



KLIIMAMINISTEERIUM



Kaasrahastanud
Euroopa Liit

LIFE IP CleanEST (C.8)
Aidu karjääri ja Narva karjääri
tranšee 13 suurte veekogude täiendav
uuring 2025

Tallinn 2026

Töö nimetus:

LIFE IP CleanEST (C.8). Aidu karjääri ja Narva karjääri tranšee 13 suurte veekogude täiendav uuring 2025.

Töö autorid:

Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ:

hüdrogeoloog Indrek Tamm ja hüdrobioloogid Urmas Anijalg, Tõnu Feldmann, Katrit Karus, Urmas Kruus, Ronald Laarmaa, Madara Medne-Peipere, ja Lilian Metsavas.

Keskkonnaagentuur:

kalanduse spetsialistid Einar Kärgerberg ja Mart Thalfeldt.

Töö tellija:

Kliimaministeerium, LIFE IP CleanEST partnerlusleping 4–6/50/9

Aruanne on valminud LIFE IP CleanEST projekti raames, mida rahastavad Euroopa Komisjoni LIFE programm ja Eesti riik. LIFE programmi rahastusleping nr LIFE17 IP/EE/000007. Aruanne kajastab autori seisukohti ja Euroopa Komisjon ei vastuta sisu kasutamise eest.

Sisukord

Summary	5
1 Sissejuhatus ja uuringu eesmärk.....	7
2 Veekogude hüdrobioloogilised näitajad	13
2.1 Metoodika, hüdrobioloogilised näitajad	14
2.2 Aidu karjäär	19
2.2.1 Tulemused Aidu uuringupunktides	19
2.3 Narva karjääri tranšee 13	26
2.3.1 Tulemused Narva karjääri tranšee 13 uuringupunktides.....	26
2.4 2025. aasta uuringutulemuste võrdlus varasema uuringuga[1].....	32
2.5 Hüdrobioloogiliste näitajate kokkuvõte	35
3 Vee keemilised näitajad	37
3.1 Metoodika	37
3.2 Vee füüsikalise-keemiliste üldtingimuste näitajate tulemused	39
3.3 Raskmetallid	42
3.4 Vee keemiliste näitajate kokkuvõte	47
4 Kalastiku uuring	49
4.1 Materjal ja metoodika	49
4.2 Narva karjääri tranšee 13 kalastik.....	51
4.2.1 Võrgupüügid	51
4.2.2 Elektripüügid	52
4.2.3 Maimunoodapüügid.....	52
4.2.4 Marmorvähi seire.....	53
4.3 Narva karjääri tranšee 13 veeparameetrid	54
4.3.1 Käsitsi mõõtmised	54
4.3.2 Pidevseire logeritega.....	54
4.4 Aidu karjääri kalastik	57
4.4.1 Võrgupüügid	57
4.4.2 Elektripüügid	57
4.4.3 Võldase esinemine	58
4.5 Aidu karjääri veeparameetrid.....	59
4.5.1 Käsitsi mõõtmised	59
4.5.2 Eraldatud veekogud	59
4.5.3 Väljavoolukanal	60
4.5.4 Üldised mustrid	60
4.6 Kalastiku arutelu, järeldused ja soovitused	61
4.6.1 Järeldused.....	63
4.6.2 Soovitused	64
5 Kokkuvõte.....	65
6 Kirjanduse viited.....	67

Joonised

Joonis 1. Aidu karjääriala keskkonnaregistri veekogud ja Aidu sõudekanal ning juunis 2021 mõõdetud veetaseme absoluutkõrgused (m, EH2000 kõrgussüsteem) [5].	8
Joonis 2. Juunis 2021 mõõdetud veetaseme absoluutkõrgused (m, EH2000 kõrgussüsteem) Narva karjääri tranšee 13 alal moodustunud veekogudes [5].	9
Joonis 3. Proovikohtade paiknemine Aidu (A) ja Narva (B) karjäärides 2025.	14
Joonis 4. Aidu karjääri metazooplanktoni arvukus (ZA) ja liikide arv (ZLA) proovipunktides 2025. aastal.	20
Joonis 5. Aidu karjääri metazooplanktoni biomass (ZBM) ja liikide arv (ZLA) proovipunktides 2025. aastal.	21
Joonis 6. Narva karjääri tranšee 13 metazooplanktoni arvukus (ZA) ja liikide arv (ZLA) proovipunktides 2025.	27
Joonis 7. Narva karjääri tranšee 13 metazooplanktoni biomass (ZBM) ja liikide arv (ZLA) proovipunktides 2025.	27
Joonis 8. Aidu ja Narva karjääride fütoplanktoni taksonite arvu ja biomassi võrdlus aastatel 2020 ja 2025.	32
Joonis 9. Pinnavee proovivõtukohtad 2025 Aidu ja tranšee 13 ala veekogudes.	37
Joonis 10. Aidu (SJB3492000) ja tranšee 13 Mustanina karjääri (SJB3500000) väljavoolude füüsikalise-keemiliste üldtingimuste näitajate muutused 2019-2025.	39
Joonis 11. Sulfaadi sisalduse muutused 2019-2025.	41
Joonis 12. Nikli ja molübdeeni sisaldused (µg/l) Aidu (SJB3492000) ja tranšee 13 Mustanina karjääri (SJB3500000) väljavooludes 2019-2025.	42
Joonis 13. Aidu ja tranšee 13 Mustanina karjääri veekogude nikli sisaldused uuringupunktides aastatel 2020 ja 2025.	43
Joonis 14. Nikli sisaldused 2025 põhjaveekogumite seires ja Viivikonna uues tranšeeveekogus	46
Joonis 15. Narva karjääri tranšee 13 ala uuringukohtad 2025.	51
Joonis 16. Aidu karjääri ala uuringukohtad 2025.	57

Tabelid

Tabel 1. Aidu alal olevad keskkonnaregistri veekogud ja Aidu sõudekanal.	7
Tabel 2. Aidu ja Narva karjääri tranšee 13 uuringus proovikohtade koordinaadid 2025. aastal	13
Tabel 3. Zooplanktoni biomassi ja arvukuse hindamise skaala	16
Tabel 4. Proovipunktide ja nende ümbruses veetaimestiku seirealade koordinaadid Aidu ja Narva karjääride alal 2025.	16
Tabel 5. Aidu karjääri elustiku koondnäitajad 2025. aastal	19
Tabel 6. Aidu karjääri proovipunktide metazooplanktoni üldkarakteristikud 2025. aastal.	20
Tabel 7. Aidu karjääri proovipunktides 2025. aastal leitud indikaatorliigid A. Mäemetsa [19] klassifikatsiooni alusel (OM – oligo-mesotroofsuse indikaator; ME – meso-eutroofsuse indikaatorliik)	21
Tabel 8. Aidu karjääri vaatlusalade suurtaimestiku näitajad 2025. aastal	23
Tabel 9. Aidu karjääri fütobentose kvaliteedinäitajad 2025. aastal	24
Tabel 10. Aidu karjääri suurselgrootute kvaliteedinäitajad 2025. aastal.	24
Tabel 11. Narva karjääri tranšee 13 elustiku näitajad 2025	26
Tabel 12. Narva karjääri tranšee 13 proovipunktide metazooplanktoni üldkarakteristikud 2025.a	26
Tabel 13. Narva karjääri tranšee 13 proovipunktides 2025. aastal leitud indikaatorliigid A. Mäemetsa [19] klassifikatsiooni alusel (OM – oligo-mesotroofsuse indikaator; ME – meso-eutroofsuse indikaatorliik)	28
Tabel 14. Narva karjääri tranšee 13 vaatlusalade suurtaimede näitajad 2025	29
Tabel 15. Narva karjääri tranšee 13 fütobentose kvaliteedinäitajad 2025. aastal	30
Tabel 16. Narva karjääri tranšee 13 suurselgrootute kvaliteedinäitajad 2025.	32
Tabel 17. Aidu ja Narva karjääride veetaimestiku 2020. ja 2025. aasta liigilise koosseisu võrdlus sarnasusindeksi (K) alusel.	33
Tabel 18. Aidu karjääri suurselgrootute kvaliteedinäitajad 2020. ja 2025. aastal.	34
Tabel 19. Narva karjääri suurselgrootute kvaliteedinäitajad ja seisundihinnangud 2020. ja 2025. aastal.	34
Tabel 20. Aidu karjääri ja tranšee 13 Mustanina karjääri veekogude näitajad 2020 ja 2025	40
Tabel 21. Biosaadava nikli sisaldused Bio-met 5 ja PNEC-pro V6 arvu tulumudelites	45

Aruande lisad

Lisa 1. Veeanalüüside tulemused

Lisa 2.1-2.5 Elustiku analüüsitulemused

Lisa 3.1-3.4 Kalastiku analüüsitulemused ja mõõtmised

Summary

This report presents the 2025 supplementary survey of the large artificial water bodies formed in the closed Aidu oil shale quarry and the Narva Quarry Trench 13 area. These water bodies, created after the cessation of mining and subsequent flooding, have developed into ecologically significant habitats whose condition is shaped by surface- and groundwater hydrological connectivity, water chemistry, and ongoing natural processes in the post-mining landscape.

The study revisits and expands upon the 2020–2021 LIFE IP CleanEST investigations, aiming to assess how the ecological status of these young quarry lakes is evolving. The report evaluates hydrobiological indicators (phytoplankton, zooplankton, macrophytes, phytobenthos, macroinvertebrates), water chemistry—including priority substances such as nickel—and fish communities.

The ecological potential of the water bodies in the Aidu and Narva quarries is still in the process of forming, but their development shows notable differences. These differences arise from the hydrological regime, water quality, depth, and the leaching of minerals within the quarry areas.

In Aidu, the water bodies remain strongly stratified, with anaerobic deep layers and elevated mineral content. Nickel concentrations continue to exceed environmental quality standards in deeper layers, though bioavailability modelling suggests that only part of the measured nickel poses ecological risk. Biological communities reflect oligotrophic to mesotrophic conditions: phytoplankton diversity is high, zooplankton biomass remains low, and macrophyte assemblages are dominated by charophytes and typical pioneer species. Benthic diatom indices indicate very good ecological conditions, while macroinvertebrate communities show high taxonomic richness and sensitive taxa, suggesting improving habitat quality.

