

**Rīgas Tehniskā universitāte
VIDES MODELĒŠANAS
CENTRS**

**LRDS “Ilūkste” teritorijā īstenotās naftas produktu
atsūknēšanas moduļa darba efektivitātes un darbības
turpināšanas nepieciešamības novērtējums, turpmākās
rīcības priekšlikumu izstrāde**

Pārskats par zinātnisko pētījumu

Rīga - marts, 2018

LRDS “Ilūkste” teritorijā īstenotās naftas produktu atsūkņēšanas moduļu darba efektivitātes un darbības turpināšanas nepieciešamības novērtējums, turpmākās rīcības priekšlikumu izstrāde

Pārskats ietver rezultātus, kas iegūti Rīgas Tehniskās universitātes Datorzinātnes un informācijas tehnoloģijas fakultātes Vides modelēšanas centrā (VMC), izpildot SIA “LatRosTrans” pasūtījumu. Novērtēti LRDS “Ilūkste” teritorijas sanācijā izmantotās metodes un sasniegtie rezultāti. Dots rekomendācijas par sanācijas darbu turpināšanas lietderīgumu. Pārskatā ir 55 lappuses, tas ietver 18 lpp. teksta, 29 attēlus un 10 tabulas.

Adrese:

Rīgas Tehniskā universitāte, Vides modelēšanas centrs
Daugavgrīvas iela 2, Rīga, LV-1007, Latvija
Tālr.: +371 708511, +371 7089518; Fax: +371 7089531
E-mail: aivars.spalvins@rtu.lv
URL: <http://www.emc.rtu.lv>

RTU, VMC direktors
_____ A.Spalviņš

SATURS

	lpp.
Saīsinājumi	3
1. Priekšvārds	3
2. Situācijas apraksts	3
3. Sanācijas moduļu darbības apraksts	4
4. NP sanācijas un monitoringa aku tīkls	7
5. NPPS areāla biezuma un laukuma izmaiņas	7
6. NPPS biezuma atkarība no gruntsūdens līmeņu izmaiņām	8
7. Sanācijas moduļu ražības apraksts	8
8. Gruntsūdens un grunts piesārņojuma apraksts	10
9. Ar programmu ARMOS iegūto un faktisko sanācijas ražības rezultātu salīdzinājums	13
10. Secinājumi un rekomendācijas	15
11. Atsauces	18

ATTĒLI

1. att. LRDS “Ilūkste” apkārtnes teritorijas kopskats [21]
2. att. Gruntsūdens hidroizohipsas [m/vjl] LRDS “Ilūkste” apkārtnes teritorijā [21]
3. att. Sanācijas moduļu izvietojums [21]
4. att. Ūdens attīrīšanas moduļa AM3 elementu izvietojums [21]
5. att. Ūdens attīrīšanas moduļa AM3 principiālā shēma [6, 21]
6. att. Sanācijas moduļa AM4 izvietojums un gruntsūdens attīrīšanas sistēmas shēma [21]
7. att. Sanācijas un monitoringa aku skaits sanācijas moduļos no 1995.g. līdz 2017. g. [21]
8. att. NPPS biezuma un izplatības areāli 1996.g., 2002.g., 2008.g., 2016.g. [21]
9. att. NPPS areālu biezuma un izplatības izmaiņu kartes 2016. gadā [21]
10. att. NPPS areāla laukuma izmaiņa no 1996.g. līdz 2011.g. [15]
11. att. NP apjoma un sanācijas kumulatīvās ražības novērtējums no 1996.g. līdz 2009. g. [13]
12. att. Gruntsūdens līmeņu izmaiņu grafiki no 2001.g. līdz 2017g. [22]
13. att. Gruntsūdens līmeņu un NPPS biezuma izmaiņu grafiki 64. akā no 2001.g. līdz 2017.g. un no 2010.g. līdz 2017.g. [22]
14. att. Gruntsūdens līmeņu un NPPS biezuma izmaiņu grafiki 98. un 86. akās no 2001.g. līdz 2017.g. [22]

15. att. Sanācijas moduļu AM1, AM2, AM3, MOB gada ražība
16. att. Sanācijas moduļu AM1, AM2, AM3, MOB ražības kumulatīvie grafiki no 1996.g. līdz 2017. g. [1-22]
17. att. Ūdens attīrīšanas moduļa AM4 ražība no 2008.g. līdz 2017. g. [22]
18. att. Ar programmu ARMOS iegūtie NP frakciju izmaiņu grafiki 25 gadu periodam un faktiskie sanācijas rezultāti; faktisko rezultātu grafiku sākuma laiks $t = 4$ gadi [24]

ATTĒLI PIELIKUMĀ

- 1a. att. LRDS “Ilūkste” apkārtnes teritorijas karšu kopskats [21]
- 2a. att. Karte Nr. 1 pētījumu teritorijai ar aku izvietojumu [21]
- 3a. att. Kartes Nr. 1 augšējā daļa Nr. 1/1 ar aku izvietojumu [21]
- 4a. att. Kartes Nr. 1 apakšējā daļa Nr. 1/2 ar aku izvietojumu [21]
- 5a. att. Sanācijas moduļu AM1 un AM2 ražība, ievērojot gada ceturkšņu datus [1-22]
- 6a. att. Sanācijas moduļu AM3 un MOB ražība, ievērojot gada ceturkšņu datus [1-22]
- 7a. att. Grunts piesārņojuma izplatība uz ziemeļiem no dzelzceļa estakādes [18]
- 8a. att. Grunts piesārņojuma izplatība uz dienvidiem no dzelzceļa estakādes [18]
- 9a. att. Grunts piesārņojuma 3D konceptuālais modelis [18]
- 10a. att. Sanācijas modulis AM1 ar centrālo atsūkņēšanas aku [6]
- 11a. att. Grunts analīžu rezultāti NP savākšanas dīķa teritorijā 2009.g. [13]

TABULAS

1. tabula. Ar NP piesārņojumu un tā sanāciju saistīto notikumu apraksts [1-23]
2. tabula. Sanācijas un monitoringa aku ierīkošana un izmantošana [21]
3. tabula. Sanācijas moduļu ražības dati [1-22]
4. tabula. Sanācijas moduļu kumulatīvā ražība [1-22]
5. tabula. NPPS biezuma mērījumu rezultāti [23]
6. tabula. BTEX saturs gruntsūdenī DUS teritorijā [23]
7. tabula. NP piesārņojums Ilūkstes upē [23]
8. tabula. Grunts piesārņojuma novērtējums 4. rezervuāra teritorijā [23]
9. tabula. Dīzeļdegvielas tvaiku saturs gruntī [23]
10. tabula. Grunts analīžu rezultāti NP savākšanas dīķa teritorijā [22]

Saīsinājumi

LRDS – Līnijas ražošanas dispečeru stacija; NP – naftas produkti; NPPS – NP peldošais slānis; AM1 – pirmais sanācijas modulis; NP atsmelšana – ar atsmelamo cauruli un rokas sūkni regulāra mehāniska NPPS atsmelšana; MOB - aku grupa, kur veic NP atsmelšanu; m vjl - metri virs jūras līmeņa.

1. Priekšvārds

Pārskatā apkopoti rezultāti, kas iegūti Rīgas Tehniskās universitātes (RTU) Vides modelēšanas centrā (VMC), izpildot līgumdarbu Nr. L8508, kas noslēgts starp RTU un SIA LatRosTrans par tai piederošā objekta Līnijas ražošanas dispečeru stacijas "Ilūkste" (turpmāk, LRDS "Ilūkste") teritorijas sanācijā izmantoto metožu un sasniegto rezultātu novērtēšanu. Teritorija piesārņota naftas produktu (NP) noplūžu dēļ. Veikts zinātniskais pētījums par trijiem darba uzdevumiem:

- Novērtēt SIA LatRosTrans piederošā LRDS "Ilūkste" teritorijā īstenotos pasākumus, sanācijai piemērotās metodes, tās rezultātus un nepieciešamību turpmāk veikt detalizētu izpēti dzelzceļa estakādei pieguļošajā teritorijā;
- Prognozēt naftas produktu radītā piesārņojuma turpmāko dinamiku. Novērtēt naftas produktu atsūkņēšanas moduļa darba efektivitāti un darbības prolongēšanas nepieciešamību;
- Sagatavot informāciju par sanācijas metodēm ar naftas produktiem piesārņotās teritorijās un to novērtējumu pielietošanai LatRosTrans piederošā LRDS "Ilūkste" teritorijā un izstrādāt priekšlikumus turpmākai rīcībai.

Lai īstenotu darba uzdevuma uzstādītās prasības, RTU tika izmantoti SIA LatRosTrans iesniegtie 22 sanācijas gadu pārskatu oriģināli [1-22]. Izmantoti arī Atļaujas B kategorijas piesārņojošās darbības veikšanas Nr. DA10IB0010 dati [23]. Šie materiāli sniedza izsmeļošu informāciju par sanācijai izmantotajām metodēm un sasniegtajiem rezultātiem, kas tika salīdzināti ar VMC 1997. gadā iegūto datormodelēšanas prognozi par NP piesārņojuma pašattīrīšanās procesu LRDS "Ilūkste" [24]. Konstatēta apmierinoša reālo un modelēto rezultātu atbilstība. Tāpēc šī prognoze bija noderīga sanācijas procesa turpmākās gaitas plānošanai. RTU sagatavotajā pārskatā ietverti attēli un datu tabulas, kas publicēti darbos [1-24].

2. Situācijas apraksts

SIA LatRosTrans LRDS "Ilūkste" darbības profils ir NP (dīzeļdegvielas) tranzīta pieņemšana, uzglabāšana un pārsūkņēšana maģistrālajā cauruļvadā Polocka –Ventspils Latvijas teritorijā. Kopskatu par LRDS "Ilūkste" apkārtnes teritoriju dod 1. att.

LRDS "Ilūkste" atrodas Ilūkstes novada Šēderes pagastā aptuveni 7 km uz dienvidiem no Ilūkstes pilsētas. Uz ziemeļiem no LRDS teritorijas ir Šēderes – Ilūkstes šoseja, dzelzceļš Šauļi –Daugavpils un Ilūkstes upe.

No 1971.gada līdz 1996. gadam LRDS "Ilūkste" darbojās divpusējā estakāde dīzeļdegvielas cisternu uzpildei un noliešanai, kuras ekspluatācijas laikā notika NP noplūdes. Līdz 2001. gadam darbojās arī estakāde mazutam, kas tika izmantots LRDS apkures vajadzībām. No šīs estakādes mazuta noplūdes nav novērotas. Kopš 2014. gada abu dzelzceļa estakāžu cauruļvadi ir atslēgti, iztukšoti, attīrīti un paredzēta to demontāža. Lai izslēgtu iespēju NP iekļūšanai vidē, iekonservēta NP uzpildīšanas sistēma estakāžu rajonā.

Teritorijas dienvidaustrumu daļā atrodas 16 vertikāli virszemes rezervuāri NP glabāšanai.

Dzelzceļa divpusējās estakādes (turpmāk estakāde) ekspluatācijas laikā izveidojās grunts un gruntsūdeņu piesārņojums ar dīzeļdegvielu, kas izpaužas kā virs gruntsūdeņu virsmas NP peldošais slānis (NPPS) un kā ūdenī izšķīduši NP.

No 1996. gada līdz 2017. gadam veikta piesārņotās teritorijas sanācija, kuru īstenoja šādas SIA: 1996.g. un 1997.g. Baltec Associates; 1998.g. un 1999.g. Vides Konsultāciju birojs; no 2000. gada līdz 2017. gadam VentEko.

Gruntsūdens plūsma NP piesārņotajā apgabalā vērsta uz Ilūkstes upi (skat. 2. att.). Gruntsūdens plūsmā NPPS nonāk Ilūkstes upes krastā speciāli izveidotā NP savākšanas dīķī. NP piesārņojuma areāla kontūrs ir skatāms 3. att., kur parādīts 1996. gadā izveidoto NP sanācijas moduļu AM1, AM2, AM3 izvietojums. Lai likvidētu 4. rezervuāra NP noplūdes sekas, 2008. gadā izveidoja ūdens attīrīšanas moduli AM4 [13]. 1999. gadā izveidoja poligonu NP savākšanas dīķa grunts attīrīšanai (skat. 1. att.).

Ar NP piesārņojumu un tā sanāciju saistīto notikumu apraksts skatāms 1. tabulā.

3. Sanācijas moduļu darbības apraksts

Sanācijas moduļiem AM1, AM2, AM3, AM4 ir atšķirīga tehniskā realizācija, bet tiem ir kopīgas īpašības. Katra moduļa darbībai izmanto virszemes cisternu NP izdalīšanai no

NP/ūdens emulsijas un kompresoru saspiebtā gaisa ražošanai, kas nepieciešams ugunsdrošo pneimatisko sūkņu darbināšanai.

Ziemā šķidrums cisternās un virszemes caurulēs sasalst un tad sanācijas darbi jāpārtrauc.

Pneimatiskie sūkņi darbojas automātiski periodiskā režīmā (ieslēgts/izslēgts), kuru katram sūknim var optimizēt.

Moduļos AM1 un AM2 NP/ūdens emulsiju atsūknē no sanācijas akām. Ūdens attīrīšanas moduļos AM3 un AM4 šo emulsiju paštecē uztver horizontālās drenas. Lai novērstu Ilūkstes upes piesārņošanu, modulī AM3 samazina arī ūdenī izšķīdušo NP koncentrāciju.

Ar atsmelāmo cauruli un rokas sūkni notiek regulāra mehāniska NPPS atsmelšana (turpmāk , NP atsmelšana) no NP monitoringa akām (arī no dažām sanācijas akām ziemā).

Dati par sanācijas darbos izmantoto aku ierīkošanu un izvietojumu atrodami 2. tabulā un 1a. att.- 4a. att. Visu sanācijas moduļu konstrukcijas un darbības metodes laika gaitā ir pilnveidotas.

3.1. Atsūknēšanas modulis AM1

Modulis AM1 darbojas estakādes rajonā (skat. 3. att.) No 2000. gada uz dienvidiem no estakādes darbojās pieci atsūknēšanas urbumi 110., 111., 112., 113., 122. No 2011. gada līdz 2014. gadam uz ziemeļiem no estakādes iekārtotas deviņas akas 132.-140. (skat. 3. tabulu un 4a. att.). Pirmajā aku grupā ir pielietota dubultās atsūknēšanas metode (skat. 10a. att.). Akā 110., atsūknē relatīvi tīro ūdeni no dziļākās gruntsūdens horizonta daļas, lai iegūtu depresijas piltuvi NPPS atsūknēšanas aku ražības palielināšanai. Jāatzīmē, ka dubultās atsūknēšanas metode var palielināt piesārņotās grunts slāņa biezumu, īpaši piltuves centra rajonā [31]. No NP/ūdens emulsijas NP atdala nostādināšanas cisternā. No cisternas un 110. akas iegūto relatīvi tīro ūdeni ievada kanalizācijā.

3.2. Atsūknēšanas modulis AM2

Modulis AM2 darbojas piesārņojuma areāla centrālajā daļā, kas atrodas starp šoseju Šēdere-Ilūkste un dzelzeļa līniju Šauļi-Daugavpils (skat. 3. att.). Kopš 2000. gada, NP atsūknēšana notiek sešās akās, ieskaitot 74. aku, kurā tiek ievadīta no pārējām akām 18b., 98., 99., 100., 101. atsūknētā NP/ūdens emulsija. No 74. akas emulsija tiek iesūknēta cisternā NP atdalīšanai. Relatīvi tīro ūdeni no cisternas ievada 18. akā, kur to infiltrē gruntsūdens horizontā.

3.3. Ūdens attīrīšanas modulis AM3

Jau pirms sanācijas darbu uzsākšanas 1996. gadā, pie stāvās nogāzes Ilūkstes upes krastā tika izrakts dīķis, kurā kopā ar gruntsūdeņiem ieplūda dīzeļdegviela. Lai novērstu dīzeļdegvielas nokļūšanu upē, dīķa saturu regulāri izsūknēja. Diemžēl, atsūknēšana neatturēja vietējo iedzīvotāju nekontrolētu piekļūšanu dīķim, lai nosmeltu dīzeļdegvielu, kā arī tās aizdedzināšanu. Lai normalizētu situāciju pie dīķa, ūdens attīrīšanas moduļa AM3 izveidošana bija svarīgākais sanācijas pasākums.

Ūdens attīrīšanas moduļa AM3 elementu izvietojums un principiālā shēma skatāmi 4. att. un 5. att. Gar dīķa dienvidu malu ierīkota horizontāla drenāža, no kuras paštecē NP/ūdens emulsija nonāk moduļa AM3 ūdens attīrīšanas sistēmā, kuras izteka ir Ilūkstes upes krastā (5 a) att.). Lai novērstu emulsijas pārteci no drenāžas uz dīķi, izmantota pretfiltrācijas membrāna.

Kā redzams sistēmas blokshēmā (5 b) att.), no drenāžas emulsija nonāk grodakā GA-1, kur ar pludiņu/filtru no tās tiek atdalīts praktiski tīrs NP, kuru uzkrāj rezervuārā. Tomēr pilnīga NP atdalīšana notiek virszemes cisternā, uz kuru emulsiju no grodakas GA-1 pārsūknē. Kopš 2014.g. cisterna netiek izmantota. No grodakas GA-1 atsūknēto emulsiju nogādā LRDS attīrīšanas iekārtās.

Ūdens no cisternas, pēc filtrēšanas grodakā GA-3, nonāk grodakā GA-2, no kuras šis ūdens caur četriem sifoniem un 10 NP absorbējošiem filtriem ieplūst Ilūkstes upē. Ja dīķī ir ūdens, tas caur sifonu tiek ievadīts tranzīta baseinā TB. Sifonu savienojumi starp attīrīšanas sistēmas elementiem novērš NPPS pārnesi. Moduļa AM3 vidējā ražība ir ~1 l/s, t.i., diennaktī tiek attīrīti 8.5 m³ piesārņotā ūdens. Ūdenī izšķīdušo NP koncentrāciju ūdens attīrīšanas sistēma samazina vismaz 15 reizes.

Lai samazinātu NP daudzumu, kas nonāk modulī AM3, akas 81.-88., kas izvietotas dīķa dienvidu krastā, tiek izmantotas NP atsmelšanai. Tā ir jāveic arī ziemas periodā, kad modulis AM3 nedarbojas. Akās atsmeltais NP iekļauts moduļa AM3 ražībā.

3.4. Ūdens attīrīšanas modulis AM4

Modulī AM4 ar horizontālo drenāžu paštecē NP/ūdens emulsiju savāc uzkrāšanas tilpnē (6. att.). No tilpnes emulsiju iesūknē virszemes cisternā, kurā atdala NP. No cisternas relatīvi tīro ūdeni ievada kanalizācijā.

4. NP sanācijas un monitoringa aku tīkls

Informācija par NP sanācijas un monitoringa aku tīklu apkopota pārskatā [21] un sistematizēta 2. tabulā. Aku novietojumu dabā parāda 1a. att. - 4a. att. kartes. Dati par akām sakārtoti, ievērojot aku ierīkošanas laiku un piederību sanācijas moduļiem (7. att.). Kā atsevišķa aku grupa izdalīta DZE-C, no kuras akām 8., 28., 60a., 66a. regulāri atsmel NP. Šo aku rinda atrodas LRDS teritorijas žoga rajonā starp moduļiem AM1 un AM2. Kopīgais aku skaits LRDS teritorijā un tās apkārtnē ir 96. No tām 67 akas (ieskaitot NP/ūdens emulsijas uzkrāšanas tilpni modulī AM4) tiek izmantotas NP sanācijai un monitoringam. Pārējās akas izmanto gruntsūdens līmeņa mērījumiem. Nosacīti izdalīta MOB aku grupa (skat. 2. tabulu), kur atsmelot NP, iegūst praktiski tīrus NP. Nav datu par ziemas laikā atsmelto NP daudzumu.

Lai atklātu iespējamās NP noplūdes no pazemes cauruļvadiem, 2006. gadā uz dienvidiem no estakādes (3. att.) ierīkoja piecus monitoringa punktus V₁-V₅ (spices) dīzeļdegvielas tvaiku satura mērījumiem.

Paraugi grunts piesārņojuma noteikšanai NP savākšanas dīķī tiek ņemti punktos D1, D2, D2 (skat. 4. att.). Paraugi ūdens analīzēm Ilūkstes upei tiek ņemti posteņos ILP1 (50 metri pirms ūdens iztekas no moduļa AM3), ILP2 (moduļa iztekā) un ILP3 (50 metri aiz moduļa iztekas).

5. NPPS areāla biezuma un laukuma izmaiņas

Sanācijas gaitā ir būtiski samazināts NPPS areāla biezums un laukums. Par to vizuāli liecina 8. att. skatāmie NPPS areāli 1996.g., 2002.g., 2008.g., un 2016.g. Attēli ataino situāciju atbilstoša gada beigās, kad areāla biezums un laukums ir samazinājušies pēc sanācijas veikšanas gada siltajos mēnešos. Par to liecina 9. att. skatāmie NPPS areāli 2016. gada aprīlī, oktobrī un decembrī. Aprīļa mēnesī NPPS areāla biezums un laukums ir būtiski lielāki nekā decembrī. Aprīļa areālā īpaši liels NPPS biezums ir sanācijas aku 139. un 140. rajonā. Šīs akas atrodas uz austrumiem no zināmā NPPS areāla un varētu liecināt par agrāk notikušu NP noplūdi, kas šeit piesārņojusi gruntsūdens horizontu.

Pārskatā [15] dots NPPS areāla laukuma samazinājuma grafiks no 1996. gada līdz 2011. gadam (10. att.). Nav paskaidrots, vai areāla laukums aprēķināts, ievērojot NPPS areālu ģeometrisko formu gada beigās, vai arī izmantojot metodikas [29, 30].

Pārskatā [13], izmantojot metodikas [29, 30], aprēķināta NP apjoma izmaiņa no 1996. gada līdz 2009. gadam. Šī apjoma un ar to saistītās sanācijas kumulatīvie ražības grafiki skatāmi 11. att. Šaubas izraisa NP tilpums 1996. gadā (450 m³) un augstā sanācijas procesa ražība no 1996. gada

līdz 1998. gadam (~80 m³/gadā). Šie dati neatbilst sanācijas procesa reālajiem rādītājiem, kas tiks izskatīti nākamajās pārskata nodaļās.

6. NPPS biežuma atkarība no gruntsūdens līmeņa izmaiņām

Laikā no 2001. gada līdz 2017. gadam ir veikti regulāri gruntsūdens līmeņu mērījumi sanācijas moduļu AM2 un AM3 apgabalos. Šo mērījumu rezultāti skatāmi 12. att. pirmajā un otrajā attēlu grupā. Gruntsūdens līmeni moduļa AM1 apgabalā raksturo tikai akas 68. mērījumi. Pārējās akas LRDS "Ilūkste" teritorijai (pēdējā attēlu grupa) neatrodas moduļa apgabalā. Gruntsūdens līmeņi, kas novēroti 12. att. akās, atbilst 2. att. dotajam līmeņu sadalījumam, kas raksturo vidējos hidroģeoloģiskos apstākļus LRDS "Ilūkste" apkārtnē.

Kā redzams no 13. att. un 14. att. grafikiem, gruntsūdens līmeņu un NPPS biežuma izmaiņu grafiki sanācijas moduļu AM1, AM2, AM3 akās 64., 98., 86. raksturo šo parametru saistību "augsts/zems gruntsūdens līmenis → mazāks/lielāks NPPS biežums", kas ir skaidrojams ar procesu "NPPS → grunts piesārņojums → NPPS" [31].

Viena gada robežās var notikt ievērojamas NPPS biežuma izmaiņas. Klimatisko apstākļu ietekme uz sanācijas procesa ražību ir ļoti ievērojama (skat. 9. att. 13. att. 14. att.), kas var radīt maldīgu priekšstatu par NPPS tilpumu, kuru iespējams iegūt, turpinot sanāciju. Liela NPPS biežuma epizodiska parādīšanās monitoringa akā neliecina, ka te iespējams efektīvi atsūknēt NP. Par atsūknēšanas lietderību pareizāku informāciju dod NPPS vidējais biežums, kas ir vairāku mērījumu vidējā aritmētiskā vērtība (skat. 5. tabulu).

7. Sanācijas moduļu ražības apraksts

Izmantojot pārskatu [1-22] datus, 3. tabulā apkopota informācija par sanācijas moduļu ražību. Parādīta sanācijas moduļu AM1, AM2, AM3, MOB un AM4 ražība, ievērojot to ražību arī gada kvartālos. Nosacīti kā sanācijas modulis MOB izdalīta aku grupa (skat. 2. tabulu), kur notiek NP atsmelšana. No akām 81.-88. atsmeltais NP tilpums iekļauts moduļa AM3 ražībā.

7.1. Sanācijas moduļu AM1, AM2, AM3, MOB ražības apraksts

Tikai no 2000.g., sanācijas moduļu AM1, AM2, AM3 un MOB ražība ir labi dokumentēta. Pārskatā [5] dots aptuvenš sanācijas ražības apraksts no 1996.g. līdz 2000.g. Līdz 1999. g. sanācijas moduļiem AM1 un AM2 atsūknēšanas aku skaits nebija liels, NPPS atsmelšana no

MOB akām vēl nenotika regulāri, nebija zināms NP/ūdens emulsijas daudzums, kas ieplūda NP savākšanas dīķī. Tāpēc sanācijas ražībai no 1996.g. līdz 2000. g. izmantoti šādi tuvinājumi un dati par 2000. gadu: moduļu AM1 un AM2 ražība ir vienāda; MOB ražība ir nulle; nosacīti pieņemts, ka moduļa AM3 ražība 1996. gadā bija 10000 l/gadā; AM3 ražība 2000.g. bija 5550 l/gadā [5]. Pieņēmums par moduļa AM3 ražību 1996. g. balstīts uz pārskata [2] informāciju par to, ka no NP savākšanas dīķa 1997. gada četros mēnešos ieguva 7100 l dīzeļdegvielas.

