijas sistēmā, pilotteritorijā nr. 4.

4.11. attēlā ir vizualizēti *Fill Sinks* modeļa rezultāti, kas ilustrē potenciālās ūdens uzkrāšanās vietas pētāmajā pilotteritorijā pēc viena sprosta ievietošanas esošajā meliorācijas sistēmā. Rezultāti liecina, ka lielākā ūdens aizture veidojas gar galveno meliorācijas grāvju tīklu sprosta augštecē, kas atrodas pilotteritorijas ziemeļu daļā. Aplūstošās zonas ir lineāras un stiepjas gar grāvjiem un to atzarojumiem. Tumšākas zilās zonas norāda dziļākās ieplakas ar lielāku ūdens uzkrāšanās potenciālu, savukārt gaišākas zonas atspoguļo nelielas ūdens plūsmas un virsmas mitruma palielinājumu tiešā grāvju tuvumā.

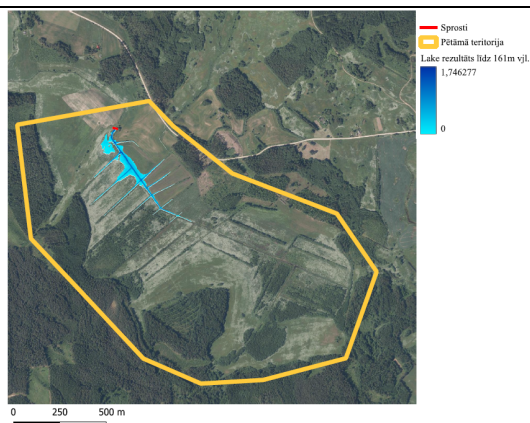
Modelis parāda, ka pēc sprosta ievietošanas ūdens sāk uzkrāties reljefa pazeminājumos, izveidojot nelielas lokālas ūdenskrātuves un mitras joslas gar bijušajiem grāvjiem. Šāda ūdens aizture veicina gruntsūdeņu līmeņa celšanos un mitruma saglabāšanos kūdras slānī, kas ir būtiski kūdraugšnes atjaunošanas procesā.



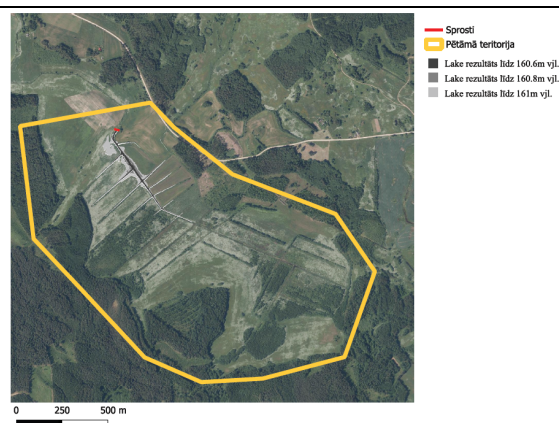
(a) Lake rezultāti līdz 160.6 m vjl



(b) Lake rezultāti līdz 160.8 m vjl



(c) Lake rezultāti līdz 161.0 m vjl



(d) Lake rezultātu kopsavilkums

**Apzīmējumi:**

m – metri

vjl – virs jūras līmeņa

Avots: Autoru pētījuma rezultāti.

#### 4.12. attēls. *Lake* modeļa rezultātu apkopojums, ievietojot sprostu meliorācijas sistēmā, pilotteritorijā nr. 4.

4.12. attēlā ir apkopoti *Lake* modeļa rezultāti, kas ilustrē pētāmās pilotteritorijas nr. 4 applūstošo platību izmaiņas pēc sprosta ievietošanas meliorācijas sistēmā teritorijas ziemeļu daļā. Modelī tika simulēti trīs scenāriji ar atšķirīgiem ūdens līmeņiem – 160.6 m, 160.8 m un 161.0 m vjl, lai izvērtētu applūstošās platības apjoma izmaiņas atkarībā no ūdens uzkrāšanās intensitātes pētāmajā pilotteritorijā nr. 4. Pie zemākā modelētā ūdens līmeņa (160.6 m vjl) ūdens uzkrājas sprosta tuvumā, appludinot teritorijas ziemeļu daļu gar galvenajiem meliorācijas grāvjiem. Šajā posmā novērojama sākotnējā ūdens aizture. Pie vidējā ūdens līmeņa (160.8 m vjl) applūstošā teritorija paplašinās, un ūdens sāk izplatīties gar blakus esošajiem grāvjiem, pakāpeniski aptverot plašāku teritoriju. Pie augstākā ūdens līmeņa (161.0 m vjl) applūdinātā platība sasniedz maksimālo teritorijas daļu, aptverot gandrīz visas zemākās reljefa zonas teritorijas ziemeļu daļā. Šī situācija atspoguļo maksimālo potenciālo applūdnātās platības robežu, kad sprosts nodrošina pilnīgu ūdens noteces aizturi un pastāvīgu gruntsūdeņu līmeņa paaugstinājumu kūdraaugsnēs slānī. Modelis kopumā parāda, ka sprosta ievietošana meliorācijas sistēmā būtiski ietekmē ūdens režīmu. Iegūtie rezultāti apstiprina, ka ir iespējams nodrošināt pakāpenisku ūdens aizturi un ilgtspējīgu mitruma palielināšanos pētāmajā teritorijā bez straujas pārplūdes ārpus tās robežām.

Gan *Lake*, gan *Fill Sinks* modeļu rezultāti parāda, ka sprosta ievietošana meliorācijas sistēmā būtiski maina pētāmās pilotteritorijas hidroloģisko režīmu. *Lake* modelis parāda ūdens izplatību pie dažādiem līmeņiem, apliecinot, ka pie 160.8–161.0 m v.j.l. applūdinājums aptver lielāko daļu no pilotteritorijas zemākajām daļām tās ziemeļu daļā. Savukārt *Fill Sinks* modelis ar sprostu papildina šo analīzi, uzrādot vietas gar meliorācijas grāvjiem, kur pēc sprosta ievietošanas ūdens uzkrājas, veidojot lokālas ūdenskrātuves un ilgstoši mitras zonas.

Arī pilotteritorijā nr. 4 tika veikta ūdens līmeņa paaugstināšanas simulācija, lai novērtētu kūdraugsnēs applūdināšanas ietekmi uz apkārtējām teritorijām. Modelēšana veikta, izmantojot *Fill Sinks* un *Lake* modeļus pie dažādiem applūdināšanas augstumiem – no 160.6 līdz 161.0 m vjl. Šīs simulācijas mērķis bija noteikt potenciālo applūdināšanas apjomu un izvērtēt, kā ūdens līmeņa atjaunošana ietekmētu lauksaimniecības zemes un kūdraugsnēs teritorijas (sk 4.16. tab.).



