

Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitāte
Vides un būvzinātņu fakultāte
Vides un ūdenssaimniecības katedra



Mg.oec. **Ieva Siksnāne** ^{id}

promocijas darbs

**AGROHIDROLOĢISKO FAKTORU IETEKMES
NOVĒRTĒJUMS UZ LAUKSAIMNIECĪBAS NOTECES
KVALITĀTI**

***THE IMPACT ASSESSMENT OF AGROHYDROLOGICAL
FACTORS ON THE QUALITY OF AGRICULTURAL RUNOFF***

zinātnes doktora grāda

zinātnes doktore (Ph.D.) inženierzinātnēs un tehnoloģijās

iegūšanai

Promocijas darba vadītājs
prof. **Dr.sc.ing.** Ainis Lagzdiņš

Promocijas darba autore Ieva Siksnāne

Jelgava

2023

VISPĀRĪGA INFORMĀCIJA PAR IZDEVUMU

Promocijas darbs izstrādāts: Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitātes Vides un būvzinātņu fakultātes Vides un ūdenssaimniecības katedrā laika posmā no 2017. līdz 2023. gadam.

Promocijas darba zinātniskais vadītājs: Dr.sc.ing. Ainis Lagzdiņš, Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitātes profesors.

Oficiālie recenzenti:

Profesors, Dr. (HP) Arvydas Povilaitis, Vītauta Dižā Universitāte, Lietuva;
Profesore, Dr.habil.sc.ing. Dagnija Blumberga, Rīgas Tehniskā universitāte;
Docents, Dr.geogr. Juris Burlakovs, Latvijas Universitāte.

Promocijas padomes sastāvs:

Profesors, Dr.sc.ing. Ainis Lagzdiņš, promocijas padomes priekšsēdētājs;
Profesors, Dr.habil.chem. Māris Kļaviņš, promocijas padomes priekšsēdētāja vietnieks;
Docente, Dr.sc.ing. Laima Bērziņa;
Docents, Dr.geogr. Juris Burlakovs;
Profesors, Dr.sc.ing. Edmunds Teirumnieks;
Vadošā pētniece, Dr.chem. Zane Vincēviča-Gaile;
Pētniece, Ph.D. Linda Grinberga, promocijas padomes sekretāre.

Promocijas darba aizstāvēšana notiks LBTU zinātņu nozares “Vides inženierija un enerģētika” apakšnozarē “Vides inženierzinātne” promocijas padomes atklātā sēdē 2023. gada 31. augustā plkst. 15:00 Jelgavā, Akadēmijas ielā 19, Vides un būvzinātņu fakultātes 117. auditorijā.

Ar promocijas darba kopsavilkumu var iepazīties LBTU Fundamentālajā bibliotēkā, Jelgavā, Lielā ielā 2 un tiešsaistē <http://lbtufb.lbtu.lv>.

Atsauksmes sūtīt Promocijas padomes sekretārei, LBTU Vides un būvzinātņu fakultātes Vides un ūdenssaimniecības katedras, pētniecei Ph.D. Lindai Grinbergai (Akadēmijas ielā 19, Jelgava, Latvija, LV-3001, e-pasts: linda.grinberga@lbtu.lv).

Pētījuma rezultāti publicēti vispāratzītos recenzējamos zinātniskos izdevumos:

Siksnane I., Lagzdins A. (2022) *The effects of meteorological and hydrological conditions on nutrient losses from agricultural areas in Latvia*. Environmental and Climate Technologies 2022, 26 (1), p. 512 – 523, doi:10.2478/rtuect-2022-0039.

Siksnane I., Lagzdins A. (2021) *Temporal trends in phosphorus concentrations and losses from agricultural monitoring sites in Latvia*. Environmental and Climate Technologies 2021, 25 (1), p. 233 – 242, doi:10.2478/rtuect-2021-0016

Siksnane I., Lagzdins A. (2021) *The relationships between land use and nitrogen and phosphorus concentrations in the Berze River basin*. Engineering for Rural Development 2021, 20, p. 417 – 423, doi:10.22616/ERDev.2021.20.TF088.

Siksnane I., Lagzdins A. (2020) *Temporal trends in nitrogen concentrations and losses from agricultural monitoring sites in Latvia*. Environmental and Climate Technologies 2020, 24 (3), p. 163 – 173, doi:10.2478/rtuect-2020-0094.

Siksnane I., Lagzdins A. (2018) *Analysis of Precipitation and Runoff Conditions in Agricultural Runoff Monitoring Sites*. Rural Sustainability Research 2018, 39 (334), p. 26 – 31, doi:10.2478/plua-2018-0004.

Siksnane I., Lagzdins A. (2017) *Assessment of economic losses associated with nitrogen and phosphorus leaching in agricultural land in Latvia*. Proceedings of the 8th International Scientific Conference Rural Development 2017, Aleksandras Stulginskis University, p. 423 – 427, doi:10.15544/RD.2017.204.

Lagzdins A., Grinberga L., **Siksnane I.** (2016) *Drainage water management in open ditches - solutions and effects in Latvia*. Proceedings of the 10th International Drainage Symposium Conference, 6-9 September 2016, Minneapolis, Minnesota, p. 160 – 165, doi:10.13031/IDS.20162493006.

Siksnane I., Dobeļe A. (2016) *Determination of the most Effective Decontamination Options for Agricultural Runoff in Latvia Using Solutions Included in HELCOM Baltic Sea Action Plan*. Proceedings of the 11th International Scientific Conference “Students on their Way to Science”, p. 156.

Siksnane I., Lagzdins A. (2015) *Soil Erosion Risk Evaluation in MPS Vecauce Agricultural Areas*. Proceedings of the 10th International Scientific Conference “Students on their Way to Science”, p. 81.

Par zinātniskā darba rezultātiem ziņots starptautiskās zinātniskās konferencēs:

Siksnane I., Lagzdins A. (2023) *Sateces baseina laukuma un zemes lietojuma veida ietekme uz augu barības vielu koncentrācijām LIFE GoodWater IP četros demonstrācijas ūdensobjektos*. 81st Scientific conference of University of Latvia, section “Investigations and protection of water”. Rīga, Latvija, 2023. gada 15. marts.

Lagzdins A., **Siksnane I.**, Sudars R., Veinbergs A., (2023) *Mērķtiecīgs ūdeņu kvalitātes monitorings lauksaimnieciskās darbības ietekmes novērtēšanai: LIFE GoodWater IP projekta pieeja*. 81st Scientific conference of University of Latvia, section “Investigations and protection of water”. Rīga, Latvija, 2023. gada 15. marts.

Siksnane I., Lagzdins A. (2023) *Long-term monitoring of runoff from agricultural areas in Latvia*. 81st Scientific conference of University of Latvia, section “Climate and surface and ground-water in the Baltic region – variability, trends, and impacts”. Tiešsaiste, 2023. gada 10. marts.

Lagzdins A., Veinbergs A., **Siksnane I.**, Abramenko K., Grinberga L., Sudars R. (2023) *The long-term results of the Agricultural Runoff Monitoring Programme in Latvia – nitrate – nitrogen concentrations and loads*. 81st Scientific conference of University of Latvia, section “Climate and surface and ground-water in the Baltic region – variability, trends, and impacts”. Tiešsaiste, 2023. gada 10. marts.

- Lagzdins A., Veinbergs A., Grinberga L., **Siksnane I.**, Sudars R., Abramenko K. (2022) *The long-term results of the Agricultural Runoff Monitoring Programme in Latvia: nitrate – nitrogen concentrations*. The International Interdisciplinary Conference on Land Use and Water Quality: Agriculture and the Environment (LuWQ2022). Māstrihta, Nīderlande, 2022. gada 11. – 15. septembris.
- Lagzdins A., **Siksnane I.**, Sudars R. (2022) *Targeted water quality monitoring for implementation of river basin management plans in Latvia: the approach of the LIFE GOODWATER IP project*. The International Interdisciplinary Conference on Land Use and Water Quality: Agriculture and the Environment (LuWQ2022). Māstrihta, Nīderlande, 2022. gada 11. – 15. septembris.
- Siksnane I.**, Lagzdins A. *Analysis of the impacts of meteorological and hydrological variability on quality of agricultural runoff in Latvia*. The International Interdisciplinary Conference on Land Use and Water Quality: Agriculture and the Environment (LuWQ2022). Māstrihta, Nīderlande, 2022. gada 11. – 15. septembris.
- Lagzdins A., Veinbergs A., **Siksnane I.**, Grinberga L. (2022) *The Long-Term Results of the Agricultural Runoff Monitoring Programme in Latvia*. The 11th International Drainage Symposium, Des Moines, Iowa, ASV, 2022. gada 30. augusts – 2. septembris
- Lagzdins A., **Siksnane I.**, Sudars R., Veinbergs A., Grinberga L. (2022) *Water Quality Monitoring for Targeted Implementation of Water and Nutrient Retention Measures in Latvia: An Example of the LIFE GOODWATER IP Project*. The 11th International Drainage Symposium, Des Moines, Iowa, ASV, 2022. gada 30. augusts – 2. septembris
- Lagzdins A., **Siksnane I.**, Sudars R., Veibergs A., Grinberga L. (2022) *Implementation of River Basin Management Plans of Latvia towards good surface water status - LIFE GOODWATER IP*. XXXI Nordic Hydrological Conference: Hydrology and Water-related Ecosystems (NHC2022), Tallina, Igaunija, 2022. gada 15. – 18. augusts.
- Siksnane I.**, Lagzdins A. (2022) *Impact of the catchment area and land use on nutrient concentrations in the water bodies selected within the LIFE GOODWATER IP project*. XXXI Nordic Hydrological Conference: Hydrology and Water-related Ecosystems (NHC2022), Tallina, Igaunija, 2022. gada 15. – 18. augusts.
- Siksnane I.**, Lagzdins A. (2022) *The effects of meteorological and hydrological conditions on nutrient losses from agricultural areas in Latvia*. International Scientific Conference of Environmental and Climate Technologies (CONNECT 2022), Rīga, Latvija, 2022. gada 11. – 13. maijs.
- Lagzdins A., Veinbergs A., **Siksnane I.**, Grinberga L. (2022) *The Results of the Agricultural Runoff Monitoring Programme in Latvia: an Overview*. International seminar “Soil and Water Conservation under changing climate in Northern and high-altitude conditions”, Ås, Norway, 2022. gada 4. – 6. maijs.
- Siksnane I.**, Lagzdins A. (2021) *Temporal trends in phosphorus concentrations and losses from agricultural monitoring sites in Latvia*. International Scientific Conference of Environmental and Climate Technologies (CONNECT 2021), Rīga, Latvija, 2021. gada 12. – 14. maijs.
- Siksnane I.**, Lagzdins A. (2020) *Temporal trends in nitrogen concentrations and losses from agricultural monitoring sites in Latvia*. International Scientific Conference of Environmental and Climate Technologies (CONNECT 2020), Rīga, Latvija, 2020. gada 13. – 15. maijs.
- Grinberga L., Lagzdins A., **Siksnane I.** (2018) *The seasonal impacts on nutrient retention in two constructed wetlands in Latvia*. European Geosciences Union General Assembly 2018, Vīne, Austrija, 2018. gada 8. – 13. aprīlis.
- Grinberga L., Lagzdins A., **Siksnane I.** (2018) *Nitrogen, phosphorus and suspended solid retention efficiency in two constructed wetlands in Latvia*. European Geosciences Union General Assembly 2018, Vīne, Austrija, 2018. gada 8. – 13. aprīlis.

Lagzdins A., Sudars R., Veinbergs A., Abramenko K., Grinberga L., **Siksnane I.** (2018) *Evaluating the status and trends in water quality using long-term agricultural runoff monitoring data*. European Geosciences Union General Assembly 2018, Vīne, Austrija, 2018. gada 8. – 13. aprīlis.

Lagzdins A., Grinberga L., **Siksnane I.** (2018) *Practical actions for holistic agricultural drainage management for reduced nutrient losses: a case study in Latvia*. European Geosciences Union General Assembly 2018, Vīne, Austrija, 2018. gada 8. – 13. aprīlis.

Siksnane I., Lagzdins A. (2018) *Analysis of Meteorological and Runoff Conditions at Agricultural Runoff Monitoring Sites*. Research for Rural Development 2018, Jelgava, Latvija, 2018. gada 17. maijs.

Siksnane I., Lagzdins A. (2017) *Assessment of Economic Losses Associated with Nitrogen and Phosphorus Leaching in Agricultural Land in Latvia*. 8th International Scientific Conference Rural Development 2017, Aleksandras Stulginskis University, Kauņa, Lietuva, 2017. gada 24. novembris.

Siksnane I., Dobeļe A. (2016) *Determination of the most Effective Decontamination Options for Agricultural Runoff in Latvia Using Solutions Included in HELCOM Baltic Sea Action Plan*. 11th International Scientific Conference “Students on their Way to Science”, Jelgava, Latvija, 2016. gada 22. aprīlis.

Siksnane I., Lagzdins A. (2015) *Soil Erosion Risk Evaluation in MPS Vecauce Agricultural Areas*. 10th International Scientific Conference “Students on their Way to Science”, Jelgava, Latvija, 2015. gada 24. aprīlis.

Dalība projektos:

10.2022 – šobrīd, viespētniece Apvārsnis 2020 projektā Nitrogen and phosphorus load reduction approach within safe ecological boundaries for the Nordic-Baltic region / Pieeja slāpekļa un fosfora slodzes samazināšanai drošās ekoloģiskās robežās Ziemeļvalstu un Baltijas reģionā (NORDBALT-ECOSAFE / HOR12)

03.2020 – šobrīd, viespētniece LIFE programmas projektā Implementation of River Basin Management Plans of Latvia towards good surface water status / Latvijas upju baseinu apsaimniekošanas plānu ieviešana laba virszemes ūdens stāvokļa sasniegšanai (LIFE GOODWATER IP / LIFE02)

12.2015 – 11.2018, zinātniskā asistente Centrālās Baltijas jūras reģiona programmas 2014. – 2020. gadam projektā: Practical actions for holistic drainage management for reduced nutrient inflow to Baltic Sea / Praktiski pasākumi vienotā meliorācijas sistēmu apsaimniekošanā ar mērķi samazināt biogēno elementu ieplūdi Baltijas jūrā (NUTRINFLOW / INT2)

Promocijas darba izstrāde līdzfinansēta projekta Nr. 8.2.2.0/20/I/001 “LLU pāreja uz jaunu doktorantūras finansēšanas modeli”, līguma Nr. 3.2.-10/196 (01.11.2021) ietvaros (periodā no 01.11.2021 līdz 31.10.2022).

ANOTĀCIJA

Siksnāne I. (2023). **Agrohidroloģisko faktoru ietekmes novērtējums uz lauksaimniecības noteces kvalitāti**: promocijas darbs zinātnes doktora grāda zinātnes doktore (Ph.D.) inženierzinātnēs un tehnoloģijās iegūšanai. Jelgava: Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitāte, 2023. Promocijas darbs satur: 113 lpp., 49 attēlus, 31 tabulu, 135 informācijas avotu, 1 pielikumu.

Pētījuma mērķis: novērtēt agrohidroloģisko faktoru ietekmi uz lauksaimniecības noteces kvalitatīvajiem rādītājiem Latvijā.

Pētījuma uzdevumi:

1. noteikt dabiskos un antropogēnos faktorus, kas ietekmē augu barības vielu zudumus;
2. raksturot nozīmīgāko dabisko faktoru ietekmi uz slāpekļa un fosfora savienojumu izskalošanos lauksaimniecības noteču pētījuma teritorijās Latvijā drenu lauka, mazā sateces baseina un upes līmenī;
3. raksturot nozīmīgāko antropogēno faktoru ietekmi uz slāpekļa un fosfora savienojumu izskalošanos lauksaimniecības noteču pētījuma teritorijās Latvijā drenu lauka un upes līmenī;
4. novērtēt dabisko un antropogēno faktoru savstarpējās saistības ietekmi uz slāpekļa un fosfora savienojumu izskalošanos upes izpētes līmenī.

Piesārņojums ar augu barības vielām noteikts kā nozīmīgākais iemesls, kas izraisa eitrofikācijas procesu norisi Baltijas jūrā. Lai samazinātu augu barības vielu zudumus no nosusinātām lauksaimniecības platībām, kā arī sekmētu ES normatīvajos dokumentos noteikto prasību izpildi saistībā ar virszemes ūdensobjektu ekoloģisko kvalitāti, nepieciešams izvērtēt agrohidroloģisko apstākļu ietekmi uz lauksaimniecības noteces kvalitāti.

Šī pētījuma mērķis ir apkopot informāciju un noteikt nozīmīgākos dabiskos un antropogēnos agrohidroloģiskos faktorus, kas ietekmē augu barības vielu izskalošanos no lauksaimniecības platībām Latvijā un izvērtēt to ietekmi uz lauksaimniecības noteces kvalitatīvo sastāvu. Mērķa sasniegšanai veikta literatūras analīze, kuras rezultātā apkopota informācija par nozīmīgākajiem dabiskajiem un antropogēniem faktoriem, kam ir būtiska ietekme uz lauksaimniecības noteces kvalitāti. Detalizēta agrohidroloģisko faktoru analīze veikta pamatojoties uz zinātniskās literatūras analīzē noteiktajiem dabiskajiem un antropogēnajiem faktoriem, kā arī ņemot vērā pieejamos ģeotelpiskās informācijas un monitoringa datus. Dati apstrādāti izmantojot statistiskās un ģeotelpiskās informācijas analīzes metodes.

Kā nozīmīgākie dabiskie faktori noteikti: gaisa temperatūra, atmosfēras nokrišņi, reljefs (zemes virsmas slīpums ietekme), augsnes īpašības (augšņu granulometriskā sastāva ietekme), notece; kā nozīmīgākie antropogēnie faktori noteikti: zemes lietojuma veida īpatsvars sateces baseinā, kultūrauga īpatsvars sateces baseinā, agronomiskie faktori (izklīdētā slāpekli saturošā minerālā mēslojuma apjoms), mājdzīvnieku novietnes (dzīvnieku vienību skaits sateces baseinā) un meliorācijas sistēmas (drenēto platību īpatsvars sateces baseinā). Pētījumā analizēta noteikto faktoru saistība, mijiedarbība un ietekme uz lauksaimniecības noteces kvalitāti.

Nozīmīgākie promocijas darba rezultāti iekļauti 9 publikācijās. Darba izstrādes gaitā iegūtie rezultāti prezentēti 23 konferencēs. Darbs sastāv no ievada, 3 nodaļām un 1 pielikuma.

ANNOTATION

Siksnane I. (2023) **The impact assessment of agrohydrological factors on the quality of agricultural runoff**: the dissertation to receive the scientific degree of Doctor of Science (Ph.D.) in Engineering Science and Technology. Jelgava, Latvia University of Life Sciences and Technologies, 2023. The Ph.D. thesis consists of 113 pages, 49 pictures, 31 table, 135 information sources, 1 appendix.

The aim of the study: to assess the impact of agrohydrological factors specific to the research objects on the qualitative indicators of agricultural runoff during the research period.

Research objectives:

1. to determine the natural and anthropogenic factors affecting nutrient losses;
2. to describe the effects of the most important natural factors on leaching of nitrogen and phosphorus compounds in the agricultural runoff study areas in Latvia at the drainage field, small catchment and river scale;
3. to describe the effects of the most significant anthropogenic factors on leaching of nitrogen and phosphorus compounds in the agricultural runoff study areas in Latvia at the drainage field and river scale;
4. to assess the interrelationships of natural and anthropogenic factors on leaching of nitrogen and phosphorus compounds at the river scale.

Pollution with nutrients has been identified as the most significant cause of eutrophication in the Baltic Sea. In order to reduce the loss of nutrients from drained agricultural areas, as well as to promote the fulfillment of the requirements set forth in EU regulatory documents regarding the ecological quality of surface water bodies, it is necessary to evaluate the impact of agrohydrological conditions on the quality of agricultural runoff.

The purpose of this study is to gather information and determine the most important natural and anthropogenic agrohydrological factors that affect the leaching of nutrients from agricultural areas in Latvia and to evaluate their impact on the qualitative composition of agricultural runoff. In order to achieve the goal, a literature analysis was carried out, as a result of which information was gathered about the most important natural and anthropogenic factors that have a significant impact on the quality of agricultural runoff. A detailed analysis of agrohydrological factors was carried out based on the natural and anthropogenic factors determined in the analysis of scientific literature, as well as taking into account the available geospatial information and monitoring data. The data were processed using mathematical and geospatial information analysis methods.

The most important natural factors are defined as: air temperature, precipitation, relief (effect of the slope), soil properties (effect of soil granulometric composition), runoff; as the most significant anthropogenic factors, the following were determined: the proportion of land use in the catchment basin, the proportion of different crops in the catchment basin, agronomic factors (the amount of distributed nitrogen-containing mineral fertilizers), the proportion of livestock units in the catchment basin and melioration systems (the proportion of drained areas in the catchment basin). The study analyzes the relationship, interaction and impact of the determined factors on the quality of agricultural runoff.

The main results of this study are presented in 9 scientific publications. The main findings were presented in 23 scientific conferences. The content of the Ph.D. thesis consists of the introduction, 3 chapters, and 1 appendix.

PATEICĪBAS

Pirmkārt, vēlos izteikt pateicību mana promocijas darba vadītājam prof. Ainim Lagzdiņam, kurš mani atbalstījis dažādos doktorantūras studiju procesa posmos un ar kuru saziņā varēju būt atklāta un pie kura vienmēr varēju vērsties saistībā gan ar bažām vai neskaidrībām, gan arī priekiem, kas saistīti ar promocijas darba tapšanu. Paldies, Aini, par palīdzību un iedvesmu apgūt zināšanas un pilnveidoties kā jaunai pētniecei.

Tāpat vēlos izteikt pateicību Zemkopības ministrijai par finansiāla atbalsta sniegšanu Lauksaimniecības noteču monitoringa īstenošanā, kā arī par palīdzību promocijas darba īstenošanai nepieciešamo datu iegūšanā, kā arī LIFE GoodWater IP projektam un projekta partneriem par promocijas darbā izmantoto datu sagatavošanu.

Un vislielākais paldies manai ģimenei un draugiem par mentālo atbalstu visā manā studiju procesā, sākot no bakalaura studijām līdz doktorantūras studiju absolvēšanai. Paldies par uzmundrinājumiem tad, kad trūka iedvesma un atgādinājumu par mana ceļa pareizo izvēli brīžos, kad ticība saviem spēkiem bija mazinājusies.

SATURS

Ievads.....	15
1. Līdzšinējo pētījumu analīze.....	18
1.1. Virszemes ūdeņu kvalitāti ietekmējošie apstākļi	18
1.2. Lauksaimniecības noteces kvalitāti un kvantitāti ietekmējošie agrohidroloģiskie faktori	21
1.2.1. Dabisko faktoru ietekme uz lauksaimniecības noteces sastāvu.....	23
1.2.2. Antropogēno faktoru ietekme uz lauksaimniecības noteces sastāvu.....	28
2. Materiāli un metodes	32
2.1. Pētījuma objektu raksturojums.....	32
2.1.1. Lauksaimniecības noteču monitoringa objekti	36
2.1.2. LIFE GoodWater IP projekta monitoringa objekti	41
2.1.3. Meteoroloģisko novērojumu dati	49
2.2. Ūdens paraugu ievākšanas metodes	50
2.3. Ūdens paraugu ķīmiskā sastāva noteikšanas metodes	51
2.4. Pētījumā pielietoto datu apstrādes metožu izvēle un raksturojums	52
2.4.1. Fizikāli - ķīmisko ūdens kvalitātes rādītāju robežvērtību novērtējums	52
2.4.2. Datu statistiskā analīze	53
2.4.3. Ģeotelpiskās informācijas datu analīze.....	56
3. Rezultāti un diskusija	59
3.1. Monitoringa objektu ūdens ķīmiskā sastāva raksturojums	59
3.1.1. Esošās situācijas izvērtējums Lauksaimniecības noteču monitoringa objektos.....	59
3.1.2. Esošās situācijas izvērtējums LIFE GoodWater IP projekta monitoringa objektos	75
3.1.3. Ilgtermiņa tendenču izvērtēšana Lauksaimniecības noteču monitoringa objektos	81
3.2. Dabisko faktoru ietekme uz slāpekļa un fosfora savienojumu izskalošanos	83
3.2.1. Meteoroloģisko datu analīze Lauksaimniecības noteču monitoringa objektos.....	83
3.2.2. Augsnes īpašību un zemes virsmas slīpuma ietekmes novērtējums	89
3.3. Antropogēno faktoru ietekme uz slāpekļa un fosfora savienojumu izskalošanos.....	92
3.4. Dabisko un antropogēno faktoru savstarpējā ietekme uz slāpekļa un fosfora savienojumu izskalošanos	101
Secinājumi un priekšlikumi	104
Informācijas avotu bibliogrāfiskais saraksts.....	106

TABULU SARAKSTS

1.1. tabula. Zemes īpatsvara sadalījums zemes lietošanas veidos 2018. – 2021. g., % no Latvijas teritorijas kopplatības	28
2.1. tabula. Izklīdētā (difūzā) piesārņojuma monitoringa objektu raksturojums	32
2.2. tabula. Zemes lietošanas veidu esamība upju izpētes līmeņa sateces baseinos pēc CLC 2018 klasifikatora	34
2.3. tabula. Zemes lietojuma veidi Bēzres upes, G264 Aģes, L118 Auces, V046 Ēdas un V093 Sločenes upju sateces baseinu pētījumu līmeņos pēc CLC 2018 datiem, %	35
2.4. tabula. Dominējošie kultūraugi Bēzres upes, G264 Aģes, L118 Auces, V046 Ēdas un V093 Sločenes upju sateces baseinu pētījumu līmeņos pēc LAD 2019 g. datiem, %	36
2.5. tabula. Bēzres upes daļbaseinu raksturojums	38
2.6. tabula. Ūdens paraugu ņemšanas vietas G264 Aģe	43
2.7. tabula. Ūdens paraugu ņemšanas vietas L118 Auce	44
2.8. tabula. Ūdens paraugu ņemšanas vietas V046 Ēda	46
2.9. tabula. Ūdens paraugu ņemšanas vietas V093 Sločene	49
2.10. tabula. Ūdens ķīmiskā sastāva testēšanas metodes	51
2.11. tabula. Fizikāli – ķīmisko rādītāju kvalitātes klašu robežvērtības upju tipiem	53
2.12. tabula. Korelācijas koeficienta saistības ciešuma iedalījums	54
2.13. tabula. Regresijas analīzē izmantoto faktoriālo pazīmju vispārējs raksturojums	55
2.14. tabula. Augsnes granulometriskā sastāva sadalījums klasēs	57
3.1. tabula. Gada vidējo N_{kop} koncentrāciju procentuāls kvalitātes klašu sadalījums Bēzres, Mellupītes un Vienziemītes monitoringa staciju drenu lauka un sateces baseina izpētes līmenī, 1995. – 2021. g.	59
3.2. tabula. Gada vidējo NO_3-N koncentrāciju procentuāls kvalitātes klašu sadalījums Bēzres, Mellupītes un Vienziemītes monitoringa staciju drenu lauka un sateces baseina izpētes līmenī, 1995. – 2021. g.	60
3.3. tabula. Gada vidējo NH_4-N koncentrāciju procentuāls kvalitātes klašu sadalījums Bēzres, Mellupītes un Vienziemītes monitoringa staciju drenu lauka un sateces baseina izpētes līmenī, 1995. – 2021. g.	64
3.4. tabula. Gada vidējo P_{kop} koncentrāciju procentuāls kvalitātes klašu sadalījums Bēzres, Mellupītes un Vienziemītes monitoringa staciju drenu lauka un sateces baseina izpētes līmenī, 1995. – 2021. g.	65
3.5. tabula. Notece (mm) un ūdens kvalitātes rādītāju koncentrācijas ($mg\ L^{-1}$) un zudumi ($kg\ ha^{-1}$) Bēzres, Mellupītes un Vienziemītes monitoringa stacijas drenu lauka izpētes līmenī, 1995. – 2021. g.	66
3.6. tabula. Notece (mm) un ūdens kvalitātes rādītāju koncentrācijas ($mg\ L^{-1}$) un zudumi ($kg\ ha^{-1}$) Bēzres, Mellupītes un Vienziemītes monitoringa stacijas sateces baseina izpētes līmenī, 1995. – 2021. g.	67
3.7. tabula. MK testa vērtības noteces (mm), N_{kop} un NO_3-N koncentrācijām ($mg\ L^{-1}$) un zudumiem ($kg\ ha^{-1}$) Bēzres, Mellupītes un Vienziemītes monitoringa stacijas drenu lauka un sateces baseina izpētes līmenī, 1995. – 2021. g.	81

3.8. tabula. MK testa vērtības P_{kop} un $PO_4\text{-P}$ koncentrācijām ($mg\ L^{-1}$) un zudumiem ($kg\ ha^{-1}$) Bērzes, Mellupītes un Vienziemītes monitoringa stacijas drenu lauka un sateces baseina izpētes līmenī, 1995. – 2021. g.	82
3.9. tabula. Vidējās gaisa temperatūras ($^{\circ}C$) un gada vidējo nokrišņu summas (mm) vērtības Latvijas teritorijai, monitoringa objektos Bērze, Mellupīte un Vienziemīte	83
3.10. tabula. Gada vidējās gaisa temperatūras ($^{\circ}C$) un gada vidējo nokrišņu summas (mm) vērtības pētījuma periodā, 1995. – 2021. g.	84
3.11. tabula. Noteces vērtības (mm) Bērzes, Mellupītes un Vienziemītes monitoringa stacijas drenu lauka un sateces baseina izpētes līmenī, 1995. – 2021. g.	84
3.12. tabula. Sezonāla saistība starp noteci (mm) un P (mm) Bērzes, Mellupītes un Vienziemītes monitoringa stacijas drenu lauka un sateces baseina izpētes līmenī, 1995. – 2021. g.	87
3.13. tabula. Augsnes granulometriskā sastāva īpatsvara (%) saistības ietekme uz augu barības vielu koncentrācijām ($mg\ L^{-1}$) Bērzes upes izpētes līmenī, 2005. – 2021. g.	89
3.14. tabula. Zemes lietojuma veida īpatsvara (%) saistības ietekme uz augu barības vielu koncentrācijām ($mg\ L^{-1}$) Bērzes upes izpētes līmenī, 2005. – 2021. g.	93
3.15. tabula. Kultūraugu īpatsvara īpatsvara (%) saistības ietekme uz augu barības vielu koncentrācijām ($mg\ L^{-1}$) Bērzes upes izpētes līmenī, 2005. – 2021. g.	94
3.16. tabula. Kultūraugs, slāpekļa mēslojuma devas tīrvielā ($kg\ ha^{-1}$) un N_{kop} ($kg\ ha^{-1}$) zudumu saistība Mellupītes monitoringa stacijas drenu lauka izpētes līmenī, 1995. – 2021. g.	98

ATTĒLU SARAKSTS

1.1. att. Eitrofikācijas process Baltijas jūrā, satelītattēli, 2005. g. jūlijs.	20
1.2. att. Augu barības vielu zudumi Baltijas jūrā periodā no 1900. g. līdz 2014. g.	21
1.3. att. Gada vidējā gaisa temperatūra Latvijas teritorijā, 2010. – 2020. g., $^{\circ}C$	24
1.4. att. Gada vidējā nokrišņu summa Latvijā, 2010. – 2020. g., mm	25
2.1. att. Izkliedētā (difūzā) piesārņojuma monitoringa objektu izvietojums Latvijā.	34
2.2. att. Bērzes upes izpētes līmenis	37
2.3. att. Monitoringa objekts Bērze	39
2.4. att. Monitoringa objekts Mellupīte	40
2.5. att. Monitoringa objekts Vienziemīte	41
2.6. att. Monitoringa objekts G264 Āģe	42
2.7. att. Monitoringa objekts L118 Auce	45
2.8. att. Monitoringa objekts V046 Ēda	46
2.9. att. Monitoringa objekts V093 Slocene	48
3.1. att. Gada vidējo $NO_3\text{-N}$ koncentrāciju ($mg\ L^{-1}$) mainība Mellupītes drenu lauka izpētes līmenī, 1995. – 2021. g.	61
3.2. att. Dienu skaits ar pārsniegtu $NO_3\text{-N}$ koncentrācijas ($mg\ L^{-1}$) robežvērtību Bērzes un Mellupītes monitoringa staciju drenu lauka izpētes līmenī, 1995. – 2021. g.	62
3.4. att. Gada vidējās N_{kop} koncentrācijas ($mg\ L^{-1}$) un zudumi ($kg\ ha^{-1}$) Mellupītes monitoringa stacijas drenu lauka izpētes līmenī, 1995. – 2021. g.	68

3.5. att. Gada vidējās N_{kop} koncentrācijas ($mg\ L^{-1}$) un zudumi ($kg\ ha^{-1}$) Mellupītes monitoringa stacijas sateces baseina izpētes līmenī, 1995. – 2021. g.	69
3.6. att. N_{kop} zudumu ($kg\ ha^{-1}$) un noteces (mm) saistība Bērzes, Mellupītes un Vienziemītes monitoringa stacijas drenu lauka izpētes līmenī, 1995. – 2021. g.	69
3.7. att. N_{kop} zudumu ($kg\ ha^{-1}$) un noteces (mm) saistība Bērzes, Mellupītes un Vienziemītes monitoringa stacijas sateces baseina izpētes līmenī, 1995. – 2021. g.	70
3.8. att. Gada vidējās P_{kop} koncentrācijas ($mg\ L^{-1}$) un zudumi ($kg\ ha^{-1}$) Mellupītes monitoringa stacijas drenu lauka izpētes līmenī, 1995. – 2021. g.	71
3.9. att. Gada vidējās P_{kop} koncentrācijas ($mg\ L^{-1}$) un zudumi ($kg\ ha^{-1}$) Mellupītes monitoringa stacijas sateces baseina izpētes līmenī, 1995. – 2021. g.	71
3.10. att. P_{kop} zudumu ($kg\ ha^{-1}$) un noteces (mm) saistība Bērzes, Mellupītes un Vienziemītes monitoringa stacijas drenu lauka izpētes līmenī, 1995. – 2021. g.	72
3.11. att. P_{kop} zudumu ($kg\ ha^{-1}$) un noteces (mm) saistība Bērzes, Mellupītes un Vienziemītes monitoringa stacijas sateces baseina izpētes līmenī, 1995. – 2021. g.	73
3.12. att. Monitoringa objekta Bērzes upe N_{kop} , NH_4-N , P_{kop} un NO_3-N koncentrāciju vidējās vērtības periodā no 2005. g. janvāra līdz 2021. g. decembrim, $mg\ L^{-1}$	74
3.13. att. Monitoringa objekta G264 Aģe N_{kop} , NH_4-N , P_{kop} un NO_3-N koncentrāciju vidējās vērtības periodā no 2020. g. maija līdz 2021. g. oktobrim, $mg\ L^{-1}$	76
3.14. att. Monitoringa objekta L118 Auce N_{kop} , NO_3-N , NH_4-N un P_{kop} vidējās vērtības periodā no 2021. g. marta līdz 2021. g. decembrim, $mg\ L^{-1}$	77
3.15. att. Monitoringa objekta V046 Ēda N_{kop} , NH_4-N , P_{kop} un NO_3-N vidējās vērtības periodā no 2021. g. marta līdz 2021. g. decembrim, $mg\ L^{-1}$	78
3.16. att. Monitoringa objekta V093 Slocene N_{kop} , NH_4-N , P_{kop} un NO_3-N vidējās vērtības periodā no 2020. g. maija līdz 2021. g. oktobrim, $mg\ L^{-1}$	80
3.17. att. Gada vidējās noteces (mm) un gada vidējo P (mm) saistība Bērzes monitoringa stacijas drenu lauka (A) un sateces baseina (B) izpētes līmenī, 1995. – 2021. g.	85
3.18. att. Gada vidējās noteces (mm) un gada vidējo P (mm) saistība Mellupītes monitoringa stacijas drenu lauka (A) un sateces baseina (B) izpētes līmenī 1995. – 2021. g.	86
3.19. att. Gada vidējās noteces (mm) un gada vidējo P (mm) saistība Vienziemītes monitoringa stacijas drenu lauka (A) un sateces baseina (B) izpētes līmenī 1995. – 2021. g.	86
3.20. att. Noteces (mm) un nokrišņu (mm) sezonāls % sadalījums Bērzes, Mellupītes un Vienziemītes monitoringa stacijas drenu lauka un sateces baseina izpētes līmenī, 1995. – 2021. g.	88
3.21. att. N_{kop} (A) un NO_3-N (B) ($mg\ L^{-1}$) saistība ar vidēja putekļaina smilšmāla (sMp2) īpatsvaru (%) Bērzes upes izpētes līmenī, 2005. – 2021. g.	90
3.22. att. P_{kop} (A) un PO_4-P (B) ($mg\ L^{-1}$) saistība ar vidēja putekļaina smilšmāla (sMp2) īpatsvaru (%) Bērzes upes izpētes līmenī, 2005. – 2021. g.	90
3.23. att. N_{kop} (A) un NO_3-N (B) ($mg\ L^{-1}$) saistība ar viegla māla un smaga smilšmāla (M2) īpatsvaru (%) Bērzes upes izpētes līmenī, 2005. – 2021. g.	91
3.24. att. N_{kop} (A) un NO_3-N (B) ($mg\ L^{-1}$) saistība ar vidējo slīpumu (%) Bērzes upes izpētes līmenī, 2005. – 2021. g.	91
3.25. att. P_{kop} (A) un PO_4-P (B) ($mg\ L^{-1}$) saistība ar vidējo slīpumu (%) Bērzes upes izpētes līmenī, 2005. – 2021. g.	92

3.26. att. N_{kop} (A) un NO_3-N (B) ($mg\ L^{-1}$) saistība ar lauksaimniecības zemju īpatsvaru (%) Bērzes upes izpētes līmenī, 2005. – 2021. g.....	93
3.27. att. P_{kop} (A) un PO_4-P (B) ($mg\ L^{-1}$) saistība ar lauksaimniecības zemju īpatsvaru (%) Bērzes upes izpētes līmenī, 2005. – 2021. g.....	94
3.28. att. N_{kop} (A) un NO_3-N (B) ($mg\ L^{-1}$) saistība ar ziemas rapša īpatsvaru (%) Bērzes upes izpētes līmenī, 2005. – 2021. g.....	95
3.29. att. P_{kop} (A) un PO_4-P (B) ($mg\ L^{-1}$) saistība ar ziemas kviešu īpatsvaru (%) Bērzes upes izpētes līmenī, 2005. – 2021. g.....	95
3.30. att. P_{kop} (A) un PO_4-P (B) ($mg\ L^{-1}$) saistība ar vasaras miežu īpatsvaru (%) Bērzes upes izpētes līmenī, 2005. – 2021. g.....	96
3.31. att. P_{kop} (A) un PO_4-P (B) ($mg\ L^{-1}$) saistība ar papuves īpatsvaru (%) Bērzes upes izpētes līmenī, 2005. – 2021. g.....	96
3.32. att. N_{kop} (A) un NO_3-N (B) ($mg\ L^{-1}$) saistība ar drenētu platību īpatsvaru (%) Bērzes upes izpētes līmenī, 2005. – 2021. g.....	97
3.33. att. P_{kop} (A) un PO_4-P (B) ($mg\ L^{-1}$) saistība ar drenētu platību īpatsvaru (%) Bērzes upes izpētes līmenī, 2005. – 2021. g.....	97
3.34. att. Ar minerālo mēslojumu izkliegtā slāpekļa daudzuma ($kg\ ha^{-1}$) izmaiņas Mellupītes monitoringa stacijas drenu lauka izpētes līmenī, 1995. – 2021. g.....	99
3.35. att. N_{kop} (A) un NO_3-N (B) ($mg\ L^{-1}$) saistība ar dzīvnieku vienību skaitu (gab.) Bērzes upes izpētes līmenī, 2007. – 2021. g.	100
3.36. att. P_{kop} (A) un PO_4-P (B) ($mg\ L^{-1}$) saistība ar dzīvnieku vienību skaitu (gab.) Bērzes upes izpētes līmenī, 2007. – 2021. g.....	100

DARBĀ LIETOTIE SIMBOLI, SAĪSINĀJUMI UN APZĪMĒJUMI

FAO	– Apvienoto Nāciju organizācijas Pārtikas un lauksaimniecības organizācija
HELCOM	– Baltijas jūras reģiona jūras vides aizsardzības komisija (Helsinku komisija)
LAD	– Lauku atbalsta dienests
LBTU	– Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitāte
LĢIA	– Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūra
LVĢMC	– VSIA “Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs”
mg L ⁻¹	– miligrami litrā
N	– ķīmiskais elements slāpeklis
NAI	– notekūdeņu attīrīšanas iekārtas
NH ₄ -N	– amonija - slāpeklis
N _{kop}	– kopējais slāpeklis
NO ₃ -N	– nitrātu - slāpeklis
NS	– novērojumu stacija
P _{kop}	– kopējais fosfors
PO ₄ -P	– ortofosfātu - fosfors
t.sk.	– tai skaitā
UNESCO	– Apvienoto Nāciju Izglītības, zinātnes un kultūras organizācija
VARAM	– Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrija
VRAA	– Valsts reģionālās attīstības aģentūra
VSIA	– valsts sabiedrība ar ierobežotu atbildību
ZM	– Zemkopības ministrija
ZMNĪ	– Zemkopības ministrijas nekustamie īpašumi

IEVADS

Ūdens resursus izmanto dažādu tautsaimniecības nozaru darbības nodrošināšanai. Nozīmīgākās nozares, kas patērē virszemes un pazemes ūdeņus, Latvijā ir komunālie pakalpojumi (aptuveni 45%), lauksaimniecība (aptuveni 25%) un rūpniecība (aptuveni 20%) (Vides politikas pamatnostādnes 2021). Būtiska slodze uz iekšzemes ūdeņiem ir piesārņojums ar augu barības vielām (biogēnajiem elementiem), kuru galvenie avoti ir rūpniecības un komunālie notekūdeņi, kā arī lauksaimniecības notece (Eiropas Revīzijas Palāta 2016; HELCOM 2021). Latvija atrodas Baltijas jūra piekrastē, kas ir viena no piesārņotākajām jūrām pasaulē (Baltic Sea 2021). Saskaņā ar HELCOM Baltijas jūras rīcības plānu un Eiropas Ekonomikas Kopienas 2019. gada ziņojumu, lauksaimniecība (lauksaimnieciskās izcelsmes nitrātu - slāpekli) ir galvenais virszemes ūdeņu izkliedētā (difūzā) piesārņojuma avots, kas galvenokārt saistīts ar paaugstinātām augu barības vielu un ķīmisko vielu emisijām (European Commission Report 2019; HELCOM 2007). Baltijas jūrā ar upju noteci nonāk aptuveni 78% no visa slāpekļa un 95% no visa fosfora piesārņojuma (Eiropas Revīzijas Palāta 2016).

Augu barības vielu iznese ar lauksaimniecības noteci ir nenovēršams process, ja augu barības vielu daudzums augsnē pārsniedz augiem nepieciešamo vielu uzņemšanas iespējas, veidojas virszemes ūdeņu piesārņojums ar augu barības vielām. Kā nozīmīgākā negatīvā slāpekļa un fosfora savienojumu piesārņojuma izpausme noteikta intensīva eutrofikācijas procesu norise (paaugstināta augu augšanas un atmiršanas intensitāte, augu barības vielu piesārņojuma dēļ), kā arī hipoksijas procesa (samazināta skābekļa koncentrācija) norise iekšzemes ūdensobjektos (Howarth 2008; Moore et al. 2010), kā arī Rīgas līcī un Baltijas jūrā (HELCOM 2021). Lai arī ilgtermiņā Baltijas jūras ūdens kvalitāte uzlabojas, ziņojumā par Baltijas jūras stāvokli (periodam no 2011. līdz 2016. g.) secināts, ka aptuveni 96% Baltijas jūras reģiona teritorijas ir novērtēta ar sliktu un vidēju kvalitāti, tostarp visa atklātā jūras zona un 86% piekrastes ūdeņu (HELCOM 2018). Ūdens sistēma ir vienota, tādēļ Baltijas jūras ūdens kvalitāti ietekmē iekšzemes teritorijā esošo virszemes ūdensobjektu ekoloģiskā kvalitāte, t.sk., augu barības vielu koncentrācija un apjoms.

Labas virszemes un pazemes ūdeņu kvalitātes nodrošināšanai un ūdens resursu ilgtspējīgas izmantošanas veicināšanai, kā arī ūdens resursu aizsardzības nodrošināšanai un kvalitātes uzlabošanai, izveidoti un ieviesti vairāki reglamentējoši Eiropas Savienības un Latvijas mēroga dokumenti un normatīvie akti. Nozīmīgākie dokumenti ES līmenī ir Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīva 2000/60/EK sistēmas izveidei par rīcību ūdens politikas jomā (pieņemta 2000. gada 23. oktobrī) (Ūdens struktūrdirektīva) un Padomes Direktīva 91/676/EEK (pieņemta 1991. gada 12. decembrī) attiecībā uz ūdeņu aizsardzību pret piesārņojumu, ko rada lauksaimnieciskās izcelsmes nitrātu - slāpekli (Nitrātu direktīva), kā arī 1974. un 1992. gada Baltijas jūras reģiona jūras vides aizsardzības konvencija (Helsinki konvencija). Nitrātu direktīvā norādīta prasība dalībvalstīm identificēt īpaši jutīgās zonas (zemes platības, kur nonāk ūdeņi, ko ietekmē vai var ietekmēt piesārņojums), izstrādāt rīcības programmu un īstenot tajā ietvertos pasākumus, lai ierobežotu visu veidu slāpekli saturoša mēslojuma izmantošanu un sakārtotu kūtsmēsļu uzglabāšanas kārtību, veikt ūdens monitoringu, kā arī noteikta NO_3 maksimāli pieļaujamās koncentrācijas robežvērtība (EU Nitrates Directive 1991). HELCOM 2021. gada oktobra ziņojumā secināts, ka 2007. gadā izvirzītais mērķis Baltijas jūrai sasniegt labu ekoloģisko kvalitāti 2021. gadā nav sasniegts, 2021. gadā HELCOM Baltijas jūras rīcības plāns atjaunots un tajā noteikts dalībvalstīm līdz 2025. gadam novērst un būtiski samazināt visa veida piesārņojumu, t.sk., piesārņojumu ar augu barības vielām (HELCOM 2021). Ūdens struktūrdirektīvā (2000/60/EK) sākotnēji noteikts mērķis līdz 2015. gadam sasniegt labu virszemes ūdens stāvokli (stāvoklis, kādu virszemes ūdensobjekts sasniedz tad, kad gan ekoloģiskie, gan fizikāli-ķīmiskās kvalitātes rādītāji ir vismaz "labi") visiem virszemes ūdensobjektiem ES (EU Water Framework Directive 2000). Kvalitātes faktori ekoloģiskās kvalitātes rādītāju klasifikācijai upēm Ūdens struktūrdirektīvā (2000/60/EK)

noteikti: bioloģiskie faktori, hidromorfoloģiskie faktori un fizikāli-ķīmiskās kvalitātes faktori (EU Water Framework Directive 2000). Noteiktajā termiņā mērķis kopumā tika sasniegts 40% ES virszemes ūdensobjektu (EEA 2018). Lai nodrošinātu noteiktā mērķa izpildi, direktīvas prasība tika pārskatīta un noteikts visu ūdensobjektu labu kvalitatīvo un kvantitatīvo stāvokli sasniegt līdz 2027. gadam (Vides politikas pamatnostādnes 2021). Vienlaicīgi Vides aizsardzības nozares vidēja termiņa politikas plānošanas dokumentā, kuru izstrādā VARAM "Vides politikas pamatnostādnes 2021. – 2027. gadam", kura mērķi ir pakārtoti Latvijas ilgtspējīgas attīstības stratēģijas līdz 2030. gadam un Latvijas nacionālās attīstības plānam 2021. – 2027. gadam, noteikts mērķis līdz 2027. gadam virszemes ūdensobjektu īpatsvaram, kuri atbilst augstai un labai ekoloģiskai kvalitātei sasniegt 35% (ietver bioloģisko, hidromorfoloģisko un fizikāli-ķīmisko rādītāju novērtējumu), kā arī noteikts samazināt slāpekļa un fosfora slodzes Baltijas jūrā atbilstoši HELCOM Baltijas jūras rīcības plānā noteiktajiem mērķim (Vides politikas pamatnostādnes 2021). Lai skaidrotu augu barības vielu zudumu iemeslus un rastu pamatojumu virszemes ūdensobjektu ekoloģiskās kvalitātes uzlabošanas risinājumiem, nepieciešams noteikt agrohidroloģiskos faktorus, kuri ietekmē lauksaimniecības noteces sastāvu un augu barības vielu izskalošanos no lauksaimniecības teritorijām.

Pētījuma mērķis:

novērtēt agrohidroloģisko faktoru ietekmi uz lauksaimniecības noteces kvalitatīvajiem rādītājiem Latvijā.

Pētījuma uzdevumi:

1. noteikt dabiskos un antropogēnos faktorus, kas ietekmē augu barības vielu zudumus;
2. raksturot nozīmīgāko dabisko faktoru ietekmi uz slāpekļa un fosfora savienojumu izskalošanos lauksaimniecības noteču pētījuma teritorijās Latvijā drenu lauka, mazā sateces baseina un upes līmenī;
3. raksturot nozīmīgāko antropogēno faktoru ietekmi uz slāpekļa un fosfora savienojumu izskalošanos lauksaimniecības noteču pētījuma teritorijās Latvijā drenu lauka un upes līmenī;
4. novērtēt dabisko un antropogēno faktoru savstarpējās saistības ietekmi uz slāpekļa un fosfora savienojumu izskalošanos upes izpētes līmenī.

Aizstāvēšanai izvirzītā tēze:

dabiskie un antropogēnie agrohidroloģiskie faktori ietekmē gada vidējo N_{kop} , NO_3-N , NH_4-N , P_{kop} un PO_4-P koncentrāciju mainību lauksaimniecības noteču pētījuma objektos.

Promocijas darba zinātniskā novitāte: darbam ir augsta zinātniskā nozīme Latvijas un starptautiskā kontekstā, jo augu barības vielu zudumu ietekmējošo faktoru analīze ar augstu detalizācijas pakāpi, trīs savstarpēji pakārtotos izpētes līmeņos (drenu lauka, mazā sateces baseina un upes līmenis) Latvijā veikta pirmo reizi. Darba novitāte ietver augsnes granulometriskā sastāva, kultūraugu, drenēto platību īpatsvara, kā arī dzīvnieku vienību skaita sateces baseinā kā atsevišķu faktoru ietekmes izvērtējumu uz augu barības vielu koncentrācijām. Papildus veiktā pētījuma zinātnisko novitāti nosaka daudzfaktoru (vidējā gaisa temperatūra, gada vidējo nokrišņu summa, drenēto platību īpatsvars daļbaseinā, mākslīgo (urbāno) platību īpatsvars daļbaseinā, lauksaimniecības platību īpatsvars daļbaseinā, mežu un dabisko platību īpatsvars daļbaseinā, mitrzemju (purvu) īpatsvars daļbaseinā, ūdenstilpņu īpatsvars daļbaseinā, grants īpatsvars daļbaseinā, mālainu augšņu īpatsvars daļbaseinā, smilšainu augšņu īpatsvars daļbaseinā, mālsmilts augšņu īpatsvars daļbaseinā, smilšmāla augšņu īpatsvars daļbaseinā, purva (kūdras) augšņu īpatsvars daļbaseinā, vidējais dzīvnieku vienību skaits daļbaseinā pētījuma periodā) summārās ietekmes izvērtējums uz gada vidējo N_{kop} , NO_3-N , NH_4-N , P_{kop} un PO_4-P koncentrāciju vērtībām lauksaimniecības noteču pētījuma objektos. Iegūtie rezultāti, kas raksturo nozīmīgākos agrohidroloģiskos faktorus, kas ietekmē lauksaimniecības noteces kvalitāti, sniedz priekšstatu par nepieciešamajiem pasākumiem un ieviešanai piemērotām teritorijām, lai uzlabotu noteces kvalitāti Latvijas valsts mērogā un citviet.

Promocijas darba praktiskais pielietojums: darbam ir praktiskā pielietojuma iespējas Latvijas un starptautiskā kontekstā, jo nosakot nozīmīgākos dabiskos un antropogēnos

agrohidroloģiskos faktorus, kas ietekmē augu barības vielu izskalošanos no lauksaimniecības platībām Latvijā un izvērtējot faktoru saistību, mijiedarbību un ietekmi, rezultātus iespējams izmantot augu barības vielu zudumu prognozēšanai līdzvērtīgās lauksaimniecības teritorijās, kā arī rezultātus iespējams izmantot ierosinājumu izstrādei par augsnes un ūdens apsaimniekošanas pasākumiem lauksaimniecības zemēs, izmantot upju baseinu apsaimniekošanas plānu veidošanā, kā arī Nitrātu direktīvas (91/676/EEK) mērķa “samazināt ūdens piesārņojumu, ko rada lauksaimnieciskās izcelsmes nitrātu - slāpekļi, un novērst turpmāku šādu piesārņojumu” un Ūdens struktūrdirektīvas (2000/60/EK) mērķa “apturēt stāvokļa pasliktināšanos ES ūdenstilpnēs un sasniegt “labu stāvokli” Eiropas upēs, ezeros un gruntsūdeņos” izpildei.

Pētījumā izmantoti dati par Lauksaimniecības noteču monitoringa pētījumiem dažādos savstarpēji saistītos izpētes līmeņos (drenu lauks, mazais sateces baseins un upe), kuru realizācijas nepieciešamību nosaka Vides politikas pamatnostādnes 2021. – 2027. gadam un uz tās pamata izstrādātā Vides monitoringa programma 2021. – 2026. gadam, 2. nodaļa “Ūdeņu monitoringa programma”. Vides politikas pamatnostādnes 2021. – 2027. gadam 2. sadaļā noteikti mērķi valsts vides monitoringa jomā un 2.2.7. punktā raksturots rezultatīvais rādītājs “nodrošināts Lauksaimniecības noteču monitorings” (Vides politikas pamatnostādnes 2021). Papildus promocijas darba izstrādē izmantoti projekta “Latvijas upju baseinu apsaimniekošanas plānu ieviešana laba virszemes ūdens stāvokļa sasniegšanai” (LIFE GoodWater IP, LIFE18 IPE/LV/000014) īstenošanas gaitā iegūtie dati un VSIA “Latvijas Vides ģeoloģijas un meteoroloģijas centra” meteoroloģisko novērojumu dati.

1. LĪDZŠINĒJO PĒTĪJUMU ANALĪZE

Nodaļā konspektīvi raksturoti virszemes ūdeņu kvalitāti ietekmējošie apstākļi (t.sk., aprakstīti ūdens piesārņojuma veidi, Latvijas iekšzemes ūdeņu galvenie slodžu avoti, eutrofikācijas process, kā arī normatīvie akti par Baltijas jūras aizsardzību no piesārņojuma), lauksaimniecības noteces kvalitāti un kvantitāti ietekmējošie agrohidroloģiskie faktori, kā arī aprakstīta dabisko un antropogēno faktoru ietekme uz lauksaimniecības noteces sastāvu.

1.1. Virszemes ūdeņu kvalitāti ietekmējošie apstākļi

Pieejamais saldūdens resurss veido aptuveni 1% no visiem ūdens krājumiem (Rogers 2008), tā sadalījums pasaules reģionos ir nevienmērīgs. Tiek prognozēts, ka līdz ar iedzīvotāju skaita palielināšanos, pieprasījums pēc saldūdens palielināsies par aptuveni 1% gadā (WWAP 2018), vienlaicīgi līdz 2025. gadam apgabalos, kuros ir ūdens trūkums, dzīvos aptuveni 1.8 miljardi cilvēku (Rogers 2008). Ūdens izmantošanu ietekmē tā kvalitāte un kvantitāte, vietai raksturīgie klimatiskie un meteoroloģiskie apstākļi, kā arī ekonomikas, rūpniecības un lauksaimniecības nozares attīstība, mainīgi ūdens patēriņa modeļi, valstu normatīvais regulējums ražošanas un ūdenssaimniecības jomās (WWAP 2017). Ūdens resursa izmantošanu ietekmē arī tā spēja izkliedēt dažādas vielas – ūdens spēj izšķīdināt vairāk vielu kā jebkura cita zināmā viela uz planētas, tādēļ ir pastiprināti jutīgs pret piesārņojumu, Apvienoto Nāciju Pasaules ūdens attīstības 2017. gada ziņojumā secināts, ka aptuveni 80% pasaulē veidojušos notekūdeņu, galvenokārt, neattīrīti, tiek novadīti atpakaļ vidē, piesārņojot upes, ezerus un okeānus (WWAP 2017).

Ūdens piesārņojuma veidus iedala kategorijās atkarībā no piesārņojuma īpašībām un izcelsmes avota:

- ķīmisks (neorganiskās vielas, naftas produkti, virsmaktīvās vielas, pesticīdi, organiskās vielas), fizikāls (siltuma piesārņojums, atkritumi) un bioloģisks piesārņojums (ūdensobjektam neraksturīgu dzīvnieku, augu, sēņu, baktēriju, vīrusu klātbūtne);
- punktveida (koncentrēts) un difūzais (piesārņojuma avoti ir izkliedēti) piesārņojums.

Ūdens aprītē ir iesaistīti visi ūdens resursi, t.sk., litosfēras un atmosfēras ūdeņi, tādēļ izmaiņas jebkurā ūdens sistēmas tīkla posmā var radīt ķēdes efektu, apdraudot ūdens resursus globāli: gruntsūdeņus, drenu noteci un virszemes ūdeņus, t.sk., grāvju tīklu, upes, ezerus, jūras un okeānus (Zhang et al. 2021). Ūdens aprites cikla nepārtrauktību definē izmantojot ūdens bilances vienādojumu, kas nosaka, ka nokrišņi tiek atgriezti atmosfērā iztvaikošanas vai noteces veidā (Arregui and Quemada 2006; Zhang et al. 2021).

Ūdens bilances vienādojums (1.1. vienādojums) izsaka kvantitatīvo saistību starp ūdens pieplūdi, aizplūdi un krājumu izmaiņu ūdensobjektam noteiktā laika periodā.

$$P - E - R - \Delta V = 0 \quad (1.1)$$

kur

P – nokrišņi, mm;

E – iztvaikošana, mm;

R – notece, mm;

ΔV – ūdens krājumu izmaiņas ūdensobjekta baseinā vai teritorijā, mm (Zhang et al. 2021; Zīverts 2004).

Ūdenim piemīt dabiska pašattīršanās spēja, taču, līdz ar patēriņa palielināšanos un palielināto notekūdeņu apjomu, kā arī rūpniecības nozares attīstību, tīra ūdens resursa daudzums globāli samazinās, tādēļ ir nepieciešams iespēju robežās samazināt un limitēt ūdens piesārņojumu.

Latvija ir bagāta ar ūdens resursiem: 12 400 upju, strautu un lielo grāvju, ap 4 000 ezeru un ūdenskrātuvju kopā aizņem 3.7% no valsts teritorijas (VARAM 2013). Ūdeņu aizsardzības un ilgtspējas nodrošināšanai reģionālā mērogā Latvijā tiek veidoti upju baseinu apgabalu apsaimniekošanas plāni (Daugavas, Gaujas, Lielupes un Ventas upju baseins), kas tiek izstrādāti 6 gadu periodam (jaunākais 2021. – 2027. g.). Upju monitoringa rezultāti apkopoti LVĢMC veidotā ikgadējā pārskatā par virszemes un pazemes ūdeņu stāvokli (Upju baseinu apgabalu apsaimniekošanas plāni 2021). Saskaņā ar LVĢMC pārskatiem, kurā ūdensobjektu kvalitātes kopējais vērtējums ir noteikts pēc fizikāli – ķīmiskajiem un bioloģiskajiem rādītājiem, kur noteicošais ir bioloģisko rādītāju novērtējums, virszemes ūdeņu kvalitātes monitoringa rezultāti liecina, ka augstai vai labai ekoloģiskai kvalitātei 2015. gadā atbilst 31% ūdensobjektu (50 novērojumu stacijas), 2016. gadā 24% (85 novērojumu stacijas), 2017. gadā 21% (136 novērojumu stacijas), 2018. gadā 32% ūdensobjektu (144 novērojumu stacijas), 2019. gadā 30% ūdensobjektu (137 novērojumu stacijas), 2020. gada 52% ūdensobjektu (69 novērojumu stacijas) (LVĢMC 2021b). LVĢMC 2020. gada pārskatā secināts, ka augstai kvalitātei atbilst 21% ūdensobjektu, labai kvalitātei atbilst 31% ūdensobjektu, vidējai kvalitātei atbilst 43% ūdensobjektu, sliktai un ļoti sliktai ekoloģiskās kvalitātes klasei atbilst attiecīgi 4% un 1% ūdensobjektu (LVĢMC 2021c).

Lai novērtētu lauksaimniecības noteces kvalitāti un kvantitāti ietekmējošos faktoros, jāizvērtē slodzes uz virszemes ūdensobjektiem Latvijā. Slodze uz ūdens resursiem Rīgas līcī un Baltijas jūrā rodas no upju notecēm, pārrobežu piesārņojuma, punktveida piesārņojuma avotiem, krasta līniju hidromorfoloģiskiem pārveidojumiem, klimata izmaiņām, plūdiem, invazīvām sugām, atkritumiem un kuģniecības, kā arī zvejniecības nozarēm (Vides politikas pamatnostādnes 2021).

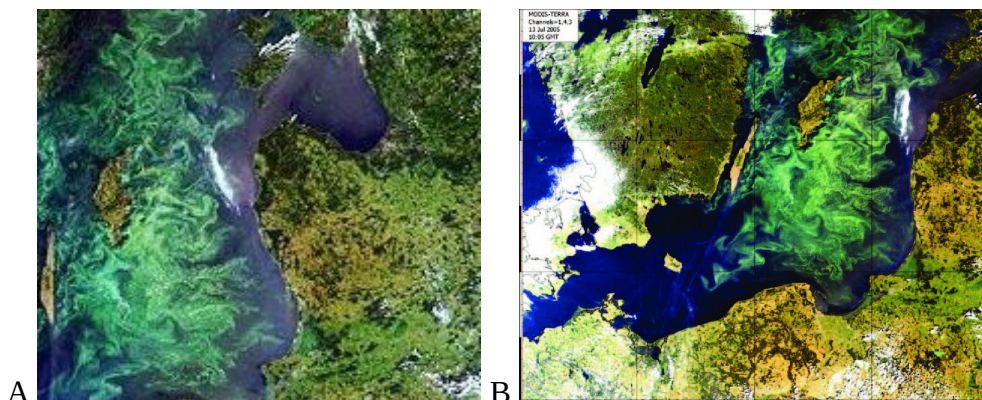
Latvijas iekšzemes ūdeņu galvenie slodžu avoti ietver:

- rūpniecību un komunālo saimniecību (ūdens resursu izmantošana, notekūdeņu apjoms, novadīšana, bīstamo vielu noplūde);
- noteci no lauksaimniecības zemēm (augu barības vielu apjoms, difūzais (izkliedētais) un punktveida piesārņojums);
- iekšzemes rūpniecisko un individuālo zveju un akvakultūras produkcijas ražošanu;
- svešzemju un invazīvo sugu skaita palielināšanos Rīgas līcī un Baltijas jūrā;
- hidromorfoloģiskos pārveidojumus (HES, dambji, polderi u.c.);
- klimata izmaiņas (gaisa temperatūras izmaiņas);
- plūdus (būtisks nokrišņu daudzums īsā laika periodā);
- tūrismu un rekreāciju;
- kā arī pārrobežu piesārņojošo vielu pārnesei (Vides politikas pamatnostādnes 2021).