Sanācijas gada ražības grafiki skatāmi 15. att. Moduļu AM1, AM2, AM3 un MOB ražība, ievērojot ražību gada kvartālos, skatāma, attiecīgi, 5a. att. un 6a. att. Šos grafikus var analizēt, salīdzinot ražības gada kvartālos, ar datiem par NPPS biežumu, kas parādīts 13. att. un 14. att.

No 15. att. grafikiem seko, ka moduļu AM2, AM3 un MOB gada ražība pakāpeniski samazinās, AM3 ražība ir lielāka nekā moduļiem AM2 un MOB. Moduļa AM1 gada ražība no 2006. g. līdz 2011. g. nesamazinājās un 2009. gadā pat sasniedza 10000 l/gadā. Ražības samazinājums 2010. gadā skaidrojams ar to, ka sanācijas darbi notika tikai sešus mēnešus (3. tabula) kā arī ar augstajiem gruntsūdens līmeņiem 2010. gadā (skat. 13. un 14. att.).

Sanācijas moduļu AM1, AM2, AM3 un MOB ražības kumulatīvie grafiki skatāmi 16. att. No šo grafiku rakstura var secināt, ka kopš 2012. g. moduļu AM2, AM3 un MOB ražība pieaug lēni, kas liecina par vidējā NPPS biežuma samazināšanos. Moduļa AM1 kumulatīvā ražība no 2005.g. līdz 2017.g. pieauga līdz 70 m³.

No 16. att. kumulatīvās ražības grafiku rakstura var secināt:

- kopīgā kumulatīvā ražība 2017. gadā bija 165 m³;
- kopīgā kumulatīvā ražība moduļiem AM2+AM3+MOB kopš 2014. gada palielinās maz; 2017.g. tā bija 95 m³;
- NP pašteses procesam (modulis AM3) bija galvenā loma NP piesārņojuma sanācijā; jo moduļu AM2 un MOB ražība ir mazāka (13 m³ un 12 m³) nekā modulim AM3 (70 m³);
- moduļa AM1 kumulatīvās ražības pieaugums līdz 70 m³ varētu liecināt par agrākām NP noplūdēm uz dienvidiem no estakādes rajona, kas nav izsaukušas NPPS migrāciju līdz moduļiem MOB un AM2; par to liecina šo moduļu gada un kumulatīvo ražības grafiku raksturs.

7.2. Ūdens attīrīšanas moduļa AM4 ražības apraksts

NP noplūde 4. rezervuāra rajonā notika 2007.g. Piesārņojuma sanācija tika uzsākta 2008.g. Moduļa AM4 ražības grafiki skatāmi 17. att. Kumulatīvās un gada ražības grafiki norāda uz moduļa AM4 gada ražības samazināšanos. Pārskatā [22] ar datormodelēšanu prognozēts, ka pēc 2-3 gadiem varētu pārtraukt moduļa AM4 izmantošanu.

8. Gruntsūdens un grunts piesārņojuma apraksts

Ūdens ir piesārņots, ja tajā ir izšķīduši NP vai arī uz tā virsmas atrodas NPPS (NP brīvā frakcija). Grunts ir piesārņota, ja tajā atrodas NP saistītā frakcija.

LRDS "Ilūkste" teritorijā piesārņotais ūdens un grunts atrodas (4-7) m dziļumā no zemes virsmas un tāpēc nerada vides kaitējumu, kas tieši apdraud dabu. Izņēmumi ir NP izlijuma vietas pie estakādes un 4. rezervuāra kā arī NP savākšanas dīķis un tā apkārtnē, kur ir piesārņota grunts virskārta. Šeit ir veikta grunts sekmīga sanācija, izmantojot mikrobioloģiskās metodes.

Grunts piesārņojuma noteikšana, izmantojot modernu LIF tehnoloģiju un metodes, ir veikta 2014. gadā estakādes rajonā [19]. Kopš 2006. gada grunts piesārņojumu estakādes rajonā zem cauruļvadiem noteica, mērot NP tvaiku saturu piecos kontroles punktos (spicēs) V1-V5..

Pirms nonākšanas Ilūkstes upē, ūdenī izšķīdušo NP koncentrāciju samazina ūdens attīrīšanas modulis AM3. Ūdenī izšķīdušo NP koncentrācija ir pētīta arī bijušās degvielas uzpildes stacijas (DUS) teritorijā.

Grunts un gruntsūdens kvalitātes normatīvus nosaka MK noteikumi [27, 28]

8.1. NPPS biezuma mērījumu rezultāti

Regulāri tiek mērīti gruntsūdens līmeņi un NPPS biežumi sanācijas un monitoringa akās. NPPS dati par 2010.g., 2013.g., 2015.g. ir apkopoti 5. tabulā [23]. Katrai akai aprēķināta arī NPPS biezuma gada vidējā vērtībā kā mērījumu summa, kas izdalīta ar mērījumu skaitu. Vidējā vērtība ir ticamāks kritērijs nekā NPPS biezuma minimālās un maksimālās vērtības, kas gruntsūdens līmeņu izmaiņu ietekmē viena gada laikā var būt ļoti atšķirīgas (skat. 5. tabulu).

Nolūkā gūt vispārīgāku 5. tabulas datu novērtējumu, tās informācija sagrupēta, ņemot vērā aku skaitu, kuru mērījumu gada vidējās biezumu vērtības iekļautas septiņos 0.1 m NPPS biezuma

intervālos. Rezultāts skatāms tabulā, kurā NPPS biežuma ietekmes novērtēšanai izmantots kritērijs P_g [metrs] katram novērojumu gadam:

$$P_g = \sum n_i b_i, \quad i=1, 2, \dots, 7,$$

kur n_i - aku skaits NPPS gada vidējo biežumu intervālā; b_i – intervāla augšējās robežas vērtība.

Jo mazāks P_g , jo labāks NPPS biežuma ietekmes vērtējums.

Gads	Aku skaits gada vidējā NPPS biežuma intervālos [metri]							Aku skaits	P_g [metrs]
	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.3	0.3-0.4	0.4-0.5	0.5-0.6	0.6-0.7		
2010.	25	5	4	0	0	1	0	39	5.3
2013.	21	6	3	7	3	3	0	45	11.5
2015.	23	10	2	6	4	2	1	48	11.2

Kritērija P_g vērtība (5.3) 2010.g. ir bijusi mazāka nekā 2013.g. un 2015.g. Abu šo gadu P_g vērtības ir tuvas (11.5 un 11.2). Kritērijs P_g dod kvantitatīvu novērtējumu, ņemot vērā NPPS gada vidējo biežumu datus.

Atšķirība starp 2010.g. un 2013.g. rodas tāpēc, ka 2010.gadā vēl nedarbojās jaunās sanācijas akas 132.-138. modulī AM1 (skat. 5. tabulu) un tāpēc NPPS biežuma intervālos “0.3-0.4” un “0.4-0.5” nebija mērījumu datu.

Reāli stāvoklis 2010. g. bija sliktāks nekā 2013. g., jo par NPPS eksistenci dienvidos no estakādes nebija zināms.

No 2010. g. līdz 2015. g. tikai nelielā skaitā aku gada NPPS vidējais biežums katru gadu pārsniedza 0.2 metrus: modulī AM1 – 12., 123., 135., 136., 137., 65a; modulī AM3 – 82., 84., 85. Modulī AM1 vēl izpaužas agrāk notikušo NP noplūžu sekas, bet moduļa AM3 rajonā NPPS turpina lēni migrēt uz NP savākšanas dīķi..

Ja vidējais gada NPPS biežums ir mazāks par 0.2 līdz 0.3 metriem, tad NPPS atsūkņēšanas lietderība ir apšaubāma, jo atsūkņēšanas ražība būs zema.

8.2. Gruntsūdenī izšķīdušo NP piesārņojums

Gruntsūdenī izšķīdušo NP koncentrācijas ir mērītas DUS teritorijā un Ilūkstes upē.

Informācija par BTEX koncentrāciju gruntsūdens paraugos DUS teritorijai no 2009.g. līdz 2015.g. ir skatāma 6. tabulā. Neviena BTEX komponente 2015. gadā nepārsniedza tās mērķlielumu. Kā redzams no 6. tabulas, BTEX koncentrācija ir būtiski samazinājusies,

salīdzinot ar 2008. gadu. Tas noticis, pateicoties NP noārdošo mikrobioloģisko procesu darbībai.

Dati par NP piesārņojumu Ilūkstes upē no 2010.gada līdz 2016. gadam apkopoti 7. tabulā. Piesārņojums Ilūkstes upē 2016. gadā sanācijas moduļa AM3 iztekā (paraugs IL2) bija 0.08 mg/l, kas nepārsniedz robežlielumu 0.2 mg/l. Ilūkstes upē NP atšķaidās, jo upes vidējā caurtece ir 3000 l/s, bet šķidrums plūsma moduļa AM3 izejā ~1 l/s.

8.3. Grunts piesārņojums

Grunts piesārņojums 2015. gadā novērtēts 4. rezervuāra teritorijā (8. tabula). Piesārņojums 0.5-0.6 m dziļumā no zemes virsmas moduļa AM4 apgabalā nepārsniedza piesardzības robežvērtību 500 mg/kg. Šeit notiek grunts pašattīršanās mikrobioloģisko procesu ceļā.

Lai atklātu NP noplūdes estakādes rajonā no pazemes cauruļvadiem, ir mērīts dīzeļdegvielas tvaiku saturs gruntī piecos kontrolpunktos (spicēs) V1-V5. No 9. tabulas datiem seko, ka no 2011.g. līdz 2016.g. nevienā paraugā nav pārsniegta piesārņojuma piesardzības robeža 100 ppm. Tas nav noticis kopš 2006. gada, kad spices V1-V5 tika izveidotas.

2000. gadā grunts piesārņojums poly vidējā koncentrācija NP savākšanas dīķī bija 115000 mg/kg. No 15a. att. grunts analīžu rezultātiem var secināt, ka jau 2009. gadā šī koncentrācija nepārsniedza 270 mg/kg, t.i., desmit gados grunts piesārņojums 0.6 metru dziļumā no zemes virsmas bija samazinājies 426 reizes (115000/270). Grunts attīršanai izmantotas dabīgas un stimulētas mikrobioloģiskās metodes (ogļūdeņražu noārdītāju baktēriju aktivizēšana). Lai attīrītu visvairāk piesārņoto dīķa gultnes grunti, tā no 1999. g. līdz 2001.g. tika izrakta un apstrādāta poligonā, kuru izveidoja 1999. gadā.

Grunts analīžu rezultāti NP savākšanas dīķim 2017. gadā skatāmi 10. tabulā. Nevienam paraugam NP koncentrācija nepārsniedz piesardzības robežu 500 mg/kg. Lielākā dziļumā no zemes virsmas, NP koncentrācija dīķa rajonā pārsniedz kritisko robežlielumu 5000 mg/kg. Diemžēl, te grunts attīršana ar mikrobioloģiskajām metodēm nav bijusi efektīva.

Estakādes rajonā grunts piesārņojuma pētījumos 2014. gadā tika izmantota lāzera inducētās fluorescences metode (LIF), kas ar lielu precizitāti pirmo reizi ļāva iegūt datus par piesārņojuma izplatības telpisko raksturu estakādes rajonā [19]. Iegūti rezultāti par NP piesārņojuma izplatību uz ziemeļiem (7a. att.) un dienvidiem (8a. att.) no estakādes, kā arī grunts piesārņojuma 3D konceptuālais modelis (9a. att.). Modelis dod 3D informāciju par četrām grunts NP koncentrācijas (NPK) zonām: ≥ 500 mg/kg; ≥ 1000 mg/kg; ≥ 2500 mg/kg; ≥ 5000 mg/kg. Ar LIF

metodi iegūtajiem datiem bija liela nozīme NP noplūžu seku izprašanā estakādes rajonā, kā arī sanācijas moduļa AM1 darbības optimizēšanā.

9. Ar programmu ARMOS iegūto un faktisko sanācijas ražības rezultātu salīdzinājums

Ar programmu ARMOS [25] RTU Vides Modelēšanas Centrā 1997. gadā veica LRDS "Ilūkste" NP piesārņojuma areāla izveidošanās un pašattīrīšanas procesu datormodelēšanu [24]. Modelēšanu veica nepiesārņotam gruntsūdens horizontam, kura ģeometrijas un filtrācijas īpašības, grunts raksturlielumi un ūdens līmeņu sadalījums pēc iespējas precīzāk atbilda šiem datiem dabā. Izmantojot ARMOS, vajadzēja iegūt NP piesārņojuma areālu, kura forma (kā 3. att.) un NPPS biezums atbilda zinātībai par tiem 1997. gadā. Areāliem bija jāizveidojas 12 gadu laikā, kas atbilda dīzeļdegvielas vecumam NP savākšanas dīķī.

Veicot modelēšanu, izdevās noteikt galveno NP noplūdes vietu pie dzelzceļa estakādes. Aprēķinātā noplūdes intensitāte bija 25-29 m³/gadā.

Izmantojot ARMOS, tika modelēts arī NP areāla pašattīrīšanas process, kad NP paštecē ieplūst NP savākšanas dīķī (modulī AM3). Modelēšanas rezultāts ir skatāms 18. att., kur parādīti trīs NP tilpuma grafiki: kopīgais; saistītā frakcija, kas ir grunts piesārņojums; brīvā frakcija, kas atbilst NP sanācijas kumulatīvai ražībai.

Pēc 25 gadiem, ARMOS aprēķinātais kopīgais NP tilpums ~120 m³, kur ~105 m³ (grunts piesārņojums). Datormodelēšana prognozēja, ka ja nenotiek jaunas NP noplūdes, NP pašattīrīšanās notiks pakāpeniski (AM1 AM2 AM3), t.i., moduļa AM1 rajons attīrīsies pirmais un tā NPPS kļūs nekustīgs un, ka pēc 15-20 gadiem vēl notiks NPPS lēna migrācija uz NP savākšanas dīķi (modulis AM3).

Ja nav NP noplūdes, NPPS (brīvā NP frakcija) vienmēr ar laiku gruntsūdenī sasniedz dinamisku līdzsvaru un kļūst nekustīga. To var likvidēt ar atsūknēšanu (tas notiek sanācijas moduļos AM1, AM2 un MOB). Kā piemēru var minēt nekustīgu liela tilpuma NPPS areālu izveidošanās, kas tika konstatēta bijušās Rumbulas lidostas ar aviācijas degvielu piesārņotajā teritorijā [26]. Šo NPPS nekustīgumu apstiprināja arī ar ARMOS veiktā datormodelēšana.

Prognozi par to, ka moduļa AM1 NP areālam būtu jāattīrās pirmajam, apstiprina 1996. gada un 2002. gada NPPS areālu salīdzinājums (8. att.), kur 2002. gadā NPPS biezums AM1 rajonā ir būtiski samazinājies, salīdzinot ar tā 1996. gada stāvokli. Diemžēl, ar lielu varbūtību jāsecina, ka NP noplūžu dēļ, piesārņošanas process turpinājās, par ko liecina sanācijas moduļa AM1 gada un kumulatīvās ražības grafiki (15. att., 16. att.).

ARMOS prognozes NPPS pašattīrīšanās matemātiskajam modelim piemita būtisks trūkums, jo dabā pēc NP noplūdes likvidēšanas, grunts bija stipri piesārņota, bet 18. att. skatāmais NP brīvās frakcijas tilpums pie $t = 0$ ir 30 m^3 , t.i., tikai $\sim 10\%$ no kopīgā NP tilpuma. Lai būtu iespējams faktiskos sanācijas rezultātus salīdzināt ar ARMOS prognozi, bija jāizmanto lielāks sanācijas sākuma laiks t , kad NP saistītās frakcijas tilpums ir $\sim 100 \text{ m}^3$.

Izvēlēts sākuma laiks $t = 4$ gadi, izmantojot šādus apsvērumus:

- ja $t = 4$ gadi, tad (1996.g.) ARMOS dotais kopīgais NP tilpums ir 230 m^3 , kas ir vienāds ar kopīgo NP tilpumu pēc 22 gadu sanācijas darbu īstenošanas (2017.g.);
- kopīgo NP tilpumu 2017.g. veido: $230 \text{ m}^3 = 95 \text{ m}^3$ (AM2+AM3+MOB) + 105 m^3 (grunts piesārņojums) + 30 m^3 ; nosacīti pieņemts, ka AM1 kumulatīvā ražība 2017. gadā varētu būt 30 m^3 , ja nav NP noplūžu.

Divi faktiskie sanācijas ražības kumulatīvie grafiki (AM2+AM3+MOB) un kopīgās ražības grafiki skatāmi 18. att. Par to sākumu izmantots laiks $t=4$ gadi un NP tilpums 100 m^3 . Modelēto un faktisko sanācijas grafiku salīdzināšana dod šādus rezultātus:

- sanācijas procesa sākums ir lēnāks par modelēto, bet beigu posmā abu procesu ātrumi ir tuvi;
- estakādes rajonā, agrāku NP noplūžu dēļ, papildus atsūknēts NP $\sim 40 \text{ m}^3 = 70 \text{ m}^3$ (reāli atsūknētais) – 30 m^3 (nav noplūdes);
- moduļu (AM2+AM3+MOB) kumulatīvās ražības grafiks pēdējos piecos gados ir praktiski paralēls prognozētās ražības grafikam, jo šo moduļu gada ražība samazinās (15. att.);
- apstiprinās ARMOS prognoze par NPPS pašlikvidācijas procesa nozīmīgumu, jo ūdens atsūknēšanas moduļa AM3 ražība 70 m^3 ir lielāka nekā moduļiem AM2 ($70 > 13$) m^3 un MOB ($70 > 12$) m^3 ;
- arī ūdens attīrīšanas moduļa AM4 ražību nosaka tikai NP paštece: 4. rezervuāra apkārtņē nenotiek NP/ūdens emulsijas atsūknēšana, jo tā ieplūst horizontālajā drenāžā.

Neskatoties uz to, ka pirms 30 gadiem (1988) izveidotajai programmai ARMOS piemita acīm redzami trūkumi, ar to iegūtās prognozes par NP piesārņojuma pašattīrīšanās procesa norisi apmierinoši apraksta faktisko sanācijas norisi LRDS "Ilūkste" teritorijā. Novirzes no prognozes sanācijas moduļa AM1 rajonā varētu būt saistītas ar agrāk notikušajām noplūdēm. Ja pēc 2014.g. veiktajiem darbiem dzelzceļa estakādes elementu iekonservēšanā nebūs NP noplūžu, tad moduļa AM1 apgabalā nevajadzēs ilgstoši turpināt NP atsūknēšanu.

10. Secinājumi un rekomendācijas

Īstenojot zinātnisko pētījumu par LRDS Īlūkste par NP piesārņotajā teritorijā veiktajiem sanācijas darbiem iegūti šādi rezultāti:

10.1. Pirmā uzdevuma rezultāti

Sanācijas moduļiem AM1, AM2, AM3, AM4 ir atšķirīga tehniskā realizācija, bet tiem ir kopīgas īpašības. Katra moduļa darbībai izmanto virszemes cisternu NP izdalīšanai no NP/ūdens emulsijas un kompresoru saspiegtā gaisa ražošanai, kas nepieciešams ugunsdrošo pneimatisko sūkņu darbināšanai.

Ziemā šķidrums cisternās un virszemes caurulēs sasilst un tad sanācijas darbi jāpārtrauc.

Pneimatiskie sūkņi darbojas automātiski periodiskā režīmā (ieslēgts/izslēgts), kuru katram sūknim var optimizēt.

Moduļos AM1 un AM2 NP/ūdens emulsiju atsūknē no sanācijas akām. Ūdens attīrīšanas moduļos AM3 un AM4 šo emulsiju paštecē uztver horizontālās drenas. Lai novērstu Īlūkstes upes piesārņošanu, modulī AM3 samazina arī ūdenī izšķīdušo NP koncentrāciju.

Laikā no 1996.g. – 2017.g. LRDS “Īlūkste” teritorijā, kuru piesārņoja NP noplūde dzelzceļa estakādes rajonā, savākti 165 m³ relatīvi tīra NP. Faktiskais NP tilpums ir nedaudz lielāks, jo nav datu par ziemā ar NP atsmelšanu no akām savāktiem NP.

Laikā no 2008. g. līdz 2012. g. 4. rezervuāra rajonā ir savākti 21 m³ NP.

Salīdzinot ar stāvokli 1996. gadā, ir būtiski samazināts NPPS vidējais biežums, īpaši sanācijas moduļa AM2 rajonā.

Grunts piesārņojums līdz 0.6 metru dziļumam no zemes virsmas NP savākšanas dīķī un 4. rezervuāra rajonā nepārsniedz piesardzības normatīvu 500 mg/kg.

Gruntsūdenī izšķīdušo NP koncentrācija DUS teritorijā un attīrīšanas moduļa AM3 iztekā tāpat nepārsniedz Latvijā noteikto piesardzības normatīvu 0.2 mg/l.

Sanācijas darbos izmantotās iekārtas un metodes regulāri tika pilnveidotas, tās atbilst pasaules progresīvām NP piesārņojuma sanācijas tehnoloģijām [31, 32].

Ja 2014. gadā ir pilnībā novērsta NP noplūdes iespēja, tad nav jāveic atkārtota detalizēta izpēte visai dzelzceļa estakādei piegulošajai teritorijai. Iespējams, ka SIA VentEko ir ieinteresēta izmantot šo teritoriju kā poligonu mūsdienīgu izpētes metožu (kā LIF) aprobācijai un pilnveidošanai. Šādas aktivitātes ir atbalstāmas, jo tās bagātina hidroģeologu zinātību par NP piesārņojumu estakādes apgabalā un par moderno vides pētniecības metožu iespējām.

Tomēr ir jāturpina regulāri monitoringa novērojumi un periodiski jāveic to analīze, izvērtējot gan faktisko situāciju, gan prognozējot procesu norisi tuvākajā nākotnē.

10.2. Otrā uzdevuma rezultāti

1. Sanācijas modulī AM1 NP atsūkņēšanu vēlams turpināt vismaz 3 gadus, jo sanācijas ražība 2016.g. un 2017.g. (3475 l/gadā un 1544 l/gadā) bija relatīvi augsta kā arī lai pārliecinātos par NP noplūžu neesamību pēc 2014. gadā veiktās estakādes elementu konservācijas.
2. Nav lietderīgi turpināt sanācijas moduļa AM2 darbu NP/ūdens emulsijas atsūkņēšanas režīmā, jo moduļa gada ražība 2016. g. un 2017.g. (273 l/gadā un 74 l/gadā) bija maza. No 2010.g. līdz 2015.g. nevienā no AM2 akām vidējais NPPS biežums nav pārsniedzis 0.2 metrus. Būtu jāveic manuāla NP atsmelšana akās, kurās sakrāties NPPS.
3. Ūdens attīrīšanas moduļa AM3 darbība ir jāturpina un tas jāpilnveido, jo modulis kalpo kā “sliexsnis”, kas nepieļauj piesārņojuma nokļūšanu Ilūkstes upē. Moduļa gada ražība 2016.g. un 2017.g. (1996 l/gadā un 879 l/gadā) bija relatīvi augsta, jo šajā rajonā vēl turpinās lēna NP migrācija uz NP savākšanas dīķi. Modulis ne tikai atdala NP no NP/ūdens emulsijas, bet arī samazina ūdenī izšķīdušo NP koncentrāciju līdz Latvijas likumdošanā noteiktajiem ūdens kvalitātes normatīviem.
4. Ūdens attīrīšanas moduļa AM4 darbība būtu jāturpina vismaz 3 gadus, jo tā gada ražība 2016.g. un 2017.g. bija relatīvi augsta (1638 l/gadā un 943 l/gadā).
5. Ja nepieciešams, jāveic NP atsmelšana no akām, jo šis pasākums ir vienkāršs, efektīvs un lēts.
6. Visos sanācijas moduļos, arī atslēgtajos, jāturpina veikt vides monitorings.

10.3. Trešā uzdevuma rezultāti

Ūdens ir piesārņots, ja tajā ir izšķīduši NP vai arī uz tā virsmas atrodas NPPS (NP brīvā frakcija). Grunts ir piesārņota, ja tajā atrodas NP saistītā frakcija.

LRDS “Ilūkste” teritorijā piesārņotais ūdens un grunts atrodas (4-7) m dziļumā no zemes virsmas un tāpēc nerada vides kaitējumu, kas tieši apdraud dabu. Izņēmumi ir NP izlijuma vietas pie estakādes un 4. rezervuāra kā arī NP savākšanas dīķis un tā apkārtnē, kur ir piesārņota grunts virskārta. Šeit ir veikta grunts sekmīga sanācija, izmantojot mikrobioloģiskās metodes.

Grunts piesārņojuma noteikšana, izmantojot modernu LIF tehnoloģiju un metodes, ir veikta 2014. gadā estakādes rajonā [19]. Kopš 2006. gada grunts piesārņojumu estakādes rajonā zem cauruļvadiem noteica, mērot NP tvaiku saturu piecos kontroles punktos (spicēs) V1-V5..

Pirms nonākšanas Ilūkstes upē, ūdenī izšķīdušo NP koncentrāciju samazina ūdens attīrīšanas modulis AM3. Ūdenī izšķīdušo NP koncentrācija ir pētīta arī bijušās degvielas uzpildes stacijas (DUS) teritorijā.

Grunts un gruntsūdens kvalitātes normatīvus nosaka MK noteikumi [27, 28]

Visbiežāk NPPS biežuma samazināšanai izmanto NP/ūdens emulsijas atsūkņēšanu no sanācijas akām [31]. NP no emulsijas atdala ar nostādināšanas metodi, kuras ražību var veicināt, izmantojot ķīmisku vielu piedevas, šķidrums vibrāciju u.c. Atsūkņēšanas metode izmantota moduļos AM1 un AM2.

Var izmantot NP pašattīršanās procesus, ja NP paštecē izplūst no piesārņotā ūdens horizonta. Konstatēts, ka izšķiroša pozitīva loma ir bijusi pašattīršanās norisei ūdens attīrīšanas moduļos AM3 un AM4.

Ja atsūkņēšanas metodes nav efektīvas var lietot vakuuma tehnoloģiju metodes [31, 32]. Tās NPPS izsūkņēšanai izmanto ne tikai šķidrums bet arī gaisa plūsmu. Šādu metodi SIA VentEko lietoja bijušās Rumbulas lidostas teritorijas sanācijai.