**Simulācijas rezultāti pilotteritorijai nr. 4 Rēzeknes novadā, ha**

| Rādītājs                                                                                                                          | Simulētā platība, izmantojot <i>Fill Sinks</i> modeli | Simulētā platība, izmantojot <i>Lake</i> modeli, pie dažādiem appludināšanas augstumiem |             |             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|
|                                                                                                                                   |                                                       | 160.6 m vjl                                                                             | 160.8 m vjl | 161.0 m vjl |
| Kopējā zemes platība, uz kuru varētu būt tieša vai netieša hidroloģiskā ietekme pēc ūdens līmeņa paaugstināšanas (appludināšanas) | 27.27                                                 | 26.19                                                                                   | 26.19       | 30.95       |
| Kopējā platība, kas pēc ūdens līmeņa atjaunošanas vairs nebūs izmantojama lauksaimnieciskai ražošanai                             | 12.30                                                 | 6.58                                                                                    | 9.80        | 15.66       |
| Kopējā kūdraugsnes platība pilotteritorijā                                                                                        | 56.82                                                 | -                                                                                       | -           | -           |
| Simulētā kūdraugsnes platība, kas pakļauta applūšanai                                                                             | 13.69                                                 | 5.91                                                                                    | 9.58        | 12.90       |

*Avots: Autoru pētījuma rezultāti.*

Kopējā platība, uz kuru varētu būt tieša vai netieša hidroloģiskā ietekme, pēc *Fill Sinks* modeļa sasniedz 27.27 ha, savukārt *Lake* modeļa rezultāti svārstās no 26.19 ha pie zemākajiem appludināšanas līmeņiem (160.6 un 160.8 m vjl) līdz 30.95 ha pie augstākā ūdens līmeņa (161 m vjl). Šī atšķirība norāda, ka, palielinot ūdens līmeni par 0.4 m, applūstošā teritorija nedaudz paplašinās, tomēr saglabājas kompakta un galvenokārt koncentrēta noteiktā reljefa daļā.

Pēc ūdens līmeņa paaugstināšanas lauksaimniecībā vairs neizmantojamā platība pēc *Fill Sinks* modeļa ir 12.30 ha, bet *Lake* modelī tā svārstās no 6.58 ha (pie 160.6 m vjl) līdz 15.66 ha (pie 161.0 m vjl). Tas nozīmē, ka tikai neliela daļa no ietekmētās teritorijas būtu jāizslēdz no lauksaimnieciskās ražošanas.

Kopējā kūdraugsnes platība pilotteritorijā nr. 4 ir 56.82 ha, no kuras applūšanai tiktu pakļauta neliela daļa — 13.69 ha pēc *Fill Sinks* modeļa un no 5.91 ha līdz 12.90 ha pēc *Lake* modeļa. Šie rādītāji liecina, ka, salīdzinot ar teritorijas kopējo kūdraugsnes apjomu, ūdens līmeņa paaugstināšanas rezultātā applūstošā daļa ir samērā ierobežota.

Kopumā pilotteritorijā nr. 4 ūdens līmeņa paaugstināšana izraisa salīdzinoši nelielas, bet lokāli nozīmīgas izmaiņas. Tiek skarta aptuveni trešdaļa no esošajām kūdraugsnēm, un ietekme uz lauksaimniecības zemēm ir ierobežota.

Zemes, kas atrodas pilotteritorijā nr. 4, pieder trīs zemes īpašniekam, kuru kopējā lauksaimniecībā izmantojamā zemes kopplatība Latvijā ir 175.26 ha. Tādējādi simulētā hidroloģiskā ietekme skar aptuveni no 7 % (pēc *Fill Sinks* modeļa) līdz 9 % (pēc *Lake* modeļa pie 161.0 m vjl) no īpašniekiem piederošās kopējās zemes, norādot uz būtisku, tomēr lokāli koncentrētu ietekmi uz ražošanas iespējām (sk. 4.17. tab.).

**Lauksaimnieciskajai ražošanai neizmantojamo platību sadalījums pa saimniecības lielumu grupām pilotteritorijā nr. 4 (2024. gada dati)**



| Saimniecības lielums<br>(ha) | Īpašniekam<br>piederošā<br>kopējā<br>zemes<br>platība<br>Latvijā, ha | Lauksaimnieciskajai ražošanai neizmantojamās<br>platības, ha |                                                                                     |             |              |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|
|                              |                                                                      | simulētas,<br>izmantojot<br><i>Fill Sinks</i><br>modeļi      | simulētas, izmantojot <i>Lake</i> modeli, pie<br>dažādiem appludināšanas augstumiem |             |              |
|                              |                                                                      |                                                              | 160.6 m vjl                                                                         | 160.8 m vjl | 161 m vjl    |
| Vidējā (>100, ≤300)          | 152.48                                                               | 6.95                                                         | 3.61                                                                                | 6.11        | 9.20         |
| Ļoti mazā (≤20)              | 15.48                                                                | 4.51                                                         | 2.80                                                                                | 3.46        | 5.65         |
| Ļoti mazā (≤20)              | 7.30                                                                 | 0.84                                                         | 0.17                                                                                | 0.22        | 0.81         |
| <b>KOPĀ</b>                  | <b>175.26</b>                                                        | <b>12.30</b>                                                 | <b>6.58</b>                                                                         | <b>9.80</b> | <b>15.66</b> |

Avots: Autoru pētījuma rezultāti.

Aplūkojot simulācijas rezultātus saimniecību lielumu šķērsgrīzumā pilotteritorijā nr. 4, redzams, ka lauksaimniecībai neizmantojamās platības dinamika atšķiras gan atkarībā no saimniecību lieluma, gan no izmantotā modelēšanas scenārija.

Vislielākā absolūtā ietekme pilotteritorijā nr. 4 koncentrējas vidējo un ļoti mazo saimniecību grupās. Vidējo saimniecību grupa uzņemas vislielāko neizmantojamās zemes apjomu, jo tajā ietilpst viena saimniecība. Saskaņā ar *Fill Sinks* modeļa datiem šī saimniecība veido 6.95 ha neizmantojamās zemes. *Lake* modelis rāda, ka applūšanas ietekme ir pakāpeniska, bet nozīmīga: platība pieaug no 3.61 ha (pie 160.6 m vjl) līdz 9.20 ha (pie 161.0 m vjl).

Ļoti mazo saimniecību grupā, kurā ietilpst divas saimniecības, saskaņā ar *Fill Sinks* modeli kopējā neizmantojamā platība ir 5.35 ha. *Lake* modelis uzrāda, ka applūšanas ietekme aug: pie 161.0 m vjl tā sasniedz 6.46 ha.