In Narva Trench 13, the main quarry lake is less stratified and maintains aerobic conditions throughout most of the water column. Nickel concentrations remain below regulatory thresholds, though molybdenum slightly exceeds groundwater guideline values without posing ecological risk. Biological indicators show a developing but stable community: phytoplankton biomass is higher than in Aidu, zooplankton abundance is high, and macrophyte diversity is moderate. Benthic diatom indices again indicate good ecological status, and macroinvertebrate communities include numerous sensitive species.

The fish community survey confirmed that both water bodies are still in the process of developing their fish fauna. In Aidu, the spread of fish is limited by oxygen deficiency in the deeper layers, whereas in the main water body of Narva Quarry Trench 13 the oxygen conditions are more stable and the fish community is more diverse.

The fish survey results show that fish species native to the region are capable of independently colonising quarry lakes when suitable connectivity is ensured. Therefore, improving habitat quality and ensuring connectivity is estimated to be a more effective measure than active fish stocking. In shaping the fish communities of quarry lakes, natural colonisation should be preferred, with the main focus placed on improving habitat quality and waterbodies connectivity. The results of this study do not indicate a need for active fish stocking.

In Aidu, bullhead was recorded, which is an indicator of good ecological status. Considering the species protected status and the rarity of its lake-dwelling forms, maintaining a stable water level in the quarry lakes of the Aidu mining area is an important nature conservation objective for preserving bullhead habitats.

Overall, the 2025 results confirm that both quarry lake systems continue to mature ecologically. Water chemistry remains strongly influenced by geological and hydrogeological processes, particularly in

Aidu, where nickel mobilization persists in deeper anaerobic layers. Nevertheless, biological quality elements generally show good or very good status, and fish communities are present and expanding.

The findings support the conclusion that these artificial water bodies are progressing toward stable, functioning ecosystems with increasing ecological value, while also highlighting the need for continued monitoring of metal concentrations and long-term hydrochemical trends.

1 Sissejuhatus ja uuringu eesmärk

Põlevkivi kaevandamise tulemusel kujunenud veega täitunud karjäärid moodustavad Ida-Virumaal ulatusliku tehispäritolu veekogude võrgustiku (joonistel 1, 2 ja 14). Aja jooksul võivad sellised kaevandatud ja korrastatud ala elupaikade mitmekesisuse jaoks väga vajalikud veekogud kujuneda olulisteks elupaikadeks nii kaladele kui ka teistele vee-elustiku rühmadele. Samas sõltub nende veekogude ökoloogiline väärtus suurel määral veekogude morfoloogiast, ühendatusest teiste veekogudega ning vee füüsikalise-keemilistest omadustest.

Põlevkivi kaevandamise tagajärjel toimuvad põhjavee keemilise koostises muutused mis mõjutavad ka kaevandatud alal tekkivaid pinnaveekogusid. Põlevkivikarjäärade põhjaveetase ja karjääriveekogude veetasemed langevad hästi kokku ning pinna- ja põhjavesi moodustavad siin hüdrauliselt seotud süsteemi [5], milles põhjavee omadused suuresti kujundavad ja määravad pinnaveekogude veekvaliteedi.

Esimene kalastiku ja veeparameetrite uuring viidi Aidu karjääris ja Narva karjääri tranšee 13 alal Eesti Loodushoiu Keskuse poolt läbi 2020. aastal [1]. Selle eesmärk oli hinnata kujunenud karjääriveekogude sobivust kalade elupaigana ning selgitada kalastiku kujunemist mõjutavaid tegureid. Uuringu tulemused näitasid, et mõlemas veekogus oli kalastik juba olemas ja jätkuvas muutumisprotsessis, kuid selle koosseis, arvukus ja ruumiline jaotus olid tugevalt seotud veekogude hapnikurežiimi ja elupaikade struktuuriga. Eriti ilmnas sügavamates veekihtides hapnikupuudusest tingitud piiranguid, mis vähendasid kaladele sobiva elupaiga ulatust.

Karjääridel veekogudel on oluline roll kaevandatud aladel mitmekesiste elupaikade kujunemisel ja selle ala ühiskonnale täisväärtuslikuks loodushüvesid pakkuvaks ökosüsteemiks muutmisel. Alljärgnevalt on toodud varasemate LIFE IP CleanEST karjääriveekogude uuringute ja probleemistiku lühikülevaade.

Aidu karjääri alal kaevandamisel vee väljapumpamise lõpetamise järel (26.08.2012) väljaveotranšeedes kujunenud ning rajatud Aidu sõudekanali veekogud (tabel 1, joonis 1) saavutasid projekteeritud veetaseme absoluutkõrguse¹ ca 42 m mais 2014. Aidu sõudekanal, Aidu järv (VEE2014500) ja veekogud VEE2014510 ja VEE2014590 moodustavad omavahel ühendatud veekogusüsteemi pindalaga 236 ha, mille vesi voolab Ojamaa jõe (1068700_1) kaudu Purtse_2 (1068200_2) vooluveekogumisse.

Aastasisene veetaseme kõikumise amplituud Aidus oli ca 0.3–0.6 m (VEE2014540 taseme järgi, aastad 2015–2018), 2019–2021 mõõdetud vooluhulgad väljavoolus olid 99–1929 l/s, keskmiselt 1000 l/s [7]. Välja arvatud Aidu sõudekanal, on ülejäänud keskkonnaregistris olevate tehisveekogude kohta kirjas: ei ole avalik ega avalikult kasutatav.

Tabel 1. Aidu alal olevad keskkonnaregistri veekogud ja Aidu sõudekanal

Keskkonnaregistri kood	Pindala ha	Nimi või nr aruandes	Umbjärv
VEE2014600	15.9	Aidu-Sooküla järv	Jah
Seisuveekogu, mis ei ole seotud Keskkonnaregistriga (ETAK)	39.1	Aidu sõudekanal	Ei
VEE2014500	131.3	Aidu järv	Ei
VEE2014530	1.8	12	Jah
VEE2014520	1.5	11	Jah
VEE2014510	41.7	9	Ei
VEE2014540	7.9	8	Jah
VEE2014550	3.3	7	Jah
VEE2014570	1.7	6	Jah

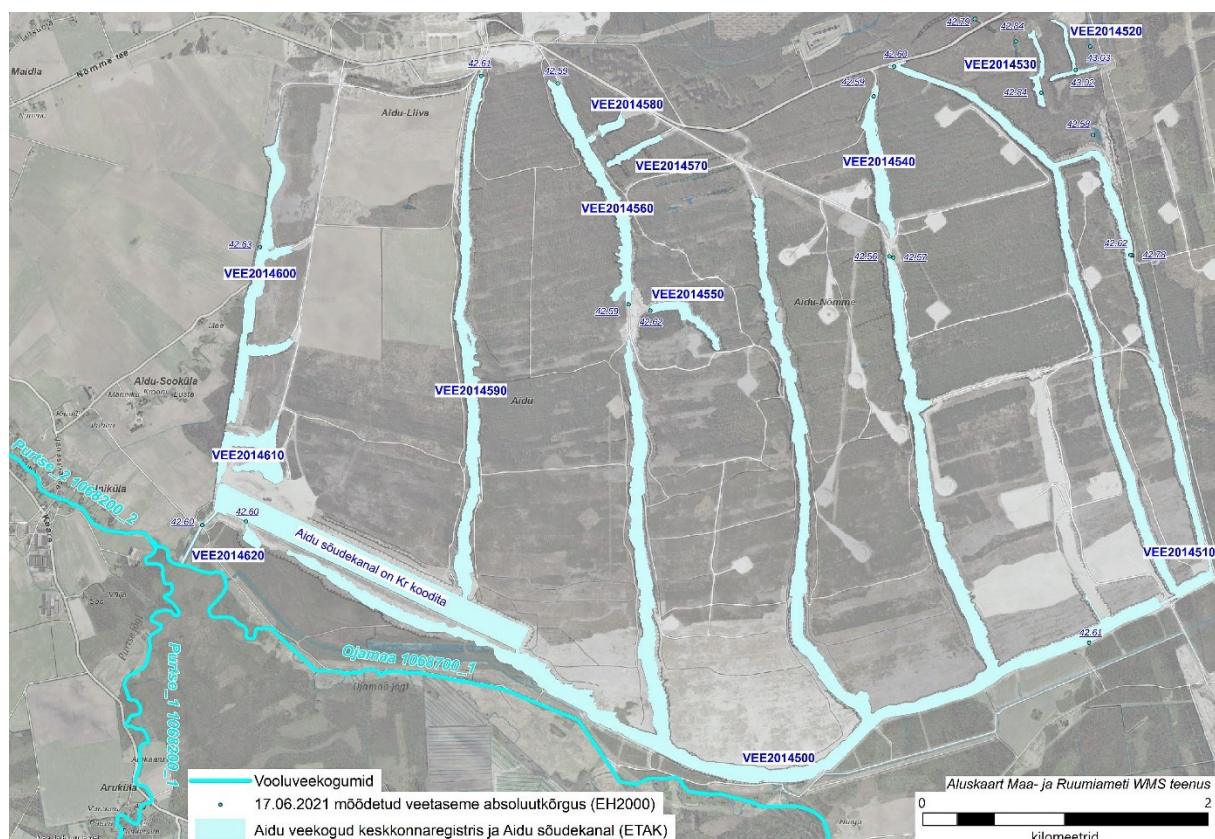
¹ BK77 absoluutkõrguse järgi, praegu kehtivas EH2000 kõrgussüsteemis ca 42.18 m.

Keskkonnaregistri kood	Pindala ha	Nimi või nr aruandes	Umbjärv
VEE2014580	1.1	5	Jah
VEE2014560	13.6	4	Jah
VEE2014590	23.6	3	Ei
VEE2014620	1	2	Jah*
VEE2014610	8.9	1	Jah

*Eraldiseisvana keskkonnaregistris olev järv VEE2014620 on siiski ühenduses Aidu järvega (VEE2014500). Sinakashalliga lahtrid tähistava järvi, mis moodustavad omavahel ühendatud veekogu.

Narva karjääri tranšee 13 alal kaevandamisel vee väljapumpamise lõpetamise järel (01.02.2016) väljaveotranšeedes moodustunud veekogu (Mustanina karjäär, VEE2028170, varasemates LIFE IP CleanEST aruannetes ka kui „Rästikmetsa järv“) saavutas projekteeritud veetaseme absoluutkõrguse² ca 25.5 m aprillis 2017. Lisaks tekkis karjääri tagasitäite puistanguala madalamates kohtades palju väikeveekogusid ja märgalasi (joonis 2).