Ūdenī izšķīdušo NP koncentrāciju var samazināt ar NP absorbējošiem filtriem (kā modulī AM3) vai arī ar mikrobioloģisko procesu palīdzību (kā DUS teritorijā).

Grunts piesārņojumu laika gaitā samazina NP iztvaikošana, NP izšķīšana ūdenī, biodegradācija, mikrobioloģiskie procesi, kas tika izmantoti moduļu AM3 un AM4 teritorijās.

Sanācijas beigu posmā LRDS "Ilūkste" teritorijā nav lietderīgi izmantot ražīgākas iekārtas un metodes.

10.4. Priekšlikumi turpmākai rīcībai

Sanācijas moduļu gada ražība samazinās, kas liecina par mazu NPPS biežumu to areālos. Šāds stāvoklis ir raksturīgs sanācijas darbu beigu posmam, kura ilgums varētu būt vismaz trīs gadi. Šāda prognoze nav saistīta ar formāliem noteikumiem, bet ar moduļu gada ražības grafiku rakstura novērtējumu. Lēmums par sanācijas intensitātes samazināšanu būtu jāpieņem LRDS "Ilūkste" un SIA VentEko speciālistiem.

Ūdens attīrīšanas moduļa AM3 darbība ir jāturpina un tas jāpilnveido, jo modulis kalpo kā "sliexnis", kas nepieļauj piesārņojuma nokļūšanu Ilūkstes upē.

Ja nepieciešams, jāveic NP atsmelšana no akām, jo šis pasākums ir vienkāršs, efektīvs un lēts.

Sanācijas beigu posmā LRDS "Ilūkste" teritorijā nav lietderīgi izmantot ražīgākas iekārtas un metodes.

Visos sanācijas moduļos, arī atslēgtajos, jāturpina veikt vides monitorings.

10.5. Zinātniskā pētījuma rezultātu publicēšana

NP piesārņojuma sekmīgā sanācija LRDS "Ilūkste" ir izcils rezultāts ne tikai Latvijas bet arī starptautiskā mērogā. Informācija par sanācijas darbos lietotajām iekārtām un metodēm ir apkopota šajā RTU sagatavotajā pārskatā. Būtu ļoti vēlams par sanācijas darbos gūto pozitīvo pieredzi informēt vides un dabas aizsardzības speciālistus kā arī plašāku sabiedrību. Ar SIA LatRosTrans piekrišanu, pārskats varētu būt pieejams RTU Vides modelēšanas centra tīmekļa vietnē kā zinātniska pētījuma rezultāts. Par to vajadzētu sagatavot rakstu latviešu valodā. Raksta autori būtu SIA LatRosTrans, SIA VentEko un RTU speciālisti. Šo rakstu varētu publicēt 2018. gadā RTU Starptautiskajā zinātniskajā žurnālā "Datormodelēšana un robežproblēmas". Vienlaikus būtu jāpagatavo raksta versija angļu valodā publicēšanai ārzemju žurnālos un konferenču rakstu krājumos.

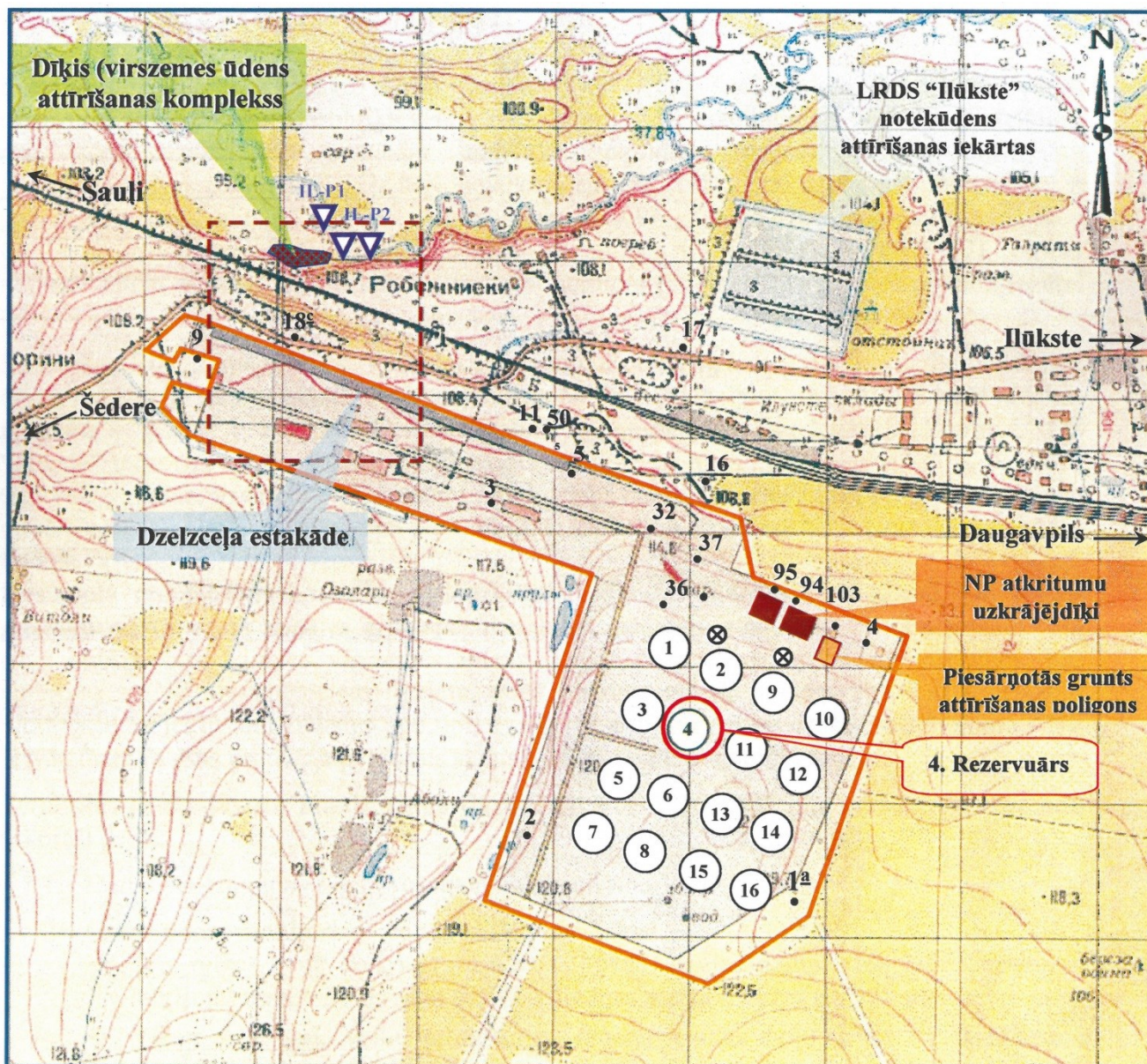
11. Atsauces

1. Atskaite par naftas produktu peldošā slāņa likvidāciju Ilūkstes naftas pārsūkņēšanas stacijas teritorijā (III etaps), O. Aleksāns, "Baltec Associates" SIA, 1996
2. Pārskats sanācijas pasākumu veikšanas Ilūkstes naftas pārsūkņēšanas stacijas teritorijā 1997. gadā (IV etaps), I. Seļivanovs, "Baltec Associates" SIA, 1997
3. SIA „Vides Konsultāciju Birojs”, "Pārskats par paveiktajiem izpētes un sanācijas darbiem Līnijas ražošanas dispečeru stacijas Ilūkste teritorijā 1998. gadā", Rīga, 1998
4. SIA „Vides Konsultāciju Birojs”, "Pārskats par paveiktajiem izpētes un sanācijas darbiem Līnijas ražošanas dispečeru stacijas Ilūkste teritorijā 1999. gadā", Rīga, 1999.
5. Pārskats par paveiktajiem sanācijas darbiem LRDS "Ilūkste" teritorijā 2000. gadā. SIA "VentEko", Rīga, 2000.
6. Pārskats par paveiktajiem sanācijas darbiem LRDS "Ilūkste" teritorijā 2001. gadā. SIA "VentEko", Rīga, 2001
7. Pārskats par paveiktajiem sanācijas darbiem LRDS "Ilūkste" teritorijā 2002. gadā. SIA "VentEko", Rīga, 2002.
8. Pārskats par paveiktajiem sanācijas darbiem LRDS "Ilūkste" teritorijā 2003. gadā. SIA "VentEko", Rīga, 2004.





9. Pārskats par paveiktajiem sanācijas darbiem LRDS "Ilūkste" teritorijā 2004. gadā. SIA "VentEko", Rīga, 2005
10. Pārskats par paveiktajiem sanācijas darbiem LRDS "Ilūkste" teritorijā 2005. gadā. SIA "VentEko", Rīga, 2006
11. Pārskats par paveiktajiem sanācijas darbiem LRDS "Ilūkste" teritorijā 2006. gadā. SIA "VentEko", Rīga, 2007
12. Pārskats par paveiktajiem sanācijas darbiem LRDS "Ilūkste" teritorijā 2007. gadā. SIA "VentEko", Rīga, 2008.
13. Pārskats par paveiktajiem sanācijas darbiem LRDS "Ilūkste" teritorijā 2008. gadā. SIA "VentEko", Rīga, 2009
14. Pārskats par paveiktajiem sanācijas darbiem LRDS "Ilūkste" teritorijā 2009. gadā. SIA "VentEko", Rīga, 2010
15. Pārskats par paveiktajiem sanācijas darbiem LRDS "Ilūkste" teritorijā 2010. gadā. SIA "VentEko", Rīga, 2011
16. Pārskats par paveiktajiem sanācijas darbiem LRDS "Ilūkste" teritorijā 2011. gadā. SIA "VentEko", Rīga, 2012.
17. Pārskats par paveiktajiem sanācijas darbiem LRDS "Ilūkste" teritorijā 2012. gadā. SIA "VentEko", Rīga, 2013
18. Pārskats par izpēti, monitoringa un sanācijas darbu rezultātiem LRDS "Ilūkste" teritorijā 2013. gadā. SIA "VentEko", Rīga, 2014
19. Pārskats par izpēti, monitoringa un sanācijas darbu rezultātiem LRDS "Ilūkste" teritorijā 2014. gadā. SIA "VentEko", Rīga, 2015
20. Pārskats par izpēti, monitoringa un sanācijas darbu rezultātiem LRDS "Ilūkste" teritorijā 2015. gadā. SIA "VentEko", Rīga, 2016
21. Pārskats par izpēti, monitoringa un sanācijas darbu rezultātiem LRDS "Ilūkste" teritorijā 2016. gadā. SIA "VentEko", Rīga, 2017
22. Pārskats par izpēti, monitoringa un sanācijas darbu rezultātiem LRDS "Ilūkste" teritorijā 2017. gadā. SIA "VentEko", Rīga, 2018
23. Atļauja B kategorijas piesārņojošai darbībai Nr. DA10IB0010. Daugavpils reģionālā vides pārvalde, 2017
24. Piesārņojuma migrācijas un attīrīšanas modelēšana, Atskaite "Baltec Associates" SIA un Rīgas Tehniskās universitātes līgumam Nr. 6190/97, Rīgas Tehniskā universitāte, Vides modelēšanas centrs, Rīga, 1997
25. ARMOS. Areal Multiphase organic Simulator for Free Phase Hydrocarbon Migration and Recovery / User and Technical Guide, Environmental Systems and Technologies. Inc., 1988-1996
26. Modelling the groundwater flow dynamics and the contaminant movement for the Rumbula airbase place by SpillCAD, ARMOS and BioTRANS, Contract No 6153/96 report prepared by Environment Modelling Centre of Riga Technical University, Riga, 1996
27. 25.10.2005.MK noteikumi Nr. 804 "Noteikumi par augsnes un grunts kvalitātes normatīviem"

28. 12.03.2002. MK noteikumi Nr. 118 "Noteikumi par virszemes un pazemes ūdeņu kvalitāti" ar grozījumiem.
29. Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrija, Valsts ģeoloģijas dienests, "Pazemes ūdeņu piesārņojuma izpēte", Metodiskie norādījumi. Rīga, 1997, (apstiprināti VARAM 1998. g. 24. martā).
30. Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrija, "Gruntī un ūdenī nonākušā ķīmiskā piesārņojuma daudzuma aprēķināšanas metodika", Rīga, 2000.
31. Evan Nyer et al., In Situ Treatment Technology, CRC Press, Inc. Lewis Publishers, 1996
32. Models for Design of Free Product Recovery Systems for Petroleum Hydrocarbon Liquids, American Petroleum Institute, Publication Number 4729, 2003

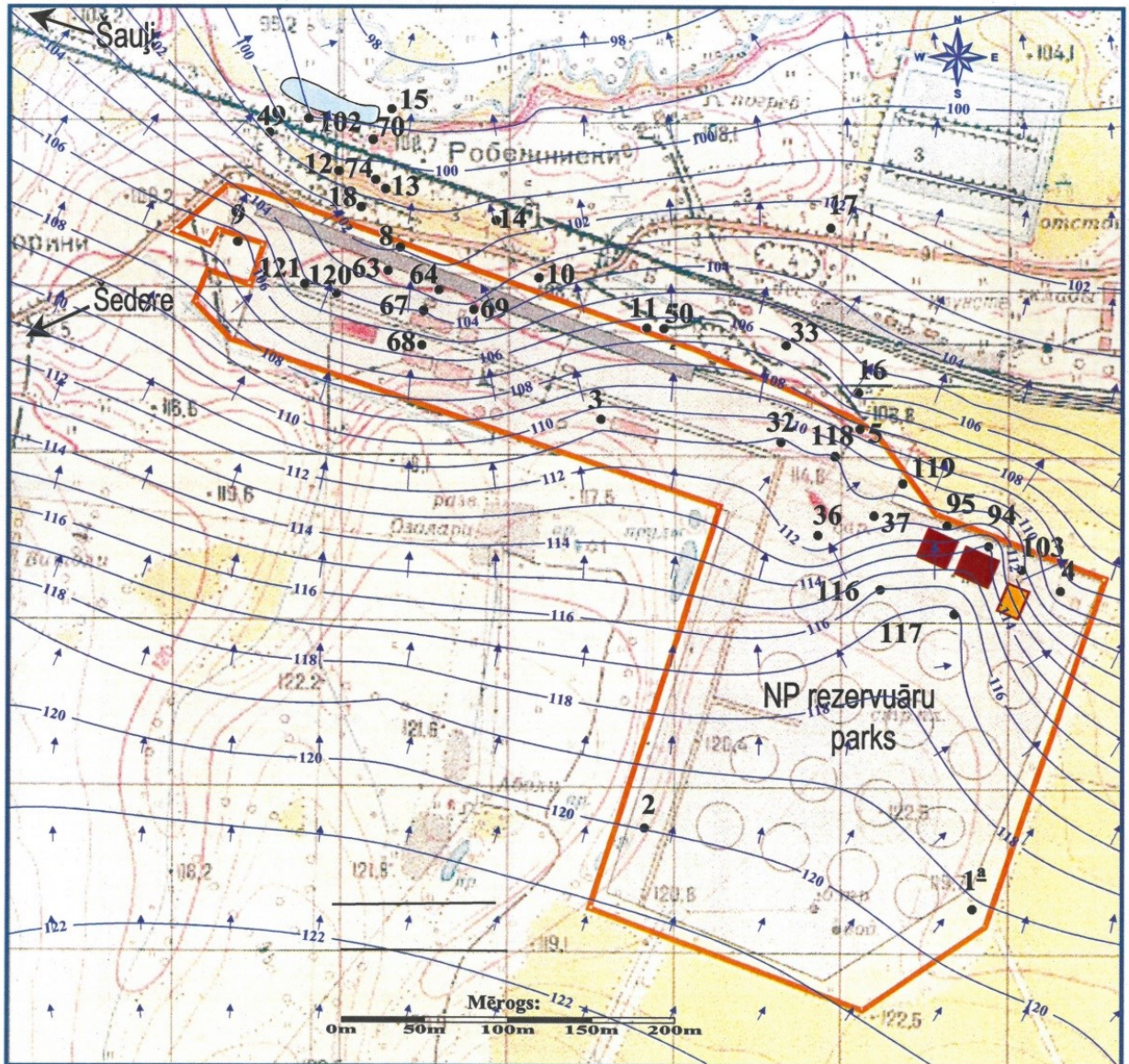
ATTĒLI






APZĪMĒJUMI:

- 36 Gruntsūdens novērošanas aka un tā numurs
-  LRDS "Ilūkste" teritorija
-  NPPS areāla detalizētas izpētes apgabals
-  NP rezervuārs un tā numurs
-  Virszemes ūdens paraugošanas punkts

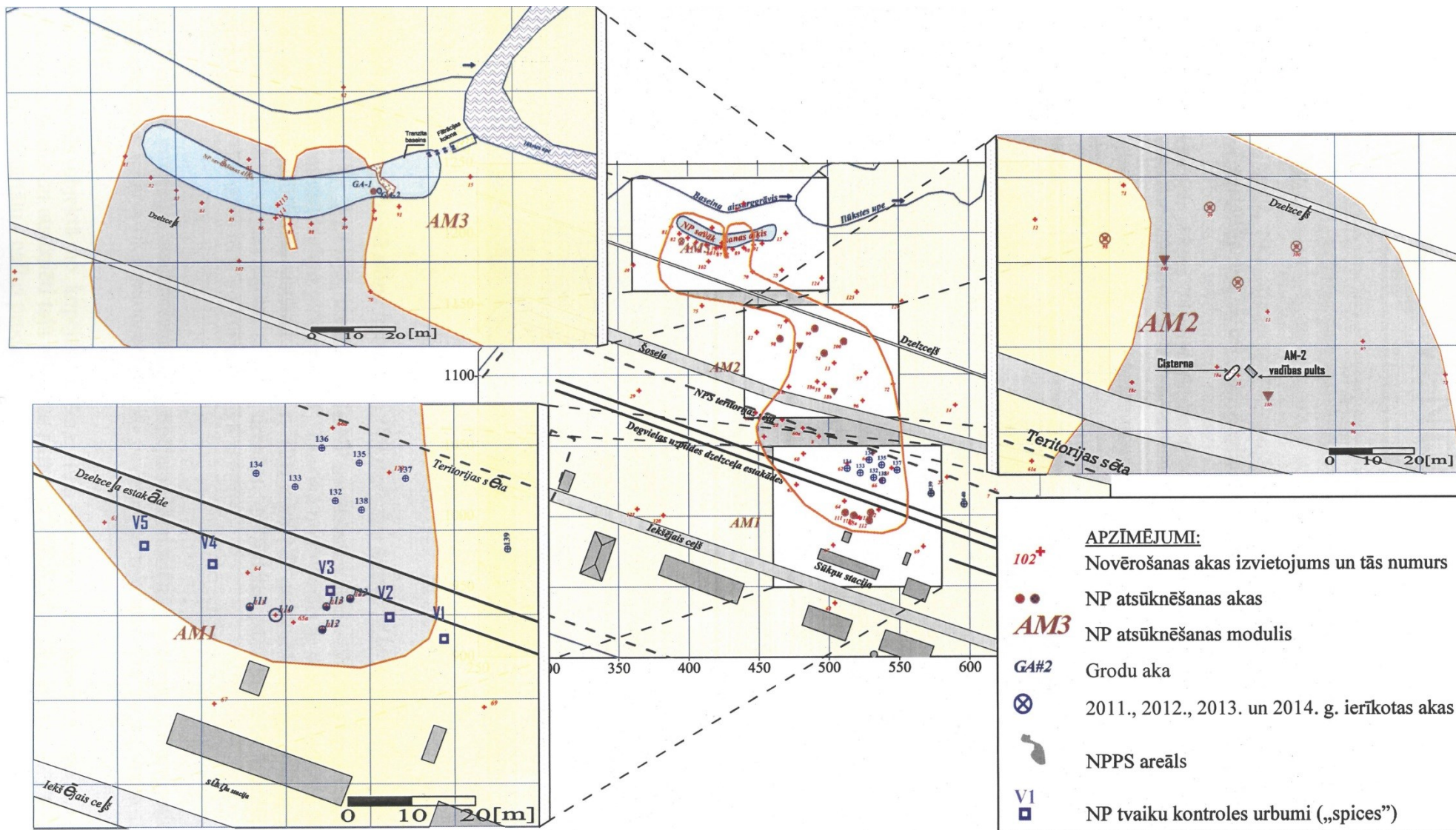
1. att. LRDS "Ilūkste" apkārtnes teritorijas kopskats [21]



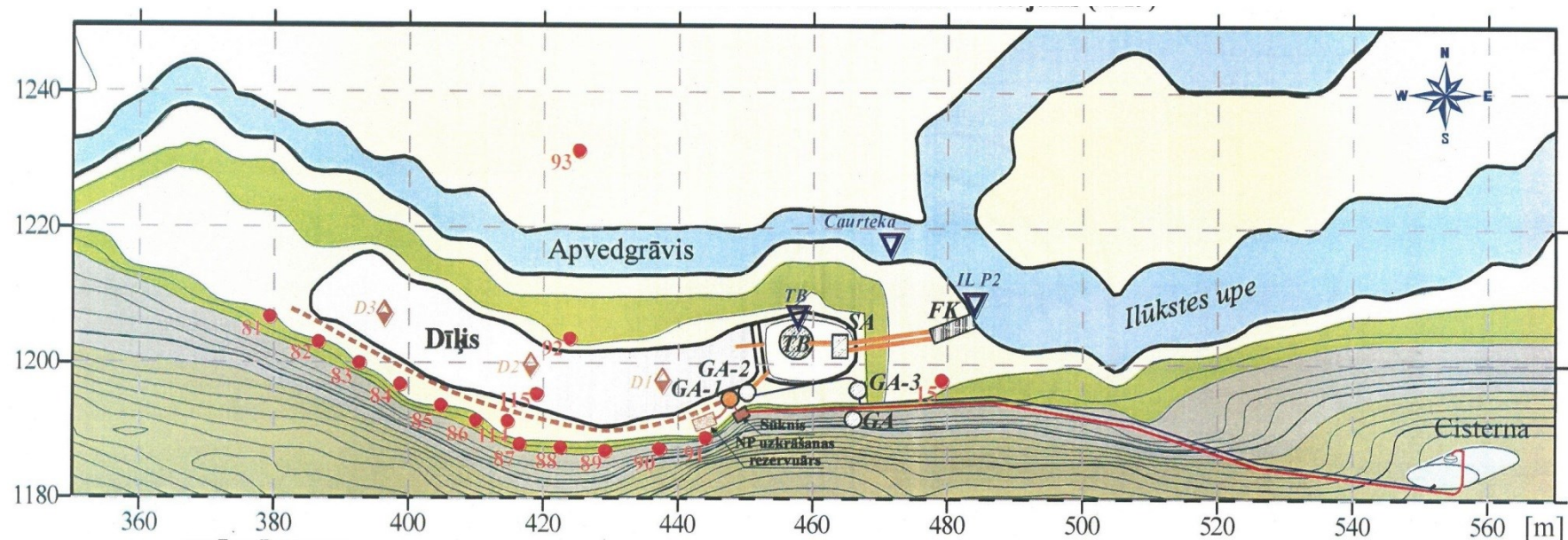
APZĪMĒJUMI:

- 39 • Gruntsūdens novērošanas aka un tās numurs
-  NP savākšanas dīķis
-  LRDS "Ilūkste" teritorija
- 103 — Hidroizohipsa un tās absolūtā atzīme, m vjl
-  Gruntsūdens plūsmas virziens

2. att. Gruntsūdens hidroizohipsas [m/vjl] LRDS "Ilūkste" apkārtnes teritorijā [21]



3. att. NP atsūknēšanas moduļu izvietojums [21]

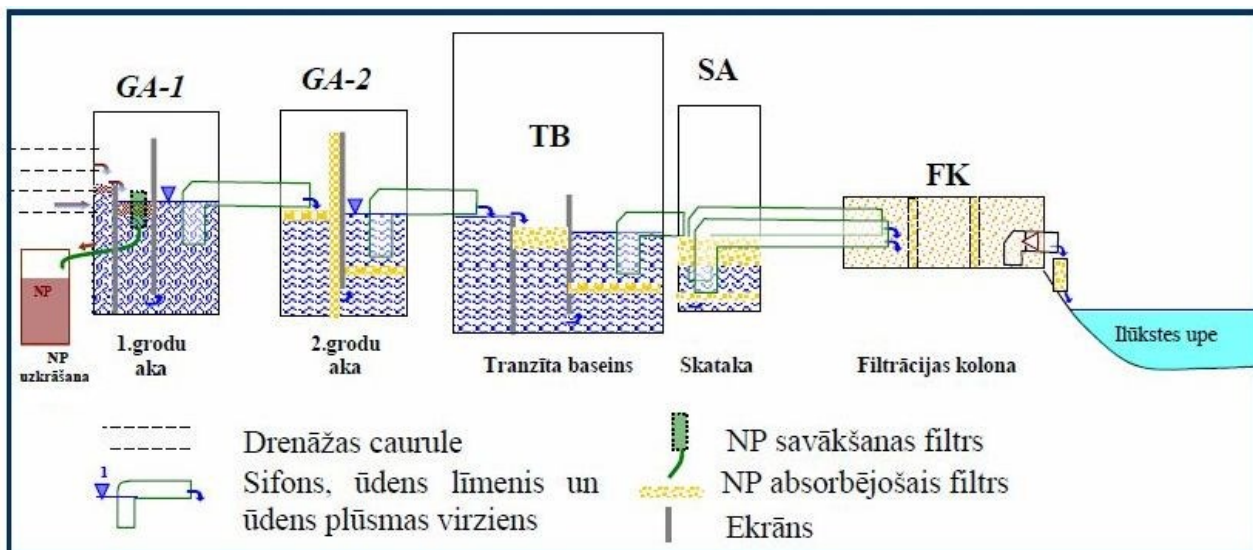


APZĪMĒJUMI:

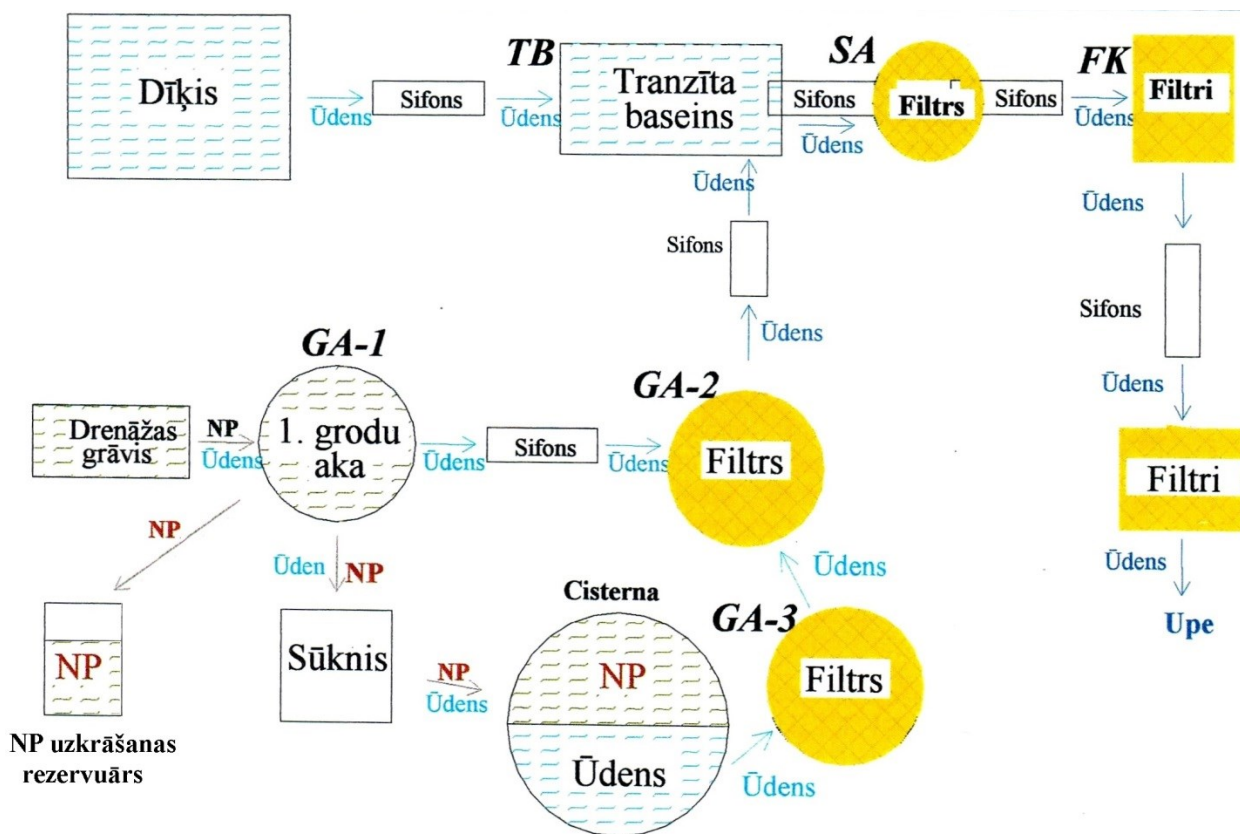
- **81** Gruntsūdens novērošanas aka un tās numurs
- ▼ **IL P2** Virszemes ūdens paraugošanas punkts un tā numurs
- ◆ **D3** Grunts paraugošanas punkts
- **GA-1** Attīrīšanas sistēmas elements un tā numurs
- Cauruļvads ar sifonu
- Pārsūkņējamo NP/ūdens emulsijas vads
- Novadāma ūdens cauruļvads
- - - Drenāžas grāvis

Apzīmējums	Atšifrējums un apraksts
GA-1	Grodu aka Nr. 1, pie akas pievienota drenāžas sistēma un tā tika izveidota PNPS savākšanas sistēmā
GA-2	Grodu aka Nr. 2 – pirmatnēja ūdens attīrīšanai
GA-3	Grodu aka Nr. 3 – NP/ūdens cisterna, atdalīta ūdens nostādināšanai
GA	Grodu aka - gruntsūdens novadīšanai
TB	Tranzīta baseins ar ūdens attīrīšanas elementiem (NP absorbējošiem filtriem)
S4	Sifonu aka – divi sifoni 500 mm Ø un NP absorbējošie elementi
C3	Cisterna Nr. 3 – atsūkņēto NP uzkrāšanai un ūdens atdalīšanai
FK	Filtrācijas kolonna ar NP absorbējošiem filtriem
Grunts paraugošanas punkti (dīķī)	
D1	15 m no austrumu dīķa krasta
D2	Dīķa centrālā daļa (5 m aiz 115. akas)
D3	20 m no rietumu dīķa krasta
Virszemes ūdens paraugošanas punkti	
IL P1	Postenis Nr. 1 - Ilūkstes upē 50 m augšup no ūdens attīrīšanas iekārtas (fona koncentrācijas noteikšanas punkts)
IL P2	Postenis Nr. 2 – vieta, kur ūdens no attīrīšanas iekārtas ietek Ilūkstes upē
IL P3	Postenis Nr. 3 - Ilūkstes upē 50 m lejup no ūdens attīrīšanas iekārtas (no attīrīšanas iekārtas izplūstošā ūdens ietekmes uz upes ūdeni kvalitātes noteikšanas punkts)

4. att. Ūdens attīrīšanas moduļa AM3 elementu izvietojums [21]

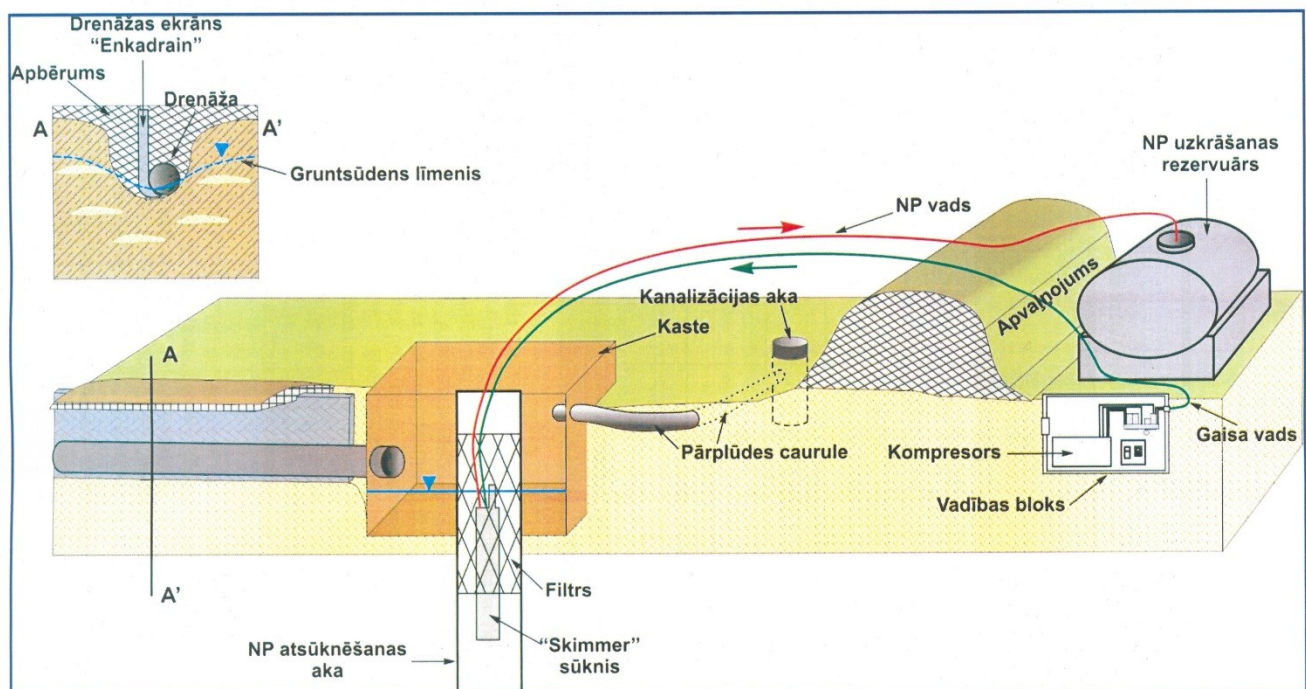
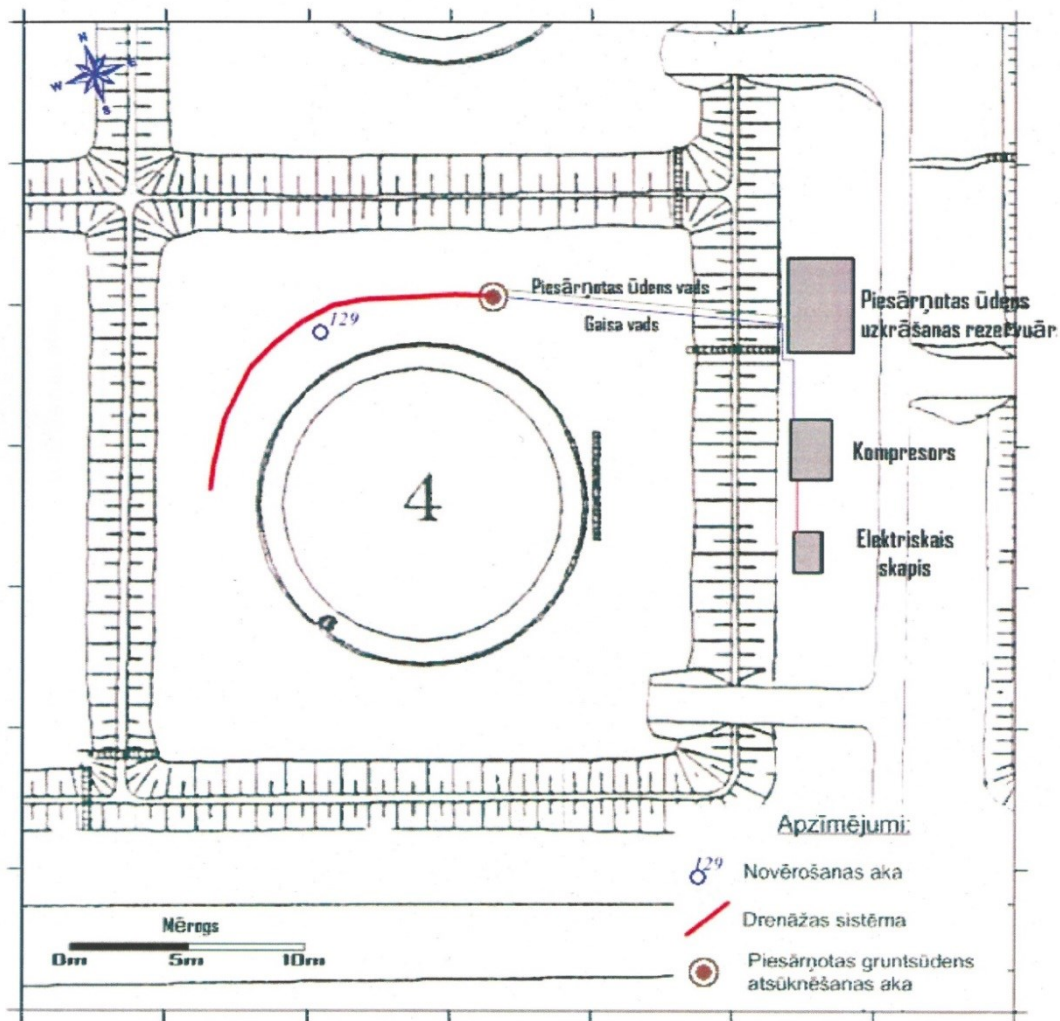


a) šķidrumu paštece ūdens attīrīšanas sistēmā

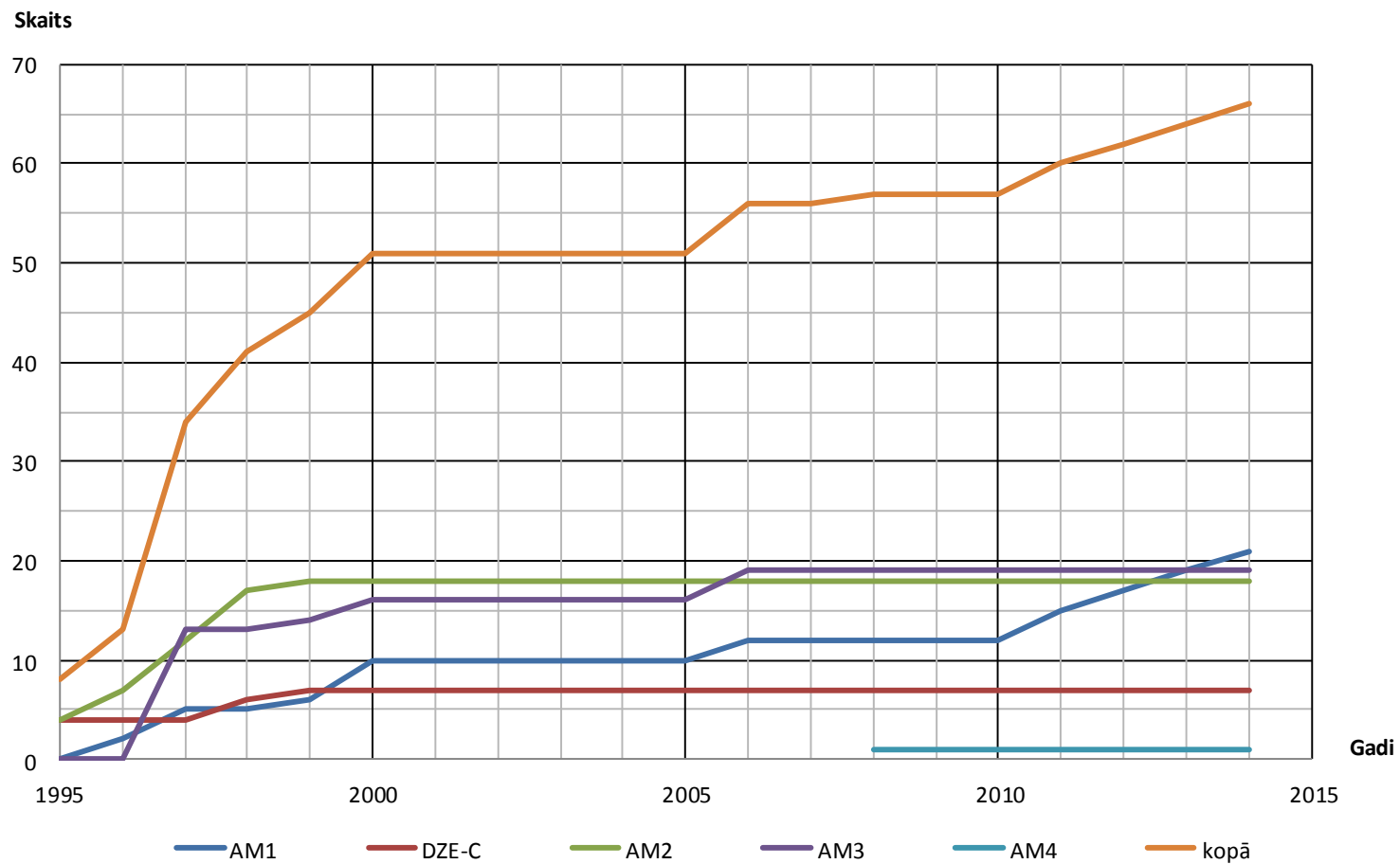


b) ūdens attīrīšanas sistēmas blokshēma

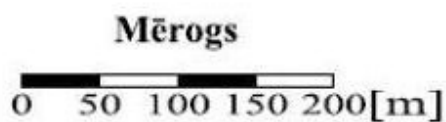
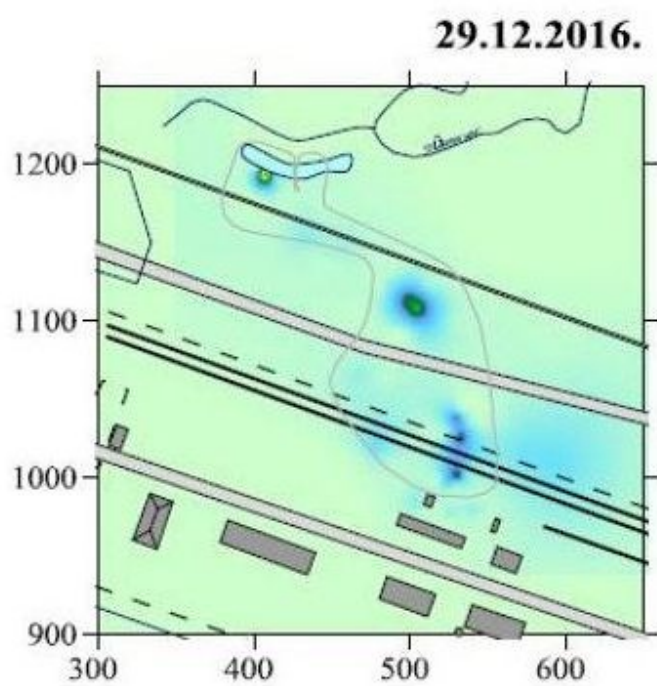
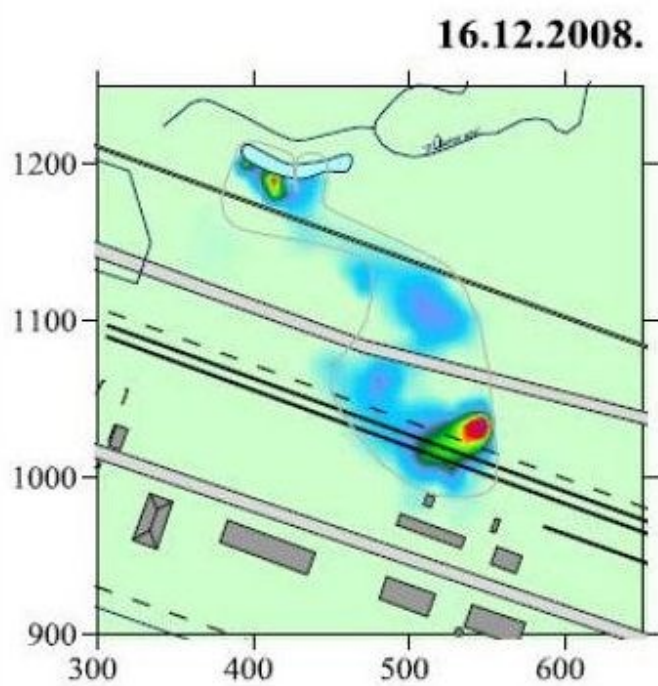
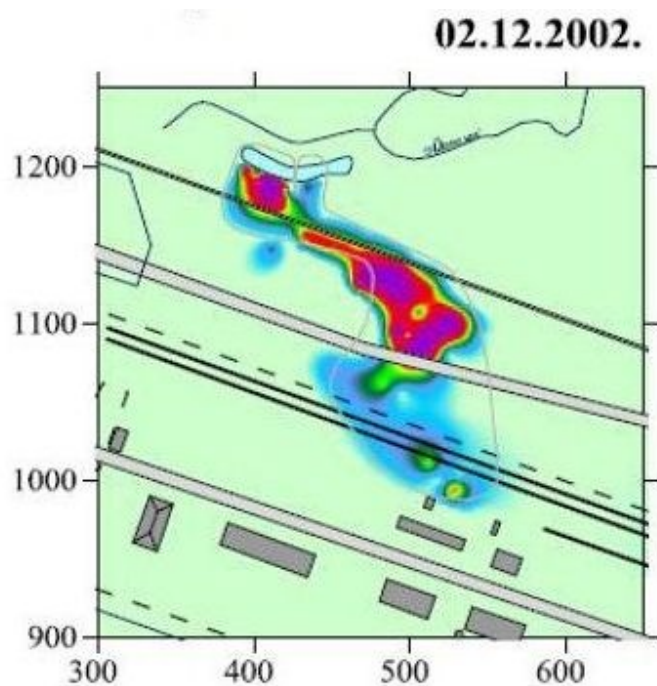
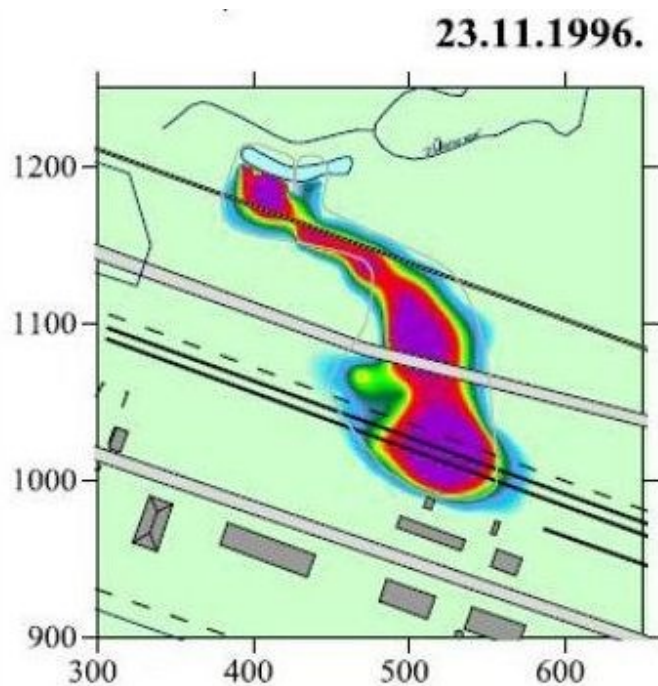
5. att. Ūdens attīrīšanas moduļa AM3 principiālā shēma [6, 21]



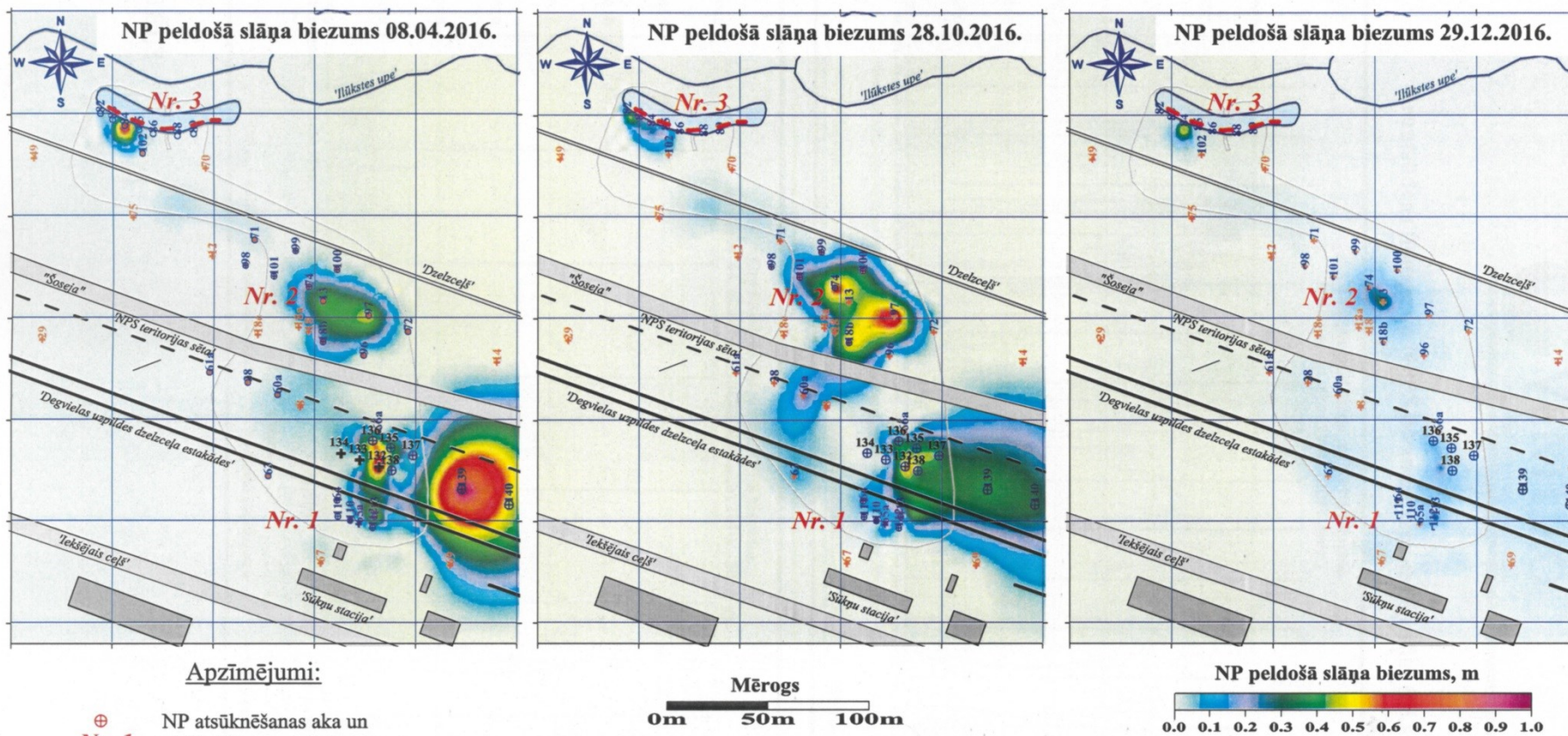
6 att. Sanācijas moduļa AM4 elementu izvietojums un gruntsūdens attīršanas sistēmas shēma [21]



7. att. Sanācijas un monitoringa aku skaits sanācijas moduļos no 1995.g. līdz 2017. g. [21].