Rūpniecības nozares pieprasījums pēc ūdens resursa, saskaņā ar prognozēm UNESCO ziņojumā, palielināsies daudz straujāk kā lauksaimniecības pieprasījums, lai gan lauksaimniecības nozare joprojām būs uzskatāma par lielāko ūdens patērētāju (WWAP 2018). Lauksaimniecību ietekmē dažādi dabīgie, ekonomiskie, sociālie un politiskie faktori, t.sk. raksturīgais klimats, zemes lietošanas veids, kā arī sateces baseinu raksturīgie bioģeogrāfiskie apstākļi (Geographical Factors Influencing Agriculture 2020). Pēdējā pusgadsimta laikā lauksaimniecības nozare ir paplašinājusies un intensificējusies, lai apmierinātu palielināto pārtikas pieprasījumu, ko izraisījušas iedzīvotāju skaita izmaiņas (European Commission Report 2019). Lauksaimniecības platības aizņem aptuveni 47% no visu 27 ES dalībvalstu un Apvienotās Karalistes teritorijas, lauksaimniecības produkcijas apjoms laikposmā no 2010. gada līdz 2019. gadam palielinājās par 14.5% (European Commission Report 2019). Lauksaimniecības nozare ir ne tikai lielākais pasaules saldūdens resursu patērētājs, jo lauksaimniecība un lopkopība izmanto aptuveni 70% virszemes ūdens krājumu, bet arī veicina ūdens piesārņošanu (Bechmann et al. 2009; WWAP 2017), piemēram, lauksaimnieciskās izcelsmes piesārņojums ASV (mēslojums, augu aizsardzības līdzekļi un dzīvnieku atkritumvielas) ir noteikts kā būtiskākais upju, gruntsūdeņu un ezeru piesārņojuma avots, kā

rezultātā ūdensobjektos nonāk paaugstināts augu barības vielu un patogēnu apjoms (WWAP 2018).

Lai arī eitrofikācijas procesa un zilaļģu attīstību ūdensobjektos (1.2. attēls), kā arī to apjomu ietekmē dažādi faktori, t.sk., ilgstoša augsta gaisa temperatūra (veicina ūdensaugu attīstību), mazs vēja plūsmas ātrums (aizkavē ūdens sajaukšanos) un saules radiācija (aļģes absorbē saules gaismu, paaugstinot ūdens temperatūru), intensīvu procesa izplatību veicina arī palielināta slāpekļa un fosfora attiecība ūdenī (WWAP 2017).



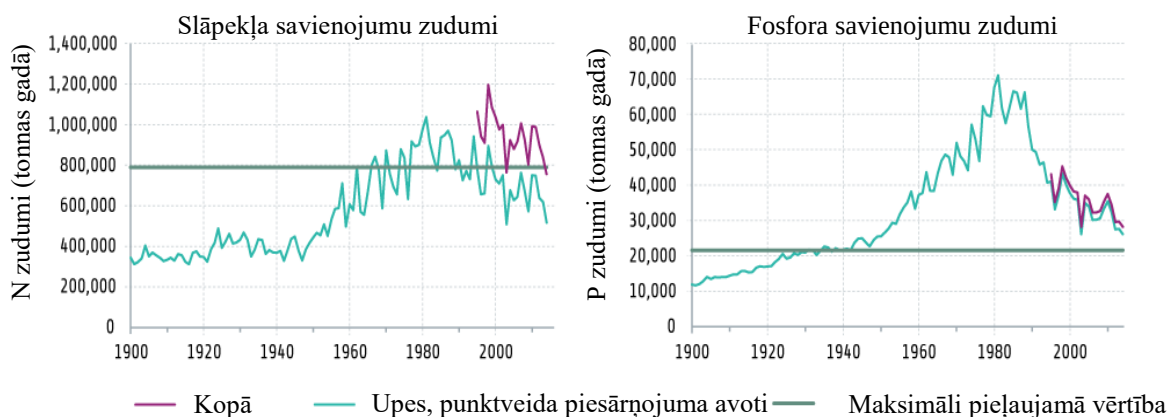
1.1. att. **Eitrofikācijas process Baltijas jūrā, satelītattēli, 2005. g. jūlijs**

A: (WWF 2011), B: (Kostianoy et al. 2006)

Ūdenstilpēs palielinoties augu barības vielu daudzumam, palielinās tajās esošo ūdensaugu un organismu apjoms, ūdenī izšķīdušais skābeklis tiek izmantots gan to augšanai, gan sadalīšanās procesā, kas rezultējas ar paaugstinātu skābekļa daudzuma patēriņu un ietekmē skābekļa pieejamību lokāli izplatītajiem dzīvajiem organismiem (WWAP 2017). Eitrofikācija rezultējas ar bezskābekļa zonu veidošanos (ūdens apakšējā slāņa hipoksija), ūdens caurredzamības samazināšanos, ūdensaugu izplatības dziļuma maiņu, kā arī toksisko zilaļģu veidošanos (WWAP 2017; Yong and Chen 2002). Piekrastes ūdeņos bezskābekļa zonas veidojas vasaras mēnešos, taču bezskābekļa zonas dziļākos ūdeņos var veidoties visa gada ietvaros, Rīgas līcī zemas skābekļa koncentrācijas ir sastopama līča dienvidu daļā, kā arī centrālajos rajonos, kur ir lielāks ūdens dziļums, taču vietām skābeklis var nebūt sastopams nemaz (Jūras vides sākotnējais novērtējums 2012). Eitrofikācijas un bezskābekļa zonu veidošanās procesi ietekmē lielu ekosistēmas daļu, jo aptuveni 20% pasaulē dzīvojošo sugu dzīvesvieta ir ūdens ekosistēmas (Grosberg, Vermeij, and Wainwright 2012).

Helsinku konvencija ir pirmā starptautiskā vienošanās pasaulē jūras vides aizsardzībai, kurā eitrofikācija tika atzīta kā būtisks process, kas liecina par Baltijas jūras ūdens kvalitātes pasliktināšanos. Tā tika pieņemta 1974. gadā (Latvijā parakstīta 1992. gadā) un 2007. gadā apstiprinātā stratēģiskā rīcības plāna (HELCOM Baltijas jūras rīcības plāna) ietvaros dalībvalstu saistošajos dokumentos joprojām tiek integrēti dažādi pasākumi ar mērķi eitrofikācijas procesa samazināšanai un novēršanai. Helsinku Konvencija ir starptautisks līgums ar mērķi samazināt, aizkavēt un novērst Baltijas jūras vides piesārņošanu, sekmēt Baltijas jūras vides atveseļošanu un tās ekoloģiskā līdzsvara uzturēšanu, līguma ietvaros dalībvalstis apņemas cīnīties pret Baltijas jūras piesārņošanu no sauszemes (HELCOM 2007). Saskaņā ar HELCOM ziņojumiem, slāpekļa un fosfora iekļūde Baltijas jūrā ir palielinājusies periodā no 1950. gadiem līdz 1980. gadu beigām, taču periodā pēc 1980. gada samazinājusies (HELCOM 2018), no 1994. līdz 2010. gadam N_{kop} un P_{kop} iekļūde Baltijas jūrā ir samazinājušās attiecīgi par 16% un 18% (HELCOM 2014). Ziņojumā par Baltijas jūras stāvokli periodā no 2011. gada līdz 2016. gadam, no septiņiem Baltijas jūras daļbaseiniem (Botnijas līcis, Somu līcis, Baltijas jūras centrālā daļa, Rīgas līcis, Dānijas jūras šaurums un Kategats), 2015. gadā maksimālais pieļaujamais N_{kop} izskalošanās apjoms pārsniegts divos baseinos: Baltijas jūras

centrālajā daļā un Somu līcī. Attiecībā uz Rīgas līci, N_{kop} izskalošanās apjoms provizoriski nepārsniedz maksimāli pieļaujamo, taču rādītājs nav statistiski ticams (HELCOM 2018). Vienlaikus maksimāli pieļaujamais P_{kop} izskalošanās apjoms pārsniegts Baltijas jūras centrālajā daļā un Rīgas līcī, kā arī Botnijas līcī un Somu līcī apjoms provizoriski nepārsniedz maksimāli pieļaujamo, taču rādītājs nav statistiski ticams. Pārējos daļbaseinos, N_{kop} un P_{kop} izskalošanās apjoms ir tuvu maksimāli pieļaujamajam, bet to nepārsniedz. Kopumā ziņojuma periodā N_{kop} izskalošanās apjoms tika samazināts par 12% un P_{kop} par 25%, salīdzinājumā ar apjomu periodā no 1997. gada līdz 2003. gadam, t.sk., Rīgas līcī N_{kop} apjoms samazinājies par 4% un P_{kop} apjoms par 7% (HELCOM 2018). Augu barības vielu zudumu izmaiņas periodā no 1900. g. līdz 2014. g. apkopotas 1.3. attēlā, kas liecina, ka pētījuma periodā augu barības vielu zudumi ir samazinājušies, taču kopumā pārsniedz vai ir tuvu maksimāli pieļaujamai vērtībai.



1.2. att. **Augu barības vielu zudumi Baltijas jūrā periodā no 1900. g. līdz 2014. g.**
(HELCOM 2018)

Saskaņā ar HELCOM vīziju “veselīga Baltijas jūras vide ar plašu, harmoniski funkcionējošu bioloģisko komponentu daudzveidību veicina labu vides un ekoloģisko stāvokli un nodrošina plašas iespējas ilgtspējīgai cilvēku ekonomiskai un sociālai darbībai”, HELCOM Baltijas jūras rīcības plāns iedalīts 4 segmentos: bioloģiskā daudzveidība, eutrofikācija, bīstamās vielas un atkritumi, kā arī “darbības jūrā”. Katram no segmentiem noteikts mērķis un nepieciešamās darbības tā sasniegšanai (HELCOM 2021). Vācija, kā HELCOM prezidējošā valsts periodā no 2020. gada 1. jūlija līdz 2022. gada 30. jūnijam noteica galvenās darbības virzienu prioritātes saskaņā ar HELCOM vīziju: okeānu pārvaldības stiprināšana, Baltijas jūras rīcības plāna atjaunošana un ieviešana, jūras vides bioloģiskās daudzveidības (HELCOM 2020). Periodā no 2022. gada 1. jūlija līdz 2024. gada 30. jūnijam Latvijai jāveic Baltijas jūras vides aizsardzības komisijas prezidējošās valsts pienākumi, kurā valsts galvenās prioritātes HELCOM Baltijas jūras rīcības plāna ieviešanā noteiktajā periodā ir nodrošināt rīcībspējīgu un efektīvu HELCOM darbību konvencijas mērķu sasniegšanai *force majeure* situācijā, ņemot vērā aktuālo ģeopolitisko situāciju, kā arī veicināt efektīvu un racionālu HELCOM struktūras funkcionēšanu un aktualizētā Baltijas jūras rīcības plāna (BSAP2021) ieviešanu (Valsts vides dienests 2022).

1.2. Lauksaimniecības noteces kvalitāti un kvantitāti ietekmējošie agrohidroloģiskie faktori

HELCOM Baltijas jūras rīcības plānā (2021) eutrofikācijas segmentā kā galvenās iekļautas piecas tēmas: augu barības vielu daudzuma mērķu īstenošanas pārraudzība, lauksaimniecība, atmosfēras slāpekļa emisijas, notekūdeņu sektors un barības vielu pārstrāde.

Lauksaimniecības tēmā kā pārvaldības mērķis noteikts samazināt cilvēku darbības radītu augu barības vielu iznesi, kā galvenie ekoloģiskie mērķi norādīti:

- augu barības vielu koncentrāciju daudzums tuvs dabiskajam līmenim;
- dzidrs ūdens;
- dabisks aļģu ziedēšanas līmenis;
- dabiska augu un dzīvnieku izplatība;
- dabisks skābekļa līmenis.

Lai sasniegtu labu Baltijas jūras ekoloģisko kvalitāti ilgtermiņā, HELCOM Baltijas jūras rīcības plāna 2021. gadā atjaunotajā versijā, maksimālā pieļaujamā N_{kop} un P_{kop} izskalošanās Baltijas jūrā noteikta 792 209 tonnas N_{kop} un 21 716 tonnas P_{kop} gadā, t.sk., Rīgas līcī 88 417 tonnas N_{kop} un 2 020 tonnas P_{kop} (HELCOM 2021). Lai sasniegtu noteiktos mērķus, nepieciešams izvērtēt faktorus, kas veicina Baltijas jūras piesārņojumu ar augu barības vielām.

Vairākos citu autoru pētījumos ir pierādīts, ka piesārņojumu ietekmē daudzi faktori un to mijiedarbība, t.sk., dabisko un antropogēno faktoru:

- Misselbrook *et al.* (1995) pētījumā norāda, ka noteces apjomu, kā arī augu barības vielu zudumu apjomu, ietekmē augsnes tips (augsnes infiltrācijas koeficients un ūdens uzkrāšanas spēja), atmosfēras nokrišņu daudzums un intensitāte, kā arī zemes virsmas slīpums;
- Mander *et al.* (1998) pētījumā apstiprina, ka augu barības vielu zudumus ietekmē zemes lietojuma veids un meteoroloģiskie apstākļi;
- Tumas (2000) pētījumā par izkliedētā (difūzā) piesārņojuma avotiem Lietuvā, secinājis, ka slāpekļa un fosfora savienojumu transportēšanu no lauksaimniecības teritorijām uz virszemes ūdensobjektiem ietekmē klimats un pielietotās lauksaimniecības prakses;
- Randall un Mulla (2001) pētījumā secināts, ka nekontrolējamiem faktoriem, kā piemēram, atmosfēras nokrišņiem un augsnes organisko vielu mineralizācijai ir būtiska ietekme uz noteci, augu barības vielu koncentrāciju un zudumiem;
- Sharpley *et al.* (2001) pētījumā par fosfora zudumiem, secināts, ka faktori, kas ietekmē P_{kop} zudumus ir augsnes granulometriskais sastāvs, organisko vielu saturs augsnē un augsnes infiltrācijas koeficients, papildus secināts, ka $PO_4\text{-P}$ zudumus galvenokārt ietekmē erozija, taču jāņem vērā arī virszemes un drenu notecē izšķīdušā fosfora formu transports uz virszemes ūdenstilpnēm;
- Dinnes *et al.* (2002) pētījumā secināts, ka $NO_3\text{-N}$ izskalošanos izraisa dažādu faktoru kombinācija, tostarp augsnes apstrāde, meliorācijas sistēmas sateces baseinā, kultūraugu izvēle, organiskās vielas saturs augsnē, kā arī gaisa temperatūra un atmosfēras nokrišņi;
- Stålnacke *et al.* (2003) pētījumā par ilgtermiņa tendencēm augu barības vielu koncentrācijām Latvijas upēs, secināts, ka paaugstināti augu barības vielu zudumi no lauksaimniecības teritorijām novērojami pie intensīvas mēslošanas līdzekļu lietošanas, īpaši situācijās, kad mēslojuma deva pārsniedz kultūrauga barības vielu vajadzības;
- Sileika *et al.* (2005) pētījumā par faktoriem, kas ietekmē N_{kop} un P_{kop} zudumus no maziem sateces baseiniem Lietuvā, secināja, ka nozīmīgi ir gan klimatiskie faktori, gan agronomiskie faktori, piemēram, augsnes apstrāde, mēslošana, kā arī mājlopu blīvums. Mēslošanas līdzekļu pastiprināšana lietošana sateces baseinā rada lielākus slāpekļa zudumus (15 kg ha^{-1} gadā), savukārt lieli fosfora zudumi novēroti sateces baseinos ar izteiktu paugurainu reljefu un mālainu augsnes tipu (0.318 kg ha^{-1} gadā);
- Udawatta *et al.* (2006) pētījumā par slāpekļa zudumiem no lauksaimniecības teritorijām secinājis, ka slāpekļa zudumus ietekmē ainavas iezīmes, atmosfēras nokrišņi, augu seka un slāpekli saturoša minerālā mēslojuma lietošanas laiks;
- Absalon un Matysik (2007) pētījumā par ūdens kvalitātes izmaiņām Polijas upē, secināja, ka liela nozīme ir noteces apjomam;

- Buciene *et al.* (2007) un Singh *et al.* (2008) veiktajos pētījumos norādīts, ka vietas ar augstu dzīvnieku blīvumu ir pakļautas virszemes ūdeņu piesārņojumam ar augu barības vielām;
- Cherry *et al.* (2008) pētījumā secināts, ka $\text{NO}_3\text{-N}$ zudumus ietekmē pārmērīgs mēslošanas devu apjoms, augu barības vielu satura neizvērtēšana kūtsmēslos, augu barības vielu izkliedēšana nepareizā laikā, rudens aršana, kā arī P_{kop} zudumus ietekmē erozija;
- Leone *et al.* (2008) pētījuma literatūras apskatā norāda, ka P_{kop} zudumus ietekmē mijiedarbība starp vairākiem faktoriem, piemēram, klimatu, meliorācijas sistēmām sateces baseinā, augsnes granulometrisko sastāvu, buferjoslas, veģetāciju (kultūraugu) un reljefu;
- Kyllmar *et al.* (2014) pētījumā par Zviedrijas lauksaimniecības monitoringa sateces baseiniem, noteikts, ka N_{kop} un P_{kop} zudumi atšķiras atkarībā no klimata, augsnes granulometriskā sastāva, aramzemes īpatsvara, kultūraugu veida un dzīvnieku blīvuma;
- Piniewski *et al.* (2014) pētījumā par iespējamiem nākotnes scenārijiem saistībā ar augu barības vielu zudumiem Polijas Baltijas jūras piekrastei piegulošā ūdensobjektā, secināts, ka galvenie augu barības vielu zudumu ietekmētāji ir klimata pārmaiņas un lauksaimnieciskās darbības intensitāte (35 gadu laikā $\text{NO}_3\text{-N}$ un $\text{PO}_4\text{-P}$ zudumus palielinās par 20%);
- Rupp *et al.* (2018) ilgtermiņa pētījumā par augsnē esošā augiem pieejamā fosfora savienojumiem, literatūras apskatā norāda, ka P_{kop} zudumi saistīti ar atmosfēras nokrišņu daudzumu, fosforu saturošu mēslošanas līdzekļu izmantošanu un māla saturu augsnē;
- Petersen *et al.* (2021) pētījumā noteikts, ka pastāv saistība starp vidējo N_{kop} un $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrāciju lauksaimniecības notecē un nokrišņiem, klimata īpatnībām, noteces slāni, iepriekšējā gada noteces slāni, ikgadējo dienu skaitu ar negatīvām gaisa temperatūrām, lauksaimniecībā izmantojamo zemju platību sateces baseinā, mājlopu blīvumu, kultūraugu, kūtsmēsļu novietņu izvēli, kūtsmēsļu iestrādes laiku un metodi, augsnes apstrādes laiku.

Rezumējot augstākminēto secināms, ka dabiskie un antropogēnie faktori, kas var ietekmēt augu barības vielu zudumus ir atmosfēras nokrišņi, gaisa temperatūra, notece, augsnes tips (augsnas granulometriskais sastāvs, augsnes infiltrācijas koeficients, organisko vielu saturs augsnē, augsnes ūdens uzkrāšanas spēja, augsnes organisko vielu mineralizācija, erozija), reljefs (zemes virsmas slīpums, ainavas iezīmes), zemes lietojuma veids (lauksaimniecībā izmantojamo zemju platība sateces baseinā), aramzemes īpatsvars, kultūrauga veids, lauksaimnieciskās darbības (augsnas apstrādes veids un laiks, slāpekļa un fosfora mēslošanas līdzekļu lietošanas laiks un devas, kūtsmēsļu iestrādes laiks un metode, kūtsmēsļu novietņu izvēle, augu barības vielu satura neizvērtēšana kūtsmēslos, augu seka, mājdzīvnieku blīvums), meliorācijas sistēmas sateces baseinā, buferjoslas, klimata pārmaiņas.

Lai arī saskaņā ar līdzšinējiem pētījumiem ir noteikti daudzi dabiskie un antropogēnie faktori, kas ietekmē augu barības vielu izskalošanos no lauksaimniecības teritorijām, promocijas darba turpmākajās nodaļās izvērtētie faktori izvēlēti balstoties uz diviem kritērijiem:

- raksturoti literatūrā biežāk minētie faktori, kam ir noteikta nozīmīga ietekme uz lauksaimniecības noteces kvalitāti un kvantitāti;
- ietekmējošo faktoru izvēli limitē ģeotelpiskās informācijas un monitoringa datu pieejamība.

1.2.1. Dabisko faktoru ietekme uz lauksaimniecības noteces sastāvu

Latvijas klimatu būtiski ietekmē teritorijas atrašanās Atlantijas okeāna ietekmes apgabalā. Siltās un mitrās okeāniskās gaisa masas, kas veidojas virs Atlantijas okeāna, virzās pāri Baltijas jūrai no rietumiem uz austrumiem (rietumu planetārā plūsma), un relatīvi līdzēnā reljefa dēļ tās iespiežas tālu Eiropas daļā. Kopumā Latvijai raksturīga augsta cikloniskā aktivitāte, kas nosaka izteiktu laikapstākļu maiņu. Ciklonu atnestās gaisa masas izraisa apmākušos laiku un nokrišņus. Ziemā tās rada sala samazināšanos, bet vasarā nosaka vēsa un mitra laika iestāšanos. Kontinentālā gaisa ieplūšana anticiklona apstākļos visbiežāk vasarā atnes siltumu, bet ziemā –

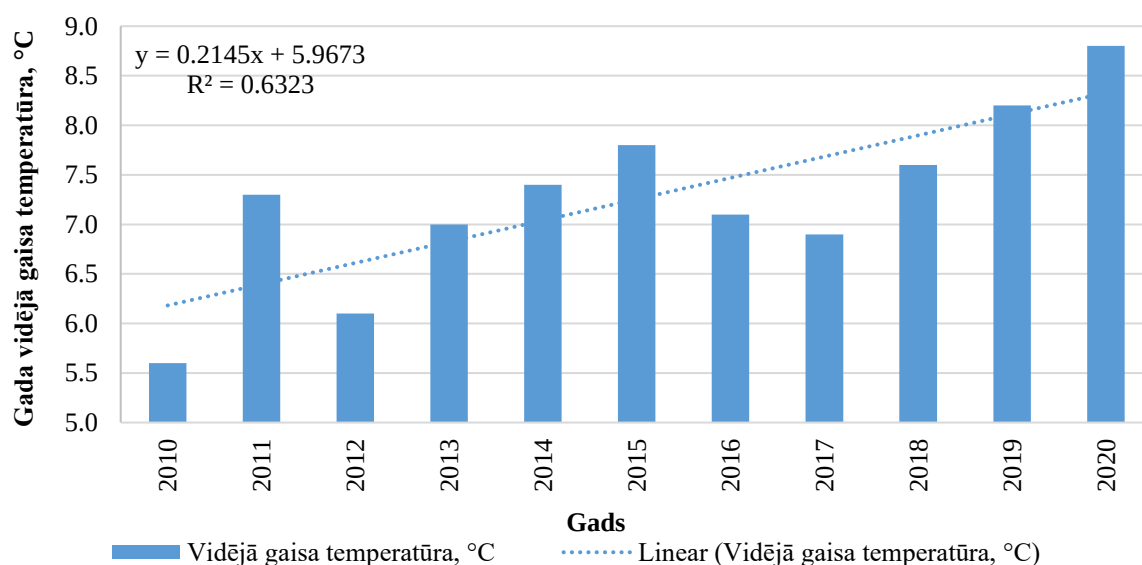
aukstumu (Klimats Latvijā 2021). Latvijai raksturīgs humīds klimats, kur nokrišņu daudzums pārsniedz iztvaikošanu. Tālākai analīzei izvēlēti vairākos pētījumos (Clark, Mueller, and Mast 2000; Iital et al. 2010; Petersen et al. 2021) norādītie nozīmīgākie dabiskie faktori, kas ietekmē lauksaimniecības noteces kvalitāti:

- meteoroloģiskie faktori:
 - gaisa temperatūra;
 - atmosfēras nokrišņi;
- notece;
- augsnes īpašības (granulometriskais sastāvs);
- reljefs (virsmas slīpums).

Nozīmīgāko dabīgo faktoru ietekmes uz lauksaimniecības noteci kvalitātes un kvantitātes novērtēšanai augstākminētie faktori pētīti detalizētāk.

Gaisa temperatūra ir viens no Zemes atmosfēras termodinamiskajiem lielumiem, kas raksturo gaisa sasiluma pakāpi, ko veido Saules radiācija. Gaisa temperatūra ir meteoroloģiskais faktors, kas atkarīgs no Saules radiācijas nevienmērīgās pieplūdes pa mēnešiem un sezonām (Klimats Latvijā 2021). Gaisa temperatūras sezonālas, gada izmaiņas, kā arī maksimālās un minimālās vērtības ietekmē lauksaimniecības procesu norisi, t.sk., paaugstināta vidējā gaisa temperatūra ietekmē kultūraugu augšanas sezonas ilgumu, kā arī augšanas faktorus, vasarā veicina iztvaikošanas procesu un potenciāli samazina noteces apjomu un ziemā veicina sniega kušanu un potenciāli palielina noteces apjomu (Deelstra et al. 2011). Gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu raksturošanai tiek izmantotas klimatiskās standarta normas. Klimatiskās standarta normas ir meteoroloģisko parametru vidējās vērtības, kas aprēķinātas 30 secīgu gadu periodam (LVĢMC Klimats Latvijā 2021).

Lai novērtētu tendences, izmantota LVĢMC pieejamā informācija par vidējās gaisa temperatūras izmaiņām Latvijas teritorijā pēdējā desmitgadē (periodā no 2010. gada līdz 2020. gadam), norāda, ka vidējā gaisa temperatūra periodā ir +7.3 °C (1.4. attēls), salīdzinoši gada vidējās gaisa temperatūras klimatiskā standarta norma (periodam no 1991. līdz 2020. g.) Latvijā ir +6.8 °C, attiecīgi novērojama temperatūras paaugstināšanās par +0.5 °C. Periodā no 1961. gada līdz 1990. gadam vidējā gaisa temperatūra bija +5.7 °C, periodā no 1981. gada līdz 2010. gadam vidējā gaisa temperatūra bija +6.4 °C (LVĢMC 2021a). LVĢMC meteoroloģisko datu analīze liecina, ka no 1961. g. līdz 2020. g. ir novērojama vienmērīga gaisa temperatūras paaugstināšanās, kas ir izteikta gan vidējās gaisa temperatūras vērtībās, gan minimālās un maksimālās gaisa temperatūras vērtībās (LVĢMC 2021a).

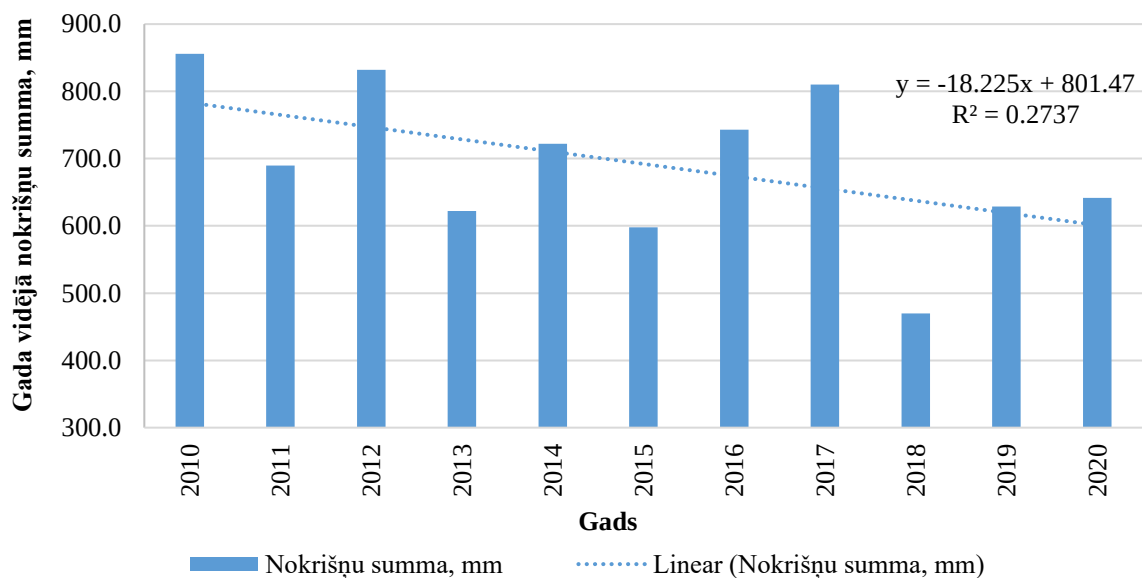


1.3. att. **Gada vidējā gaisa temperatūra Latvijas teritorijā, 2010. – 2020. g., °C**
(LVĢMC meteoroloģisko novērojumu dati)

Ziemām kļūstot siltākām un palielinoties maksimālo atmosfēras nokrišņu summām, palielinās virszemes notecē, izraisot izmaiņas virszemes ūdeņu sastāvā (KALME noslēguma pārskats 2010). Stuntenbeck *et al.* (2011) pētījums liecina, ka P_{kop} notecē ir augstāka periodos, kad augsne nav sasalusi ($p < 0.05$) (P_{kop} 1.13 – 4.21 mg L⁻¹) salīdzinājumā ar periodiem, kad augsne ir sasalusi (P_{kop} 0.60 – 2.68 mg L⁻¹). Veģetācijas sezonas ilgumam (t.i., dienu skaitam gadā, kad diennakts vidējā temperatūra ir vismaz +5°C) ir būtiska ietekme uz NO₃-N izskalošanās apjomu, jo veģetācijas periodā augi NO₃-N izmanto augšanas procesu nodrošināšanai un tādējādi tiek novērsta vai samazināta NO₃-N izskalošanos (Andersen *et al.* 2014), savukārt Stålnacke *et al.* (2003) pētījumā secināts, ka mazos sateces baseinos augsnē esošā N mineralizācija ir galvenais N zudumu avots.

Atmosfēras nokrišņi līdzīgi kā gaisa temperatūra, raksturo meteoroloģisko informāciju. Nokrišņi rodas atmosfērai piesātinoties ar ūdens tvaikiem, kas, sasniedzot kondensācijas punktu, gravitācijas ietekmē nokrīt no mākoņiem. Izšķir vairākas nokrišņu formas, kam piemīt sezonāls raksturs: lietus, sniegs, krusa un rasa (LVĢMC 2014). Nokrišņu daudzumu var raksturot dažādos līmeņos: summārais nokrišņu daudzums gadā (nokrišņu summa milimetros gada ietvaros), vidējais nokrišņu daudzums gadā, maksimālais un minimālais nokrišņu daudzums periodā, kā arī nokrišņu sezonālās raksturojums. Intensīvi nokrišņi raksturīgi siltajai sezonai: no aprīļa līdz septembrim, aukstajā sezonā daļa nokrišņu izkrīt sniega veidā (LVĢMC Klimats Latvijā 2021).

Vidējais summārais nokrišņu daudzums Latvijas teritorijā pēdējā desmitgadē (no 2010. gada līdz 2020. gadam) ir 692.1 mm (1.5. attēls), salīdzinoši vidējais summārais nokrišņu daudzums pēc klimatiskās standarta normas (1991. – 2020. g.) Latvijā ir 684.6 mm, attiecīgi novērojams samazinājums par 7.5 mm. Periodā no 1961. gada līdz 1990. gadam Latvijas teritorijā vidējais nokrišņu daudzums bija 665.7 mm, periodā no 1981. gada līdz 2010. gadam nokrišņu daudzums bija 692.3 mm (LVĢMC 2021a).



1.4. att. **Gada vidējā nokrišņu summa Latvijā, 2010. – 2020. g., mm**
(LVĢMC meteoroloģisko novērojumu dati)

Nokrišņu ietekme uz noteces apjomu ir ievērojama, pat dažu dienu intensīvi nokrišņi var izraisīt vidējās gada noteces apjoma palielināšanos (Andersen *et al.* 2014; Randall and Mulla 2001; De Vos 2001). Noteces daudzumu siltajā sezonā ietekmē nolijušā lietus apjoms un tā intensitāte, nokrišņu ilgums, gaisa temperatūra, turpretī ziemas sezonā ietekmē sniega kārtas biezums, sniega kušanas ātrums un intensitāte. Noteci ietekmē arī nokrišņu daudzuma sezonālais sadalījums (t.i., kopējais gada nokrišņu daudzums salīdzinājumā ar veģetācijas

sezonas laikā izkritušiem nokrišņiem) (Udawatta et al. 2006), piemēram, 80 mm nokrišņu daudzums pavasarī, kad ir salīdzinoši mazs evapotranspirācijas apjoms un augsnes poras ir piesātinātas ar ūdeni, atstās daudz lielāku ietekmi uz noteces apjomu kā analogs nokrišņu daudzums vasaras vidū, kad evapotranspirācijas apjoms ir augsts un augsnes mitrums nesasniedz maksimālo mitrumietilpību (Randall and Mulla 2001), attiecīgi, ņemot vērā, ka nokrišņu daudzums abos gadījumos ir vienāds, pirmajā gadījumā noteces apjoms var būt augsts, taču otrā gadījumā salīdzinoši zems. Ekstrēmi izkritušo nokrišņu daudzumi veicina izteikti palielinātu noteci un tādējādi izraisa nozīmīgu N_{kop} izskalošanos (Øygarden et al. 2014), vienlaicīgi spēcīgas lietusgāzes un nozīmīgs noteces daudzums izraisa mazākus nitrātu - slāpekļa zudumu kā atkārtotas mērenas lietusgāzes ar nelielu noteces daudzumu (Jakab et al. 2017).

Pētījums liecina, ka NO_3-N koncentrāciju un zudumus vairāk ietekmē antropogēni kā dabīgie faktori, pretēji N_{kop} koncentrāciju un zudumus ietekmē dabīgie faktori, piemēram, nokrišņu ietekme (Clark et al. 2000). Nokrišņu trūkums vasarā (sausuma periods) izraisa palielinātus N_{kop} zudumus nākamajās sezonās, galvenokārt lauksaimniecības zemēs, kurās augsni apstrādā rudenī (Bechmann and Bøe 2021). Nokrišņu trūkums mijiedarbībā ar paaugstinātu gaisa temperatūru, veicina sausuma periodu attīstību piemēram, 2018. gadā saskaņā ar Krīzes vadības padomes 2018. g. 26. jūnija ārkārtas sēdes protokolu tika atzīts, ka pavasara ilgstošais sausuma izraisītās sekas lauksaimniecībā ir definējamās kā valsts mēroga dabas katastrofa un lauksaimniekiem tika radīti zaudējumi 163 miljonu euro apmērā (Zemkopības ministrija 2018). Pretēji, ekstrēmi daudz nokrišņu īsā laika periodā var veidot plūdus. NO_3-N koncentrācija un zudumi pavasarī ir augstāki, kas saistīts ar NO_3-N izskalošanos palielināta nokrišņu apjoma dēļ, ko veicina drenāžas sistēmas (Randall and Mulla 2001).

Notece ir ūdens aprites sauszemes posms, kad ūdens pārvietojas pa zemes virsmu, augsni un iežu slāņiem. Izšķir pazemes un virszemes noteci. Virszemes notece veidojas īslaicīgu un intensīvu nokrišņu (lietus veidā) vai sniega kušanas laikā. Virszemes noteces rezultātā var veidoties ūdens augsnes erozija, kuras apstākļos ar augsnes daļiņām un organisko vielu saistītie fosfora savienojumi var nonākt drenu sistēmās un ūdenstecēs (Tunney, Brookes, and Johnston 1997). Drenu notece var būt nozīmīga N_{kop} (89%) un P_{kop} (76%) zudumus sekmējoša noteces komponente (Bechmann and Bøe 2021).

Pastāv saistība starp nokrišņu un noteces apjomu, kā arī starp noteces apjomu un N_{kop} zudumiem (Absalon and Matysik 2007; Øygarden et al. 2014; Randall and Mulla 2001). Noteces apjomam ir sezonāls raksturs (Øygarden et al. 2014). Tās daudzums atkarīgs no meteoroloģiskajiem apstākļiem (nokrišņu daudzuma, intensitātes un izkrieses laikā, gaisa temperatūras), reljefa īpatnībām, raksturīgās augsnes īpašībām, hidroloģiskajiem faktoriem (caurplūduma, noteces apjoma, moduļa, koeficienta), kā arī meliorācijas sistēmas (Øygarden et al. 2014). Monitoringa stacijām Bērze, Mellupīte un Vienziemīte (Latvija) periodā no 1995. līdz 2015. gadam korelācija starp gada nokrišņu un noteces apjomu bija robežās no 0.53 līdz 0.82, kas attiecīgi liecināja par pozitīvu, vidēji ciešu vai ciešu saistību (Siksnāne and Lagzdīņš 2018).

Noteces apjoms un sastāvs ir atkarīgs no gadalaika. Periodā, kad augsne ir sasalusi, notece galvenokārt veidojas no sniega kušanas un lietus ūdeņiem, kā arī notece tiek novērota ilgstošāku laika periodu un ar zemākām N_{kop} , NO_3-N , P_{kop} un PO_4-P koncentrācijām (Stuntebeck et al. 2011). Periodā, kad augsne ir sasalusi, augsnes daļiņas ir sasalušas kopā ar ūdens porām, kā rezultātā samazinās infiltrācijas ātrums un palielinās virszemes noteces apjoms (Stuntebeck et al. 2011). Lielākais noteces apjoms veidojas no decembra līdz martam (aprīlim), vasarā drenu notece ir neizteikta vai neeksistējoša un augu barības vielu izskalošanās ir minimāla. Randall un Mulla (2001) pētījumā secināja, ka lielākā NO_3-N koncentrācija un zudumi novērojami pavasarī, kad, ņemot vērā ciešo saikni starp noteci un nokrišņiem, izskalošanās norisinās nokrišņu ietekmē, savukārt zinātnieki Bechmann un Bøe (2021) pētījumā secina, ka nozīmīgākie augsnes un augu barības vielu zudumi norisinās reizē ar maksimālo

noteci, kas liecina, ka klimata pārmaiņas (palielināts nokrišņu daudzums un palielināta notece rudenī un ziemā) veicina iespējamību, ka augu barības vielu zudumi nākotnē varētu palielināties.

Augsnes īpašības un reljefs. Zemes resursi, kas ietver augsni, tās īpašības, platības (teritorijas) un reljefu, ir nozīmīgi gan rūpniecības un dzīvesvietu nodrošināšanai, gan lauksaimnieciskās produkcijas ražošanas nodrošināšanai. Augsnes izmantošanu ietekmē reljefa īpatnības (zemes virsmas slīpums, augstums virs jūras līmeņa), augsnes auglība (t.sk., organisko vielu nodrošinājums, augsnes reakcijas līmenis, bioloģiskā aktivitāte), granulometriskais sastāvs, mitruma režīms un drenāžas sistēmas, gan arī procesi, kā piemēram, augsnes erozija, augsnes noplicināšana, sasāļošana un piesārņošana (Bušmanis 1999; Misselbrook et al. 1995). Latvija iekļaujas mērenās klimata joslas Eiropas–Rietumsibīrijas augšņu apgabala Baltijas augšņu provincē. Latvijas augšņu veidošanās procesus un telpisko izplatību nosaka augsnes cilmieži: augstienēs glacigēnie nogulumi (smilšmāls, mālsmilts, smilts augsnes) un līdzenumos glaciolimniskie nogulumi (bezakmeņu māls vai smilts augsnes), reljefs un augsnes apstrādes un izmantošanas īpatnības dažādos laika periodos. Reljefs ietekmē augsnes materiāla un vielu plūsmu, vielu uzkrāšanos un ar to saistīto augšņu veidošanās procesu, kā arī gruntsūdens dziļumu un augsnes mitruma režīmu (Nikodemus 2022). Nogāzes slīpums un virsmas apstākļi ietekmē $\text{NO}_3\text{-N}$ zudumus, jo ietekmē infiltrācijas ātrumu un infiltrētā ūdens apjomu, Jakob *et al.* (2017) pētījumā konstatēts, ka stāvākās nogāzēs palielinās virszemes notece un N_{kop} zudumi caur drenāžas sistēmām ir mazāki, jo infiltrācija ir kavēta.

Augsnes īpašības ietekmē augsnes tilpummasa, sakārtas blīvums, struktūra, infiltrācija un granulometriskais sastāvs (Līpenīte, Kārklīšs, and Augsnes 2011; Sharpley, McDowell, and A Kleinman 2001). Augsnes agroķīmisko īpašību pamatrādītāji ir reakcija (pHKCl), organiskās vielas saturs augsnē, augiem izmantojamā fosfora (P_2O_5) un kālija (K_2O) saturs (VAAD 2021). Filtrācijas koeficients (grunts ūdens caurlaidības spēja) ir atkarīgs no augsnes granulometriskā jeb mehāniskā sastāva un augsnes porainības (Līpenīte et al. 2011). Izšķir putekļu (daļiņu lielums 0.002 – 0.05 mm), smilts (daļiņu lielums 0.05 – 2 mm) un māla (daļiņu lielums lielāks par 2 mm) daļiņas, kuru dažādās attiecības nosaka piederību konkrētam granulometriskā sastāva tipam (grupai). Ūdens plūsmas ātrums augsnēs ar palielinātu smilts daļiņu daudzumu ir ātrāks un filtrācijas process norisinās straujāk kā augsnēs ar palielinātu māla daļiņu saturu, šīm augsnēm izteikta ne tikai palēnināta infiltrācija, bet novērojama arī virszemes notece (Līpenīte et al. 2011). Augsnēs, kurās ir veikta drenāžas izbūve, ūdens infiltrācijas process norisinās straujāk, pētījumā Lietuvā (Povilaitis et al. 2015) secināts, ka augu barības vielu daudzums, kas tiek transportēts ar drenāžas sistēmu novadītajiem ūdeņiem, ir atkarīgs no augsnes struktūras, attiecīgi augu barības vielu zudumi smilšainās augsnēs bieži vien ir divreiz lielāki kā zudumi smilšmāla augsnēs. Oquist *et al.* (2007) pētījumā secināja, ka nokrišņi ir vissvarīgākais faktors, kas veicina augsnes N izskalošanos, savukārt augsnes granulometriskais sastāvs ietekmē ūdens kustības ātrumu augsnē. Augsnes ar augstu organiskās vielas saturu var mineralizēt ievērojamu daudzumu N, īpaši, ja pēc gadiem ar palielinātu nokrišņu daudzumu seko gadi ar nelielu nokrišņu daudzumu (Randall and Mulla 2001).

1.2.2. Antropogēno faktoru ietekme uz lauksaimniecības noteces sastāvu

Lai arī dabiskajiem faktoriem ir nozīme uz lauksaimniecības noteces kvalitāti, ūdens resursa raksturojošos rādītājus ietekmē arī cilvēka darbības. Pētījumos (Abid and Lal 2009; European Commission 2019; Grote, Craswell, and Vlek 2005; Merseburger, Martí, and Sabater 2005) izšķir vairākus nozīmīgus antropogēnos faktorus, kas ietekmē lauksaimniecības noteces sastāvu:

- zemes lietojuma veida īpatsvars sateces baseinā;
- kultūrauga īpatsvars sateces baseinā;
- meliorācijas sistēmas (drenēto platību īpatsvars sateces baseinā);
- agronomiskie faktori (izklīdētā slāpekli saturošā minerālā mēslojuma apjoms);
- mājdzīvnieku novietnes (dzīvnieku vienību skaits sateces baseinā).

Nozīmīgāko antropogēno faktoru ietekmes uz lauksaimniecības noteces kvalitāti novērtēšanai augstākminētie faktori pētīti detalizētāk.

Zemes lietojuma veids ir zemes raksturojums, pamatojoties uz tās izmantošanu. Sateces baseinos, kuros notece veidojas no dažādiem zemes lietošanas veidiem, tā var būt piesārņota ar dažādām vielām, piemēram, notece no lauksaimniecības zemēm var būt bagātināta ar augu barības vielām un organiskajām vielām, savukārt, notecē, kas veidojusies no mākslīgiem segumiem, var konstatēt gumijas, šķembu fragmentus, smago metālu un nātrija, sulfātu atliekas, kas veidojušās segumus ziemas laikā apstrādājot ar pretslīdes materiālu (Mander et al. 1998; Yong and Chen 2002). Ministru kabineta noteikumos Nr.562 "Noteikumi par zemes lietošanas veidu klasifikācijas kārtību un to noteikšanas kritērijiem" iekļautajā zemes lietošanas veidu klasifikatorā izdala 8 kategorijas un 12 zemes lietošanas veidus:

- lauksaimniecībā izmantojama zeme (aramzeme, augļu dārzs, pļava, ganības);
- mežs;
- krūmājs;
- purvs;
- ūdensobjektu zeme (zeme zem ūdeņiem, zeme zem dīķiem);
- zeme zem ēkām un pagalmiem;
- zeme zem ceļiem;
- pārējās zemes (Noteikumi par zemes lietošanas veidu klasifikācijas kārtību un to noteikšanas kritērijiem 2007).

Pēc Valsts Zemes dienesta Kadastra informācijas sistēmas datiem (1.1. tabula) lauksaimniecībā izmantojamā zeme 2018. g. 1. janvārī aizņēma 36.0%, 2019. g. 1. janvārī 35.8%, 2020. g. 1. janvārī 35.37% un 2021. g. 1. janvārī 35.4% no Latvijas kopplatības.

1.1. tabula. **Zemes īpatsvara sadalījums zemes lietošanas veidos 2018. – 2021. g., % no Latvijas teritorijas kopplatības**

Zemes lietojuma veids / Gads	01.01.2018	01.01.2019	01.01.2020	01.01.2021
Lauksaimniecībā izmantojamā zeme, %	36.0	35.8	35.7	35.4
Mežs, %	47.8	47.8	48	48.2
Krūmājs, %	1.6	1.6	1.6	1.6
Purvs, %	3.4	3.4	3.3	3.3
Ūdensobjektu zeme, %	3.8	4.1	4.1	4.2
Zeme zem ēkām un pagalmiem, %	1.6	1.6	1.6	1.6
Zeme zem ceļiem, %	2.1	2.2	2.2	2.2
Pārējās zemes, %	3.6	3.5	3.5	3.4

Avots: Valsts Zemes dienesta Kadastra informācijas sistēmas dati

Saskaņā ar zemes seguma kartēšanas (*Corine Land Cover*) nomenklatūru, tiek izdalītas 5 grupas: mākslīgās (urbānās) platības, lauksaimniecības platības, meži un dabiskās platības, mitrzemes (purvi), ūdenstilpnes, kas detalizētāk sadalītas 44 klasēs. Latvijas teritorijai CLC kartēšana veikta vairākas reizes, sākot ar 1985. gadu, jaunākā veikta 2018. gadā (CLC 2018). Mainoties zemes izmantošanas veidam, audzētajiem kultūraugiem un tehnoloģijām, augsnē tiek izjaukts ilgstošā laika periodā nostabilizējies režīms un mainās fizikālie procesi (norisinās augsnes sablīvēšanās, ūdens kustības maiņa), ķīmiskie procesi (vielu aprites ātrums un maiņa) un bioloģiskie procesi (barības vielu nodrošinājuma maiņa, citu sugu ieviešanās ekosistēmā) (Līpenīte et al. 2011).

Pētījumā par augu barības vielu un zemes lietošanas veidu saistību, novērota pozitīva un cieša saistība starp sateces baseinā esošajām ūdenstilpnēm un vidējo $\text{NH}_4\text{-N}$ koncentrāciju vērtību, savukārt sateces baseinā palielinoties lauksaimniecības zemju īpatsvaram, palielinās N_{kop} , $\text{NO}_3\text{-N}$, P_{kop} un $\text{PO}_4\text{-P}$ koncentrāciju vērtības. Sateces baseinā samazinoties mežu un dabisko platību īpatsvaram, palielinās N_{kop} , $\text{NO}_3\text{-N}$, P_{kop} un $\text{PO}_4\text{-P}$ zudumi, kā arī mākslīgo segumu platības palielinājums sateces baseinā var veicināt P_{kop} un $\text{PO}_4\text{-P}$ zudumus (Camara, Jamil, and Abdullah 2019; Huang et al. 2013; Siksnane and Lagzdins 2021).

McDowell un Omernik (1977) pētījumā ziņoja, ka N_{kop} koncentrācija lejpus lauksaimniecības zemēm bija gandrīz deviņas reizes augstāka kā lejpus meža teritorijām. Vidējā $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācija bija ievērojami augstāka ($2 - 6 \text{ mg L}^{-1}$) sateces baseinos, kuros ir nozīmīgs lauksaimniecības zemju īpatsvars, salīdzinot ar platībām, kuru sateces baseinā ir nozīmīgs meža zemju īpatsvars ($0.1 - 0.5 \text{ mg L}^{-1}$).

Kultūraugs ir mērķtiecīgi audzēts augs noteiktā lauksaimniecībā izmantojamās zemes platībā. Kultūraugs un augu barības vielu režīms ir kontrolējami faktori, kuri ietekmē $\text{NO}_3\text{-N}$ zudumus lauksaimniecības notecē (Randall and Mulla 2001; Kyllmar et al. 2014). Pētījumā secināts, ka kultūraugiem, kurus audzē rindās, $\text{NO}_3\text{-N}$ zudumi ir nozīmīgāki kā daudzgadīgajām kultūrām (Randall and Mulla 2001), kurām saknes ūdeni un augu barības vielas uzņem ilgstošākā laika periodā, to apstiprina pētījums, kurā secināts, ka augsnes, kuras apstrādā rudenī (attiecīgi, uz tām audzē viengadīgas kultūras) ir jutīgākas pret augsnes un augu barības vielu zudumiem, salīdzinot ar augsnēm, uz kurām audzē daudzgadīgus kultūraugus (Bechmann and Bøe 2021). Pētījumā Lietuvā, zinātnieces Rudzianskaite un Miseviciene (2005) secināja, ka pētījuma objektos $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācija notecē no daudzgadīgajiem zālājiem bija $2.4 - 3.6$ reizes zemāka kā notecē no aramzemēm.

Zems augsnes organiskās vielas saturs izraisa virszemes noteces palielināšanos un var veicināt citus augsnes degradācijas procesus, piemēram, augsnes eroziju (Eiropas Kopiena 2009). Vasaras periodā, samazinoties hidroloģiskajai aktivitātei, samazinās $\text{NO}_3\text{-N}$ izskalošanās, šāda $\text{NO}_3\text{-N}$ izskalošanās dinamika novērojama neatkarīgi no tā vai tiek sēti ziemas, vai vasaras kultūraugi, jo riskam pakļautajā laika periodā kultūraugi nespēj uzņemt augsnes šķīdumā esošo $\text{NO}_3\text{-N}$ (Lagzdīņš et al. 2019; Martinez-Feria et al. 2018).

Pētījums liecina, ka gados, kad uz izmēģinājumu lauciņiem bijušas lauksaimniecības kultūras ziemas rapsis un ziemas kvieši, novērotas augstākas augu barības vielu koncentrācijas drenu ūdeņos (veģetācijas perioda vidējās vērtības: N_{kop} 10.5 mg L^{-1} , $\text{NO}_3\text{-N}$ 9.3 mg L^{-1} , P_{kop} 0.131 mg L^{-1}), savukārt, mazākās N_{kop} un P_{kop} koncentrācijas novērotas āboliņa un auzu veģetācijas laikā (veģetācijas perioda vidējās vērtības: N_{kop} 7.5 mg L^{-1} , $\text{NO}_3\text{-N}$ 7.0 mg L^{-1} , P_{kop} 0.046 mg L^{-1}) (Dimanta 2012). Uztvērējaugi (piemēram, sinepes, auzas, lauka pupas) kavē augu barības vielu izskalošanos no augsnes, samazina augsnes eroziju un spēj samazināt slāpekļa savienojumu zudumus par 30% (Royte 2017).

Meliorācijas sistēmas. Latvijas klimatam raksturīgi, ka vidējais nokrišņu daudzums pārsniedz iztvaikošanu, tādēļ nosusināšanas sistēmu izbūve un uzturēšana ir īpaši svarīga, lai samazinātu nelabvēlīgu laika apstākļu ietekmi uz zemju apstrādi - spētu savlaicīgi apstrādāt lauksaimniecībā izmantojamās zemes (aršana, kultivēšana, sēja, mēslojuma izkliede) (Šķiņķis

1986). Meliorācijas sistēmas sastāv no drenu sistēmas (drenas, drenu kolektori), drenu sistēmas elementiem (drenāžas tīkla būves) un vaļējo grāvju sistēmas (kontūrgrāvji, susinātājgrāvji un novadgrāvji) (ZMNĪ 2023). Meliorācijas sistēmu izbūve lauksaimniecībā izmantojamās zemēs uzlabo kultūraugu ražu, kā arī mitruma režīma regulēšanas dēļ, pagarina darba sezonu, uzlabo augsnes struktūru, nodrošinot labāku mēslojuma uzņemšanu, veicina gruntsūdens līmeņa regulēšanu. Drenas pazemina gruntsūdens līmeni, pagarinot augu barības vielu filtrācijas ceļu augsnē, kā arī nodrošinot ātru ūdens novadi no augsnes virskārtas, atļaujot tehnikai pārvietoties pa laukiem (Sudārs, Popluga, and Kreišmane 2020). Ūdenī šķīstošie slāpekļa un fosfora savienojumi ($\text{NO}_3\text{-N}$ un $\text{PO}_4\text{-P}$) novērojami notecē, kas veidojas ar drenu ūdeņiem, taču virszemes noteces sastāvā novērojams pastiprināts augsnes un organiskās vielas daļiņu daudzums, kā arī ūdenī nešķīstošo slāpekļa un fosfora savienojumu koncentrācijas (Ahiablame et al. 2011; McDowell and Sharpley 2001; Nguyen and Sukias 2002).

Lietuvā veikts pētījumā (Povilaitis et al. 2015) secināts, ka augu barības vielu izskalošanos caur drenāžas sistēmām galvenokārt ietekmē nokrišņu daudzums un noteces apjoms, attiecīgi meteoroloģiskajiem apstākļiem pētījumā noteikta būtiska ietekme uz lauksaimniecības noteces kvalitāti. Saskaņā ar citiem pētījumu, drenāžas sistēmām ir būtiska ietekme uz lauksaimniecības noteces kvalitāti, jo tās tiešā veidā novada virszemes noteci (Dinnes et al. 2002). Randall un Mulla (2001) pētījumā secināts, ka meliorācijas sistēmu ietekme nav tik būtiska kā N mēslojuma lietošanas laika un mēslošanas devu ietekme. Augsta augsnes mineralizācijas pakāpe un slāpekļa mēslojums kombinācijā ar drenāžas sistēmām, veicina $\text{NO}_3\text{-N}$ izskalošanos notecē par vidēji 49% (Randall and Mulla 2001). Olli et al. (2009) pētījumā secināts, ka drenāža ietekmē P_{kop} zudumus sateces baseina lejtecē esošajos ūdensobjektos.

Agronomiskie faktori un dzīvnieku vienību skaits sateces baseinā. Agronomiskās aktivitātes veicina augu barības vielu izskalošanos lauksaimniecības notecē (Gupta et al. 2004; Howarth 2008; Quinn 2004; Sileika et al. 2005; Tumas 2000). Augsnes apstrādes sistēma ietver secīgas darbības, kas uzlabo sēklu dīgšanas apstākļus, dīgstu attīstību un tā augšanu (Lal and Kimble 1997). Augsnes apstrādes laiks, atkārtotās biežums un metode būtiski ietekmē augsnes un augu barības vielu izskalošanos (Bechmann and Bøe 2021). Mēslošanas pamatuzdevums ir nodrošināt optimālu kultūraugu ražu, jo augiem nepieciešamo augu barības vielu trūkums var samazināt ražību, savukārt pārpalikums var veicināt augu barības vielu zudumus lauksaimniecības notecē. Augsnes mēslošanas un kultūraugu mēslošanas plānam jābalstās uz augsnes agroķīmisko īpašību apzināšanu un novērtēšanu, vietai raksturīgo augšņu karti, kā arī plānoto kultūraugu izvēli, ievērojot augu maiņu un augu seku (Lal and Kimble 1997). Augu barības vielu izskalošanās ir saistīta ne tikai ar slāpekli un fosforu saturošu mēslošanas līdzekļu lietošanu, bet ir atkarīga no vairākiem faktoriem, piemēram, augsnes raksturīgajām fizikālajām, ķīmiskajām un bioloģiskajām īpašībām (Dinnes et al. 2002; Rupp, Meissner, and Leinweber 2018).

Laī ierobežotu $\text{NO}_3\text{-N}$ nokļūšanu lauksaimniecības notecē, Nitrātu direktīvā noteiktas prasības, kuras iestrādātas Likumā par piesārņojumu un detalizēti reglamentētas 2014. gada 23. decembra Ministru kabineta noteikumos Nr.834 “Prasības ūdens, augsnes un gaisa aizsardzībai no lauksaimnieciskās darbības izraisīta piesārņojuma” (stājas spēkā 08.01.2015):

- ar fermentācijas atliekām iestrādātais slāpekļa daudzums vienā lauksaimniecībā izmantojamās zemes hektārā nedrīkst pārsniegt 170 kg (1.7 dzīvnieku vienības);
- nepieciešams uzskaitīt un dokumentēt jebkuru izmantoto fermentācijas atlieku daudzumu un tas jādokumentē vismaz 3 gadus;
- laikposmā no 20. oktobra līdz 15. martam neizklīdē nekāda veida kūsmēslus un fermentācijas atliekas;
- slāpekli saturošus minerālmēslus ziemājiem neizsēj no 15. oktobra līdz 15. martam, pārējiem kultūraugiem un zālājiem no 15. septembra līdz 15. martam;

- noteiktas slāpekļa normas kultūraugiem un noteiktas maksimāli pieļaujamais daudzums, ko kultūraugiem var lietot vienā ražas periodā, atkarībā no plānotā ražas līmeņa (Prasības ūdens gaisa aizsardzībai no lauksaimnieciskās darbības izraisīta piesārņojuma 2015).

Nitrātu direktīvā reglamentēta NO_3 koncentrācijas maksimāli pieļaujamā robežvērtība $50 \text{ mg L}^{-1} \text{ NO}_3$ (pārrēķinot $11.3 \text{ mg L}^{-1} \text{ NO}_3\text{-N}$), kā arī eutrofikācijas riskam pakļauto virszemes ūdensobjektu novērtēšana (Agriculture and Natural Resources University of California 2012; EU Nitrates Directive 1991).

Intensīva lopkopība, kā arī liels dzīvnieku vienību īpatsvars sateces baseinā var ietekmēt ūdens resursu kvalitāti, jo gadījumos, kad mājdzīvnieku kūtsmēsli tiek glabāti ārpus speciāli izveidotām krātuvēm, var rasties ūdens piesārņojums (Buciene et al. 2007), Kato *et al.* (2009) pētījums liecina, ka augu barības vielu koncentrācijas lauksaimniecības notecē sateces baseinā, kurā norisinās intensīva lopkopība, var būt paaugstinātas. Paaugstināti slāpekļa un fosfora savienojumu zudumu riski var veidoties neatbilstošu lietus ūdeņu apsaimniekošanas sistēmu un kūtsmēsļu krātuvju ekspluatācijas gadījumos mājdzīvnieku novietnēs ar palielinātu mājdzīvnieku skaitu (Bechmann and Stålnacke 2005; Oenema, Van Liere, and Schoumans 2005).

Pētījumā Rudzianskaite un Miseviciene (2005) ziņoja, ka pastāv būtiska mēslošanas apjoma ietekme uz izskalošā $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrāciju lauksaimniecības notecē: palielināta mēslošanas līdzekļu apjoma izmantošana veicina $\text{NO}_3\text{-N}$ izskalošanos lauksaimniecības notecē. Pētījumā norāda, ka augu barības vielu zudumi var ievērojami palielināties minerālmēsļu, kā arī organisko mēslošanas līdzekļu neracionālas un nesabalansētas lietošanas dēļ (Rudzianskaite and Miseviciene 2005). Savukārt cits pētījums liecina, ka $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrāciju vērtības izmēģinājumu lauciņos, kur pielietots organiskais mēslojums (kūtsmēsli un šķidrmēsli), ir lielākas kā ar minerālmēslojumu apstrādātos lauciņos (Sudārs et al. 2005). Augsnes mēslošana periodā, kad augsne ir sasalusi vai to sedz sniega kārtā, potenciāli palielina augu barības vielu izskalošanos notecē (gan zudumus, gan koncentrāciju) (Stuntebeck et al. 2011). Iestrādājot šķidrmēsļus ar ūdeni piesātinātā augsnē, slāpekļa koncentrācija notecē palielinās pat līdz 10 reizēm (Sudārs et al. 2020). Ja mēslošana tiek veikta lietus laikā vai pirms lietusegāzes, minerālmēslojums izšķīst un augi to nepaspēj uzņemt un izlietot augšanai, tāpēc tas izskalojas un P_{kop} zudumi palielinās (Reid, Schneider, and McConkey 2018). Bechmann un Bøe (2021) pētījumā secināts, ka salīdzinot N_{kop} un P_{kop} zudumus drenu notecē pēc augsnes mehāniskās apstrādes (aršanas) dažādās sezonās, N_{kop} un P_{kop} zudumi bija mazāki pavasara sezonā, salīdzinot ar rudens sezonu.

Promocijas darba ietvaros, detalizēta agrohidroloģisko faktoru analīze tiek veikta pamatojoties uz literatūras analīzē noteiktajiem dabiskajiem un antropogēnajiem faktoriem, kas būtiski ietekmē lauksaimniecības noteces kvalitāti, kā arī ņemot vērā pieejamo ģeotelpisko informāciju un monitoringa datus.

2. MATERIĀLI UN METODES

Nodaļā konspektīvi raksturota pētījumā izmantoto izkliedētā (difūzā) piesārņojuma monitoringa objektu meteoroloģisko un hidroloģisko novērojumu datu izcelsme, pētījuma objekti, sateces baseini, hidroloģisko mērījumu mēriekārtas (hidrotehniskās būves), ūdens paraugu ievākšanas principi, ūdens paraugu analītiskās metodes, lauksaimniecības noteces kvalitatīvā sastāva analīzē pielietotās statistiskās un ģeotelpiskās informācijas analīzes metodes.

2.1. Pētījuma objektu raksturojums

Ūdens kvalitatīvo datu raksturošanai, pētījumā izmantoti izkliedētā (difūzā) piesārņojuma monitoringa objektu dati:

- Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitātes Vides un ūdenssaimniecības katedras īstenotā Lauksaimniecības noteču monitoringa ilgtermiņa dati (Bēzres, Mellupītes, Vienziemītes monitoringa objekti). Lauksaimniecības noteču monitoringa realizāciju nosaka Vides politikas pamatnostādnes 2021. – 2027. g. un uz tās pamata izstrādātā Vides monitoringa programma 2021. – 2026. g., 2. nodaļa “Ūdeņu monitoringa programma” (Vides politikas pamatnostādnes 2021);

- projekta “Latvijas upju baseinu apsaimniekošanas plānu ieviešana laba virszemes ūdens stāvokļa sasniegšanai” (LIFE GoodWater IP, LIFE18 IPE/LV/000014) īstenošanas ietvaros iegūtie dati (G264 Aģes, L118 Auces, V046 Ēdas un V093 Sloenes sateces baseini).

Lai raksturotu meteoroloģiskos apstākļus pētījumā, laika periodā no 1961. g. līdz 2021. g., izmantoti VSIA “Latvijas Vides ģeoloģijas un meteoroloģijas centra” meteoroloģisko novērojumu dati (monitoringa stacijas Dobeles, Saldus un Zosēni).

Lauksaimniecības izkliedētā (difūzā) piesārņojuma pētījumi norisinās Bēzres monitoringa objekta drenu lauka, mazā sateces baseina un upes pētījumu līmeņos, Mellupītes un Vienziemītes monitoringa staciju drenu lauka un mazā sateces baseina līmeņos, G264 Aģes, L118 Auces, V046 Ēdas un V093 Sloenes upju sateces baseinu izpētes līmeņos. Informācija par izkliedētā (difūzā) piesārņojuma pētījuma objektiem raksturota 2.1. tabulā (LVĢMC 2015).