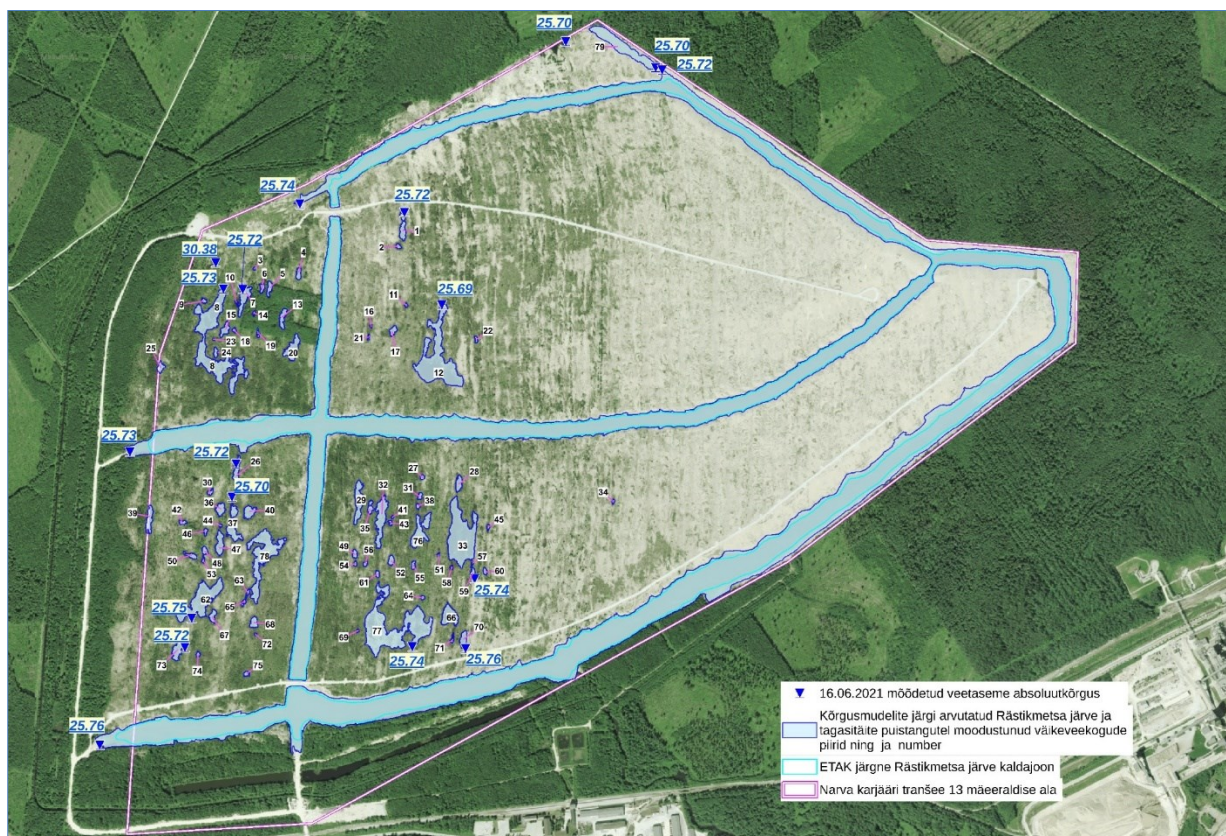
Narva karjääri tranšee 13 suur (pindala veidi üle 50 ha, EELIS-es on pindala siiani väiksem, ilmselt täitumisaegne) tehisveekogu (aruandes ka kui põhiveekogu) ei ole avalik ega avalikult kasutatav ning on isevoolse väljalasu abil ühendatud Metsküla oja (VEE1064700) alamjooksuga, mis suubub Mustajõkke (VEE1063800) ja sealt edasi Narva jõkke. Metsküla oja kuulub Mustajõgi 1063800_1 veekogumisse. Aastasisene veetaseme kõikumise amplituud Mustanina karjääri tehisveekogus on ca 0.3–0.5 m (mõõtmised kord kuus 2018–2020). Mõõdetud vooluhulgad väljavoolus aastatel 2019–2020



olid 17–256 l/s, keskmiselt 91 l/s [7].

Joonis 1. Aidu karjääriala keskkonnaregistri veekogud ja Aidu sõudekanal ning juunis 2021 mõõdetud veetaseme absoluutkõrgused (m, EH2000 kõrgussüsteem) [5].

² BK77 absoluutkõrguse järgi, praegu kehtivas EH2000 kõrgussüsteemis ca 25.68 m.



Joonis 2. Juunis 2021 mõõdetud veetaseme absoluutkõrgused (m, EH2000 kõrgussüsteem) Narva karjääri tranšee 13 alal moodustunud veekogudes [5].

Veekvaliteet. Aidu ja Narva karjääri tranšee 13 alal moodustunud suurtest tehisveekogudest toimub vee väljavool isevoolsetes väljalaskmetes pinnaveena, kuid tehisveekogude ja väljalaskme veekvaliteedi määrab suur põhjavee osakaal.

Aidu sõudekanaliga ühendatud veekogudele oli 2020 aasta uuringu ajal iseloomulik vee kihistumine, alates 5–6 m sügavuselt algas lahustunud hapnikuta vesi, pinnakihi pH 7.6–7.7, sügaval pH 6.6–6.7 ja sügavuse suurenedes oli jälgitav oluline elektrijuhtivuse suurenemine. Aidust väljavoolav vesi (SJB3492000) oli suure kareduse (22–31 mg-ekv/l), elektrijuhtivuse (1956–2440 $\mu\text{S}/\text{cm}$) ja sulfaatide sisaldusega (1100–1500 mg/l), vee pH oli 7.7–8.2. Vee füüsikalise-keemilised kvaliteedinäitajad ($N_{\text{üld}}$, $P_{\text{üld}}$, $\text{NH}_4\text{-N}$, pH, BHT_5) vastasid vooluveekogumite väga hea ökoloogilise seisundiklassile, s.h lahustunud hapniku küllastusaste, kuna väljavool toimub pindmisest veekihi [7].

Narva karjääri tranšee 13 alal oli 2020. aasta uuringu ajal vesi oluliselt kihistumata, aeroobne ja pH 7.7–8.0. Vee hapnikusisaldus muutus kalastikule ebasoodsaks alles ca 8 m sügavusel, kuid ei vähenenud uuringu ajal alla 3.7 mg/l [1]. Narva karjääri tranšee 13 ala tehisveekogust Mustanina karjäär Metsküla ojasse väljavoolu (SJB350000) vesi oli suure kareduse (16–18 mg-ekv/l), elektrijuhtivuse (1451–1664 $\mu\text{S}/\text{cm}$) ja sulfaatide sisaldusega (670–790 mg/l), vee pH oli 8.0–8.3 [7]. Vee füüsikalise-keemilised kvaliteedinäitajad ($N_{\text{üld}}$, $P_{\text{üld}}$, $\text{NH}_4\text{-N}$, pH, BHT_5) vastasid vooluveekogumite väga hea ökoloogilise seisundiklassile, s.h lahustunud hapniku küllastusaste kuna väljavool toimub pindmisest veekihi [7].

Nikli probleemistik. Uue probleemina Eestis täheldati LIFE IP CleanEST alategevuse C.8 raames põlevkivi kaevandatud aladel tekkinud isevoolsete väljalaskmete veekvaliteedi uuringus [4] põlevkivikarjääride ja suletud allmaakaevanduste vees nikliühendite suuri sisaldusi. Ahtme, Tammiku ja Viru kaevanduse ning Aidu ja Kiviõli-Küttejõu karjääridest väljavoolavas vees oli nikli sisaldusi, mis

ületasid keskkonnaministri määrus nr 28 maismaa pinnavee³ nikli AA-EQS väärtust 4 µg/l. Kõrgeimad olid nikli sisaldused Aidu karjäärilalt ja Viru kaevandusest väljavoolavas vees, mis mõlemad olid suhteliselt vähe aega olnud veega täitunud.

Eesti põhjaveekihides on nikli sisaldused enamasti madalad⁴, vaid Devoni veekihtides on teada sagedasemad keskkonnaministri 04.09.2019 määruse⁵ nr 39 põhjavee künnisarvu (10 µg/l) ja pinnaveekogude nikli ja selle ühendite aastakeskmise piirväärtuse (AA-EQS) 4 µg/l ületamised [3]. Aastal 2021 analüüsiti põhjaveekogumite seire käigus nikli sisaldusi kõikides Ordoviitsiumi Ida-Viru ja Ida-Viru põlevkivibasseini põhjaveekogumite seirejaamades ja nikli sisaldused väljaspool põlevkivi kaevandamisala olid alla 4 µg/l.

Nikliprobleemi ja selle ulatuse täpsustamiseks võeti augustis 2020.a. Aidu veekogude süsteemi veekogudes 29 uuringukohast 44 veeproovi ja septembris 2020.a. Narva karjääri tranšee 13 alal 15 uuringukohast 23 veeproovi [3]. Veekogude sügavamatel aladel võeti pindmine veeproov 1 m sügavuselt ja teine veeproov ca 1.5 m veekogu põhjast. Veekogu põhjakihis vee temperatuuri, pH, elektrijuhtivuse⁶ ja hapniku sisalduse mõõtmisi tehti ka neis uuringukohtades, kus võeti vaid üks veeproov pinnakihist. Aidus analüüsiti Ni, As, Ba ja Mn ning Narva karjääri tranšee 13 alal lisaks ka sulfiidide sisaldused [3].

Nikli sisaldus Aidu veekogude pindmises veekihis oli 1.9–14 µg/l (keskmise 8 µg/l), sügavamalt võetud veeproovides 4.1–54 µg/l (keskmise 28 µg/l). Keskkonnaministri määrus nr 28 maismaa pinnaveekogude nikli ja selle ühendite aasta keskmise keskkonnakvaliteedi piirväärtus AA-EQS 4 µg/l oli ületatud 39-s veeproovis. Nikli ja selle ühendite pinnavee keskkonnakvaliteedi piirväärtus (MAC-EQS) 34 µg/l oli Aidus ületatud kuues sügavalt võetud veeproovis [3].

Suurim lubatud keskkonnakvaliteedi piirväärtus MAC-EQS vastab sellisele aine kontsentratsioonile, mille isegi ühekordne doos on elustikule pöördumatuid kahjustusi tekitava mõjuga või isegi surmav.