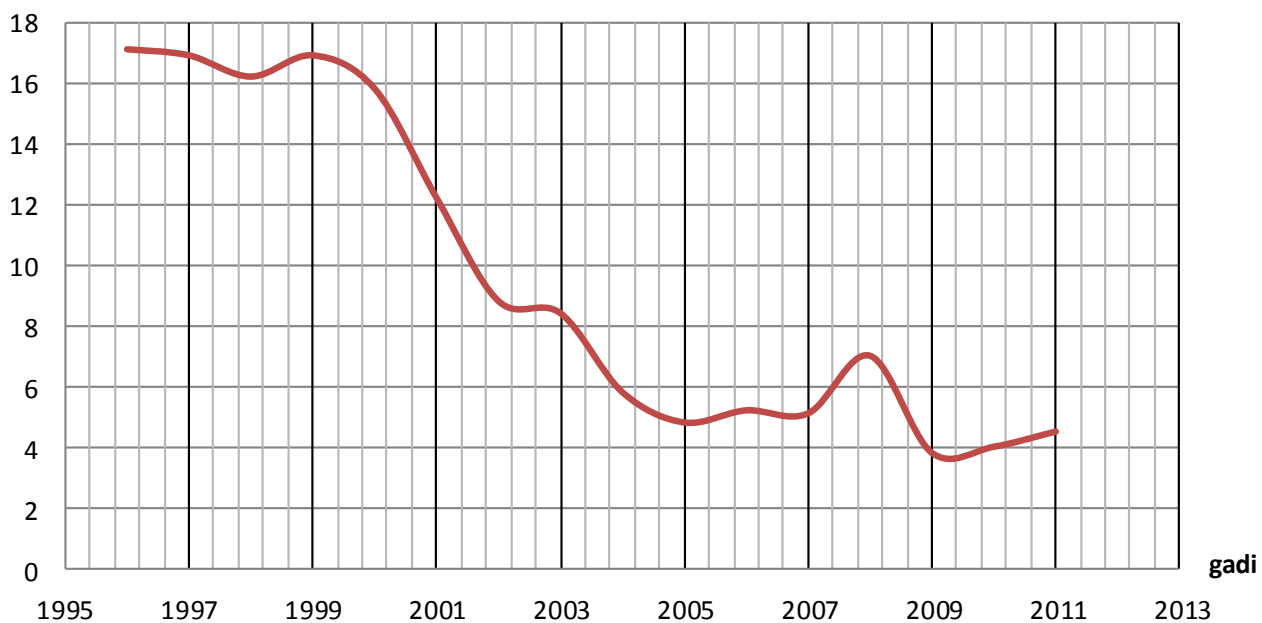


8. att. NPPS biezuma un izplatības areāli 1996.g., 2002.g., 2008.g., 2016.g. [21]

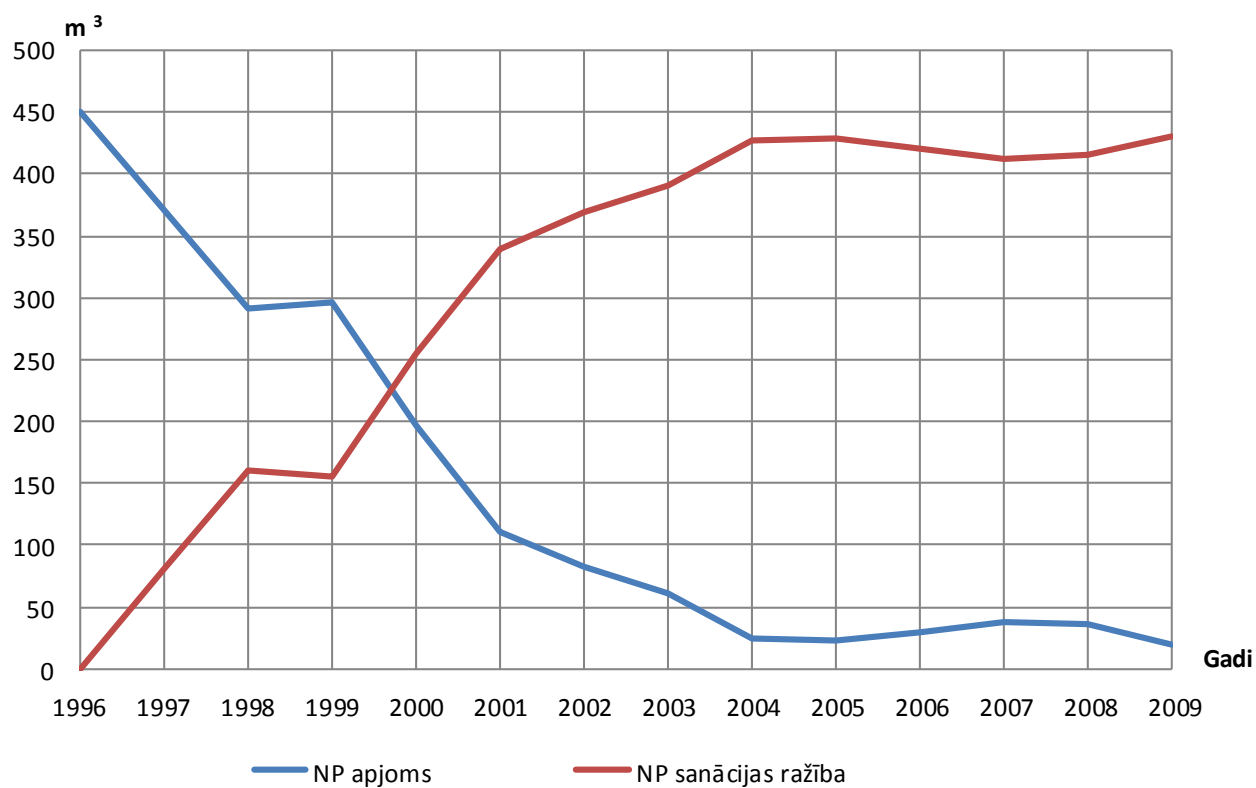


9. att. NPPS areālu biezuma un izplatības izmaiņu kartes 2016. gadā [21]

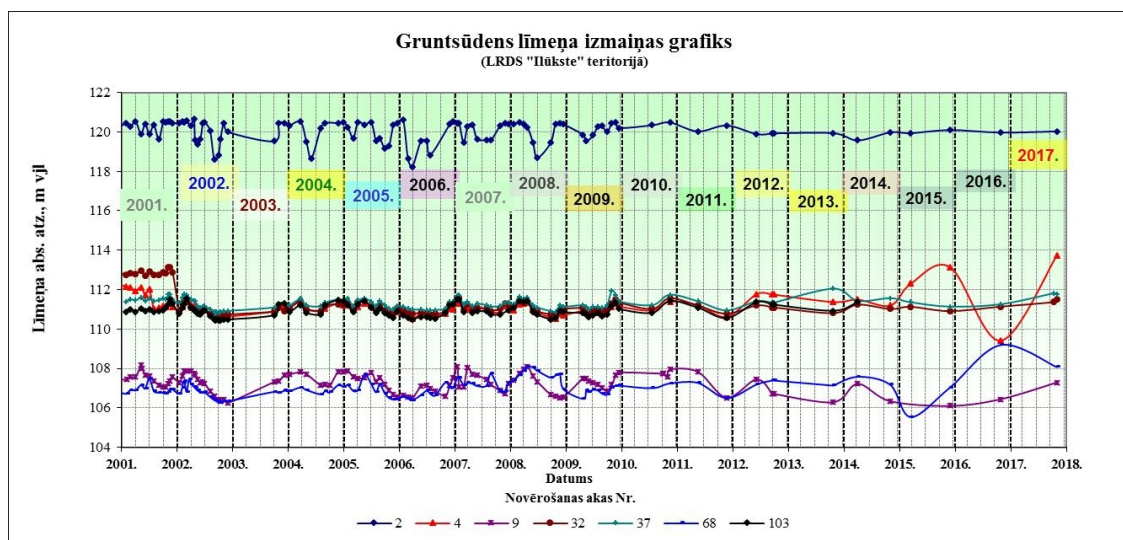
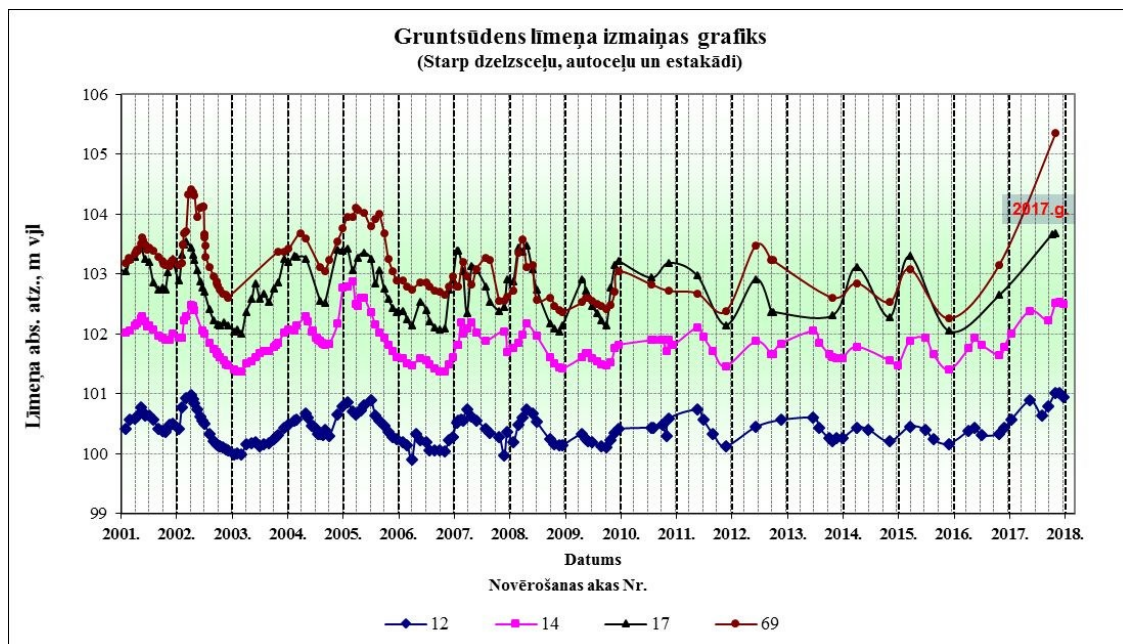
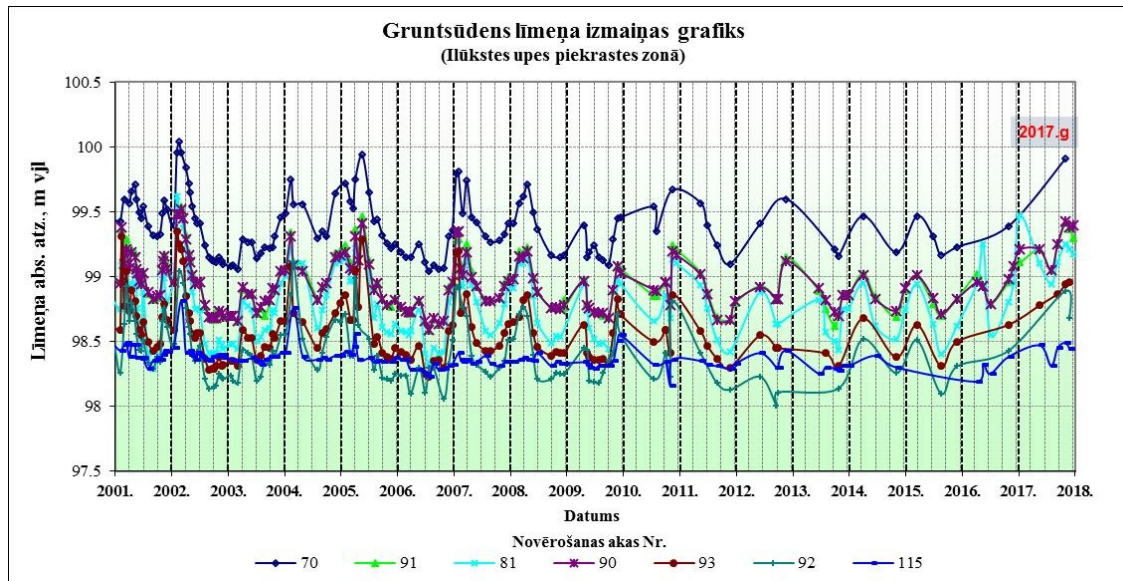
tūkst.m²



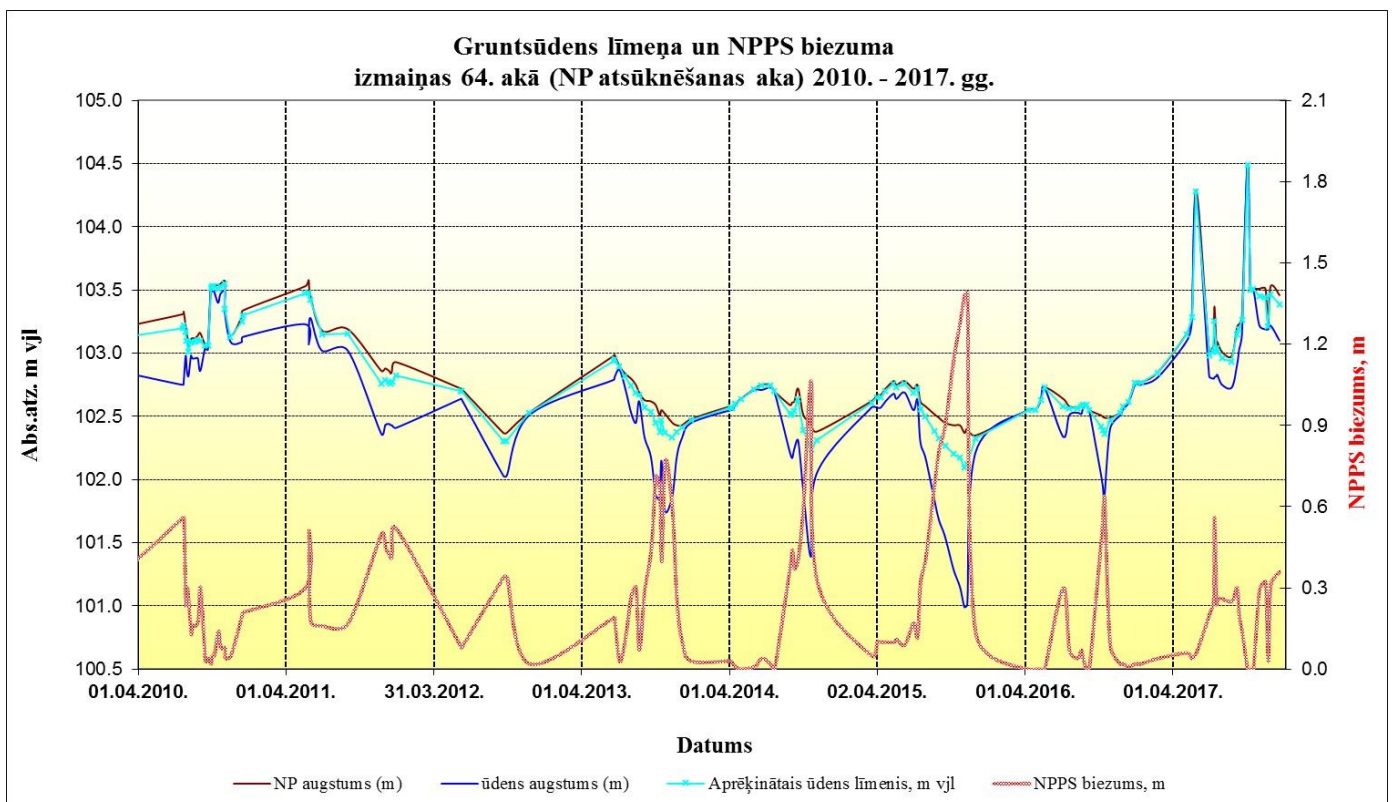
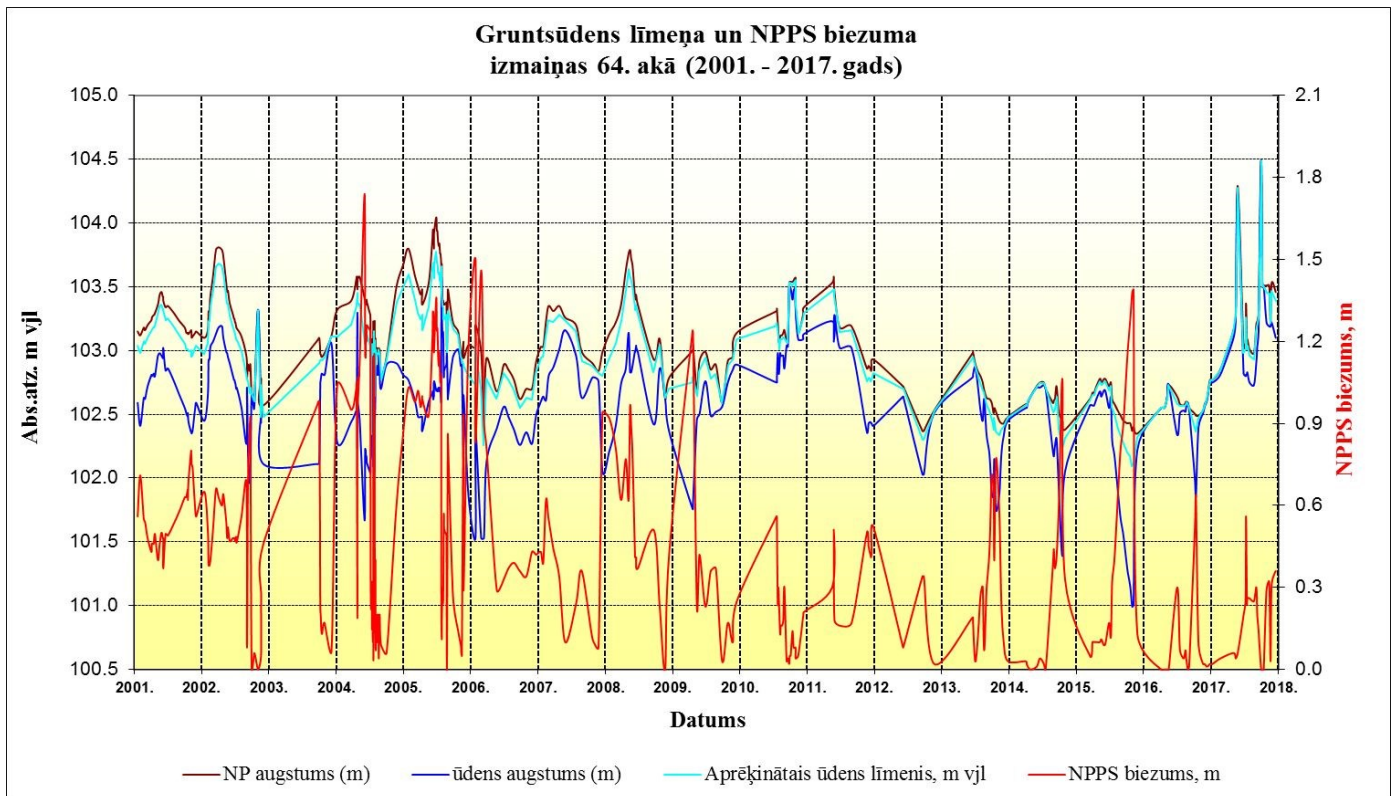
10. att. NPPS areāla laukuma izmaiņa no 1996.g. līdz 2011.g. [15]



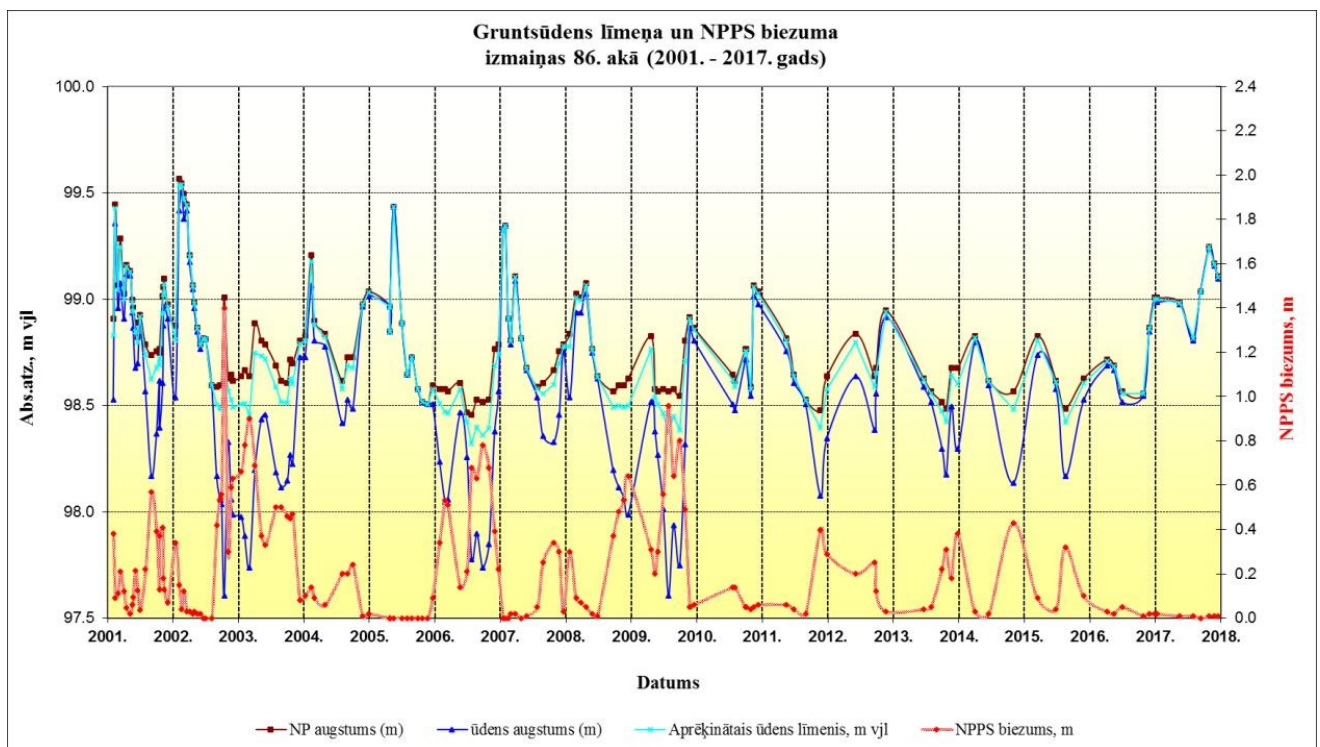
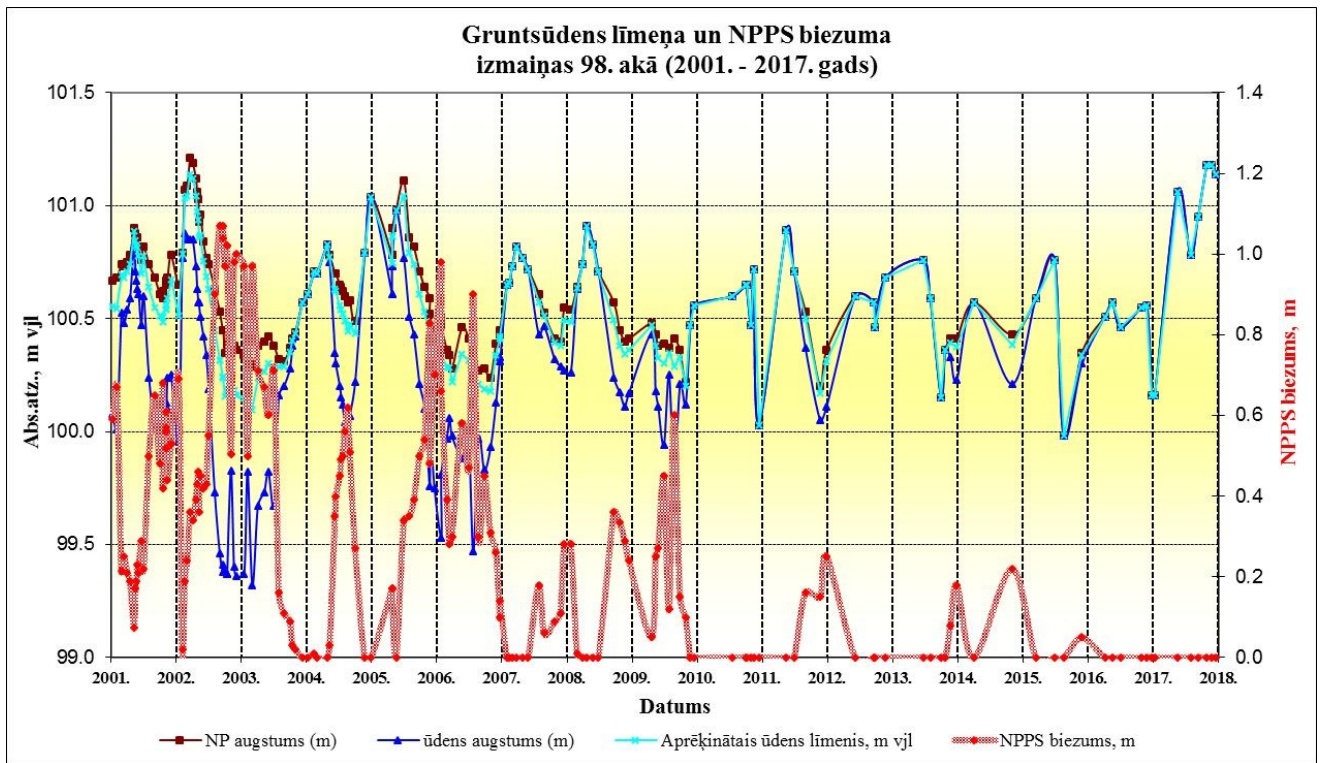
11. att. NP apjoma un sanācijas kumulatīvās ražības novērtējums no 1996.g. līdz 2009. g. [13]