Vērtējot ietekmētās teritorijas īpatsvaru attiecībā pret kopējo zemes platību, redzams, ka hidroloģiskās pārmaiņas visvairāk ietekmēs tieši ļoti mazo saimniecību grupu. Šīs saimniecības nes vislielāko relatīvo slogu. Tām būs visierobežotākās iespējas kompensēt zaudēto zemes apjomu vai pielāgot ražošanas struktūru, kas padara tās par visneaizsargātāko segmentu pret iespējamām hidroloģiskajām izmaiņām.

4.18. tabulā atspoguļots lauksaimnieciskajai ražošanai neizmantojamo platību sadalījums pa kultūraugu grupām pilotteritorijā Nr. 4. Dati salīdzina *Fill Sinks* modeļa rezultātus ar *Lake* modeļa simulācijām, kas veiktas pie trim applūdināšanas augstumiem: 160.6 m vjl, 160.8 m vjl un 161 m vjl. Salīdzinājumā ar citām pilotteritorijām, šajā teritorijā applūdināšanas ietekme ir vismazākā kopējā platības apjomā.

4.18. tabula

#### Lauksaimnieciskajai ražošanai neizmantojamo platību sadalījums pa kultūraugu grupām pilotteritorijā nr. 4 (2024. gada dati), ha

| Ietekmētās kultūraugu grupas       | Lauksaimnieciskajai ražošanai neizmantojamās platības   |                                                                                     |             |             |
|------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|
|                                    | simulētas,<br>izmantojot<br><i>Fill Sinks</i><br>modeļi | simulētas, izmantojot <i>Lake</i> modeli, pie<br>dažādiem appludināšanas augstumiem |             |             |
|                                    |                                                         | 160.6 m vjl                                                                         | 160.8 m vjl | 161.0 m vjl |
| GEP (graudaugi, eļļaugi, pākšaugi) | 2.69                                                    | 1.44                                                                                | 1.93        | 2.60        |
| Ilggadīgie zālāji                  | 7.79                                                    | 3.78                                                                                | 6.34        | 10.01       |
| Papuve                             | 1.81                                                    | 1.37                                                                                | 1.53        | 3.04        |

| Ietekmētās kultūraugu grupas | Lauksaimnieciskajai ražošanai neizmantojamās platības |                                                                                  |             |              |
|------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|
|                              | simulētas, izmantojot <i>Fill Sinks</i> modeli        | simulētas, izmantojot <i>Lake</i> modeli, pie dažādiem appludināšanas augstumiem |             |              |
|                              |                                                       | 160.6 m vjl                                                                      | 160.8 m vjl | 161.0 m vjl  |
| <b>KOPĀ</b>                  | <b>12.30</b>                                          | <b>6.58</b>                                                                      | <b>9.80</b> | <b>15.66</b> |

Avots: Autoru pētījuma rezultāti.

Analizējot kultūraugu sadalījumu, ietekme koncentrējas uz trīs grupām: ilggadīgajiem zālājiem, GEP un papuvi. Ilggadīgie zālāji ir visvairāk ietekmētā grupa. Pēc *Fill Sinks* modeļa tiem tiek prognozēti 7.79 ha neizmantojamās platības. *Lake* modelī šī platība pieaug no 3.78 ha (160.6 m vjl) līdz 10.01 ha (161.0 m vjl), veidojot lielāko daļu no kopējās applūstošās platības visos scenārijos.

GEP platībām pēc *Fill Sinks* modeļa tiek prognozēti 2.69 ha ietekmes. *Lake* modelī ietekme ir mazāka un pieaug no 1.44 ha pie zemākā līmeņa līdz 2.60 ha pie augstākā līmeņa. Savukārt papuves platībām *Fill Sinks* modelis prognozē 1.81 ha ietekmi. *Lake* modelis rāda nelielu, bet stabilu pieaugumu no 1.37 ha līdz 3.04 ha atkarībā no ūdens līmeņa, kas norāda uz pilnīgu ietekmes platības pieaugumu tieši ar ūdens līmeņa paaugstināšanu.

Lai gan lauksaimnieciskajai ražošanai neizmantojamo platību analīze sniedz skaidru priekšstatu par zemes resursu zudumu, pilnīgai ekonomiskās ietekmes novērtēšanai ir nepieciešams analizēt šīs neizmantojamās zemes radītās sekas uz darbaspēka ieguldījumu (sk. 4.19. tab.) un saimniecību negūto peļņu (sk. 4.20.tab.).

4.19. tabula

#### Prognozētās nodarbinātības sekas pilotteritorijā nr. 4

| Saimniecības lieluma grupa (ha) | Nodarbinātību raksturojošie rādītāji izmantoto modeļu šķēsgriezumā                                                |                                                                                  |               |               |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|
|                                 | izmantojot <i>Fill Sinks</i> modeļa rezultātus                                                                    | izmantojot <i>Lake</i> modeļa rezultātus, pie dažādiem appludināšanas augstumiem |               |               |
|                                 |                                                                                                                   | 160.6 m vjl                                                                      | 160.8 m vjl   | 161.0 m vjl   |
|                                 | <b>Vidējais dardaspēka ieguldījums gadā, stundas</b>                                                              |                                                                                  |               |               |
| Vidējā (>100, ≤300)             | 41.71                                                                                                             | 21.66                                                                            | 36.69         | 55.20         |
| Ļoti mazā (≤20)                 | 224.01                                                                                                            | 129.08                                                                           | 166.05        | 247.56        |
| Ļoti mazā (≤20)                 | 12.64                                                                                                             | 2.54                                                                             | 3.36          | 12.14         |
| <b>KOPĀ</b>                     | <b>278.36</b>                                                                                                     | <b>153.28</b>                                                                    | <b>206.10</b> | <b>314.90</b> |
|                                 | <b>Pilnas slodzes ekvivalents, pieņemot, ka viens pilnas slodzes darbinieks strādā aptuveni 1800 stundas gadā</b> |                                                                                  |               |               |
| Vidējā (>100, ≤300)             | 0.02                                                                                                              | 0.01                                                                             | 0.02          | 0.03          |
| Ļoti mazā (≤20)                 | 0.12                                                                                                              | 0.07                                                                             | 0.09          | 0.14          |
| Ļoti mazā (≤20)                 | 0.01                                                                                                              | 0.001                                                                            | 0.002         | 0.01          |
| <b>KOPĀ</b>                     | <b>0.15</b>                                                                                                       | <b>0.09</b>                                                                      | <b>0.11</b>   | <b>0.17</b>   |

*Avots: Pētījuma autoru aprēķini, balstoties uz (Veipane, Pilvere, Lillemets, Bilande & Nipers, 2025<sup>26</sup>).*

Veiktie aprēķini atklāj, ka prognozētais darbaspēka zaudējums visā pilotteritorijā ir relatīvi neliels, kopumā svārstoties no 278 stundām (pēc *Fill Sinks* modeļa) līdz 315 stundām (pēc *Lake* modeļa pie 161.0 m vjl). Tas atbilst nodarbinātības zaudējumiem no 0.15 līdz 0.17 pilnas slodzes ekvivalentam. Lai gan kopējie zaudējumi ir nelieli, tie ir ļoti nevienmērīgi sadalīti pa saimniecību grupām.