2.1. tabula. **Izkliedētā (difūzā) piesārņojuma monitoringa objektu raksturojums**

Pētījumu līmenis	Realizētājs	Finansējuma avots	Hidroloģiskie mērījumi
Bērze			
Drenu lauks	LBTU*	ZM, LAD (valsts budžets)	Ūdens līmeņa mērījumi un datu logeris
Mazais sateces baseins	LBTU*	ZM, LAD (valsts budžets)	Ūdens līmeņa mērījumi un datu logeris
Upe	LVĢMC**	Valsts budžets	Automātiskie ūdens līmeņa un manuāli ūdens caurplūduma mērījumi
Mellupīte			
Drenu lauks	LBTU *	ZM, LAD (valsts budžets)	Ūdens līmeņa mērījumi un datu logeris
Mazais sateces baseins	LBTU *	ZM, LAD (valsts budžets)	Ūdens līmeņa mērījumi un datu logeris
Vienziemīte			
Drenu lauks	LBTU *	ZM, LAD (valsts budžets)	Ūdens līmeņa mērījumi un datu logeris
Mazais sateces baseins	LBTU *	ZM, LAD (valsts budžets)	Manuāli ikdienas ūdens līmeņa mērījumi, datu logeris

Pētījumu līmenis	Realizētājs	Finansējuma avots	Hidroloģiskie mērījumi
G264 Aģe			
Upe	LVĢMC***	Projekts LIFE GoodWater IP (LIFE programma, VRAA)	Manuāli ūdens līmeņa mērījumi ūdens paraugu ievākšanas dienā
L118 Auce			
Upe	LVĢMC***	Projekts LIFE GoodWater IP (LIFE programma, VRAA)	Manuāli ūdens līmeņa mērījumi ūdens paraugu ievākšanas dienā
V046 Ēda			
Upe	LVĢMC***	Projekts LIFE GoodWater IP (LIFE programma, VRAA)	Manuāli ūdens līmeņa mērījumi ūdens paraugu ievākšanas dienā
V093 Slocene			
Upe	LVĢMC***	Projekts LIFE GoodWater IP (LIFE programma, VRAA)	Manuāli ūdens līmeņa mērījumi ūdens paraugu ievākšanas dienā

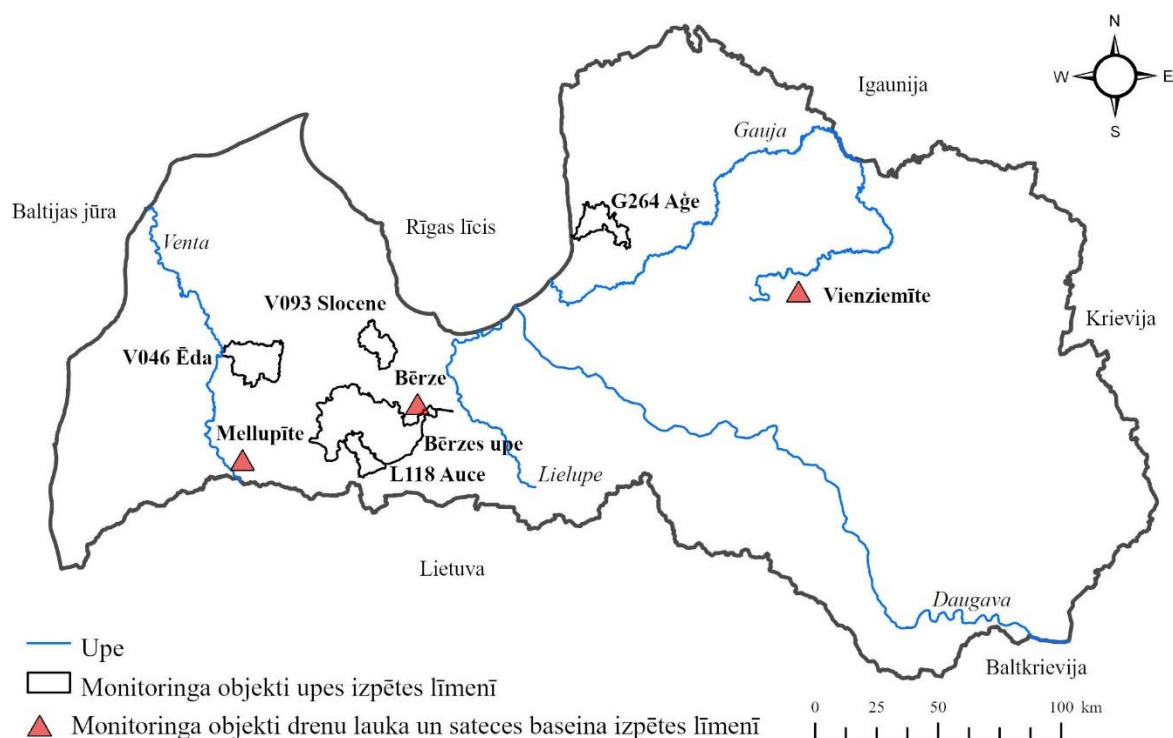
* - Lauksaimniecības noteču monitoringa ilgtermiņa dati;

** - Hidroloģisko NS dati;

*** - LIFE GoodWater IP projekta dati.

Izkliedētā (difūzā) piesārņojuma monitoringa objektiem, par kuriem dati ievākti Lauksaimniecības noteču monitoringa īstenošanas ietvaros, mazā sateces baseina un drenu lauka līmenī ievākti kopš 1995. gada un Bēzres upes līmenī kopš 2005. gada, savukārt dati, kas iegūti projekta LIFE Goodwater IP ietvaros, monitoringa objektiem G264 Aģe un V093 Slocene ievākti no 2020. g. maija līdz 2021. g. oktobrim un monitoringa objektiem L118 Auce un V046 Ēda no 2021. g. marta līdz 2021. g. decembrim.

Izkliedētā (difūzā) piesārņojuma monitoringa objekti izvietoti dažādos Latvijas reģionos un to atrašanās vietas attēlotas 2.1. attēlā.



2.1. att. Izkliedētā (difūzā) piesārņojuma monitoringa objektu izvietojums Latvijā

Lai novērtētu zemes lietojuma sadalījumu Bērzes upes, G264 Aģes, L118 Auces, V046 Ēdas un V093 Slocenes sateces baseinu teritorijās, izmantoti ģeotelpiskās informācijas CLC 2018 dati par zemes seguma kartēšanu. CLC dati sastāv no 5 grupām (klasēm), kas iedalītas 44 kategorijās, no kurām 33 sastopamas Latvijas teritorijā. Bērzes upes, G264 Aģes, L118 Auces, V046 Ēdas un V093 Slocenes upju sateces baseinu teritorijās identificētās kategorijas (kodi), atbilstoši CLC klasifikatoram, apkopotas 2.2. tabulā.

2.2. tabula. Zemes lietošanas veidu esamība upju izpētes līmeņa sateces baseinos pēc CLC 2018 klasifikatora

Klase	Kods	Koda atšifrējums	Klases sateces baseinā*				
			Bērzes upe	G264 Aģe	L118 Auce	V046 Ēda	V093 Slocene
Mākslīgās (urbānās) platības	111	Nepārtraukta pilsētas struktūra					
	112	Pilsētas struktūra ar pārtraukumiem	x	x	x	x	x
	121	Rūpniecības vai tirdzniecības elementi	x		x	x	x
	122	Autoceļi, dzelzceļi un ar tiem saistītās (palīg-)zemes					
	123	Ostu teritorija					
	124	Lidostas					
	131	Derīgo izrakteņu ieguves vietas					x
	132	Izgāztuves	x				
	133	Celtniecības laukumi					
	141	Pilsētas zaļās zonas	x	x			
	142	Sporta un atpūtas celtnes	x				

Klase	Kods	Koda atšifrējums	Klases sateces baseinā				
			Bērzes upe	G264 Aģe	L118 Auce	V046 Ēda	V093 Slocene
Lauksaimniecības platības	211	Neapūdeņota aramzeme	x	x	x	x	x
	222	Augļu koku un ogulāju stādījumi	x			x	x
	231	Ganības	x	x	x	x	x
	242	Sarežģītas kultivēšanas modelis (veids)	x	x	x	x	x
	243	Galvenokārt lauksaimniecības zemes ar ievērojamām dabiskās veģetācijas teritorijām	x	x	x	x	x
Meži un dabiskās platības	311	Platlapju mežs (lapu koku mežs)	x	x	x	x	x
	312	Skuju koku mežs	x	x	x	x	x
	313	Jauktais mežs	x	x	x	x	x
	321	Dabiskās pļavas					
	324	Pārejoši mežu apgabali/krūmi (kailcirtes)		x	x	x	x
	331	Liedagi, kāpas un smilšu līdzenumi					
	333	Reti apaugušas teritorijas					
	334	Izdegumi					
Mitrzemes (purvi)	411	Iekšzemes purvi (dumbrāji)	x			x	
	412	Kūdras purvi	x	x	x	x	x
	421	Sāļie purvi (dumbrāji)					
Ūdenstilpnes	511	Ūdensteces	x			x	
	512	Ūdenstilpnes	x		x	x	
	523	Jūra un okeāns					

* – “x” CLC klases, kas ir sastopamas sateces baseinā.

Zemes lietojuma veidu sadalījums pēc 2018. g. CLC klasēm Bērzes upes, G264 Aģes, L118 Auces, V046 Ēdas un V093 Slocenes upju sateces baseinu teritorijās apkopots 2.3. tabulā.

2.3. tabula. Zemes lietojuma veidi Bērzes upes, G264 Aģes, L118 Auces, V046 Ēdas un V093 Slocenes upju sateces baseinu pētījumu līmeņos pēc CLC 2018 datiem, %

CLC klase / Objekts	Bērzes upe, %	G264 Aģe, %	L118 Auce, %	V046 Ēda, %	V093 Slocene, %
Mākslīgās (urbānās) platības	2.8	1.9	2.1	0.7	2.8
Lauksaimniecības platības	56.3	50.3	52.3	53.5	72.2
Meži un dabiskās platības	38.6	46.2	45.0	44.5	24.2
Mitrzemes (purvi)	1.2	1.7	0.1	1.1	0.7
Ūdenstilpnes	1.1	0.0	0.4	0.2	0.0

Mežu un dabisko platību īpatsvars sateces baseinos variē no 24.2% V093 Slocene monitoringa objektā līdz 46.2% G264 Aģes monitoringa objektā, savukārt mākslīgo (urbāno) platību, mitrzemju (purvu) un ūdenstilpņu īpatsvars sateces baseinos ir līdz 2.8%.

Ieskatam par kultūraugu īpatsvara sadalījumu Bērzes upes, G264 Aģes, L118 Auces, V046 Ēdas un V093 Slocenes sateces baseinos, izvēlēti 10 dominējošie kultūraugi, kuru apkopojums par 2019. g. datiem attēlots 2.4. tabulā.

2.4. tabula. Dominējošie kultūraugi Bērzes upes, G264 Aģes, L118 Auces, V046 Ēdas un V093 Slocenes upju sateces baseinu pētījumu līmeņos pēc LAD 2019 g. datiem, %

Kultūraugs	Bērzes upe, %	G264 Aģe, %	L118 Auce, %	V046 Ēda, %	V093 Slocene, %
Kvieši, vasaras	2.5	11.9	7.4	14.8	8.0
Kvieši, ziemas	37.5	3.6	21.9	18.1	23.7
Mieži, vasaras	5.1	1.7	17.2	7.2	11.0
Auzas	0.4	16.2	1.8	5.9	3.3
Rapsis, ziemas	13.5	3.4	3.9	6.0	10.1
Lauka pupas	3.1	2.8	9.4	4.4	1.6
Papuve	2.0	6.3	3.8	7.8	3.9
Aramzemē sēts stiebrzāļu un/vai lopbarības zālaugu (t.sk. proteīnaugu) maisījums	8.3	10.3	3.0	11.1	10.0
Ilggadīgie zālāji	7.2	20.4	10.2	14.3	8.7
Kukurūza	4.4	5.9	0.5	0.5	4.2

Bērzes upes izpētes līmenī, L118 Auces, V046 Ēdas un V093 Slocenes monitoringa objektos, 2019. gadā dominējošais kultūraugs bija ziemas kvieši ar īpatsvaru attiecīgi 37.5%, 21.9%, 18.1% un 23.7%, savukārt, G264 Aģes monitoringa objekta sateces baseinā dominējošie bija ilggadīgie zālāji ar īpatsvaru 20.4%.

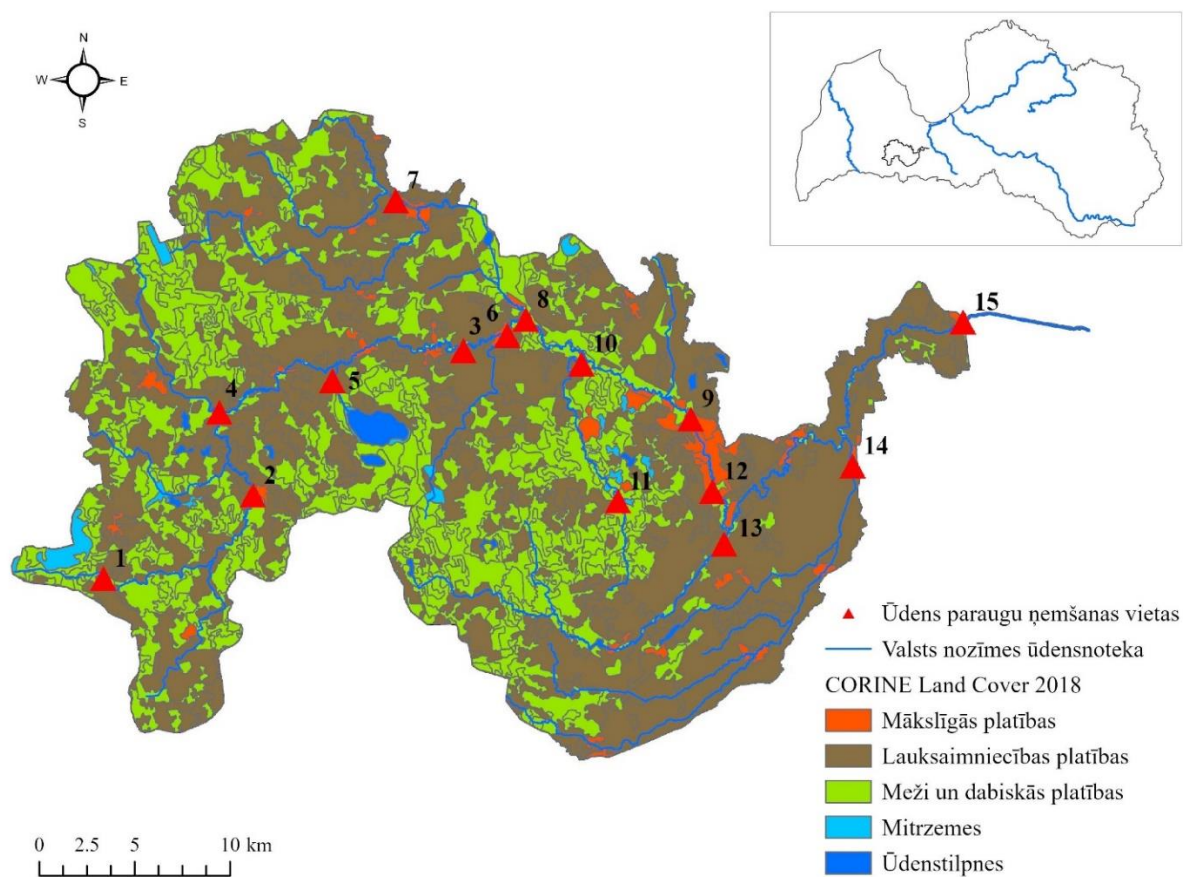
2.1.1. Lauksaimniecības noteču monitoringa objekti

Lauksaimniecības izkliedētā (difūzā) piesārņojuma monitoringa objekti, par kuriem dati ievākti Lauksaimniecības noteču monitoringa īstenošanas ietvaros, ir monitoringa objekti Bērze (upes, mazā sateces baseina un drenu lauka izpētes līmenī), Mellupīte un Vienziemīte (mazā sateces baseina un drenu lauka izpētes līmenī).

Monitoringa objekts Bērze, kas ietver trīs pētījuma līmeņus: drenu lauks, mazais sateces baseins un upe. Tas atrodas Latvijas centrālajā daļā (Dobeles novads), Viduslatvijas zemienes Zemgales līdzenumā (Bērzes upe 2020). Bērzes upes sateces baseins atrodas teritorijā, kas saskaņā ar Nitrātu direktīvu atrodas īpaši jutīgā teritorijā (EU Nitrates Directive 1991). Īpaši jutīgo teritoriju apsaimniekošanas kārtību nosaka Ministru kabineta noteikumi Nr.834 “Prasības ūdens, augsnes un gaisa aizsardzībai no lauksaimnieciskās darbības izraisīta piesārņojuma”. Ģeotelpiskās informācijas dati liecina, ka Bērzes monitoringa objektam raksturīgs līdzens reljefs (augstums virs jūras līmeņa 17 – 23 m).

Bērzes upe (hidrometriskais postenis Bērze - Baloži) ir Svētes upes pieteka, kas ietek Lielupes upes sateces baseina teritorijā, lielākās pietekas ir Bikstupe, Sesava, Ālave, Līčupe un Gardene. Bērzes upes garums ir 107 km (Bērzes upe 2020). Bērzes upes sateces baseins sastāv no trīs ūdensobjektiem: L109, L111 un L114. Lauksaimniecības noteču monitoringa ietvaros

Bērzes upes sateces baseinā ūdens paraugi tiek ievākti 15 ūdens paraugu ņemšanas vietās, atbilstoši Bērzes upes sateces baseina platība sadalīta 15 daļbaseinos (2.2. attēls, 2.6. tabula).



2.2. att. Bērzes upes izpētes līmenis

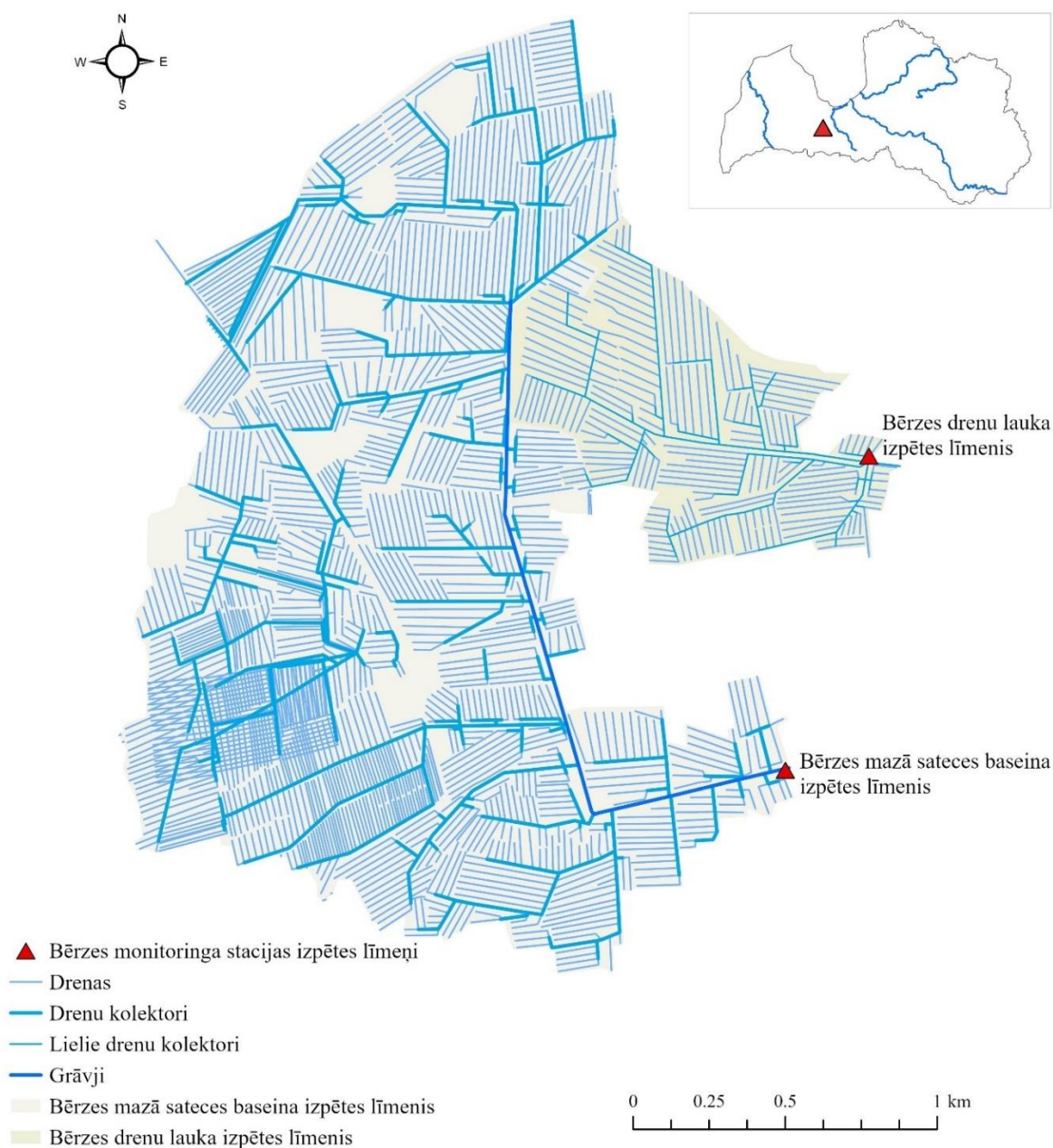
Bērzes upes daļbaseini izdalīti izvērtējot dažādus kritērijus, piemēram, zemes lietošanas veidu, pieteku izvietojumu, pieejamo ceļu infrastruktūru monitoringa veikšanai. Ūdensobjekts L109 iekļauj daļbaseinus Nr.14, Nr.15, L111 iekļauj daļbaseinus Nr.1, Nr.2, Nr.3, Nr.4, Nr.5, Nr.6, Nr.9, Nr.10, Nr.11, Nr.12, Nr.13 un L114 iekļauj daļbaseinus Nr.7 un Nr.8. Bērzes upes 15 daļbaseinu raksturošanai izmantota ģeotelpiskā informācija, kas apkopota 2.5. tabulā.

2.5. tabula. Bērzes upes daļbaseinu raksturojums

Sateces baseina Nr.	Nosaukums	Platība, km ²	CLC klase				
			Mākslīgās (urbānās) platības, %	Lauksaimniecības platības, %	Meži un dabiskās platības, %	Mitrzemes (purvi), %	Ūdens-tilpnes, %
1	Līčupe	9.32	0.0	10.4	61.9	27.7	0.0
2	Bērze (Zebrene)	78.6	0.8	44.4	51.5	3.3	0.0
3	Bērze (augšpus Annenieku HES)	284.88	1.6	46.1	48.1	2.1	2.2
4	Bērzes pieteka Blīdene	57.22	1.8	36.1	59.6	1.5	1.0
5	Zušupīte (Zebrus ezers, izteka)	27.9	0.0	28.8	51.8	2.1	17.3
6	Bērze (lejpus Annenieku HES)	289.07	1.6	46.7	47.4	2.1	2.3
7	Bērzes pieteka Rūšu strauts	43.16	1.0	63.8	35.1	0.0	0.2
8	Bērzes pieteka Bikstupe	144.11	2.3	58.7	38.2	0.2	0.6
9	Bērze (augšpus Dobeles)	612.38	2.0	50.7	44.3	1.7	1.4
10	Bērzes pieteka Gardene	73.62	2.0	38.0	57.1	2.4	0.5
11	Gardenes augštece	20.62	0.0	27.9	70.2	1.9	0.0
12	Bērze (lejpus Dobeles)	625.2	2.9	50.6	43.6	1.6	1.3
13	Bērzes pieteka Sesava	89.49	1.0	46.6	51.5	0.0	0.9
14	Bērzes pieteka Ālave (Šķibe)	93.68	2.7	83.4	13.5	0.0	0.4
15	Bērze, Līvberze	872.05	2.9	56.3	38.6	1.2	1.1

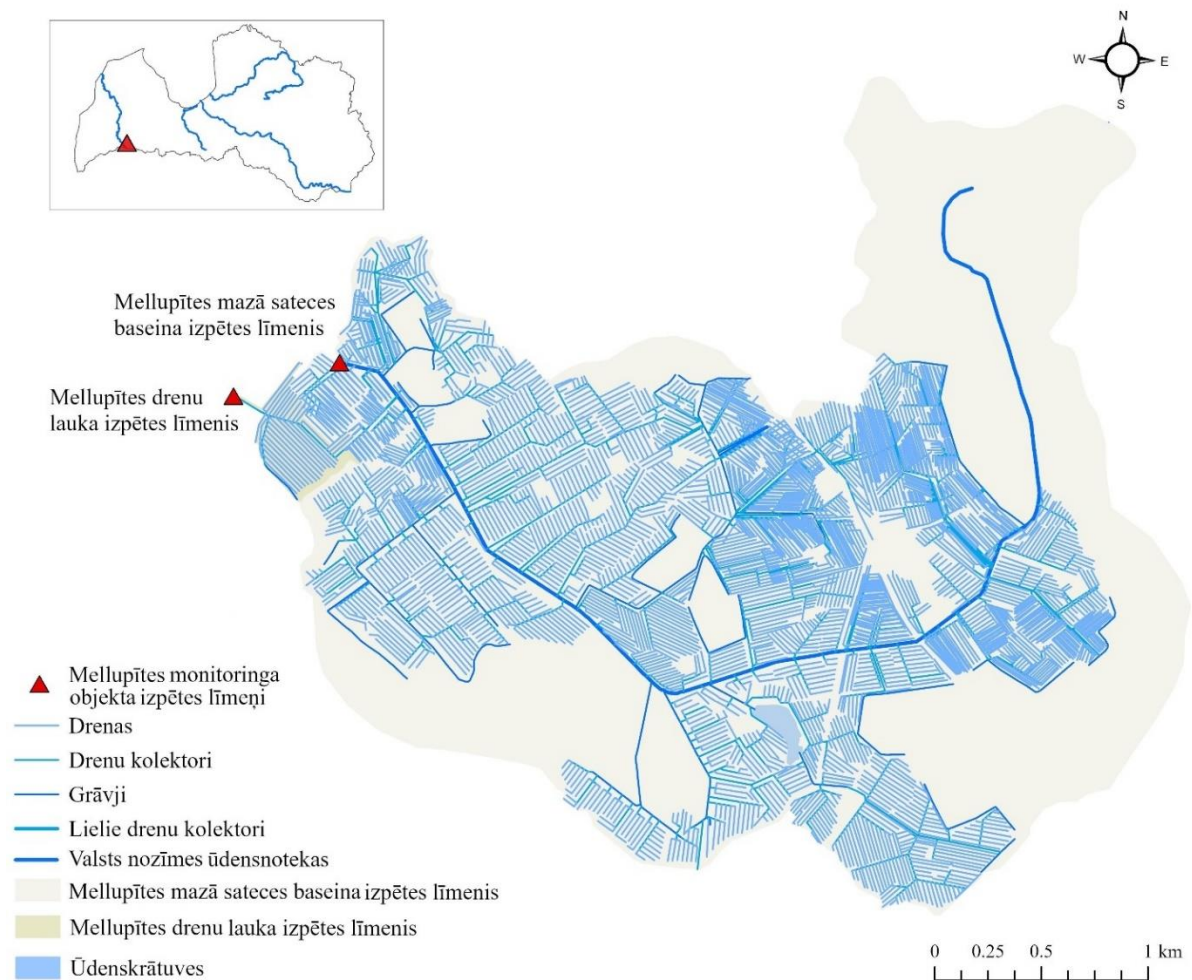
Bērzes monitoringa objekts (stacija) (drenu lauka un mazā sateces baseina izpētes līmenis) atrodas aptuveni 10 km attālumā no Bērze – Baloži hidrometriskā posteņa, ietilpst Lielupes sateces baseinā (2.3. attēls). Ģeotelpiskās informācijas dati liecina, ka Bērzes mazā sateces baseina izpētes līmenī esošās ūdensteces garums ir 2.4 km, Bērzes drenu lauka izpētes līmeņa sateces baseins ir 0.78 km², savukārt mazā sateces baseina teritorija ir 3.75 km². Sateces baseinu teritorijā dominē velēnu karbonātaugsne un izplatītākais augsnes granulometriskais

sastāvs ir putekļains smags smilšmāls (pēc FAO augsnes klasifikācijas *Calcaric Cambisol Inceptsol*) (Jansons et al. 2011).



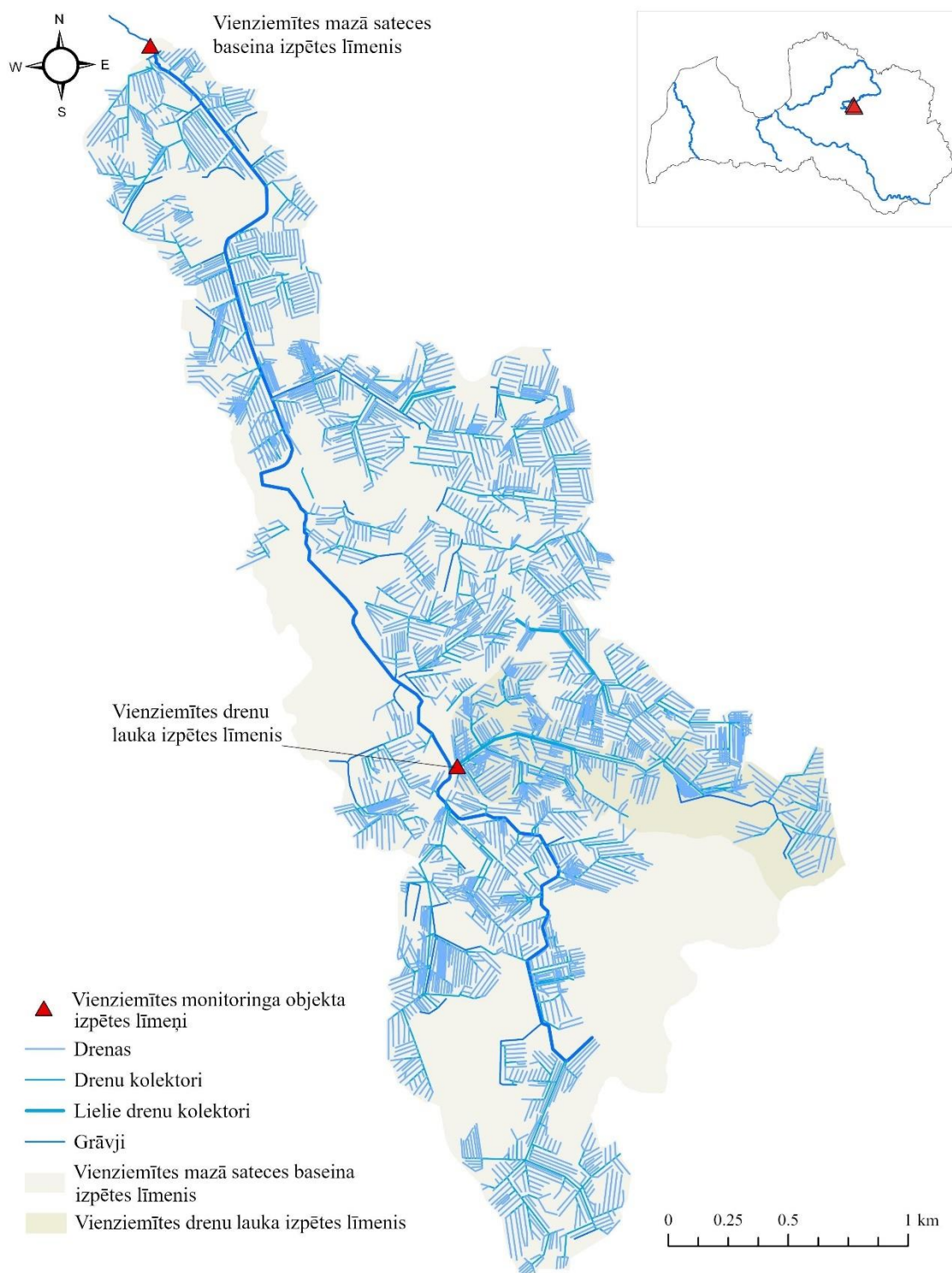
2.3. att. Monitoringa objekts Bērze

Mellupītes monitoringa objekts (stacija) (drenu lauka un mazā sateces baseina izpētes līmenis) atrodas Latvijas rietumu daļā (Saldus novads), Viduslatvijas zemienes Vadakstes līdzenumā (2.4. attēls) (Latvijas fizikāli ģeogrāfiskā karte 2018). Mellupītes monitoringa stacija ietilpst Ventas upes sateces baseinā. Ģeotelpiskās informācijas dati liecina, ka Mellupītes drenu lauka izpētes līmeņa sateces baseins ir 0.14 km^2 , savukārt mazā sateces baseina teritorija ir 9.76 km^2 . Sateces baseina teritorijā dominē velēnu podzolētā augsne un izplatītākais augsnes granulometriskais sastāvs ir smilšmāls, smags smilšmāls (pēc FAO augsnes klasifikācijas *Stagnic Luvisol*) (Jansons et al. 2011).



2.4. att. **Monitoringa objekts Mellupīte**

Vienziemītes monitoringa objekts (stacija) (drenu lauka un mazā sateces baseina izpētes līmenis) atrodas Latvijas ziemeļaustrumu daļā (Saldus novads), Vidzemes augstienes Piebalgas paugurainē (2.5. attēls) (Latvijas fizikāli ģeogrāfiskā karte 2018). Vienziemītes monitoringa stacija ietilpst Gaujas upes sateces baseinā. Ģeotelpiskās informācijas dati liecina, ka Vienziemītes drenu lauka izpētes līmeņa sateces baseins ir 0.65 km^2 , savukārt mazā sateces baseina teritorija ir 5.89 km^2 . Sateces baseinu teritorijā dominē velēnu podzolaugsne un velēngleja augsne, izplatītākais augsnes granulometriskais sastāvs ir mālsmilts (pēc FAO augsnes klasifikācijas *Chromic Cambisol*) (Jansons et al. 2011).



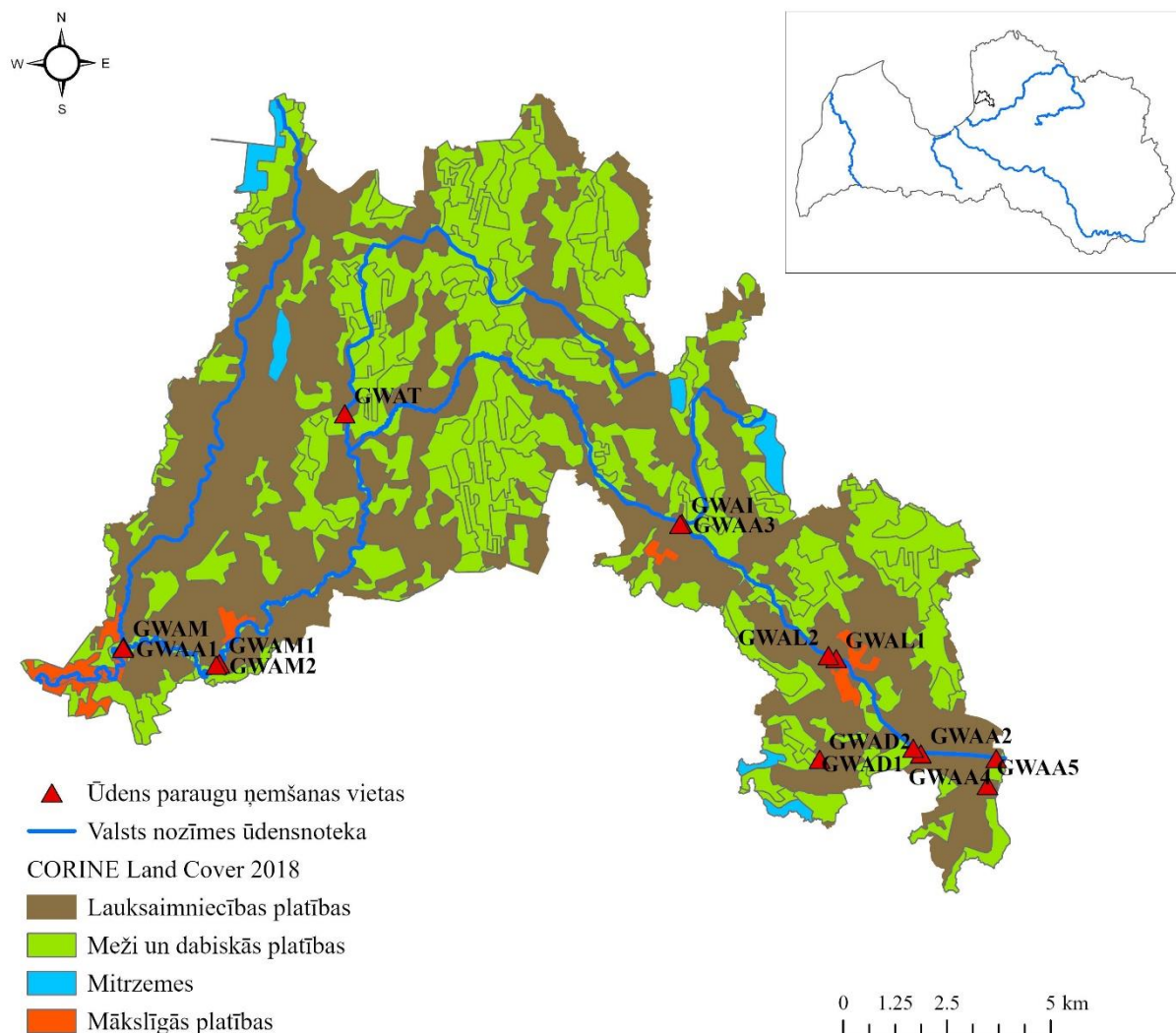
2.5. att. Monitoringa objekts Vienziemīte

2.1.2. LIFE GoodWater IP projekta monitoringa objekti

Lauksaimniecības izkliedētā (difūzā) piesārņojuma monitoringa objekti, par kuriem dati ievākti LIFE Goodwater IP ietvaros ir G264 Aģe, L118 Auce, V046 Ēda un V093 Slocene.

G264 Aģe (upes izpētes līmenis) iztek no Aģes ezera, ietilpst Gaujas upes sateces baseinā (2.6. attēls). Tā atrodas Latvijas ziemeļaustrumu daļā (Siguldas, Limbažu, Saulkrastu novadi), sākas Idumejas augstienes Limbažu viļņotajā līdzenumā, tek caur Viduslatvijas

zemienes Metsepoles līdzenumu uz Piejūras zemieni (Latvijas fizikāli ģeogrāfiskā karte 2018). Aģes upes garums ir 43 km, platums ir 7.9 – 10.9 metri, dziļums 0.33 – 1.23 m (Abersons and Jēkabsons 2020). Ģeotelpiskās informācijas dati liecina, ka tās lielākās pietekas ir Mazupīte, Tora un Igate.



2.6. att. Monitoringa objekts G264 Aģe

Monitoringa objekts G264 Aģe sastāv no 14 ūdens paraugu ņemšanas vietām ar sateces baseinu platībām 0.04 – 183.6 km². Ūdens paraugu ņemšanas vietu raksturojums apkopots 2.6. tabulā.

2.6. tabula. Ūdens paraugu ņemšanas vietas G264 Aģe

Nr. p.k.	ID kods	Paskaidrojums	Platība, km ²	CLC klase				
				Mākslīgās (urbānās) platības, %	Lauksaimniecības platības, %	Meži un dabiskās platības, %	Mitrzemes (purvi), %	Ūdens-tilpnes, %
1	GWAL1	Pirms Lēdurgas ciema NAI	34.20	2.2	49.8	46.2	1.7	0.0
2	GWAL2	Pēc Lēdurgas ciema NAI	34.20	2.2	49.8	46.2	1.7	0.0
3	GWAM1	Pirms Mandegas ciema NAI	143.90	1.0	46.3	51.5	1.2	0.0
4	GWAM2	Pēc Mandegas ciema NAI	143.90	1.0	46.3	51.5	1.2	0.0
5	GWAA2	Lauksaimniecības platības pēc iztekas no Aģes ezera	6.90	0.0	73.9	26.1	0.0	0.0
6	GWAI	Pieteka Igate	12.40	0.0	49.8	41.5	8.8	0.0
7	GWAA3	Aģe pirms pietekas Igate	42.30	2.0	51.1	45.5	1.4	0.0
8	GWAT	Pieteka Tora	40.30	0.0	36.4	63.6	0.0	0.0
9	GWAM	Pieteka Mazupīte	31.50	0.7	70.1	24.5	4.7	0.0
10	GWAD1	Drenu kolektors ilggadīgie zālāji	0.04	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
11	GWAD2	Drenu kolektors aramzeme	0.50	0.0	61.5	38.5	0.0	0.0
12	GWAA1	Aģes upes izteka	183.60	1.9	50.3	46.2	1.7	0.0
13	GWAA5	SIA "Ceplīši A.S" notekūdeņu izplūdes caurule	1.20	0.0	48.1	51.9	0.0	0.0
14	GWAA4	Aģe lejpus SIA "Ceplīši A.S" grāvja	1.60	0.0	49.7	50.3	0.0	0.0

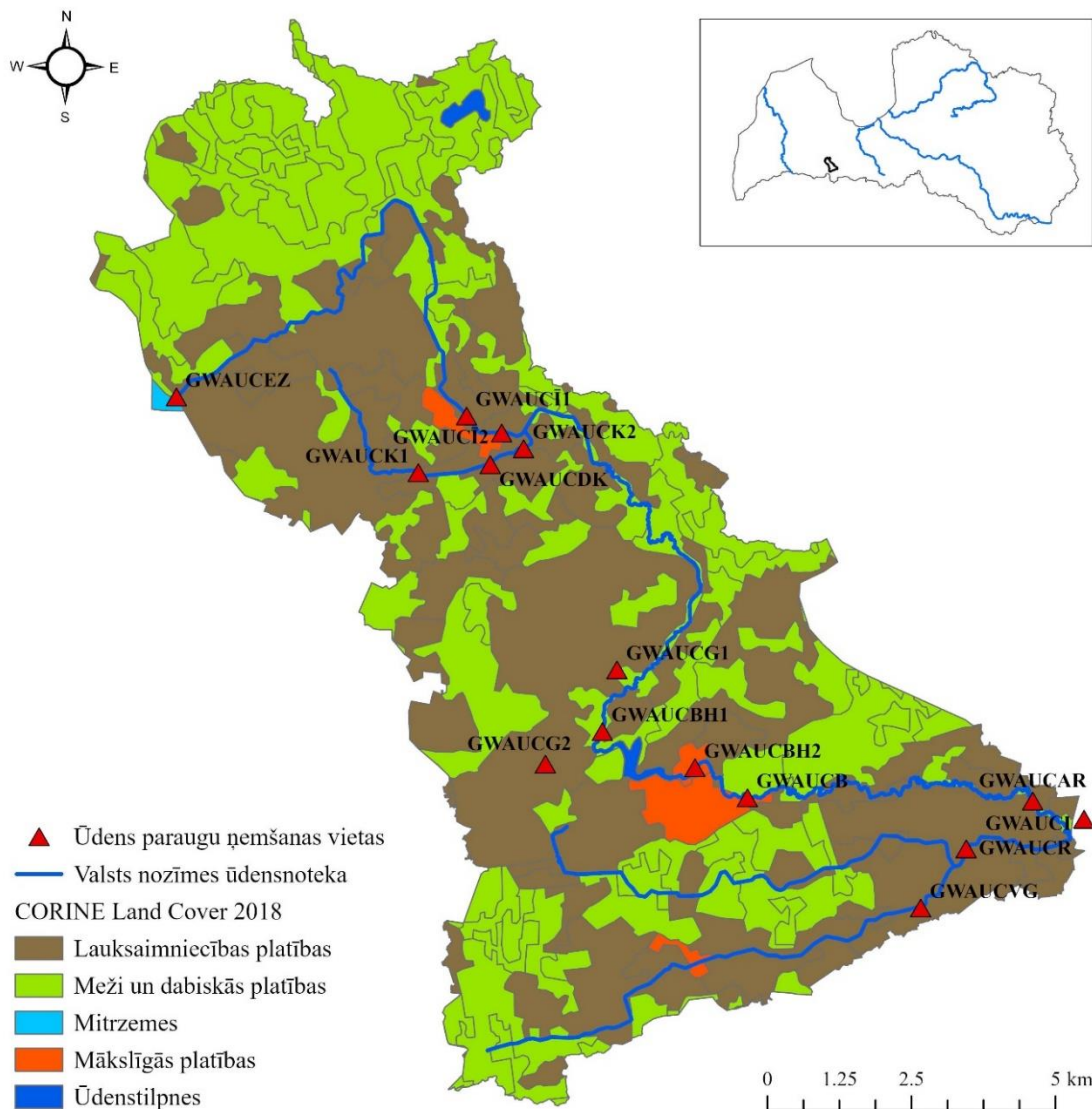
Izvērtējot CLC datus, secināms, ka GWAD1 sateces baseina teritorijā ir sastopamas tikai lauksaimniecības platības (ūdens paraugs tiek ievākts no drenu kolektora), kā arī lauksaimniecības platības dominē GWAL1, GWAL2, GWAA2, GWAI, GWAA3, GWAM, GWAD2 un GWAA1 ūdens paraugu ņemšanas vietu sateces baseinos, attiecīgi 9 no 14 ūdens paraugu ņemšanas vietu sateces baseinos dominējošais zemes lietojuma veids ir lauksaimniecības teritorijas.

L118 Auce (upes izpētes līmenis) ir Svētes upes pieteka, tā iztek no Lielaucē ezera, ietilpst Lielupes upes baseinā, atrodas Latvijas centrālajā daļā (Dobeles novads), Austrumkursas augstienes Lielaucē paugurainē (2.7. attēls) (Latvijas fizikāli ģeogrāfiskā karte 2018). Auces upes garums ir 94.9 km, platums ir četri līdz septiņi metri, dziļums 0.4 – 0.7 m (Abersons et al. 2021). Ģeotelpiskās informācijas dati liecina, ka tās lielākās pietekas ir Strautiņauce, Strautiņu grāvis, Auces poldera kanāls, Govainis, Dorupīte, Rīgava, Upenieku grāvis, Akāciju grāvis un Kalvas grāvis. Monitoringa objekts L118 Auce sastāv no 15 ūdens paraugu ņemšanas vietām ar sateces baseinu platībām 1.0 – 128.5 km². Ūdens paraugu ņemšanas vietu raksturojums apkopots 2.7. tabulā.

2.7. tabula. Ūdens paraugu ņemšanas vietas L118 Auce

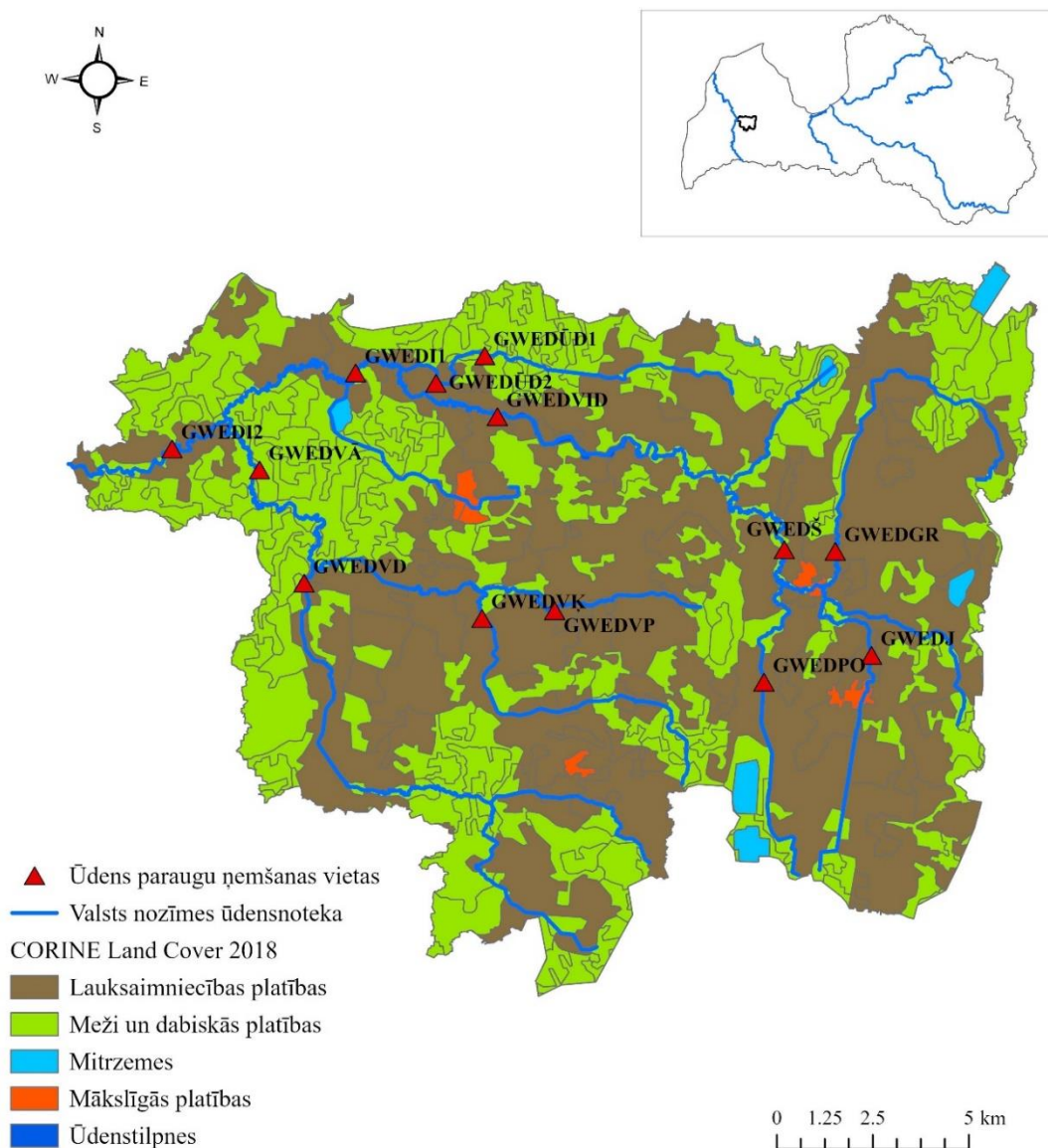
Nr. p.k.	ID kods	Paskaidrojums	Platība, km ²	CLC klase				
				Mākslīgās (urbānās) platības, %	Lauksaimniecības platības, %	Meži un dabiskās platības, %	Mitrzemes (purvi), %	Ūdenstilpnes, %
1	GWAUCR	Pieteka Rīgava	28.4	2.4	53.5	44.1	0.0	0.0
2	GWAUCVG	Rīgavas pieteka Vecmiķeļu grāvis	10.8	2.1	54.0	44.0	0.0	0.0
3	GWAUCI	Auces upes izteka no L118	128.5	2.1	52.3	45.0	0.1	0.4
4	GWAUCK1	Kalvas grāvis pirms cūkkopības kompleksa	5.8	0.0	80.8	19.2	0.0	0.0
5	GWAUCK2	Kalves grāvis pēc cūkkopības kompleksa	12.4	1.4	72.9	25.7	0.0	0.0
6	GWAUCĪ1	Pirms Īles NAI	36.7	0.7	36.5	61.6	0.4	0.7
7	GWAUCG1	Novadgrāvis drenētās lauksaimniecības zemēs 1	4.7	0.0	82.9	17.1	0.0	0.0
8	GWAUCG2	Novadgrāvis drenētās lauksaimniecības zemēs 2	3.3	0.0	87.7	12.3	0.0	0.0
9	GWAUCĪ2	Pēc Īles NAI	36.7	0.7	36.5	61.6	0.4	0.7
10	GWAUCDK	Liela izmēra drenu kolektors aramzeme	1.0	0.0	71.3	28.7	0.0	0.0
11	GWAUCEZ	Izteka no Vecauces ezera	31.4	2.1	28.5	45.9	11.4	12.1
12	GWAUCBH1	Auces upe augšpus Bēnes HES	69.3	0.8	49.4	49.2	0.2	0.4
13	GWAUCB	Auces upe pēc Bēnes ciema	81.6	1.8	50.7	46.7	0.2	0.7
14	GWAUCBH2	Auces upe lejpus Bēnes HES	80.3	1.1	51.0	47.1	0.2	0.7
15	GWAUCAR	Auces upe augšpus Rīgavas	97.7	2.1	50.8	46.4	0.2	0.6

Monitoringa objekta L118 Auce ūdens paraugu ņemšanas vietu sateces baseinos lauksaimniecības zemes dominē 11 sateces baseinos, izņemot GWAUCĪ1, GWAUCĪ2, GWAUCEZ un GWAUCBH1, kur dominē meži un dabiskās platības. Ūdens paraugu ņemšanas vietā GWAUCEZ 12.1% no sateces baseina platības aizņem ūdenstilpnes, jo paraugs tiek ievākts iztekā no Vecauces ezera. Monitoringa objekta L118 Auce zemes lietojuma veidu vizuāls sadalījums attēlots 2.7. attēlā.



2.7. att. Monitoringa objekts L118 Auce

V046 Ēda (upes izpētes līmenis) ir Ventas labā krasta pieteka, ietilpst Ventas upes baseinā, atrodas Latvijas rietumu daļā (Tukuma, Saldus, Kuldīgas novadi), Austrumkursas augstienes Vārmes nolaidenumā (2.8. attēls) (Latvijas fizikāli ģeogrāfiskā karte 2018). Ģeotelpiskās informācijas dati liecina, ka Ēdas upes garums ir 38 km, tās lielākās pietekas ir Vārme, Ūdrupe, Grauzdupe un Pormale.



2.8. att. Monitoringa objekts V046 Ēda

Monitoringa objekts V046 Ēda sastāv no 13 ūdens paraugu ņemšanas vietām (2.8. tabula) ar sateces baseinu platībām 9.1 – 300.9 km².

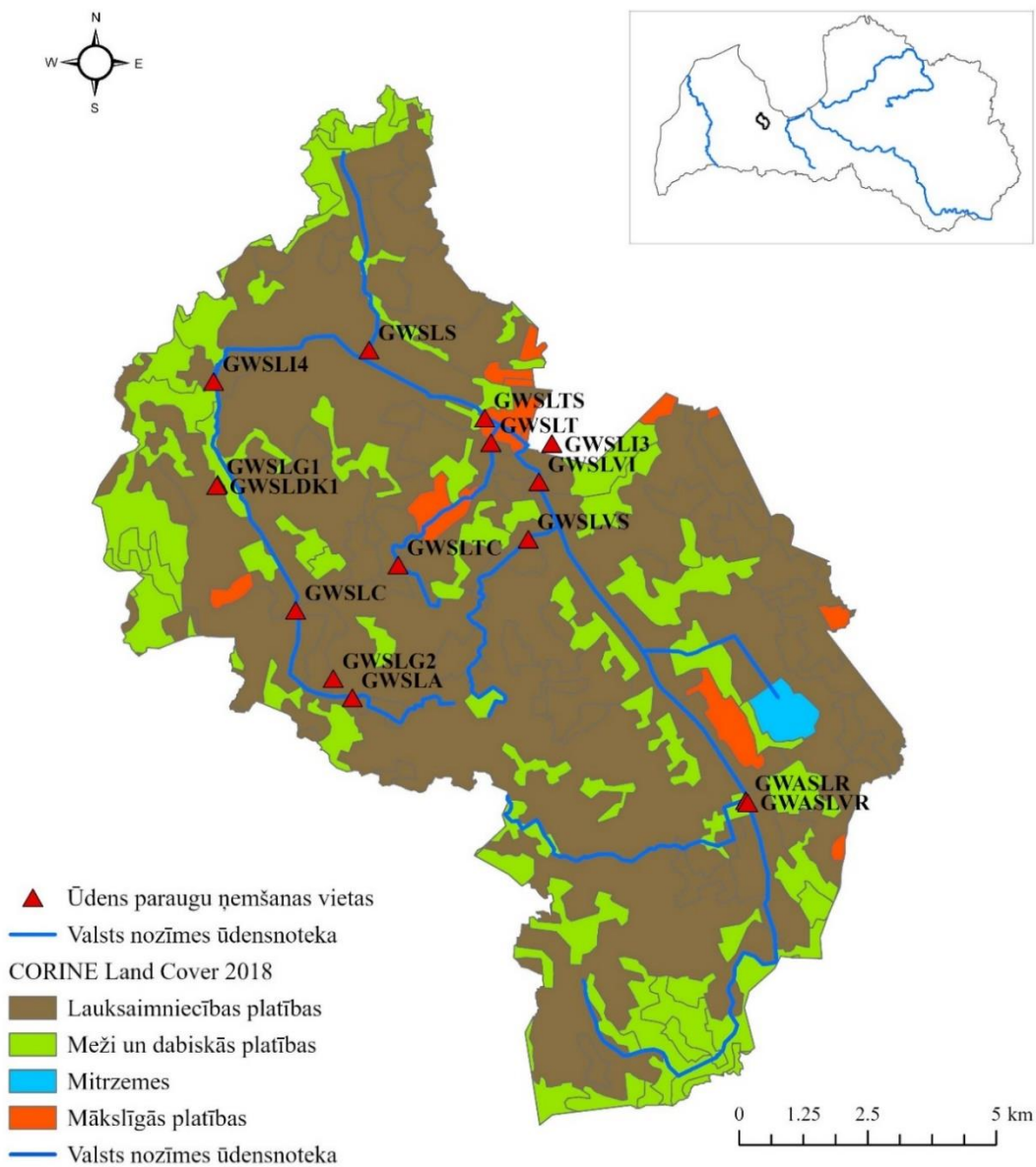
2.8. tabula. Ūdens paraugu ņemšanas vietas V046 Ēda

Nr. p.k.	ID kods	Paskaidrojums	Platība, km ²	CLC klase				
				Mākslīgās (urbānās) platības, %	Lauksaimniecības platības, %	Meži un dabiskās platības, %	Mitrzemes (purvi), %s	Ūdenstilpnes, %
1	GWEDI2	Ēdas upes izteka no V046	300.9	0.7	53.5	44.5	1.1	0.2
2	GWEDI1	Ēdas upes izteka no V045	142.1	0.7	58.5	38.4	2.0	0.4
3	GWEDVĀ	Ēdas upes pieteka Vārme	118.3	0.3	53.0	46.8	0.0	0.0

Nr. p.k.	ID kods	Paskaidrojums	Platība, km ²	CLC klase				
				Mākslīgās (urbānās) platības, %	Lauksaimniecības platības, %	Meži un dabiskās platības, %	Mitrzemes (purvi), %s	Ūdens-tilpnes, %
4	GWEDŪD1	Ēdas upes pieteka Ūdrupe pirms novietnes	17.8	0.0	36.9	62.8	0.4	0.0
5	GWEDGR	Ēdas upes pieteka Grauzdupe	33.4	0.2	60.5	37.4	2.0	0.0
6	GWEDPO	Ēdas upes pieteka Pormale	9.1	0.0	56.3	27.3	16.5	0.0
7	GWEDVD	Vārmes pieteka Dūrupe	54.0	0.4	46.6	53.0	0.0	0.0
8	GWEDVĶ	Vārmes pieteka Ķīse	19.8	0.3	60.7	38.9	0.0	0.0
9	GWEDVP	Vārmes pieteka Palīce	16.5	0.0	80.9	19.1	0.0	0.0
10	GWEDJ	Ēdas upe pēc Jaunlutriņu ciema	22.9	2.2	74.8	23.0	0.0	0.0
11	GWEDŠ	Ēdas upe pēc Šķēdes ciema	88.8	1.1	65.8	30.3	2.9	0.0
12	GWEDVID	Ēdas upes vidus posms	114.3	0.8	62.4	33.8	2.5	0.5
13	GWEDŪD2	Ēdas upes pieteka Ūdrupe pēc novietnes	20.7	0.0	36.8	62.9	0.3	0.0

Monitoringa objektā V046 Ēda 10 ūdens paraugu ņemšanas vietās dominē lauksaimniecības platības, savukārt meža un dabiskās platības dominē ūdens paraugu ņemšanas vietu GWEDŪD1, GWEDVD un GWEDŪD2 sateces baseinos.

V093 Slocene (upes izpētes līmenis) ietilpst Ventas upes baseinā, atrodas Latvijas rietumu daļā (Tukuma novads), tek no Austrumkursas augstienes Spārnenes viļņotā līdzenuma uz Piejūras zemienes Rīgavas līdzenumu, ietek Kaņiera ezerā (2.9. attēls) (Latvijas fizikāli ģeogrāfiskā karte 2018). Ģeotelpiskās informācijas dati liecina, ka Slocenes upes garums ir 44 km, tās lielākās pietekas ir Sudmaļupīte, Tumes, Viļņu un Ratnieku strauti.



2.9. att. **Monitoringa objekts V093 Slocene**

Monitoringa objekts V093 Slocene sastāv no 15 ūdens paraugu ņemšanas vietām (2.9. tabula) ar sateces baseinu platībām 0.2 – 149.9 km².

2.9. tabula. Ūdens paraugu ņemšanas vietas V093 Slocene

Nr. p.k.	ID kods	Paskaidrojums	Platība, km ²	CLC klase				
				Māks- līgās (urbānās) platības, %	Lauksaim- niecības platības, %	Meži un dabiskās platības, %	Mitr- zemes (purvi), %	Ūdens- tīlpnes, %
1	GWASLR	Vašlejas pieteka Ratnieku strauts	10.2	0.0	76.2	23.8	0.0	0.0
2	GWSLVS	Vašlejas upes pieteka Viļņu strauts	3.6	0.0	92.0	8.0	0.0	0.0
3	GWSLS	Slocenes upes pieteka Sudmaļupīte	9.1	0.0	71.2	28.8	0.0	0.0
4	GWSLT	Slocenes upes pieteka Tumes strauts	5.1	18.9	67.7	13.4	0.0	0.0
5	GWSLI4	Slocenes upes izteka no V094	34.8	0.9	72.5	26.6	0.0	0.0
6	GWSLVI	Vašlejas upes izteka	81.7	2.1	71.6	25.0	1.4	0.0
7	GWSLG2	Novadgrāvis drenētās lauksaimniecības zemēs 2	1.2	0.0	91.8	8.2	0.0	0.0
8	GWSLG1	Novadgrāvis drenētās lauksaimniecības zemēs 1	4.6	2.4	77.1	20.5	0.0	0.0
9	GWSLDK1	Drenu kolektors aramzeme	0.2	0.0	72.7	27.3	0.0	0.0
10	GWSLI3	Slocenes upes izteka no V093	149.9	2.8	72.2	24.2	0.7	0.0
11	GWASLVR	Vašleja pirms Ratnieku strauta	21.6	0.5	58.3	41.1	0.0	0.0
12	GWSLC	Slocenes upe pirms cūkkopības kompleksa	12.8	0.0	88.2	11.8	0.0	0.0
13	GWSLA	Slocenes upes augštece	3.0	0.0	96.9	3.1	0.0	0.0
14	GWSLTS	Tukuma Straume	61.8	1.0	74.8	24.2	0.0	0.0
15	GWSLTC	Lauksaimniecības platības Tumes strauta baseinā	1.3	0.0	93.1	6.9	0.0	0.0

Monitoringa objektā V093 Slocene visos ūdens paraugu ņemšanas vietu sateces baseinos dominē lauksaimniecības platības, attiecīgi tajos izvērtējama lauksaimniecības faktoru ietekme.

2.1.3. Meteoroloģisko novērojumu dati

Meteoroloģisko novērojumu dati Bēzēs, Mellupītes un Vienziemītes monitoringa objektiem, laika periodā no 1961. – 2021. g., atbilstoši ģeogrāfiskajam novietojumam, iegūti meteoroloģisko novērojumu stacijās Dobeļe (monitoringa objektam Bērze), Saldus

(monitoringa objektam Mellupīte) un Zosēni (monitoringa objektam Vienziemīte). Pētījuma ietvaros izmantotas gaisa temperatūras un nokrišņu (P) gada vidējās vērtības Bērzes, Mellupītes un Vienziemītes mazā sateces baseina un drenu lauka izpētes līmeņos.