Nikli sisaldused olid Aidus suuremad madalama pH ja temperatuuri juures sügavas vees, kus valitsevad anaeroobsed tingimused ning on kõrgem elektrijuhtivus.

Aidu karjääri ümbritseva ala põhjavees oli nikli sisaldus kordades väiksem. Nikli sisaldus veega täitunud Kohtla kaevandusest Aidu veekogudesse juurdevoolavas põhjavees oli 4.2–6.2 µg/l (aastatel 2020–2021, proovid kaldaallikast). Kuna ligi pool Aidu alalt väljavoolavast veest pärineb Kohtla kaevandusest, oli põhjavee juurdevoolu suurest osakaalust johtuv väiksem nikli sisaldus (ka väiksemad elektrijuhtivus ja veetemperatuur) jälgitav ka Aidu idapoolseimas tranšeeveekogu vees.

Nikli ja selle ühendite sisalduse oluline suurenemine toimub Aidu karjääri piires ja kõrgeid niklisisaldusi saab seostada korrastatud karjäärilal praegu toimuvate looduslike protsessidega, mis muudavad nikli ja selle ühendid liikuvaks. Aastatel 2019–2021 oli nikli sisaldus Aidu tranšeeveekogudest Ojamaa jõkke (SJB3492000) väljavoolavas vees 9–16 µg/l, keskmine 12 µg/l [8].

³ Prioriteetsete ainete ja prioriteetsete ohtlike ainete nimekirj, prioriteetsete ainete, prioriteetsete ohtlike ainete ja teatavate muude saasteainete keskkonna kvaliteedi piirväärtused ning nende kohaldamise meetodid, vesikonnaspetsiifiliste saasteainete keskkonna kvaliteedi piirväärtused, ainete jälgimisnimekirjaga seotud tegevused. Keskkonnaministri 24.07.2019. a määrus nr 28.

⁴ Analüüsitulemused nikli kohta, mis põhjaveest on olemas, polnud sageli piisavalt informatiivsed põhjaveest toituva pinnavee kontekstis, sest kuni 2019. aasta lõpuni tehti kunagise Eesti Geoloogiakeskuse laboris põhjavee nikli analüüse määramispiiriga 5 µg/l.

⁵ Ohtlike ainete põhjavee kvaliteedi piirväärtused. Keskkonnaministri 04.09.2019 määrus nr 39. *Künnisarv näitab ohtliku aine sellist sisaldust põhjavees, millega võrdse või millest väiksema väärtuse korral loetakse piirkonna põhjavee kvaliteet heaks.*

⁶ 25 °C, EVS-NE 27888:1999

Nikli sisaldused Narva karjääri tranšee 13 ala veekogudes jäid alla 4 µg/l ja ka kohapeal proovivõtul mõõdetud näitajad sügavuse suurenedes oluliselt ei muutunud. Alal moodustunud väikeveekogude vesi oli sademevee lahjendava mõju tõttu oluliselt pehmem ja väiksema mineraalainete sisaldusega kui põhiveekogus.

Võrreldes Aiduga oli Narva karjääri tranšee 13 väljavoolu vees (SJB3500000) ületatud keskkonnaministri määrus nr 39 (Ohtlike ainete põhjavee kvaliteedi piirväärtused) põhjavee molübdeeni künnisarv 5 µg/l, piirarv 70 µg/l ületatud ei olnud, sisaldused olid 10–13 µg/l. Ohtlike ainete künnisarvu ületamise korral on vajalik hinnata ohtlikust ainest põhjustatavat ohtu põhjavee kasutajale ning ökosüsteemidele, lähtudes joogivee ning muudest põhjavee ning sellest sõltuva pinnavee kvaliteedi nõuetest. Molübdeeni sisaldust keskkonnaministri 24.07.2019 määrus nr 28 pinnavees ei limiteeri, sest veeorganismidele kahjulikud molübdeeni sisaldused on põhjavee künnisarvust oluliselt suuremad⁷.

Aidu suurte veekogude maksimumsügavused ja vanus olid 2020. aasta uuringu ajal ligi kaks korda suuremad kui Narva karjääri tranšee 13 alal ja peeti võimalikuks, et kõik tingimused nikli leostumiseks tagasitäite puistangutes polnud Narvas veel välja kujunenud [7].

Täpsustamaks LIFE IP CleanEST alategevuse C.8 käigus Eestis esmakordselt esilekerkinud nikli probleemistiku ulatust ja raskmetallide sisalduse ajalisi muutusi ning hindamaks nikli ja selle ühendite biosaadavust, võeti LIFE IP CleanEST projekti raames aastal 2021 täiendavad veeproovid mitmetest isevoolsetest veelaskmetest, kaevandus- ja pinnaveest ning arvutati nikli biosaadavus mudelite PNEC-pro V6, (<http://www.pnec-pro.com/>) ja Bio-met 5 (<https://bio-met.net/>) abil [8].

Nikkel ja selle ühendid on veekeskkonnale prioriteetne aine, kuid mitte prioriteetselt ohtlik aine. Euroopa Liidus oli kuni nikli ja selle ühendite riskihinnangu valmimiseni 2008 aastal nikli ja selle ühendite keskkonnakvaliteedi standardiks pinnavees 20 µg/l. Riskihinnangu valmimise järel sätestati nikli ja selle ühendite osas aasta keskmiseks keskkonnakvaliteedi piirväärtuseks AA-EQS 4 µg/l ja maksimaalne lubatud kontsentratsioon MAC-EQS on 34 µg/l. Seejuures tuleb nikli ja selle ühendite aasta keskmise keskkonnakvaliteedi piirväärtuse AA-EQS 4 µg/l puhul arvestada ohtlikkust veeorganismidele biosaadava kontsentratsioonina. Eestis sätestati biosaadava nikli ja selle ühendite aasta keskmise keskkonnakvaliteedi piirväärtus 4 µg/l alatest keskkonnaministri 30.12.2015 määruse nr 77 jõustumisest.

Seega tuleb maismaa pinnavees nikli sisalduse 4 µg/l ületamisel veekogu seisundihinnangul arvestada nikli ja selle ühendite biosaadavust. Biosaadavuse arvestamata jätmine tähendaks olukorda, et kogu analüüsitud metallikogus on hinnatud biosaadavaks veekogu seisundi hindamise võttes.

Kasutatud mudelite arvutustulemuste järgi oli biosaadava nikli piirväärtus 4 µg/l 2021 aasta proovides⁸ ületatud Aidu sügavate tranšeeveekogude põhjakihtides, ühes Aidu karjäärist vee väljavoolu proovis Ojamaa jõkke ning ühes Viru kaevanduse väljavoolu veeproovis. Biosaadava nikli arvutustulemustesse tuleb suhtuda kui indikaativsetesse, sest Euroopas väljatöötatud biosaadavuse mudelid pole kavandatud kasutamiseks sedavõrd karedas vees.

⁷ Molübdeeni PNEC veeorganismidele on 11.9 mg/l <https://echa.europa.eu/et/registration-dossier/-/registered-dossier/15524/6/1>, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969717317734>

⁸ Nikli ja selle ühendite biosaadavuse arvutamiseks mudelitega peab lisaks niklile olema määratud karedust põhjustavad ühendid (Ca, Mg) ning pH ja DOC, neist oli DOC varasemates CleanEST uuringutes määramata.

Aastal 2021 Aidus Ojamaa jõega ühendamata veekogudest püütud kalades analüüsitud raskmetallide sisalduste järgi oli üle keskkonnaministri 24.07.2019 määruse nr 28 piirväärtuse (0.02 mg/kg) vaid elavhõbeda sisaldus.

Aidu lõunapoolse lõputranšee kõige sügavama ala settest võeti 06.10.2021 üks proov ka raskmetallide sisalduste määramiseks veekogu põhjavsetetest. Nikli ja teiste analüüsitud ohtlike ainete sisaldused vastasid keskkonnaministri 24.07.2019 määruse nr 28 nõuetele ja ka keskkonnaministri 28.06.2019 määruse nr 26 pinnase sihtarvu⁹ põhjasettes ei ületatud.

Septembris 2022.a. võeti Aidu ja Kohtla kaevanduse karjääri aladelt ning Ojamaa ja Purtse kaevandusveega alalt (võrdluseks) nikli sisalduse määramiseks makrofütides. Kuna võrdlusproovide proovivõtupaikades oli veetaimestik (konnarohi ja vesisammal) oluliselt erinev võrreldes karjäärialaga (kuuskhein, mändvetikad ja niitvetikad), ei saanud tulemusi asjakohaselt võrrelda. Täheleda võis väiksemaid nikli sisaldusi Aidust vanema ja madalamate veekogudega Kohtla kaevanduse karjääri alal (seal on ka nikli sisaldus vees väiksem).

Nikkel uuringukohtade vees on looduslikku päritolu, see võib olla liikunud veekogusse aeroobses keskkonnas kivimi murdepinnal sulfiidsete mineraalide (püriit) oksüdeerumisega kaasneva anaeroobse veekeskkonna tekkel. Tõenäoliselt võib pidada, et kivimist nikli liikuma pääsemise protsessides osalevad ka mikroorganismid.

Kui nikli kivimist liikuma pääsemise protsess sarnaneb püriidist vabaneva sulfaatide sisalduste muutustega¹⁰, võib sulfaadi analoogia põhjal pikemas ajaperioodis pidada tõenäoliselt nikli sisalduse vähenemist vees. Varasemate nikli analüüside puudumise tõttu on ebaselge, kas vähenemise algusaeg kattub sulfaatide sisalduse vähenemisajaga või toimub see hiljem. Sulfaadi vähenemine on olnud jälgitav 3–5 aasta pärast peale kaevanduse veega täitumist.

Kaevandamise lõppemisel põlevkivikarjääride alal kujunevatele suurtele tehisveekogudele laieneb Veepoliitika raamdirektiivi nõue tagada nende hea ökoloogiline potentsiaal. Selleks tuleb uurida vaadeldavate veekogude füüsikalisi-keemilisi üldtingimusi (FÜKE), zooplanktoni, fütobentost (FÜBE), suurtaimestikku (MAFÜ), suurselgrootuid (SUSE) ja vesikonnaspetsiifiliste saasteainete sisaldust (SPETS) ning keemilise seisundi (KESE) hindamisel prioriteetsete ja prioriteetsete ohtlike ainete sisaldust.