Prognozētie nodarbinātības zaudējumi ir koncentrēti ļoti mazo saimniecību grupā, kas norāda uz nesamērīgi lielu slogu. Viena no ļoti mazajām saimniecībām uzņemas absolūti lielāko prognozētā darbaspēka zaudējumu daļu. *Fill Sinks* modelī šis zaudējums sasniedz 224 stundu gadā, veidojot aptuveni 80.5 % no visa pilotteritorijas sloga. Applūšanas scenārijos šis zaudējums pieaug līdz pat 248 stundām pie 161.0 m vjl. Šāds nesamērīgs slogs skaidrojams ar to, ka šīs ļoti mazās saimniecības mazajā platībā tiek audzēti GEP, kas ir darbietilpīgāka kultūraugu grupa nekā ilggadīgie zālāji, kurus audzē pārējās saimniecības. Tādējādi, lai gan platība ir neliela, darbaspēka intensitātes dēļ ietekme ir liela. Šis augstais, lokāli koncentrētais slogs (kas atbilst 0.12–0.14 pilnas slodzes ekvivalentam) tieši apdraud konkrētās ļoti mazās saimniecības ekonomisko dzīvotspēju un nodarbinātības stabilitāti. Otrai ļoti mazajai saimniecībai ir viszemākie prognozētie zaudējumi (ap 13 stundām gadā), kas apliecina, ka ietekme šajā grupā ir ļoti lokāla un specifiska.

Vidējo saimniecību grupā prognozētie darbaspēka ieguldījuma zaudējumi ir mazāki, bet tie ir ļoti jutīgs pret ūdens līmeņa kāpumu: darbaspēka ieguldījuma zaudējumi palielinās no 22 stundām (pie 160.6 m vjl) līdz 55 stundām (pie 161.0 m vjl).

Kopumā nodarbinātības seku prognoze parāda, ka, lai gan kopējā ietekme uz nodarbinātību pilotteritorijā ir neliela, tā ir nesamērīgi liela attiecībā pret vienu ļoti mazo saimniecību.

4.20. tabula

#### Prognozētā negūtā peļņa vai neciestie zaudējumi gadā pilotteritorijā nr. 4., EUR

| Saimniecības lieluma grupa (ha)                                                                                                                                                                                                                 | Negūtā peļņa vai neciestie zaudējumi izmantoto modeļu šķēsgriezumā |                                                                                  |               |               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                 | izmantojot <i>Fill Sinks</i> modeļa rezultātus                     | izmantojot <i>Lake</i> modeļa rezultātus, pie dažādiem appludināšanas augstumiem |               |               |
|                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                    | 160.6 m vjl                                                                      | 160.8 m vjl   | 161.0 m vjl   |
| Vidējā (>100, ≤300)                                                                                                                                                                                                                             | 561.79                                                             | 291.78                                                                           | 494.19        | 743.57        |
| Ļoti mazā (≤20)                                                                                                                                                                                                                                 | 14.53                                                              | -24.66                                                                           | -8.58         | -92.15        |
| Ļoti mazā (≤20)                                                                                                                                                                                                                                 | 15.20                                                              | 3.05                                                                             | 4.04          | 14.59         |
| <b>KOPĀ</b>                                                                                                                                                                                                                                     | <b>591.52</b>                                                      | <b>270.17</b>                                                                    | <b>489.65</b> | <b>666.02</b> |
| <b>Piezīme:</b><br><i>Sarkanā krāsa</i> izceļ negatīvās vērtības (zaudējumus), kas norāda uz lauksaimniecības platībām ar negatīvu ienesīgumu. Šādu platību appludināšana rada neciestos zaudējumus jeb pozitīvu ekonomisko ieguvumu projektam. |                                                                    |                                                                                  |               |               |

<sup>26</sup> Veipane, U. D., Pilvere, I., Lillemets, J., Bilande, K., & Nipers, A. (2025). Land Use and Production Practices Shape Unequal Labour Demand in Agriculture and Forestry. *Land*, 14(10), 2097. <https://doi.org/10.3390/land14102097>

*Avots: Pētījuma autoru aprēķini.*

Prognožu dati pilotteritorijai nr. 4 liecina, ka hidroloģiskā režīma atjaunošana radīs nevienmērīgi sadalītu finansiālo ietekmi uz zemes īpašniekiem, kurā savijas tiešā negūtā peļņa un neciestie zaudējumi jeb finansiālais ieguvums.

Kopējais negūtās peļņas apjoms šajā pilotteritorijā pēc *Fill Sinks* modeļa sasniedz 591.52 EUR gadā, savukārt pēc *Lake* modeļa tas svārstās no 270.17 EUR līdz 666.02 EUR. Analizējot finansiālo ietekmi dažādu saimniecību grupu griezumā, redzamas izteiktas atšķirības.

Vidējo saimniecību grupa, kurā ietilpst viena saimniecība, uzņemas lielāko finansiālo slogu – pēc *Fill Sinks* modeļa tas sasniedz 561.79 EUR gadā (95 % no pilotteritorijas kopējās peļņas), bet pēc *Lake* modeļa negūtā peļņa palielinās no 291.78 EUR (pie 160.6 m vjl) līdz 743.57 EUR (pie 161.0 m vjl). Šāds vairāk nekā divarpus reizes liels pieaugums apliecina šīs grupas augsto finansiālo jutīgumu pret pat nelielām ūdens līmeņa izmaiņām, jo appludināšanas līmeņa celšanās palielina arī appludināto, ienesīgo platību apjomu.

Pretējs efekts novērojams vienā no ļoti mazajām saimniecībām, kur appludināšana rada neciestos zaudējumus, jo tiek skartas jau sākotnēji nerentablas papuvju platības: pēc *Lake* modeļa šie zaudējumi pieaug no - 24.66 EUR pie 160.6 m vjl līdz - 92.15 EUR pie 161.0 m vjl. Šāds pieaugums norāda, ka, ūdens līmenim ceļoties, tiek appludinātas arvien plašākas papuvju teritorijas, tādējādi palielinot kopējo finansiālo negatīvo efektu. Pēc *Fill Sinks* modeļa šie saimniecība cietīs zaudējumus (negūs peļņu) 14.53 EUR apmērā gadā.