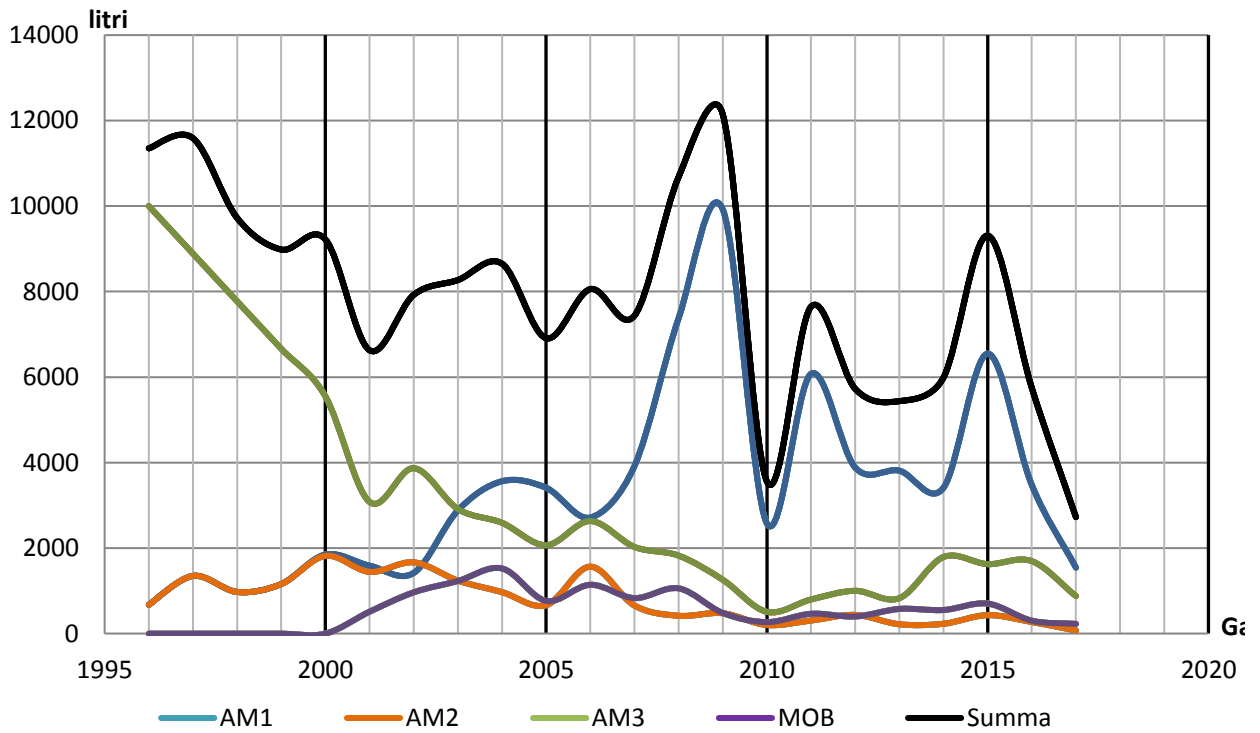
12. att. Gruntsūdens līmeņu izmaiņu grafiki no 2001.g. līdz 2017g. [22]



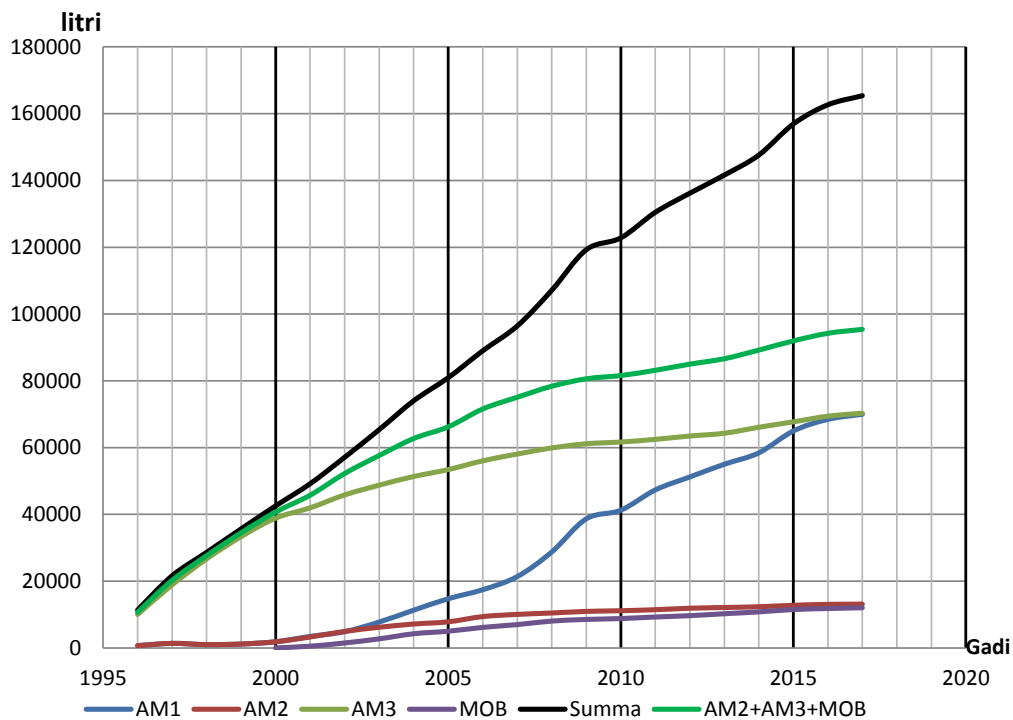
13. att. Gruntsūdens līmeņu un NPPS biežuma izmaiņu grafiki 64. akā no 2001.g. līdz 2017.g. un no 2010.g. līdz 2017.g. [22]



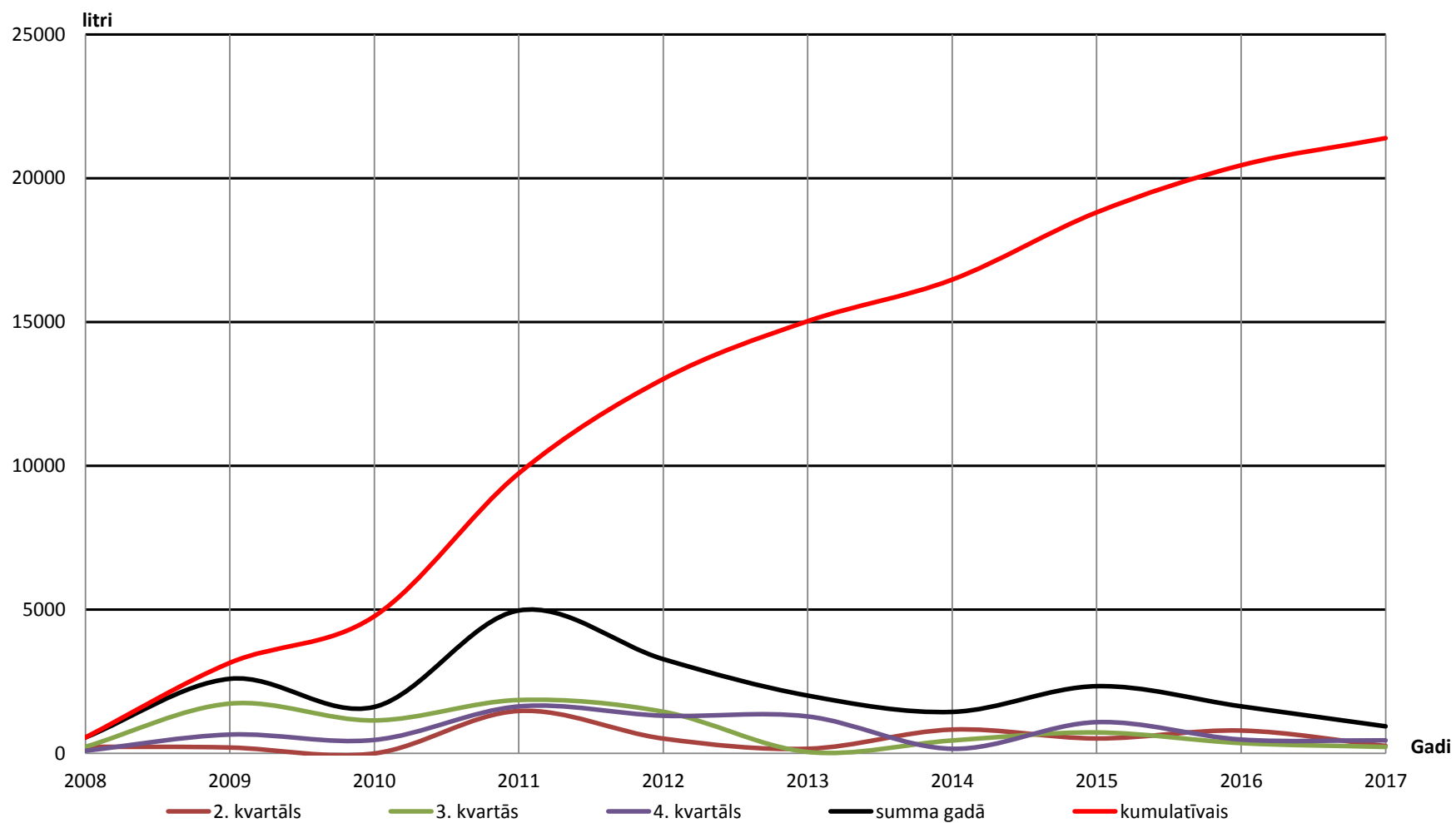
14. att. Gruntsūdens līmeņu un NPPS biežuma izmaiņu grafiki 98. un 86. akās no 2001.g. līdz 2017.g. [22]



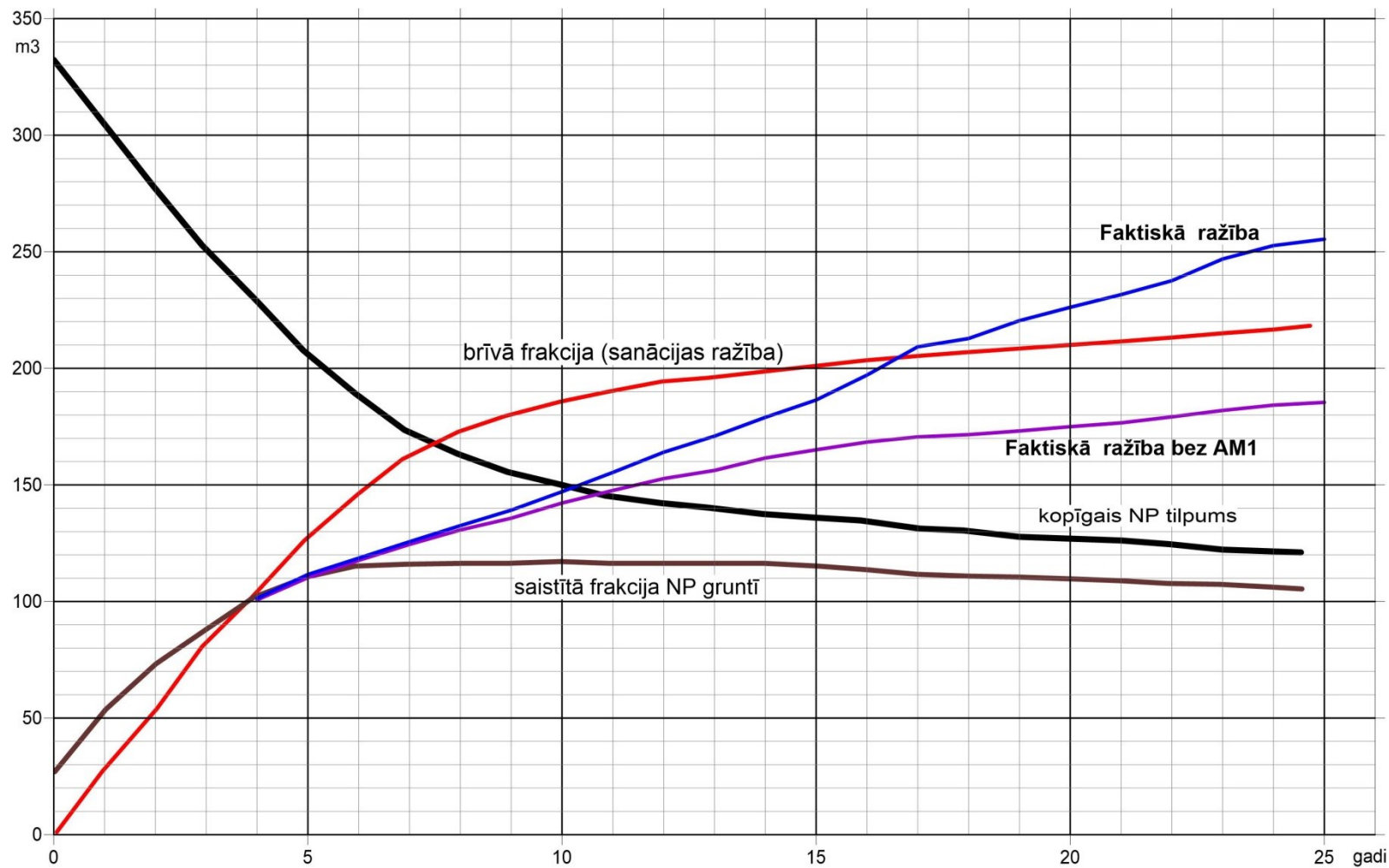
15. att. Sanācijas moduļu AM1, AM2, AM3, MOB gada ražība



16. att. Sanācijas moduļu AM1, AM2, AM3, MOB ražības kumulatīvie grafiki no 1996.g. līdz 2017. g. [1-22]

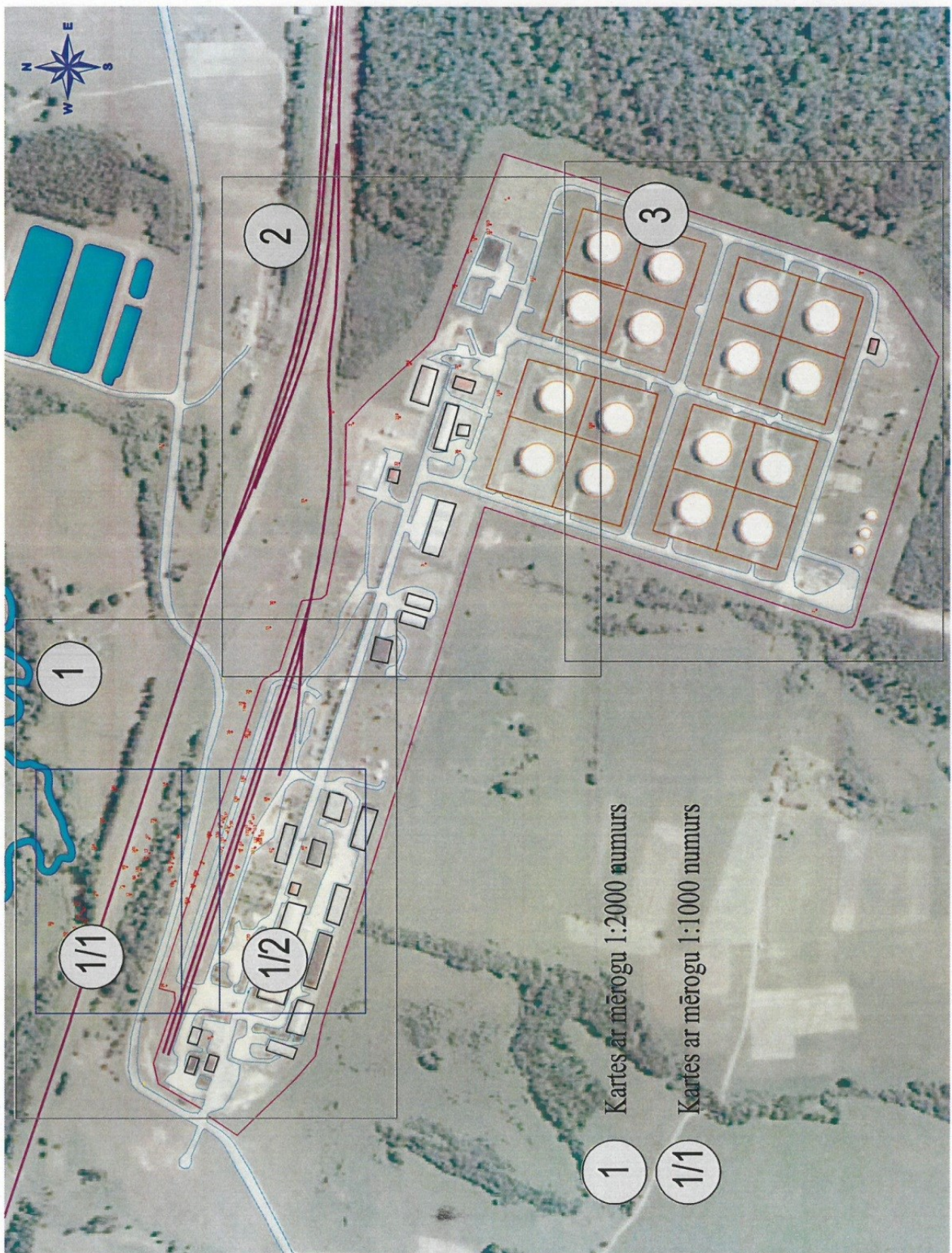


17. att. Ūdens attīrīšanas moduļa AM4 ražība no 2008.g. līdz 2017. g. [22]

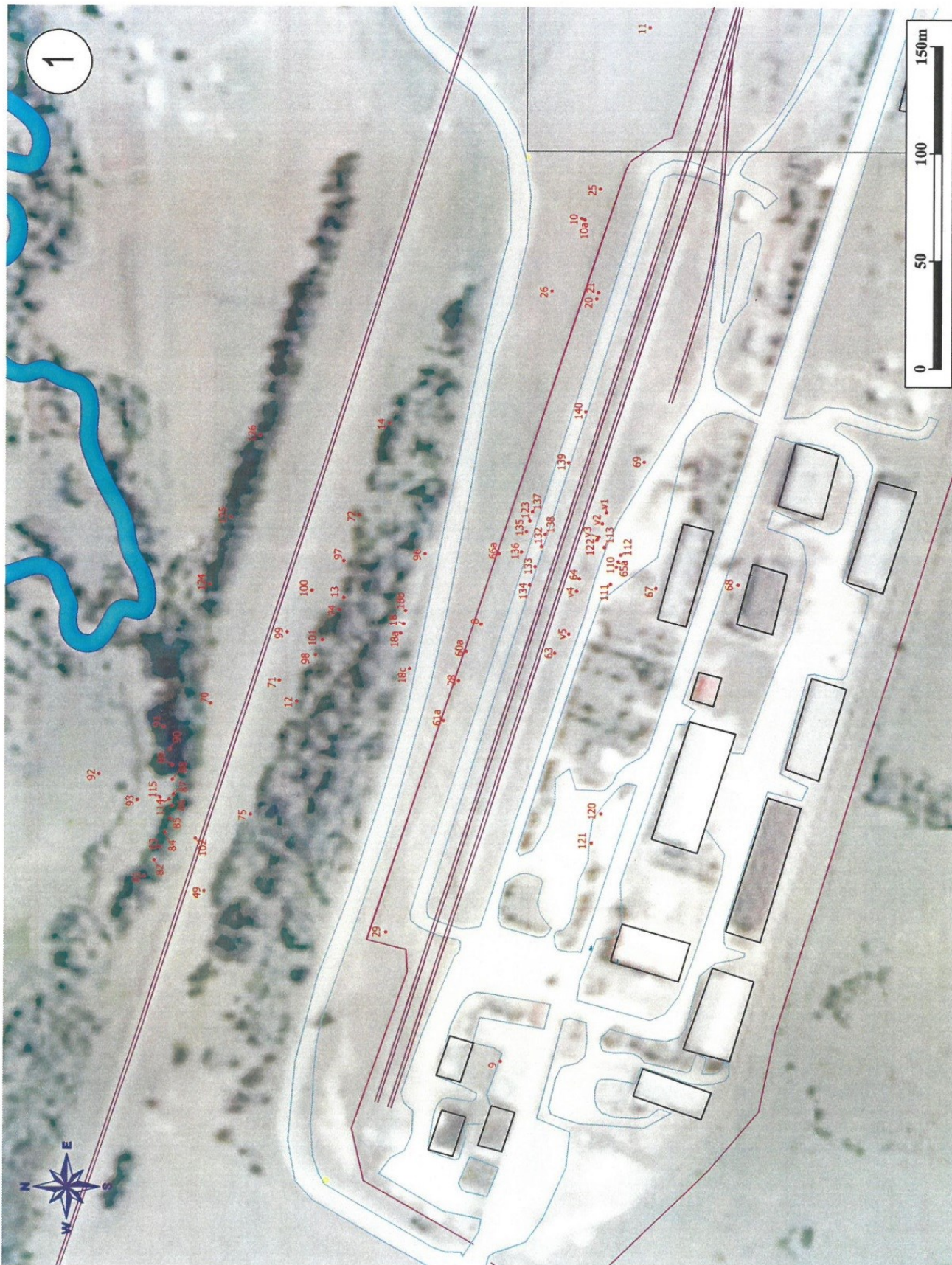


18. att. Ar programmu ARMOS iegūtie NP frakciju izmaiņu grafiki 25 gadu periodam un faktiskie sanācijas rezultāti; faktisko rezultātu grafiku sākuma laiks $t = 4$ gadi [24]

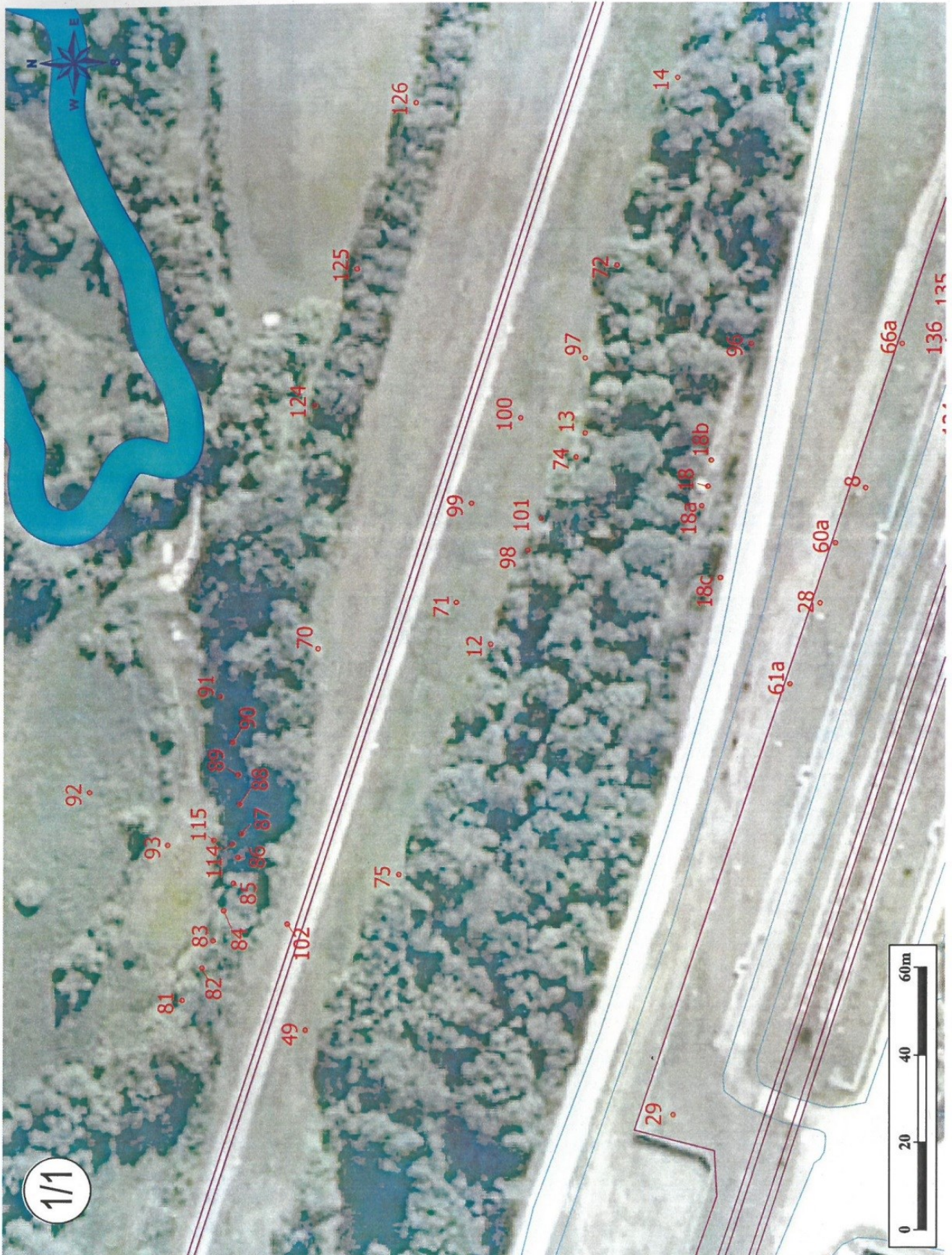
ATTĒLI PIELIKUMĀ



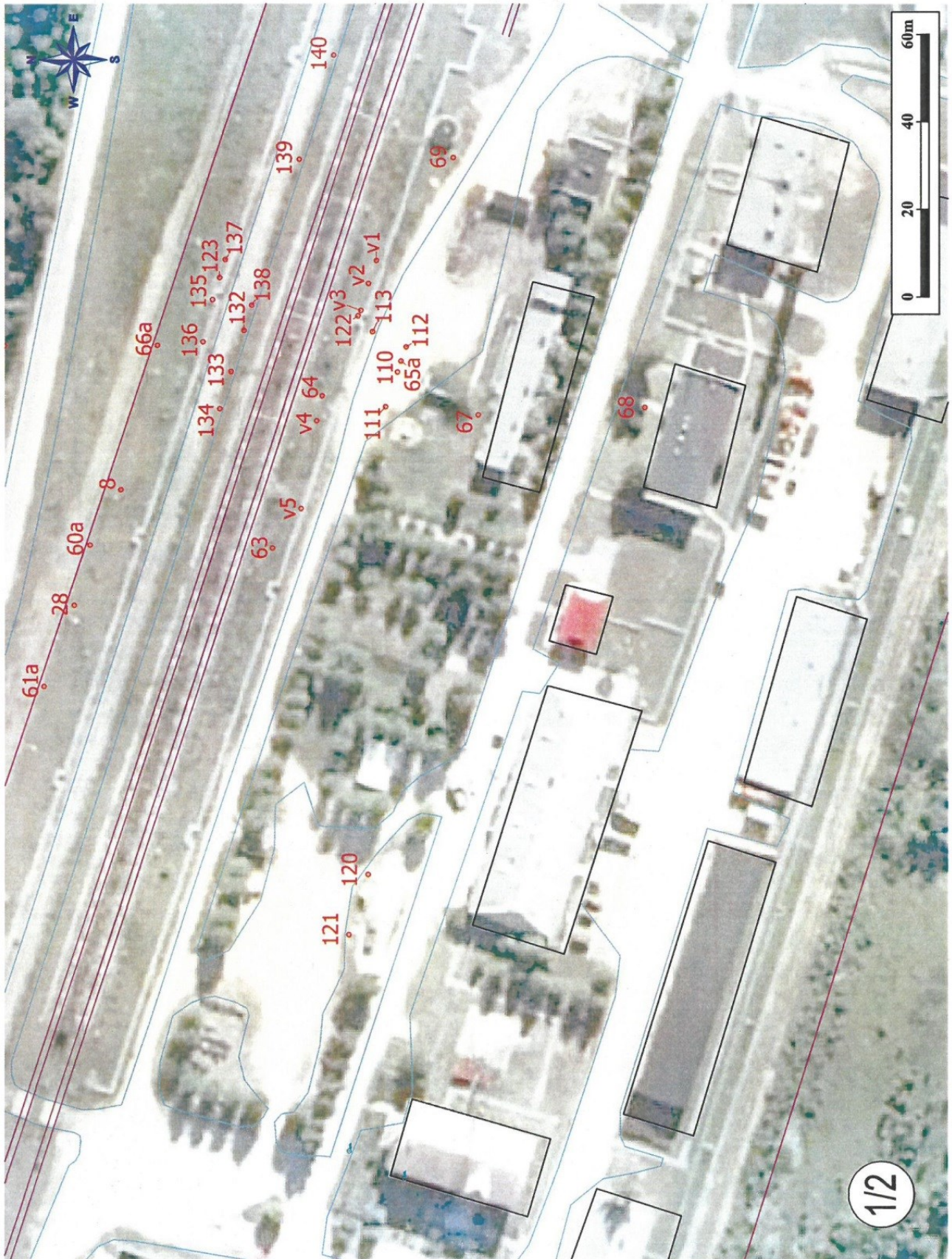
1a. att. LRDS “Ilūkste” apkārtnes teritorijas karšu kopskats [21]