Eeltoodust lähtuvalt korraldati 2025 aastal Aidu ja Narva karjääri tranšee 13 suurtes veekogudes LIFE IP CleanEST projekti 2020–2021 aastal tehtud veekogude elustiku [1] ja veekvaliteedi uuringuid [3, 8] et mõista, kuidas elustik ja veekvaliteet on ajas muutunud neis noortes kujunemisjärgus olevates veekogudes.

Uuritud tehisveekogude ökoloogilise potentsiaali kvaliteedielemendid, -näitajad, klassipiirid, piirväärtused ning nende kombineerimise meetodika põhinevad keskkonnaministri 16.04.2020. a määrusel¹¹ nr 19 ja keskkonnaministri 24.07.2019 määrusel nr 28 ning Eesti pinnaveekogumite seisundihindamise täpsustatud meetodikal (M. Muna & A. Kovtun-Kante, 2021).

Käesolev aruanne koosneb kolmest alapeatükist: veekogude hüdrobioloogilised näitajad, vee keemilised näitajad ja kalastiku näitajad. Uuritud tehisveekogude hüdrobioloogiliste näitajate peatüki

⁹ Ohtlike ainete sisalduse piirväärtused pinnases. Keskkonnaministri 28.06.2019 määrus nr 26.

¹⁰ Aja jooksul sulfaatide sisaldused vähenevad, kuid jäävad kordades kõrgemaks võrreldes kaevandamise mõjuta või kaevandamiseelselt alal olnud sulfaatide sisaldusega.

¹¹ Pinnaveekogumite nimekiri, pinnaveekogumite ja territoriaalmeri seisundiklasside määramise kord, pinnaveekogumite ökoloogiliste seisundiklasside kvaliteedinäitajate väärtused ja pinnaveekogumiga hõlmamata veekogude kvaliteedinäitajate väärtused. Keskkonnaministri 16.04.2020. a määrus nr 19.

koostasid Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ Tartu osakonna hüdrobioloogid Urmas Anijalg, Tõnu Feldmann, Katrit Karus, Urmas Kruus, Ronald Laarmaa, Madara Medne-Peipere ja Lilian Metsavas. Vee keemilised näitajad peatüki koostas Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ peaspetsialist Indrek Tamm ja Aidu karjääri ja Narva karjääri tranšee 13 kalastiku uuringu Einar Kärnenberg ja Mart Thalfeldt Keskkonnaagentuurist.

2 Veekogude hüdrobioloogilised näitajad

Eesmärgiks oli kaevandamise lõpetamise järel põlevkivikarjäärides tekkinud varases arengujärgus olevate tehisjärvede ökoloogilise seisundi elementide muutuste kirjeldamine ja hindamine võrreldes 2020. aasta aruandes toodud tulemustega [1]. Selleks määrati 2025. aasta töös samad näitajad, järgides võimalusel sama proovivõtuala ja proovipunkti.

Võrreldavateks kvaliteedinäitajateks olid füto- ja zooplankton, suurtaimestik, fütobentos ning suurselgrootud. Elustiku proovide asukohad on toodud tabelis 2 ja joonisel 3.

Andmaks tulemustele üheselt mõistetavat sisu ja seda eelkõige indeksite puhul, hinnati neid (fütoplankton, suurtaimed ja suurselgrootud) lähtuvalt maismaa seisuveekogu tüüp S1 parameetritest (kalgiveeline järv)¹² ning eksperthinnangu põhjal (zooplankton) ja elustikurühma (fütobentos) üldistest seisundihinnangu põhimõtetest lähtuvalt. Suurtaimestikule, suurselgrootutele ja fütobentosele võimaldas seiresagedus anda seisundihinnangu nii käesoleval korral kui ka võrdluses eelmisega.

Tabel 2. Aidu ja Narva karjääri tranšee 13 uuringus proovikohtade koordinaadid 2025. aastal

Punkti nr./Koordinaadid	X	Y
Aidu karjäär (A)		
1	6578781	673305
2	6577584	675418
3	6577501	677631
4	6581334	679241
5	6576939	676891
Narva karjäär (B)		
1	6578356	718864
2	6577529	718272
3	6576830	719699
4	6577287	718520

¹² Pinnaveekogumite nimekiri, pinnaveekogumite ja territoriaalmere seisundiklasside määramise kord, pinnaveekogumite ökoloogiliste seisundiklasside kvaliteedinäitajate väärtused ja pinnaveekogumiga hõlmamata veekogude kvaliteedinäitajate väärtused. Keskkonnaministri 16.04.2020. a määrus nr 19. [WWW] <https://www.riigiteataja.ee/akt/121042020061> (27.02.2023).



Joonis 3. Proovikohtade paiknemine Aidu (A) ja Narva (B) karjäärides 2025.

2.1 Metoodika, hüdrobioloogilised näitajad

Fütoplanktoni proovid võeti 2025 aasta septembris, need koguti erinevatelt sügavustelt, lähtuti standardi EVS-EN 16698 nõuetest. Eristati kahte tüüpi proove – kvalitatiivsed, et määrata liigiline koosseis ja liikide arv ning kvantitatiivsed, et määrata biomassi näitajad.

Kogumisel ja filtreerimisel kasutati planktonvõrku silma suurusega 20 µm. Proovid fikseeriti Lugoli lahusega ja analüüsiti Läti Keskkonnalahenduste Instituudis (*Institute for Environmental Solutions*). Analüüsil kasutati Utermöhli metoodikat [13], mis põhineb standardil EVS-EN 16695.

Proovidest sadestati sõltuvalt fütoplanktoni arvukusest loenduskambris kas 3, 10, 25 või 50 ml. Suure arvukusega proove lahjendati enne sadestamist kraaniveega. Rakud loendati invertmikroskoobi abil. Biomass arvutati vetikate ruumalade mõõtmise kaudu, arvutamisel võeti vetikate erikaaluks 1. Fütoplanktonit iseloomustati järgmiste näitajate alusel: fütoplanktoni koondindeks (FKI) ja Pielou ühtluse indeks (J).

Fütoplanktoni koondindeksina kasutatakse Nygaardi [14] fütoplanktoni koondindeksit modifitseeritud kujul [15], kohandatuna Eesti oludele ja leitakse valemist:

$$\text{FKI} = \frac{\text{Cy} + \text{Chloroc} + \text{Centr} + \text{Eugl} + \text{Cryp} + 1}{\text{Desm} + \text{Chr} + 1} \quad (1)$$

Kus: Cy. – sinivetikad; Chloroc. – algrohevetikad; Centr. – ketasränivetikad; Eugl. – silmviburvetikad; Cryp. – neelvetikad; Desm. – ikkesvetikad; Chr. – koldvetikad.

Ühtluse indeks J^{13} arvutati Shannoni¹⁴ liigierisusindeksi kaudu järgmiselt:

$$J = \frac{H'}{H'_{\max}} \quad (2)$$

Kus: H' – Shannoni liigierisus

$H'_{\max}$ – teoreetiline liigierisus (biomass, mis jaguneks ühtlaselt proovis leitud liikide vahel).

Tulemuste esitamisel kirjeldatakse indeksite väärtusi maismaa seisuveekogu tüüp S1 seisundiklasside kriteeriumide alusel (Keskkonnaministri 16.04.2020. a määrus nr 19).

¹³ Pielou, E. C., 1975. Ecological diversity. New York.

¹⁴ Shannon, C., 1948. A mathematical theory of communication. Bell Syst. Tech. J. 27, 379–423/623–656.

Zooplankton. Metazooplanktoni proovid võeti septembris, vastavalt standardi EVS-EN 15110 nõuetele integraalselt erinevatelt sügavustelt batomeetriga karjääri sügavast piirkonnast. Proovi võtmisel filtreeriti 20 liitrit vett läbi 48 µm silma suurusega Apsteini planktonivõrgu ning fikseeriti Lugoli lahusega.

Edasisel analüüsimisel laboris järgiti kvantitatiivse analüüsi meetodeid [16]. Mikroskoopilisel analüüsil kasutati Bogorovi kambrit, taksonid määrati 40x või 100x suurenduse juures, koguproovist loendati kuni 3 alamproovi. Arvukus saadi zooplankterite loendamisel kindlas koguses vees. Biomassi määramiseks mõõdeti võimalusel 20 isendit igast liigist (vormist), pikkuste alusel arvutati zooplankterite individuaalsed kaalud [17, 18].

Loomade arvukuste ja kaalude põhjal arvutati zooplanktoni biomass. Nende meetodite põhjal leitud arvukusele ja biomassile anti hinnangud (tabel 3), eristati domineerivad taksonid (*Rotatoria*, *Copepoda*, *Cladocera*) ning nende protsentuaalne osakaal biomassist ja arvukusest. Hinnang liigilisele koosseisule ja selle muutustele ning dominantliikide indikaatorväärtused põhinevad peamiselt A. Mäemetsa loodud klassifikatsioonil [19], ent ka uuematel andmetel (sh. ekspertarvamusel).

Tabel 3. Zooplanktoni biomassi ja arvukuse hindamise skaala

Hinnang/Näitaja	Biomass, g/m ³	Arvukus, tuh. is/m ³
Madal	< 1	< 50
Keskmine	1 – 3	50 – 100
Kõrge	> 3	> 100

Hetkel puudub zooplanktonile, kui kvaliteedielemendile korrektne hindamise meetodika, mis arvestaks ja rakendaks Veepoliitika Raamdirektiivis sätestatud nõudeid. Seisundit hinnatakse ekspertarvamusega ning seda ei arvestata veekogu ökoloogilise seisundi koondhinnangu andmisel.

Suurtaimestik. Aidu karjääris seirati veetaimestikku 03.09.2025 ja Narva karjääris 10.09.2025. Mõlemas veekogus olid orienteeruvalt etteantud proovipunktide koordinaadid, millede läheduses seirati veetaimestikku mõnesajameetrisel lõigul (tabel 4) mõlemal kaldal, moodustades nii taimestiku seireala. Hinnangu andmiseks läbiti uuritavatel lõikudel kogu veetaimestikuga asustatud ala ja andmete kogumisel rakendati transektimeetodit (uuritav ala veepiirist kuni veetaimestiku maksimaalse levikusügavuseni).