## Kopsavilkums

Simulācijas rezultāti pilotteritorijās apstiprina, ka hidroloģiskā režīma atjaunošana (applūdināšana) ir efektīvs līdzeklis kūdraugšņu mitrināšanai atbilstoši *Dabas atjaunošanas regulas* (2024) mērķiem, taču tā izraisa neizbēgamu blakusietekmi uz apkārtējām platībām, galvenokārt lauksaimniecībā izmantojamām platībām.

Kopējā kūdraugšnes platība pētījumam izvēlētajās četrās pilotteritorijās ir 145.60 ha, no kuras tiktu appludināta būtiska daļa – aptuveni 62 %. No simulācijas rezultātiem izriet, ka, lai appludinātu 90.47 ha kūdraugšnes četrās pilotteritorijās, nepieciešams applūdināt papildus 123.82 ha minerālaugšnes. Tas nozīmē, ka par katru mitrināto kūdraugšnes hektāru tiek ietekmēti vidēji 1.37 ha minerālaugšnes (sk. Kopsavilkuma 1.tab.).

No pētījuma rezultātiem izriet, ka var izdalīt trīs appludināmo teritoriju grupas:

1. **augstas ietekmes un augstas mērķtiecības teritorijas** (pētījumā – pilotteritorija nr. 1 un nr. 2) – teritorijas, kurās ir ļoti augsta kūdraugšnes mitrināšanas efektivitāti (83 % un 88 %) un augsta ietekme uz minerālaugšni (koeficienti 1.82–1.83, tas nozīmē, ka minerālaugšnes platība, kas pēc applūšanas vairs nebūs izmantojama lauksaimniecībā, gandrīz divas reizes pārsniedz applūdināto kūdraugšnes platību);
2. **zemas ietekmes un augstas mērķtiecības teritorijas** (pilotteritorija nr. 3) – teritorijas ar augstu kūdraugšnes mitrināšanas efektivitāti (86%) un zemu ietekmi uz minerālaugšnēm (0.67, tas ir, applūdināšana koncentrējas tieši kūdraugšnēs);
3. **zemas ietekmes un zemas mērķtiecības teritorijas** (pilotteritorija nr. 4) – teritorijas, kuras ir ar zemu ietekmi uz minerālaugšnēm (0.21) un zemu kūdraugšnes mitrināšanas efektivitāti (23%, tas ir, tikai neliela daļa kūdraugšnes applūst).

**Kūdraugsnes appludināšanu raksturojošo galveno rādītāju kopsavilkums pētāmajās pilotteritorijās (efektīvākais appludināšanas scenārijs)**

| Pilotteritorija<br>(efektīvākais<br>scenārijs <sup>27</sup> ) | Kūdraugsnes<br>kopplatība,<br>ha | Appludinātā<br>kūdraugsnes<br>platība, ha | Kopējā<br>appludinātā<br>zemes platība,<br>ha | Appludinātā<br>minerālaugsnes<br>platība, ha | Appludinātā<br>minerālaugsnes<br>platība pret<br>appludināto<br>kūdraugsnes<br>platību | Appludinātās kūdraugsnes<br>platības īpatsvars<br>kūdraugsnes kopplatībā<br>(appludināšanas<br>efektivitāte), |             |
|---------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
|                                                               |                                  |                                           |                                               |                                              |                                                                                        | %                                                                                                             | vērtējums   |
| <b>nr.1</b><br>( <i>Fill Sinks</i> modelis)                   | 61.45                            | 54.29                                     | 153.87                                        | 99.58                                        | 1.83:1                                                                                 | 88                                                                                                            | ļoti augsta |
| <b>nr.2</b><br>( <i>Fill Sinks</i> modelis)                   | 6.21                             | 5.13                                      | 14.48                                         | 9.35                                         | 1.82:1                                                                                 | 83                                                                                                            | ļoti augsta |
| <b>nr.3</b><br>( <i>Fill Sinks</i> modelis)                   | 21.12                            | 18.15                                     | 30.28                                         | 12.13                                        | 0.67:1                                                                                 | 86                                                                                                            | ļoti augsta |
| <b>nr.4</b><br>( <i>Lake</i> modelis<br>161.0 m vjl)          | 56.82                            | 12.90                                     | 15.66                                         | 2.76                                         | 0.21:1                                                                                 | 23                                                                                                            | zema        |
| <b>KOPĀ</b>                                                   | 145.60                           | <b>90.47</b>                              | <b>214.29</b>                                 | <b>123.82</b>                                | <b>1.37:1</b>                                                                          | -                                                                                                             | -           |

*Avots: Pētījuma autoru aprēķini.*

<sup>27</sup> Efektīvākais scenārijs – modelēšanas scenārijs (*Fill Sinks* vai *Lake* pie noteikta augstuma), kurā tiek sasniegta vislielākā kūdraugsnes mitrināšanas efektivitāte (appludinātās kūdraugsnes platības īpatsvars kopplatībā).



Darbaspēka ieguldījuma zaudējumu un negūtās peļņas prognozes, kas balstītas uz *Fill Sinks* modeļa simulācijām (kas simulē drenāžas problēmas), gandrīz visās pilotteritorijās (izņemot Nr. 4) uzrādīja lielākas absolūtās vērtības nekā prognozes, kas balstītas uz *Lake modeļa* rezultātiem. Tas norāda, ka hidroloģiskā režīma (iekšējās drenāžas) izmaiņas rada lielāku sociālekonomisko risku nekā tieša virszemes applūšana.

Visās četrās pilotteritorijās kopējais prognozētais darbaspēka ieguldījuma zaudējums maksimālajos scenārijos ir 2 877 stundas, kas atbilst aptuveni 1.59 pilnas slodzes darba vietu zaudējumam gadā (sk. Kopsavilkuma 2.tab.).