Meteoroloģisko novērojumu stacija Dobeļe (Platums 56°37'11.65" Z, garums 023°19'10.68" A) darbību uzsāka 1949. g., tajā norisinās automātiskie novērojumi, kas ietver atmosfēras spiediena, gaisa temperatūras, aramkārtas un zem dabiskās veģetācijas virsmas temperatūru, atmosfēras parādību, gaisa mitruma, mākoņu augstuma, meteoroloģiskās redzamības, minimālās temperatūras zāles augstumā, vēja un nokrišņu daudzuma novērojumus (LVĢMC 2009). Novērojumu stacija Dobeļe iekļauta Pasaules meteoroloģijas organizācijas un Eiropas meteoroloģijas dienesta tīklos: Globālajā Nokrišņu Klimata, Eiropas pamatsinoptisku un klimata tīklu reģionālajā līmenī (LVĢMC 2009).

Meteoroloģisko novērojumu stacija Saldus (Platums 56°42'36.503" Z, garums 022°25'36.273" A) darbību uzsāka 1945. g., tajā norisinās automātiskie novērojumi, kas ietver atmosfēras spiediena, gaisa temperatūras, gaisa mitruma, atmosfēras parādību, nokrišņu daudzuma, sniega segas biezuma, vēja un mākoņainuma novērojumus (LVĢMC 2009). Novērojumu stacija Saldus iekļauta Pasaules meteoroloģijas organizācijas un Eiropas meteoroloģijas dienesta tīklos: Eiropas Klimata novērtēšanas programmā, Eiropas pamatsinoptisku reģionālajā līmenī (LVĢMC 2009).

Meteoroloģisko novērojumu stacija Zosēni (Platums 57°08'06.28" Z, garums 025°54'20.23" A) darbību uzsāka 1945. g., tajā norisinās automātiskie novērojumi, kas ietver atmosfēras spiediena, atmosfēras parādību, gaisa temperatūras, aramkārtas un zem dabiskās veģetācijas virsmas temperatūru, gaisa mitruma, mākoņu augstuma, meteoroloģiskās redzamības, nokrišņu daudzuma, sniega segas biezuma, vēja, saules spīdēšanas ilguma un summārās radiācijas novērojumus (LVĢMC 2009). Novērojumu stacija Zosēni iekļauta Pasaules meteoroloģijas organizācijas un Eiropas meteoroloģijas dienesta tīklos: Globālajā nokrišņu klimata programmas reģionālajā līmenī (LVĢMC 2009).

2.2. Ūdens paraugu ievākšanas metodes

Lauksaimniecības noteču monitoringa īstenošanas ietvaros, ūdens paraugi tiek ievākti un analizēti, ievērojot sistemātiskumu un regularitāti, kas nodrošina ilgstošu un nepārtrauktu datu rindu pieejamību. Ūdens caurplūduma mērījumi tiek veikti atbilstoši katram monitoringa stacijā esošajam aprīkojumam un tehniskajām iespējām, attiecīgi:

- Bērzes upes izpētes līmenī monitoringa dati ievākti hidrometriskajā postenī Bērze – Baloži, kas darbību uzsāka 1927. g. 15. martā un izvietots uz Bērzes upes (nejaušs ūdens paraugs), mazā sateces baseina izpētes līmenī izmantojot modificētu Krampa pārgāzni ar V – veida profilu (uzstādīts datu logeris), drenu lauka izpētes līmenī izmantojot trijstūra pārgāzni akā, kas savieno drenu kolektorus (uzstādīts datu logeris);
- Mellupītes monitoringa stacijā mazā sateces baseina izpētes līmenī caurplūduma mērījumus veic izmantojot Krampa pārgāzni (uzstādīts datu logeris), drenu lauka izpētes līmenī izmantojot trijstūra pārgāzni (uzstādīts datu logeris);
- Vienziemītes monitoringa stacijā mazā sateces baseina izpētes līmenī izmantojot praktiskā profila pārgāzni (uzstādīts datu logeris), drenu lauka izpētes līmenī trijstūra pārgāzni (uzstādīts datu logeris).

Vietās, kurās ir ierīkota automātiskā ūdens paraugu ievākšana (Bērzes un Mellupītes monitoringa stacijās mazā sateces baseina un drenu lauka izpētes līmenī), ūdens paraugi ķīmiskā sastāva noteikšanai tiek ievākti proporcionāli caurplūdumam. Ūdens tiek sasūknēts plastmasas tvertnēs, no kurām plastmasas pudelēs tiek paņemts 0.5 litru ūdens paraugs. Vienziemītes monitoringa stacijā mazā sateces baseina un drenu lauka izpētes līmenī 0.5 litru plastmasas pudelēs noteiktā vietā reizi mēnesī ievāc nejaušus ūdens paraugus. LIFE GoodWater IP projekta ietvaros G264 Aģes, L118 Auces, V046 Ēdas un V093 Sločenes upju sateces

baseinos caurplūduma mērījumi tiek veikti ūdens paraugu ievākšanas laikā, ūdens paraugi analīzei tiek izvēlēti kā nejaušs paraugs.

Ūdens paraugi pēc ievākšanas tiek apzīmēti ar noteiktu identifikācijas numuru un paraugus pirms transportēšanas uz laboratoriju uzglabā ledusskapī 2 – 4° C temperatūrā.

2.3. Ūdens paraugu ķīmiskā sastāva noteikšanas metodes

Ūdens paraugu ķīmiskā sastāva analizēšana, lai noteiktu N_{kop} , NO_3-N , NH_4-N , P_{kop} un PO_4-P koncentrācijas ūdens paraugos, norisinās akreditētā laboratorijā. Lauksaimniecības noteču monitoringa objektiem (Bēzres upes, Bēzres, Mellupītes, Vienziemītes mazā sateces baseina un drenu lauka izpētes līmenī) periodā no 1995. g. līdz 2005. g. Latvijas Hidroekoloģijas institūta laboratorijā, no 2005. g. līdz 2007. g. LVĢMC laboratorijā, no 2008. g. līdz 2021. g. Daugavpils Universitātes aģentūras “Latvijas Hidroekoloģijas institūta” Hidroķīmijas laboratorijā (LHEI). LIFE Goodwater IP projekta monitoringa objektiem G264 Aģe un V093 Slocene ūdens paraugi tiek analizēti LVĢMC laboratorijā, savukārt monitoringa objektiem L118 Auce un V046 Ēdas BIOR laboratorijā. Ūdens ķīmiskā sastāva testēšanas metodes, kas tiek izmantotas laboratorijās, atbilst Latvijā izmantotiem standartiem, ir savstarpēji salīdzināmas un apkopotas 2.10. tabulā.

2.10. tabula. Ūdens ķīmiskā sastāva testēšanas metodes

Parametrs	Laboratorija	Normatīvi tehniskās dokumentācijas Nr.	Analīzes metode
Bēzres upe, Bēzres, Mellupītes, Vienziemītes mazā sateces baseina un drenu lauka izpētes līmenis			
NO_3-N	LHEI	LVS EN ISO 13395:1996	Spektrofotometrija, nitrītu - slāpekļa, nitrātu - slāpekļa un to summārā satura noteikšana ar plūsmas analīzes metodi
	LVĢMC	LVS EN ISO 13395:2004	Spektrofotometrija, nitrītu - slāpekļa, nitrātu - slāpekļa un to summārā satura noteikšana ar plūsmas analīzes metodi
NH_4-N	LHEI	LVS ISO 7150-1:1984	Spektrofotometrija, indofenola metode
	LVĢMC	LVS EN ISO 11732:2005	Spektrofotometrija, nepārtrauktas plūsmas indofenola metode
N_{kop}	LVĢMC un LHEI	LVS EN ISO 11905-1:1998	Mineralizācijas metode, oksidējot ar peroksidisulfātu
PO_4-P	LVĢMC un LHEI	LVS EN ISO 6878:2005, 4. daļa	Spektrofotometrija, amonija molibdāta metode
P_{kop}	LVĢMC un LHEI	LVS EN ISO 6878:2005, 7. daļa	Spektrofotometrija, molibdāta metode pēc parauga oksidēšanas ar peroksidisulfātu
G264 Aģes un V093 Slocenes upju sateces baseini			
NO_3-N	LVĢMC	LVS EN ISO 13395:2004	Spektrometriska nitrītu - slāpekļa, nitrātu - slāpekļa un to summārā satura noteikšana ar plūsmas analīzes metodi
NH_4-N	LVĢMC	LVS EN ISO 11732:2005	Plūsmas analīzes (CFA un FIA) un spektrofotometriskas noteikšanas metode
N_{kop}	LVĢMC	LVS EN 12260:2004	Slāpekļa noteikšana pēc oksidēšanas līdz slāpekļa oksīdiem

Parametrs	Laboratorija	Normatīvi tehniskās dokumentācijas Nr.	Analīzes metode
P_{kop}	LVĢMC	LVS EN ISO 6878:2005 7.daļa	Kopējā fosfora noteikšana pēc oksidēšanas ar peroksidisulfātu, amonija molibdāta spektrofotometriskā metode
L118 Auces un V046 Ēdas upju sateces baseini			
NO_3-N	BIOR	LVS ISO 7890-3:2002	Spektrofotometrija
NH_4-N	BIOR	LVS ISO 7150-1:1984	Spektrofotometrija
N_{kop}	BIOR	LVS EN 25663:2000	Kjeldāla metode
P_{kop}	BIOR	LVS EN ISO 6878:2005 s.7	Spektrofotometrija

Pētījuma ietvaros tiek izmantotas gada vidējās N_{kop} , NO_3-N , NH_4-N , P_{kop} un PO_4-P koncentrāciju un zudumu vērtības Bērzes upes, Bērzes, Mellupītes un Vienziemītes mazā sateces baseina un drenu lauka izpētes līmeņos, kā arī vidējās vērtības atbilstoši ūdens paraugu ievākšanas periodiem, attiecīgi monitoringa objektiem G264 Aģe un V093 Slocene vidējā vērtība periodam no 2020. g. maija līdz 2021. g. oktobrim un monitoringa objektiem L118 Auce un V046 Ēda vidējā vērtība periodam no 2021. g. marta līdz 2021. g. decembrim.

2.4. Pētījumā pielietoto datu apstrādes metožu izvēle un raksturojums

Apakšnodaļa ietver datu statistiskās analīzes metožu aprakstu, ģeotelpiskās informācijas datu analīzi un fizikāli – ķīmisko ūdens kvalitātes rādītāju robežvērtību novērtējuma aprakstu.

2.4.1. Fizikāli - ķīmisko ūdens kvalitātes rādītāju robežvērtību novērtējums

Atbilstoši Lielupes, Ventas un Gaujas upju baseinu apgabala apsaimniekošanas plānu 2016. – 2021. g. 2.1. pielikumam “Latvijas virszemes ūdeņu tipi”, 2.3. pielikumiem “Virszemes ūdensobjektu raksturojums” un 4.3. pielikumam “Upju un ezeru ūdensobjektu ekoloģiskās kvalitātes vērtēšanas metodika”, Bērzes upes ūdensobjekti L111 un L114 pieder 3. upju tipam un L109 pieder 4. upju tipam. Monitoringa objektu G264 Aģe, L118 Auce, V046 Ēda un V093 Slocene sateces baseini pieder 3. upju tipam (Upju baseinu apgabala apsaimniekošanas plāni 2021). Lai drenu lauka un mazā sateces baseina izpētes līmeņos salīdzinātu noteces kvalitāti, pētījuma ietveros tiek pieņemts, ka Bērzes, Mellupītes un Vienziemītes monitoringa objektu sateces baseini atbilst 2. upju tipam.

Atbilstoši “Upju un ezeru ūdensobjektu ekoloģiskās kvalitātes vērtēšanas metodikai” potomāla tipa mazai upei (2. tips) atbilst mazs sateces baseins ($<100 \text{ km}^2$), mazs gultnes dibena garenslīpums $<1 \text{ m km}^{-1}$ (1 – 3 km garā posmā). Upe ir sekla, straumes ātrums mazāks par 0.2 m s^{-1} , gultnes substrātu veido smilts, kas ir klāta ar organiskas izcelsmes detritu un dūņām. Ritrāla tipa vidējai upei (3. upju tips) atbilst vidēji liels sateces baseins ($100 - 1000 \text{ km}^2$), liels gultnes dibena garenslīpums $>1 \text{ m km}^{-1}$ (1 – 3 km garā posmā). Upes ir vidēji dziļas, straumes ātrums lielāks par 0.2 m s^{-1} , gultnes substrātu veido smilts, grants un akmeņi. Potomāla tipa vidējai upei (4. upju tips) atbilst vidēji liels sateces baseins ($100 - 1000 \text{ km}^2$), mazs gultnes dibena garenslīpums $<1 \text{ m km}^{-1}$ (1 – 3 km garā posmā). Upes ir vidēji dziļas, straumes ātrums mazāks par 0.2 m s^{-1} , gultnes substrātu veido smilts, kas ir klāta ar organiskas izcelsmes detritu un dūņām (Upju baseinu apgabala apsaimniekošanas plāni 2021).

Bērzes upes, G264 Aģes, L118 Auces, V046 Ēdas un V093 Slocenes sateces baseinu ūdens kvalitāte tiek vērtēta pēc N_{kop} , NH_4-N , P_{kop} gada vidējām koncentrācijām ar noteiktiem fizikāli – ķīmisko rādītāju kvalitātes klašu robežlielumiem (2.11. tabula), saskaņā ar iepriekš noteiktajiem upju tipiem (Upju baseinu apgabala apsaimniekošanas plāni 2021). Kvalitātes

rādītāju klases apzīmē ar krāsām: augsta kvalitāte zilā krāsā, laba kvalitāte zaļā krāsā, vidēja kvalitāte dzeltenā krāsā, slikta kvalitāte oranžā krāsā un ļoti slikta kvalitāte sarkanā krāsā.

2.11. tabula. **Fizikāli – ķīmisko rādītāju kvalitātes klašu robežvērtības upju tipiem**

Rādītājs	Tips	Mērvienība	Augsta	Laba	Vidēja	Slikta	Ļoti slikta
N _{kop}	2	mg L ⁻¹	<1.5	1.5 - 2.5	2.5 – 3.5	3.5 – 4.5	>4.5
NH ₄ -N			<0.1	0.1 - 0.16	0.16 – 0.24	0.24 – 0.32	>0.32
P _{kop}			<0.045	0.045 – 0.090	0.090 – 0.135	0.135 – 0.180	>0.180
N _{kop}	3	mg L ⁻¹	<1.8	1.8 - 2.3	2.3 – 2.8	2.8 – 3.3	>3.3
NH ₄ -N			<0.09	0.09 - 0.12	0.12 – 0.15	0.15 – 0.18	>0.18
P _{kop}			<0.05	0.05 – 0.075	0.075 – 0.100	0.100 – 0.125	>0.125
N _{kop}	4	mg L ⁻¹	<2	2.0 – 3.0	3.0 – 4.0	4.0 – 5.0	>5.0
NH ₄ -N			<0.16	0.16 – 0.24	0.24 – 0.32	0.32-0.40	>0.40
P _{kop}			<0.06	0.06 – 0.090	0.090 – 0.135	0.135 – 0.180	>0.180

Literatūras analīzē noteikts, ka Nitrātu direktīvā NO₃ koncentrācijas maksimāli pieļaujamā robežvērtība ir 50 mg L⁻¹ NO₃ (pārrēķinot 11.3 mg L⁻¹ NO₃-N) (Agriculture and Natural Resources University of California 2012; EU Nitrates Directive 1991). Fizikāli – ķīmisko rādītāju kvalitātes klases Bērzes, Mellupītes un Vienziemītes monitoringa objektu sateces baseiniem attēlotas tabulās, savukārt Bērzes upes, G264 Aģes, L118 Auces, V046 Ēdas un V093 Sloenes sateces baseinu izpētes līmeņiem attēlotas blokshēmās. Ūdens kvalitātes novērtēšanai Latvijā nav reglamentētas PO₄-P koncentrāciju robežvērtības.

2.4.2. Datu statistiskā analīze

Gaisa temperatūras, atmosfēras nokrišņu un noteces apjoma analīzei tiek pielietota:

- datu apkopošana un sistematizēšana;
- aprakstošās statistikas analīze;
- korelācijas un regresijas analīze.

Augu barības vielu (N_{kop}, NO₃-N, NH₄-N, P_{kop} un PO₄-P) koncentrāciju un zudumu analīzei tiek pielietota:

- datu apkopošana un sistematizēšana;
- aprakstošās statistikas analīze;
- korelācijas un regresijas analīze;
- robežvērtību novērtējums;
- ģeotelpiskās informācijas datu analīze;
- Manna-Kendala tests izmaiņu tendenču novērtēšanai;
- daudzfaktoru regresijas analīze

Datu apstrāde pētījumā ietver būtiskāko agrohidroloģisko faktoru un ūdens ķīmiskā sastāva (N_{kop}, NO₃-N, NH₄-N, P_{kop} un PO₄-P koncentrācijas un zudumu) analīzi.

Augu barības vielu koncentrācijas un zudumi. Augu barības vielu vidējā diennakts koncentrācija iegūta, interpolējot vērtības starp divām novērotām mēnešu vērtībām. Augu barības vielu (N_{kop}, NO₃-N, NH₄-N, P_{kop} un PO₄-P) zudumu apjoms jeb noplūde (kg ha⁻¹) tiek aprēķināti summējot diennakts vidējo caurplūdumu reizinājumu ar attiecīgās augu barības vielas vidējo diennakts koncentrāciju ūdens paraugā, izmantojot formulu:

$$L = 0.01 \sum C_i * Q_i \quad (2.1)$$

kur

- L – N_{kop} , NO_3-N , NH_4-N , P_{kop} un PO_4-P zudumi, $kg\ ha^{-1}$;
 C_i – N_{kop} , NO_3-N , NH_4-N , P_{kop} un PO_4-P vidējā diennakts koncentrācija, $mg\ L^{-1}$;
 Q_i – vidējais diennakts noteces slānis, mm (Lagzdins 2012).

Pētījuma ietvaros tiek izmantotas gada vidējās noteces vērtības Bēzēs, Mellupītes un Vienziemītes mazā sateces baseina un drenu lauka izpētes līmeņos.

Aprakstošā statistika izmantota datu kopas raksturojošo parametru attēlošanai. Aprakstošā statistika ietverot vidējā aritmētiskā, minimālās un maksimālās vērtības, standartnovirzes (s) vērtības, kas aprēķinātas izmantojot *MS Excel* vai *IBM SPSS Statistics 22* programmu funkcijas.

Korelācijas analīze un lineārās regresijas analīze veikta izmantojot *MS Excel* funkcijas. Korelācijas analīze (funkcija *correl*), kurā izmantots Pīrsona korelācijas koeficients, veikta izmanto saistības noteikšanai starp divām datu kopām (Microsoft 2021). Korelācijas koeficientam nav mērvienības, tā vērtības diapazons ir no -1 līdz +1, vērtība 0 liecina par korelācijas neesamību starp datu kopām, vērtība +1 vai -1 liecina par kļūdu aprēķinos. Ja korelācijas koeficienta vērtība ir pozitīva, tad vienas datu kopas vērtībām palielinoties, otras datu kopas vērtības palielinās, pretēji, ja korelācijas koeficienta vērtība ir negatīva, vienas datu kopas vērtībām palielinoties, otras datu kopas vērtības samazinās (Microsoft 2021).

Regresijas analīze izmantota saistību funkcijas noteikšanai starp divām datu rindām. Izmantota lineārā regresija, kas aprakstīta ar lineārās regresijas vienādojumu, kā arī aprēķināts determinācijas koeficients (R^2). Determinācijas koeficients raksturo kāda vienas datu kopas variācijas daļa tieši atkarīga no otras datu kopas vērtību variācijas, tā vērtības diapazons ir no 0 līdz +1 (Microsoft 2021).

Korelācijas koeficientam nav mērvienības, to vērtības raksturo un iedala kategorijās pēc saistību ciešuma. Pastāv vairāki iedalījuma veidi (Akoglu 2018; Bender, Douglass, and Kramer 2020) un pētījumā pielietotais vērtību iedalījums pēc saistību ciešuma apkopots 2.12. tabulā.

2.12. tabula. **Korelācijas koeficienta saistības ciešuma iedalījums**

Saistības ciešums	Koeficienta amplitūda	
	Minimālā vērtība	Maksimālā vērtība
Cieša saistība	0.7	>0.7
Vidēji cieša saistība	0.5	0.69
Vāja saistība	>0.49	0.49

Datu atbilstība normālajam sadalījumam izvērtēta Bēzēs, Mellupītes un Vienziemītes drenu lauka un mazā sateces baseina izpētes līmeņos noteces (mm), N_{kop} , NO_3-N , NH_4-N , P_{kop} , PO_4-P koncentrāciju ($mg\ L^{-1}$) un zudumu ($kg\ ha^{-1}$) vērtībām, izmantojot programmas *IBM SPSS Statistics 22* funkciju: Kolmogorova – Smirnova tests (*Kolmogorov-Smirnov*). Nulles hipotēze, ka datu rindas empīriskais sadalījums būtiski neatšķiras no normālā sadalījuma nevar noraidīt, ja $p > 0.05$, taču novirze no normālā sadalījuma tiek uzskatīta par būtisku, ja $p < 0.05$ (Baghban *et al.* 2013). Izvērtējot datu atbilstību normālajam sadalījumam, visas vērtības atbilst $p=0.00$, izņemot Bēzēs mazā sateces baseina izpētes līmeņa NO_3-N koncentrāciju, kas atbilst $p=0.01$. Secināms, ka visas datu kopas neatbilst normālajam sadalījumam (p -vērtība < 0.05), tādēļ virszemes ūdeņu kvalitātes izmaiņu tendenču prognozēšanai lietots neparametriskais Manna-Kendala tests.

Virszemes ūdeņu kvalitātes izmaiņu tendenču novērtēšanai izmantots modificēts Manna-Kendala (MK) tests (Libiseller and Grimvall 2002). MK tests ir neparametriskais tests, ar kuru pārbauda, vai datiem ir raksturīga augoša vai dilstoša tendence, vai arī tie ir nejauši izvietoti laikā. MK tests tiek izmantots ilglaicīgu izmaiņu būtiskuma novērtēšanai meteoroloģiskajiem un hidroloģiskajiem parametriem. Testu vērtē pēc tendences nozīmīguma, tā pamatā ir tā sauktais rangu jeb pāru princips, pēc kura salīdzina divas novērojumu vērtības (Curiac and Micea 2023; Li et al. 2022; Stålnacke et al. 2003).

MK testa vērtības tiek aprēķinātas izmantojot C.Libiseller un A.Grimvall (2002) *MS Excel* izveidoto un pielāgoto makro programmu *MULTMK/PARTMK*, kurā iekļauta ne tikai sezonālo izmaiņu ietekme, bet arī antropogēno un dabisko faktoru radīto izmaiņu ietekme. MK testu veic, lai noteiktu tendences notecei (mm) un augu barības vielu (N_{kop} , NO_3-N , P_{kop} un PO_4-P) koncentrācijām ($mg\ L^{-1}$) un zudumiem ($kg\ ha^{-1}$) Bērzes, Mellupītes un Vienziemītes monitoringa stacijas drenu lauka un sateces baseina izpētes līmeņos.

Daudzfaktoru regresijas analīze tiek izmantota dažādu hidroloģisko un meteoroloģisko datu izpētē (Dimitriadou and Nikolakopoulos 2022; Holder 1985; Patel et al. 2016). Analīze veikta, lai pētījuma periodā parādītu agrohidroloģisko faktoru summāro ietekmi uz rezultatīvās pazīmes (augu barības vielu koncentrāciju) izmaiņām. Daudzfaktoru regresijas analīze veikta, izmantojot *IBM SPSS Statistics 22* programmas funkciju daudzfaktoru regresijas analīzes veikšanai (*Linear regression*).

Daudzfaktoru regresijas analīzē iekļautās rezultatīvās pazīmes ir N_{kop} , NO_3-N , NH_4-N , P_{kop} un PO_4-P koncentrācijas. Regresijas analīzē iekļautās faktoriālās pazīmes izvēlētas pamatojoties uz literatūras analīzē noteiktajiem dabiskajiem un antropogēnajiem faktoriem, kas var būtiski ietekmēt lauksaimniecības noteces kvalitāti, izvērtējot datu pieejamību, kā arī ņemot vērā, ka faktori nedrīkst būt savstarpēji saistīti. Faktoriālo pazīmju vispārējs raksturojums apkopots 2.13. tabulā.

2.13. tabula. **Regresijas analīzē izmantoto faktoriālo pazīmju vispārējs raksturojums**

Nr.p.k.	Faktoriālā pazīme		Izmantotie dati
1	Vidējā gaisa temperatūra		Meteoroloģisko staciju dati, vidējā vērtība periodam no 2005. līdz 2021. g.
2	Gada vidējo nokrišņu summa		
3	Drenēto platību īpatsvars daļbaseinā		ZMNĪ Meliorācijas kadastra informācijas sistēmas digitālie ģeotelpiskie dati, 2022.g.
4	Vidējais zemes virsmas slīpums daļbaseinā		LBTU dati, atvasināti no digitālā reljefa modeļa, 2019.g.
5	Zemes lietojuma veids:	mākslīgo (urbāno) platību īpatsvars daļbaseinā	CLC 2018.g. dati
6		lauksaimniecības platību īpatsvars daļbaseinā	
7		mežu un dabisko platību īpatsvars daļbaseinā	
8		mitrzemju (purvu) īpatsvars daļbaseinā	
9		ūdenstilpņu īpatsvars daļbaseinā	

Nr.p.k.	Faktoriālā pazīme		Izmantotie dati
10	Augsnes granulo-metriskais sastāvs:	grants īpatsvars daļbaseinā	Vēsturiskās augsnes digitālās datubāzes dati, 2020.g.
11		mālainu augšņu īpatsvars daļbaseinā	
12		smilšainu augšņu īpatsvars daļbaseinā	
13		mālsmilts augšņu īpatsvars daļbaseinā	
14		smilšmāla augšņu īpatsvars daļbaseinā	
15		purva (kūdras) augšņu īpatsvars daļbaseinā	
16	Vidējais dzīvnieku vienību skaits daļbaseinā pētījuma periodā		Lauksaimniecības datu centra ģeotelpiskie dati, vidējā vērtība periodam no 2007. līdz 2021. g.

Regresijas analīze veikta Bēzres upes izpētes līmenim – 15 daļbaseiniem. Lai iegūtu statistiski ticamu rezultātu, pakāpeniski izslēgtas faktoriālās pazīmes ar mazāko statisko ticamību, līdz visām regresijas analīzē izmantotajām faktoriālajām pazīmēm būtiskuma līmenis iekļaujas 95% intervālā un tās uzskatāmas par statistiski ticamām (Kafle 2019). Piemērs ar rezultatīvās pazīmes $\text{NO}_3\text{-N}$ un faktoru izslēgšanu līdz faktoru vērtība 95% intervālā ir statistiski ticama, detalizēti attēlots 1.pielikumā.

Rezultāti izteikti regresijas vienādojuma veidā:

$$y_{(n,p)} = \beta_0 + (\beta_1 \times x_1)(\beta_2 \times x_2) \dots (\beta_n \times x_n) \quad (2.2)$$

kur

y	– rezultatīvā pazīme, mg L^{-1} ;
n	– faktoriālo pazīmju skaits vienādojumā, gab.;
p	– ticamības pakāpe, bez mērvienības;
β_0	– rezultatīvās pazīmes koeficients (brīvais loceklis), bez mērvienības;
$\beta_1, \beta_2, \beta_n$	– faktoriālo pazīmju koeficienti, bez mērvienības;
x_1, x_2, x_n	– faktoriālās pazīmes, mērvienība atkarīga no pazīmes.

Iegūtie vienādojumi Bēzres upes izpētes līmenī pētījuma periodā izsaka raksturīgo agrohidroloģisko apstākļu summāro ietekmi uz augu barības vielu koncentrācijām.

2.4.3. Ģeotelpiskās informācijas datu analīze

Augsnes granulometriskā sastāva ietekmes novērtēšana veikta izmantojot brīvpieejas vēsturiskās augsnes digitālās datubāzes datus (Zemkopības ministrija 2020), kurā apkopota ģeotelpiskā informācija par lauksaimniecībā izmantojamo zemju augsnēm Latvijā (dati izdoti 2020. gadā) un datus par N_{kop} , $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$, P_{kop} un $\text{PO}_4\text{-P}$ koncentrācijām Bēzres upes izpētes līmenī. Datu apstrāde veikta izmantojot programmu *ArcGIS Pro 2.6.0*. Ģeotelpiskie dati pieejami visai Latvijas teritorijai, tādēļ datu apjoma samazināšanai, izgriezta (*Clip* funkcija) Bēzres upes sateces baseina teritorijai. Lai novērtētu īpatsvaru, ko sateces baseinā katrā daļbaseinā aizņem katrs granulometriskā sastāva veids, programmā *ArcGIS Pro 2.6.0* tiek pārrēķinātas platības un iegūta faktisko platību (km^2) rinda. Iegūtie dati par granulometriskā sastāva tipu īpatsvaru 15 sateces baseinos un vidējām N_{kop} , $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$, P_{kop} un $\text{PO}_4\text{-P}$ koncentrācijām tiek apstrādāti programmā *MS Excel*, datu attēlošanai veidotas izkliedes diagrammas, nozīmīgākie rezultāti attēloti pētījumā.

Regresijas analīzes veikšanai, augsnes granulometriskā sastāva veidi, izvērtējot smilšu - māla daļiņu attiecību, apvienoti grupās (2.14. tabula).

2.14. tabula. **Augsnes granulometriskā sastāva sadalījums klasēs**

Nr.p.k.	Klase	Tips	Skaidrojums
1	Grants	Gr	Grants
2	Mālainas augsnes	mGr	Mālaina grants
		M1	Smags un vidējs māls
3	Smilšainas augsnes	iS	Irdena smilts
		sS	Saistīga smilts
4	Mālsmilts	mS	Mālsmilts
		mSp	Puteklaina mālsmilts
5	Smilšmāls	sM1	Smags smilšmāls
		sM2	Vidējs smilšmāls
		sM3	Viegls smilšmāls
		sMp1	Smags puteklains smilšmāls
		sMp2	Vidējs puteklains smilšmāls
		sMp3	Viegls puteklains smilšmāls
		M2	Viegls māls un smags smilšmāls
6	Purva (kūdras) augsne	l	Kūdra, labi sadalījusies
		T	Kūdra
		vd	Kūdra, vidēji sadalījusies
		vj	Kūdra, vāji sadalījusies

Zemes virsmas slīpuma ietekmes izvērtēšanai izmantoti Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitātes Vides un ūdenssaimniecības katedras dati par vidējo zemes virsmas slīpumu (%) Bērzes upes daļbaseinu teritorijās, kas atvasināti no digitālā reljefa modeļa (LGIA 2023) un dati par vidējām N_{kop} , NO_3-N , NH_4-N , P_{kop} un PO_4-P koncentrācijām, kas apkopoti *MS Excel* programmā. Nozīmīgākie rezultāti attēloti izkliedes diagrammās. Informācija par zemes virsmas slīpumu katrā sateces baseinā, izmantota arī daudzfaktoru regresijas analīzes aprēķinos.

Zemes lietojuma veida sadalījuma īpatsvara ietekmes novērtēšanai izmantoti CLC 2018 ģeotelpiskie dati par Bērzes upes monitoringa objektu, kas apstrādāti programmā *ArcGIS Pro 2.6.0*. CLC dati pieejami visai Eiropas teritorijai, tādēļ, datu apjoma samazināšanai, CLC dati izgriezti (*Clip* funkcija) Latvijas teritorijai un secīgi Bērzes upes sateces baseina un daļbaseinu teritorijām. Lai novērtētu faktiskās platības, ko sateces baseinā aizņem katrs zemes lietošanas veids, programmā pārrēķinātas platības un iegūta faktisko platību (km^2) rinda, kas apzīmēta ar kategorijām (kodiem). Iegūtie dati par katra zemes lietojuma veida kategoriju īpatsvaru 15 Bērzes upes daļbaseinos, kā arī informācija par N_{kop} , NO_3-N , NH_4-N , P_{kop} un PO_4-P koncentrācijām apkopota *MS Excel* programmā un datu attēlošanai veidotas izkliedes diagrammas, nozīmīgākie rezultāti attēloti pētījumā. Informācija par zemes lietojuma veidu īpatsvaru katrā sateces baseinā, izmantota arī daudzfaktoru regresijas analīzes aprēķinos.

Kultūraugu īpatsvara sateces baseinā ietekmes novērtēšanai izmantoti LAD ģeotelpiskās informācijas dati, periodam no 2005. līdz 2021. g., par Bērzes upes monitoringa objektu (Bērzes upes izpētes līmenis), kas apstrādāti programmā *ArcGIS Pro 2.6.0*. Dati par kultūraugiem pieejami visai Latvijas teritorijai, tādēļ datu apjoma samazināšanai, izgriezta (*Clip* funkcija) Bērzes upes sateces baseina teritorija. Lai novērtētu faktiskās platības, ko sateces baseinā aizņem katrs kultūraugs, programmā *ArcGIS Pro 2.6.0* tiek pārrēķinātas platības un iegūta faktisko platību (km^2) rinda. Iegūtie dati tiek apstrādāti programmā *MS Excel* un manuāli izvērtējot 17 gadu periodu izvēlēti 10 kultūraugi (vai platības izmantošanas veidi),

kas aizņem lielāko platības īpatsvaru: vasaras kvieši, ziemas kvieši, vasaras mieži, ziemas rapsis, vasaras rapsis, lauka pupas, papuve, aramzemē sēts stiebrzāļu un/vai lopbarības zālaugu (t.sk. proteīnaugu) maisījums, ilggadīgie zālāji un kukurūza. Izvēlētie kultūraugi (vai platības izmantošanas veidi) pētījumā tiek izmantoti kultūrauga īpatsvara un vidējo N_{kop} , NO_3-N , NH_4-N , P_{kop} un PO_4-P koncentrāciju saistības funkcijas noteikšanai. Rezultāti par izvēlēto kultūraugu īpatsvaru Bērztes upes sateces baseinā, kā arī par vidējām N_{kop} , NO_3-N , NH_4-N , P_{kop} un PO_4-P koncentrācijām, apkopoti programmā *MS Excel* un nozīmīgākās saistības funkcijas attēlotas izkliedes diagrammās.

Meliorācijas sistēmu ietekmes izvērtējums veikts aprēķinot drenēto platību īpatsvaru Bērztes upes daļbaseinos. Drenētās platības īpatsvars noteikts izmantojot ZMNĪ Meliorācijas kadastra informācijas sistēmas digitālos ģeotelpiskos datus par drenu sistēmu sateces baseinu platībām Latvijas teritorijai (dati apkopoti 2022.g.). Dati apstrādāti programmā *ArcGIS Pro 2.6.0.*, attiecīgi dati izgriezti (*Clip* funkcija) Bērztes upes daļbaseinu platībām, kā arī izmantojot programmas funkcijas aprēķinātas faktiskās drenētās platības katram daļbaseinam. Dati par drenēto platību īpatsvaru 15 Bērztes upes daļbaseinos, kā arī informācija par N_{kop} , NO_3-N , NH_4-N , P_{kop} un PO_4-P koncentrācijām apkopota *MS Excel* programmā un datu attēlošanai veidotas izkliedes diagrammas, nozīmīgākie rezultāti attēloti pētījumā.

Izkliedētā slāpekli saturoša minerālā mēslojuma ietekmes izvērtēšanai izvēlēts Mellupītes monitoringa stacijas drenu lauka izpētes līmenis. Izvērtēti dati par pētījuma periodā (1995. – 2021. g.) izkliedēto slāpekļa mēslojuma devu tīrvielā, N_{kop} zudumiem un zudumu īpatsvaru.

Dzīvnieku vienību skaita sateces baseinā ietekmes izvērtēšanai izmantoti Lauksaimniecības datu centra ģeotelpiskie dati par lauksaimniecības dzīvnieku vienību skaitu (izteikts dzīvnieku vienībās) Bērztes upes daļbaseiniem. Dati apstrādāti programmā *ArcGIS Pro 2.6.0.* Dati pieejami visai Latvijas teritorijai, tādēļ, datu apjoma samazināšanai, izgriezti (*Clip* funkcija) Bērztes upes monitoringa objekta daļbaseiniem pētījuma periodā no 2007. līdz 2021. g. Iegūtie dati par dzīvnieku vienību skaitu katrā Bērztes upes daļbaseinā 15 gadu periodam un informācija par N_{kop} , NO_3-N , NH_4-N , P_{kop} un PO_4-P koncentrācijām apkopota *MS Excel* programmā un datu attēlošanai veidotas izkliedes diagrammas, nozīmīgākie rezultāti attēloti pētījumā. Informācija par dzīvnieku vienību skaitu katrā sateces baseinā, izmantota arī daudzfaktoru regresijas analīzes aprēķinos.

3. REZULTĀTI UN DISKUSIJA

Nodaļā aprakstīti pētījuma rezultāti, kas raksturo esošo situāciju izkliedētā (difūzā) piesārņojuma monitoringa objektos, analizēti dati par dabiskajiem un antropogēnajiem faktoriem, kas nozīmīgi ietekmē lauksaimniecības noteces kvalitāti, kā arī dati par ūdens ķīmisko sastāvu (N_{kop} , NO_3-N , NH_4-N , P_{kop} un PO_4-P koncentrācijas un zudumi), ņemot vērā pieejamos ģeotelpiskās informācijas un monitoringa datus. Nodaļā veikts fizikāli-ķīmisko rādītāju kvalitātes klašu robežvērtību novērtējums, aprakstošās statistikas analīze, parametru saistības funkcijas noteikšana, izmantots Manna-Kendala tests izmaiņu tendenču novērtēšanai, veikta ģeotelpiskās informācijas datu analīze, kā arī veikta daudzfaktoru regresijas analīze.

3.1. Monitoringa objektu ūdens ķīmiskā sastāva raksturojums

3.1. apakšnodaļā veikts esošās situācijas izvērtējums Lauksaimniecības noteču monitoringa objektos un LIFE GoodWater IP projekta monitoringa objektos, ietverot N_{kop} , NO_3-N , NH_4-N , P_{kop} un PO_4-P fizikāli – ķīmisko rādītāju klases izvērtējumu monitoringa objektiem, noteces, nokrišņu, N_{kop} un P_{kop} koncentrāciju un zudumu, kā arī to savstarpējās saistības funkcijas novērtējumu, kā arī veikts ilgtermiņa tendenču izvērtējums Lauksaimniecības noteču monitoringa objektos.

3.1.1. Esošās situācijas izvērtējums Lauksaimniecības noteču monitoringa objektos

Bērzes, Mellupītes un Vienziemītes drenu lauka un sateces baseina izpētes līmeņos ūdens kvalitāte tiek vērtēta izmantojot ilgtermiņa datus par N_{kop} , NO_3-N , NH_4-N , P_{kop} un PO_4-P gada vidējām koncentrāciju vērtībām pētījuma periodā (1995. – 2021. g.). Bērzes, Mellupītes un Vienziemītes monitoringa staciju drenu lauka un sateces baseina izpētes līmeņos atbilstoši fizikāli – ķīmisko rādītāju kvalitātes klasei tiek vērtētas N_{kop} , NH_4-N un P_{kop} koncentrāciju vērtības. Drenu sistēmām un mazajiem sateces baseiniem nav saistošas Ūdens struktūrdirektīvā noteiktās kvalitātes klašu robežvērtības, drenu sistēmas un mazie sateces baseini uzskatāmi par hidrogrāfiskā tīkla sākuma posmu, kas tiešā veidā ietekmē ūdeņu kvalitāti hidrogrāfiskā tīkla turpmākajos posmos, t.sk., upēs, ezeros, Rīgas līcī un Baltijas jūrā. Tādēļ, lai samazinātu slāpekļa savienojumu izskalošanos un nonākšanu hidrogrāfiskā tīkla ietvaros, uzmanība pievēršama slāpekļa savienojumu zudumiem iespējami tuvu to rašanās vietām. Vērtību diapazoni izvēlēti atbilstoši iepriekš noteiktajam – pētījuma ietvaros pieņemts, ka sateces baseini atbilst 2. tipam jeb potomāla tipa mazai upei. 3.1., 3.3., 3.4. tabulās attēlots N_{kop} , NH_4-N un P_{kop} vērtību procentuāls sadalījums 5 klasēs: augsta, laba, vidēja, slikta un ļoti slikta ūdens kvalitāte, ņemot vērā katra gada vidējo koncentrāciju 27 gadu periodā (27 gadu periods atbilst 100%, viens gads atbilst 3.7%).

3.1. tabula. **Gada vidējo N_{kop} koncentrāciju procentuāls kvalitātes klašu sadalījums Bērzes, Mellupītes un Vienziemītes monitoringa staciju drenu lauka un sateces baseina izpētes līmenī, 1995. – 2021. g.**

Izpētes līmenis	Monitoringa stacija	Kvalitātes klase				
		Augsta, %	Laba, %	Vidēja, %	Slikta, %	Ļoti slikta, %
Drenu lauka izpētes līmenis	Bērze	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	Mellupīte	0.0	0	0.0	3.7	96.3
	Vienziemīte	59.3	40.7	0.0	0.0	0.0
Sateces baseina izpētes līmenis	Bērze	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	Mellupīte	0.0	14.8	18.5	37	29.7
	Vienziemīte	29.6	66.7	3.7	0.0	0.0

Bērzes monitoringa stacijas drenu lauka un sateces baseina izpētes līmenī gada vidējās N_{kop} koncentrācijas visā pētījuma periodā atbilst ļoti sliktai ūdens kvalitātes klasei (3.1. tabula). Mellupītes monitoringa stacijas drenu lauka izpētes līmenī N_{kop} vidējās koncentrācijas 3.7% novērojumu atbilst sliktai un 96.3% ļoti sliktai ūdens kvalitātes klasei, savukārt sateces baseina izpētes līmenī 14.8% atbilst labai, 18.5% vidējai un 66.6% atbilst sliktai vai ļoti sliktai ūdens kvalitātes klasei. Vienziemītes monitoringa objekta drenu lauka izpētes līmenī vidējās N_{kop} koncentrācijas 59.3% novērojumu atbilst augstai ūdens kvalitātes klasei un 40.7% labai ūdens kvalitātes klasei, savukārt, sateces baseina izpētes līmenī ūdens kvalitāte samazinās, attiecīgi, 29.6% atbilst augstai kvalitātes klasei, 66.7% labai un 3.7% vidējai ūdens kvalitātes klasei. Salīdzinot trīs monitoringa stacijas divos izpētes līmeņos, secināms, ka Vienziemītes drenu lauka izpētes līmenī ūdens kvalitāte ir visaugstākā, kas skaidrojams ar ekstensīvas lauksaimniecības ražošanas apstākļiem sateces baseinā, kur lauksaimniecības zemēs tiek audzēts ilggadīgais zālājs.

Kopumā vērtējot vidējo N_{kop} koncentrāciju vērtību periodam no 1995. līdz 2021. g., Bērzes monitoringa stacijas drenu lauka un sateces baseina izpētes līmeņos ūdens kvalitāte atbilst ļoti sliktai kvalitātes klasei, Mellupītes monitoringa stacijas drenu lauka izpētes līmenī atbilst ļoti sliktai ūdens kvalitātes klasei, Mellupītes monitoringa stacijas sateces baseina izpētes līmenī atbilst sliktai ūdens kvalitātes klasei, Vienziemītes monitoringa stacijas drenu lauka izpētes līmenī atbilst augstai ūdens kvalitātes klasei, Vienziemītes monitoringa stacijas sateces baseina izpētes līmenī atbilst labai ūdens kvalitātes klasei. Salīdzinot Mellupītes un Vienziemītes monitoringa objektu sateces baseina un drenu lauka izpētes līmeņus, N_{kop} koncentrācijas sateces baseina izpētes līmenī ir zemākas, attiecīgi ūdens kvalitātes klase ir augstāka, tas izskaidrojams ar dažādu noteces apjoma sadalījumu monitoringa objektu izpētes līmeņos.

Izvērtējot N_{kop} koncentrāciju mainību pēdējo 3 gadu periodā (2019., 2020., 2021. g.), secināms, ka Bērzes un Mellupītes drenu lauka un sateces baseina izpētes līmeņos N_{kop} koncentrāciju vērtības atbilst sliktai ūdens kvalitātes klasei, savukārt Vienziemītes drenu lauka un sateces baseina izpētes līmenī atbilst augstai ūdens kvalitātes klasei. Vienziemītes monitoringa objekta drenu lauka izpētes līmenī 59.3% no 17 gadu pētījuma perioda vidējām N_{kop} koncentrāciju vērtībām atbilst augstai ūdens kvalitātei, taču sateces baseina izpētes līmenī tikai 29.6% atbilst augstai ūdens kvalitātei, kas raksturo ūdens kvalitātes atšķirības dažādos izpētes līmeņos.

Gada vidējo NO_3-N koncentrāciju procentuālais sadalījums, kad tiek pārsniegta NO_3-N robežvērtība, atbilstoši Nitrātu direktīvā noteiktajai pieļaujamai robežvērtībai 50 mg L⁻¹ NO_3 (pārrēķinot 11.3 mg L⁻¹ NO_3-N) (Agriculture and Natural Resources University of California 2012; EU Nitrates Directive 1991), attēlota 3.2. tabulā.

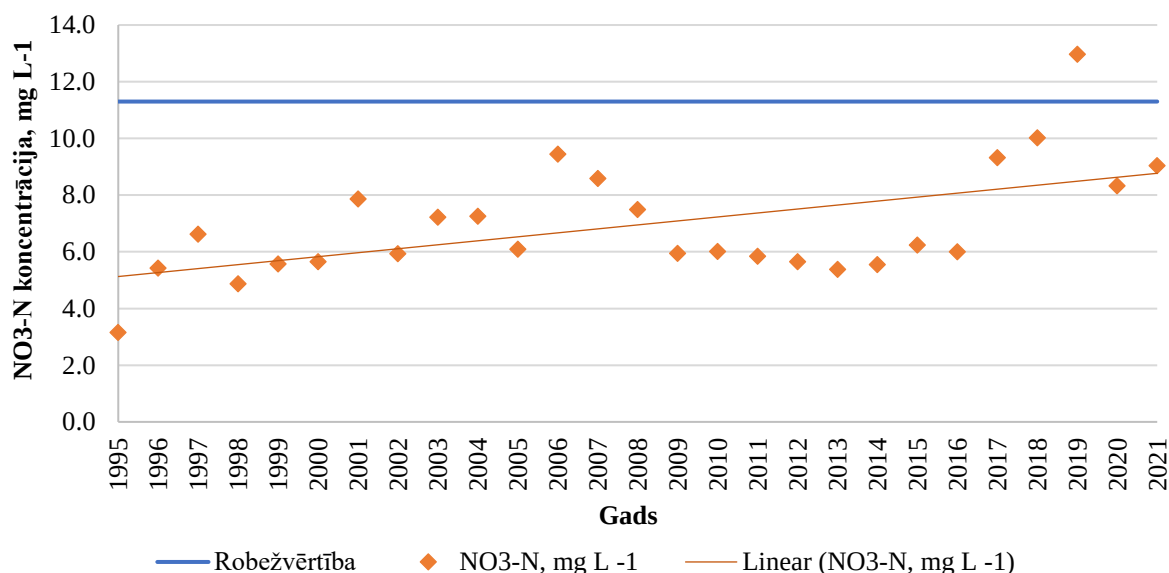
3.2. tabula. Gada vidējo NO_3-N koncentrāciju procentuāls kvalitātes klašu sadalījums Bērzes, Mellupītes un Vienziemītes monitoringa staciju drenu lauka un sateces baseina izpētes līmenī, 1995. – 2021. g.

Izpētes līmenis	Monitoringa stacija	Kvalitātes klase	
		Nepārsniedz robežvērtību, %	Pārsniedz robežvērtību, %
Drenu lauka izpētes līmenis	Bērze	74.1	25.9
	Mellupīte	88.9	11.1
	Vienziemīte	96.3	3.7
Sateces baseina izpētes līmenis	Bērze	100.0	0.0
	Mellupīte	100.0	0.0
	Vienziemīte	100.0	0.0

Izvērtējot gada vidējās $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijas trīs monitoringa staciju drenu lauka izpētes līmenī (3.2. tabula), Bērzes monitoringa stacijā 74.1% novērojumu, Mellupītes monitoringa stacijā 88.9% novērojumu un Vienziemītes monitoringa stacijā 96.3% novērojumu nepārsniedz Nitrātu direktīvā noteikto robežvērtību. Savukārt sateces baseina izpētes līmenī nevienā no monitoringa stacijām netiek pārsniegta $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrāciju robežvērtība. Kopumā secināms, ka gada vidējās $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijas drenu lauka izpētes līmenī tiek pārsniegtas nelielā skaitā gadījumu. Bērzes stacijā pārsniegšanas gadījumu procentuālais īpatsvars ir 25.9%. Ņemot vērā, ka $\text{NO}_3\text{-N}$ ir nozīmīgākā N_{kop} rādītāju veidojošā forma, palielinātas $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijas notecē no lauksaimniecības zemēm ietekmē N_{kop} koncentrāciju vērtības (Randall and Mulla 2001).

Izvērtējot vidējo $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrāciju mainību pēdējo 3 gadu periodā (2019., 2020., 2021. g.), secināms, ka Bērzes un Vienziemītes monitoringa objektu drenu lauka un sateces baseina izpētes līmenī, kā arī Mellupītes monitoringa objekta sateces baseina izpētes līmenī visos trīs gados pārsniegta $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrāciju robežvērtība, savukārt Mellupītes drenu lauka izpētes līmenī novērojamas atšķirības – 2019. g. vidējā $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācija pārsniedz robežvērtību, taču 2020. g. un 2021. g. nepārsniedz robežvērtību, kas raksturo vidējo vērtību izmaiņas ne tikai ilgtermiņā, bet arī gadu ietvaros.

Detalizētas gada vidējo $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrāciju vērtību izmaiņas pētījuma periodā apskatītas Mellupītes drenu lauka izpētes līmenim un apkopotas 3.1.attēlā.

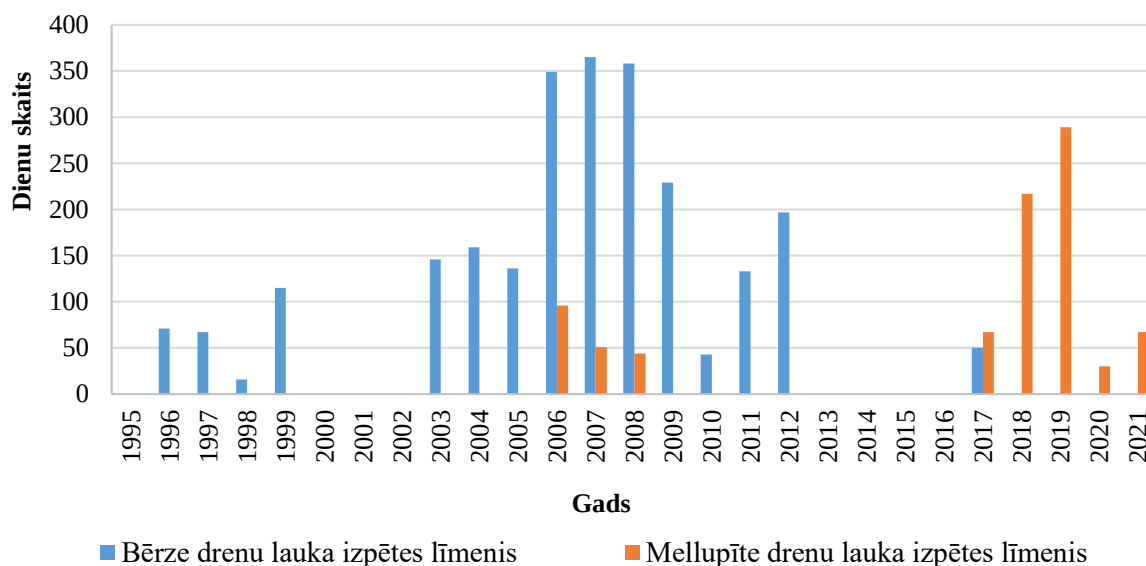


3.1. att. Gada vidējo $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrāciju (mg L^{-1}) mainība Mellupītes drenu lauka izpētes līmenī, 1995. – 2021. g.

Izvērtējot $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrāciju vērtības Mellupītes monitoringa objekta drenu lauka izpētes līmenī, secināms, ka robežvērtība pārsniegta 2019. g., kad robežvērtība pārsniegta janvārī, maijā, novembrī un decembrī ievāktajos paraugos, 2019. g. gada vidējā gaisa temperatūra novērota 8.4°C (vidēji 6.8°C) un nokrišņu daudzums 610.5 mm (vidēji 663.8 mm), kas liecina par zemu noteces apjoma veidošanos. Papildus palielinātas koncentrācijas 2019. g. sekmēja augu barības vielu uzkrāšanās augsnes profila ietvaros, kas saistītas ar 2018. g. sausuma apstākļiem. Pētījuma periodā novērojama tendence $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrāciju vērtībām paaugstināties.

Literatūras analīzē secināts, ka palielinātas $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrāciju vērtības notecē liecina par lauksaimnieciskās darbības ietekmi (Cherry et al. 2008; Piniewski et al. 2014), tādēļ $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrāciju vērtību izmaiņas pētījuma periodā skatītas detalizēti. Lai izvērtētu robežvērtību pārkāpšanas gadījumus pētījuma periodā, izmantotas $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrāciju interpolētās vērtības starp ūdens paraugu ņemšanas reizēs konstatētajām vērtībām. Dienu skaits, kad Bērzes,

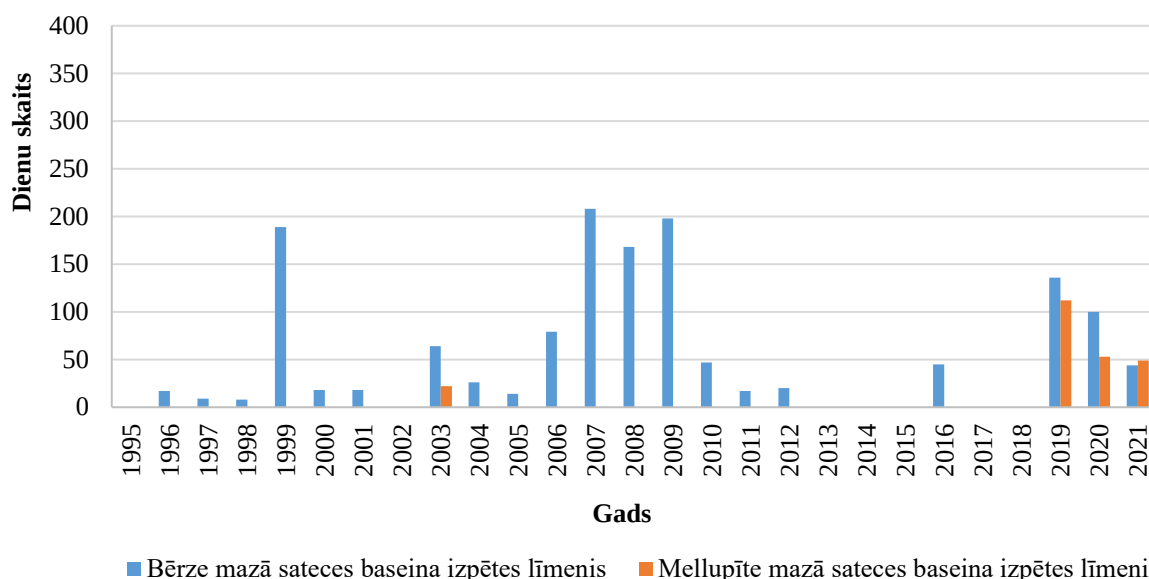
Mellupītes un Vienziemītes monitoringa staciju drenu lauka un sateces baseina izpētes līmenī tiek pārsniegta Nitrātu direktīvā noteiktā NO_3 koncentrācijas maksimāli pieļaujamā robežvērtība $50 \text{ mg L}^{-1} \text{ NO}_3$ (pārrēķinot $11.3 \text{ mg L}^{-1} \text{ NO}_3\text{-N}$) (Agriculture and Natural Resources University of California 2012; EU Nitrates Directive 1991), attēlots 3.2. un 3.3. attēlos.



3.2. att. **Dienu skaits ar pārsniegtu $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijas (mg L^{-1}) robežvērtību Bērzes un Mellupītes monitoringa staciju drenu lauka izpētes līmenī, 1995. – 2021. g.**

Bērzes monitoringa stacijas drenu lauka izpētes līmenī, pētījuma periodā vidēji 90 dienas gadā pārsniegta $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrāciju robežvērtība, kā arī novērojams vērtību palielināšanās periodā no 2002. g. līdz maksimālās vērtības sasniegšanai 2007. g., kad visās gada dienās pārsniegta robežvērtība, pēc 2007. g. vērojams samazinājums dienās, kad pārsniegta $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrāciju robežvērtība. Vērtējot pēdējo trīs gadu periodu (2019., 2020., 2021. g.) secināms, ka robežvērtība nav pārsniegta.

Mellupītes monitoringa stacijas drenu lauka izpētes līmenī, $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrāciju robežvērtība pētījuma periodā pārsniegta vidēji 32 dienas gadā. Vērtējot pēdējo trīs gadu periodu (2019., 2020., 2021. g.) secināms, ka 2019. g. robežvērtība pārsniegta ar maksimālo vērtību 289 dienas (aptuveni 79% no gada dienām), 2020. g. pārsniegta 30 dienas un 2021. g. 67 dienas. Vienziemītes monitoringa stacijas drenu lauka izpētes līmenī robežvērtības pārsniegtas 2021. g. 17 dienās, attiecīgi vidēji 1 dienu gadā, pārējā pētījuma periodā $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrāciju robežvērtības nav pārsniegtas.



3.3. att. **Dienu skaits ar pārsniegtu NO₃-N koncentrācijas (mg L⁻¹) robežvērtību Bērzes un Mellupītes monitoringa staciju sateces baseina izpētes līmenī, 1995. – 2021. g.**

Bērzes monitoringa stacijas mazā sateces baseina izpētes līmenī, pētījuma periodā vidēji 53 dienas gadā pārsniegta NO₃-N koncentrāciju robežvērtība. Novēroti 3 gadi, kad vairāk kā pusi no gada pārsniegta NO₃-N koncentrāciju robežvērtība (1999., 2007., 2009. g.). Vērtējot pēdējo trīs gadu periodu (2019., 2020., 2021. g.) secināms, ka 2019. g. robežvērtība pārsniegta 136 dienas, 2020. g. pārsniegta 100 dienas un 2021. g. 44 dienas.

Mellupītes monitoringa stacijas mazā sateces baseina izpētes līmenī, pētījuma periodā vidēji 9 dienas gadā pārsniegta NO₃-N koncentrāciju robežvērtība. Vērtējot pēdējo trīs gadu periodu (2019., 2020., 2021. g.) secināms, ka 2019. g. robežvērtība pārsniegta ar maksimālo vērtību 112 dienas (aptuveni 30% no gada dienām), 2020. g. pārsniegta 53 dienas un 2021. g. 49 dienas.

Vienziemītes monitoringa stacijas sateces baseina izpētes līmenī robežvērtības pārsniegtas 2005. g. 16 dienās, attiecīgi vidēji 1 dienu gadā, pārējā pētījuma periodā NO₃-N koncentrāciju robežvērtības nav pārsniegtas. Salīdzinot drenu lauka izpētes līmeni ar sateces baseina izpētes līmeni, secināms, ka sateces baseina izpētes līmenī dienu skaits, kad pārsniegta NO₃-N koncentrāciju robežvērtība ir mazāks kā drenu lauka izpētes līmenī, kas liecina par atšķirībām izpētes līmeņos, kā arī skaidrojams ar dažādu faktoru ietekmi, piemēram, lielāku noteces apjomu sateces baseina izpētes līmenī, kas veicina NO₃-N koncentrāciju samazināšanos.

Gada vidējo NH₄-N koncentrāciju vērtību īpatsvara sadalījums atbilstoši kvalitātes klasēm Bērzes, Mellupītes un Vienziemītes monitoringa staciju drenu lauka un sateces baseina izpētes līmenī apkopots 3.3. tabulā.

3.3. tabula. Gada vidējo NH₄-N koncentrāciju procentuāls kvalitātes klašu sadalījums Bērze, Mellupītes un Vienziemītes monitoringa staciju drenu lauka un sateces baseina izpētes līmenī, 1995. – 2021. g.

Izpētes līmenis	Monitoringa stacija	Kvalitātes klase				
		Augsta, %	Labā, %	Vidēja, %	Slikta, %	Ļoti slikta, %
Drenu lauka izpētes līmenis	Bērze	92.6	3.7	3.7	3.7	0.0
	Mellupīte	96.3	0.0	3.7	0.0	0.0
	Vienziemīte	77.8	11.1	7.4	3.7	0.0
Sateces baseina izpētes līmenis	Bērze	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Mellupīte	96.3	0.0	3.7	0.0	0.0
	Vienziemīte	63.0	18.5	14.8	0.0	0.0

Bērze monitoringa stacijas sateces baseina izpētes līmenī (3.3. tabula), gada vidējās NH₄-N koncentrāciju vērtības visā pētījuma periodā atbilst augstai ūdens kvalitātes klasei, savukārt drenu lauka izpētes līmenī 92.6% no vidējām NH₄-N koncentrācijām atbilst augstai, 3.7% atbilst labai, 3.7% vidējai, 3.7% sliktai ūdens kvalitātes klasei. Mellupītes monitoringa stacijas drenu lauka un sateces baseina izpētes līmeņos 96.3% gada vidējās NH₄-N koncentrācijas atbilst augstai un 3.7% atbilst vidējai ūdens kvalitātes klasei. Vienziemītes drenu lauka izpētes līmenī 77.8% vidējās NH₄-N koncentrācijas atbilst augstai, 11.1% atbilst labai, 7.4% atbilst vidējai un 3.7% atbilst sliktai ūdens kvalitātes klasei, savukārt sateces baseina izpētes līmenī 63.0% atbilst augstai, 18.5% labai un 14.8% vidējai ūdens kvalitātes klasei. Salīdzinot Mellupītes un Vienziemītes monitoringa objektu sateces baseina un drenu lauka izpētes līmeņus, NH₄-N koncentrāciju vērtības sateces baseina izpētes līmenī ir mazākas, attiecīgi ūdens kvalitātes klase ir augstāka, kas skaidrojams ar lielāku virszemes noteces ietekmi drenu lauka izpētes līmenī.

Izvērtējot NH₄-N koncentrāciju mainību pēdējo 3 gadu periodā (2019., 2020., 2021. g.), secināms, ka Bērze, Mellupītes un Vienziemītes monitoringa staciju drenu lauka un sateces baseina izpētes līmenī vērtības atbilst augstai kvalitātes klasei. Salīdzinot monitoringa objektu sateces baseina un drenu lauka izpētes līmeņus, NH₄-N koncentrācijas Bērze monitoringa stacijā sateces baseina izpētes līmenī ir zemākas, attiecīgi ūdens kvalitātes klase ir augstāka, savukārt Vienziemītes monitoringa stacijā vērojama pretēja sakarība. Mellupītes monitoringa stacijā abos izpētes līmeņos ūdens kvalitāte ir līdzīga (atšķiras gadi, kuros ūdens kvalitāte atbilst vidējai kvalitātes klasei, attiecīgi drenu lauka izpētes līmenī 1998. g. un sateces baseina izpētes līmenī 2006. g.).