Näitajatest registreeriti liigiline koosseis ja ohtrused ning maksimaalsed levikusügavused, eraldi hinnati suurte niitvetikate ohtrust. Veetaimestiku kirjeldamisel lähtuti ökoloogilistest rühmadest: kaldaveetaimed, ujulehtedega ja ujutaimed ning veesisesed taimed. Ohtrusi hinnati vastavalt Braun-Blanquet [20] skaalale (1-5), mille väärtused on järgmised: 1 – kohati üksikud taimed või väikesed kogumikud; 2 – siin-seal mõõdukalt hulgal; 3 – sageli kohatav, keskmisel hulgal; 4 – palju, dominant või subdominant; 5 – massiliselt leviv dominant.

Kaitsealuste taimeliikide leiukoha koordinaadid registreeriti, hajusa või massilise levikuga liikide koordinaatpunkte ei registreeritud. Muutuste kirjeldamisel lähtuti veetaimestiku liiginimekirjadest kogu ala kohta, kuna seirepunktide arv ja asukoht võrreldes varasema aruandega [1] on osaliselt erinevad.

Liiginimekirjad aastast 2020 ja 2025 ühtlustati, mändvetiktaimed liideti üheks taksoniks (*Chara* spp.) ning lisati penikeelte takson (*Potamogeton* spp.), kuna 2020. aastal jäid need kõik või osaliselt liigini määramata. Võrdlemisel kasutati sarnasusindeksit (*K*) [21]:

$$K = \text{Samade liikide arv} / \text{Vähim liikide arv} \quad (3)$$

Tabel 4. Proovipunktide ja nende ümbruses veetaimestiku seirealade koordinaadid Aidu ja Narva karjääride alal 2025

Proovipunkti nr./koordinaadid	Proovipunkt, X/Y	Algus, X/Y	Lõpp, X/Y
Aidu karjäär			
1	6578781/673305	6578763/673319	6578728/673410
2	6577584/675418	6577645/675372	6577562/675442
3	6577501/677631	6577473/677677	6577547/677598
4	6581334/679241	6581275/679119	6581145/679320
5	6576939/676891	6576951/676796	6576952/677018
Narva karjäär			
1	6578356/718864	6578363/718879	6578438/719028
2	6577529/718272	6577535/718289	6577552/718489
3	6576830/719699	6576799/719604	6576896/719804
4	6577287/718520	6577293/718557	6577306/718542

Fütobentose proovid koguti Aidu karjääri viiest seirepunktist 3.09.2025 ning Narva karjääri neljast seirepunktist 10.09.2025. Proovid koguti kividelt või veetaimedelt vastavalt seirepunkti iseloomule.

Proovide võtmisel ja analüüsimisel ja lähtuti EVS-EN 13946:2014, EVS-EN 14407:2014 ja standardtööjuhendist [22]. Dominandiks loeti takson, mille suhteline arvukus oli >25 % ja arvukaks loeti takson, mille suhteline arvukus oli >10 %. Taksonite määramisel lähtuti juhendis esitatud määrajatest, millele lisaks kasutati uuemaid määrajaid [23, 24]. Fütobentose iseloomustamisel oli aluseks kolm ränivetikaindeksit: IPS indeks (*Specific Polluosensitivity Index*) ehk ränivetikate spetsiifiline reostustundlikkuse indeks [25], WAT ehk ränivetikate Watanabe indeks [26] ja TDI (*Trophic Diatom Index*) ehk ränivetikate troofsusindeks [27].

Ränivetikaindeksite arvutamisel kasutati spetsiaalset tarkvara "OMNIDIA" (versioon 6.1.5), mis arvestab ränivetikate liigilist koosseisu ja liikide suhtelist arvukust ning erinevate liikide tundlikkust reostuse suhtes. Indeksid IPS ja WAT arvutati programmi poolt skaalas 1–20 ja TDI indeks skaalas 1–100. Kuna erinevalt kahest esimesest indeksist, mis on positiivses korrelatsioonis seisundiga (mida kõrgem indeksi väärtus, seda parem on seirekoha ökoloogiline seisund), näitab TDI olukorra paranemist indeksi väärtuse kahanedes, indeks on ümber arvutatud suuruseks 100-TDI, mille väärtus 100 näitab parimat ja väärtus 0 halvimat seirekoha ökoloogilist seisundit.

Standardtööjuhendis [22] esitatud fütobentose kvaliteedinäitajate klassipiirid on kasutusel väikejärvede seisundi hindamisel sõltumata nende tüübist. Tehisveekogude (antud juhul karjääriveekogude) kohta eraldi klassipiirid praegusel ajal puuduvad. Seega on töös seisundihinnangud antud sarnaselt väikejärvedele ning saadud tulemused kirjeldavad täiendavalt karjäärade ökoloogilisi tingimusi ja toetavad teiste bioloogiliste kvaliteedielementide põhjal antud hinnanguid. Ränivetikate kooslused peegeldavad hästi toitainete- ja orgaanilise koormuse taset ning võimaldavad hinnata keskkonnatingimusi ka tehiskeskkonnas ja noortes veekogudes, kus ametlikud kvaliteedielemendid ei pruugi anda täielikku pilti.

Kasutatud ränivetikaindeksid on laialdaselt kasutusel erinevate siseveekogude ökoloogiliste tingimuste hindamisel, kuid nende rakendamisel tehisveekogudes tuleb arvestada meetodika piirangutega. IPS-indeks on integreeriv reostustundlikkuse indeks, mis kajastab ränivetikate koosluste reaktsiooni mitme keskkonnateguri koostoimele, sealhulgas nii orgaanilisele kui ka toitainelisele koormusele. WAT-indeks on eeskätt suunatud saproobsuse ja orgaanilise koormuse hindamisele, samas kui TDI-indeks on suunatud troofsuse ehk toitainekoormuse taseme hindamisele.

Suurselgrootute proovide võtmisel, analüüsimisel ja kvaliteedinäitajate leidmisel lähtuti vastavast standardtööjuhendist [28], mis põhineb standardil EVS-EN ISO 10870 ning pinnavee ökoloogilise seisundi hindamise meetodilisel juhendil [29].

Suurselgrootute iseloomustamisel kasutati järgmisi näitajaid – taksonirikkus (T); EPT (*Ephemeroptera*, *Plecoptera* ja *Trichoptera*) taksonirikkus [30]; Shannoni erisusindeks (H'); ASPT (*Average Score Per Taxon*) indeks ehk Briti indeks [31]. Indeksit arvutuskäik on esitatud standardtööjuhendis [28]. Shannoni indeks (H') arvutati lähtudes eri taksonite isendite arvukusest m^2 kohta viie kvantitatiivse proovi põhjal. Kõigi teiste suurselgrootute kvaliteedinäitajate leidmisel arvestati ka kvalitatiivset proovi.

Tulemustele hinnangu andmisel lähtuti keskkonnaministri 16.04.2020. a määrus nr 19 järgsest maismaa seisuveekogumi tüübist S1 (kalgiveeline järv). Praegusel ajal puuduvad ametlikult

kehtestatud suurselgrootute kvaliteedinäitajate seisundihinnangu klassipiirid tehisveekogudele. Lähtutakse kõige sarnasemast loodusliku veekogumi tüübist. Antud tüübist lähtuti ka 2020. aasta Aidu ja Narva karjääride aruandes ja see võimaldab hinnata ajalisi seisundimuutusi. Kõigi teiste suurselgrootute kvaliteedinäitajate leidmisel arvestati ka kvalitatiivset proovi. Kõik elustiku analüüsitulemused on toodud aruande Lisas 2.

2.2 Aidu karjäär

Aidu hüdrobioloogilise uurigu elustiku näitajate kokkuvõtlikud tulemused on toodud tabelis 5, uuringukohtade detailsemad kirjeldused peatükis 2.2.1.

Kasutatud tähised on: FKI – fütoplanktoni koondindeks, J – ühtluse indeks; KVT – kaldavee-, ULT – ujulehtedega, VST – veesisesed taimed; IPS – ränivetikate spetsiifiline reostustundlikkuse indeks, WAT – ränivetikate Watanabe indeks, TDI – ränivetikate troofsusindeks; T – suurselgrootute taksonirikkus, EPT – tundlike suurselgrootute taksonite arv (*Ephemeroptera*, *Plecoptera* ja *Trichoptera*), H' – Shannoni indeks, ASPT – taksoni keskmine tundlikkus, Briti indeks.

Tabel 5. Aidu karjääri elustiku koondnäitajad 2025. aastal

	FKI	J		
Fütoplankton	3,57	0,83		
	Arvukus, tuh. is/m³	Biomass, g/m³		
Zooplankton	117,32	3,132		
	Liikide arv	KVT arv	ULT arv	VST arv
Suurtaimed	56	43	1	12
	IPS	WAT	100-TDI	
Fütobentos*	18,0	11,9	78,2	
	T	EPT	H'	ASPT
Suurselgrootud*	28,4	5,6	2,0	5,4

*-seiresagedus võimaldab anda seisundihinnangu.

Tabelis kasutatud seisundiklasside kvaliteedinäitajate värvikoodid: kollane - kesine, roheline - hea, sinine - väga hea.

2.2.1 Tulemused Aidu uuringupunktides

Fütoplankton. Proovipunktis nr. 1 oli fütoplanktoni biomass 1,47 mg/l, milles domineeris *Peridinium bipes* (39% biomassist), ohtramad olid veel *Peridinium umbonatum* (13%) ja takson *Nephroselmis* spp. (10%) (lisa 2.1).

Punktis nr. 2 oli biomass 1,16 mg/l, kus domineeris samuti *Peridinium umbonatum* (16%), lisaks olid ohtramad takson *Nephroselmis* spp. (13%) ja *Chrysococcus* spp. (10%).

Proovipunktis nr. 3 oli fütoplanktoni biomass 0,66 mg/l, kus domineeris *Peridinium umbonatum* (29%) ning ohtramad olid veel *Nephroselmis* spp. (13%) ja *Trachelomonas armata* (11%).

Punktis nr. 4 oli fütoplanktoni biomass 1,24 mg/l, domineerisid takson *Nephroselmis* spp. (19%), *Peridinium bipes* (15%) ja *Cyclotella radiosa* (11%).

Punktis nr. 5 oli fütoplanktoni biomass 1,48 mg/l, kooslus oli küllaltki ühetaoline, domineerisid takson *Aphanizomenon* spp. (13%), *Peridinium bipes* (13%) ja *Peridinium umbonatum* (13%).