2.tabula

**Nodarbinātību raksturojošo rādītāju kopsavilkums pētāmajās pilotteritorijās  
(maksimālais scenārijs)**

| Pilotteritorija<br>(maksimālais<br>scenārijs <sup>28</sup> ) | Darbaspēka<br>ieguldījuma<br>zaudējumi,<br>stundas<br>gadā | Kopējais<br>darbaspēka<br>zaudējums,<br>pilnas<br>slodzes<br>ekvivalents<br>(PSE) gadā | Darbaspēka<br>zaudējumu<br>koncentrācijas<br>grupa                                                                        | Appludinātās<br>minerālaugsnes<br>platība, ha | Appludinātās<br>minerālaugsnes<br>platība pret kopējo<br>darbaspēka<br>zaudējumu<br>(blakusietekmes<br>rādītājs) |           |
|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
|                                                              |                                                            |                                                                                        |                                                                                                                           |                                               | ha/PSE                                                                                                           | vērtējums |
| <b>nr.1</b><br>( <i>Fill Sinks</i><br>modelis)               | 1 711                                                      | 0.95                                                                                   | viena lielā<br>saimniecība<br>(25 % no<br>kopējās<br>darbaspēka<br>zaudējumiem)<br>un viena mazā<br>saimniecība<br>(25 %) | 99.58                                         | 104.82                                                                                                           | augsts    |
| <b>nr.2</b><br>( <i>Fill Sinks</i><br>modelis)               | 402                                                        | 0.22                                                                                   | tikai viena<br>vidējā<br>saimniecība                                                                                      | 9.35                                          | 42.50                                                                                                            | vidējs    |
| <b>nr.3</b><br>( <i>Fill Sinks</i><br>modelis)               | 449                                                        | 0.25                                                                                   | viena vidējā<br>saimniecība<br>(53 % no kopējā<br>sloga)                                                                  | 12.13                                         | 48.52                                                                                                            | vidējs    |
| <b>nr.4</b><br>( <i>Lake</i><br>modelis<br>161.0 m vjl)      | 315                                                        | 0.17                                                                                   | viena ļoti mazā<br>saimniecība<br>(80 % no kopējā<br>sloga)                                                               | 2.76                                          | 16.24                                                                                                            | zems      |
| <b>KOPĀ</b>                                                  | <b>2 877</b>                                               | <b>1.59</b>                                                                            | <b>-</b>                                                                                                                  | <b>123.82</b>                                 | <b>-</b>                                                                                                         | <b>-</b>  |

*Avots: Pētījuma autoru aprēķini.*

Analīze par nodarbinātības sekām četrās pilotteritorijās parāda, ka hidroloģiskā režīma atjaunošana, lai gan lokāla pēc platības, var radīt lielu (koncentrētu) slogu uz atsevišķām saimniecībām, īpaši tām, kas nodarbojas ar darbietilpīgu kultūraugu audzēšanu. No 2. tabulas (kolonna “*Darbaspēka zaudējumu koncentrācijas grupa*”) datiem var redzēt, ka pilotteritorijā

<sup>28</sup> Maksimālais scenārijs – modelēšanas scenārijs (*Fill Sinks* vai *Lake* pie noteikta augstuma), kurā tiek prognozēts vislielākais darbaspēka ieguldījuma zaudējums gadā.

nr. 4 viena ļoti mazā saimniecība uzņemas 80 % no visa pilotteritorijas nodarbinātības sloga, savukārt pilotteritorijā nr. 1, lai gan absolūtais slogs (0.95 PSE) ir vislielākais starp četrām pilotteritorijām, šīs pilotteritorijas viena mazā saimniecība cieš nesamērīgi lielu nodarbinātības slogu (25 %), apdraudot tās stabilitāti, neskatoties uz nelielu zaudēto (appludināto) platību (9.50 ha).

Lai novērtētu pilotteritoriju darbaspēka ieguldījuma zaudējuma rādītājus, tika aprēķināts “*blakusietekmes rādītājs*”, kas raksturo, cik daudz appludinātās minerālaugnes platības tiks zaudēts uz katru zaudēto pilnas slodzes ekvivalentu (PSE). Balstoties uz aprēķināto rādītāju var izdalīt trīs teritoriju grupas:

1. **Teritorijas ar augstu blakusietekmi** (pētījumā – pilotteritorija nr. 1). Pilotteritorija nr. 1 demonstrē visaugstāko blakusietekmes koeficientu (104.82 ha/PSE). Tas norāda, ka kūdraugnes appludināšanas gadījumā šajā pilotteritorijā nepieciešams rēķināties ar vislielāko zaudēto minerālaugnes platību (104.82 ha) uz katru zaudēto darba vietu.
2. **Teritorijas ar optimālu blakusietekmi** (pētījumā – pilotteritorija nr. 4). Pilotteritorija nr. 4 uzrāda viszemāko blakusietekmes rādītāju (16.24 ha/PSE), tas nozīmē, ka kūdraugnes appludināšanas gadījumā jārēķināties ar vismazāko minerālaugnes platības (16.24 ha) zudumu uz katru zaudēto darba vietu. Tas nozīmē, ka šī pilotteritorija ir vissaimnieciski izdevīgākā attiecībā uz zemes resursu saglabāšanu. Lai gan šajā teritorijā ir augsts nodarbinātības risks (viens liels PSE zaudējums (80 %) - vienā ļoti mazā saimniecībā), tas notiek uz vismazākā minerālaugnes platības zuduma rēķina.
3. **Teritorijas ar vidēju blakusietekmi** (pētījumā – pilotteritorija nr. 2 un nr. 3). Pilotteritorijas nr. 2 un nr. 3 uzrāda vidēju koeficientu (ap 45 ha/PSE). Šajās teritorijās gan platības, gan sociālā ietekme ir samērīgāka.

Prognozes parāda, ka hidroloģiskā režīma atjaunošana radīs arī tiešu, nevienmērīgi sadalītu finansiālo slogu zemes īpašniekiem. Kopējā prognozētā negūtās peļņas summa maksimālajos scenārijos ir vairāk nekā 25 000 EUR gadā visās četrās pilotteritorijās. 76 % no šī sloga koncentrējas pilotteritorijā nr. 1, kuru ietekmē viena lielā saimniecība (sk. Kopsavilkuma 3.tab.).

3. tabula

**Negūto peļņu raksturojošo rādītāju kopsavilkums pētāmajās pilotteritorijās  
(maksimālais scenārijs)**

| Pilotteritorija<br>(maksimālais<br>scenārijs <sup>29</sup> ) | Kopējā<br>negūtā peļņa,<br>EUR/gadā | Lielākā sloga<br>koncentrācijas<br>grupa                       | Kultūraugu<br>grupa, kas<br>rada lielāko<br>slogu | Negūtā peļņa uz vienu<br>appludināto kūdraugnes<br>hektātu, |                     |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------|
|                                                              |                                     |                                                                |                                                   | EUR/ha                                                      | vērtējums           |
| <b>nr.1</b><br>( <i>Fill Sinks</i><br>modelis)               | 19 272.07                           | Lielā<br>saimniecība<br>(55 % no<br>kopējās negūtās<br>peļņas) | ilggadīgie<br>zālāji                              | 355                                                         | augstas<br>izmaksas |
| <b>nr.2</b><br>( <i>Fill Sinks</i><br>modelis)               | 1 493.16                            | Viena vidējā<br>saimniecība                                    | aramzemes<br>zālāji                               | 291                                                         | augstas<br>izmaksas |

<sup>29</sup> Maksimālais scenārijs – modelēšanas scenārijs (*Fill Sinks* vai *Lake* pie noteikta augstuma), kurā tiek prognozēta vislielākā kopējā negūtā peļņa gadā.