Gada vidējās NH₄-N koncentrāciju vērtības pētījumā ietvertajos Lauksaimniecības noteču monitoringa objektos neliecina par ūdens kvalitātes problemātiku un nepieciešamību ieviest pasākumus NH₄-N koncentrāciju samazināšanai. Vienlaikus jāpiemin, ka Vienziemītes mazā sateces baseina izpētes līmenī 14.8% gadījumu, kas atbilst 4 gadiem no 27 gadu pētījuma perioda, novērotas vidējai kvalitātes klasei atbilstošas NH₄-N koncentrāciju vērtības. Citu pētījumu rezultāti liecina, ka paaugstinātas NH₄-N koncentrāciju vērtības iespējami saistītas ar organiskā mēslojuma izkliedi lauksaimniecības teritorijās (Duchemin and Hogue 2009; Singh, Bicudo, and Workman 2008), tādēļ secināms, ka pētītajos objektos organiskā mēslojuma izkļedes negatīvā ietekme pētījuma periodā novērota epizodiski. Lai skaidrotu paaugstināto koncentrāciju cēloņus nepieciešams veikt detalizētāku izpēti.

Gada vidējo P_{kop} koncentrāciju vērtību īpatsvara sadalījums atbilstoši kvalitātes klasēm Bērze, Mellupītes un Vienziemītes monitoringa staciju drenu lauka un sateces baseina izpētes līmenī apkopots 3.4. tabulā.

3.4. tabula. **Gada vidējo P_{kop} koncentrāciju procentuāls kvalitātes klašu sadalījums Bērzes, Mellupītes un Vienziemītes monitoringa staciju drenu lauka un sateces baseina izpētes līmenī, 1995. – 2021. g.**

Izpētes līmenis	Monitoringa stacija	Kvalitātes klase				
		Augsta, %	Labā, %	Vidēja, %	Slikta, %	Ļoti slikta, %
Drenu lauka izpētes līmenis	Bērze	18.5	70.4	11.1	0.0	0.0
	Mellupīte	40.7	44.5	7.4	3.7	3.7
	Vienziemīte	81.5	18.5	0.0	0.0	0.0
Sateces baseina izpētes līmenis	Bērze	3.7	14.8	33.3	33.4	14.8
	Mellupīte	29.6	48.2	14.8	3.7	3.7
	Vienziemīte	74.1	14.8	7.4	3.7	0.0

Bērzes monitoringa stacijas drenu lauka izpētes līmenī (3.4. tabula), gada vidējās P_{kop} koncentrācijas 18.5% novērojumu atbilst augstai, 70.4% atbilst labai, 11.1% atbilst vidējai ūdens kvalitātes klasei, savukārt, sateces baseina izpētes līmenī 3.7% atbilst augstai, 14.8% labai, 33.3% atbilst vidējai un 33.4% atbilst sliktai un 14.8% ļoti sliktai ūdens kvalitātes klasei. Bērzes monitoringa stacijas sateces baseina izpētes līmenī augsne atbilst puteklainam smagam smilšmālam, kurā augsnes daļiņas un ar tām saistītā veidā esošais fosfors tiek izskalots no augsnes (Lagzdīņš et al. 2019). Mellupītes monitoringa stacijas drenu lauka izpētes līmenī, gada vidējās P_{kop} koncentrācijas pētījuma periodā 40.7% novērojumu atbilst augstai, 77.5% labai ūdens kvalitātes klasei, 7.4% atbilst vidējai, 3.7% sliktai un 3.7% ļoti sliktai ūdens kvalitātes klasei, savukārt, sateces baseina izpētes līmenī 29.6% atbilst augstai, 48.2% labai ūdens kvalitātes klasei, 14.8% atbilst vidējai un 3.7% sliktai un 3.7% ļoti sliktai ūdens kvalitātes klasei. Vienziemītes monitoringa stacijas drenu lauka izpētes līmenī, pētījuma periodā visas gada vidējās P_{kop} koncentrācijas atbilst augstai vai labai ūdens kvalitātes klasei (81.5% un 18.5% novērojumu), savukārt, sateces baseina izpētes līmenī 74.1% atbilst augstai, 14.8% labai ūdens kvalitātes klasei, 7.4% atbilst vidējai un 3.4% atbilst sliktai ūdens kvalitātes klasei.

Vērtējot vidējo P_{kop} koncentrāciju vērtību periodam no 1995. līdz 2021. g., Bērzes monitoringa stacijas drenu lauka izpētes līmenī ūdens kvalitāte atbilst labai kvalitātes klasei, Bērzes sateces baseina izpētes līmenī atbilst sliktai ūdens kvalitātei, Mellupītes un Vienziemītes monitoringa staciju drenu lauka un sateces baseina izpētes līmeņos atbilst labai ūdens kvalitātes klasei.

Salīdzinot Mellupītes un Vienziemītes monitoringa objektu sateces baseina un drenu lauka izpētes līmeņus, P_{kop} koncentrāciju vērtības sateces baseina izpētes līmenī ir augstākas, attiecīgi ūdens kvalitātes klase ir zemāka. Hidroloģiskie procesi drenu lauka un sateces baseina izpētes līmeņos norisinās atšķirīgi, drenu lauka izpētes līmenī pašattīršanās procesi nav sākušies un ūdens kvalitāte atbilst zemākas klases rādītājiem (Randall and Mulla 2001).

Izvērtējot P_{kop} koncentrāciju mainību pēdējo 3 gadu periodā (2019., 2020., 2021. g.), secināms, ka Vienziemītes monitoringa stacijas drenu lauka un sateces baseina izpētes līmenī, kā arī Mellupītes monitoringa stacijas drenu lauka izpētes līmenī vērtības atbilst augstai kvalitātes klasei, Mellupītes monitoringa stacijas sateces baseina izpētes līmenī un Bērzes monitoringa stacijas drenu lauka izpētes līmenī 2019. g. vērtības atbilst augstai kvalitātes klasei un 2020., 2021. g. vērtības atbilst labai kvalitātes klasei. Bērzes monitoringa stacijas sateces baseina izpētes līmenī P_{kop} koncentrāciju vērtības 2019., 2020. g. atbilst labai kvalitātes klasei, savukārt 2021. g. sliktai kvalitātes klasei. Kopumā P_{kop} koncentrācijas no nosusinātām lauksaimniecības zemēm uzskatāmas par zemām, par ko liecina augstai un labai ūdens kvalitātei raksturīgo vērtību augstais procentuālais īpatsvars, izņemot Bērzes mazā sateces baseina izpētes līmeni. Pētījumi liecina, ka spēcīga lietussniega kušanas laikā māla daļiņas var izskaloties no māla augsnēm kopā ar saistīto fosforu un veicināt P_{kop} zudumus (Eriksson et al. 2013; Øygarden, Kværner, and Jenssen 1997; Ulén, Stenberg, and Wesström 2016), attiecīgi

vidējās P_{kop} Bērzes mazā sateces baseina izpētes līmenī skaidrojamas ar mālainu augšņu lielo īpatsvaru sateces baseinā.

Atšķirības N_{kop} , NH_4-N un P_{kop} koncentrāciju vērtību kvalitātes klašu sadalījumā monitoringa stacijās skaidrojamas ar dažādo apstākļu raksturojumu monitoringa objektos, attiecīgi, zemes lietojuma veidu procentuālo sadalījumu un lauksaimnieciskās darbību intensitāti.

Ūdens kvalitātes raksturošanai Bērzes, Mellupītes un Vienziemītes monitoringa stacijām drenu lauka un sateces baseina izpētes līmeņos, izvērtētas vidējās noteces, N_{kop} , NO_3-N , P_{kop} , PO_4-P gada vidējo koncentrāciju un zudumu vērtības pētījuma periodā (1995. – 2021. g.), rezultāti apkopoti 3.5., 3.6. tabulās.

3.5. tabula. Notece (mm) un ūdens kvalitātes rādītāju koncentrācijas ($mg\ L^{-1}$) un zudumi ($kg\ ha^{-1}$) Bērzes, Mellupītes un Vienziemītes monitoringa stacijas drenu lauka izpētes līmenī, 1995. – 2021. g.

Rādītājs	Monitoringa stacija					
	Bērze	s	Mellupīte	s	Vienziemīte	s
Notece, mm	172.9	1.0	239.9	1.3	268.6	1.8
N_{kop} , $mg\ L^{-1}$	10.28	8.24	7.43	3.01	1.36	1.02
NO_3-N , $mg\ L^{-1}$	9.57	7.78	6.95	2.90	0.63	0.90
P_{kop} , $mg\ L^{-1}$	0.058	0.066	0.062	0.079	0.036	0.030
PO_4-P , $mg\ L^{-1}$	0.043	0.061	0.045	0.062	0.020	0.026
N_{kop} , $kg\ ha^{-1}$	17.56	0.12	17.78	0.10	4.35	0.03
NO_3-N , $kg\ ha^{-1}$	16.33	0.11	16.22	0.09	2.35	0.02
P_{kop} , $kg\ ha^{-1}$	0.130	0.002	0.169	0.002	0.092	0.001
PO_4-P , $kg\ ha^{-1}$	0.106	0.001	0.120	0.001	0.053	0.000

s – datu kopu raksturojošā standartnovirze

Vislielākā vidējā notece pētījuma periodā drenu lauka izpētes līmenī novērota Vienziemītes monitoringa stacijā (268.6 mm), savukārt vismazākā Bērzes monitoringa stacijas drenu lauka izpētes līmenī (172.9 mm), vidēja notece raksturīga Mellupītes monitoringa stacijas drenu lauka izpētes līmenim (239.9 mm), kas kopumā raksturo nokrišņu sadalījumu un augsnes granulometriskā sastāva atšķirības monitoringa staciju sateces baseinu teritorijās.

Drenu lauka izpētes līmenī vidējā N_{kop} koncentrācija novērota robežās no 1.36 līdz 10.28 $mg\ L^{-1}$, NO_3-N koncentrācija no 0.63 līdz 9.57 $mg\ L^{-1}$, savukārt P_{kop} koncentrācija novērota robežās no 0.036 līdz 0.062 $mg\ L^{-1}$ un PO_4-P koncentrācija robežās no 0.020 līdz 0.045 $mg\ L^{-1}$.

Drenu lauka izpētes līmenī vidējie N_{kop} zudumi novēroti robežās no 4.35 līdz 17.78 $kg\ ha^{-1}$, NO_3-N zudumi ir robežās no 2.35 līdz 16.33 $kg\ ha^{-1}$, savukārt P_{kop} zudumi novēroti robežās no 0.092 līdz 0.169 $kg\ ha^{-1}$ un PO_4-P zudumi ir robežās no 0.053 līdz 0.120 $kg\ ha^{-1}$.

Izvērtējot datu izkliedi noteces rādītājos (s) Bērzes, Mellupītes un Vienziemītes drenu lauka izpētes līmenī, lielākā datu izkliede vērojama Vienziemītes monitoringa stacijā (standartnovirze ir 1.8). Drenu lauka izpētes līmenī lielākā izkliede N_{kop} un NO_3-N koncentrāciju un zudumu vērtībām novērota Bērzes monitoringa stacijā (standartnovirze koncentrāciju vērtībām ir 8.24 un 7.78 un zudumu vērtībām ir 0.12 un 0.11). Vidējo P_{kop} un PO_4-P koncentrāciju vērtībām lielākā izkliede novērota Mellupītes monitoringa stacijā (standartnovirze ir 0.079 un 0.062), savukārt P_{kop} un PO_4-P zudumiem izklijas rādītāji ir salīdzinoši līdzīgi (standartnovirze ir no 0.000 līdz 0.002).

3.6. tabula. **Notece (mm) un ūdens kvalitātes rādītāju koncentrācijas (mg L⁻¹) un zudumi (kg ha⁻¹) Bērzes, Mellupītes un Vienziemītes monitoringa stacijas sateces baseina izpētes līmenī, 1995. – 2021. g.**

Rādītājs	Monitoringa stacija					
	Bērze	s	Mellupīte	s	Vienziemīte	s
Notece, mm	162.1	0.9	241.4	1.9	272.0	2.5
N _{kop} , mg L ⁻¹	8.23	22.18	4.10	8.12	1.65	0.79
NO ₃ -N, mg L ⁻¹	7.33	20.90	3.20	7.97	0.79	0.98
P _{kop} , mg L ⁻¹	0.138	0.025	0.066	0.005	0.042	0.007
PO ₄ -P, mg L ⁻¹	0.107	0.011	0.036	0.002	0.023	0.003
N _{kop} , kg ha ⁻¹	14.98	0.01	12.34	0.01	5.14	0.00
NO ₃ -N, kg ha ⁻¹	13.52	0.01	9.99	0.01	2.81	0.00
P _{kop} , kg ha ⁻¹	0.186	0.000	0.148	0.000	0.108	0.000
PO ₄ -P, kg ha ⁻¹	0.179	0.000	0.085	0.000	0.060	0.000

s – datu kopu raksturojošā standartnovirze

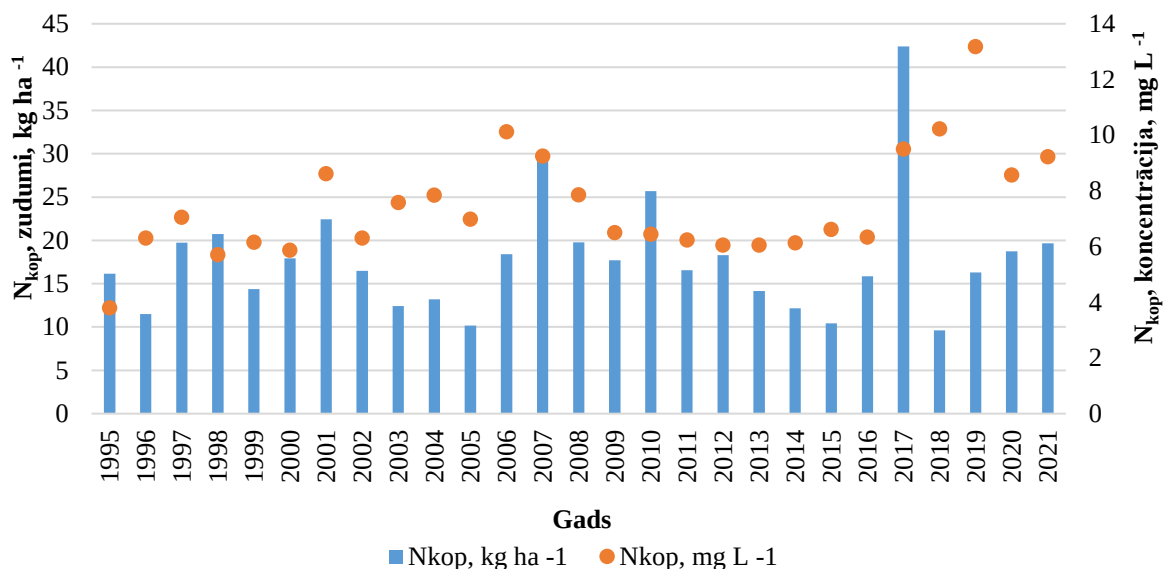
Vislielākā vidējā notece pētījuma periodā mazā sateces baseina izpētes līmenī novērota Vienziemītes monitoringa stacijā (272.0 mm), savukārt vismazākā Bērzes monitoringa stacijas mazā sateces baseina izpētes līmenī (162.1 mm), vidēja notece novērota Mellupītes monitoringa stacijas mazā sateces baseina izpētes līmenī (241.4 mm). Sateces baseina izpētes līmenī vidējā N_{kop} koncentrācija novērota no 1.65 līdz 8.23 mg L⁻¹, savukārt NO₃-N koncentrācija no 0.79 līdz 7.33 mg L⁻¹, savukārt P_{kop} koncentrācija novērota robežās no 0.042 līdz 0.138 mg L⁻¹ un PO₄-P koncentrācija robežās no 0.023 līdz 0.107 mg L⁻¹. Sateces baseina izpētes līmenī vidējie N_{kop} zudumi novēroti robežās no 5.14 līdz 14.98 kg ha⁻¹, NO₃-N zudumi ir robežās no 2.81 līdz 9.99 kg ha⁻¹, savukārt P_{kop} zudumi novēroti robežās no 0.108 līdz 0.186 kg ha⁻¹ un PO₄-P zudumi ir robežās no 0.060 līdz 0.179 kg ha⁻¹.

Izvērtējot datu izkliedi noteces rādītājos (s) Bērzes, Mellupītes un Vienziemītes sateces baseina izpētes līmenī, lielākā datu izkliede, tāpat kā drenu lauka līmenī, vērojama Vienziemītes monitoringa stacijā (standartnovirze ir 2.5). Sateces baseina izpētes līmenī lielākā izkliede N_{kop}, NO₃-N, P_{kop} un PO₄-P koncentrāciju vērtībām novērota Bērzes monitoringa stacijā (standartnovirze koncentrāciju vērtībām ir attiecīgi 22.18, 20.90, 0.025, 0.011), savukārt izkliede N_{kop}, NO₃-N, P_{kop} un PO₄-P zudumiem izkļēdes rādītāji monitoringa stacijās ir salīdzinoši līdzīgi (standartnovirze ir no 0.00 līdz 0.01).

Bērzes un Mellupītes monitoringa objektos novērotās vidējās NO₃-N koncentrāciju vērtības no N_{kop} koncentrāciju vērtībām, sastāda aptuveni 93-94% drenu lauka izpētes līmenī un 78-89% mazā sateces baseina izpētes līmenī. Pētījumi liecina, ka NO₃-N koncentrāciju augsta procentuālā attiecība pret N_{kop} koncentrāciju vērtībām raksturīga drenu notecei un liecina par lauksaimnieciskās darbības ietekmi (Ahiablame et al. 2011; Arregui and Quemada 2006), savukārt Vienziemītes monitoringa objekta drenu lauka izpētes līmenī vidējās NO₃-N koncentrācijas vērtība drenu lauka izpētes līmenī sastāda aptuveni 46% un mazā sateces baseina izpētes līmenī 48% no N_{kop} koncentrāciju vērtības, kas liecina, ka nozīmīga kļūst citu slāpekļa savienojumu zudumu avotu ietekme.

Kopumā salīdzinot vidējās noteces pētījuma periodā starp drenu lauka un sateces baseina izpētes līmeni, secināms, ka Bērzes monitoringa objektā drenu lauka izpētes līmenī noteces apjoms ir augstāks kā mazā sateces baseina izpētes līmenī, taču Mellupītes un Vienziemītes objektos vērojamas pretējas tendences, kas izskaidrojamas ar dažādiem augsnes veidiem sateces baseinu teritorijās.

Lai izvērtētu N_{kop} koncentrāciju un zudumu mainību pētījuma periodā, detalizēti apskatīts Mellupītes drenu lauka (3.4. attēls) un sateces baseina izpētes līmenis (3.5. attēls).

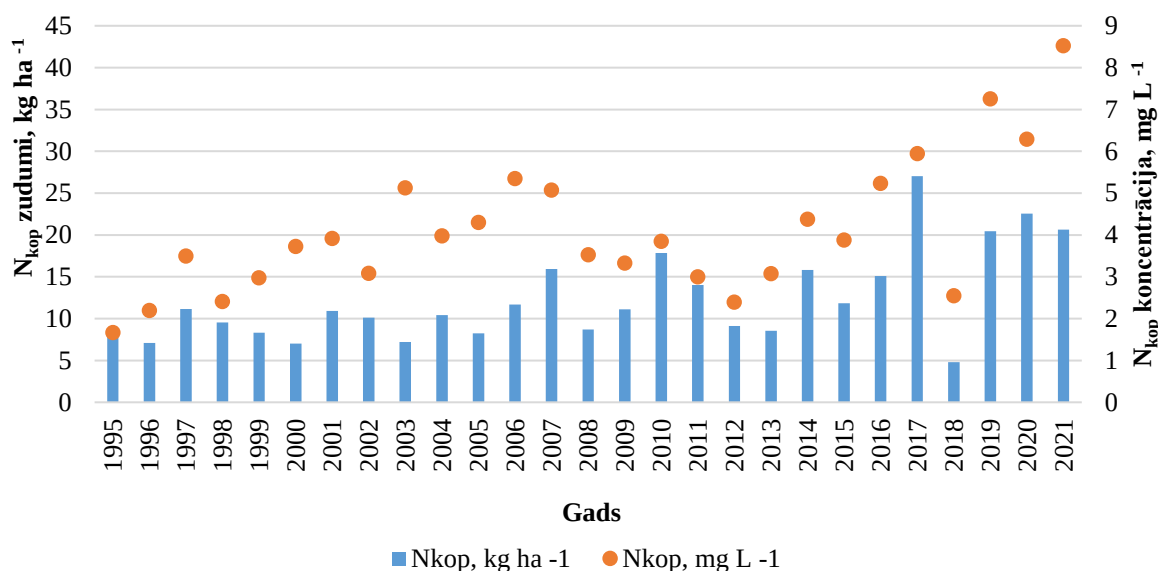


3.4. att. Gada vidējās N_{kop} koncentrācijas ($mg\ L^{-1}$) un zudumi ($kg\ ha^{-1}$) Mellupītes monitoringa stacijas drenu lauka izpētes līmenī, 1995. – 2021. g.

Izvērtējot 3.5. tabulas datus, N_{kop} koncentrāciju un zudumu mainību periodam no 1995. g. līdz 2021. g. Mellupītes monitoringa stacijas drenu lauka izpētes līmenī gan koncentrācijām, gan zudumiem ir tendence palielināties. Laika posmā no 2009. g. līdz 2016. g. novērotas salīdzinoši līdzīgas gada vidējās N_{kop} koncentrācijas (no 6.06 līdz 6.62 $mg\ L^{-1}$), kamēr zudumiem raksturīgas izteiktas vērtību svārstības robežās no 10.41 līdz 25.69 $kg\ ha^{-1}$. Tas skaidrojams ar noteces kopējo apjomu un veidošanās sezonālītāti katrā konkrētajā gadā. Pēdējo 4 gadu periodā (no 2018. g. līdz 2021. g.) novērotas svārstīgas un salīdzinoši augstas N_{kop} koncentrāciju vērtības un vērojama tendence N_{kop} zudumiem palielināties.

Izvērtējot N_{kop} koncentrāciju un zudumu mainību periodam no 1995. g. līdz 2021. g. Mellupītes monitoringa stacijas sateces baseina izpētes līmenī (3.5. attēls) gan koncentrācijām, gan zudumiem ir izteikta tendence palielināties.

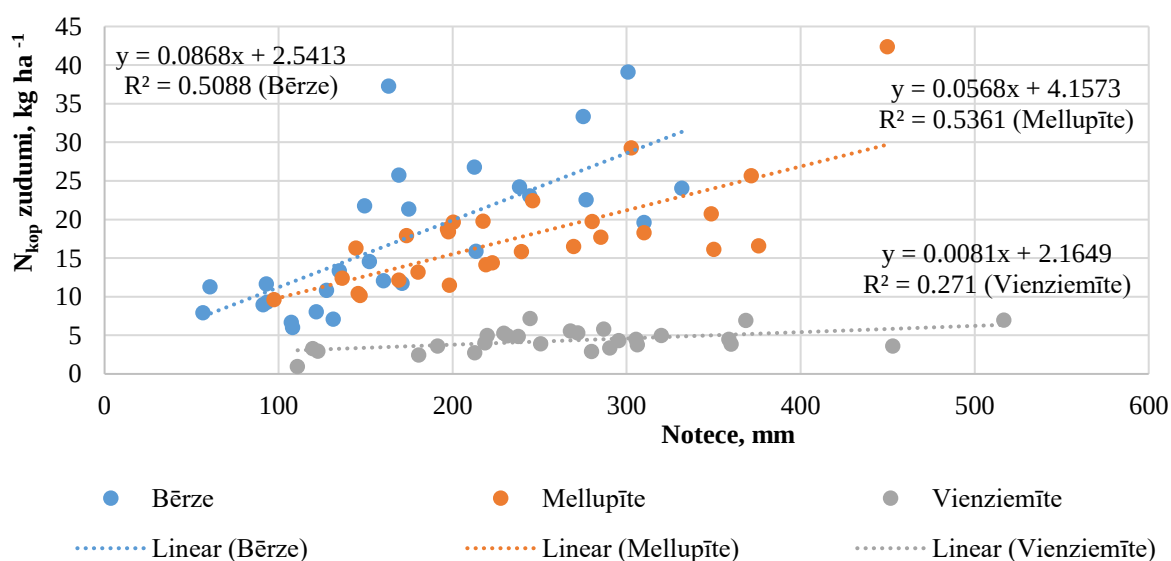
Secināms, ka abos izpētes līmeņos N_{kop} koncentrācijām un zudumiem ir tendence palielināties, kas liecina par ilgtermiņa tendenci ūdens kvalitātei monitoringa objektā pasliktināties. Vidējām N_{kop} koncentrāciju vērtībām periodā līdz 2008. g. novērojama tendence palielināties, pretēji seko posms no 2008. g. līdz 2012. g. ar tendenci samazināties un laika periodā no 2012. g. līdz 2021. g. ir augšupejoša tendence, N_{kop} koncentrāciju un zudumu vērtībām pētījuma periodā ir dinamiskākas izmaiņas kā P_{kop} koncentrāciju un zudumu vērtībām (3.8., 3.9. attēls).



3.5. att. Gada vidējās N_{kop} koncentrācijas (mg L^{-1}) un zudumi (kg ha^{-1}) Mellupītes monitoringa stacijas sateces baseina izpētes līmenī, 1995. – 2021. g.

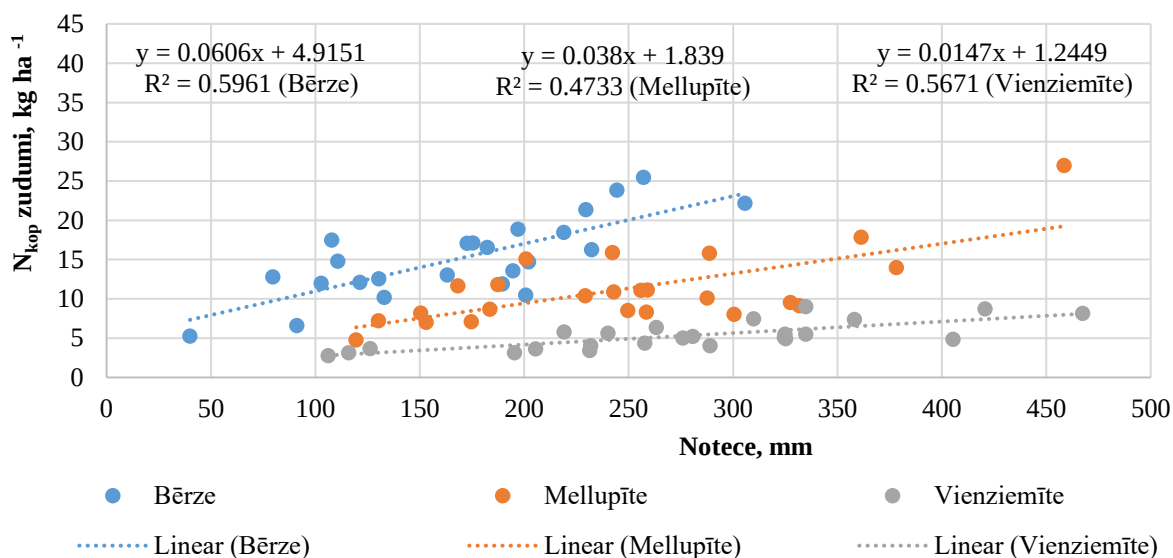
Pētījuma periodā 3.4. un 3.5. attēlos N_{kop} koncentrāciju un zudumu vērtībās vērojama ekstrēmo laikapstākļu ietekme, 2017. g. novērots ekstremāli augsts atmosfēras nokrišņu daudzums, kas rezultējies 2.4 reizes lielākos N_{kop} zudumos kā vidēji drenu lauka izpētes līmenī un 2.1 reizes lielākos N_{kop} zudumos kā vidēji sateces baseina izpētes līmenī, savukārt 2018. g. izteikts atmosfēras nokrišņu trūkums, kā arī paaugstināta gaisa temperatūra, kas izraisīja zemu N_{kop} zudumus (1.8 reizes zemāki kā vidēji drenu lauka izpētes līmenī un 2.6 reizes zemāki kā vidēji sateces baseina izpētes līmenī) noteces neesamības dēļ. Salīdzinot N_{kop} koncentrāciju un zudumu mainību pēdējo 3 gadu periodā (2019., 2020., 2021. g.) ar perioda vidējo vērtību, gan drenu lauka, gan mazā sateces baseina izpētes līmenī koncentrāciju un zudumu vērtības ir palielinājušās.

Citu autoru pētījumos noteikts, ka pastāv cieša savstarpējā saistība starp noteces apjomu un N_{kop} zudumiem (Randall and Mulla 2001; Øygarden et al. 2014). Saistības funkcija starp N_{kop} zudumiem un noteci izvērtēta Bērzes, Mellupītes un Vienziemītes drenu lauka (3.6. attēls) un sateces baseina izpētes līmenī (3.7. attēls).



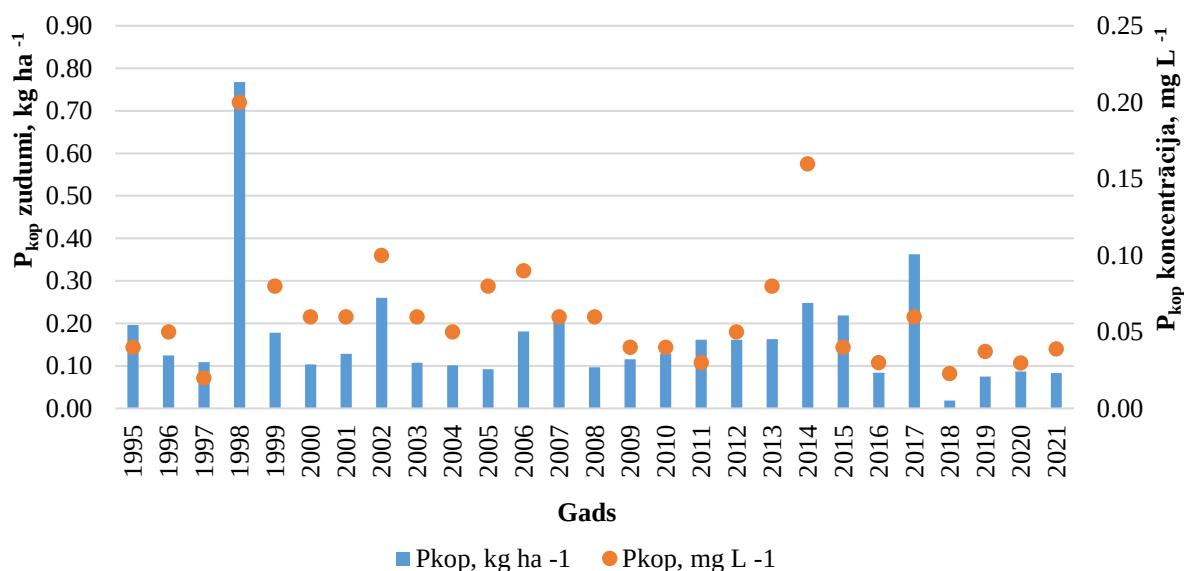
3.6. att. N_{kop} zudumu (kg ha^{-1}) un noteces (mm) saistība Bērzes, Mellupītes un Vienziemītes monitoringa stacijas drenu lauka izpētes līmenī, 1995. – 2021. g.

Augu barības vielu zudumu vērtības tiek aprēķinātas summējot diennakts vidējo caurplūdumu reizinājumu ar augu barības vielas vidējo diennakts koncentrāciju ūdens paraugā (2.1. vienādojums). Drenu lauka izpētes līmenī (3.6. attēls) noteces apjoms izskaidro N_{kop} zudumus ar R^2 vērtībām 0.51 Bērzes, 0.54 Mellupītes, 0.27 Vienziemītes monitoringa stacijā ($p < 0.001$). Grafikā redzamas vērtību izkliedes monitoringa staciju ietvaros, Bērzes monitoringa stacijā N_{kop} zudumu variācijas ir no 6.0 līdz 39.1 kg ha^{-1} , Mellupītes monitoringa stacijā no 9.6 līdz 42.4 kg ha^{-1} , savukārt Vienziemītes monitoringa stacijā no 0.9 līdz 7.2 kg ha^{-1} (vidējās vērtības apskatāmas 3.5. tabulā). Izvērtējot determinācijas koeficientus, secināms, ka notece izskaidro 27.1 līdz 53.6% no N_{kop} zudumiem, kas liecina, ka augu barības vielu zudumus ietekmē arī citi faktori.



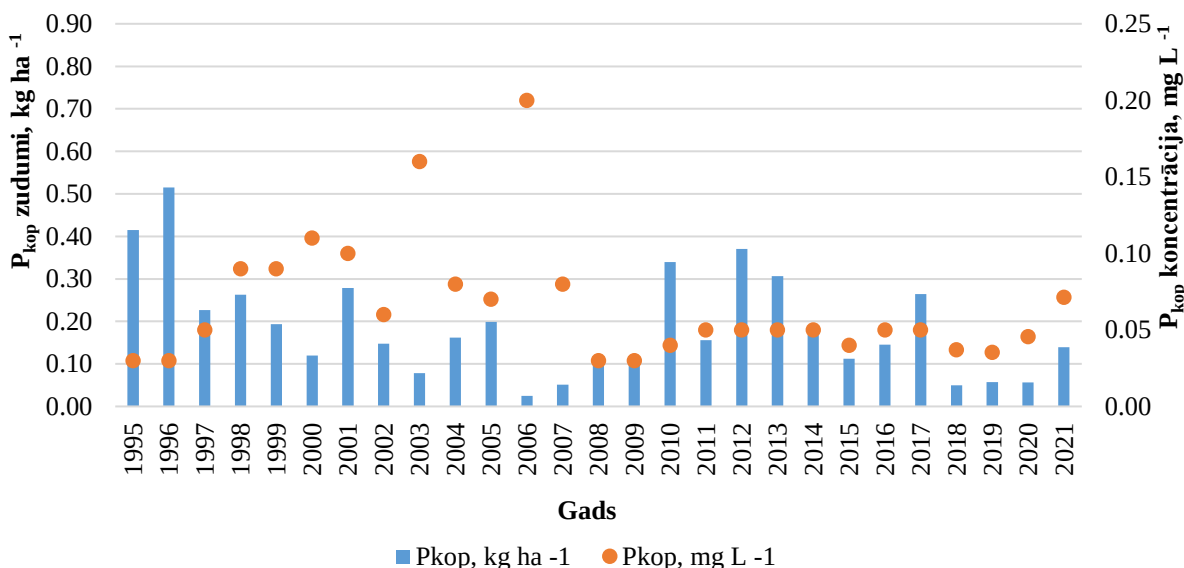
3.7. att. N_{kop} zudumu (kg ha^{-1}) un noteces (mm) saistība Bērzes, Mellupītes un Vienziemītes monitoringa stacijas sateces baseina izpētes līmenī, 1995. – 2021. g.

Sateces baseina izpētes līmenī (3.7. attēls) noteces apjoms izskaidro N_{kop} zudumus ar R^2 vērtībām 0.60 Bērzes, 0.47 Mellupītes, 0.57 Vienziemītes monitoringa stacijā ($p < 0.001$). Mazā sateces baseina izpētes līmeni salīdzinot ar drenu lauka izpētes līmeni, sateces baseina izpētes līmenī vērtību izkliedes ir mazākas, kas skaidrojams ar to, ka drenu lauka izpētes līmenī N_{kop} zudumu daudzuma izmaiņas izteikti reaģē uz noteces palielināšanos (Povilaitis et al. 2015). Lai izvērtētu P_{kop} koncentrāciju un zudumu mainību pētījuma periodā, analogiski N_{kop} , detalizēti apskatīts Mellupītes drenu lauka (3.8. attēls) un sateces baseina izpētes līmenis (3.9. attēls).



3.8. att. Gada vidējās P_{kop} koncentrācijas (mg L⁻¹) un zudumi (kg ha⁻¹) Mellupītes monitoringa stacijas drenu lauka izpētes līmenī, 1995. – 2021. g.

Mellupītes monitoringa stacijas drenu lauka izpētes līmenī 1998. g. novērojama augsta vidējā P_{kop} koncentrācija (0.200 mg L⁻¹) un zudumi (0.768 kg ha⁻¹), kas skaidrojamas ar epizodisku paaugstinātu P_{kop} koncentrāciju vērtību ūdens paraugu ievākšanas laikā (oktobrī), kas paaugstina vidējo gada koncentrāciju vērtību. Kopumā izvērtējot P_{kop} koncentrāciju un zudumu mainību periodam no 1995. g. līdz 2021. g. Mellupītes monitoringa stacijas drenu lauka izpētes līmenī gan koncentrācijām, gan zudumiem novērojama tendence samazināties.



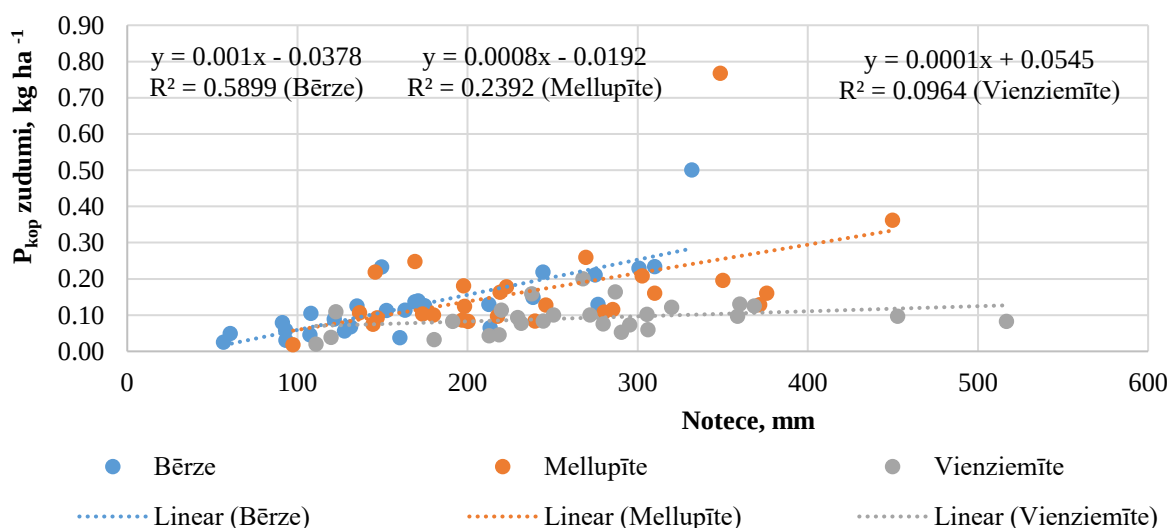
3.9. att. Gada vidējās P_{kop} koncentrācijas (mg L⁻¹) un zudumi (kg ha⁻¹) Mellupītes monitoringa stacijas sateces baseina izpētes līmenī, 1995. – 2021. g.

Mellupītes monitoringa stacijas mazā sateces baseina izpētes līmenī 2003. g. un 2006. g. novērotas ļoti zemas P_{kop} zudumu vērtības, vienlaicīgi novērotas augstākās P_{kop} koncentrāciju vērtības, kas skaidrojamas ar epizodisku paaugstinātu P_{kop} koncentrāciju vērtību ūdens paraugu ievākšanas laikā, kas paaugstina vidējo gada koncentrāciju vērtības (2006. g. aprīlī un 2003. g. martā). Izvērtējot P_{kop} koncentrāciju un zudumu mainību periodam no 1995. g. līdz 2021. g., Mellupītes monitoringa stacijas sateces baseina izpētes līmenī P_{kop} koncentrāciju un

zudumu vērtību svārstības ir mazākas salīdzinot ar N_{kop} koncentrāciju un zudumu vērtībām, taču P_{kop} koncentrāciju un zudumu vērtības ir mainīgas un grūti prognozējamas. Kopumā P_{kop} koncentrāciju un zudumu vērtībām novērojama tendence samazināties.

Pētījuma periodā 3.8. un 3.9. attēlos līdzīgi kā N_{kop} koncentrāciju un zudumu vērtībās, arī P_{kop} koncentrāciju un zudumu vērtībās vērojama ekstrēmo laikapstākļu ietekme, 2017. g. novēroti 2.1 reizes lielāki P_{kop} zudumi kā vidēji drenu lauka izpētes līmenī un 1.4 reizes lielāki P_{kop} zudumi kā vidēji sateces baseina izpētes līmenī, savukārt 2018. g. novēroti 9.1 reizi mazāki P_{kop} zudumi kā vidēji drenu lauka izpētes līmenī un 3.8 reizes mazāki P_{kop} zudumi kā vidēji sateces baseina izpētes līmenī. Sudārs *et al.* (2005) pētījumā par intensīvas lopkopības ietekmi uz ūdens vidi, norāda, ka fosfors iekšzemes ūdensobjektos ir eutrofikāciju limitējošais faktors un fosfora koncentrācijas palielināšanās ūdenī virs 0.05 mg L^{-1} ir saistīta ar cilvēka saimnieciskās darbības ietekmi. Salīdzinot P_{kop} koncentrāciju un zudumu mainību pēdējo 3 gadu periodā (2019., 2020., 2021. g.) ar perioda vidējo vērtību, gan drenu lauka, gan mazā sateces baseina izpētes līmenī koncentrāciju un zudumu vērtības ir samazinājušās.

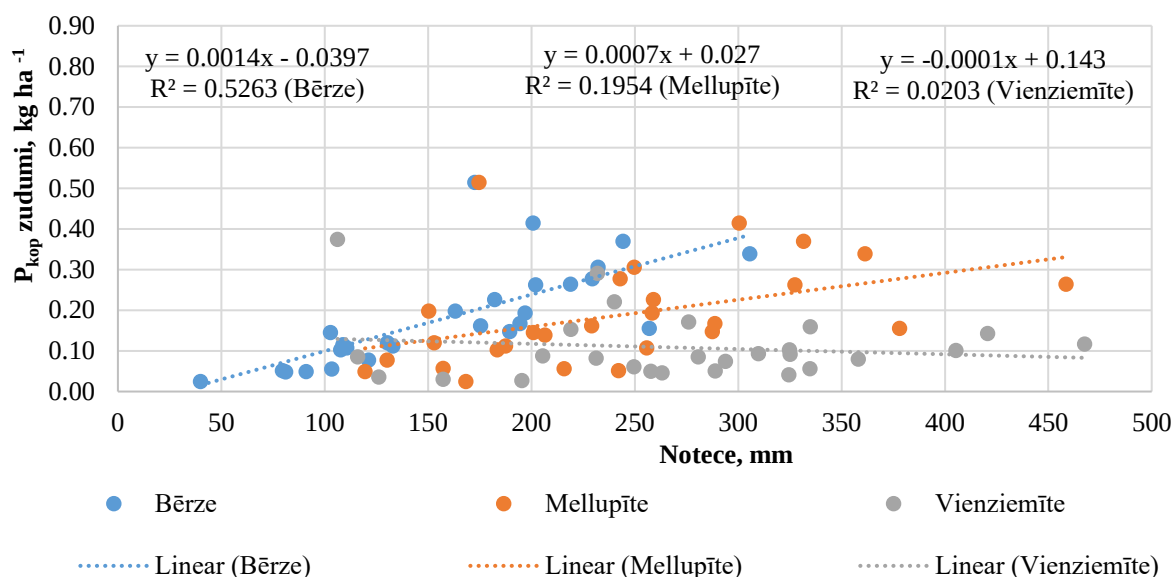
Saistība starp P_{kop} zudumiem un noteci izvērtēta Bēzres, Mellupītes un Vienziemītes drenu lauka (3.10. attēls) un sateces baseina izpētes līmenī (3.11. attēls).



3.10. att. P_{kop} zudumu (kg ha^{-1}) un noteces (mm) saistība Bēzres, Mellupītes un Vienziemītes monitoringa stacijas drenu lauka izpētes līmenī, 1995. – 2021. g.

Drenu lauka izpētes līmenī noteces apjoms izskaidro P_{kop} zudumus ar R^2 vērtībām 0.59 Bēzres, 0.24 Mellupītes, 0.10 Vienziemītes monitoringa stacijā ($p < 0.001$), izvērtējot determinācijas koeficientus, secināms, ka notece izskaidro 10.0 līdz 59.0% no P_{kop} zudumiem. Bēzres drenu lauka izpētes līmenī notecei ir lielāka ietekme uz P_{kop} zudumiem, kas saistīts ar māla daļiņu izskalošanos (3.4. tabulas aprakstā skaidrots detalizēti).

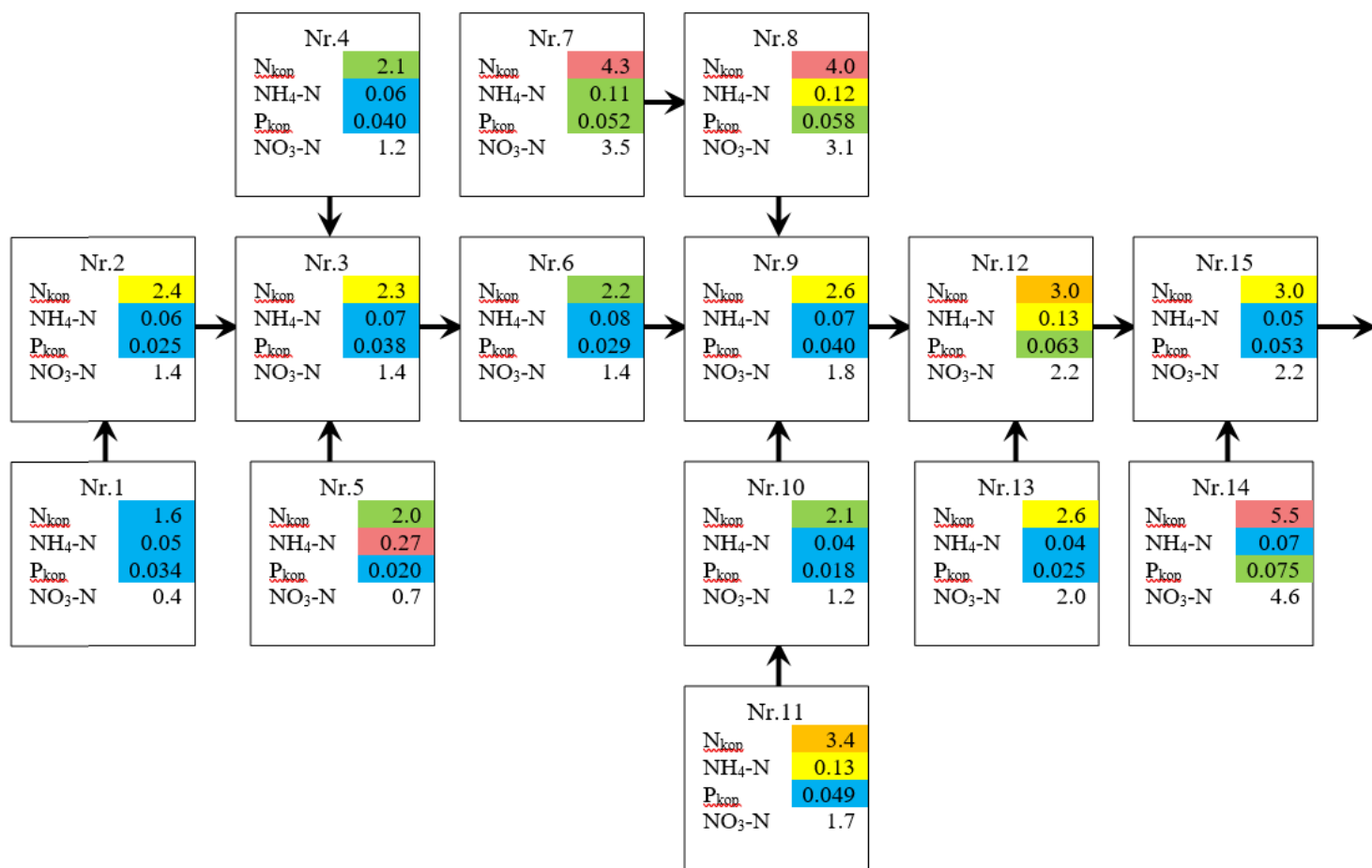
Salīdzinot ar N_{kop} zudumu izkliedi, P_{kop} zudumiem drenu lauka izpētes līmenī ir mazāks vērtību diapazons, Bēzres monitoringa stacijā P_{kop} zudumu variācijas ir no 0.026 līdz 0.501 kg ha^{-1} , Mellupītes monitoringa stacijā no 0.019 līdz 0.768 kg ha^{-1} , savukārt Vienziemītes monitoringa stacijā no 0.020 līdz 0.201 kg ha^{-1} (vidējās vērtības apskatāmas 3.5. tabulā).



3.11. att. P_{kop} zudumu (kg ha⁻¹) un noteces (mm) saistība Bērzes, Mellupītes un Vienziemītes monitoringa stacijas sateces baseina izpētes līmenī, 1995. – 2021. g.

Sateces baseina izpētes līmenī noteces apjoms izskaidro P_{kop} zudumus ar R^2 vērtībām 0.53 Bērzes, 0.20 Mellupītes, 0.02 Vienziemītes monitoringa stacijā ($p < 0.001$). Bērzes, Mellupītes un Vienziemītes drenu lauka izpētes līmenī determinācijas koeficients starp P_{kop} zudumiem un noteci ir lielāks, kas skaidrojams ar drenu lauka lielāku jutību uz augu barības vielu izskalošanos (Dinnes et al. 2002). Kopumā drenu lauka izpētes līmenī P_{kop} zudumu vērtības ir ar mazāku izkliedi kā sateces baseina izpētes līmenī, kas skaidrojams ar virszemes noteces ietekmi mazo sateces baseinu izpētes līmenī, kas drenu lauka izpētes līmenī nav izteikta.

Ūdens kvalitātes raksturošanai Bērzes, G264 Aģes, L118 Auces, V046 Ēdas un V093 Slocenes upju sateces baseinu pētījumu līmeņos, pētījuma periodiem veidotas blokshēmas. Blokshēmas shematiski attēlo upes plūšanas virzienu un ūdens paraugu ņemšanas vietas, tajās raksturota N_{kop} , NO_3-N , NH_4-N un P_{kop} mainība pētījuma periodos (3.11. līdz 3.15. attēli). Blokshēmās apzīmējumi ar krāsām izvēlēti atbilstoši fizikāli – ķīmisko rādītāju kvalitātes klasēm, kas detalizēti aprakstītas 2.4.1. “Fizikāli - ķīmisko ūdens kvalitātes rādītāju robežvērtību novērtējums” apakšnodaļā.



3.12. att. Monitoringa objekta Bērzes upe N_{kon}, NH₄-N, P_{kon} un NO₃-N koncentrāciju vidējās vērtības periodā no 2005. g. janvāra līdz 2021. g. decembrim, mg L⁻¹

Izvērtējot vidējās N_{kop} koncentrāciju vērtības monitoringa objekta Bērze daļbaseiniem (3.12. attēls), secināms, ka augsta un laba kvalitātes klase novērota piecos daļbaseinos (Nr.1, Nr.4, Nr.5, Nr.6, Nr.10), vidēja kvalitātes klase novērota piecos daļbaseinos (Nr.2, Nr.3, Nr.9, Nr.13, Nr.15), savukārt slikta un ļoti slikta kvalitātes klase novērota piecos daļbaseinos (Nr.7, Nr.8, Nr.11, Nr.12, Nr.14). Bērzes monitoringa objektā izvērtējot N_{kop} koncentrāciju vērtības, secināms, ka ir kopīgas tendences un ļoti slikta ūdens kvalitāte novērojama daļbaseinos Nr.7, Nr.8 un Nr.14, attiecīgi daļbaseinos ar augstu lauksaimniecības zemju īpatsvaru. Pretēji zemākās N_{kop} koncentrācijas novērojamas ūdens paraugu ņemšanas vietās, kurās nozīmīgākais zemes lietojuma veids ir meži un dabiskās platības – Nr.4, Nr.5 un Nr.10.

Izvērtējot vidējās NH_4-N koncentrāciju vērtības, 11 daļbaseinos (Nr.1 – Nr.5, Nr.7, Nr.9, Nr.10, Nr.13 – Nr.15) atbilst augstas vai labas kvalitātes klasei, trīs daļbaseinos (Nr.8, Nr.11, Nr.13) vidējai kvalitātes klasei. Vidējā koncentrācija daļbaseinā Nr.5 (Zušupīte, Zebrus ezers, izteka) atbilst ļoti sliktai kvalitātes klasei, sateces baseinā dominē mitrzemes (purvi) un meži un dabiskās platības, kur iespējamās paaugstinātas NH_4-N koncentrācijas vērtības, kuras veidojas dabisku procesu rezultātā.

Visos daļbaseinos vidējās P_{kop} koncentrāciju vērtības atbilst augstai vai labai kvalitātes klasei. Nevienā no novērotajām vidējām NO_3-N koncentrāciju vērtībām daļbaseinos nav pārsniegta Nitrātu direktīvā noteiktā robežvērtība.

3.1.2. Esošās situācijas izvērtējums LIFE GoodWater IP projekta monitoringa objektos

Monitoringa objektam G264 Aģe, 14 ūdens paraugu ņemšanas vietām, vidējās N_{kop} , NH_4-N , P_{kop} un NO_3-N koncentrācijas attēlotas 3.13. attēlā. Monitoringa objekta G264 Aģe augštecē (daļbaseini GWAL1, GWAL2, GWAD1, GWAD2, GWAA2, GWAA4, GWAA5) pārsvarā novērojama ūdens kvalitāte, kas atbilst sliktai vai ļoti sliktai ūdens kvalitātes klasei, savukārt lejtecē daļbaseinos GWAA1, GWAM1, GWAM2, GWAI, GWAA3 ūdens kvalitātes rādītāji novērtējami ar vidēju līdz augstu ūdens kvalitāti un ar izņēmumiem daļbaseinos GWAM un GWAT, kur N_{kop} koncentrācijas vērtība novērtējama kā atbilstoša sliktai ūdens kvalitātei.

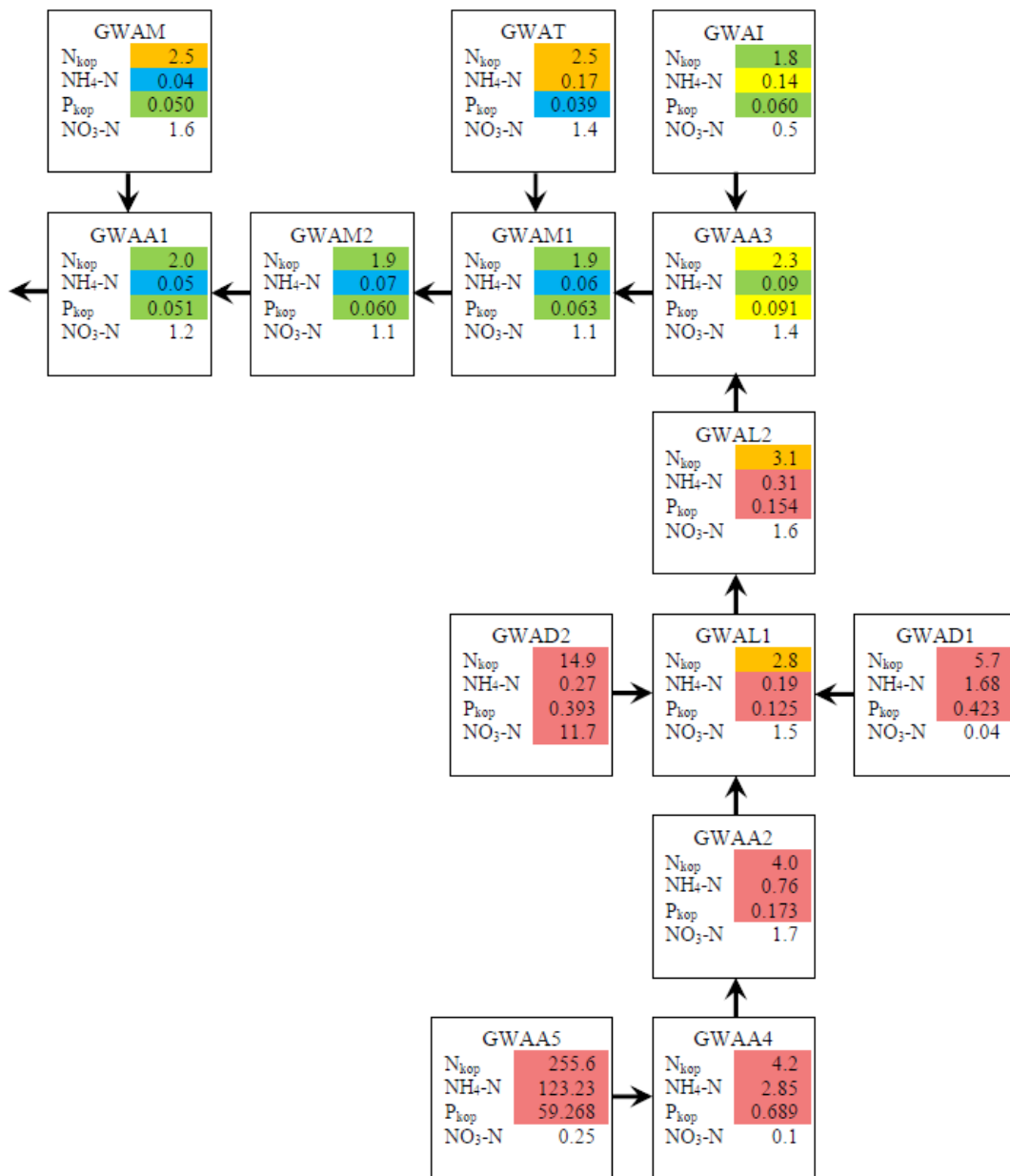
Monitoringa objektā G264 Aģe pēc Lēdurgas ciema NAI nenozīmīgi palielinās N_{kop} , NH_4-N un P_{kop} koncentrācijas (daļbaseini GWAL1 un GWAL2), attiecīgi notekūdeņu attīrīšanas iekārtas nodrošina notekūdeņu attīrīšanu, taču pastāv iespēja uzlabot notekūdeņu attīrīšanas efektivitāti. Pirms un pēc Mandegas ciema NAI ievāktu ūdeņu paraugu ķīmiskā sastāva analīžu rezultāti liecina, ka notekūdeņu attīrīšanas iekārtu klātbūtne neietekmē ūdeņu kvalitāti Aģes upē. Pētījuma perioda vidējās slāpekļa un fosfora savienojumu koncentrācijas ievāktajos ūdeņu paraugos praktiski neizmainās, kas norāda par atbilstošu notekūdeņu attīrīšanu (GWAM1 un GWAM2).

Daļbaseinam GWAA5 ūdens paraugs tiek ievākts no notekūdeņu izplūdes caurules, tajā konstatētas izteikti paaugstinātas N_{kop} , NH_4-N , P_{kop} koncentrāciju vērtības, kas liecina par punktveida piesārņojuma avotu, kuru izraisīja neattīrītu ražošanas notekūdeņu novadīšana koplietošanas ūdensnotekā no SIA "Ceplīši A.S" īpašumā esošās lopkautuves. Kā secināms pēc blokshēmas, daļbaseina GWAA5 piesārņojums izplatījies arī daļbaseinos GWAA4 un GWAA2, attiecīgi piesārņojuma negatīvā ietekme novērojama ne tikai tiešā punktveida piesārņojuma avota tuvumā, bet arī turpmākajos hidrogrāfiskā tīkla posmos līdz Aģes upē novadītais piesārņojums pamazām samazinās atšķaidīšanās un pašattīrīšanās procesu ietvaros. Lopkautuves darbība tika apturēta un atbilstoši Valsts vides dienesta uzdotajām rīcībām uzņēmumam ir nepieciešams nodrošināt ražošanas notekūdeņu apsaimniekošanu atbilstoši normatīvajos aktos noteiktajām prasībām (Valsts vides dienests 2021).

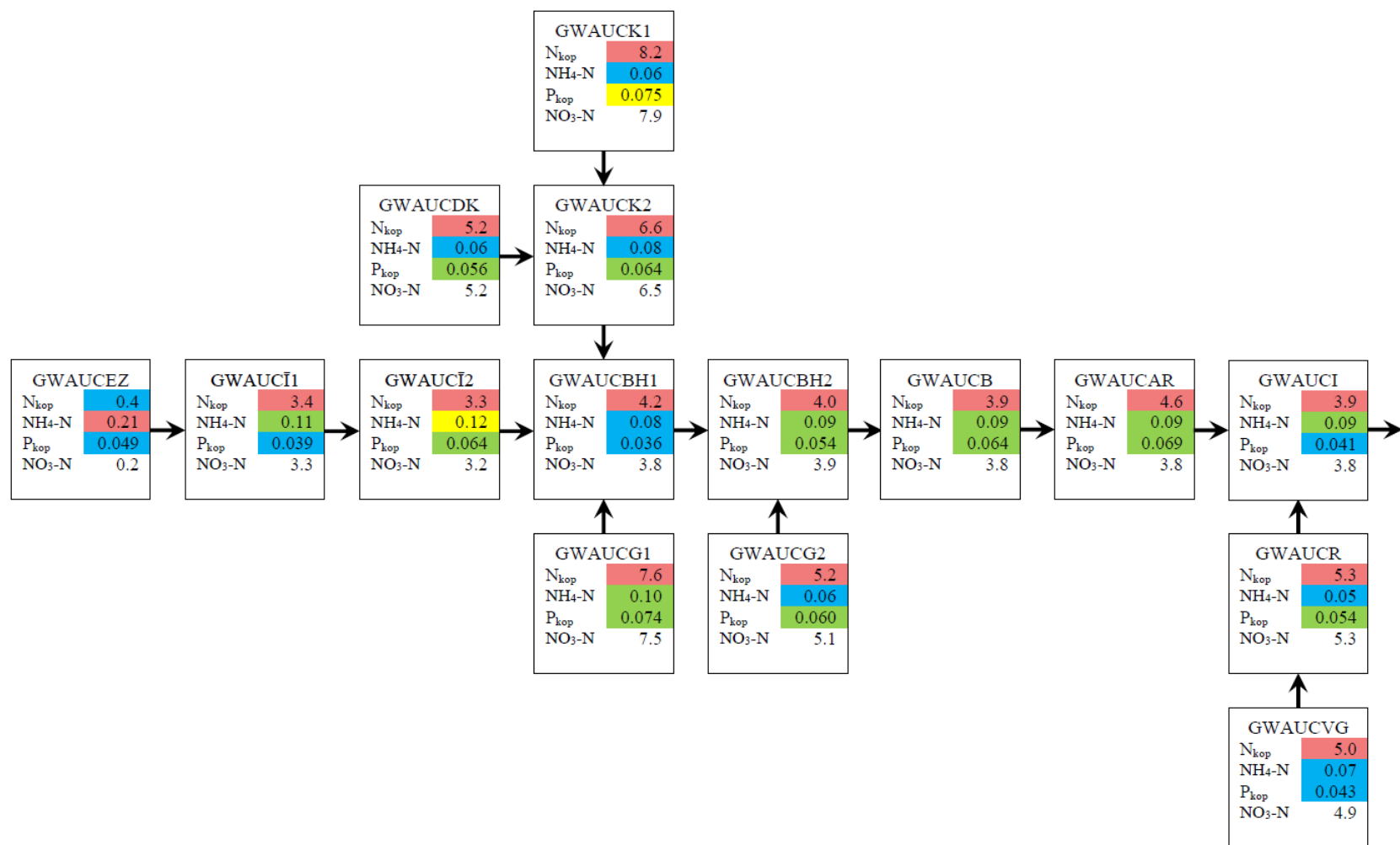
GWAD2 un GWAD1 ūdens paraugu ņemšanas vietās (notecē no drenu sistēmām) novērotās vidējās N_{kop} , NH_4-N un P_{kop} koncentrācijas atbilst ļoti sliktai ūdens kvalitātei un iegūtie rezultāti norāda par lauksaimnieciskās darbības negatīvo ietekmi uz ūdeņu kvalitāti. Izteikti palielinātas NH_4-N un P_{kop} koncentrācijas ievāktajos ūdeņu paraugos varētu liecināt par

organiskā mēslojuma nesabalansētu izkledi drenu sistēmu sateces baseinos, kas sekmē minēto slāpekļa un fosfora savienojumu formu izskalošanos (Singh et al. 2008).