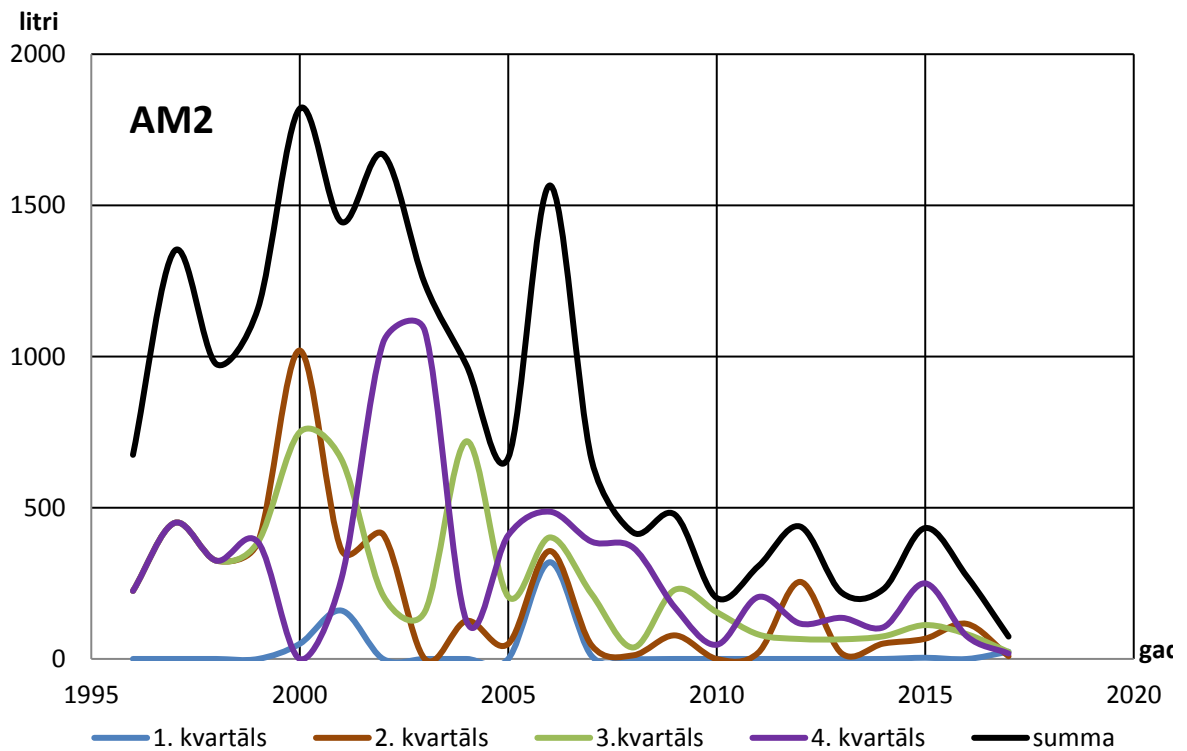
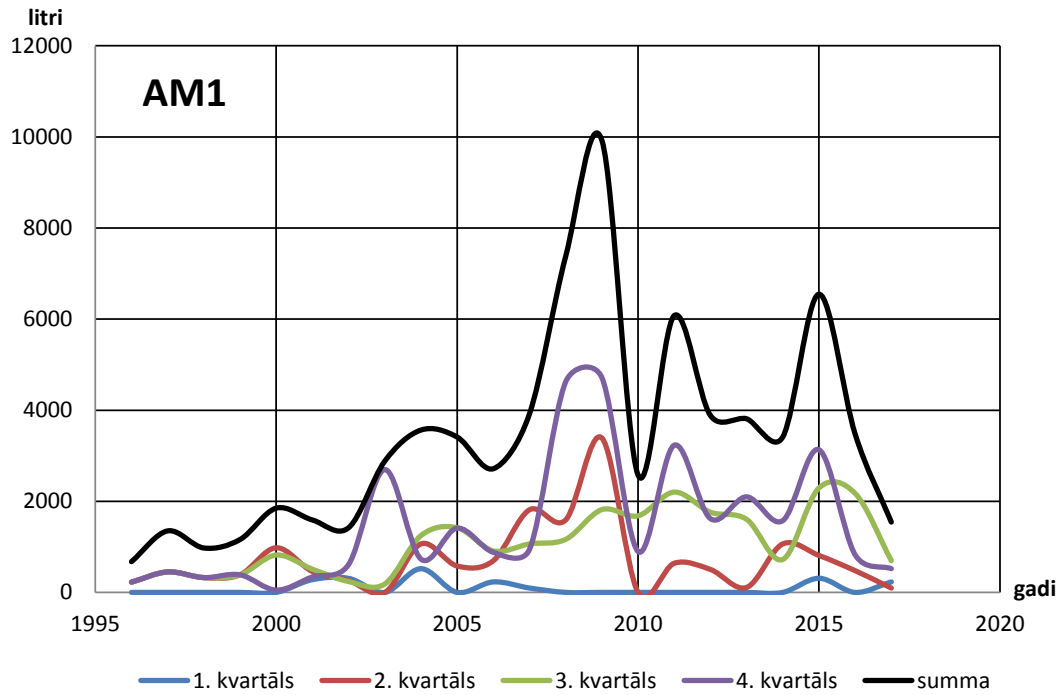
2a. att. Karte Nr. 1 pētījumu teritorijai ar aku izvietoju [21]



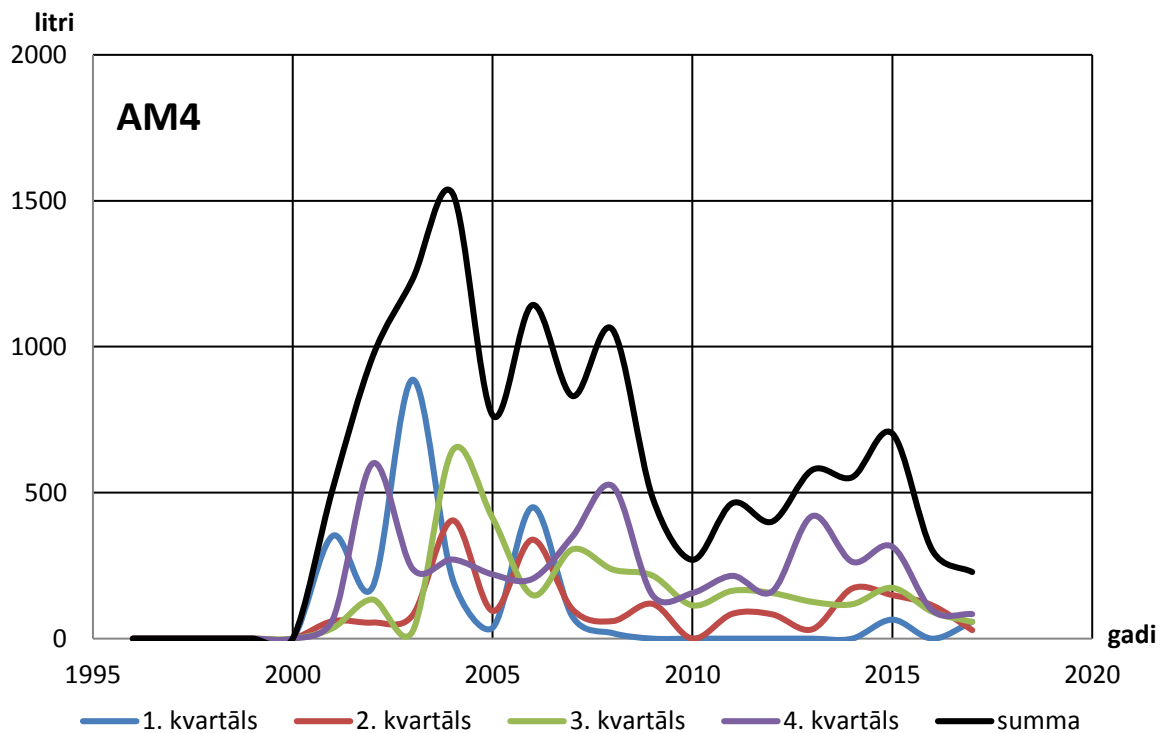
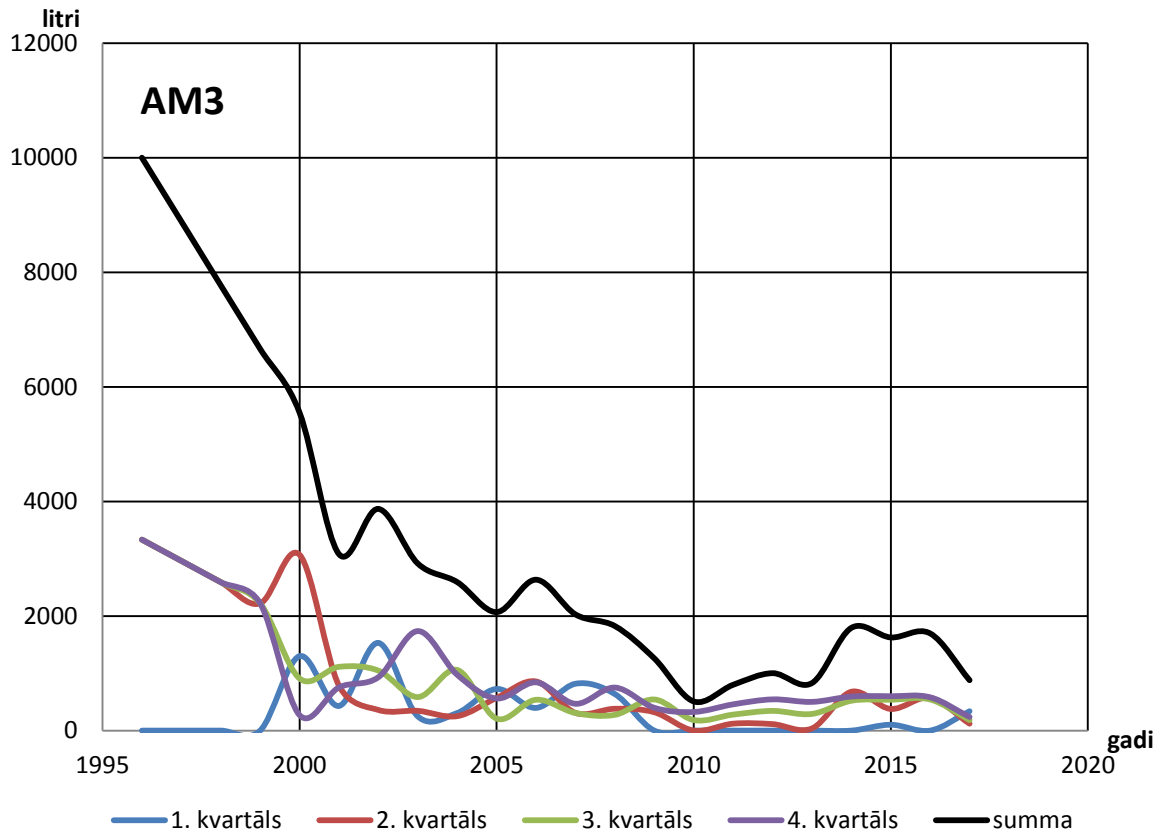
3a. att. Kartes Nr. 1 augšējā daļa Nr. 1/1 ar aku izvietojumu [21]



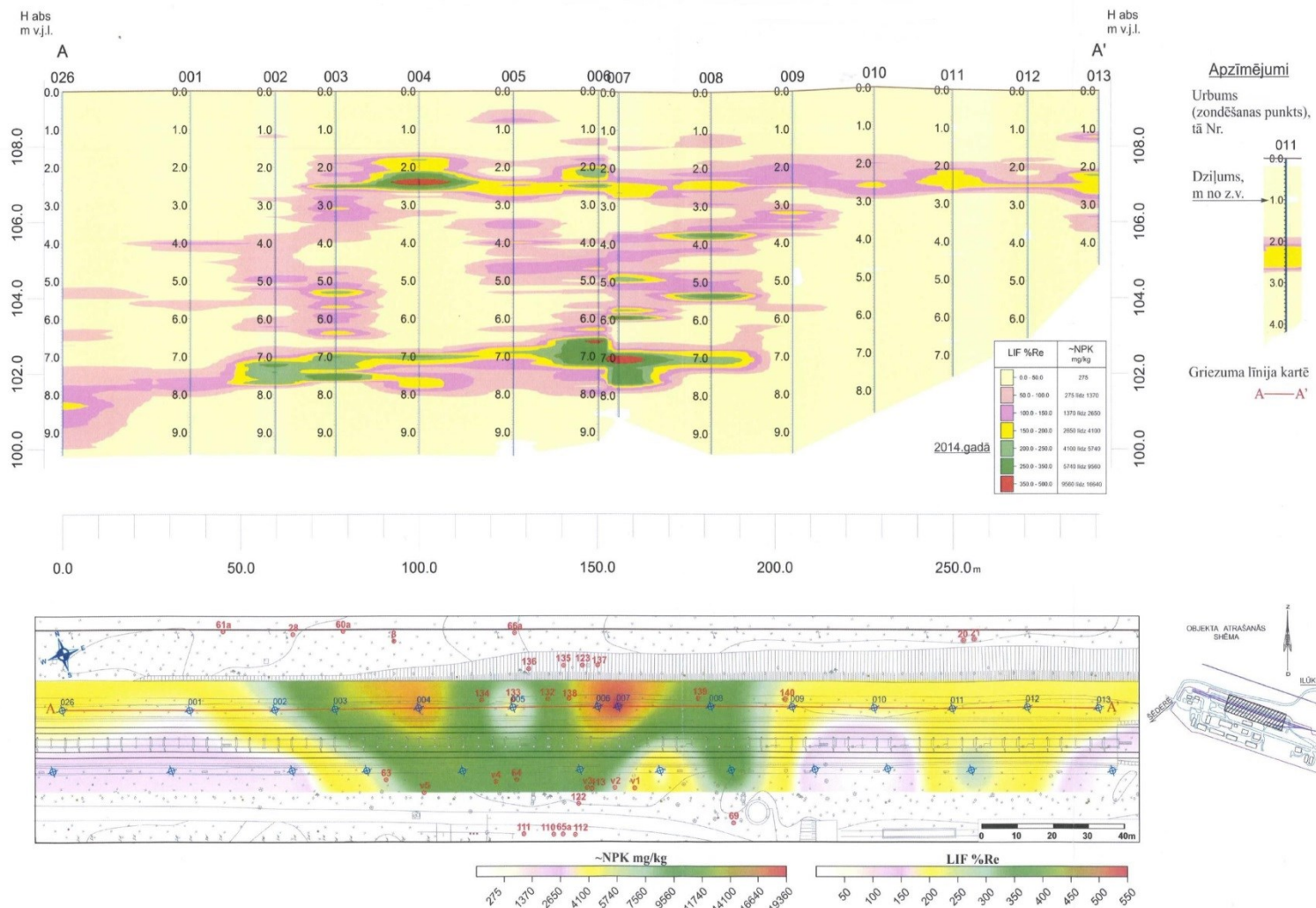
4a. att. Kartes Nr. 1 apakšējā daļa Nr. 1/2 ar aku izvietojumu [21]



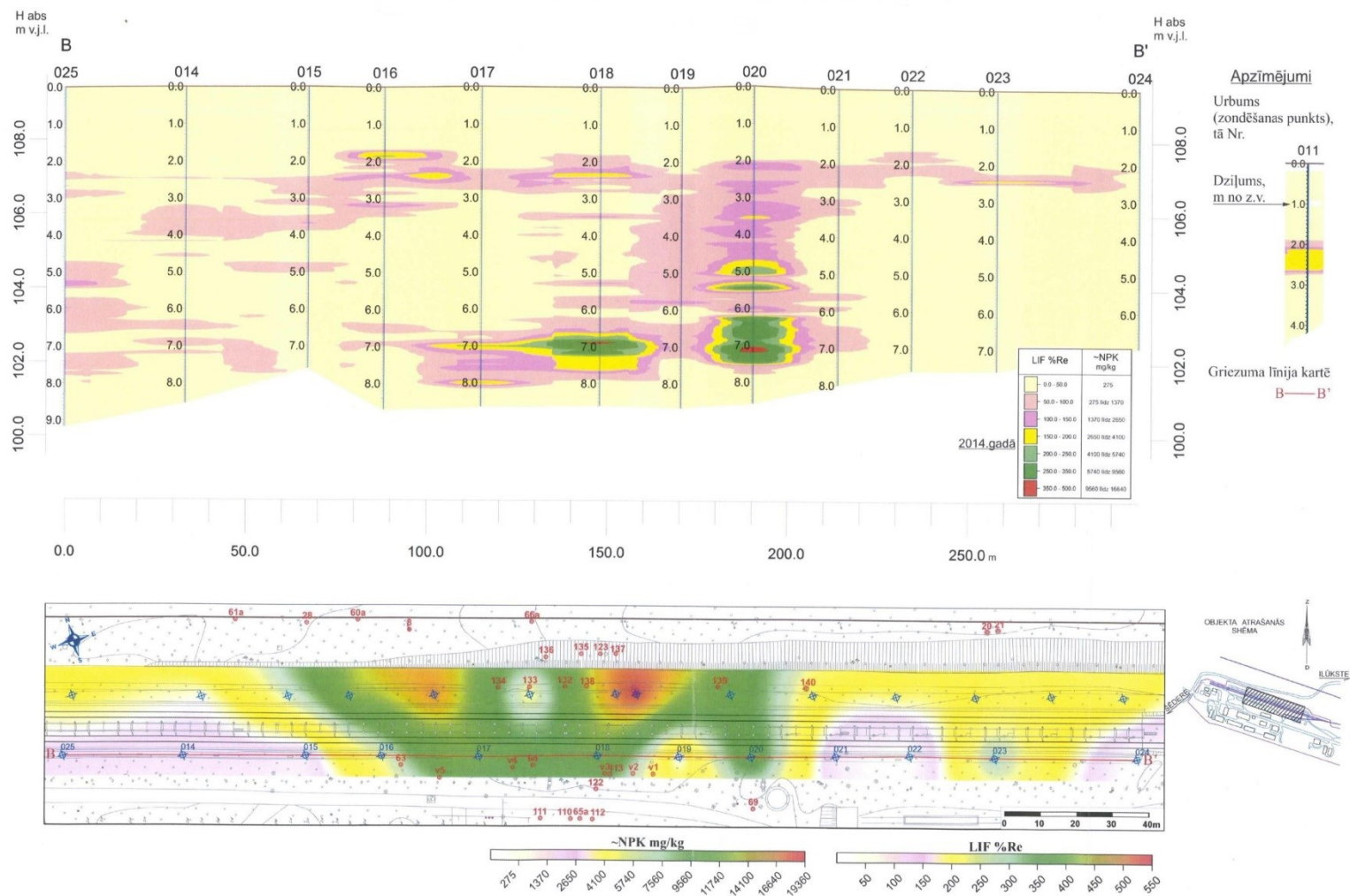
5a. att. AM1 un AM2 ražība, ievērojot gada ceturkšņu datus [1-22]



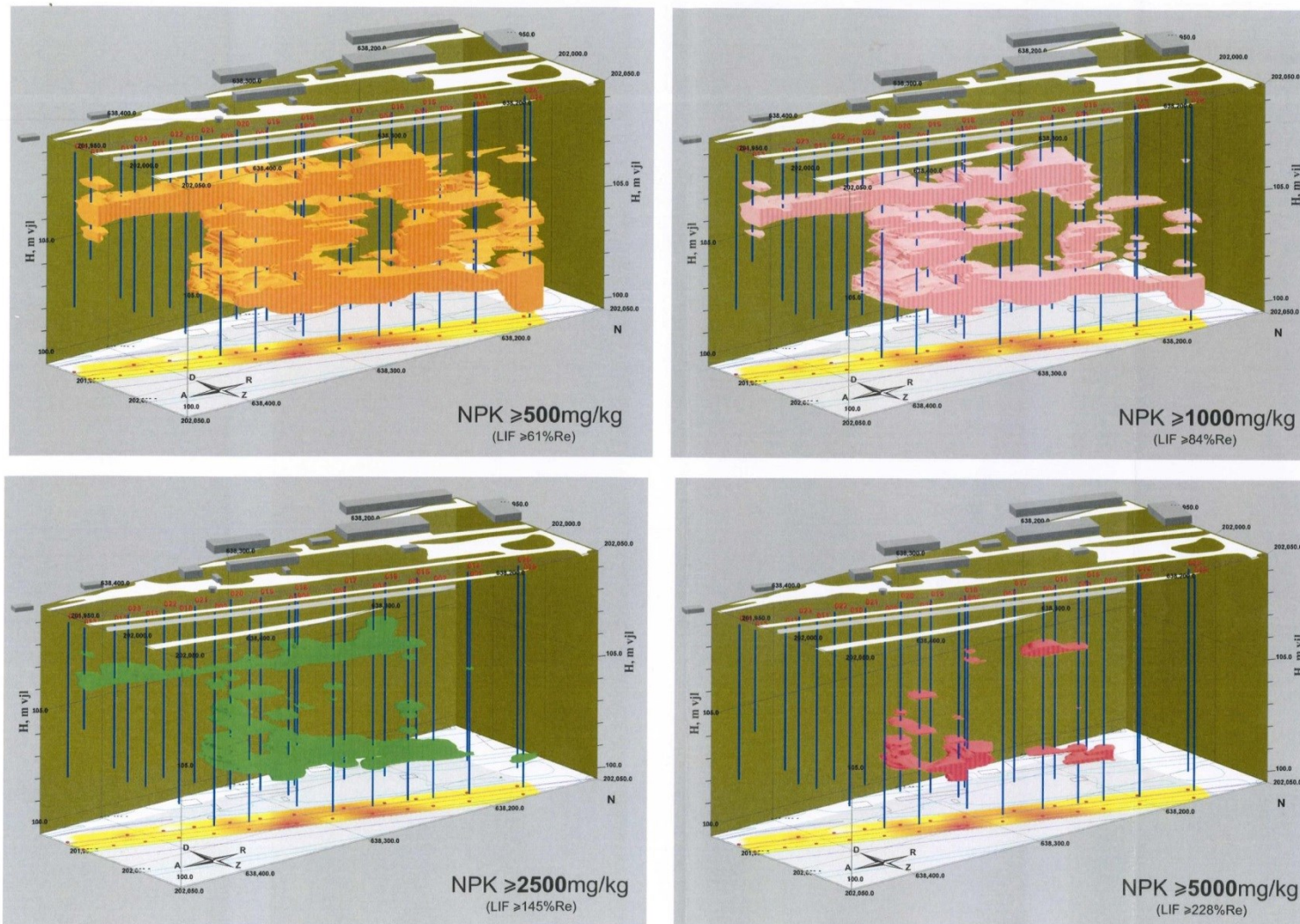
6a. att. AM3 un MOB ražība, ievērojot gada ceturkšņu datus [1-22]