| Pilotteritorija<br>(maksimālais<br>scenārijs <sup>29</sup> ) | Kopējā<br>negūtā peļņa,<br>EUR/gadā | Lielākā sloga<br>koncentrācijas<br>grupa           | Kultūraugu<br>grupa, kas<br>rada lielāko<br>slogu | Negūtā peļņa uz vienu<br>appludināto kūdraugsnes<br>hektātu, |                             |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------|
|                                                              |                                     |                                                    |                                                   | EUR/ha                                                       | vērtējums                   |
| <b>nr.3</b><br>( <i>Fill Sinks</i><br>modelis)               | 4 067.78                            | Vidējā<br>saimniecība<br>(82 % no<br>kopējā sloga) | GEP                                               | 224                                                          | vidējas<br>izmaksas         |
| <b>nr.4</b><br>( <i>Fill Sinks</i><br>modelis)               | 591.52                              | Vidējā<br>saimniecība<br>(95 % no<br>kopējā sloga) | ilggadīgie<br>zālāji                              | 43                                                           | zemas<br>izmaksas           |
| <b>KOPĀ</b>                                                  | <b>25 424.53</b>                    | -                                                  | -                                                 | <b>281</b>                                                   | <b>augstas<br/>izmaksas</b> |

*Avots: Pētījuma autoru aprēķini.*

Kopējā tendence liecina, ka visvairāk finansiāli cieš vidējās un lielās saimniecības, savukārt mazās un ļoti mazās saimniecības izjūt mazāku ietekmi.

Lai izvērtētu, cik dārgs ir katrs appludinātais kūdraugsnes hektārs, tika aprēķināts rādītājs “negūtā peļņa uz vienu appludināto kūdraugsnes hektātu” (EUR/ha). Zems rādītājs nozīmē, ka konkrētajā teritorijā ir vislētāk sasniegt kūdraugsnes atjaunošanas mērķi, savukārt augsts rādītājs norāda, ka, lai mitrinātu kūdraugsnes, tiek appludinātas ļoti ienesīgas zemes platības. No iegūtajiem datiem, var secināt, ka pilotteritorija nr. 4 ir “vislētākā” teritorija, kurā sasniegt *Dabas atjaunošanas regulas* (2024) mērķus. Tas apstiprina, ka, lai gan pilotteritorija nr. 4 rada lokālu nodarbinātības risku, tā sniedz vislielāko finansiālo atdevi uz katru atjaunoto kūdraugsnes hektāru. Balstoties uz šo aprēķināto rādītāju, var izdalīt trīs teritoriju grupas:

- 1. Teritorijas ar augstu finansiālo atdevi (zemas izmaksas)** (pētījumā pilotteritorija nr. 4). Neskatoties uz zemo kūdraugsnes appludināšanas efektivitāti (23 %), šī pilotteritorija ir finansiāli izdevīgākā izvēle, jo tā prasa vismazākās izmaksas, kas attiecināmas uz katru mitrināto kūdraugsnes hektāru. Zems koeficients norāda, ka kūdraugsnes mitrināšanai tika zaudētas platības, kurām bija zems ienesīgums.
- 2. Teritorijas ar optimālu finansiālo atdevi (vidējas izmaksas)** (pētījumā pilotteritorija nr. 3). Rādītājs norāda uz to, ka appludināšana skar vidēji ienesīgas platības. Tā kā pilotteritorija nr. 3 vienlaikus uzrāda ļoti augstu kūdraugsnes appludināšanas efektivitāti (86 %), tā ir visrentablākā un visefektīvākā izvēle *Dabas atjaunošanas regulas* (2024) mērķu sasniegšanai.
- 3. Teritorijas ar zemu finansiālo atdevi (augstas izmaksas)** (pētījumā pilotteritorija nr. 1 un 2). Augsts koeficients norāda, ka, lai mitrinātu kūdraugsnes, tiek zaudētas visienesīgākās platības (piemēram, GEP, zālāji). Tas nozīmē, ka šīs teritorijas uzliek augstu finansiālo slogu.

Kopsavikuma 4. tabulā ir atspoguļots intergētais pilotteritoriju vērtējums.

4. tabula

### Integrētais pilotteritoriju vērtējuma kopsavilkums

| Pilotteritorija | Ietekme uz minerālaugsni | Kūdraugsnes mitrināšanas efektivitāte, % | Blakusietekmes radītājs, ha/PSE | Negūtā peļņa uz vienu appludināto kūdraugsnes hektāru, EUR/ha |
|-----------------|--------------------------|------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| nr. 1           | 1.83                     | 88                                       | 104.82                          | 355                                                           |
| nr. 2           | 1.82                     | 83                                       | 42.50                           | 291                                                           |
| nr. 3           | 0.67                     | 86                                       | 48.52                           | 224                                                           |
| nr. 4           | 0.21                     | 23                                       | 16.24                           | 43                                                            |

Izmantoto krāsu skaidrojums:

|                   |                 |                     |
|-------------------|-----------------|---------------------|
| labākais rādītājs | vidējs rādītājs | sliktākais rādītājs |
|-------------------|-----------------|---------------------|

Avots: Pētījuma autoru aprēķini.

No 4. tabulas datiem var secināt, ka pilotteritoriju nr. 3 var uzskatīt par augstas prioritātes appludināmo teritoriju, kuru raksturo augsts ieguvums (kūdraugsnes mitrināšanas efektivitāte – 86 % un zema ietekme uz minerālaugsnī – 0.67) par samērīgu cenu. Savukārt pilotteritorija nr. 4 rada viszemākās izmaksas un blakusietekmes. Pilotteritorijas nr. 1 un nr. 2 uzrāda augstu kūdraugsnes mitrināšanas efektivitāti, kas padara tās pievilcīgas *Dabas atjaunošanas regulas* (2024) mērķu sasniegšanai, taču to īstenošana rada augstu konflikta cenu gan finanšu, gan zemes resursu saglabāšanas ziņā. Abas šīs pilotteritorijas var uzskatīt par sekundārām prioritātēm pēc pilotteritorijām nr. 3 un nr. 4, jo šīs teritorijas uzliek augstu finansiālo slogu. Līdz ar to pilotteritoriju nr. 3 var uzskatīt par labāko izvēli tūlītējai kūdraugsnes mitrināšanas projekta realizācijai, jo tā sniedz labāko līdzsvaru starp nepieciešamo dabas mērķu sasniegšanu un izmaksu kontroli.