Vidējās $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijas robežvērtība pārsniegta GWAD2 daļbaseinā, kur ūdens paraugs ir ievākts no drenu kolektora (lauksaimniecības zemes), kas ir saskaņā ar literatūrā apskatīto, ka paaugstinātas $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrāciju vērtības novērotas iztekās no drenu kolektoriem, kuros ūdens pašattīršanās process nav sācies (Randall and Mulla 2001).



3.13. att. Monitoringa objekta G264 Āģē N_{kop} , $\text{NH}_4\text{-N}$, P_{kop} un $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrāciju vidējās vērtības periodā no 2020. g. maija līdz 2021. g. oktobrim, mg L^{-1}

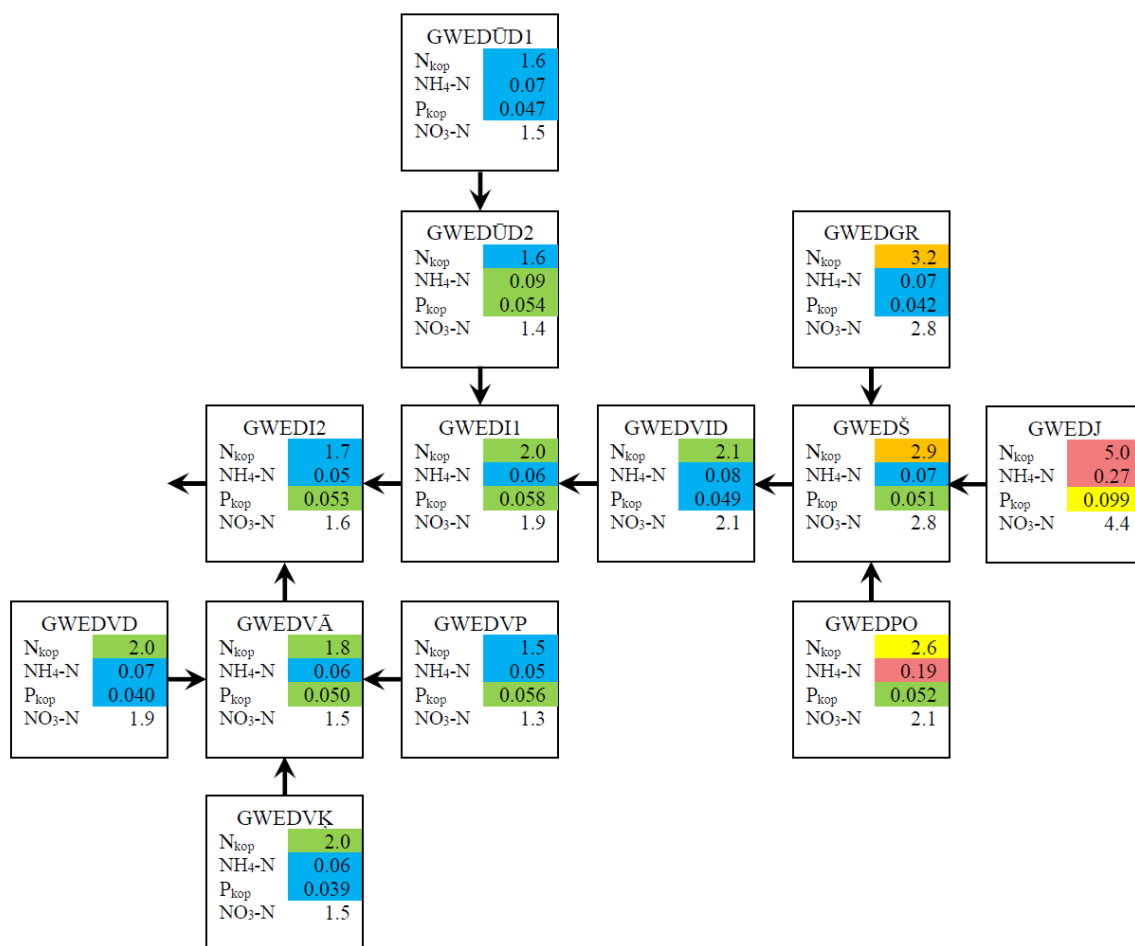


3.14. att. Monitoringa objekta L118 Auce N_{kop}, NO₃-N, NH₄-N un P_{kop} vidējās vērtības periodā no 2021. g. marta līdz 2021. g. decembrim, mg L⁻¹

Monitoringa objektam L118 Auce, 15 ūdens paraugu ņemšanas vietām, vidējās N_{kop} , NH_4-N , P_{kop} un NO_3-N koncentrācijas attēlotas 3.14. attēlā. Vidējās N_{kop} koncentrāciju vērtības, kas atbilst augstai un labai kvalitātes klasei novērotas vienā daļbaseinā (GWAUCEZ), pārējos 14 daļbaseinos novērotas koncentrācijas, kas atbilst ļoti sliktai kvalitātes klasei. Augstākas N_{kop} koncentrācijas novērotas ūdens paraugu ņemšanās vietās, kur paraugs ievākts no drenu kolektora iztekas (GWAUCDK), kā arī novadgrāvjiem (GWAUCG1 un GWAUCG2).

Vidējās NH_4-N koncentrāciju vērtības 13 daļbaseinos atbilst augstas vai labas kvalitātes klasei (koncentrācijas GWAUCK1, GWAUCDK, GWAUCK2, GWAUCBH1, GWAUCR, GWAUCVG, GWAUCG2 atbilst augstai kvalitātes klasei, GWAUCĪ1, GWAUCBH2, GWAUCB, GWAUCAR, GWAUCI, GWAUCG1 atbilst labai kvalitātes klasei), viens daļbaseins (GWAUCĪ2) vidējai kvalitātes klasei. Gadījumos, kad ūdens iztek no sekla un purvainā apvidus ezera, ūdenī iespējamās paaugstinātas NH_4-N koncentrācijas, kuras izraisa ezerā augošo augu sadalīšanās dabisku procesu ietvaros, kas skaidro vidējās NH_4-N koncentrācijas daļbaseinā GWAUCEZ atbilstību ļoti sliktai kvalitātes klasei.

Vidējās P_{kop} koncentrāciju diapazons ietver vērtības, kas iedalāmas vidējā līdz augstā kvalitātes klasē. Nevienā no monitoringa objekta L118 Auce novērotajām vidējām NO_3-N koncentrāciju vērtībām daļbaseinos nav pārsniegta Nitrātu direktīvā noteiktā robežvērtība.



3.15. att. Monitoringa objekta V046 Ēda N_{kop} , NH_4-N , P_{kop} un NO_3-N vidējās vērtības periodā no 2021. g. marta līdz 2021. g. decembrim, mg L^{-1}

Monitoringa objektam V046 Ēda, 13 ūdens paraugu ņemšanas vietām, vidējās N_{kop} , NH_4-N , P_{kop} un NO_3-N koncentrācijas attēlotas 3.15. attēlā.

Vidējās N_{kop} koncentrāciju vērtības, kas atbilst augstai un labai kvalitātes klasei novērotas deviņos daļbaseinos (koncentrācijas GWEDŪD1, GWEDŪD2, GWEDI2, GWEDVP atbilst augstai kvalitātes klasei, GWEDI1, GWEDVID, GWEDVD, GWEDVĀ, GWEDVĶ atbilst

labai kvalitātes klasei), viens daļbaseins (GWEDPO) atbilst vidējai kvalitātes klasei, koncentrācijas trīs baseinos atbilst sliktai vai ļoti sliktai kvalitātes klasei (koncentrācijas GWEDGR, GWEDŠ atbilst sliktai kvalitātes klasei, GWEDJ atbilst ļoti sliktai kvalitātes klasei).

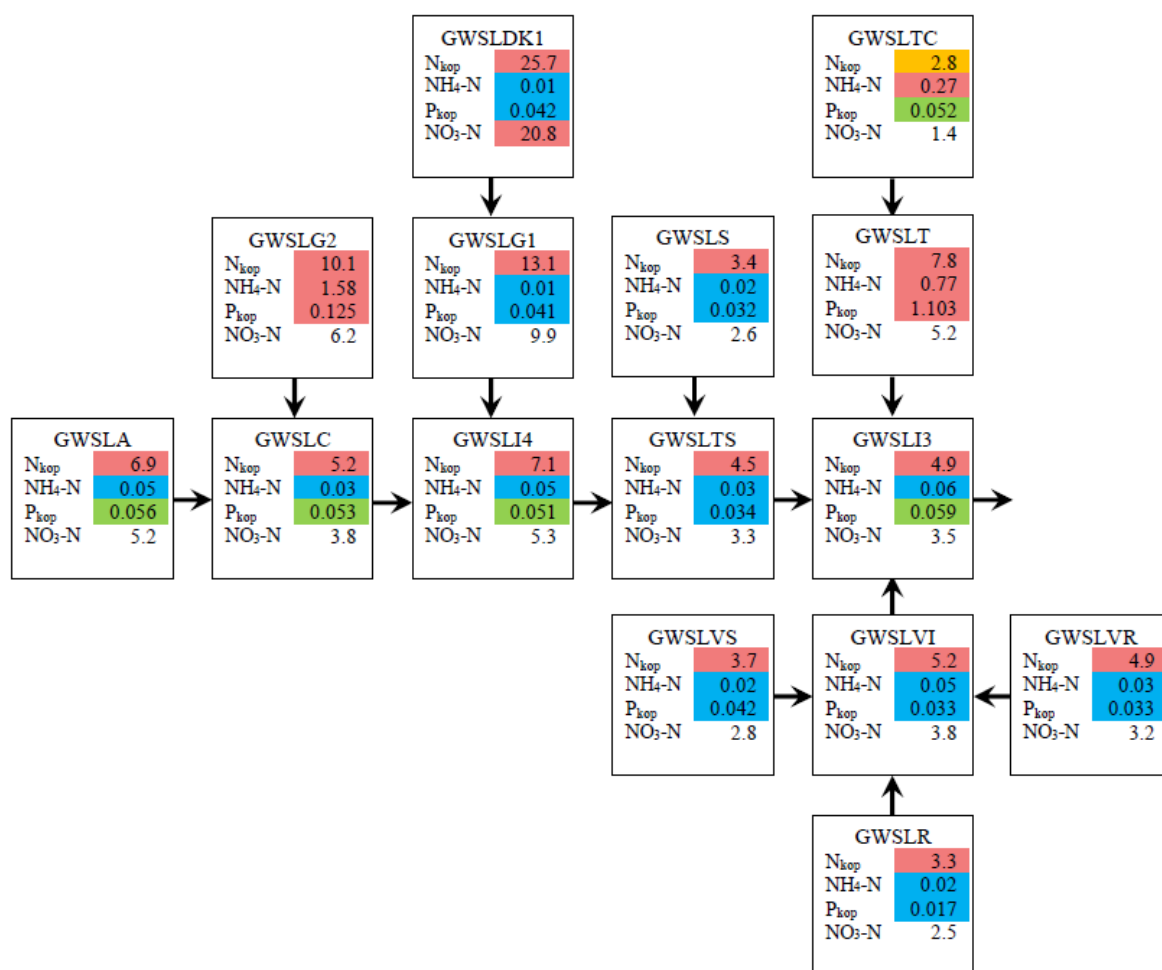
Vidējās $\text{NH}_4\text{-N}$ koncentrāciju vērtības 11 daļbaseinos atbilst augstas vai labas kvalitātes klasei (koncentrācijas GWEDŪD1, GWEDGR, GWEDI1, GWEDI2, GWEDVID, GWEDŠ, GWEDVD, GWEDVĀ, GWEDVP, GWEDVĶ atbilst augstai kvalitātes klasei, GWEDŪD2 atbilst labai kvalitātes klasei), divi daļbaseini (GWEDJ, GWEDPO) atbilst ļoti sliktai kvalitātes klasei.

Vidējās P_{kop} koncentrācijas daļbaseiniem GWEDŪD1, GWEDGR, GWEDI1, GWEDI2, GWEDVID, GWEDŠ, GWEDVD, GWEDVĀ, GWEDVP, GWEDVĶ, GWEDŪD2, GWEDŠ, GWEDPO atbilst augstai vai labi kvalitātes klasei un GWEDJ baseinā koncentrācija atbilst vidējai kvalitātes klasei. Nevienā no monitoringa objekta V046 Ēda novērotajām vidējām $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrāciju vērtībām daļbaseinos nav pārsniegta Nitrātu direktīvā noteiktā robežvērtība.

Ūdens paraugu ņemšanas vietas GWEDPO (Ēdas upes pieteka Pormale) sateces baseinā lauksaimniecības zemes aizņem 56.3%, meži un dabiskās platības 27.3% un mitrzemes (purvi) 16.5% no sateces baseina platības. Minēto zemes lietojuma veidu īpatsvara kombinācija sateces baseinā rada labvēlīgus apstākļus $\text{NH}_4\text{-N}$ un N_{kop} paaugstinātām koncentrācijām.

No lauksaimniecības zemēm, kā ūdenī šķīstoša neorganiska slāpekļa forma, tiek izskalots nitrātu slāpekļlis. Ūdens paraugu ņemšanas vietai GWEDPO raksturīga vidējā $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācija ir 2.1 mg L^{-1} , kas salīdzinājumā ar ūdensobjektiem V093 Slocone un L118 Auce uzskatāma par zemu koncentrāciju. GWEDPO raksturīga $\text{NH}_4\text{-N}$ izskalošanās no mežiem un dabiskajām platībām, kā arī mitrzemēm (purviem), kuru sekmē kūdras izstrādes lauku klātesamība ūdens paraugu ņemšanas vietas sateces baseinā.

Ūdens paraugu ņemšanas vietā GWEDJ (Ēdas upe pēc Jaunlutriņu ciema), tika konstatētas palielinātas N_{kop} , $\text{NH}_4\text{-N}$ un P_{kop} vērtības, tādēļ veicot papildus paraugu analīzi augu barības vielu zudumiem raksturīgās vietās (t.sk., drenu kolektors, novadgrāvji) secināts, ka Jaunlutriņu ciema notekūdeņu attīrīšanas iekārtā netiek veikta pilnvērtīga notekūdeņu attīrīšana.



3.16. att. **Monitoringa objekta V093 Slocene N_{kop} , NH_4-N , P_{kop} un NO_3-N vidējās vērtības periodā no 2020. g. maija līdz 2021. g. oktobrim, $mg\ L^{-1}$**

Monitoringa objektam V093 Slocene, 15 ūdens paraugu ņemšanas vietām, vidējās N_{kop} , NH_4-N , P_{kop} un NO_3-N koncentrācijas attēlotas 3.16. attēlā.

Visos monitoringa V093 Slocene daļbaseinos pētījuma periodā N_{kop} koncentrācijas atbilst sliktai vai ļoti sliktai kvalitātes klasei (koncentrācija GWSLTC atbilst sliktai kvalitātes klasei, koncentrācijas GWSLDK1, GWSLG1, GWSLG2, GWSLS, GWSLT, GWSLA, GWSLC, GWSLI4, GWSLTS, GWSLI3, GWSLVS, GWSLVI, GWSLVR, GWSLR atbilst ļoti sliktai kvalitātes klasei).

Vidējās NH_4-N koncentrāciju vērtības 12 daļbaseinos (GWSLDK1, GWSLG1, GWSLS, GWSLA, GWSLC, GWSLI4, GWSLTS, GWSLI3, GWSLVS, GWSLVI, GWSLVR, GWSLR) atbilst augstas kvalitātes klasei, trīs daļbaseini (GWSLG2, GWSLT, GWSLTC) atbilst ļoti sliktai kvalitātes klasei.

Vidējās P_{kop} koncentrācijas 13 daļbaseiniem atbilst augstai vai labi kvalitātes klasei (koncentrācijas GWSLDK1, GWSLG1, GWSLS, GWSLTS, GWSLVS, GWSLVI, GWSLVR, GWSLR atbilst augstai kvalitātes klasei, GWSLTC, GWSLA, GWSLC, GWSLI4, GWSLI3 baseinā koncentrācija atbilst labai kvalitātes klasei), koncentrācija daļbaseinos GWSLG2, GWSLT atbilst ļoti sliktas kvalitātes klasei.

Vidējā NO_3-N koncentrācijas robežvērtība par $9.5\ mg\ L^{-1}$ ir pārsniegta baseinā GWSLDK1, kur ūdens paraugs tiek ievākts no drenu kolektora, kas ir saskaņā ar literatūrā apskatīto meliorācijas sistēmu ietekmi uz augu barības vielu izskalošanos (Randall and Mulla 2001).

Lauksaimnieciskās darbības ietekme izteikti novērojama ūdens paraugu ņemšanas vietās GWSLG2, GWSLG1 un GWSLDK1, kurās novērotas augstākās vidējās N_{kop} koncentrācijas un kuru sateces baseinos konstatēts augsts lauksaimniecības zemju īpatsvars.

Augšpus (GWSLTC) un lejpus (GWSLT) Tumes ciema ievāktu ūdeņu paraugu analīžu rezultāti liecina par negatīvu ciema ietekmi uz Tumes strauta ūdeņu kvalitāti, jo pēc ciema izteikti palielinās N_{kop} , NH_4-N un P_{kop} vidējās koncentrācijas ūdenī, kas var liecināt par sadzīves vai ražošanas notekūdeņu nepilnīgu attīrīšanu Tumes ciemā vai Tumes ciema decentralizēto kanalizācijas sistēmu notekūdeņu nonākšanu Tumes strautā.

3.1.3. Ilgtermiņa tendenču izvērtēšana Lauksaimniecības noteču monitoringa objektos

Lai izvērtētu ilgtermiņa tendences noteces (mm) vērtībām, kā arī N_{kop} , NO_3-N , P_{kop} un PO_4-P koncentrācijām ($mg\ L^{-1}$) un zudumiem ($kg\ ha^{-1}$), Bērzes, Mellupītes un Vienziemītes monitoringa staciju drenu lauka un sateces baseina izpētes līmeņiem veikts Manna-Kendala (MK) tests, aprēķinātās MK testa vērtības (MK-stat) apkopotas 3.7. un 3.8. tabulās.

3.7. tabula. MK testa vērtības noteces (mm), N_{kop} un NO_3-N koncentrācijām ($mg\ L^{-1}$) un zudumiem ($kg\ ha^{-1}$) Bērzes, Mellupītes un Vienziemītes monitoringa stacijas drenu lauka un sateces baseina izpētes līmenī, 1995. – 2021. g.

Izpētes līmenis	Monitoringa stacija	Rādītājs*				
		MK-stat, notece, mm	MK-stat, N_{kop} , $mg\ L^{-1}$	MK-stat, NO_3-N , $mg\ L^{-1}$	MK-stat, N_{kop} , $kg\ ha^{-1}$	MK-stat, NO_3-N , $kg\ ha^{-1}$
Drenu lauka izpētes līmenis	Bērze	(+) 0.055	(-) 1.372	(-) 1.210	(-) 0.512	(-) 0.506
	Mellupīte	(-) 0.046	(+) 1.904	(+) 2.199*	(+) 0.473	(+) 0.682
	Vienziemīte	(+) 1.854	(-) 4.338*	(-) 4.058*	(+) 0.545	(-) 0.341
Sateces baseina izpētes līmenis	Bērze	(-) 0.779	(+) 0.546	(+) 0.984	(-) 0.807	(-) 0.226
	Mellupīte	(-) 1.215	(+) 2.614*	(+) 2.933*	(+) 0.901	(+) 1.818
	Vienziemīte	(+) 0.604	(-) 2.171*	(-) 0.845	(-) 0.004	(+) 0.088

* - statistiski ticams, $p < 0.05$.

Statistiski ticamas MK testa vērtības noteiktas NO_3-N koncentrācijām Mellupītes drenu lauka izpētes līmenī (liecina par tendenci palielināties), N_{kop} un NO_3-N koncentrācijām Vienziemītes drenu lauka izpētes līmenī (liecina par tendenci pazemināties), N_{kop} un NO_3-N koncentrācijām Mellupītes sateces baseina izpētes līmenī (liecina par tendenci palielināties), kā arī N_{kop} koncentrācijām Vienziemītes sateces baseina izpētes līmenī (liecina par tendenci pazemināties).

Izvērtējot noteces tendences, vērojamas reģionālas atšķirības, Bērzes un Vienziemītes drenu lauka izpētes līmenī, kā arī Vienziemītes sateces baseina izpētes līmenī, novērojama tendence notecei palielināties, savukārt Mellupītes drenu lauka un sateces baseina izpētes līmenī, kā arī Bērzes drenu lauka izpētes līmenī novērojama tendence samazināties.

Novērojamas līdzīgas tendences N_{kop} un NO_3-N koncentrāciju MK testa vērtībās: Bērzes un Vienziemītes drenu lauka izpētes līmenī novērojama tendence koncentrācijām samazināties, Mellupītes drenu lauka un sateces baseina izpētes līmenī palielināties, Bērzes sateces baseina izpētes līmenī palielināties un Vienziemītes sateces baseina izpētes līmenī samazināties.

Izvērtējot N_{kop} un NO_3-N zudumus Bērzes monitoringa stacijā, drenu lauka un sateces baseina izpētes līmenī ir novērojama tendence samazināties, pretēji Mellupītes monitoringa stacijas drenu lauka un sateces baseina izpētes līmenī ir tendence palielināties, tikmēr Vienziemītes monitoringa stacijas drenu lauka un sateces baseina līmenī ir novērojamas dažādas tendences (drenu lauka izpētes līmenī N_{kop} koncentrācijām ir tendence palielināties

un $\text{NO}_3\text{-N}$ samazināties un sateces baseina izpētes līmenī pretēji $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijām ir tendence palielināties un N_{kop} samazināties), kas liecina par dažādu faktoru ietekmi uz N_{kop} un $\text{NO}_3\text{-N}$ zudumiem.

3.8. tabula. MK testa vērtības P_{kop} un $\text{PO}_4\text{-P}$ koncentrācijām (mg L^{-1}) un zudumiem (kg ha^{-1}) Bērzes, Mellupītes un Vienziemītes monitoringa stacijas drenu lauka un sateces baseina izpētes līmenī, 1995. – 2021. g.

Izpētes līmenis	Monitoringa stacija	Rādītājs*			
		MK-stat, N_{kop} , mg L^{-1}	MK-stat, $\text{NO}_3\text{-N}$, mg L^{-1}	MK-stat, N_{kop} , kg ha^{-1}	MK-stat, $\text{NO}_3\text{-N}$, kg ha^{-1}
Drenu lauka izpētes līmenis	Bērze	(-) 1.893	(-) 0.686	(-) 0.606	(-) 0.327
	Mellupīte	(-) 2.329*	(-) 0.774	(-) 1.338	(-) 0.383
	Vienziemīte	(-) 2.243*	(-) 1.714	(+) 0.865	(+) 1.168
Sateces baseina izpētes līmenis	Bērze	(-) 3.887*	(-) 2.902*	(-) 2.550*	(-) 1.182
	Mellupīte	(-) 1.112	(+) 0.473	(-) 2.661*	(-) 0.499
	Vienziemīte	(-) 2.665*	(-) 2.735*	(-) 1.017	(-) 0.992

* - statistiski ticams, $p < 0.05$.

Statistiski ticamas MK testa vērtības noteiktas P_{kop} koncentrācijām Mellupītes un Bērzes drenu lauka izpētes līmenī (liecina par tendenci pazemināties), P_{kop} un $\text{PO}_4\text{-P}$ koncentrācijām Bērzes un Vienziemītes sateces baseina izpētes līmenī (liecina par tendenci pazemināties), kā arī P_{kop} zudumiem Bērzes un Mellupītes sateces baseina izpētes līmenī (liecina par tendenci pazemināties).

Visos monitoringa objektos vērojama tendence P_{kop} koncentrācijām samazināties, turklāt 4 no 6 objektiem vērtības ir statistiski ticamas. Līdzīgas tendences novērojamas $\text{PO}_4\text{-P}$ koncentrācijās ar izņēmumu Mellupītes sateces baseina izpētes līmenī, kur vērojama tendence $\text{PO}_4\text{-P}$ koncentrācijām palielināties.

Izvērtējot P_{kop} un $\text{PO}_4\text{-P}$ zudumus, līdzīgas tendences vērojamas Bērzes, Mellupītes drenu lauka un sateces baseina izpētes līmeņos, kā arī Vienziemītes sateces baseina izpētes līmenī, attiecīgi P_{kop} un $\text{PO}_4\text{-P}$ zudumi samazinās, pretēji Vienziemītes drenu lauka izpētes līmenī P_{kop} un $\text{PO}_4\text{-P}$ zudumi palielinās, kas skaidrojams ar notecē palielināšanos.

Kopumā izvērtējot monitoringa objektos iegūtos rezultātus novērojama ilgtermiņa tendence P_{kop} un $\text{PO}_4\text{-P}$ koncentrācijām un zudumiem samazināties, kas liecina, ka, izvērtējot augu barības vielu izskalošanos no lauksaimniecības teritorijām, lielāka uzmanība jāpievērš slāpekļa savienojumu zudumiem.

Zemais statistiski ticamo MK testa rezultātu skaits saistīts ar notecē sezonālo un gada izmaiņu sadalījumu monitoringa objektos. Lai arī MK testa rezultāti liecina, ka tendences ir atšķirīgas un ir novērojami gadījumi, kad N_{kop} , $\text{NO}_3\text{-N}$, P_{kop} un $\text{PO}_4\text{-P}$ koncentrācijas un zudumi notecē ir ar tendenci samazināties, taču 3.7. un 3.8. tabulās apkopotie rezultāti aptver visu pētījuma periodu (1995. – 2021. g.), iespējams turpmāko pētījumu gaitā ir nepieciešams MK testu veikt dažādiem pētījuma periodiem, kuros norisinājušās izmaiņas normatīvajos aktos vai arī tajos ieviestas starptautisko normatīvu prasības, lai tendences raksturotu detalizētāk.

3.2. Dabisko faktoru ietekme uz slāpekļa un fosfora savienojumu izskalošanos

3.2. apakšnodaļā veikta dabisko faktoru ietekmes uz augu barības vielu koncentrācijām izvērtēšana lauksaimniecības noteces pētījuma teritorijās. Dabisko faktoru analīze iekļauj gaisa temperatūras, atmosfēras nokrišņu, noteces apjoma analīzi klimata mainības kontekstā un augsnes granulometriskā sastāva un zemes virsmas slīpuma ietekmes uz N_{kop} , NO_3-N , NH_4-N , P_{kop} un PO_4-P koncentrāciju analīzi.

3.2.1. Meteoroloģisko datu analīze Lauksaimniecības noteču monitoringa objektos

Meteoroloģisko datu analīze ietver monitoringa objektu Bērze, Mellupīte un Vienziemīte raksturīgo gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu apskatu. Meteoroloģisko datu analīzei pētījuma periodi izvēlēti atbilstoši Pasaules Meteoroloģijas organizācijas noteiktajām un LVĢMC pieņemtajām klimatiskajām standarta normām Latvijas teritorijai (3.9. tabula). Meteoroloģisko datu rādītāji monitoringa objektiem iegūti LVĢMC meteoroloģisko novērojumu stacijās. Monitoringa objektam Bērze dati iegūti Dobeles meteoroloģisko novērojumu stacijā, monitoringa objektam Mellupīte Saldus novērojumu stacijā un monitoringa objektam Vienziemīte Zosēnu novērojumu stacijā.

3.9. tabula. Vidējās gaisa temperatūras (°C) un gada vidējo nokrišņu summas (mm) vērtības Latvijas teritorijai, monitoringa objektos Bērze, Mellupīte un Vienziemīte

Rādītājs	Objekts	Rādītājs		
		1. periods	2. periods	3. periods
		1961. – 1990. g.	1981. – 2010. g.	1991. – 2020. g.
Vidējā gaisa temperatūra, °C	Latvija*	5.7	6.4	6.8
	Bērze	5.9	6.9	7.4
	Mellupīte	5.7	6.3	6.7
	Vienziemīte	4.7	5.4	5.8
Vidējā gada nokrišņu summa, mm	Latvija*	665.7	692.3	684.6
	Bērze	573.6	590.1	580.3
	Mellupīte	647.3	679	661.9
	Vienziemīte	727.8	742.5	730.1

* - klimatiskā standarta norma (LVĢMC Klimats Latvijā 2021)

Atbilstoši klimatiskā standarta normām, Latvijas teritorijā novērojamas ilgtermiņa atšķirības gada vidējo nokrišņu daudzumā klimatiskās normas periodā, kā arī gaisa temperatūras rādītājos. Vidējās gaisa temperatūras palielinājums novērots visos trīs periodos, savukārt nokrišņu samazinājums par 7.7 mm (-1%) novērojams, salīdzinot 2. periodam ar 3. periodam raksturīgās vērtības. Vidējās gaisa temperatūras klimatiskā standarta norma 2. periodā, salīdzinot ar 1. periodu, palielinājusies par 0.7°C (+11%), savukārt salīdzinot 1. periodu ar 3. periodu, vidējā gaisa temperatūra palielinājusies par 1.1°C (+16%). Šīs izmaiņas apstiprina klimata mainības tendenču prognozes Latvijas teritorijai (LVĢMC 2023).

Monitoringa objektā Bērze vidējā gaisa temperatūra visos trīs klimatiskā standarta normas periodos ir novērota augstāka kā Latvijas klimatiskajā standarta normā, attiecīgi par 0.2°C salīdzinot 1. periodu (3% izmaiņas), par 0.5°C (8%) salīdzinot 2. periodu un par 0.6°C (9%) salīdzinot 3. periodu, pretēji – monitoringa objektā Vienziemīte gaisa temperatūra novērota par 1.0°C (17 – 21%) zemāka kā noteikts Latvijas klimatiskajās standarta normās. Monitoringa objektā Mellupīte novērotā vidējā gaisa temperatūra no Latvijas klimatiskās standarta normas, salīdzinot ar citiem objektiem atšķiras vismazāk, attiecīgi par 0°C – 0.1°C (0 – 2%). Monitoringa objektā Bērze gada vidējo nokrišņu summa, salīdzinot

ar Latvijas klimatiskajām standarta normām ir augstāka par 92.1 – 104.3 mm (14 – 15%), savukārt monitoringa objektā Vienziemīte ir zemāka par 45.5 – 62.1 mm (7 – 9%). Līdzīgi kā monitoringa objektā Mellupīte novērotā vidējā gaisa temperatūra, arī gada vidējo nokrišņu summa salīdzinot ar Latvijas klimatiskā standarta normām, atšķiras vismazāk, attiecīgi par 13.3 – 22.7 mm (2 – 3%).

Gada vidējās gaisa temperatūra un atmosfēras nokrišņu analīze padziļināti veikta monitoringa objektiem Bērze, Mellupīte un Vienziemīte laika periodam no 1995. g. līdz 2021. g. (3.10. tabula).

3.10. tabula. **Gada vidējās gaisa temperatūras (°C) un gada vidējo nokrišņu summas (mm) vērtības pētījuma periodā, 1995. – 2021. g.**

Rādītājs	Vidējā gaisa temperatūra, °C			Gada vidējo nokrišņu summa, mm		
	Bērze	Mellupīte	Vienziemīte	Bērze	Mellupīte	Vienziemīte
Minimālā vērtība	5.4	4.9	4.1	396.5	452.0	434.2
Maksimālā vērtība	9.9	8.9	7.6	827.1	1039.2	952.9
Vidējā vērtība	7.5	6.8	5.9	579.1	663.8	737.1

Gada vidējā gaisa temperatūra pētījuma periodā monitoringa objektā Bērze novērota 7.5°C, monitoringa objektā Mellupīte 6.8°C un monitoringa objektā Vienziemīte 5.9°C, savukārt vidējais summārais gada nokrišņu daudzums monitoringa objektā Bērze novērots 579.1 mm, Mellupīte 663.8 mm un Vienziemīte 737.1 mm. Vidējās gaisa temperatūras un gada vidējo nokrišņu summu atšķirības starp monitoringa objektiem skaidrojamas ar monitoringa objektu ģeogrāfiskā novietojuma atšķirībām Latvijas teritorijā. Monitoringa objektā Vienziemīte, kas atrodas Vidzemes augstienē, raksturīgs palielināts nokrišņu daudzums un samazināta gaisa temperatūra, salīdzinot ar Zemgales līdzenumu un Viduslatvijas zemieni, kur atrodas Bērzes un Mellupītes monitoringa objekti, kas atbilst LVĢMC ilggadīgo datu novērojumiem par gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņus sadalījumu Latvijas teritorijā (Avotniece, Aņiskeviča, and Maļinovskis 2017). Gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu mainība pētījuma periodā monitoringa objektos Bērze, Mellupīte un Vienziemīte apstiprina LVĢMC secinājumus par vidējā gaisa temperatūra paaugstināšanos un vidējā nokrišņu daudzuma samazināšanos Latvijas teritorijā, kas liecina par klimata mainību (LVĢMC 2021a).

Gada vidējā noteces analīze drenu lauka un sateces baseina līmenī veikta Bērzes, Mellupītes un Vienziemītes monitoringa stacijām (3.11. tabula).

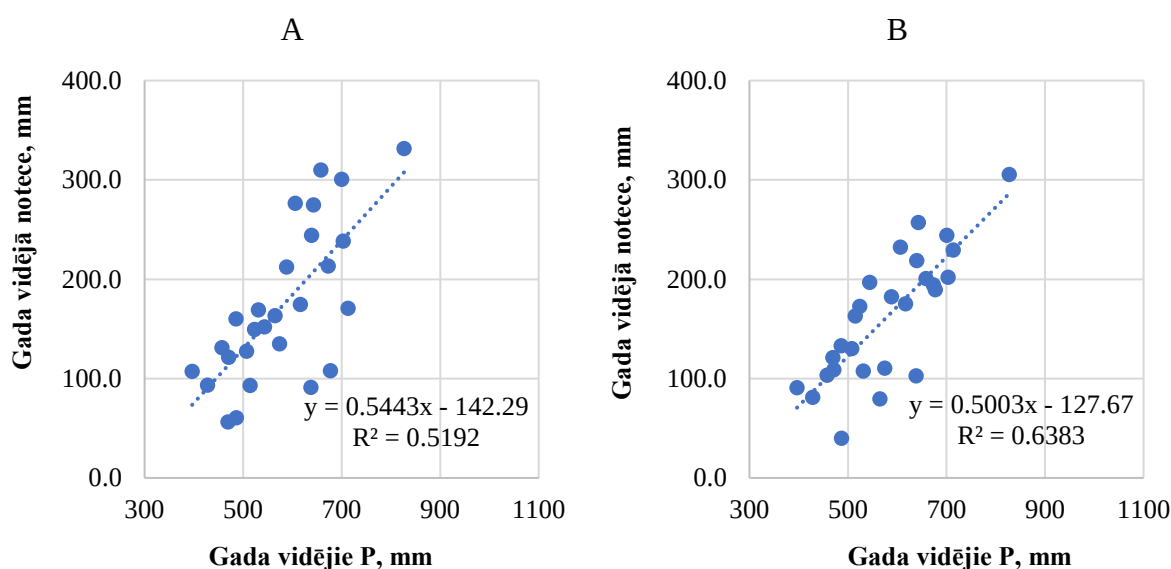
3.11. tabula. **Noteces vērtības (mm) Bērzes, Mellupītes un Vienziemītes monitoringa stacijas drenu lauka un sateces baseina izpētes līmenī, 1995. – 2021. g.**

Rādītājs	Drenu lauka izpētes līmenis			Sateces baseina izpētes līmenis		
	Bērze	Mellupīte	Vienziemīte	Bērze	Mellupīte	Vienziemīte
Minimālā vērtība	56.6	97.5	110.9	39.9	119.5	106.2
Maksimālā vērtība	331.8	449.8	516.8	305.7	458.6	467.5
Vidējā vērtība	172.9	239.9	268.6	162.1	241.4	272.0

Bērzes monitoringa stacijas drenu lauka izpētes līmenī minimālais noteces daudzums 56.6 mm novērots 2003. gadā, maksimālā vērtība 331.8 mm novērota 2010. gadā, vidējā vērtība pētījuma periodā (1995. – 2021. g.) bija 172.9 mm, savukārt sateces baseina izpētes līmenī minimālā vērtība 39.9 mm novērota 2006. gadā, maksimālā vērtība 305.7 mm novērota 2010. g., vidējā vērtība pētījuma periodā bija 162.1 mm. Mellupītes monitoringa stacijas drenu lauka līmenī minimālais noteces daudzums 97.5 mm novērots 2018. g., maksimālā vērtība

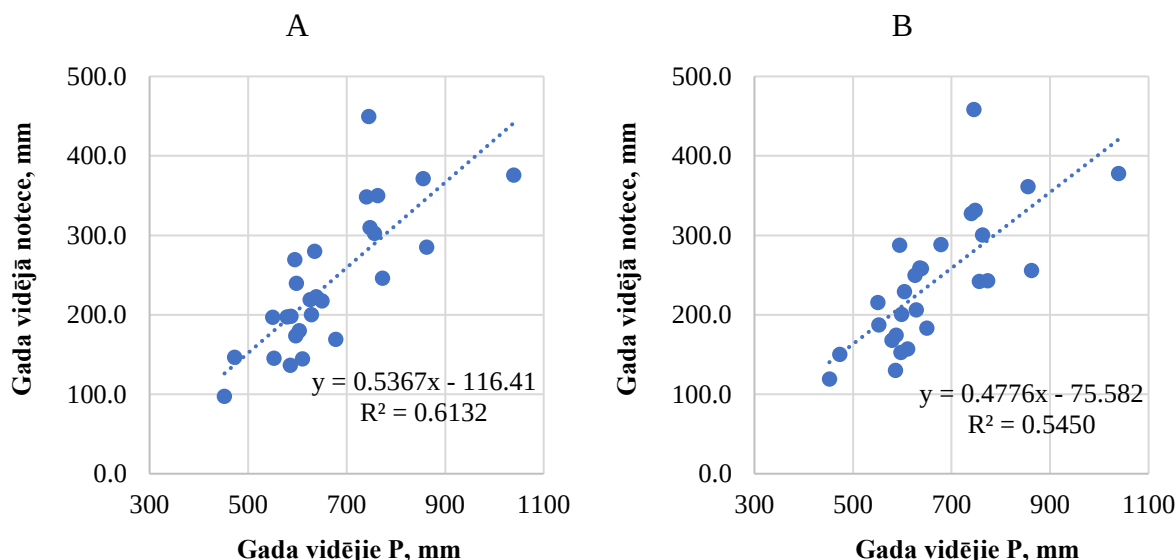
449.8 mm novērota 2017. g., vidējā vērtība pētījuma periodā bija 239.9 mm, savukārt sateces baseina izpētes līmenī minimālā vērtība 119.5 mm novērota 2018. g., maksimālā vērtība 458.6 mm novērota 2017. g., vidējā vērtība pētījuma periodā bija 241.4 mm. Vienziemītes monitoringa stacijas drenu lauka izpētes līmenī minimālais noteces daudzums 110.9 mm novērots 2018. g., maksimālā vērtība 516.8 mm novērota 1995. g., vidējā vērtība pētījuma periodā bija 268.6 mm, savukārt sateces baseina izpētes līmenī minimālā vērtība 106.2 mm novērota 2018. g., maksimālā vērtība 467.5 mm novērota 2017. g., vidējā vērtība pētījuma periodā bija 272.0 mm. Lai skaidrotu noteces sadalījumu pa gadiem pētījuma periodā, tiek veikta noteces un nokrišņu savstarpējās saistības analīze.

Gada vidējās noteces saistības ar nokrišņiem aprēķini veikti Bērzes, Mellupītes un Vienziemītes drenu lauka un sateces baseina izpētes līmeņiem. Savstarpējā saistība starp gada vidējo nokrišņu summu (P, mm) un gada vidējo noteci (mm), laika periodam no 1995. līdz 2021. g. izvērtēta izmantojot izkliedes diagrammas un attēlota 3.17., 3.18., 3.19. attēlos, izskaidrojamības pakāpes raksturošanai izmantots lineārās regresijas vienādojums un determinācijas koeficients (R^2).



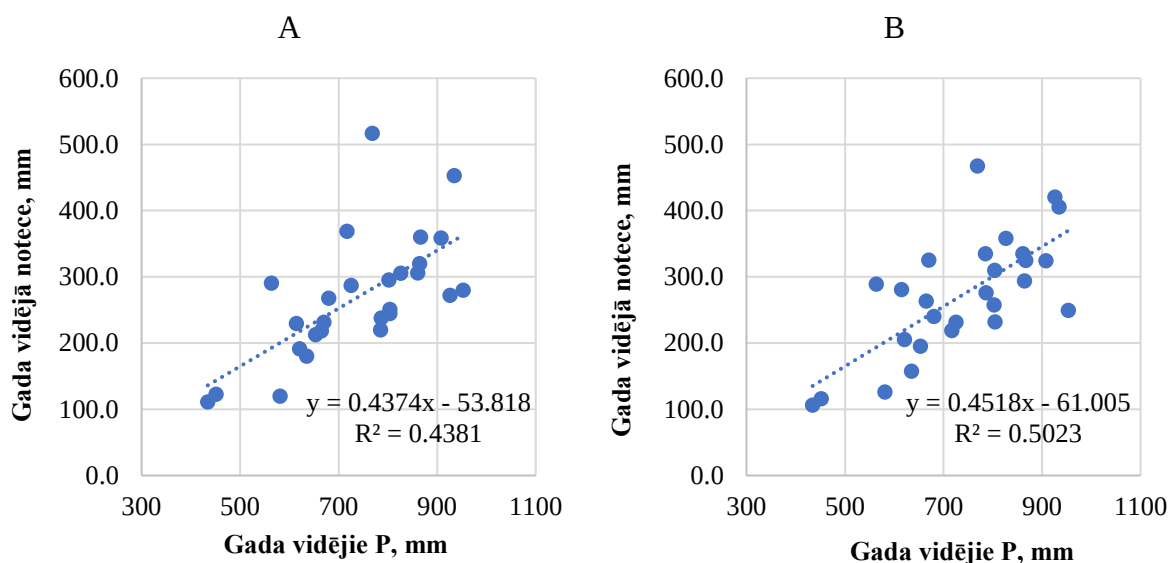
3.17. att. Gada vidējās noteces (mm) un gada vidējais P (mm) saistība Bērzes monitoringa stacijas drenu lauka (A) un sateces baseina (B) izpētes līmenī, 1995. – 2021. g.

Bērzes monitoringa stacijā gada vidējie nokrišņi izskaidro gada vidējo noteces apjomu ar R^2 0.52 drenu lauka izpētes līmenī un 0.64 sateces baseina izpētes līmenī ($p < 0.001$).



3.18. att. Gada vidējās noteces (mm) un gada vidējo P (mm) saistība Mellupītes monitoringa stacijas drenu lauka (A) un sateces baseina (B) izpētes līmenī 1995. – 2021. g.

Mellupītes monitoringa stacijā gada vidējie nokrišņi izskaidro gada vidējo noteces apjomu ar R^2 0.61 drenu lauka izpētes līmenī un 0.54 sateces baseina izpētes līmenī ($p < 0.001$).



3.19. att. Gada vidējās noteces (mm) un gada vidējo P (mm) saistība Vienziemītes monitoringa stacijas drenu lauka (A) un sateces baseina (B) izpētes līmenī 1995. – 2021. g.

Vienziemītes monitoringa stacijā gada vidējie nokrišņi izskaidro gada vidējo noteces apjomu ar R^2 0.44 drenu lauka izpētes līmenī un 0.50 sateces baseina izpētes līmenī ($p < 0.001$). Salīdzinot Bērzes, Mellupītes un Vienziemītes monitoringa objektu tendenču līnijas slīpuma leņķus, izteiktāks slīpuma leņķis vērojams Bērzes monitoringa objektā, mazāks Mellupītes monitoringa objektā un lēzenākā tendenču līnija raksturīga Vienziemītes monitoringa objektam, tas skaidrojams ar augsnes granulometriskā sastāva un gaisa temperatūras atšķirīgu sadalījumu monitoringa objektos. Bērzes monitoringa objektam raksturīga mālaina augsne, kas samazina atmosfēras nokrišņu pārvēršanos notecē.

Izvērtējot savstarpējo ietekmi starp noteci un nokrišņiem Bērzēs, Mellupītes un Vienziemītes monitoringa objektu drenu lauka un sateces baseina izpētes līmenī, palielināts nokrišņu daudzums veicina palielinātu noteces daudzumu gan drenu lauka, gan sateces baseina izpētes līmenī, kas ir saskaņā ar literatūras analīzē noteikto (Øygarden et al. 2014; Randall and Mulla 2001), nozīmīga ir arī atmosfēras nokrišņu izkrišanas sezonālitate.

Vidējai gaisa temperatūrai, gada vidējai nokrišņu summai un notecei raksturīgas ne tikai ikgadējas izmaiņas, bet arī sezonāls sadalījums. Lai raksturotu sezonālo saistību starp noteci un nokrišņiem Bērzēs, Mellupītes un Vienziemītes drenu lauka un sateces baseina izpētes līmeņos (1995. – 2021. g.), izmantots korelācijas koeficients R ($p < 0.001$), aprēķina vērtības apkopotas 3.12. tabulā. Ziemas mēneši ir decembris, janvāris, februāris, pavasara – marts, aprīlis, maijs, vasaras – jūnijs, jūlijs, augusts un rudens – septembris, oktobris, novembris.

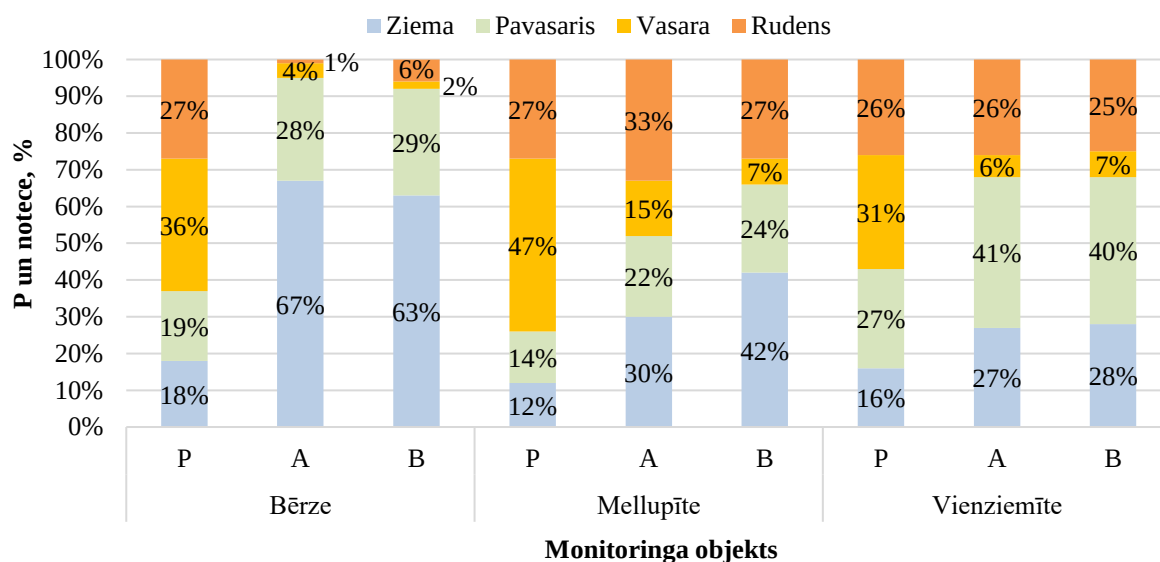
3.12. tabula. Sezonāla saistība starp noteci (mm) un P (mm) Bērzēs, Mellupītes un Vienziemītes monitoringa stacijas drenu lauka un sateces baseina izpētes līmenī, 1995. – 2021. g.

Gadalaiks	Korelācijas koeficients R					
	Drenu lauka izpētes līmenis			Sateces baseina izpētes līmenis		
	Bērze	Mellupīte	Vienziemīte	Bērze	Mellupīte	Vienziemīte
Ziema	(+) 0.13	(+) 0.56	(+) 0.27	(+) 0.14	(+) 0.67	(+) 0.17
Pavasaris	(+) 0.22	(+) 0.46	(+) 0.60	(+) 0.11	(+) 0.67	(+) 0.67
Vasara	(+) 0.65	(+) 0.60	(+) 0.67	(+) 0.78	(+) 0.61	(+) 0.64
Rudens	(+) 0.61	(+) 0.83*	(+) 0.84*	(+) 0.65	(+) 0.85*	(+) 0.82*

* - korelācijas koeficienta vērtības, kas raksturo ciešu saistību.

Ziemā Mellupītes drenu lauka un sateces baseina izpētes līmenī korelācijas koeficients R ir 0.56 un 0.67, saistība starp noteci un nokrišņiem ir vidēji cieša, savukārt Bērzēs un Vienziemītes monitoringa stacijās drenu lauka un sateces baseina izpētes līmeņos 0.13 līdz 0.27, saistība raksturojama kā vāja. Pavasarī Bērzēs monitoringa stacijas drenu lauka un sateces baseina izpētes līmeņos, kā arī Mellupītes drenu lauka izpētes līmenī saistība ir vāja (R ir attiecīgi 0.22, 0.11 un 0.46, savukārt Mellupītes sateces baseina izpētes līmenī un Vienziemītes drenu lauka un sateces baseina izpētes līmeņos raksturojama kā vidēji cieša (R ir attiecīgi 0.67, 0.60 un 0.67). Saistība starp nokrišņiem un noteci vasarā Bērzēs drenu lauka izpētes līmenī, kā arī Mellupītes un Vienziemītes drenu lauka un sateces baseina izpētes līmeņos raksturojama kā vidēji cieša (R ir attiecīgi 0.65, 0.60, 0.61, 0.67 un 0.64), savukārt Bērzēs sateces baseina izpētes līmenī raksturojama kā cieša (R ir 0.78). Visciešākā sezonālā saistība starp nokrišņiem un noteci novērojama rudenī, kad korelācijas koeficienti drenu lauka izpētes līmenī ir no 0.61 līdz 0.84, un sateces baseina izpētes līmenī 0.65 līdz 0.85.

Nokrišņiem un notecei drenu lauka un sateces baseina izpētes līmeņos raksturīgas arī sezonālas atšķirības, to procentuālais sadalījums Bērzēs, Mellupītes un Vienziemītes drenu lauka un sateces baseina izpētes līmeņos apkopots 3.20. attēlā.



P – nokrišņi, mm;
 A – notece drenu lauka izpētes līmenī, mm;
 B – notece sateces baseina izpētes līmenī, mm.

3.20. att. Noteces (mm) un nokrišņu (mm) sezonāls % sadalījums Bērzes, Mellupītes un Vienziemītes monitoringa stacijas drenu lauka un sateces baseina izpētes līmenī, 1995. – 2021. g.

Bērzes, Mellupītes un Vienziemītes monitoringa stacijās nokrišņu sadalījums monitoringa objektos ir atšķirīgs, ziemā novērojami 12 – 18%, pavasarī 14 – 27%, vasarā 15 – 36% un rudenī 26 – 27% nokrišņu (3.20. attēls), kas atbilst LVĢMC izpētītajam par vidējo nokrišņu sezonālo izkliedi Latvijas teritorijā (LVĢMC Klimats Latvijā 2021).

Ziemā Bērzes drenu lauka izpētes līmenī novērots 67% no kopējās noteces apjoma, sateces baseina izpētes līmenī 63% no kopējā noteces apjoma, Mellupītes drenu lauka izpētes līmenī 30%, sateces baseina izpētes līmenī 42% no kopējā noteces apjoma, Vienziemītes drenu lauka izpētes līmenī 27%, sateces baseina izpētes līmenī 28% no kopējā noteces apjoma. Ziemā nokrišņu ietekme uz noteci ir atkarīga no nokrišņu veida, attiecīgi nokrišņiem sniega vai lietus veidā. Nokrišņi sniega veidā tiek akumulēti un straujas pozitīvas gaisa temperatūras iestāšanās gadījumā, var izraisīt palus un ievērojamus augu barības vielu zudumus īsā laika posmā. Nokrišņi lietus veidā izraisa noteces veidošanos, jo augsnes profils ir daļēji piesātināts vai piesātināts ar ūdeni (Udawatta et al. 2006).

Pavasarī Bērzes drenu lauka izpētes līmenī novērots 28% no kopējās noteces apjoma, sateces baseina izpētes līmenī 29% no kopējā noteces apjoma, Mellupītes drenu lauka izpētes līmenī 22%, sateces baseina izpētes līmenī 24% no kopējā noteces apjoma, Vienziemītes drenu lauka izpētes līmenī 41%, sateces baseina izpētes līmenī 40% no kopējā noteces apjoma. Ziemā un pavasarī, apstākļos, kad ir vērojama notece, ir sagaidāmi augu barības vielu zudumi (Øygarden et al. 2014).

Vasarā novērojams vismazākais noteces daudzums, attiecīgi Bērzes drenu lauka izpētes līmenī 1%, sateces baseina izpētes līmenī 2% no kopējā noteces apjoma, Mellupītes drenu lauka izpētes līmenī 15%, sateces baseina izpētes līmenī 7% no kopējā noteces apjoma, Vienziemītes drenu lauka izpētes līmenī 6%, sateces baseina izpētes līmenī 7% no kopējā noteces apjoma, kas ir saskaņā ar literatūrā apskatīto par zemo noteces apjomu vasaras periodā (Randall and Mulla 2001). Vasarā nokrišņi maz ietekmē noteci, jo evapotranspirācijas apjoms ir augstāks kā atmosfēras nokrišņu daudzums. Vasarā augsnes profils ir sauss, tādēļ atmosfēras nokrišņu uztveršana un akumulācija ir netraucēta.

Rudenī novērojamas vislielākās atšķirības noteces sadalījumā sateces baseinu ietvaros. Bērzes drenu lauka izpētes līmenī novērots 1% no kopējās noteces apjoma, sateces baseina izpētes līmenī 6% no kopējā noteces apjoma, Mellupītes drenu lauka izpētes līmenī 33%,

sateces baseina izpētes līmenī 27% no kopējā noteces apjoma, Vienziemītes drenu lauka izpētes līmenī 26%, sateces baseina izpētes līmenī 25% no kopējā noteces apjoma. Rudenī gaisa temperatūras amplitūda ir izteiktāka (iespējama negatīva vai zema pozitīva gaisa temperatūra), notiek nenozīmīgi iztvaikošanas procesi un augu attīstība ir ierobežota, kā rezultātā atmosfēras nokrišņi izraisa noteces veidošanos. Ilgstošu un intensīvu atmosfēras nokrišņu rezultātā, var veidoties plūdu apstākļi, kas veicina virszemes noteci, kā arī augu barības vielu izskalošanos.

Noteces apjomam raksturīgas sezonālas izmaiņas, ņemot vērā noteces un N_{kop} , P_{kop} koncentrāciju savstarpēju saistību ar noteces apjomu, kā arī N_{kop} un P_{kop} koncentrāciju ietekmi uz N_{kop} un P_{kop} zudumiem, sezonālas izmaiņas var ietekmēt mēslošanas un kultūraugu izvēles plānošanu nākamajai sezonai.

3.2.2. Augsnes īpašību un zemes virsmas slīpuma ietekmes novērtējums

Augsnes īpašību ietekme izvērtēta nosakot augsnes granulometriskā sastāva tipu īpatsvaru Bēzres upes daļbaseinos (Bēzres upes izpētes līmenī) un to savstarpēju ietekmi ar N_{kop} , NO_3-N , NH_4-N , P_{kop} un PO_4-P koncentrācijām. Bēzres upes daļbaseinos granulometriskais sastāvs ir atšķirīgs, taču, atbilstoši ģeotelpiskās informācijas datiem, izplatītākie augsnes granulometriskā sastāva tipi ir vidējs smilšmāls (sM2) (30.6% no augšņu īpatsvara) un viegla smilšmāls (sM3) (29.3% no augšņu īpatsvara sateces baseinā).

Augsnes granulometriskā sastāva veidu īpatsvaru ietekme uz augu barības vielu koncentrācijām Bēzres upes izpētes līmenī attēlota 3.13. tabulā.

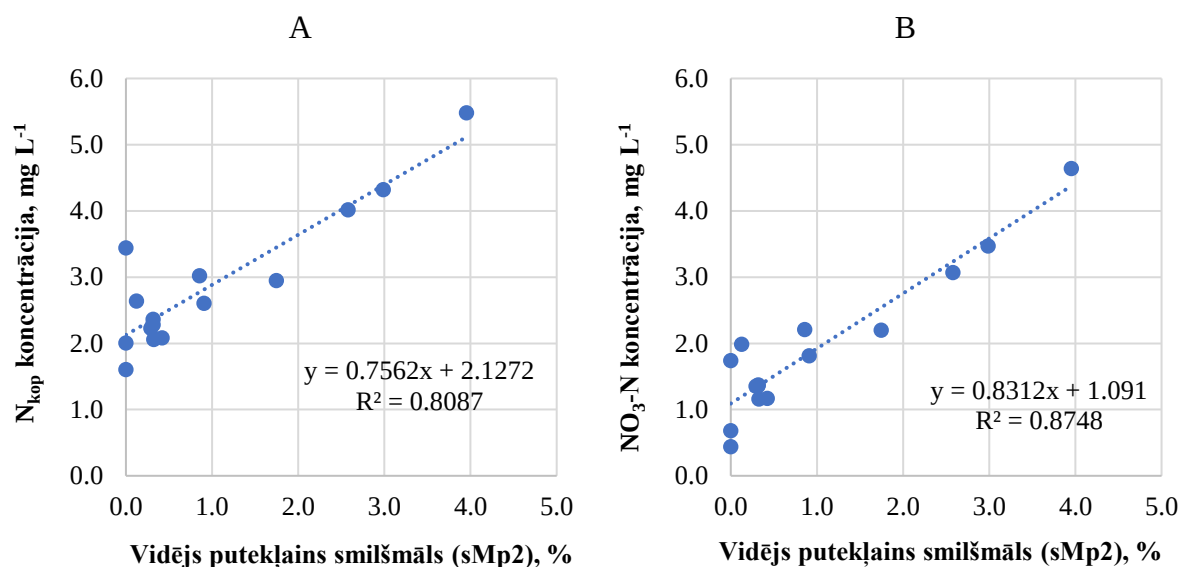
3.13. tabula. Augsnes granulometriskā sastāva īpatsvara (%) saistības ietekme uz augu barības vielu koncentrācijām ($mg\ L^{-1}$) Bēzres upes izpētes līmenī, 2005. – 2021. g.

Nr. p.k.	Tips	Augsnes granulometriskā sastāva tips	Determinācijas koeficients R^{2*}				
			N_{kop}	NO_3-N	NH_4-N	P_{kop}	PO_4-P
1	Gr	Grants	(+) 0.07	(+) 0.08	(+) 0.22	(+) 0.00	(+) 0.00
2	iS	Irdena smilts	(-) 0.24	(-) 0.21	(-) 0.13	(-) 0.01	(-) 0.04
3	l	Kūdra, labi sadalījusies	(-) 0.39	(-) 0.41	(+) 0.01	(+) 0.18	(-) 0.26
4	M1	Smags un vidējs māls	(+) 0.28	(+) 0.30	(-) 0.05	(+) 0.18	(+) 0.23
5	M2	Viegls māls un smags smilšmāls	(+) 0.56	(+) 0.49	(-) 0.02	(+) 0.21	(+) 0.27
6	mGr	Mālaina grants	(-) 0.01	(-) 0.01	(-) 0.08	(-) 0.10	(-) 0.04
7	mS	Mālsmilts	(-) 0.17	(-) 0.12	(-) 0.01	(-) 0.02	(-) 0.02
8	mSp	Puteklaina mālsmilts	(+) 0.20	(+) 0.29	(-) 0.10	(+) 0.18	(+) 0.29
9	sM1	Smags smilšmāls	(-) 0.02	(-) 0.08	(+) 0.05	(-) 0.10	(-) 0.08
10	sM2	Vidējs smilšmāls	(-) 0.08	(-) 0.09	(-) 0.00	(-) 0.03	(-) 0.06
11	sM3	Viegls smilšmāls	(+) 0.25	(+) 0.38	(-) 0.01	(+) 0.17	(+) 0.20
12	sMp1	Smags puteklains smilšmāls	(+) 0.40	(+) 0.42	(-) 0.03	(+) 0.32	(+) 0.38
13	sMp2	Vidējs puteklains smilšmāls	(+) 0.81	(+) 0.87	(-) 0.00	(+) 0.63	(+) 0.59
14	sMp3	Viegls puteklains smilšmāls	(+) 0.12	(+) 0.18	(-) 0.06	(+) 0.08	(+) 0.12
15	sS	Saistīga smilts	(-) 0.02	(-) 0.01	(+) 0.27	(-) 0.09	(-) 0.05
16	T	Kūdra	(-) 0.00	(-) 0.00	(-) 0.12	(-) 0.05	(-) 0.03
17	vd	Kūdra, vidēji sadalījusies	(-) 0.26	(-) 0.42	(+) 0.00	(+) 0.16	(+) 0.21
18	vj	Kūdra, vāji sadalījusies	(-) 0.08	(-) 0.14	(+) 0.05	(-) 0.13	(-) 0.12

* (+) un (-) izvērtēti pēc korelācijas koeficienta vērtībām.

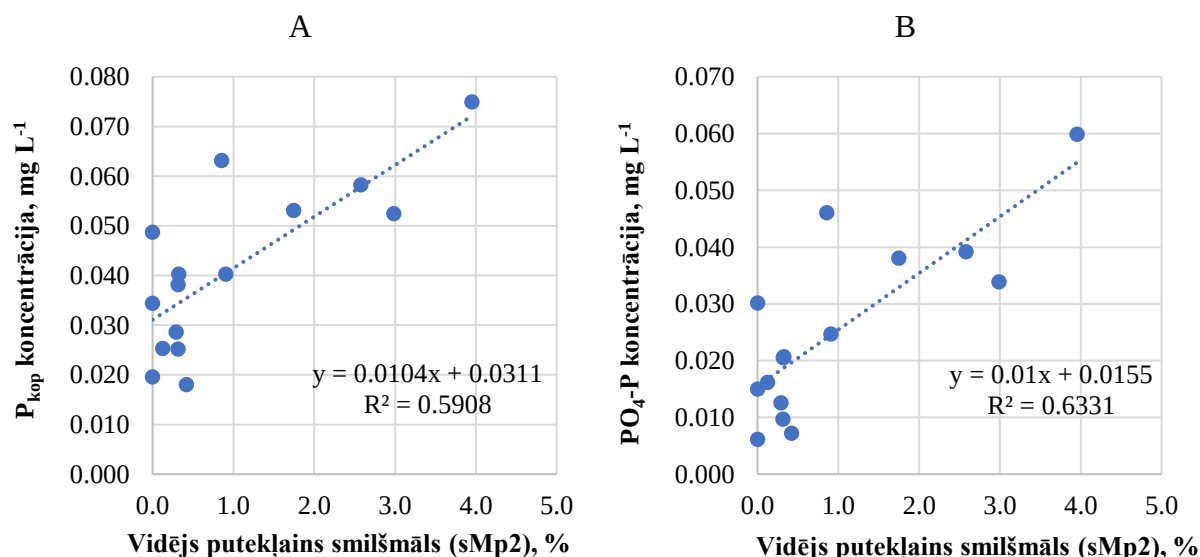
Saskaņā ar 3.13. tabulā apkopoto, augu barības vielu koncentrāciju saistības ietekmei ar augsnes granulometriskā sastāva veidiem vērojams plašs vērtību diapazons (R^2 vērtības

ir robežās no 0.00 līdz 0.42 ($p < 0.001$)). Iegūtie rezultāti ar augstāko determinācijas koeficientu, attiecīgi vidēja putekļaina smilšmāla (sMp2) īpatsvara ietekme uz N_{kop} , NO_3-N , P_{kop} un PO_4-P koncentrāciju vērtībām, kā arī viegla māla un smaga smilšmāla (M2) īpatsvara ietekme uz N_{kop} , NO_3-N koncentrāciju vērtībām Bērzes upes daļbaseinos, attēlota izkliedes diagrammās 3.21., 3.22., 3.23. attēlos.