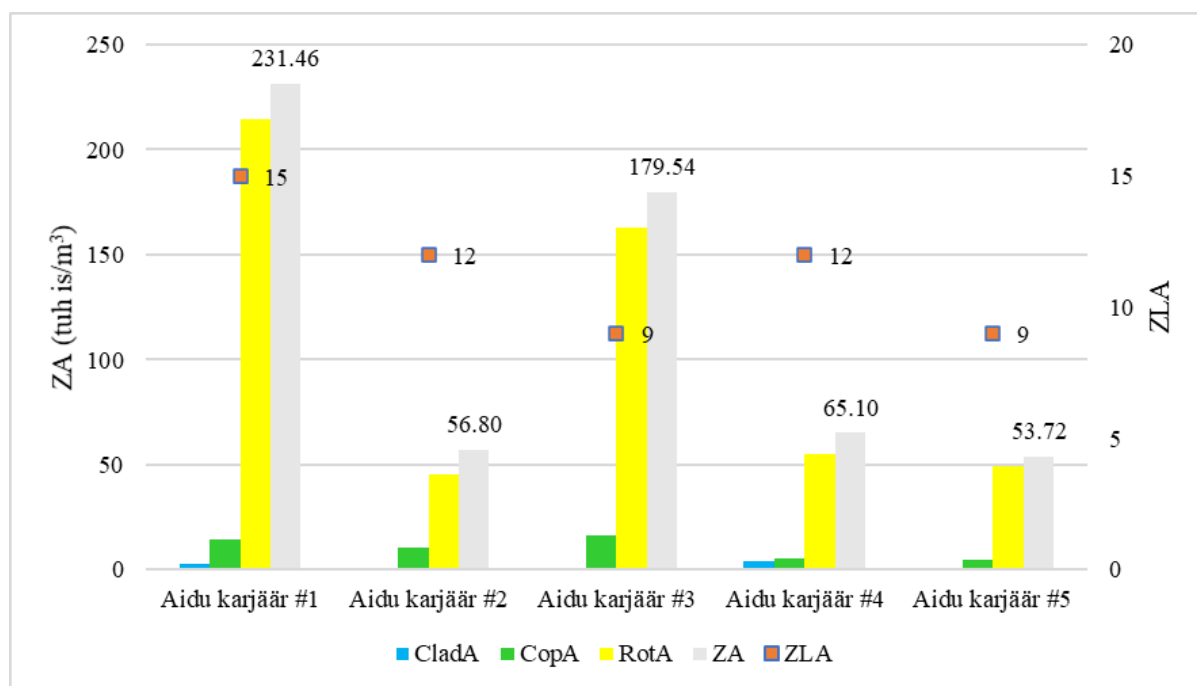
Ühtluse indeksite väärtuste alusel oli Aidu karjäär väga heas ja fütoplanktoni koondindeksi alusel heas seisundiklassis (tabel 5).

Zooplanktoni arvukus oli keskmine kuni kõrge, biomass väga madal (tabel 5). Keskmine arvukus proovides oli $117,32 \times 10^3$ is/m³ ja keskmine biomass 0,132 g/m³. Arvukuselt domineerisid keriloomad, keskmiselt 87,9% koguarvukusest ja biomassilt aerjalalised, moodustades 56,6% kogubiomassist (tabel 6; joonised 4 ja 5).

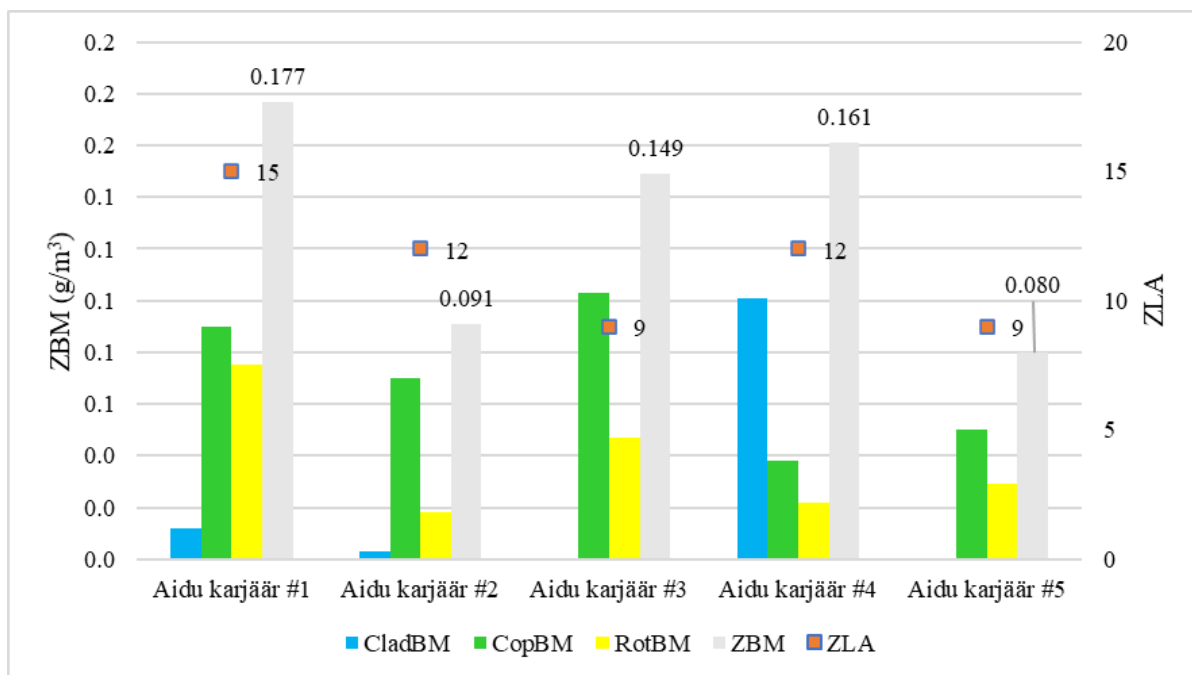
Tabel 6. Aidu karjääri proovipunktide metazooplanktoni üldkarakteristikud 2025. aastal

Proovipunkt	ZLA	ZBM	ZA	Clad	Cop	Rot	Clad	Cop	Rot
		(g/m ³)	(tuh is/m ³)	%BM	%BM	%BM	%A	%A	%A
1	15	0,177	231,46	6,99	50,58	42,43	1,23	6,13	92,64
2	12	0,091	56,80	3,41	76,99	19,59	1,25	18,75	80,00
3	9	0,149	179,54	0	68,61	31,39	0	9,22	90,78
4	12	0,161	65,10	62,64	23,59	13,77	6,45	8,60	84,95
5	9	0,080	53,72	0	63,07	36,93	0	8,86	91,14

Kasutatud tähised on: ZLA – liikide arv; ZBM – zooplanktoni biomass; ZA – zooplanktoni arvukus; Clad – vesikirbulised; Cop – aerjalalised; Rot – keriloomad; %A – osakaal arvukusest; %BM – osakaal biomassist. CladA – vesikirbuliste arvukus; CopA – aerjalaliste arvukus; RotA – keriloomade arvukus. CladBM – vesikirbuliste biomass; CopBM – aerjalaliste biomass; RotBM – keriloomade biomass.



Joonis 4. Aidu karjääri metazooplanktoni arvukus (ZA) ja liikide arv (ZLA) proovipunktides 2025. aastal.



Joonis 5. Aidu karjääri metazooplanktoni biomass (ZBM) ja liikide arv (ZLA) proovipunktides 2025. aastal.

Neljas proovis viiest domineeris arvukuselt väikesemõõtmeline keriloom *Polyarthra remata*, viiendas proovis laialt levinud kerilooma liik *Keratella cochlearis* (lisa 2.2). Biomassi järgi oli proovis enim aerjalaliste vähikvastseid e naupliuseid, ühes proovis laia ökovalentsiga aerjalalist *Thermocyclops oithonoides* ning ühes proovis vesikirbulist *Bosmina coregoni* (kõrgema troofsuse indikaator).

Kuna kogubiomassi väärtused on väga madalad, siis see tähendab, et need liigid ja rühmad olid vähearvukad. Kahes proovis puudusid vesikirbulised (sh. nende noorjärgud) täielikult. Indikaatorliikide leidumine proovides on toodud tabelis 7.

Tabel 7. Aidu karjääri proovipunktides 2025. aastal leitud indikaatorliigid A. Mäemetsa [19] klassifikatsiooni alusel (OM – oligo-mesotroofsuse indikaator; ME – meso-eutroofsuse indikaatorliik)

Indikaatorliik/Punkti nr.	OM/ME	1	2	3	4	5
<i>Conochilus hippocrepis</i>	OM	X	X	X	X	
<i>Gastropus stylifer</i>	OM	X	X	X	X	X
<i>Bosmina coregoni</i>	ME				X	
<i>Brachionus quadridentatus</i>	ME		X	X		X
<i>Keratella c. tecta</i>	ME	X				
<i>K. quadrata</i>	ME	X	X	X	X	X
<i>Trichocerca cylindrica</i>	ME		X			
<i>T. porcellus</i>	ME	X				
<i>T. similis</i>	ME	X				X
<i>T. rousseleti</i>	ME	X	X	X		

Suurtaimestik. Veetaimestikkuseirati Aidu karjääris viiel vaatlusalal, kus registreeriti kokku 56 erinevat taksonit, valdav enamus sellest kuulus kaldaveetaimestikku: 43 liiki, uju- ja ujulehtedega liike oli 1 ja veesiseseid liike 12 (tabel 5; lisa 2.3).

Esimeses vaatlusalas oli veetaimestik liigivaesest kuni keskmise ohtruseni, registreeriti ühtekokku 16 veetaime, nende hulgas 8 kaldavee-, 1 ujulehtedega taim ja 7 veesisest taime (tabel 8). Kaldaveetaimestikus domineeris läikviljane luga (*Juncus articulatus* L.), ohtruselt järgnesid harilik kuuskhein (*Hippuris vulgaris* L.) ja laialehine hundinui (*Typha latifolia* L.). Ujulehtedega taimestiku ainsaks liigiks ja ühtlasi dominandiks oli kõigis Aidu vaatluspunktides ujuv penikeel (*Potamogeton natans* L.). Veesiseses taimestikus domineerisid mändvetikad (*Chara aspera* Willd., *C. globularis* Thuill.), järgnesid niitvetikad. Samuti leiti kõigist Aidu vaatlusaladest lehtsamblaid, nimelt lodu-lühikupart (*Brachythecium rivulare* Schimp.), mis levis enamasti niiskel kivisel pinnasel, kuid ka madalas kaldavees. Ohustatud ja kaitsealuseid liike ei leitud.