## Ieteikumi

No pētījuma rezultātiem izriet šādi ieteikumi:

1. Pētījuma ietvaros izstrādātās automatizētās QGIS modelēšanas pieejas, kas ietver dažādu aizsprostu un plūsmas traucējumu simulāciju (izmantojot *Fill Sinks* un *r.Lake* algoritmus), ir piemērotas, lai prognozētu applūšanas apjomus un identificētu optimālās zonas kūdraugšnes hidroloģiskā režīma atjaunošanas plānošanai. Šī metodika, kas balstās uz iepriekš pielāgotu reljefa modeli (DEM) un nodrošināja scenāriju analīzes iespējas, kā arī samazināja manuālo kļūdu risku, ir izmantojama arī turpmākajos plānošanas projektos.
2. Pētījuma ietvaros iegūtie simulācijas rezultāti apstiprina, ka *Lake* modelis nodrošina pakāpenisku, loģisku un vadāmu applūstošo platību pieaugumu, savukārt *Fill Sinks* modelis sniedz maksimālo potenciālās ietekmes novērtējumu, bieži paredzot augstāku kūdraugšnes mitrināšanas efektivitāti. Turpmākajos plānošanas projektos ieteicams izmantot abus modeļus kā diapazona rādītājus, bet precīzai ūdens līmeņa noteikšanai priekšroka dodama *Lake* modeļa rezultātiem.
3. Prioritāri atbalstīt hidroloģiskā režīma atjaunošanas (jeb appludināšanas) projektus, kas demonstrē augstu kūdraugšnes mitrināšanas efektivitāti (virs 80 %) un vienlaikus nodrošina zemu ietekmi uz minerālaugsnēm (zem 1:1) (teritorijas, kas atbilst piloteritorijai nr. 3).
4. Ieteicams prioritizēt appludināšanas projektus ar zemu blakusietekmes rādītāju (piemēram, zem 20 ha/PSE), jo tie rada mazāku konfliktu ar esošo zemes izmantošanu.
5. Prioritāri atbalstīt hidroloģiskā režīma atjaunošanas (jeb appludināšanas) projektus ar augstu finansiālo atdevi (EUR/ha) jeb zemu rādītāja “*negūtā peļņa uz vienu appludināto kūdraugšnes hektāru*” līmeni (teritorijas, kas atbilst piloteritorijai nr. 4).
6. Pieņemot lēmumu par prioritāri appludināmajām teritorijām, lēmumi jāpieņem, balstoties uz daudzdimensionālu kritēriju kopu, kas nodrošina optimālu līdzsvaru starp sasniedzamajiem dabas mērķiem un finansiālo efektivitāti.

## Literatūras saraksts

1. Butler, H., Chambers, B., Hartzell, P., & Glennie, C. (2021). *PDAL: An open source library for the processing and analysis of point clouds*. *Computers & Geosciences*, 148, 104680. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2020.104680>
2. Eiropas Parlaments un Padome. (2024). *Regula (ES) 2024/1991 par dabas atjaunošanu un ar ko groza Regulu (ES) 2022/869*. *EUR-Lex*. Pieejams: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32024R1991>
3. GRASS GIS. (n.d.). *r.lake* [Program manual]. Retrieved November 2, 2025, from <https://grass.osgeo.org/grass-stable/manuals/r.lake.html>
4. Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūra. ([b.g.]). *Digitālais reljefa modelis*. Pieejams: <https://www.lgia.gov.lv/lv/Digit%C4%81lais%20reljefa%20modelis>
5. Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūra. ([b.g.]). *Digitālais virsmas modelis*. *Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūra*. Pieejams: <https://www.lgia.gov.lv/lv/Digit%C4%81lais%20virsmas%20modelis>
6. Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūra. ([b.g.]). *Ortofoto*. Pieejams: <https://www.lgia.gov.lv/lv/ortofoto>
7. Latvijas Lauku atbalsta dienests. (2024). *Kūdraugšnes kartes dati neietekmēs lauksaimnieku iespēju 2024. gadā saņemt atbalsta maksājumus*. Pieejams: <https://www.lad.gov.lv/lv/jaunums/kudraugšnes-kartes-dati-neietekmes-lauksaimnieku-iespeju-2024-gada-sanemt-atbalsta-maksajumus>
8. Lauku atbalsta dienests. ([b.g.]). *Lauku reģistra dati*. Pieejams: <https://www.lad.gov.lv/lv/lauku-registra-dati>
9. Ministru kabinets. (2018, 3. jūlijs). *Noteikumi Nr. 397 "Noteikumi par ūdens saimniecisko iecirkņu klasifikatoru"*. Pieejams: <https://likumi.lv/ta/id/300155>
10. Pilvere, I. (2017). *Organisko augšņu devuma novērtējums Latvijas lauksaimniecībā – daudzfaktoru ietekmes izvērtējums efektīvas zemes izmantošanas risinājumu piedāvājumā: Gala atskaite*. Latvijas Lauksaimniecības universitāte. Pieejams: [https://www.lbtu.lv/sites/default/files/files/projects/\\_ORG\\_AUGSNES\\_6\\_0.pdf](https://www.lbtu.lv/sites/default/files/files/projects/_ORG_AUGSNES_6_0.pdf)
11. SAGA GIS. (n.d.). *Sinks (TA Preprocessor)* [Program documentation]. Retrieved November 2, 2025, from [https://saga-gis.sourceforge.io/saga\\_tool\\_doc/2.2.4/ta\\_preprocessor\\_4.html](https://saga-gis.sourceforge.io/saga_tool_doc/2.2.4/ta_preprocessor_4.html)
12. Skudra, R. J. (2025). *Ūdens līmeņa pacelšanas telpiskais modelis meliorētajā kūdraugsnēm* [Maģistra darbs, Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitāte].
13. Valsts augu aizsardzības dienests. (2024). *Pieejamas vēsturiskās augšnes kartes*. Pieejams: <https://www.vaad.gov.lv/lv/jaunums/pieejamas-vesturiskas-augšnes-kartes>
14. Valsts zemes dienests. ([b.g.]). *Kadastra informācijas sistēmas atvērtie dati*. Pieejams: <https://www.vzd.gov.lv/lv/kadastra-informācijas-sistemas-atvertie-dati>
15. VanderPlas, J. (2017). *Python data science handbook*. O'Reilly Media.



16. Veipane, U. D., Pilvere, I., Lillemets, J., Bilande, K., & Nipers, A. (2025). *Land use and production practices shape unequal labour demand in agriculture and forestry*. *Land*, 14(10), 2097. <https://doi.org/10.3390/land14102097>
17. Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrija. ([b.g.]). *Jautājumi un atbildes par dabas atjaunošanas regulu*. Pieejams: <https://www.varam.gov.lv/lv/jautajumi-un-atbildes-par-dabas-atjaunosanas-regulu>
18. Zemkopības ministrijas nekustamie īpašumi. ([b.g.]). *Meliorācijas kadastrs*. Pieejams: <https://www.zmni.lv/melioracijas-kadastrs/>