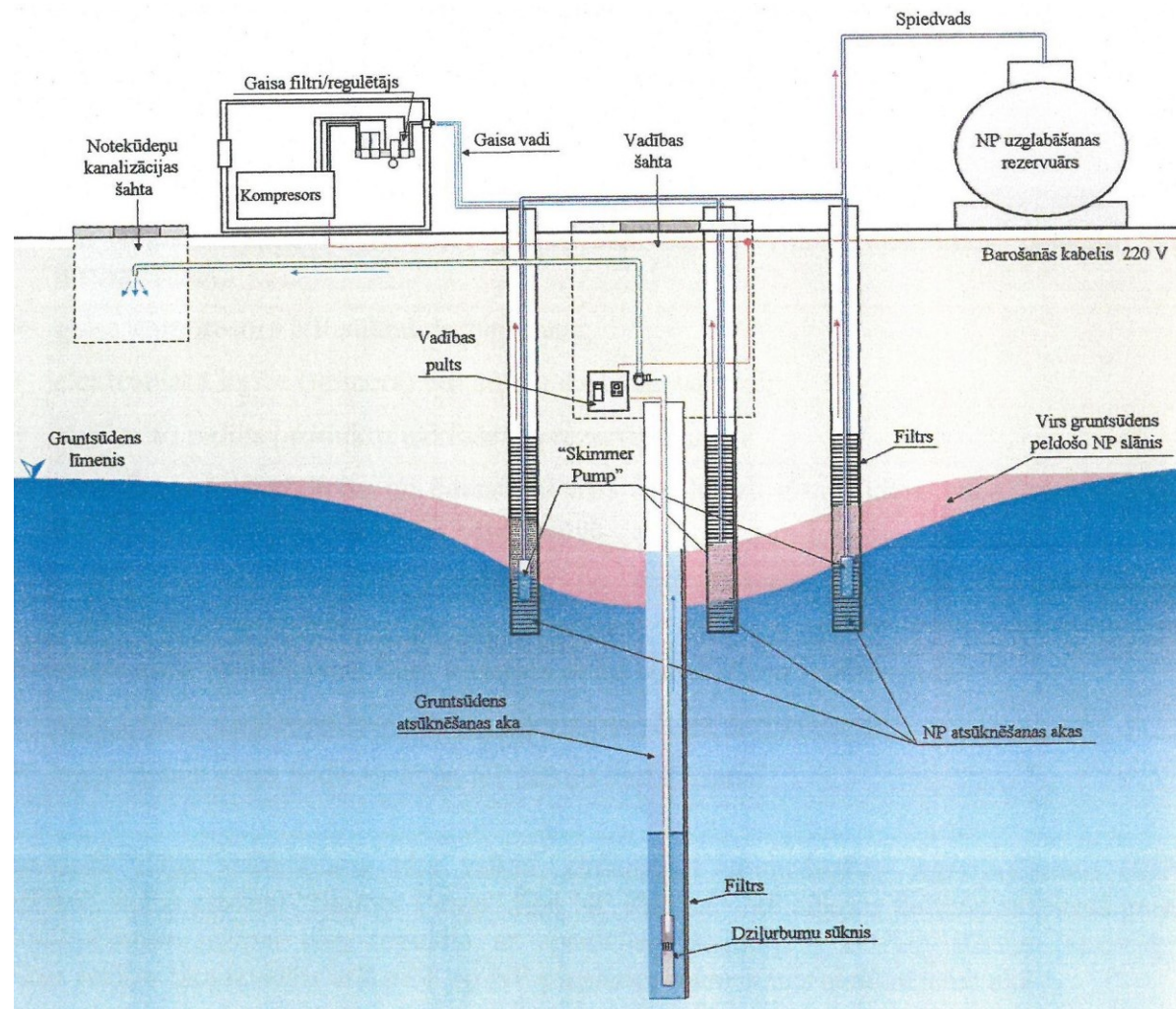
7a. att. Grunts piesārņojuma izplatības shēma uz ziemeļiem no dzelzeļa estakādes [18]



8a. att. Grunts piesārņojuma izplatības shēma uz dienvidiem no dzelzceļa estakādes [18]

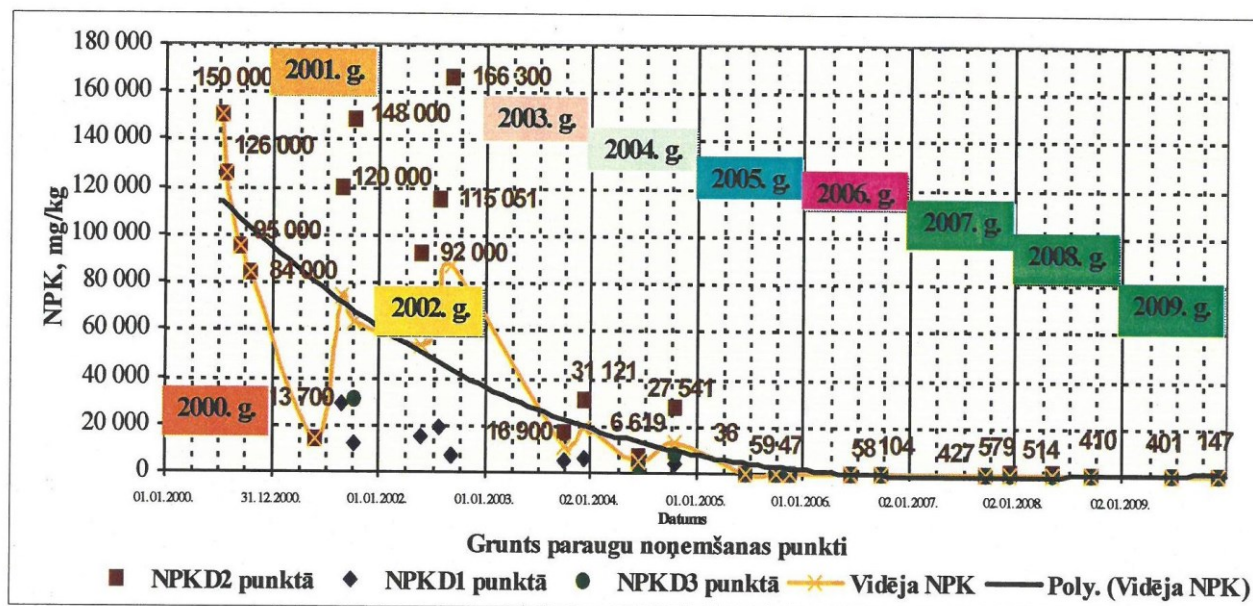


9a. att. Grunts piesārņojuma 3D konceptuālais modelis [18]



10a. att. Sanācības modulis AM1 ar centrālo atsūkņēšanas aku [6]

Nr. p.k.	Parauga Nr.	Noņemšanas			NPK, mg/kg	Vidēja NPK, mg/kg
		datums	vieta	dziļums		
1.	D1	27.06.2009.	D1. -dīķis	0,5-0,6	134	270
2.	D2	27.06.2009.	D2 - dīķis	0,5-0,6	401	
3.	D3	27.06.2009.	D3 - dīķis	0,5-0,6	274	
4.	D1	03.12.2009.	D1. -dīķis	0,5-0,6	109	127
5.	D2	03.12.2009.	D2 - dīķis	0,5-0,6	147	
6.	D3	03.12.2009.	D3 - dīķis	0,5-0,6	124	



11a. att. Grunts analīžu rezultāti NP savākšanas dīķa teritorijā 2009. g. [13]

TABULAS

1. tabula. Ar NP piesārņojumu un tā sanācību saistīto notikumu apraksts [1-23]

Nr.	Gads	Notikuma apraksts
1.	1971.	Sāk izmantot dzelzceļa estakādi dīzeļdegvielas cisternu uzpildīšanai un noliešanai
2.	?-1997.	Dīzeļdegvielas noplūde estakādes rajonā; noplūdes sākuma brīdis nav zināms
3.	1993.	Gruntsūdens līmeņa monitoringa aku ierīkošanas sākums.
4.	1996.	Beidz izmantot dzelzceļa estakādi dīzeļdegvielas cisternu uzpildīšanai un noliešanai
5.	1996.	Sanācijas darbu sākums
6.	1997.	Likvidē galveno dīzeļdegvielas noplūdes avotu estakādes rajonā
7.	?-2014.	Turpinās dīzeļdegvielas noplūde estakādes rajonā vai zem sūkņu stacijas; visi noplūdes avoti nav atklāti
8.	1999.	Izveido piesārņotās grunts attīrīšanas poligonu
9.	2006.	Ierīko urbumus V ₁ -V ₅ dīzeļdegvielas tvaika satūra izpētei gruntī
10.	2007.	Rekonstruē piesārņotās grunts attīrīšanas poligonu
11.	2007.	Dīzeļdegvielas noplūde no 4. rezervuāra
12.	2008.	Sākas piesārņojuma sanācija pie 4. rezervuāra
13.	2011.	Beidz darboties degvielas uzpildes stacija (DUS)
14.	2014.	Veikta estakādes elementu konservācija
15.	2014.	Izmanto lāzera inducēto fluorescences metodi grunts piesārņojuma izpētei pie estakādes

2. tabula. Sanācijas un monitoringa aku ierīkošana un izmantošana [21]

AM1		
Gads	Akas Nr.	Skaitis
1996.	63; 64	2
1997.	67; 68; 69	3
1999.	65a	1
2000.	110; 111; 112; 113	4
2006.	122; 123	2
2011.	132; 133; 134	3
2012.	135; 136	2
2013.	137; 138	2
2014.	139; 140	2

kopā 21

AM3		
Gads	Akas Nr.	Skaitis
1997.	81-93	13
1999.	102	1
2000.	114; 115	2
2006.	124; 125; 126	3

kopā 19

AM2		
Gads	Akas Nr.	Skaitis
1977.	49	1
1995.	12; 13; 14	3
1996.	18; 18a; 18b	3
1997.	70; 71; 72; 74; 75	5
1998.	96; 97; 98; 99; 100	5
1999.	101	1

kopā 18

AM4		
Gads	Akas Nr.	Skaitis
2008.	nav	1

DZE-C		
Gads	Akas Nr.	Skaitis
1977.	25; 26; 27; 28	4
1993.	8	1
1998.	60a; 61a	2
1999.	66a	1

kopā 8

MOB akas NP atsmelšanai										
Akas vieta	DZE-C	AM2	DZE-C	DZE-C	DZE-C	AM1	DZE-C	AM2	AM3	AM1
Akas Nr.	8	13	28	60a	61a	63	66a	96	102	123

NP sanācijas darbos izmanto 67 akas; kopā iekārtotas 96 akas, ja ievēro vienu AM4 sanācijas aku; 2006. gadā ierīkotas akas V1-V5 degvielas tvaiku satura noteikšanai gruntī

3. tabula. Sanācijas moduļu ražības dati [1-22]

Gads	Kvartals	AM1	AM2	AM3	MOB	AM4	Gads	Kvartals	AM1	AM2	AM3	MOB	AM4
1996							2007						
	1	0	0	0	0	0		1	96	10	818	75	0
	2	225	225	3333.3	0	0		2	1814	45	309	100	0
	3	225	225	3333.3	0	0		3	1065	215	307	306	0
	4	225	225	3333.3	0	0		4	944	388	468	350	0
	Σ	675	675	10000	0	0		Σ	3919	658	2028	831	0
1997							2008						
	1	0	0	0	0	0		1	0	0	638	19	0
	2	450	450	2962.5	0	0		2	1591	12	381	60	232
	3	450	450	2962.5	0	0		3	1164	38	275	237	230
	4	450	450	2962.5	0	0		4	4623	368	751	523	93
	Σ	1350	1350	8887.5	0	0		Σ	7378	418	1825	1059	555
1998							2009						
	1	0	0	0	0	0		1	0	0	0	0	0
	2	325	325	2590.8	0	0		2	3390	78	321	119	206
	3	325	325	2590.8	0	0		3	1818	229	543	216	1733
	4	325	325	2590.8	0	0		4	4717	170	398	149	657
	Σ	975	975	7772.5	0	0		Σ	9925	477	1261	484	2596
1999							2010						
	1	0	0	0	0	0		1	0	0	0	0	0
	2	387	387	2220.8	0	0		2	0	0	0	0	0
	3	387	387	2220.8	0	0		3	1681	155	184	114	1148
	4	386	386	2220.8	0	0		4	897	47	325	156	470
	Σ	1160	1160	6662.5	0	0		Σ	2578	202	509	270	1618
2000							2011						
	1	0	50	1300	0	0		1	0	0	0	0	0
	2	980	1020	3070	0	0		2	640	21	121	85	1477
	3	820	750	910	0	0		3	2202	81	279	164	1858
	4	50	0	270	0	0		4	3232	205	458	215	1636
	Σ	1850	1820	5550	0	0		Σ	6077	307	799	464	4971
2001							2012						
	1	280	160	430	352	0		1	0	0	0	0	0
	2	460	360	783	60	0		2	504	255	113	83	517
	3	510	660	1113	36	0		3	1761	66	344	156	1451
	4	340	265	754	65	0		4	1620	117	545	162	1311
	Σ	1590	1445	3080	513	0		Σ	3885	438	1002	401	3279
2002							2013						
	1	309	0	1531	177	0		1	0	0	0	0	0
	2	260	412	360	55	0		2	109	18	37	32	163
	3	239	210	1047	134	0		3	1605	65	291	126	52
	4	612	1046	932	600	0		4	2098	136	501	420	1287
	Σ	1420	1668	3870	966	0		Σ	3812	219	829	578	2012
2003							2014						
	1	0	0	248	887	0		1	0	0	0	0	0
	2	0	0	345	80	0		2	1065	51	678	172	831
	3	184	156	585	25	0		3	722	75	521	118	451
	4	2697	1085	1737	239	0		4	1575	105	594	263	162
	Σ	2881	1241	2916	1231	0		Σ	3412	231	1793	553	1444
2004							2015						
	1	520	0	307	204	0		1	310	4	102	65	0
	2	1065	126	252	405	0		2	811	67	378	149	521
	3	1248	720	1059	645	0		3	2293	112	538	174	730
	4	731	125	974	271	0		4	3133	250	600	315	1088
	Σ	3564	971	2592	1525	0		Σ	6547	433	1626	703	2339
2005							2016						
	1	0	0	727	37	0		1	0	0	0	0	0
	2	580	50	571	95	0		2	477	116	572	114	796
	3	1420	206	209	413	0		3	2173	82	543	92	359
	4	1411	409	561	220	0		4	826	75	581	97	483
	Σ	3411	665	2068	765	0		Σ	3476	273	1696	303	1638
2006							2017						
	1	230	320	396	450	0		1	231	24	338	58	0
	2	695	357	858	339	0		2	95	9	120	29	262
	3	910	402	538	149	0		3	697	23	183	57	226
	4	880	487	842	205	0		4	521	18	238	84	455
	Σ	2715	1566	2634	1143	0		Σ	1544	74	879	228	943

Nav datu par NP daudzumu, kas iegūts ziemas laikā ar NP atsmelšanu MOB aku grupā un no AM3.

4. tabula. Sanācijas moduļu kumulatīvā ražība [1-22]

Gadi	AM1	AM2	AM3	MOB	AM1+AM2+AM3 +MOB	AM2+AM3 +MOB	AM4
1995	0	0	0	0	0	0	0
1996	675	675	10000	0	11350	10675	0
1997	1350	1350	18888	0	21588	20238	0
1998	975	975	26660	0	28610	27635	0
1999	1160	1160	33323	0	35643	34483	0
2000	1850	1820	38873	0	42543	40693	0
2001	3440	3265	41953	513	49171	45731	0
2002	4860	4933	45823	1479	57095	52235	0
2003	7741	6174	48739	2710	65364	57623	0
2004	11305	7145	51331	4235	74016	62711	0
2005	14716	7810	53399	5000	80925	66209	0
2006	17431	9376	56033	6143	88983	71552	0
2007	21350	10034	58061	6974	96419	75069	0
2008	28728	10452	59886	8033	107099	78371	555
2009	38653	10929	61147	8517	119246	80593	3151
2010	41231	11131	61656	8787	122805	81574	4769
2011	47308	11438	62455	9251	130452	83144	9740
2012	51193	11876	63457	9652	136178	84985	13019
2013	55005	12095	64286	10230	141616	86611	15031
2014	58417	12326	66079	10783	147605	89188	16475
2015	64964	12759	67705	11486	156914	91950	18814
2016	68440	13032	69401	11789	162662	94222	20452
2017	69984	13106	70280	12017	165387	95403	21395

Nav datu par NP daudzumu, kas iegūts ziemas laikā ar NP atsmelšanu MOB aku grupā un no AM3.

5. tabula. NPPS biežuma mērījumu rezultāti [23]

Akas Nr.	NPPS biežums, m								
	2010.g.			2013.g.			2015.g.		
	Vid.vērtība	min	max	Vid.vērtība	min	max	Vid.vērtība	min	max
10.	0,09	0,05	0,13	-	-	-	-	-	-
100.	0,03	0,00	0,07	0,10	0,00	0,35	0,05	0,00	0,17
101.	0,03	0,01	0,04	0,03	0,00	0,15	0,11	0,00	0,28
102.	0,00	0,00	0,00	0,19	0,00	0,55	0,12	0,00	0,37
111.	0,14	0,02	1,21	0,09	0,00	1,22	0,04	0,01	0,10
112.	0,07	0,00	0,62	0,16	0,00	0,67	0,15	0,01	0,49
113.	0,10	0,03	1,06	0,11	0,03	0,23	0,16	0,00	0,64
122.	0,23	0,00	0,93	0,40	0,00	0,91	0,43	0,00	1,61
123	0,52	0,44	0,59	0,6	0,01	1,30	0,45	0,00	1,24
129	0,28	0,05	0,48	0,20	0,04	0,35	0,27	0,11	0,39
13	0,05	0,00	0,30	0,14	0,01	0,36	0,30	0,10	0,45
132	-	-	-	0,38	0,04	1,18	0,33	0,01	1,07
133	-	-	-	0,07	0,007	0,77	0,05	0,00	0,51
134	-	-	-	0,36	0,00	1,34	0,18	0,00	0,56
135	-	-	-	0,33	0,00	0,96	0,32	0,01	0,76
136	-	-	-	0,29	0,00	0,62	0,33	0,00	0,80
137	-	-	-	0,30	0,01	0,84	0,27	0,00	0,96
138	-	-	-	0,01	0,00	0,01	0,37	0,1	0,09
139	-	-	-	-	-	-	0,18	0,05	0,33
14	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00
140	-	-	-	-	-	-	0,35	0,07	1,03
18	0,04	0,02	0,06	0,03	0,01	0,06	0,06	0,03	0,14
18a	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18b	0,00	0,00	0,01	0,11	0,00	0,38	0,15	0,00	0,4
21	-	-	-	-	-	-	0,15	0,07	0,35
28	0,02	0,00	0,04	0,05	0,04	0,06	0,03	0,00	0,05
60a	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,11	0,05	0,00	0,10
61a	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00
63	0,03	0,00	0,17	0,09	0,01	0,14	0,06	0,00	0,15
64	0,17	0,02	0,56	0,32	0,03	0,77	0,49	0,05	1,39
65a	0,26	0,04	1,51	0,19	0,04	0,66	0,08	0,01	0,23
66a	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
67	0,03	0,00	0,52	0,02	0,00	0,05	0,02	0,00	0,05
71	0,00	0,00	0,02	0,05	0,01	0,09	0,05	0,00	0,18
72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,10
74	0,03	0,00	0,04	0,05	0,00	0,16	0,15	0,10	0,18
75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	-	-	-	0,06	0,01	0,17	0,04	0,00	0,11
82	0,19	0,00	0,59	0,48	0,05	0,82	0,48	0,10	0,70
83	0,05	0,00	0,17	0,32	0,04	0,66	0,51	0,03	1,12
84	0,43	0,07	0,59	0,57	0,24	1,02	0,72	0,21	1,08
85	0,21	0,04	0,55	0,42	0,16	0,81	0,31	0,03	0,54
86	0,08	0,04	0,14	0,20	0,04	0,38	0,14	0,04	0,32
87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
88	0,04	0,00	0,07	0,01	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00
89	0,01	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
97	0,18	0,01	0,39	0,56	0,19	0,97	0,55	0,25	1,09
98	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,18	0,01	0,00	0,05
99	0,01	0,00	0,01	0,04	0,00	0,16	0,03	0,00	0,11

6. tabula. BTEX saturs gruntsūdenī DUS teritorijā [23]

Akas numurs	Parauga datums	Benzols	Toluols	Etilbenzols µg/l	Ksiloli	BTEX	NPI mg/l
120	03.11.15.g.	<0,5	<1	<1	2	2 ± 0,4	0,08
121	03.11.15.g.	<0,5	<1	<1	3	3 ± 0,6	0,06
120	11.10.13.g.	<0,5	<1	<1	5	5 ± 1,0	-
121	11.10.13.g.	<0,5	<1	<1	6	6 ± 1,0	-
120	27.09.12.g.	<1	<1	1	6	7 ± 1,0	-
121	27.09.12.g.	<1	<1	<1	4	4 ± 0,8	-
120	09.09.11.g.	<2	<2	<2	8	8 ± 1,0	-
121	09.09.11.g.	<2	<2	<2	4	4 ± 0,8	-
120	30.09.10.g.	<2	2	5	6	13 ± 2,0	-
121	30.09.10.g.	<2	<2	4	5	5 ± 1,0	-
120	23.10.09.g.	<2	<2	3	13	16 ± 3,0	-
121	23.10.09.g.	<2	<2	<2	10	10 ± 2,0	-
120	11.06.08.g.	5	<5	7	19	36	-
121	11.06.08.g.	8	5	12	13	38	-
Mērķlielums		1	15	20	20	-	-
Robežlielums		5	50	60	60	-	1,0

7. tabula. NP piesārņojums Ilūkstes upē [23]

Parauga Nr.	Parauga veids	Noņemšanas datums	Noņemšanas vieta	NPK, mg/l
IL-P2	ūdens	12.05.2016.	Ilūkstes upe, Postenis Nr.2	0,05
IL-P1	ūdens	22.09.2016.	Ilūkstes upe, Postenis Nr.1	0,03
IL-P2	ūdens	22.09.2016.	Ilūkstes upe, Postenis Nr.2	0,08
IL-P3	ūdens	22.09.2016.	Ilūkstes upe, Postenis Nr.3	0,04
IL-P2	ūdens	20.12.2016.	Ilūkstes upe, Postenis Nr.2	0,07
IL-P1	ūdens	22.09.2015.	Ilūkstes upe, Postenis Nr.1	<0,02
IL-P2	ūdens	22.09.2015.	Ilūkstes upe, Postenis Nr.2	0,85
IL-P3	ūdens	22.09.2015.	Ilūkstes upe, Postenis Nr.3	<0,02
IL-P2	ūdens	16.12.2015.	Ilūkstes upe, Postenis Nr.2	0,07
IL-P2	ūdens	18.07.2013.	Ilūkstes upe, Postenis Nr.2	0,10
IL-P2	ūdens	11.10.2013.	Ilūkstes upe, Postenis Nr.2	0,14
IL-P2	ūdens	04.12.2013.	Ilūkstes upe, Postenis Nr.2	0,09
IL-P2	ūdens	19.08.2010.	Ilūkstes upe, Postenis Nr.2	0,14
IL-P2	ūdens	30.09.2010.	Ilūkstes upe, Postenis Nr.2	0,11
IL-P2	ūdens	04.11.2010.	Ilūkstes upe, Postenis Nr.2	0,15

8. tabula. Grunts piesārņojuma novērtējums 4. rezervuāra teritorijā [23]

Parauga numurs	Paraugu noņemšanas dziļums, no - līdz	Naftas produktu koncentrācija, mg/kg
		03.11.2015.g.
1-1	0,1 – 0,2	271
1-2	0,5 – 0,6	240
2-1	0,1 – 0,2	180
2-2	0,5 – 0,6	194
3-1	0,1 – 0,2	38
3-2	0,5 – 0,6	33

9. tabula. Dīzeļdegvielas tvaiku saturs gruntī [23]

Novērošanas punkta Nr.	Paraugu noņemšanas datums	Gaisa plūsmas ātrums, l/min	Dīzeļdegvielas tvaiku koncentrācija, ppm		
			minimāla	vidēja	maksimāla
V1	21.09.2016.g.	0,2	3,2	3,8	6,1
V2	21.09.2016.g.	0,2	9,0	12,0	16,6
V3	21.09.2016.g.	0,2	5,5	7,8	10,0
V4	21.09.2016.g.	0,2	8,1	9,0	23,3
V5	21.09.2016.g.	0,2	36,8	38,0	41,0
V1	22.09.2015.g.	0,2	0,6	0,65	0,7
V2	22.09.2015.g.	0,2	12,0	13,0	13,5
V3	22.09.2015.g.	0,2	5,2	10,2	16,8
V4	22.09.2015.g.	0,2	9,0	9,4	9,8
V5	22.09.2015.g.	0,2	2,9	4,6	7,3
V1	15.10.2014.g.	6,8	3,2	3,9	5,0
V2	15.10.2014.g.	6,7	5,1	6,4	7,2
V3	15.10.2014.g.	6,4	8,2	9,5	10,7
V4	15.10.2014.g.	6,6	18,3	21,0	24,0
V5	15.10.2014.g.	6,7	5,2	6,4	8,6
V1	10.10.2013.g.	6,7	2,5	3,7	4,8
V2	10.10.2013.g.	6,9	4,2	6,6	8,8
V3	10.10.2013.g.	6,5	5,8	7,0	8,7
V4	10.10.2013.g.	6,6	13,0	15,2	18,4
V5	10.10.2013.g.	6,8	1,4	1,7	2,1
V1	03.10.2012.g.	6,8	1,5	1,6	2,0
V2	03.10.2012.g.	7,5	7,6	7,7	7,8
V3	03.10.2012.g.	7,0	9,1	9,3	9,5
V4	03.10.2012.g.	6,3	6,5	7,6	7,8
V5	03.10.2012.g.	6,7	22,2	24,8	25,5
V1	18.08.2011.g.	7,5	6,7	9,7	11,5
V2	18.08.2011.g.	8,2	18,0	21,5	25,0
V3	18.08.2011.g.	7,6	18,0	21,0	23,0
V4	18.08.2011.g.	7,5	19,0	24,8	27,0
V5	18.08.2011.g.	7,8	32,0	3,0	44,0
Piesārņojuma piesardzības robeža, ppm			100		
Stipra piesārņojuma robeža, ppm			500		

10. tabula. Grunts analīžu rezultāti NP savākšanas dīķa teritorijā [22]

Nr.p.k.	Parauga Nr.	Datums	Noņemšanas vieta	Dziļums	NPK. [mg/kg]	Vidējā NPK [mg/kg]
1.	D1	06.10.2017.	D1-dīķis	0.4-0.5	27	44
2.	D2	06.10.2017.	D2-dīķis	0.4-0.5	70	
3.	D3	06.10.2017.	D3-dīķis	0.4-0.5	35	
4.	D1	23.11.2017.	D1-dīķis	0.4-0.5	137	199
5.	D2	23.11.2017.	D2-dīķis	0.4-0.5	11	
6.	D3	23.11.2017.	D3-dīķis	0.4-0.5	449	
Robežvērtības smiltij, [mg/kg]:				A	1	
				B	500	
				C	5000	

A – mērķlielums; B- piesardzības robežlielums; C- kritiskais robežlielums