3.21. att. N_{kop} (A) un NO_3-N (B) (mg L⁻¹) saistība ar vidēja putekļaina smilšmāla (sMp2) īpatsvaru (%) Bērzes upes izpētes līmenī, 2005. – 2021. g.

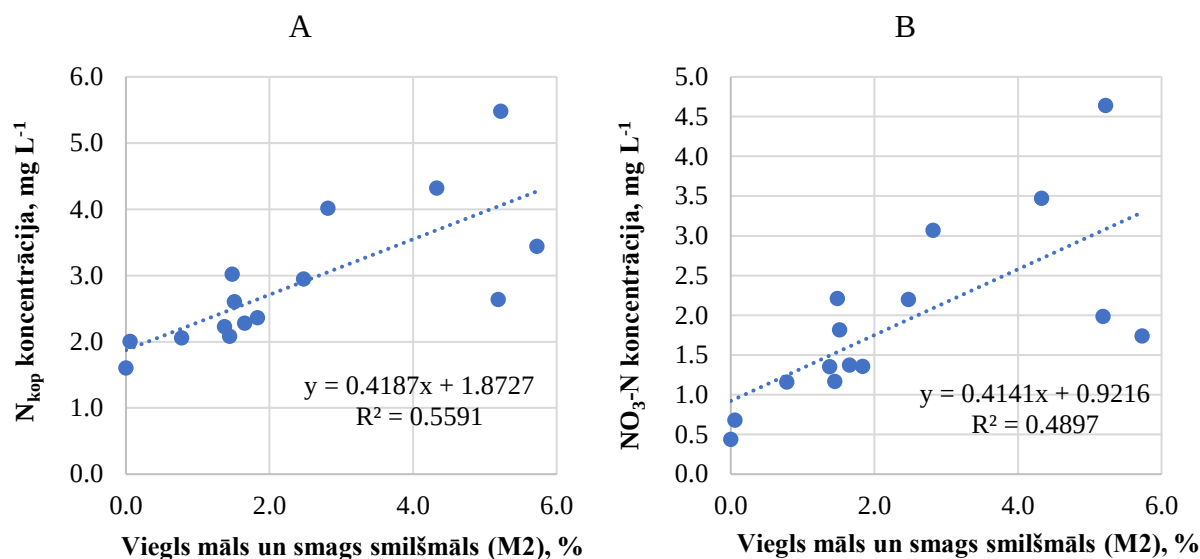
Iepriekšējie pētījumi liecina, ka augu barības vielu zudumi smilšainās augsnēs ir lielāki kā smilšmāla augsnēs (Povilaitis et al. 2014), taču pētījumā secināms, ka N_{kop} un NO_3-N koncentrāciju vērtības Bērzes upes daļbaseinos vidēja putekļaina smilšmāla (sMp2) īpatsvars izskaidro ar R^2 0.81 un 0.87. Vidēja putekļaina smilšmāla augšņu īpatsvars sateces baseinā izskaidro vidējās NH_4-N koncentrāciju vērtības Bērzes upes izpētes līmenī ar R^2 ir 0.01.



3.22. att. P_{kop} (A) un PO_4-P (B) (mg L⁻¹) saistība ar vidēja putekļaina smilšmāla (sMp2) īpatsvaru (%) Bērzes upes izpētes līmenī, 2005. – 2021. g.

Gada vidējās P_{kop} un PO_4-P koncentrāciju vērtības Bērzes upes daļbaseinos vidēja putekļaina smilšmāla (sMp2) īpatsvars izskaidro ar R^2 0.59 un 0.63.

Vidēja putekļaina smilšmāla (sMp2) īpatsvara ietekme uz P_{kop} un PO_4-P koncentrāciju vērtībām ir salīdzinoši mazāka kā uz vidējām N_{kop} un NO_3-N koncentrāciju vērtībām, attiecīgi nepieciešami padziļināti pētījumi, lai novērtētu citu faktoru ietekmi.

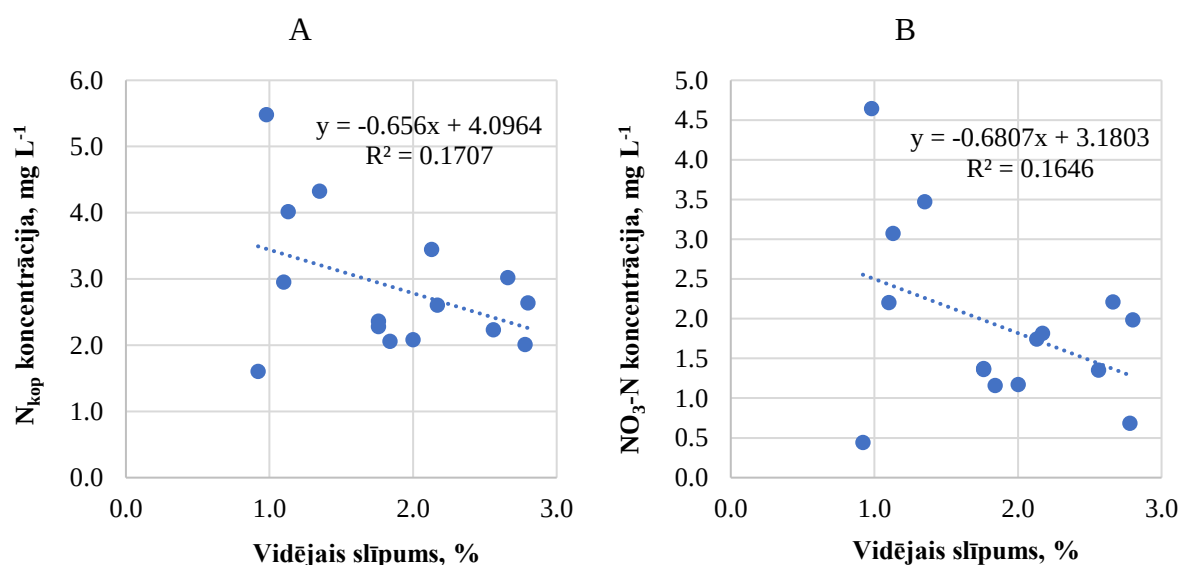


3.23. att. N_{kop} (A) un NO_3-N (B) ($mg\ L^{-1}$) saistība ar viegla māla un smaga smilšmāla (M2) īpatsvaru (%) Bērzes upes izpētes līmenī, 2005. – 2021. g.

Gada vidējās N_{kop} un NO_3-N koncentrāciju vērtības Bērzes upes daļbaseinos viegla māla un smaga smilšmāla (M2) īpatsvars izskaidro ar R^2 0.56 un 0.49. Savukārt, gada vidējās NH_4-N , P_{kop} un PO_4-P koncentrāciju vērtības viegla māla un smaga smilšmāla īpatsvars izskaidro ar R^2 0.02, 0.21 un 0.27.

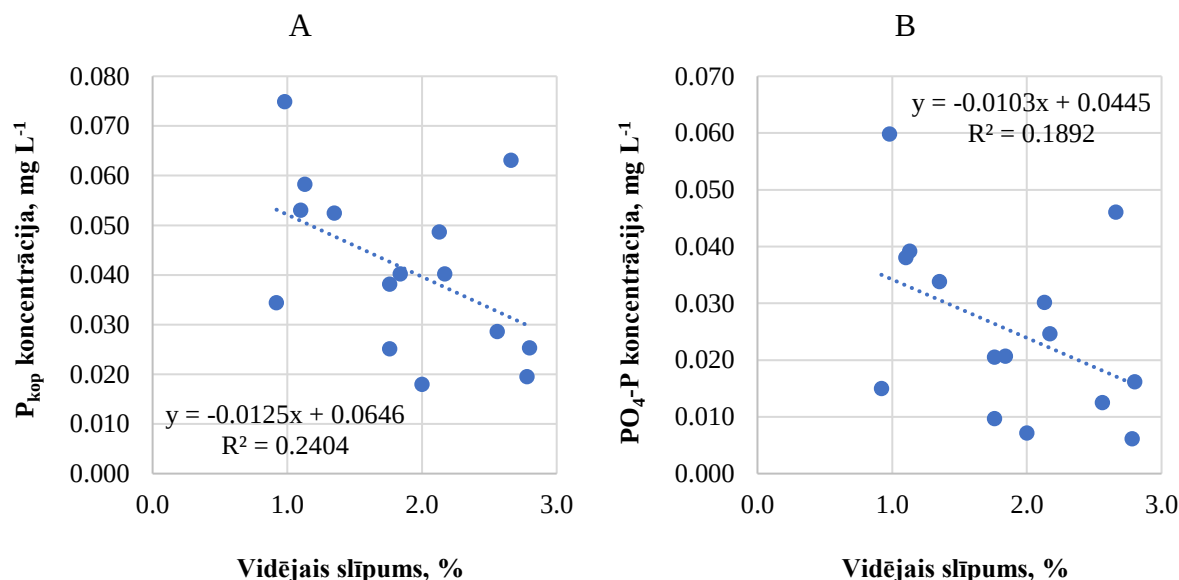
Lai gūtu pilnvērtīgāku priekšstatu par augsnes granulometriskā sastāva veidu īpatsvara ietekmi upju sateces baseinu izpētes līmenī, vēlams turpmākos pētījumos augsnes granulometriskā sastāva tipus, izvērtējot smilšu - māla daļiņu attiecību, apvienot grupās.

Zemes virsmas slīpuma ietekme izvērtēta Bērzes upes izpētes līmenī (Bērzes upes daļbaseiniem). Izvērtēta vidējā zemes virsmas slīpuma ietekme uz N_{kop} , NO_3-N , NH_4-N , P_{kop} un PO_4-P koncentrācijām. Nozīmīgākie rezultāti apkopoti 3.24., 3.25. attēlos.



3.24. att. N_{kop} (A) un NO_3-N (B) ($mg\ L^{-1}$) saistība ar vidējo slīpumu (%) Bērzes upes izpētes līmenī, 2005. – 2021. g.

Gada vidējās N_{kop} un NO_3-N koncentrāciju vērtības Bēzres upes daļbaseinos zemes virsmas vidējais slīpums izskaidro ar R^2 ir 0.17 un 0.16 ($p < 0.001$). Lai arī determinācijas koeficienti ir zemi, novērotā tendence apstiprina literatūrā apskatīto, ka stāvākās nogāzēs N_{kop} , NO_3-N koncentrācijas ir zemākas, jo ūdens infiltrācija ir kavēta un veidojas virszemes notecē (Jakab et al. 2017). Gada vidējās NH_4-N koncentrāciju vērtības Bēzres upes daļbaseinos zemes virsmas vidējais slīpums izskaidro ar R^2 ir 0.14 ($p < 0.001$).



3.25. att. P_{kop} (A) un PO_4-P (B) (mg L⁻¹) saistība ar vidējo slīpumu (%) Bēzres upes izpētes līmenī, 2005. – 2021. g.

Gada vidējās P_{kop} un PO_4-P koncentrāciju vērtības Bēzres upes daļbaseinos zemes virsmas vidējais slīpums izskaidro ar R^2 ir 0.24 un 0.19 ($p < 0.001$), kas ir pretrunā ar literatūrā apskatīto, ka virszemes noteces rezultātā var veidoties ūdens augsnes erozija un rezultēties ar izskalošanos (Lagzdīņš et al. 2019; Quinton, Catt, and Hess 2001).

Izvērtējot zemes virsmas slīpuma ietekmi uz augu barības vielu koncentrācijām, secināms, ka upes sateces baseina izpētes līmenī (Bēzres upes daļbaseini) rezultāti nesniedz pilnvērtīgu priekšstatu par zemes virsmas slīpuma ietekmi uz lauksaimniecības noteces kvalitāti, tādēļ nepieciešams padziļināti pētīt datus citos izpētes līmeņos.

3.3. Antropogēno faktoru ietekme uz slāpekļa un fosfora savienojumu izskalošanos

3.3. apakšnodalā veikta antropogēno faktoru ietekmes uz augu barības vielu koncentrācijām izvērtēšana lauksaimniecības noteces pētījuma teritorijās. Antropogēno faktoru analīze ietver zemes lietojuma veida sadalījuma, kultūraugu īpatsvara, meliorācijas sistēmu, izkliegtā slāpekļa saturoša minerālā mēslojuma ietekmes un dzīvnieku vienību skaita sateces baseinā uz N_{kop} , NO_3-N , NH_4-N , P_{kop} un PO_4-P koncentrācijām analīzi.

Zemes lietojuma veida sadalījuma īpatsvara ietekmes izvērtējums. Lai raksturotu zemes lietojuma veida īpatsvara sateces baseinā ietekmi uz lauksaimniecības noteces kvalitatīvo sastāvu (N_{kop} , NO_3-N , NH_4-N , P_{kop} un PO_4-P koncentrāciju vērtībām), veikta CLC datu analīze Bēzres upes izpētes līmenim (Bēzres upes daļbaseiniem). Bēzres upes sateces baseina teritorijā lauksaimniecības zemju īpatsvars pēc CLC 2018 datiem ir 56.3% no sateces baseina teritorijas, taču katrā no 15 daļbaseiniem lauksaimniecības zemju īpatsvars ir atšķirīgs.

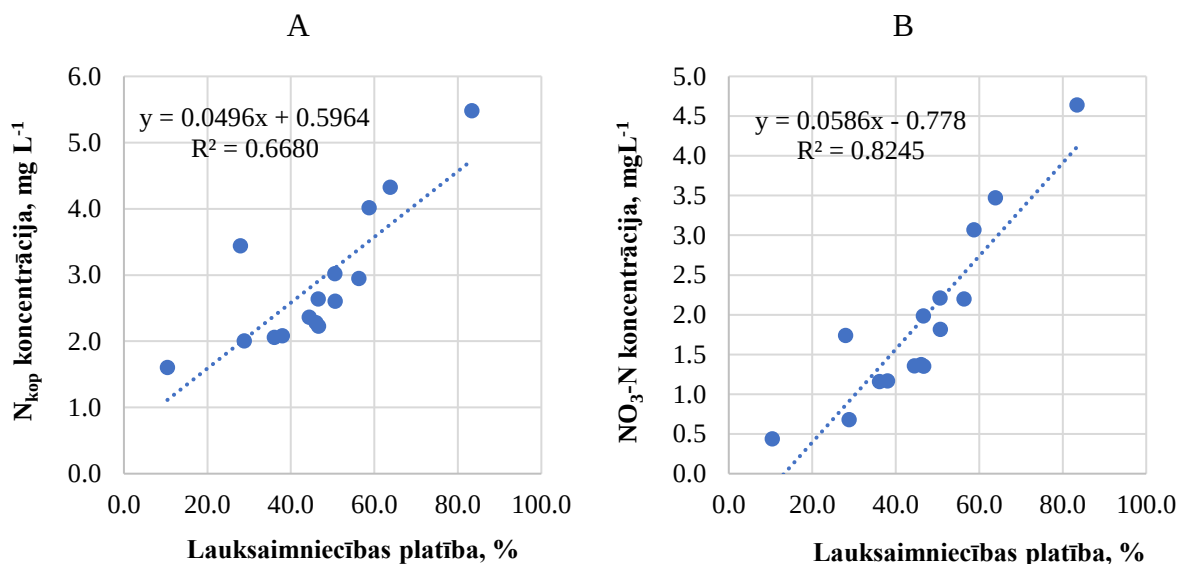
Zemes lietojuma veida sadalījuma īpatsvara ietekme uz augu barības vielu koncentrāciju vērtībām Bēzres upes izpētes līmenī attēlota 3.14. tabulā.

3.14. tabula. Zemes lietojuma veida īpatsvara (%) saistības ietekme uz augu barības vielu koncentrācijām (mg L⁻¹) Bērzes upes izpētes līmenī, 2005. – 2021. g.

Nr.p.k.	Zemes lietojuma veids	Determinācijas koeficients R ^{2*}				
		N _{kop}	NO ₃ -N	NH ₄ -N	P _{kop}	PO ₄ -P
1	Mākslīgās (urbānās) platības	(+) 0.15	(+) 0.27	(-) 0.10	(+) 0.27	(+) 0.35
2	Lauksaimniecības platības	(+) 0.67	(+) 0.82	(-) 0.02	(+) 0.37	(+) 0.48
3	Meži un dabiskās platības	(-) 0.58	(-) 0.72	(+) 0.00	(-) 0.36	(-) 0.46
4	Mitrzemes (purvi)	(-) 0.19	(-) 0.22	(-) 0.04	(-) 0.03	(-) 0.07
5	Ūdenstilpnes	(-) 0.08	(-) 0.11	(+) 0.69	(-) 0.13	(-) 0.12

* (+) un (-) izvērtēti pēc korelācijas koeficienta vērtībām.

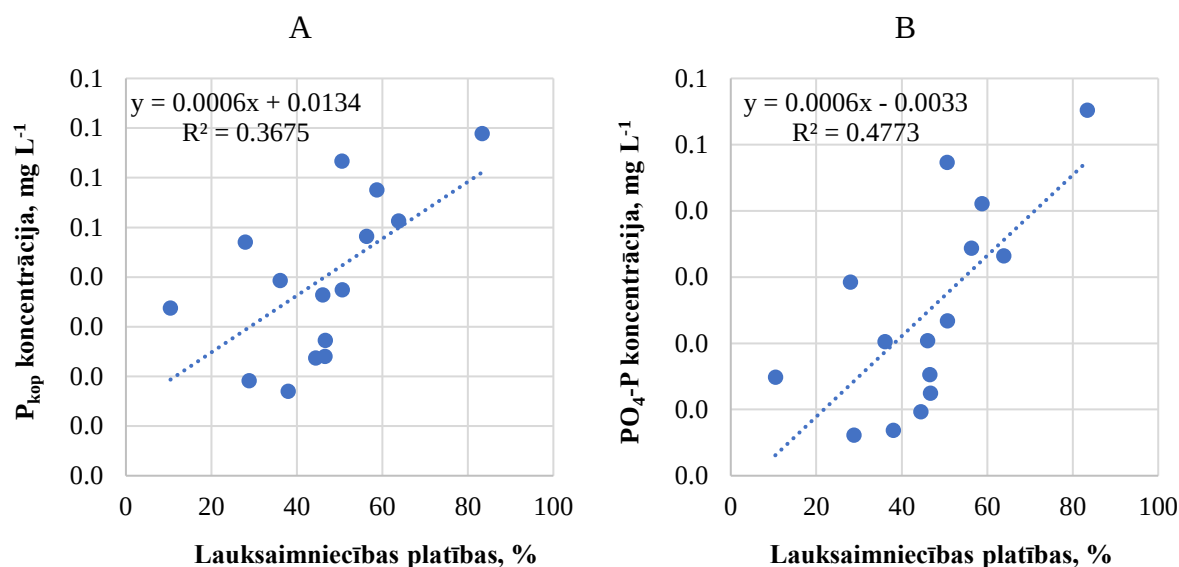
Saskaņā ar 3.14. tabulā apkopoto, augu barības vielu koncentrāciju saistības ietekmei ar zemes lietojuma veidu īpatsvaru Bērzes upes daļbaseinos vērojams plašs vērtību diapazons (R² vērtības ir robežās no 0.00 līdz 0.82 (p<0.001)). Iegūtie rezultāti ar augstāko determinācijas koeficientu, attiecīgi lauksaimniecības platību īpatsvara ietekme uz N_{kop}, NO₃-N, P_{kop} un PO₄-P koncentrāciju vērtībām Bērzes upes daļbaseinos, attēlota 3.26., 3.27. attēlos.



3.26. att. N_{kop} (A) un NO₃-N (B) (mg L⁻¹) saistība ar lauksaimniecības zemju īpatsvaru (%) Bērzes upes izpētes līmenī, 2005. – 2021. g.

Vidējās N_{kop} un NO₃-N koncentrāciju vērtības Bērzes upes daļbaseinos lauksaimniecības zemju īpatsvars izskaidro ar R² ir 0.67 un 0.82. Korelācijas koeficients starp N_{kop} un NO₃-N koncentrāciju vērtībām un lauksaimniecības zemju īpatsvaru sateces baseinā ir 0.82 un 0.91, secināms, ka sateces baseinā palielinoties lauksaimniecības zemju īpatsvaram, N_{kop} un NO₃-N koncentrācijas notecē palielināsies, kas ir saskaņā ar literatūrā izpētīto (Huang et al. 2013; Mcdowell et al. 2001). Pretēji, apskatot N_{kop} un NO₃-N koncentrāciju vērtību saistību ar meža un dabisko platību īpatsvaru, N_{kop} un NO₃-N koncentrācijas notecē samazināsies (korelācijas koeficients ir -0.76 un -0.85 (p<0.001)). Notecei no lauksaimniecības platībām raksturīgs augsts NO₃-N īpatsvars, kas izskaidro ciešāku izskaidrojamības pakāpi starp vidējām NO₃-N koncentrācijām un lauksaimniecības zemju īpatsvaru sateces baseinā.

Vidējās P_{kop} un PO₄-P koncentrāciju vērtības Bērzes upes daļbaseinos un lauksaimniecības zemju īpatsvars izskaidro ar R² ir 0.37 un 0.48 (3.27.attēls).



3.27. att. P_{kop} (A) un $PO_4\text{-P}$ (B) (mg L^{-1}) saistība ar lauksaimniecības zemju īpatsvaru (%) Bērzes upes izpētes līmenī, 2005. – 2021. g.

Korelācijas koeficients starp P_{kop} un $PO_4\text{-P}$ koncentrāciju vērtībām un lauksaimniecības zemju īpatsvaru sateces baseinā ir 0.61 un 0.69, secināms, ka sateces baseinā palielinoties lauksaimniecības zemju īpatsvaram, palielināsies P_{kop} un $PO_4\text{-P}$ koncentrācijas notecē, kas atbilst literatūrā apskatītajam (McDowell and Sharples 2001). Pretēji, apskatot P_{kop} un $PO_4\text{-P}$ koncentrāciju vērtību saistību ar meža un dabisko platību īpatsvaru, P_{kop} un $PO_4\text{-P}$ koncentrācijas notecē samazināsies (korelācijas koeficients ir -0.60 un -0.68 ($p < 0.001$)).

Izvērtējot zemes lietojuma veida ietekmi uz augu barības vielu koncentrācijām, secināms, ka, plānojot ūdens kvalitātes uzlabošanas pasākumus sateces baseinā, ir jāpievērš uzmanība lauksaimniecības zemju īpatsvaram.

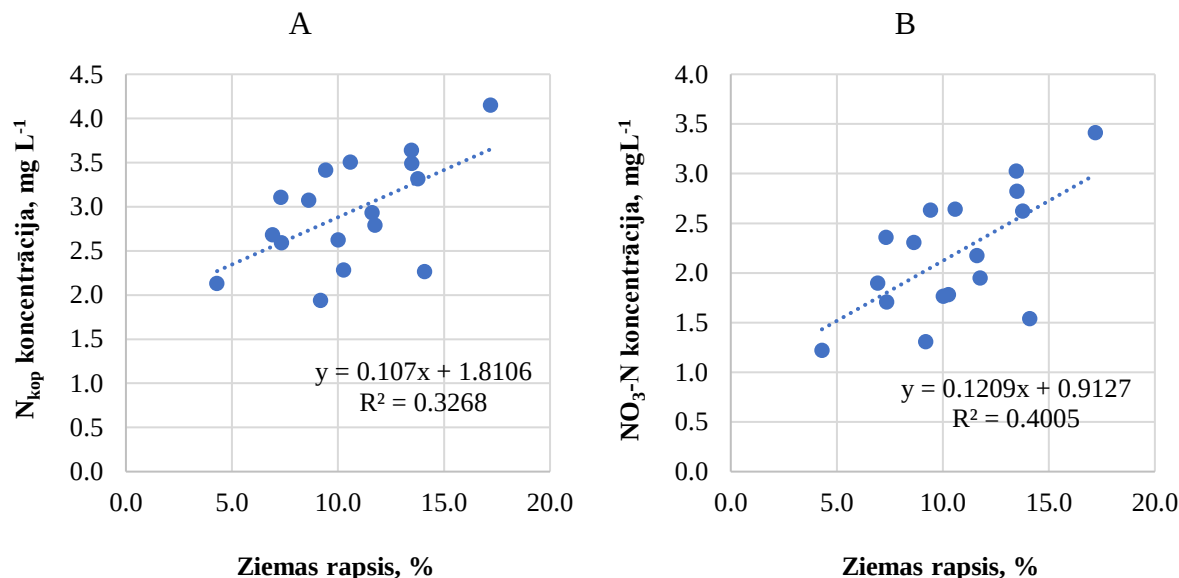
Kultūraugu īpatsvara sateces baseinā ietekmes izvērtējums. Lai izvērtētu kultūrauga ietekmi uz N_{kop} , $NO_3\text{-N}$, $NH_4\text{-N}$, P_{kop} un $PO_4\text{-P}$ koncentrācijām, izvēlēts Bērzes upes izpētes līmenis (Bērzes upes daļbaseini). Kultūraugu īpatsvara ietekme uz augu barības vielu koncentrāciju vērtībām Bērzes upes izpētes līmenī attēlota 3.15. tabulā.

3.15. tabula. Kultūraugu īpatsvara īpatsvara (%) saistības ietekme uz augu barības vielu koncentrācijām (mg L^{-1}) Bērzes upes izpētes līmenī, 2005. – 2021. g.

Nr. p.k.	Kultūraugu īpatsvars, %	Determinācijas koeficients R^2 *				
		N_{kop}	$NO_3\text{-N}$	$NH_4\text{-N}$	P_{kop}	$PO_4\text{-P}$
1	Vasaras kvieši	(-) 0.01	(-) 0.01	(+) 0.00	(+) 0.00	(+) 0.01
2	Ziemas kvieši	(+) 0.05	(+) 0.09	(+) 0.26	(-) 0.28	(-) 0.35
3	Vasaras mieži	(-) 0.11	(-) 0.12	(-) 0.01	(+) 0.23	(+) 0.28
4	Vasaras rapsis	(-) 0.18	(-) 0.27	(-) 0.00	(+) 0.23	(+) 0.27
5	Ziemas rapsis	(+) 0.33	(+) 0.40	(+) 0.04	(-) 0.25	(-) 0.30
6	Lauka pupas	(+) 0.04	(+) 0.10	(+) 0.09	(-) 0.09	(-) 0.13
7	Papuve	(-) 0.13	(-) 0.20	(-) 0.07	(+) 0.42	(+) 0.34
8	Aramzemē sēts stiebrzāļu un/vai lopbarības zālaugu (t.sk. proteīnaugu) maisījums	(-) 0.18	(-) 0.25	(+) 0.00	(+) 0.01	(+) 0.04
9	Ilggadīgie zālāji	(+) 0.05	(+) 0.11	(+) 0.15	(-) 0.15	(-) 0.19
10	Kukurūza	(+) 0.05	(+) 0.11	(+) 0.04	(-) 0.06	(-) 0.09

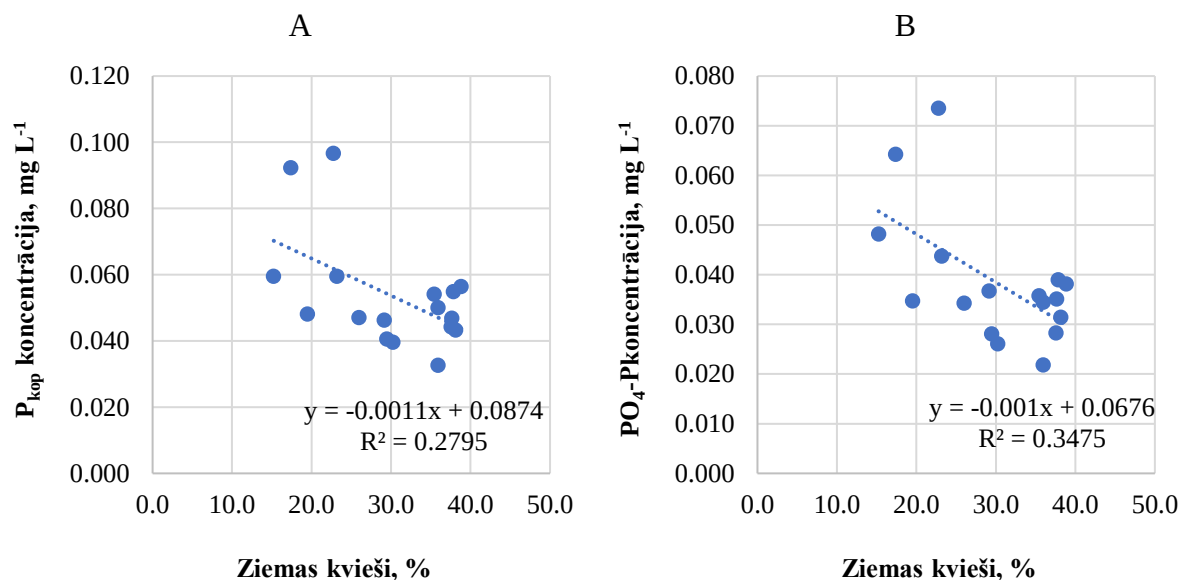
* (+) un (-) izvērtēti pēc korelācijas koeficienta vērtībām.

Saskaņā ar 3.15. tabulā apkopoto, augu barības vielu koncentrāciju saistības ietekmei ar kultūraugu īpatsvaru Bērzes upes daļbaseinos vērojams plašs vērtību diapazons (R^2 vērtības ir robežās no 0.00 līdz 0.42 ($p < 0.001$)). Iegūtie rezultāti ar augstāko determinācijas koeficientu, attiecīgi ar ziemas rapša īpatsvara ietekme uz N_{kop} un NO_3-N koncentrāciju vērtībām, ziemas kviešu, vasaras miežu un papuves īpatsvara ietekme uz P_{kop} un PO_4-P koncentrāciju vērtībām Bērzes upes daļbaseinos, vizualizēta 3.28., 3.29., 3.30., 3.31. attēlos.



3.28. att. N_{kop} (A) un NO_3-N (B) (mg L⁻¹) saistība ar ziemas rapša īpatsvaru (%) Bērzes upes izpētes līmenī, 2005. – 2021. g.

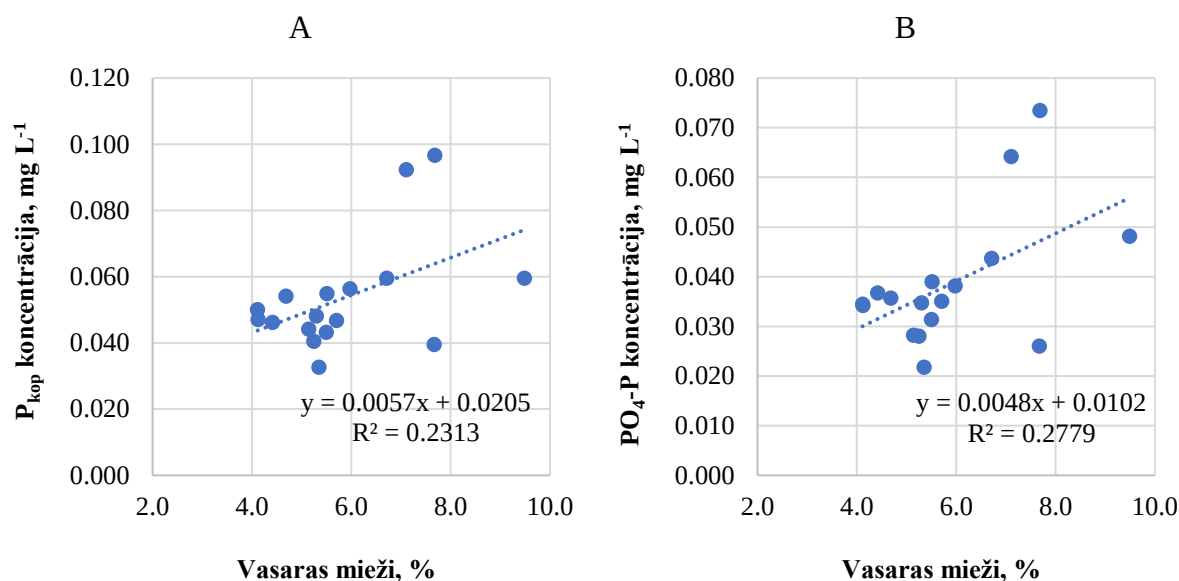
Vidējās N_{kop} un NO_3-N koncentrāciju vērtības Bērzes upes daļbaseinos ziemas rapša īpatsvars izskaidro ar R^2 ir 0.33 un 0.40. Savukārt, gada vidējās NH_4-N , P_{kop} un PO_4-P koncentrāciju vērtības ziemas kviešu īpatsvars izskaidro ar R^2 0.04; 0.25 un 0.30.



3.29. att. P_{kop} (A) un PO_4-P (B) (mg L⁻¹) saistība ar ziemas kviešu īpatsvaru (%) Bērzes upes izpētes līmenī, 2005. – 2021. g.

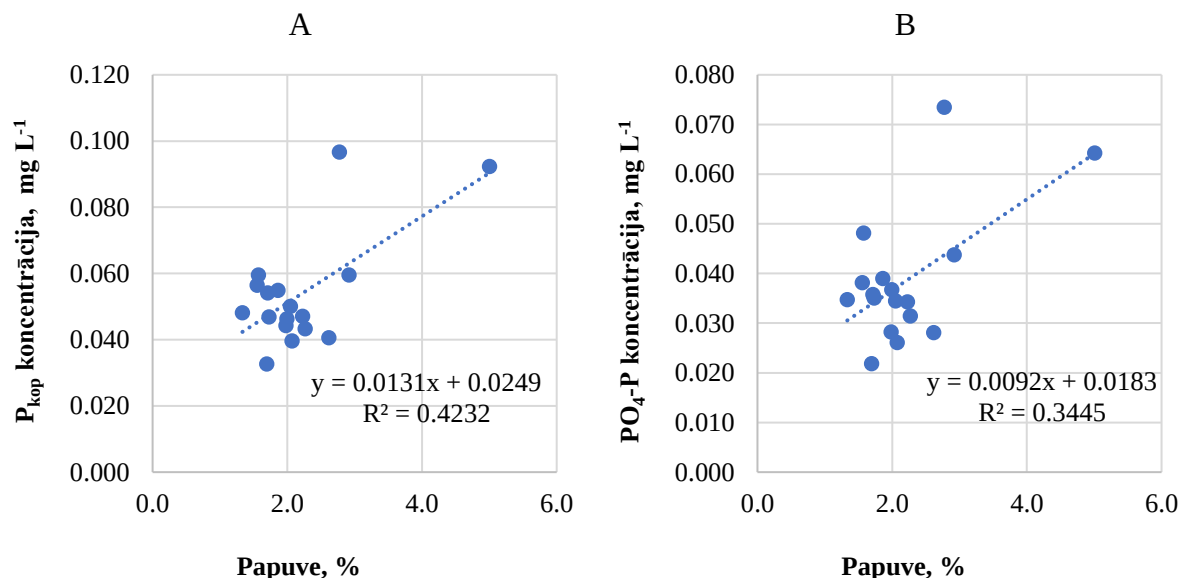
Gada vidējās P_{kop} un PO_4-P koncentrāciju vērtības ziemas kviešu īpatsvars Bērzes upes daļbaseinos izskaidro ar R^2 ir 0.28 un 0.35. Analogas tendences par ziemas kviešu saistību ar N_{kop} , NO_3-N , P_{kop} un PO_4-P koncentrācijām ir konstatētas Dimanta (2012) pētījumā par lauksaimniecības kultūru ietekmi izmēģinājuma lauciņos.

Gada vidējās $\text{NH}_4\text{-N}$, P_{kop} un $\text{PO}_4\text{-P}$ koncentrāciju vērtības ziemas kviešu īpatsvars izskaidro ar R^2 0.05, 0.09 un 0.26.



3.30. att. P_{kop} (A) un $\text{PO}_4\text{-P}$ (B) (mg L^{-1}) saistība ar vasaras miežu īpatsvaru (%) Bērzes upes izpētes līmenī, 2005. – 2021. g.

Gada vidējās P_{kop} un $\text{PO}_4\text{-P}$ koncentrāciju vērtības vasaras miežu īpatsvars Bērzes upes daļbaseinos izskaidro ar R^2 ir 0.23 un 0.28 (3.27.attēls). Gada vidējās $\text{NH}_4\text{-N}$, P_{kop} un $\text{PO}_4\text{-P}$ koncentrāciju vērtības vasaras miežu īpatsvars izskaidro ar R^2 0.11, 0.12 un 0.01.



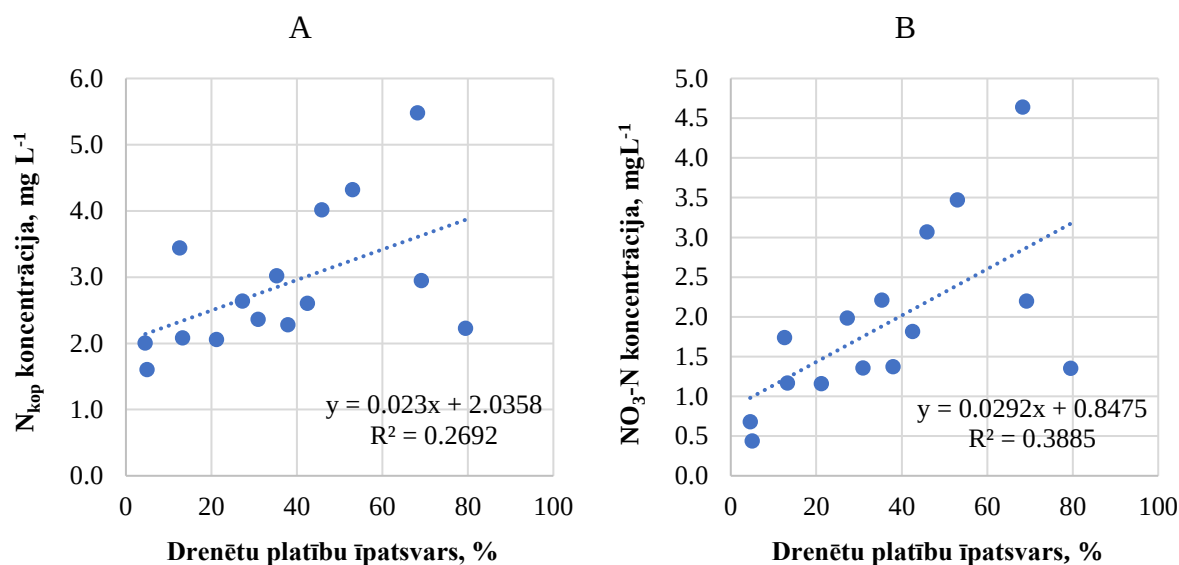
3.31. att. P_{kop} (A) un $\text{PO}_4\text{-P}$ (B) (mg L^{-1}) saistība ar papuves īpatsvaru (%) Bērzes upes izpētes līmenī, 2005. – 2021. g.

Gada vidējās P_{kop} un $\text{PO}_4\text{-P}$ koncentrāciju vērtības papuves īpatsvars Bērzes upes daļbaseinos izskaidro ar R^2 ir 0.42 un 0.34 (3.31.attēls), attiecīgi papuves īpatsvars sateces baseinā iespējami palielina P_{kop} un $\text{PO}_4\text{-P}$ koncentrāciju vērtībām. Gada vidējās $\text{NH}_4\text{-N}$, P_{kop} un $\text{PO}_4\text{-P}$ koncentrāciju vērtības papuves īpatsvars izskaidro ar R^2 0.13, 0.20 un 0.07.

Izvērtējot kultūraugu īpatsvara sateces baseinā ietekmi uz augu barības vielu koncentrācijām, secināms, ka ietekmi rada ziemas rapsis, ziemas kvieši, vasaras mieži, taču, ņemot vērā, ka literatūras avotos nav atrodama plašāka informācija par kultūraugu ietekmi uz augu barības vielu zudumiem, nepieciešami padziļināti pētījumi, lai noteiktu ietekmes cēloņus.

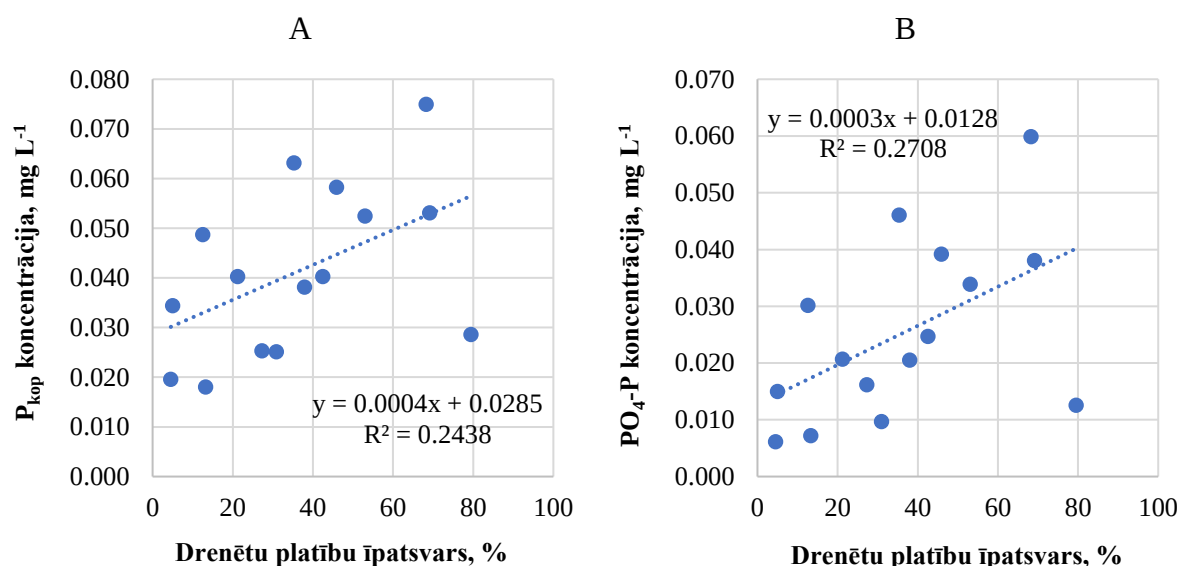
Meliorācijas sistēmu ietekmes izvērtējums veikts izvērtējot drenēto platību īpatsvara Bērzes upes daļbaseinos (Bērzes upes izpētes līmenis) ietekmi uz N_{kop} , NO_3-N , NH_4-N , P_{kop} un PO_4-P koncentrācijām, nozīmīgākie rezultāti apkopoti 3.32, 3.33. attēlos.

Bērzes upes izpētes līmenī drenēto platību īpatsvars ir 33.7% no sateces baseina platības un 59.8% no lauksaimniecības zemju platības sateces baseinā.



3.32. att. N_{kop} (A) un NO_3-N (B) ($mg\ L^{-1}$) saistība ar drenētu platību īpatsvaru (%) Bērzes upes izpētes līmenī, 2005. – 2021. g.

Gada vidējās N_{kop} un NO_3-N koncentrāciju vērtības Bērzes upes daļbaseinos drenēto platību īpatsvars izskaidro ar R^2 0.27 un 0.39 ($p < 0.001$), savukārt NH_4-N koncentrāciju vērtības izskaidro ar R^2 ir 0.07 ($p < 0.001$).



3.33. att. P_{kop} (A) un PO_4-P (B) ($mg\ L^{-1}$) saistība ar drenētu platību īpatsvaru (%) Bērzes upes izpētes līmenī, 2005. – 2021. g.

Gada vidējās P_{kop} un PO_4-P koncentrāciju vērtības Bērzes upes daļbaseinos drenēto platību īpatsvars izskaidro ar R^2 ir 0.24 un 0.27 ($p < 0.001$). Kopumā izvērtējot drenēto platību īpatsvaru saistību ar augu barības vielu koncentrācijām novērojams, ka pastāv izteiktāka saistība starp NO_3-N un PO_4-P koncentrācijām un drenēto platību īpatsvaru, kas skaidrojams ar

literatūrā apskatīto, ka drenu sistēmas ietekmē ūdenī šķīstošo slāpekļa un fosfora savienojumu izskalošanos (Ahiablame et al. 2011; McDowell and Sharpley 2001).

Izvērtējot meliorācijas sistēmu ietekmi uz augu barības vielu koncentrācijām, secināms, ka palielinoties drenēto platību īpatsvaram sateces baseinā, lai arī determinācijas koeficients ir salīdzinoši zems, vērojama tendence ūdenī šķīstošajām slāpekļa un fosfora savienojumu formu ($\text{NO}_3\text{-N}$ un $\text{PO}_4\text{-P}$) koncentrācijām palielināties, tādēļ izvērtējot faktorus, kas sateces baseinā ietekmē augu barības vielu zudumus, jāņem vērā drenēto platību īpatsvars.

Izkliedētā slāpekli saturoša minerālā mēslojuma ietekmes izvērtējums. Lai izvērtētu izkliedētā slāpekli saturoša minerālā mēslojuma un N_{kop} zudumu saistību, datu pieejamības dēļ, izvēlēts Mellupītes drenu lauka izpētes līmenis, informācija apkopota 3.16. tabulā.

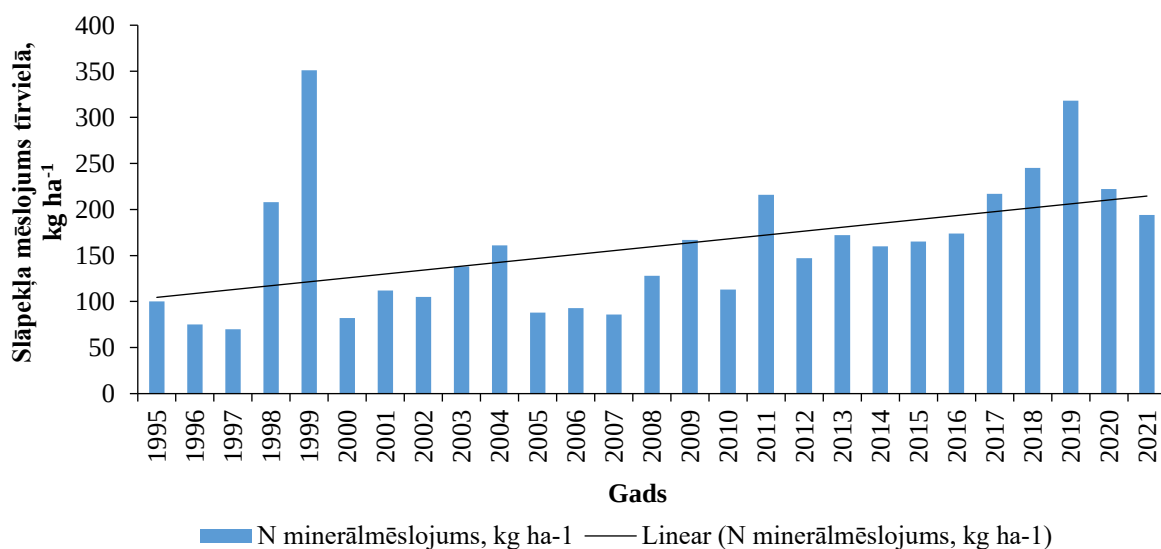
3.16. tabula. **Kultūraugs, slāpekļa mēslojuma devas tīrvielā (kg ha^{-1}) un N_{kop} (kg ha^{-1}) zudumu saistība Mellupītes monitoringa stacijas drenu lauka izpētes līmenī, 1995. – 2021. g.**

Gads	Kultūraugs	Slāpekļa mēslojuma deva tīrvielā, kg ha^{-1}	N_{kop} zudumi, kg ha^{-1}	Zudumi, %
1995	Ziemas kvieši	100.0	16.1	16.1
1996	Vasaras mieži	75.0	11.5	15.3
1997	Vasaras mieži	70.0	19.7	28.2
1998	Ziemas kvieši, vasaras mieži	208.0	20.7	10.0
1999	Vasaras mieži, vasaras kvieši, auzas	351.0	14.4	4.1
2000	Vasaras mieži, papuve	82.0	17.9	21.9
2001	Papuve, ziemas kvieši	112.0	22.4	20.0
2002	Ziemas kvieši, vasaras mieži	105.0	16.5	15.7
2003	Zirņi, vasaras mieži, papuve	138.0	12.4	9.0
2004	Ziemas kvieši, vasaras mieži	161.0	13.2	8.2
2005	Vasaras mieži	88.0	10.2	11.5
2006	Papuve, vasaras mieži	93.0	18.4	19.8
2007	Ziemas kvieši, papuve	86.0	29.3	34.0
2008	Ziemas rapsis	128.0	19.8	15.5
2009	Ziemas kvieši	167.0	17.7	10.6
2010	Vasaras mieži	113.0	25.7	22.7
2011	Papuve, vasaras mieži	216.0	16.6	7.7
2012	Ziemas kvieši, papuve	147.0	18.3	12.4
2013	Ziemas rapsis	172.0	14.1	8.2
2014	Ziemas kvieši	160.0	12.2	7.6
2015	Ziemas kvieši	165.0	10.4	6.3
2016	Ziemas kvieši	173.7	15.9	9.1
2017	Ziemas rapsis, papuve	216.8	42.4	19.6
2018	Vasaras kvieši, vasaras rapsis	245.0	9.6	3.9
2019	Lauku pupas, ziemas kvieši	318.0	16.3	5.1
2020	Ziemas kvieši	222.0	18.7	8.4
2021	Ziemas rapsis	194.0	19.7	10.1
Vidējais rādītājs		159.5	17.8	13.4
Minimālais rādītājs		70.0	9.6	3.9
Maksimālais rādītājs		351.0	42.4	34.0

Aprēķinos nav ietverts tas slāpekļa daudzums, kas rodas mineralizējoties iepriekšējā gadā audzēto kultūraugu pēcplaujas atliekām un sakņu sistēmām (Martinez-Feria et al. 2018). Mellupītes drenu lauka zemes apsaimniekotājs mēslojumu devas izvēlas un izkliedē, plānojot

noteiktu kultūraugu ražu, taču meteoroloģiskie apstākļi (atmosfēras nokrišņu daudzums un gaisa temperatūra, tās izmaiņas), kā arī kultūrauga spēja uzņemt izkliedēto mēslojumu nosaka faktisko ražas apjomu, kā arī zudumu procentuālo attiecību pret izkliedētā slāpekli saturoša minerālā mēslojuma apjomu (Lal and Kimble 1997). Pētījuma periodā pastāv izteikta variācija starp ar izkliedētā slāpekļa daudzumu un N_{kop} zudumiem un to procentuālo attiecību. Izvērtējot izkliedētā slāpekļa apjoma un N_{kop} zudumus laika periodā no 1995. g. līdz 2021. g., vidējais uzliktais mēslojuma daudzums ir 159.4 kg ha^{-1} , N_{kop} zudumi 17.8 kg ha^{-1} un attiecīgi vidējie zudumi notecē sastāda 13.4% no uzliktā mēslojuma apjoma. Nokrišņu daudzuma ietekme uz noteci Mellupītes drenu lauka izpētes līmenim attēlota 3.18. attēlā (R^2 ir 0.61 ($p < 0.001$)). Augstākais N_{kop} zudumu procentuālais īpatsvars (42.4%) bija novērojams 2017. gadā, kad Latvijas teritorijā veģetācijas sezonā novērots palielināts nokrišņu daudzums, mazākais procentuālais īpatsvars novērojams 2018. gadā (9.6%), kad Latvijas teritorijā veģetācijas sezonā novērots netipiski mazs nokrišņu daudzums.

Ar minerālo mēslojumu izkliedētā slāpekļa daudzuma izmaiņas pētījuma periodā izvērtētas Mellupītes monitoringa stacijas drenu lauka izpētes līmenī (3.34. attēls).

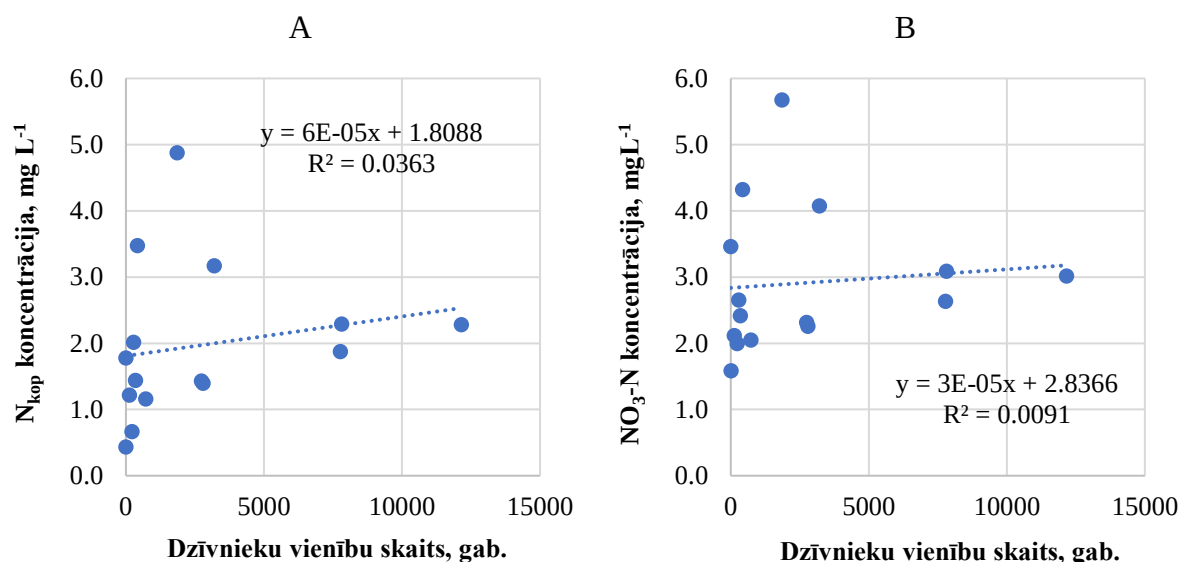


3.34. att. Ar minerālo mēslojumu izkliedētā slāpekļa daudzuma (kg ha^{-1}) izmaiņas Mellupītes monitoringa stacijas drenu lauka izpētes līmenī, 1995. – 2021. g.

Pētījuma periodā vērojama tendence ar minerālo mēslojumu izkliedētā slāpekļa daudzumam palielināties (3.34. attēls), kas liecina par tendenci kultūraugu audzēšanai kļūt intensīvākai. Latvijā kopumā laika posmā no 2005. g. līdz 2021. g. iestrādātais slāpekļa daudzums palielinājies no 28.8 līdz 62.5 tūkstošiem tonnu (Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitāte 2022). Mellupītes monitoringa stacijas drenu lauka izpētes līmenī MK testa vērtība (3.7. tabula) ir pozitīva un statistiski ticama, kas apstiprina, ka $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijām ir tendences palielināties.

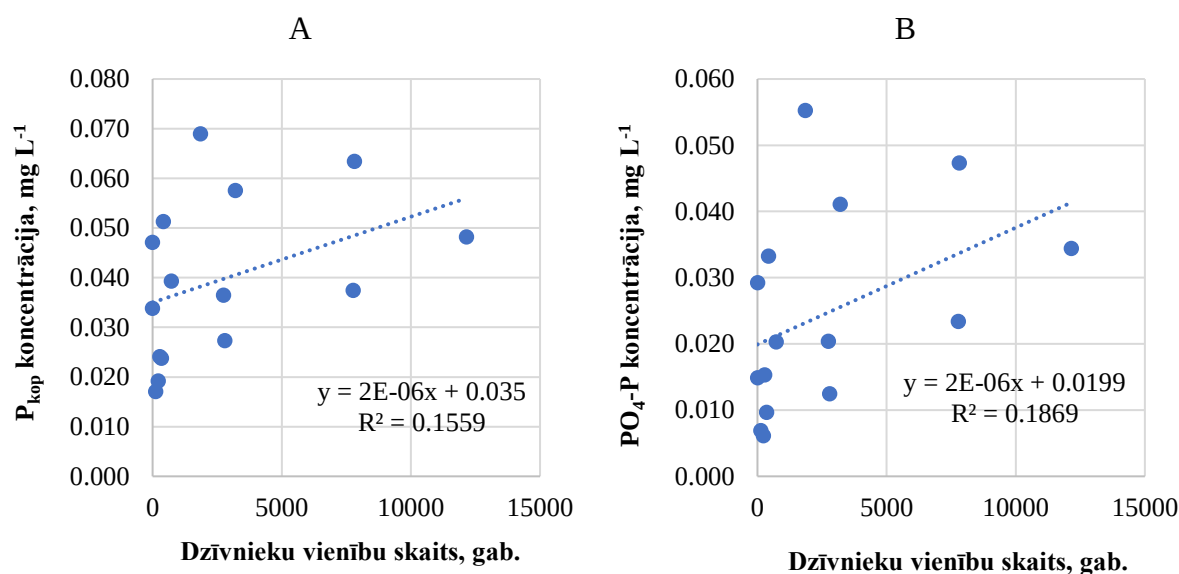
Izvērtējot augstāk minēto secināms, ka izkliedētā slāpekli saturoša minerālā mēslojumam ir ietekme uz N_{kop} zudumiem un pētījuma periodā N_{kop} zudumi sastāda aptuveni 13.4% no slāpekļa mēslojuma devas tīrvielā.

Dzīvnieku vienību skaita sateces baseinā ietekmes izvērtējums veikts Bērzes upes izpētes līmenim (Bērzes upes daļbaseiniem) un nozīmīgākie rezultāti, kas skaidro dzīvnieku vienību skaita sateces baseinā ietekmi uz N_{kop} , $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$, P_{kop} un $\text{PO}_4\text{-P}$ koncentrācijām, attēloti 3.35., 3.36. attēlos.



3.35. att. N_{kop} (A) un NO_3-N (B) (mg L⁻¹) saistība ar dzīvnieku vienību skaitu (gab.) Bērzes upes izpētes līmenī, 2007. – 2021. g.

Gada vidējās N_{kop} un NO_3-N koncentrāciju vērtības Bērzes upes daļbaseinos dzīvnieku vienību skaits īpatsvars izskaidro ar R^2 ir 0.04 un 0.01 ($p < 0.001$). Dzīvnieku vienību skaits sateces baseinā izskaidro vidējās NH_4-N koncentrāciju vērtības Bērzes upes izpētes līmenī ar R^2 ir 0.01 ($p < 0.001$).



3.36. att. P_{kop} (A) un PO_4-P (B) (mg L⁻¹) saistība ar dzīvnieku vienību skaitu (gab.) Bērzes upes izpētes līmenī, 2007. – 2021. g.

Gada vidējās P_{kop} un PO_4-P koncentrāciju vērtības Bērzes upes daļbaseinos dzīvnieku vienību skaits izskaidro ar R^2 ir 0.16 un 0.19 ($p < 0.001$). Iegūtie rezultāti par N_{kop} , NO_3-N , P_{kop} un PO_4-P koncentrācijām ir pretēji Bechmann un Stālnacke (2005) novērotajam, ka mājdzīvnieku daudzuma palielināšanās gadījumā, palielinās risks slāpekļa un fosfora savienojumu zudumiem virszemes ūdensobjektos.

Izvērtējot dzīvnieku vienību skaita sateces baseinā ietekmi uz augu barības vielu koncentrācijām, secināms, ka upes sateces baseina izpētes līmenī (Bērzes upes daļbaseini) rezultāti nesniedz pilnvērtīgu priekšstatu par dzīvnieku vienību skaita ietekmi uz lauksaimniecības noteces kvalitāti, tādēļ nepieciešami padziļināti pētījumi.

3.4. Dabisko un antropogēno faktoru savstarpējā ietekme uz slāpekļa un fosfora savienojumu izskalošanos

Lai izvērtētu dabisko un antropogēno agrohidroloģisko faktoru summāro ietekmi uz N_{kop} , NO_3-N , NH_4-N , P_{kop} un PO_4-P koncentrāciju vērtībām pētījuma periodā, Bērzes upes izpētes līmenim (Bērzes upes daļbaseiniem) 3.4. apakšnodaļā veikta daudzfaktoru regresijas analīze. Daudzfaktoru regresijas analīzes rezultāti attēloti vienādojumos Nr. 3.1. līdz Nr. 3.5.

$$N_{kop(4,0.95)} = 2.89 + (-0.84 sl) (0.04 \times CLC_{maks}) (0.09 \times CLC_{uo}) (0.44 \times GS_m) \quad (3.1)$$

kur

N_{kop}	– rezultatīvā pazīme, mg L ⁻¹ ;
sl	– vidējais zemes virsmas slīpums daļbaseinā, %;
CLC_{maks}	– zemes lietojuma veids: mākslīgo (urbāno) platību īpatsvars daļbaseinā, %;
CLC_{uo}	– zemes lietojuma veids: ūdenstilpņu īpatsvars daļbaseinā, %;
GS_m	– augsnes granulometriskā sastāva: mālainu augšņu īpatsvars daļbaseinā, %.

Bērzes upes izpētes līmenī, pētījuma periodā, vidējās N_{kop} koncentrāciju vērtības statistiski ticami ietekmē vidējais zemes virsmas slīpums daļbaseinā, mākslīgo (urbāno) platību un ūdenstilpņu īpatsvars daļbaseinā, kā arī mālainu augšņu īpatsvars daļbaseinā (3.1. vienādojums), savukārt statistiski ticami neietekmē vidējā gaisa temperatūra, gada vidējo nokrišņu summa, drenēto platību īpatsvars daļbaseinā, lauksaimniecības platību īpatsvars daļbaseinā, mežu un dabisko platību īpatsvars daļbaseinā, mitrzemju (purvu) īpatsvars daļbaseinā, grants īpatsvars daļbaseinā, smilšainu augšņu īpatsvars daļbaseinā, mālsmilts augšņu īpatsvars daļbaseinā, smilšmāla augšņu īpatsvars daļbaseinā, purva (kūdras) augšņu īpatsvars daļbaseinā, vidējais dzīvnieku vienību skaits daļbaseinā pētījuma periodā. Vidējās N_{kop} koncentrāciju vērtības palielina mālainu augšņu īpatsvars daļbaseinā, ūdenstilpņu un mākslīgo (urbāno) platību īpatsvars daļbaseinā. Vidējo N_{kop} koncentrāciju vērtību samazina vidējais zemes virsmas slīpums daļbaseinā. Determinācijas koeficienta vērtība regresijas vienādojumam ir 0.86.

$$NO_3N_{(7,0.95)} = -5.99 + (-0.68 sl) (0.03 \times CLC_{maks}) (0.07 \times CLC_{uo}) (0.30 \times GS_{gr}) (0.43 \times GS_m) (0.12 \times GS_{ms}) (0.09 \times GS_{sm}) \quad (3.2)$$

kur

NO_3N	– rezultatīvā pazīme, mg L ⁻¹ ;
sl	– vidējais zemes virsmas slīpums daļbaseinā, %;
CLC_{maks}	– zemes lietojuma veids: mākslīgo (urbāno) platību īpatsvars daļbaseinā, %;
CLC_{uo}	– zemes lietojuma veids: ūdenstilpņu īpatsvars daļbaseinā, %;
GS_{gr}	– augsnes granulometriskā sastāva: grants īpatsvars daļbaseinā, %;
GS_m	– augsnes granulometriskā sastāva: mālainu augšņu īpatsvars daļbaseinā, %;
GS_{ms}	– augsnes granulometriskā sastāva: mālsmilts augšņu īpatsvars daļbaseinā, %;
GS_{sm}	– augsnes granulometriskā sastāva: smilšmāla augšņu īpatsvars daļbaseinā, %.

Bērzes upes izpētes līmenī, pētījuma periodā, vidējās NO_3-N koncentrāciju vērtības statistiski ticami ietekmē vidējais zemes virsmas slīpums daļbaseinā, mākslīgo (urbāno) platību un ūdenstilpņu īpatsvars daļbaseinā, kā arī grants, mālainu, mālsmilts, smilšmāla augšņu īpatsvars daļbaseinā (3.2. vienādojums), savukārt statistiski ticami neietekmē vidējā gaisa temperatūra, gada vidējo nokrišņu summa, drenēto platību īpatsvars daļbaseinā, lauksaimniecības platību īpatsvars daļbaseinā, mežu un dabisko platību īpatsvars daļbaseinā, mitrzemju (purvu) īpatsvars daļbaseinā, smilšainu augšņu īpatsvars daļbaseinā, purva (kūdras)

augšņu īpatsvars daļbaseinā, vidējais dzīvnieku vienību skaits daļbaseinā pētījuma periodā. Vidējās NO₃-N koncentrāciju vērtības palielina mālainu augšņu, grants, mālsmilts augšņu, smilšmāla augšņu īpatsvars daļbaseinā, ūdenstilpņu un mākslīgo (urbāno) platību īpatsvars daļbaseinā. Vidējās NO₃-N koncentrāciju vērtības samazina zemes virsmas slīpums daļbaseinā. Determinācijas koeficienta vērtība regresijas vienādojumam ir 0.97.

$$NH_4N_{(5,0.95)} = 0.151 + (-0.047 sl) (0.004 \times CLC_{maks}) (0.016 \times CLC_{uo}) (0.001 \times CLC_m) (-0.005 \times GS_{ms}) \quad (3.3)$$

kur

- NH_4N – rezultatīvā pazīme, mg L⁻¹;
 sl – vidējais zemes virsmas slīpums daļbaseinā, %;
 CLC_{maks} – zemes lietojuma veids: mākslīgo (urbāno) platību īpatsvars daļbaseinā, %;
 CLC_{uo} – zemes lietojuma veids: ūdenstilpņu īpatsvars daļbaseinā, %;
 CLC_m – zemes lietojuma veids: mežu un dabisko platību īpatsvars daļbaseinā, %;
 GS_{ms} – augsnes granulometriskā sastāva: mālsmilts augšņu īpatsvars daļbaseinā, %.

Bērzes upes izpētes līmenī, pētījuma periodā, vidējās NH₄-N koncentrāciju vērtības statistiski ticami ietekmē vidējais zemes virsmas slīpums daļbaseinā, mākslīgo (urbāno) platību, ūdenstilpņu, mežu un dabisko platību īpatsvars daļbaseinā, kā arī mālsmilts augšņu īpatsvars daļbaseinā (3.3. vienādojums), savukārt statistiski ticami neietekmē vidējā gaisa temperatūra, gada vidējo nokrišņu summa, drenēto platību īpatsvars daļbaseinā, lauksaimniecības platību īpatsvars daļbaseinā, mitrzemju (purvu) īpatsvars daļbaseinā, grants īpatsvars daļbaseinā, mālainu augšņu īpatsvars daļbaseinā, smilšainu augšņu īpatsvars daļbaseinā, smilšmāla augšņu īpatsvars daļbaseinā, purva (kūdras) augšņu īpatsvars daļbaseinā, vidējais dzīvnieku vienību skaits daļbaseinā pētījuma periodā. Vidējās NH₄-N koncentrāciju vērtības palielina ūdenstilpņu, mākslīgo (urbāno) platību, mežu un dabisko platību īpatsvars daļbaseinā. Vidējās NH₄-N koncentrāciju vērtības samazina zemes virsmas slīpums daļbaseinā, kā arī mālsmilts augšņu īpatsvars daļbaseinā. Determinācijas koeficienta vērtība regresijas vienādojumam ir 0.93.

$$P_{kop(7,0.95)} = -0.087 + (-0.120 sl) (0.001 \times CLC_{maks}) (0.002 \times CLC_{mz}) (0.002 \times CLC_{uo}) (0.005 \times GS_m) (0.002 \times GS_{sm}) (0.001 \times Dzv) \quad (3.4)$$

kur

- P_{kop} – rezultatīvā pazīme, mg L⁻¹;
 sl – vidējais zemes virsmas slīpums daļbaseinā, %;
 CLC_{maks} – zemes lietojuma veids: mākslīgo (urbāno) platību īpatsvars daļbaseinā, %;
 CLC_{mz} – zemes lietojuma veids: mitrzemju (purvu) īpatsvars daļbaseinā, %;
 CLC_{uo} – zemes lietojuma veids: ūdenstilpņu īpatsvars daļbaseinā, %;
 GS_m – augsnes granulometriskā sastāva: mālainu augšņu īpatsvars daļbaseinā, %;
 GS_{sm} – augsnes granulometriskā sastāva: smilšmāla augšņu īpatsvars daļbaseinā, %;
 Dzv – vidējais dzīvnieku vienību skaits daļbaseinā, gab.

Bērzes upes izpētes līmenī, pētījuma periodā, vidējās P_{kop} koncentrāciju vērtības statistiski ticami ietekmē vidējais zemes virsmas slīpums daļbaseinā, mākslīgo (urbāno) platību, mitrzemju (purvu) un ūdenstilpņu īpatsvars daļbaseinā, mālainu un smilšmāla augšņu īpatsvars daļbaseinā, kā arī vidējais dzīvnieku vienību skaits daļbaseinā (3.4. vienādojums), savukārt statistiski ticami neietekmē vidējā gaisa temperatūra, gada vidējo nokrišņu summa, drenēto platību īpatsvars daļbaseinā, lauksaimniecības platību īpatsvars daļbaseinā, mežu un dabisko platību īpatsvars daļbaseinā, grants īpatsvars daļbaseinā, smilšainu augšņu īpatsvars daļbaseinā, mālsmilts augšņu īpatsvars daļbaseinā, purva (kūdras) augšņu īpatsvars daļbaseinā. Vidējās P_{kop}

koncentrāciju vērtības palielina mālainu un smilšmāla augšņu īpatsvars daļbaseinā, ūdenstilpņu, mitrzemju (purvu), mākslīgo (urbāno) platību īpatsvars daļbaseinā, vidējais dzīvnieku vienību skaits daļbaseinā. Vidējās P_{kop} koncentrāciju vērtības samazina zemes virsmas slīpums daļbaseinā. Determinācijas koeficienta vērtība regresijas vienādojumam ir 0.94.

$$PO_4P_{(7,0.95)} = -0.071 + (-0.010 sl) (0.001 \times CLC_{maks})(0.001 \times CLC_{mz}) \\ (0.002 \times CLC_{uo})(0.005 \times GS_m)(0.001 \times GS_{sm})(0.001 \times Dzv) \quad (3.5)$$

kur

PO_4P	– rezultatīvā pazīme, mg L ⁻¹ ;
sl	– vidējais zemes virsmas slīpums daļbaseinā, %;
CLC_{maks}	– zemes lietojuma veids: mākslīgo (urbāno) platību īpatsvars daļbaseinā, %;
CLC_{mz}	– zemes lietojuma veids: mitrzemju (purvu) īpatsvars daļbaseinā, %;
CLC_{uo}	– zemes lietojuma veids: ūdenstilpņu īpatsvars daļbaseinā, %;
GS_m	– augsnes granulometriskā sastāva: mālainu augšņu īpatsvars daļbaseinā, %;
GS_{sm}	– augsnes granulometriskā sastāva: smilšmāla augšņu īpatsvars daļbaseinā, %;
Dzv	– vidējais dzīvnieku vienību skaits daļbaseinā, gab.

Bēzres upes izpētes līmenī, pētījuma periodā, vidējās PO_4-P koncentrāciju vērtības statistiski ticami ietekmē vidējais zemes virsmas slīpums daļbaseinā, mākslīgo (urbāno) platību, mitrzemju (purvu) un ūdenstilpņu īpatsvars daļbaseinā, mālainu un smilšmāla augšņu īpatsvars daļbaseinā, kā arī vidējais dzīvnieku vienību skaits daļbaseinā (3.5. vienādojums), savukārt statistiski ticami neietekmē vidējā gaisa temperatūra, gada vidējo nokrišņu summa, drenēto platību īpatsvars daļbaseinā, lauksaimniecības platību īpatsvars daļbaseinā, mežu un dabisko platību īpatsvars daļbaseinā, grants īpatsvars daļbaseinā, smilšainu augšņu īpatsvars daļbaseinā, mālsmilts augšņu īpatsvars daļbaseinā, purva (kūdras) augšņu īpatsvars daļbaseinā. Vidējās PO_4-P koncentrāciju vērtības palielina mālainu augšņu īpatsvars daļbaseinā, ūdenstilpņu, mākslīgo (urbāno) platību, mitrzemju (purvu) īpatsvars daļbaseinā, smilšmāla augšņu īpatsvars daļbaseinā un vidējais dzīvnieku vienību skaits daļbaseinā. Vidējās PO_4-P koncentrāciju vērtības samazina zemes virsmas slīpums daļbaseinā. Determinācijas koeficienta vērtība regresijas vienādojumam ir 0.95.

Izvērtējot regresijas vienādojumus vidējām N_{kop} , NO_3-N , NH_4-N , P_{kop} un PO_4-P koncentrācijām Bēzres upes izpētes līmenim (Bēzres upes daļbaseini) pētījuma periodā, secināms, ka mijiedarbībā ar citiem faktoriem, augu barības vielu koncentrācijas statistiski ticami samazina vidējais zemes virsmas slīpums daļbaseinā, kā arī statistiski ticami palielina mākslīgo (urbāno) platību īpatsvars daļbaseinā, kā arī ūdenstilpņu skaits daļbaseinā. Kopumā izvērtējot faktorus, kas savstarpēji mijiedarbojoties ietekmē vidējās N_{kop} , NO_3-N , NH_4-N , P_{kop} un PO_4-P koncentrāciju vērtības, plānojot ūdens kvalitātes uzlabošanas pasākumu ieviešanu Bēzres upes daļ, nepieciešams pastiprināti pievērst uzmanību raksturīgajam zemes lietojuma veidam sateces baseinā, augsnes granulometriskajam sastāvam (īpaši mālainu, mālsmilts un smilšmāla augšņu īpatsvaram), kā arī vidējam dzīvnieku vienību skaitam daļbaseinā.

Pētījumā raksturoti dabiskie un antropogēnie faktori, kas ietekmē lauksaimniecības noteces kvalitāti pētījuma periodā un attiecīgi sniedz priekšstatu par nepieciešamo pasākumu virzienu, lai uzlabotu noteces kvalitāti. Pētījumā Bēzres, Mellupītes un Vieniēmītes monitoringa staciju drenu lauka un sateces baseina izpētes līmenim, kā arī Bēzres upes (Bēzres upes daļbaseini), G264 Aģes, L118 Auces, V046 Ēdas, V093 Slocenes izpētes līmeņos aprēķini veikti izmantojot gada vidējās noteces, N_{kop} , NO_3-N , NH_4-N , P_{kop} un PO_4-P koncentrāciju un zudumu vērtības. Lai sniegtu priekšlikumus par nepieciešamajiem pasākumiem lauksaimniecības noteces kvalitātes uzlabošanai, nepieciešami papildu pētījumi, kuros datus apskatīt ne tikai gada vidējo vērtību griezumā, bet arī detalizētākā līmenī (mēnešu, sezonu griezumā).

SECINĀJUMI UN PRIEKŠLIKUMI

1. Dabiskie un antropogēnie faktori, kas var ietekmēt augu barības vielu zudumus no lauksaimnieciskās darbības ietekmētajiem izkliedētā (difūzā) un punktveida piesārņojuma avotiem, ir atmosfēras nokrišņi, gaisa temperatūra, notece, augsnes tips (augšņu granulometriskais sastāvs, augsnes infiltrācijas koeficients, organisko vielu saturs augsnē, augsnes ūdens uzkrāšanas spēja, augsnes organisko vielu mineralizācija, erozija), reljefs (zemes virsmas slīpums, ainavas iezīmes), zemes lietojuma veids (lauksaimniecībā izmantojamo zemju platība sateces baseinā), aramzemes īpatsvars, kultūrauga veids, lauksaimnieciskās darbības (augšņu apstrādes veids un laiks, slāpekļa un fosfora mēslošanas līdzekļu lietošanas laiks un devas, kūstmēslu iestrādes laiks un metode, kūstmēslu novietņu izvēle, augu barības vielu satura neizvērtēšana kūstmēslos, augu seka, mājdzīvnieku blīvums), meliorācijas sistēmas, buferjoslas, klimata pārmaiņas.

2. Drenu lauka un sateces baseina izpētes līmenī gada vidējā nokrišņu daudzuma ietekme uz gada vidējo noteci vērtējama kā vidēja, jo abu raksturlielumu lineārās regresijas vienādojumu determinācijas koeficienti ir robežās no 0.44 līdz 0.64. Iegūtie rezultāti liecina, ka noteci ietekmē ne tikai gada vidējais nokrišņu daudzums, bet arī citi faktori, piemēram, nokrišņu izkrišanas sezonālitate, gaisa temperatūra, augsnes granulometriskais sastāvs, kultūraugs.

3. Noteces apjoma palielināšanās drenu lauka izpētes līmenī, salīdzinot ar mazā sateces baseina izpētes līmeni, izteiktāk veicina N_{kop} zudumu palielināšanos, attiecīgi N_{kop} zudumi drenu izpētes līmenī ir jutīgāki pret noteces mainību, pretēji P_{kop} zudumu vērtības drenu lauka izpētes līmenī ir ar mazāku izkliedi nekā sateces baseina izpētes līmenī, kas liecina, ka mazā sateces baseina izpētes līmenī jāņem vērā ne tikai drenu noteces, bet arī virszemes noteces veidošanās ietekme uz P_{kop} zudumiem.

4. Nozīmīgākais dabiskais faktors, kas upes izpētes līmenī palielina gada vidējās N_{kop} , NO_3-N , P_{kop} un PO_4-P koncentrāciju vērtības, ir vidēja putekļaina smilšmāla (sMp2) īpatsvars sateces baseinā, savukārt nozīmīgākais faktors, kas palielina vidējās NH_4-N koncentrāciju vērtības ir saistīgas smiltis (sS) īpatsvars sateces baseinā. Ietekme, kas ir statistiski mazāk nozīmīga, raksturīga citu augsnes veidu īpatsvaram sateces baseinā, kā arī zemes virsmas slīpumam.

5. Nozīmīgākais antropogēnais faktors, kas upes izpētes līmenī palielina gada vidējās N_{kop} , NO_3-N un PO_4-P vērtības ir lauksaimniecības platību īpatsvars sateces baseinā, nozīmīgākais faktors, kas palielina gada vidējās NH_4-N koncentrāciju vērtības ir ūdenstilpju īpatsvars sateces baseinā. Savukārt nozīmīgākais faktors, kas palielina gada vidējās P_{kop} koncentrāciju vērtības ir papuves īpatsvars sateces baseinā. Ietekme, kas ir statistiski mazāk nozīmīga, raksturīga citu zemes lietojuma veidu, kultūraugu īpatsvaram, kā arī drenēto platību īpatsvaram un dzīvnieku vienību skaitam sateces baseinā.

6. Augu barības vielu (N_{kop} , NO_3-N , NH_4-N , P_{kop} un PO_4-P) koncentrācijas upes izpētes līmenī statistiski ticami savstarpēji ietekmē sekojoši dabiskie un antropogēnie faktori, kurus nepieciešams ņemt vērā vērtējot un plānojot pasākumus augu barības vielu samazināšanai no lauksaimniecības zemēm:

6.1. vidējās N_{kop} koncentrāciju vērtības palielina mālainu augšņu īpatsvars daļbaseinā, ūdenstilpņu un mākslīgo (urbāno) platību īpatsvars daļbaseinā;

6.2. vidējās NO_3-N koncentrāciju vērtības palielina mālainu augšņu, grants, mālsmilts augšņu, smilšmāla augšņu īpatsvars daļbaseinā, ūdenstilpņu un mākslīgo (urbāno) platību īpatsvars daļbaseinā;

6.3. vidējās NH_4-N koncentrāciju vērtības palielina ūdenstilpņu, mākslīgo (urbāno) platību, mežu un dabisko platību īpatsvars daļbaseinā un vērtības samazina mālsmilts augšņu īpatsvars daļbaseinā;

6.4. vidējās P_{kop} koncentrāciju vērtības palielina mālainu un smilšmāla augšņu īpatsvars daļbaseinā, ūdenstilpņu, mitrzemju (purvu), mākslīgo (urbāno) platību īpatsvars daļbaseinā, vidējais dzīvnieku vienību skaits daļbaseinā;

6.5. vidējās $\text{PO}_4\text{-P}$ koncentrāciju vērtības palielina mālainu augšņu īpatsvars daļbaseinā, ūdenstilpņu, mākslīgo (urbāno) platību, mitrzemju (purvu) īpatsvars daļbaseinā, smilšmāla augšņu īpatsvars daļbaseinā un vidējais dzīvnieku vienību skaits daļbaseinā;

6.6. vidējās N_{kop} , $\text{NO}_3\text{-N}$, P_{kop} un $\text{PO}_4\text{-P}$ koncentrāciju vērtības samazina vidējais zemes virsmas slīpums daļbaseinā.

7. Lai ne tikai raksturotu dabisko un antropogēno faktoru ietekmi uz ūdeņu kvalitāti pētījuma periodā, bet arī prognozētu augu barības vielu izskalošanos ietekmējošos faktorus, nepieciešami pētījumi plašākā ģeogrāfiskā mērogā, ietverot papildu pētījumu vietas drenu lauka, mazā sateces baseina un upes līmeņos, kā arī monitoringa rezultātu un ģeotelpiskās informācijas izpēti mēnešu un sezonālā griezumā.

8. Iegūtie rezultāti par agrohidroloģisko faktoru ietekmi uz lauksaimniecības noteces kvalitāti, izmantojami ierosinājumu izstrādei par augsnes un ūdens apsaimniekošanas pasākumiem lauksaimniecības zemēs, upju baseinu apsaimniekošanas plānu veidošanā, kā arī rekomendāciju izstrādei Nitrātu direktīvas (91/676/EEK) un Ūdens struktūrdirektīvas (2000/60/EK) mērķu izpildes sasniegšanai Latvijā.

INFORMĀCIJAS AVOTU BIBLIOGRĀFISKAIS SARAKSTS

1. Abersons, K., and Jēkabsons, J. 2020. "Atskaite Par Izpētes Darbu Rezultātiem Agē Un Mergupē". Retrieved: August 3, 2022 (http://goodwater.lv/wp-content/uploads/2021/02/A51_Ataskaite_Mergupe_Age_FINAL2.pdf).
2. Abersons, K., Jēkabsons, J., Bajinskis, J. and Tropa, A. 2021. "Atskaite Par Izpētes Darbu Rezultātiem Aucē Un Zaņā". Retrieved: August 3, 2022 (https://goodwater.lv/wp-content/uploads/2022/03/D_A5.1_A5D1_Ataskaite_Auce_Zana_hymo_FINAL.pdf).
3. Abid, M. and Rattan L. 2009. "Tillage and Drainage Impact on Soil Quality: II. Tensile Strength of Aggregates, Moisture Retention and Water Infiltration". *Soil and Tillage Research* 103(2):364–72. doi: 10.1016/j.still.2008.11.004.
4. Absalon, D., and Matysik, M. 2007. "Changes in Water Quality and Runoff in the Upper Oder River Basin". *Geomorphology* 92(3-4):106-18. doi: 10.1016/j.geomorph.2006.07.035.
5. Agriculture and Natural Resources University of California. 2012. "Nitrate to Nitrogen Conversion and Estimating N Contribution from Irrigation Waters Containing Nitrate". Retrieved: April 19, 2023 (<https://ucanr.edu/blogs/blogcore/postdetail.cfm?postnum=7744>).
6. Ahiablame, L. M., Chaubey, I., Smith, D. R., and Engel, B. A. 2011. "Effect of Tile Effluent on Nutrient Concentration and Retention Efficiency in Agricultural Drainage Ditches". *Agricultural Water Management* 98(8):1271–79. doi: 10.1016/j.agwat.2011.03.002.
7. Akoglu, H. 2018. "User's Guide to Correlation Coefficients". *Turkish Journal of Emergency Medicine* 18(3):91–93. doi: 10.1016/j.tjem.2018.08.001.
8. Andersen, H.E., Blicher-Mathiesen, G., Bechmann, M., Povilaitis, A., Iital, A., Lagzdins, A. and Kyllmar K. 2014. "Reprint of 'Mitigating Diffuse Nitrogen Losses in the Nordic-Baltic Countries'". *Agriculture, Ecosystems and Environment* 198:127–34. doi: 10.1016/j.agee.2014.05.023.
9. Water cycle. 2019. Retrieved: December 2, 2021 (<https://letstalkscience.ca/educational-resources/lessons/what-water-cycle>).
10. Arregui, L. M. and M. Quemada. 2006. "Drainage and Nitrate Leaching in a Crop Rotation under Different N-Fertilizer Strategies: Application of Capacitance Probes". *Plant and Soil* 288(1–2):57–69. doi: 10.1007/s11104-006-9064-9.
11. Avotniece, Z., Aņisheviča, S. and Maļinovskis, E. 2017. "Klimata Pārmaiņu Scenāriji Latvijai". LVGMC Ziņojums.
12. Baghban, A.A, Younespour, S., Jambarsang, S., Yousefi, M., Zayeri, F. and Jalilian, F.A. 2013. "How to Test Normality Distribution for a Variable: A Real Example and a Simulation Study". *Journal of Paramedical Sciences* 4(1):71–75.
13. Baltic Sea. 2021. European Commission. Retrieved: November 2, 2021 (https://ec.europa.eu/oceans-and-fisheries/ocean/sea-basins/baltic-sea_en).
14. Bechmann, M.E. and Bøe F. 2021. "Soil Tillage and Crop Growth Effects on Surface and Subsurface Runoff, Loss of Soil, Phosphorus and Nitrogen in a Cold Climate". *Land* 10(1):1–15. doi: 10.3390/land10010077.
15. Bechmann, M. and Stålnacke P. 2005. "Effect of Policy-Induced Measures on Suspended Sediments and Total Phosphorus Concentrations from Three Norwegian Agricultural Catchments". *Science of the Total Environment* 344(1-3 SPEC. ISS.):129–42. doi: 10.1016/j.scitotenv.2005.02.013.
16. Bechmann, M., Stålnacke P., Kværnø S., Eggestad, H.O. and Øygarden L. 2009. "Integrated Tool for Risk Assessment in Agricultural Management of Soil Erosion and Losses of Phosphorus and Nitrogen". *Science of the Total Environment* 407(2):749–59. doi: 10.1016/j.scitotenv.2008.09.016.
17. Bender, F.E., Douglass, L.W. and Kramer, A. 2020. "Correlation Analysis".

- Statistical Methods for Food and Agriculture* 44(12):222–32. doi: 10.1201/9781003073116-14.
18. Bērzes upe. 2020. Retrieved: December 2, 2021 (<http://www.upes.lv/informacija/lielupes-baseins/berze/>).
 19. Buciene, A., Antanaitis, S., Masauskiene, A. and Simanskaite, D. 2007. "Nitrogen and Phosphorus Losses with Drainage Runoff and Field Balance as a Result of Crop Management". *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 38(15–16):2177–95. doi: 10.1080/00103620701549124.
 20. Bušmanis, P. 1999. Labas Lauksaimniecības Prakses Nosacījumi Latvijā.
 21. Camara, M., Jamil, N.R. and Abdullah, A.F.B. 2019. "Impact of Land Uses on Water Quality in Malaysia: A Review". *Ecological Processes* 8(1). doi: 10.1186/s13717-019-0164-x.
 22. Cherry, K.A., Shepherd, M., Withers, P.J.A. and Mooney, S. J. 2008. "Assessing the Effectiveness of Actions to Mitigate Nutrient Loss from Agriculture: A Review of Methods". *Science of the Total Environment* 406(1–2):1–23.
 23. Clark, G.M., Mueller, D.K. and Mast, M.A. 2000. Nutrient Concentrations and Yields in Undeveloped Stream Basins of the United States.
 24. Curiac, C.D. and Micea, M.V. 2023. "Identifying Hot Information Security Topics Using LDA and Multivariate Mann-Kendall Test". *IEEE Access* 11:18374–84. doi: 10.1109/ACCESS.2023.3247588.
 25. Deelstra, J., Øygarden, L., Blankenberg, A.G.B. and Eggestad, H.O. 2011. "Climate Change and Runoff from Agricultural Catchments in Norway". *International Journal of Climate Change Strategies and Management* 3(4):345-60. doi: 10.1108/17568691111175641.
 26. Dimanta, Z. 2012. "Augu Sekas Ietekmes Analīze Uz Biogēno Elementu Noplūdēm". Retrieved: February 14, 2022 (https://www.puma.lu.lv/fileadmin/user_upload/lu_portal/projekti/puma/Diplomdarbi/Dimanta_Zane_Magistra_Darbs.pdf).
 27. Dimitriadou, S., and Nikolakopoulos, K.G. 2022. "Multiple Linear Regression Models with Limited Data for the Prediction of Reference Evapotranspiration of the Peloponnese, Greece". *Hydrology* 9(7). doi: 10.3390/hydrology9070124.
 28. Dinnes, D.L., Karlen, D.L., Jaynes, D.B., Kaspar, T.C., Hatfield, J.L., Colvin, T.S. and Cambardella, C.A. 2002. Nitrogen Management Strategies to Reduce Nitrate Leaching in Tile-Drained Midwestern Soils. *Agronomy Journal* 94(1):153-171. doi: 10.2134/agronj2002.1530
 29. Duchemin, M. and Hogue R. 2009. "Reduction in Agricultural Non-Point Source Pollution in the First Year Following Establishment of an Integrated Grass/Tree Filter Strip System in Southern Quebec (Canada)". *Agriculture, Ecosystems and Environment* 131(1-2):85–97. doi: 10.1016/j.agee.2008.10.005.
 30. EEA. 2018. European Waters Assessment of Status and Pressures 2018. Retrieved: April 26, 2022 (<https://www.eea.europa.eu/publications/state-of-water>).
 31. Eiropas Kopiena. 2009. Augšņu Degradācijas Procesu, Augsni Saudzējošu Lauksaimniecības Paņēmienu Un Ar Augsni Saistītu Politikas Pasākumu Sasaiste. Retrieved: December 1, 2021 (https://esdac.jrc.ec.europa.eu/projects/SOCO/FactSheets/LV_Fact_Sheet.pdf).
 32. Eiropas Revīzijas Palāta. 2016. "Baltijas Jūras Eitrofikācijas Apkarošana: Vajadzīga Efektīvāka Turpmākā Rīcība". Retrieved: April 26, 2022 (https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR16_03/SR_BALTIC_LV.pdf).
 33. Eriksson, A. K., Ulén, B., Berzina, L., Iital, A., Jansons, V., Sileika, A. S. and Toomsoo, A. 2013. "Phosphorus in Agricultural Soils around the Baltic Sea - Comparison of Laboratory Methods as Indices for Phosphorus Leaching to Waters". *Soil Use and Management* 29(SUPPL.1):5–14. doi: 10.1111/j.1475-2743.2012.00402.
 34. EU Nitrates Directive. 1991. Council Directive of 12 December 1991 Concerning the Protection of Waters against Pollution Caused by Nitrates from Agricultural

- Sources (91/676/EEC). Retrieved: November 3, 2021 (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1561542776070&uri=CELEX:01991L0676-20081211>).
35. EU Water Framework Directive. 2000. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 Establishing a Framework for Community Action in the Field of Water Policy. Retrieved: November 3, 2021 (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32000L0060>).
 36. European Commission Report. 2019. European Commission. Report from the Commission to the European Parliament and the Council *Implementation of the Water Framework Directive (2000/60/EC) and the Floods Directive (2007/60/EC) Second River Basin Management Plans First Flood Risk Management Plans (2019)*. Retrieved: November 3, 2021 (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=SWD:2019:30:FIN&qid=1551267381862&from=EN>).
 37. European Commission. 2019. REPORT FROM THE COMMISSION TO THE COUNCIL AND THE EUROPEAN PARLIAMENT on the Implementation of Council Directive 91/676/EEC Concerning the Protection of Waters against Pollution Caused by Nitrates from Agricultural Sources Based on Member State Reports. Retrieved: February 18, 2022 (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2021%3A1000%3AFIN&qid=1633953687154>).
 38. Frost, J. 2019. “How to Interpret P-Values and Coefficients in Regression Analysis”. Retrieved: November 23, 2022 (<https://statisticsbyjim.com/regression/interpret-coefficients-p-values-regression/>).
 39. Geographical Factors Influencing Agriculture. 2020. Retrieved: December 12, 2021 (<https://www.yourarticlelibrary.com/essay/geographical-factors-influencing-agriculture-4-factors/25459>).
 40. Grosberg, R.K., Vermeij, G.J. and Wainwright, P.C. 2012. “Biodiversity in Water and on Land”. *Current Biology* 22(21):R900–903. doi: 10.1016/j.cub.2012.09.050.
 41. Grote, U., Craswell, E., and Vlek, P. 2005. “Nutrient Flows in International Trade: Ecology and Policy Issues”. *Environmental Science and Policy* 8(5):439–51. doi: 10.1016/j.envsci.2005.05.001.
 42. Gupta, S., Munyankusi E., Moncrief, J., Zvomuya, F. and Hanewall, M. 2004. Tillage and Manure Application Effects on Mineral Nitrogen Leaching from Seasonally Frozen Soils. *J Environ Qual.* 33(4):1238–46. doi: 10.2134/jeq2004.1238. PMID: 15254105.
 43. HELCOM. 2007. HELCOM Baltijas Jūras Rīcības Plāns. Retrieved: November 3, 2021 (https://www.varam.gov.lv/sites/varam/files/content/files/lv_helcom_baltj_asjurasricibasplans.pdf).
 44. HELCOM. 2014. “Eutrophication Status of the Baltic Sea 2007-2011 - A Concise Thematic Assessment”. *Baltic Sea Environment Proceedings* 143:41.
 45. HELCOM. 2018. “Eutrophication. Supplementary Report. HELCOM Thematic Assessment of Eutrophication 2011-2016. Supplementary Report to the ‘State of the Baltic Sea’ Report”. *Baltic Sea Environment Proceedings* 156:183.
 46. HELCOM. 2020. Germany’s HELCOM Chairmanship 2020 – 2022. Retrieved: December 1, 2021 (<https://www.umweltbundesamt.de/en/topics/water/seas/germany-helcom-chairmanship-2020-2022>).
 47. HELCOM. 2021. “Baltic Sea Action Plan”. *Helcom Extraordinary Ministerial Meeting*:1–101.
 48. Holder, R. L. 1985. Multiple Regression in Hydrology.
 49. Howarth, R.W. 2008. “Coastal Nitrogen Pollution: A Review of Sources and Trends Globally and Regionally”. *Harmful Algae* 8(1):14–20.
 50. Huang, J., Zhan, J., Yan H., Wu, F. and Deng, X. 2013. “Evaluation of the Impacts of Land Use on Water Quality: A Case Study in the Chaohu Lake Basin”. *The Scientific World Journal* 2013. doi: 10.1155/2013/329187.
 51. Iital, A., Pachel, K., Loigu, E., Pihlak, M. and Leisk, Ü. 2010. “Recent Trends

in Nutrient Concentrations in Estonian Rivers as a Response to Large-Scale Changes in Land-Use Intensity and Life-Styles". *Journal of Environmental Monitoring* 12(1):178–88. doi: 10.1039/b912923e.

52. Jakab, G., Karsai, G., Szalai, Z. and Szabó J. 2017. "Nitrate Loss from Fertilized Crop Fields: Does Slope Steepness Matter". *Journal of Landscape Ecology* 15(2):77–84.

53. Jansons, V., Lagzdins, A., Berzina, L., Sudars, R. and Abramenko, K. 2011. "Temporal and Spatial Variation of Nutrient Leaching from Agricultural Land in Latvia: Long Term Trends in Retention and Nutrient Loss in a Drainage and Small Catchment Scale". *Environmental and Climate Technologies* 7:54-65. doi: 10.2478/v10145-011-0028-9.

54. Jūras vides sākotnējais novērtējums. 2012. Retrieved: December 13, 2021 ([https://www.lhei.lv/attachments/article/575/A-Latvijas Jūras vides stāvokļa apraksts.pdf](https://www.lhei.lv/attachments/article/575/A-Latvijas_Juras_vides_stavokla_apraksts.pdf)).

55. Kafle, S.C. 2019. "Correlation and Regression Analysis Using SPSS". *OCEM Journal of Management, Technology & Social Sciences* 1.

56. KALME noslējuma pārskats. 2010. Noslējuma Pārskats Par Valsts Pētījumu Programmas 'Klimata Maiņas Ietekme Uz Latvijas Ūdeņu Vidi' I Daļa. Retrieved: December 1, 2021 (<https://www.daba.gov.lv/lv/media/1841/download>).

57. Klimats Latvijā. 2021. Nacionālā Enciklopēdija. Retrieved: December 1, 2021 ([https://enciklopedija.lv/skirklis/26052-klimats-Latvijā](https://enciklopedija.lv/skirklis/26052-klimats-Latvija)).

58. Kostianoy, A., Litovchenko K., Lavrova, O., Mityagina, M., Bocharova, T., Lebedev, S., Stanichny, S., Soloviev, D., Sirota, A. and Pichuzhkina, O. 2006. "Operational Satellite Monitoring of Oil Spill Pollution in the Southeastern Baltic Sea: 1.5 Years Experience". *IEEE US/EU Baltic International Symposium*. doi: 10.1109/BALTIC.2006.7266136.

59. Kyllmar, K., Bechmann, M., Deelstra, J., Iital, A., Blicher-Mathiesen, G., Jansons, V., Koskiaho, J. and Povilaitis, A. 2014. "Long-Term Monitoring of Nutrient Losses from Agricultural Catchments in the Nordic-Baltic Region - A Discussion of Methods, Uncertainties and Future Needs". *Agriculture, Ecosystems and Environment* 198:4–12. doi: 10.1016/j.agee.2014.07.005.

60. Lagzdins, A. 2012. "SUMMARY of the Thesis for Doctoral Degree in in Engineering Sciences (Dr.Sc.Ing.), Environmental Science Branch, Environmental Engineering Subbranch 'Analysis of Nitrogen and Phosphorus Leaching in the Agricultural Areas'." Latvia University of Agriculture.

61. Lagzdīņš, A., Kļaviņš, U., Sudārs, R., Grinberga, L., Veinbergs, A., Abramenko, A., Andersons, A., Intlers, R., and Strauta, L. 2019. Virszemes Ūdeņu Un Gruntsūdeņu Kvalitātes Pārraudzība Īpaši Jūtīgajās Teritorijās Un Lauksaimniecības Zemēs Lauksaimniecības Noteču Monitoringa Programmā. Retrieved: February 14, 2022 (https://www.zm.gov.lv/public/ck/files/ZM/lauku_attistiba/zinatne/4.pdf).

62. Lal, R. and J.M. Kimble. 1997. "Conservation Tillage for Carbon Sequestration". *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 49(1):243–53. doi: 10.1023/A:1009794514742.

63. Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitāte. 2022. Latvian Agricultural Sector Analysis Model. Retrieved: April 22, 2023 ([vhttps://lasam.llu.lv/](https://lasam.llu.lv/)).

64. Latvijas fizikāli ģeogrāfiskā karte. 2018. Nacionālā Enciklopēdija. Retrieved: March 8, 2022 ([https://enciklopedija.lv/skirklis/26135-Latvijas-vispārīgs-fizikāli-ģeogrāfisks-apraksts](https://enciklopedija.lv/skirklis/26135-Latvijas-visparigs-fizikali-geografisks-apraksts)).

65. LĢIA. 2023. Digitālais Reljefa Modelis. Retrieved: April 28, 2023 ([https://www.lgia.gov.lv/lv/Digitālais reljefa modelis](https://www.lgia.gov.lv/lv/Digitalais_reljefa_modelis)).

66. Li, X., Zhang, L., Zeng, S., Tang, Z., Liu, L., Zhang, Q., Tang, Z. and Hua, X. 2022. "Predicting Monthly Runoff of the Upper Yangtze River Based on Multiple Machine Learning Models". *Sustainability (Switzerland)* 14(18). doi: 10.3390/su141811149.

67. Libiseller, C. and Grimvall, A. 2002. "Performance of Partial Mann–Kendall Tests for Trend Detection in the Presence of Covariates". *Environmetrics* 13(1):71–84.

68. Līpenīte, I. and Kārklīšs, A. 2011. "Soil Quality within the Context of Land Use Changes". *Proceedings of the Latvia University of Agriculture* 26(321):15.
69. LVĢMC. 2009. Hidroloģisko Novērojumu Karte. Retrieved: March 8, 2022 (<https://www.meteo.lv/hidrologijas-staciju-karte/?nid=465>).
70. LVĢMC. 2014. Klimata Pārmaiņas: Nokrišņu Daudzums. Retrieved: April 19, 2023 (https://www4.meteo.lv/varam/2011/klimata_parmain/klimata_parmain.php).
71. LVĢMC. 2015. Environment Monitoring Program 2015-2020: II Water Monitoring Program.
72. LVĢMC. 2021a. Latvijas Klimats. Retrieved: February 18, 2022 (<https://videscentrs.lvģmc.lv/lapas/latvijas-klimats>).
73. LVĢMC. 2021b. Pārskati Par Ūdeņu Stāvokli. Retrieved: January 25, 2022 (<https://videscentrs.lvģmc.lv/lapas/udens-kvalitate>).
74. LVĢMC. 2021c. Pārskats Par Virszemes Un Pazemes Ūdeņu Stāvokli 2020. gadā. 1-122. Retrieved: February 1, 2022 (https://videscentrs.lvģmc.lv/files/Udens/udens_kvalitate/VPUK_2020_publicesanai_19102021.pdf).
75. LVĢMC. 2023. Klimata Pārmaiņu Analīzes Rīks. Retrieved: April 21, 2023 (<https://www4.meteo.lv/klimatariks/>).
76. LVĢMC Klimats Latvijā. 2021. Latvijas Vides Ģeoloģijas Un Meteoroloģijas Centrs. Retrieved: December 1, 2021 (<https://www.meteo.lv/lapas/laika-apstakli/klimatiska-informacija/latvijas-klimats/latvijas-klimats?id=1199&nid=562>).
77. Mander, U.Ē., Kull, A., Tamm, V.Ē., Kuusemets, V. and Karjus, R. 1998. Impact of Climatic Fluctuations and Land Use Change on Runoff and Nutrient Losses in Rural Landscapes. *Landscape and Urban Planning* 41(3-4):229-238. doi: 10.1016/S0169-2046(98)00061-9.
78. Martinez-Feria, R.A., Castellano, M.J., Dietzel, R.N., Helmers, M.J., Liebman, M., Huber, I. and Archontoulis, S.V. 2018. Linking Crop- and Soil-Based Approaches to Evaluate System Nitrogen-Use Efficiency and Tradeoffs. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 256:131-143. doi: 10.1016/j.agee.2018.01.002.
79. McDowell, R.W. and Sharpley, A.N. 2001. "Approximating Phosphorus Release from Soils to Surface Runoff and Subsurface Drainage". *Journal of Environmental Quality* 30(2):508–20. doi: 10.2134/jeq2001.302508x.
80. McDowell, R.W., Sharpley, A.N., Condon, L.M., Haygarth, P. M. and Brookes, P.C. 2001. Processes Controlling Soil Phosphorus Release to Runoff and Implications for Agricultural Management. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 59:269-284.
81. McDowell, T.R. and Omernik, J.M. 1977. Non-Point Source Stream Nutrient Level Relationships: A Nationwide Study.
82. Merseburger, G.C., Martí, E. and Sabater, F. 2005. "Net Changes in Nutrient Concentrations below a Point Source Input in Two Streams Draining Catchments with Contrasting Land Uses". *Science of the Total Environment* 347(1–3):217–29. doi: 10.1016/j.scitotenv.2004.12.022.
83. Microsoft. 2021. Correl Function. Retrieved: February 18, 2022 (<https://support.microsoft.com/en-us/office/correl-function-995dcef7-0c0a-4bed-a3fb-239d7b68ca92>).
84. Misselbrook, T.H., Pain, B.F., Stone, A.C. and Scholefield, D. 1995. "Nutrient run-off following application of livestock wastes to grassland". *Environmental Pollution* 88:51-56. doi: 10.1016/0269-7491(95)91047-O.
85. Moore, M.T., Kröger, R., Locke, M.A., Cullum, R.F., Steinriede, R.W., Testa, S., Lizotte, R.E., Bryant, C.T. and Cooper, C.M. 2010. "Nutrient Mitigation Capacity in Mississippi Delta, USA Drainage Ditches". *Environmental Pollution* 158(1):175–84. doi: 10.1016/j.envpol.2009.07.024.
86. Nguyen, L. and Sukias J. 2002. "Phosphorus Fractions and Retention in Drainage Ditch Sediments Receiving Surface Runoff and Subsurface Drainage from Agricultural Catchments in the North Island, New Zealand". *Agriculture, Ecosystems & Environment* 93:115–25. doi: 10.1016/S0167-6369(02)00075-5.

Environment 92:49-69.

87. Nikodemus, O. 2022. Latvijas Augsnes. Retrieved: (<https://enciklopedija.lv/skirklis/26023-Latvijas-augsnes>).

88. Noteikumi par zemes lietošanas veidu klasifikācijas kārtību un to noteikšanas kritērijiem. 2007. MK Noteikumi Nr.562. Retrieved: February 12, 2022 (<https://likumi.lv/ta/id/162207-noteikumi-par-zemes-lietosanas-veidu-klasifikacijas-kartibu-un-to-noteikšanas-kriterijiem>).

89. Oenema, O., Liere, L.W. and Schoumans O. 2005. "Effects of Lowering Nitrogen and Phosphorus Surpluses in Agriculture on the Quality of Groundwater and Surface Water in the Netherlands". *Journal of Hydrology* 304(1-4):289-301. doi: 10.1016/j.jhydrol.2004.07.044.

90. Øygarden, L., Kværner, J. and Jenssen, P.D. 1997. "Soil Erosion via Preferential Flow to Drainage Systems in Clay Soils". *Geoderma* 76(1-2):65-86. doi: 10.1016/S0016-7061(96)00099-7.

91. Øygarden, L., Deelstra, J., Lagzdins, L., Bechmann, M., Greipsland, I., Kyllmar, K., Povilaitis, A. and Iital, A. 2014. "Climate Change and the Potential Effects on Runoff and Nitrogen Losses in the Nordic-Baltic Region". *Agriculture, Ecosystems and Environment* 198:114-26. doi: 10.1016/j.agee.2014.06.025.

92. Patel, S., Hardaha, M.K., Seetpal, M.K. and Madankar, K.K. 2016. "Multiple Linear Regression Model for Stream Flow Estimation of Wainganga River". *American Journal of Water Science and Engineering* (March). doi: 10.11648/j.ajwse.20160201.11.

93. Petersen, R.J., Blicher-Mathiesen, G., Rolighed, J., Andersen, H.E. and Kronvang, B. 2021. "Three Decades of Regulation of Agricultural Nitrogen Losses: Experiences from the Danish Agricultural Monitoring Program". *Science of the Total Environment* 787. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.147619.

94. Piniewski, M., Kardel, I., Giełczewski, M., Marcinkowski, P. and Okruszko, T. 2014. "Climate Change and Agricultural Development: Adapting Polish Agriculture to Reduce Future Nutrient Loads in a Coastal Watershed". *Ambio* 43(5):644-60. doi: 10.1007/s13280-013-0461-z.

95. Povilaitis, A., Lamsodis, R., Bastienė, N., Rudzianskaitė, A., Misevičienė, S., Miseckaitė, O., Gužys, S., Baigys, G., Grybauskienė, V. and Balevičius, G. 2015. "Agricultural Drainage in Lithuania: A Review of Practices and Environmental Effects". *Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science* 65(August):14-29. doi: 10.1080/09064710.2014.971050.

96. Povilaitis, A., Šileika, A., Deelstra, J., Gaigalis, K. and Baigys G. 2014. "Nitrogen Losses from Small Agricultural Catchments in Lithuania". *Agriculture, Ecosystems and Environment* 198:54-64. doi: 10.1016/j.agee.2014.02.002.

97. Prasības ūdens gaisa aizsardzībai no lauksaimnieciskās darbības izraisīta piesārņojuma. 2015. MK Noteikumi Nr.834. Retrieved: November 1, 2021 (<https://likumi.lv/ta/id/271376-prasibas-udens-augsnes-un-gaisa-aizsardzibai-no-lauksaimnieciskas-darbibas-izraisita-piesarnojuma>).

98. Quinn, P. 2004. "Scale Appropriate Modelling: Representing Cause-and-Effect Relationships in Nitrate Pollution at the Catchment Scale for the Purpose of Catchment Scale Planning". *Journal of Hydrology* 291:197-217.

99. Quinton, J.N., Catt, J.A. and Hess, T.M. 2001. "Surface Water Quality The Selective Removal of Phosphorus from Soil: Is Event Size Important". *Journal of Environmental Quality* 30(2):538-45.

100. Randall, G.W. and Mulla, D.J. 2001. "Nitrate Nitrogen in Surface Waters as Influenced by Climatic Conditions Conditions and Agricultural Practices". *J. Environ* 30:337-44.

101. Reid, K., Schneider, K. and McConkey, B. 2018. "Components of Phosphorus Loss From Agricultural Landscapes, and How to Incorporate Them Into Risk Assessment

- Tools". *Frontiers in Earth Science* 6(September):1–15. doi: 10.3389/feart.2018.00135.
102. Rogers, P. 2008. "Freshwater Crisis". *Scientific American* 46–53.
 103. Royte, E. 2017. The Simple River-Cleaning Tactics That Big Farms Ignore. National Geographic. Retrieved February 17, 2022 (<https://news.nationalgeographic.com/2017/12/iowa-agriculture-runoff-water-pollution-environment/>).
 104. Rudzianskaite, A., and Miseviciene S. 2005. "Nitrate nitrogen leaching in different agroecosystems (in karst zone and Middle Lithuania)" 9:123-133.
 105. Rupp, H., Meissner, R. and Leinweber, P. 2018. "Plant Available Phosphorus in Soil as Predictor for the Leaching Potential: Insights from Long-Term Lysimeter Studies". *Ambio* 47:103–13. doi: 10.1007/s13280-017-0975-x.
 106. Sharpley, A.N., McDowell, R.W. and Kleinman, P.J.A. 2001. Phosphorus Loss from Land to Water: Integrating Agricultural and Environmental Management. *Plant and soil*: 237:287-307.
 107. Siksnane, I. and Lagzdins A. 2021. "Relationships between Land Use and Nitrogen and Phosphorus Concentrations in Berze River Basin". *Engineering for Rural Development* 20(3):417–23. doi: 10.22616/ERDev.2021.20.TF088.
 108. Siksnāne, I., and Lagzdīņš, A. 2018. "Analysis of Precipitation and Runoff Conditions in Agricultural Runoff Monitoring Sites". *Rural Sustainability Research* 39(334):26–31. doi: 10.2478/plua-2018-0004.
 109. Sileika, A.S., Gaigalis, K., Kutra, G. and Smitiene, A. 2005. "Factors Affecting N and P Losses from Small Catchments (Lithuania)". *Environmental Monitoring and Assessment* 102(1–3):359–74. doi: 10.1007/s10661-005-6033-3.
 110. Singh, A., Bicudo, J.R. and Workman, S.R. 2008. "Runoff and Drainage Water Quality from Geotextile and Gravel Pads Used in Livestock Feeding and Loafing Areas". *Bioresource Technology* 99(8):3224–32. doi: 10.1016/j.biortech.2007.05.065.
 111. Šķiņķis, C. 1986. Augšņu Drenēšana.
 112. Stålnacke, P., Grimvall, A., Libiseller, C., Laznik, M. and Kokorite, I. 2003. "Trends in Nutrient Concentrations in Latvian Rivers and the Response to the Dramatic Change in Agriculture". *Journal of Hydrology* 283(1–4):184–205. doi: 10.1016/S0022-1694(03)00266-X.
 113. Stuntebeck, T.D., Komiskey, M.J., Peppler, M.C., Owens, D.W. and Frame, D.R. 2011. "Precipitation-Runoff Relations and Water-Quality Characteristics at Edge-of-Field Stations, Discovery Farms and Pioneer Farm, Wisconsin, USA". Retrieved: February 14, 2022 (https://pubs.usgs.gov/sir/2011/5008/pdf/sir2011-5008_web.pdf).
 114. Sudārs, R., Jansons, V., Kļaviņš and Dzalbe, I. 2005. "Impact of Intensive Animal Husbandry on Water Environment". *LLU raksti* 15(310):40-49.
 115. Sudārs, R., Popluga, D. and Kreišmane, Dz. 2020. "Meliorācijas Sistēmu Uzturēšana". Retrieved: February 21, 2022 (<http://www.llu.lv/sites/default/files/files/lapas/05-Meliorācijas-sistēmu-uzturesana-180x210.pdf>).
 116. Tumas, R. 2000. Evaluation and Prediction of Nonpoint Pollution in Lithuania. *Ecological Engineering* 14:443-451.
 117. Tunney, H., Brookes, P.C. and Johnston, A.E. 1997. Phosphorus Loss from Soil to Water.
 118. Udawatta, R.P., Motavalli, P.P., Garrett, H.E. and Krstansky, J.J. 2006. "Nitrogen Losses in Runoff from Three Adjacent Agricultural Watersheds with Claypan Soils". *Agriculture, Ecosystems and Environment* 117(1):39–48. doi: 10.1016/j.agee.2006.03.002.
 119. Ulén, B., Stenberg, M. and Wesström, I. 2016. "Use of a Flashiness Index to Predict Phosphorus Losses from Subsurface Drains on a Swedish Farm with Clay Soils". *Journal of Hydrology* 533(December):581–90. doi: 10.1016/j.jhydrol.2015.12.044.
 120. Upju baseinu apgabalu apsaimniekošanas plāni. 2021. Retrieved: November 1, 2021 (<https://www.meteo.lv/lapas/vide/udens/udens-apsaimniekosana-upju-baseinuapgabalu-apsaimniekosanas-plani-upju-baseinu-apgabalu-apsaimniekosanas-plani-un-pludu-riska->

parvaldiba?id=1107&nid=424).

121. VAAD. 2021. Augsnes Agroķīmiskās Īpašības. Retrieved: February 11, 2022 (<http://noverojumi.vaad.gov.lv/jaunumi/raksti/83-uzzini-kas-ir-augsnu-agrochimiska-izpete>).

122. Valsts vides dienests. 2021. Valsts Vide Dienests Brīdina SIA ‘Ceplīši A.S’ Par Darbības Apturēšanu – No Uzņēmuma Lopkautuves Lēdurgas Pagastā Ilgstoši Piesārņota Vide Ar Neattīrītiem Notekūdeņiem. Retrieved: November 3, 2022 (https://www.varam.gov.lv/lv/jaunums/valsts-vide-dienests-bridina-sia-ceplisi-par-darbibas-apturesanu-no-uznemuma-lopkautuves-ledurgas-pagasta-ilgstosi-piesarnota-vide-ar-neattiritiem-notekudeniem?utm_source=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F).

123. Valsts vides dienests. 2022. Latvija Kļūst Par Prezidējošo Valsti Baltijas Jūras Vides Aizsardzības Komisijā. Retrieved: April 13, 2023 (https://www.vvd.gov.lv/lv/jaunums/latvija-klust-par-prezidejoso-valsti-baltijas-juras-vides-aizsardzibas-komisija?utm_source=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F).

124. VARAM. 2013. Vides Politikas Pamatnostādnes 2013.-2020. gadam (VPP2020) Stratēģiskais Ietekmes Uz Vidi Novērtējums (Projekts)". Retrieved: February 2, 2022 (https://www.varam.gov.lv/sites/varam/files/vpp_sivn_030713.doc).

125. Vides politikas pamatnostādnes. 2021. “Vides politikas pamatnostādnes 2021.-2027.gadam.” Retrieved: November 3, 2021 (<https://www.varam.gov.lv/lv/media/25691/download>).

126. De Vos, J.A. 2001. Monitoring Nitrate Leaching from Submerged Drains. *J Environ Qual.* 30(3):1092-6. doi: 10.2134/jeq2001.3031092x.

127. WWAP. 2017. The United Nations World Water Development Report 2017 The Untapped Resource Wastewater World Water Assessment Programme United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.

128. WWAP. 2018. The United Nations World Water Development Report 2018: Nature-Based Solutions for Water.

129. WWF. 2011. Ministers Fail to Prioritize the Baltic Sea. Retrieved: February 2, 2022 (https://wwf.panda.org/wwf_news/?199591/Ministers-Failing-to-Prioritize-the-Baltic-Sea).

130. Yong, S.T.Y. and Chen, W. 2002. “Modeling the Relationship between Land Use and Surface Water Quality”. *Journal of Environmental Management* 66(4):377–93. doi: 10.1006/jema.2002.0593.

131. Zemkopības ministrija. 2018. Atbalsts Par Sausuma Radītajiem Zaudējumiem Lauksaimniekiem. Retrieved: February 9, 2022 (<https://www.zm.gov.lv/zemkopibas-ministrija/statiskas-lapas/atbalsts-par-sausuma-raditajiem-zaudejumiem-lauksaimniekiem?id=16553#jump>).

132. Zemkopības ministrija. 2020. Vēsturiskā Augsnes Digitālā Datubāze (Augsnes Laukumi). Retrieved: April 11, 2023 (<https://data.gov.lv/dati/lv/dataset/vsturisk-augsnes-digitla-datubze-augsnes-laukumi76>).

133. Zhang, L., Schlaepfer, D.R., Chen, Z., Zhao, L., Li, Q., Gu, S. and Lauenroth, W.K. 2021. “Precipitation and Evapotranspiration Partitioning on the Three-River Source Region: A Comparison between Water Balance and Energy Balance Models”. *Journal of Hydrology: Regional Studies* 38. doi: 10.1016/j.ejrh.2021.100936.

134. Zīverts, A. 2004. Hidroloģija.

135. ZMNĪ. 2023. Meliorācijas Kadastra Informācijas Sistēma. Retrieved: April 19, 2023 (<https://www.melioracija.lv/?loc=540414;308053;2>).

Pielikumi

1. pielikums. Daudzfaktoru regresijas analīzes rezultātu piemērs

Daudzfaktoru regresijas analīze veikta programmā *IBM SPSS Statistics 22*, 1. pielikumā secīgi (1.2. līdz 1.9. tabula) apskatīts daudzfaktoru regresijas analīzes aprēķinu piemērs rezultātīvajai pazīmei NO₃-N koncentrācijas. Savukārt 1.1. tabulā apkopoti faktoriālo pazīmju saīsinājumu skaidrojumi, kas izmantoti 1.2. līdz 1.9. tabulās.

1.1. tabula. Daudzfaktoru regresijas analīzes rezultātu saīsinājumu skaidrojums

Nr.p.k.	Saīsinājums	Skaidrojums
1	temp	vidējā gaisa temperatūra pētījuma periodā (2005. – 2021. g.)
2	nochr	gada vidējo nokrišņu summa pētījuma periodā (2005. – 2021. g.)
3	Drproc	drenēto platību īpatsvars daļbaseinā
4	SL	vidējais zemes virsmas slīpums daļbaseinā
5	CLCmaks	zemes lietojuma veids: mākslīgo (urbāno) platību īpatsvars daļbaseinā
6	CLCIs	zemes lietojuma veids: lauksaimniecības platību īpatsvars daļbaseinā
7	CLCmezi	zemes lietojuma veids: mežu un dabisko platību īpatsvars daļbaseinā
8	CLCmitr	zemes lietojuma veids: mitrzemju (purvu) īpatsvars daļbaseinā
9	CLCuo	zemes lietojuma veids: ūdenstilpņu īpatsvars daļbaseinā
10	Gr	augšnes granulometriskais sastāvs: grants īpatsvars daļbaseinā
11	Mals	augšnes granulometriskais sastāvs: mālainu augšņu īpatsvars daļbaseinā
12	Smilts	augšnes granulometriskais sastāvs: smilšanu augšņu īpatsvars daļbaseinā
13	Malsmil	augšnes granulometriskais sastāvs: mālsmilts augšņu īpatsvars daļbaseinā
14	Smiltsm	augšnes granulometriskais sastāvs: smilšmāla augšņu īpatsvars daļbaseinā
15	Purvs	augšnes granulometriskais sastāvs: purva (kūdras) augšņu īpatsvars daļbaseinā
16	DZVvid	vidējais dzīvnieku vienību skaits daļbaseinā pētījuma periodā (2007. – 2021. g.).

1.2. tabula. Daudzfaktoru regresijas analīzes rezultātu aprēķinu paraugs NO₃-N (*IBM SPSS Statistics 22*) 1. mēģinājums*

Model	x	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-4.824	7.046		-.685	
	Drproc	.029	.053	.584	.534	.647
	SL	-.704	.354	-.403	-1.986	.185
	CLCmaks	.054	.050	.500	1.080	.393
	CLCmezi	.033	.066	.606	.494	.671
	CLCmitr	-.056	.130	-.343	-.433	.707
	CLCuo	.103	.067	.411	1.539	.264
	Gr	.480	.378	.296	1.271	.332
	Mals	.349	.182	.669	1.919	.195
	Smilts	-.181	.335	-.319	-.540	.643
	Malsmil	.168	.099	.780	1.690	.233
	Smiltsm	.046	.090	.362	.512	.659
	DZVvid	6.691E-06	.000	.021	.106	.925

* 1. mēģinājums ar visām faktoriālajām pazīmēm (pazīmes, kuras nav redzamas 1.2. tabulā, programmas IBM SPSS Statistics 22 aprēķinu ietvaros, pazīmes tiek izslēgtas automātiski. Manuāli tiek izslēgta faktoriālā pazīme vidējais dzīvnieku vienību skaits daļbaseinā pētījuma periodā (2007. – 2021. g.) (DZVvid) ar lielāko p-vērtību (Sig.) 0.925.

1.3. tabula. **Daudzfaktoru regresijas analīzes rezultātu aprēķinu paraugs NO₃-N (IBM SPSS Statistics 22) 2. mēģinājums***

Model	x	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
2	(Constant)	-.153	4.970		-.031	
	Drproc	.028	.044	.579	.646	.564
	SL	-.710	.285	-.407	-2.494	.088
	CLCmaks	.054	.041	.502	1.325	.277
	CLCmezi	.032	.054	.590	.590	.597
	CLCmitr	-.056	.107	-.340	-.523	.637
	CLCuo	.100	.049	.397	2.042	.134
	Gr	.429	.365	.264	1.176	.324
	Mals	.302	.098	.578	3.074	.054
	Smilts	-.217	.210	-.383	-1.037	.376
	Malsmil	.119	.130	.554	.921	.425
	Purvs	-.046	.074	-.250	-.624	.577

* 2. mēģinājums, manuāli tiek izslēgta faktoriālā pazīme zemes lietojuma veids: mitrzemju (purvu) īpatsvars daļbaseinā (CLCmitr) ar lielāko p-vērtību (Sig.) 0.637.

1.4. tabula. **Daudzfaktoru regresijas analīzes rezultātu aprēķinu paraugs NO₃-N (IBM SPSS Statistics 22) 3. mēģinājums***

Model	x	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
3	(Constant)	-5.744	14.213		-.404	
	Drproc	.028	.044	.579	.646	.564
	SL	-.710	.285	-.407	-2.494	.088
	CLCmaks	.110	.132	1.020	.832	.467
	CLCIs	.056	.107	1.085	.523	.637
	CLCmezi	.088	.146	1.623	.601	.590
	CLCuo	.156	.131	.619	1.190	.320
	Gr	.429	.365	.264	1.176	.324
	Mals	.302	.098	.578	3.074	.054
	Smilts	-.217	.210	-.383	-1.037	.376
	Malsmil	.119	.130	.554	.921	.425
	Purvs	-.046	.074	-.250	-.624	.577

* 3. mēģinājums, manuāli tiek izslēgta faktoriālā pazīme zemes lietojuma veids: lauksaimniecības platību īpatsvars daļbaseinā (CLCIs) ar lielāko p-vērtību (Sig.) 0.637.

1.5. tabula. **Daudzfaktoru regresijas analīzes rezultātu aprēķinu paraugs NO₃-N (IBM SPSS Statistics 22) 4. mēģinājums***

Model	x	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
4	(Constant)	1.386	3.622		.383	
	Drproc	.014	.031	.290	.455	.673
	SL	-.640	.227	-.367	-2.816	.048
	CLCmaks	.043	.032	.402	1.358	.246
	CLCmezi	.015	.039	.274	.380	.723
	CLCuo	.092	.042	.365	2.187	.094
	Gr	.266	.171	.164	1.552	.196
	Mals	.329	.075	.631	4.406	.012
	Smilts	-.131	.117	-.231	-1.120	.325
	Malsmil	.056	.041	.259	1.364	.244
	Purvs	-.081	.027	-.442	-3.064	.038

* 4. mēģinājums, manuāli tiek izslēgta faktoriālā pazīme zemes lietojuma veids: mežu un dabisko platību īpatsvars daļbaseinā (CLCmezi) ar lielāko p-vērtību (Sig.) 0.723.

1.6. tabula. **Daudzfaktoru regresijas analīzes rezultātu aprēķinu paraugs NO₃-N (IBM SPSS Statistics 22) 5. mēģinājums***

Model	x	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
5	(Constant)	2.731	.717		3.808	
	Drproc	.003	.006	.053	.430	.685
	SL	-.642	.207	-.368	-3.102	.027
	CLCmaks	.032	.010	.297	3.116	.026
	CLCuo	.084	.033	.333	2.545	.052
	Gr	.262	.156	.161	1.681	.154
	Mals	.318	.062	.609	5.093	.004
	Smilts	-.150	.096	-.264	-1.557	.180
	Malsmil	.046	.030	.215	1.564	.179
	Purvs	-.083	.024	-.452	-3.511	.017

* 5. mēģinājums, manuāli tiek izslēgta faktoriālā pazīme drenēto platību īpatsvars daļbaseinā (Drproc) ar lielāko p-vērtību (Sig.) 0.685.

1.7. tabula. Daudzfaktoru regresijas analīzes rezultātu aprēķinu paraugs NO₃-N (IBM SPSS Statistics 22) 6. mēģinājums*

Model	x	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
6	(Constant)	2.812	.644		4.370	.005
	SL	-.659	.189	-.378	-3.487	.013
	CLCmaks	.032	.010	.297	3.362	.015
	CLCuo	.083	.031	.331	2.726	.034
	Gr	.240	.137	.148	1.753	.130
	Mals	.329	.053	.630	6.218	.001
	Smilts	-.138	.086	-.243	-1.611	.158
	Malsmil	.047	.028	.218	1.704	.139
	Purvs	-.089	.018	-.485	-4.977	.003

* 6. mēģinājums, manuāli tiek izslēgta faktoriālā pazīme augsnes granulomentriskais sastāvs: smilšanu augšņu īpatsvars daļbaseinā (Smilts) ar lielāko p-vērtību (Sig.) 0.158.

1.8. tabula. Daudzfaktoru regresijas analīzes rezultātu aprēķinu paraugs NO₃-N (IBM SPSS Statistics 22) 7. mēģinājums*

Model	x	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
7	(Constant)	-10.962	8.283		-1.324	.234
	SL	-.660	.189	-.378	-3.493	.013
	CLCmaks	.032	.010	.298	3.362	.015
	CLCuo	.084	.031	.332	2.724	.034
	Gr	.375	.180	.231	2.092	.081
	Mals	.469	.084	.898	5.571	.001
	Malsmil	.185	.104	.859	1.774	.126
	Smiltsm	.138	.086	1.082	1.610	.159
	Purvs	.048	.079	.262	.614	.562

* 7. mēģinājums, manuāli tiek izslēgta faktoriālā pazīme augsnes granulomentriskais sastāvs: purva (kūdras) augšņu īpatsvars daļbaseinā (Purvs) ar lielāko p-vērtību (Sig.) 0.562.

1.9. tabula. Daudzfaktoru regresijas analīzes rezultātu aprēķinu paraugs NO₃-N (IBM SPSS Statistics 22) 8.mēģinājums*

Model	x	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
8	(Constant)	-5.99	1.63		-3.67	0.01
	SL	-0.68	0.18	-0.39	-3.87	0.01
	CLCmaks	0.03	0.01	0.29	3.48	0.01
	CLCuo	0.07	0.02	0.29	3.05	0.02
	Gr	0.30	0.12	0.18	2.44	0.04
	Mals	0.43	0.05	0.82	9.17	0.00
	Malsmil	0.12	0.03	0.58	3.86	0.01
	Smiltsm	0.09	0.02	0.68	5.24	0.00

* 8. mēģinājums, p-vērtības visām faktoriālajām pazīmēm ir < 0.05.