Teine vaatlusala oli kõige liigirikkam, kokku registreeriti 39 liiki veetaimi, nende hulgas 30 kaldavee-, 1 ujulehtedega taim ja 8 veesisest taime. Kaldaveetaimestik oli liigirohke, domineeris läikviljane luga, järgnesid laialehine hundinui, harilik konnarohi (*Alisma plantago-aquatica* L.) ja harilik kuuskhein. Ujulehtedega taimestikus oli dominandiks ja ainsaks liigiks ujuv penikeel. Veesiseses taimestikus domineerisid ka siin mändvetikad (*Chara aspera*, *C. globularis*), sagedad olid tähk-vesikuusk (*Myriophyllum spicatum* L.), kanada vesikatk (*Elodea canadensis* Michx.) ja niitjad vetikad. Ohustatud ja kaitsealuseid liike ei leitud.

Teise vaatlusala piirkonnas avaldus ka kõige selgemini järskude kallastega veekogudele iseloomulik veetaimede ebatavaliste kasvuvormide ja kasvukohtade esinemine. Näiteks kaldaveetaimestiku tavaline vesimünt (*Mentha aquatica* L.) kasvas äärmiselt miniatuursete vormidena, samuti võis seda liiki, läikviljast luga ning harilikku kukesaba (*Lythrum salicaria* L.) leida kuni 1,5 m sügavuselt veest.

Kolmas vaatlusala oli suhteliselt liigivaene, ühtekokku leiti 27 liiki veetaimi, millest 19 oli kaldavee-, 1 ujulehtedega ja 7 veesisesed taimed. Kaldaveetaimestiku dominandiks oli läikviljane luga, järgnesid kasteheinad (*Agrostis* spp.), jäneskastik (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth), harilik kuuskhein, harilik pilliroog (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.) ja harilik parkhein. Ujulehtedega taimestikus domineeris ujuv penikeel ning omapärane oli tema kasvamine madalas vees (ca 1 m), kui kaldaveetaimed levisid kuni 1,5 m sügavusele. Veesisene taimestik kattis siin hõreda vaibana kogu karjääri põhja, domineerisid mändvetikad (*Chara aspera*, *C. globularis*), ohtruselt järgnesid niitvetikad. Mõõdukalt hulgal leiti ka tähk-vesikuuske ja hein-penikeelt (*Potamogeton gramineus* L.) ning kõik liigid levisid madalas kaldavees, sügavamale avavette levisid vaid mändvetikad, kuni 5 meetrini.

Iseloomulik oli niitjate vetikate levik suurte klompidena kaldaäärses vees ja taimede veesiseste osade tugev kaetus elus ja eluta pealiskasvuga. Ohustatud ja kaitsealuseid liike ei leitud.

Neljandas vaatlusalas registreeriti kokku 29 liiki veetaimi – 20 kaldavee-, 1 ujulehtedega taim ja 8 veesisest taime. Erinevalt teistest aladest domineeris siin kaldaveetaimestikus harilik kuuskhein, ohtruselt järgnesid läikviljane luga, väike jõgitakjas (*Sparganium natans* L.), haruline jõgitakjas (*Sparganium erectum* L. s.str.), kraavtarn (*Carex pseudocyperus* L.), jäneskastik ja kasteheinad. Kohati olid kaldad aga väga järsud ning kaldaveetaimed puudusid üldse. Kui muude kaldaveetaimede levikusügavuseks registreeriti 1 m, siis harilik kuuskhein levis kuni 5 m sügavusele. Ujulehtedega taimedest leiti vaid ujuvat penikeelt, mis on levinud maksimaalselt 2 m sügavusele. Veesiseses taimestikus leiti võrdse ohtrusega mändvetikaid ja niitvetikaid, mõõdukalt ka jõgi-särjesilma (*Ranunculus trichophyllus* Chaix) ning maksimaalseks levikusügavuseks mõõdeti 5 meetrit. Ohustatud ja kaitsealuseid liike ei leitud.

Viies vaatlusal oli suhteliselt liigirikas, kokku leiti 35 liiki veetaimi: 27 kaldavee-, 1 ujulehtedega taim ja 7 veesisest taime. Kaldaveetaimestik oli liigirohke, kus domineeris läikviljane luga, järgnesid harilik konnarohi ja harilik kuuskhein. Ujulehtedega taimedest leiti ujuvat penikeelt ning veesiseses taimestikis domineerisid mändvetikad, levides sügavale avavette, kuni 4,5 meetrini, kattes hõredalt kogu karjääri põhja. Lisaks mändvetikatele leiti mõõdukal kuni keskmisel ohtrusel tähk-vesikuuske, hein-penikeelt ja kanada vesikatku, kuid nende liikide levik piirdus vaid madala kaldaveega. Ka olid suhteliselt ohtraid niitjaid vetikad. Ohustatud ja kaitsealuseid liigid puudusid.

Tabel 8. Aidu karjääri vaatlusalade suurtaimestiku näitajad 2025. aastal

Näitaja/Prooviala nr.	1	2	3	4	5
Liikide arv					
Üldarv	16	39	27	29	35
Kaldaveetaimed	8	30	19	20	27
Uju- ja ujulehtedega taimed	1	1	1	1	1
Veesisesed taimed	7	8	7	8	7
Maksimaalne levikusügavus, m					
Kaldaveetaimed	1,5	3,5	1,5	5,0	2,0
Ujulehtedega taimed	2,5	3,5	1,0	2,0	2,0
Veesisesed taimed	5,0	8,0	5,0	5,0	4,5
Dominandid					
Kaldaveetaimed	<i>Juncus articulatus</i>	<i>Juncus articulatus</i>	<i>Juncus articulatus</i>	<i>Hippuris vulgaris</i>	<i>Juncus articulatus</i>
Uju- ja ujulehtedega taimed	<i>Potamogeton natans</i>	<i>Potamogeton natans</i>	<i>Potamogeton natans</i>	<i>Potamogeton natans</i>	<i>Potamogeton natans</i>
Veesisesed	<i>Chara spp.</i>	<i>Chara spp.</i>	<i>Chara spp.</i>	<i>Chara spp.</i> =niitvetikad	<i>Chara spp.</i>
Hinnang/ÖKS	0,72	0,67	0,72	0,67	0,67
Koondhinnang/ÖKS	0,69				

Fütobentos. Aidu karjääri kõikidest proovipunktidest määrati 2025. aastal kokku 59 ränivetikate taksonit (lisa 2.4), proovipunktiti 21–31 taksonini. Arvukaim oli takson *Brachysira neoexilis*, domineerides 1. ja 5. proovipunktis, takson *Achnanthes minutissimum* oli dominant 2. proovipunktis. Samas ei olnud proovipunktides 3 ja 4 ühegi taksonit osakaaluga üle 25%, seega dominant puudus. Üldiselt iseloomustas kooslusi oligotroofsete, peamiselt *Brachysira* ja *Encyonopsis* perekondade liikide suur osakaal.

Esimeses proovipunktis domineeris *Brachysira neoexilis* (45%), arvukalt esines *Encyonopsis minuta* (21%). Indeksid IPS ja TDI näitasid väga head ning WAT-indeks kesist seisundit (tabel 9).

Teises proovipunktis domineerisid *Achnanthes minutissimum* (32%) ja *Encyonopsis minuta* (26%) ning arvukalt esines *Brachysira neoexilis* (10%). Indeksid IPS ja TDI näitasid väga head ning WAT-indeks head seisundit.

Kolmandas proovipunktis dominant ei eristunud. Arvukalt esinesid *Brachysira neoexilis* (22%), *Encyonopsis minuta* (14%) ja *Brachysira styriaca* (11%). Indeksid IPS ja TDI näitasid väga head seisundit ning WAT-indeks kesist seisundit.

Neljandas proovipunktis dominanti ei eristunud, arvukalt esinesid *Encyonopsis krammeri* (24%) *Denticula tenuis* (23%), *Achnanthydium minutissimum* (20%) ja *Encyonopsis minuta* (16%). Indeksid IPS ja TDI näitasid väga head seisundit ning WAT-indeks head seisundit.

Viiendas proovipunktis domineeris *Brachysira neoexilis* (31%), arvukalt esines veel takson *Encyonopsis minuta* (11%). Indeksitest näitasid IPS ja TDI väga head ning WAT-indeks kesist seisundit.

Tabel 9. Aidu karjääri fütobentose kvaliteedinäitajad 2025. aastal

Proovipunkt/Näitaja	Substraat	Taksonite arv	IPS	WAT	100-TDI	Koond
1	Kivid	29	17,7	10,9	85,5	
2	Kivid	25	17,1	13,7	67,3	
3	Kivid	28	18,7	11,3	83,8	
4	Kivid	21	18,4	12,4	69,8	
5	Kivid	31	18,1	11,4	84,5	

Tabelis kasutatud seisundiklasside kvaliteedinäitajate värvikoodid: kollane - kesine, roheline - hea, sinine - väga hea.

Suurselgrootud. Aidu karjääri kõikidest proovipunktidest leiti kokku 77 taksonit suurselgrootuid, enim oli neid mardikaliste *Coleoptera* rühmas (lisa 2.5).

Esimeses proovipunktis olid arvukamad liigid *Cloeon dipterum* (45%) ja *Halipilus flavicollis* (21%). Indeksite väärtused oli väga heas (EPT, ASPT) ja heas (T, H') seisundiklassis (tabel 10).

Teises proovipunktis oli väga arvukas *Cloeon dipterum* (83%), mistõttu liigierisuse indeksi (H') väärtus oli madal, halvas seisundiklassis. Teistest indeksitest oli liigirikkus heas ja EPT ning ASPT väga heas seisundiklassis.

Kolmandas proovipunktis oli väga arvukas *Cloeon dipterum* (89%), millest tulenevalt oli liigierisuse (H') seisundihinnang halb, EPT liike esines vaid kaks, *Cloeon dipterum* ja *Caenis horaria* ning ehmesiivälised puudused. Elupaik oli põhjaloomastikule vähesobiv: kaldavööndis puudused varju võimaldavad puud ja põõsad ning vähene kaldataimestik koosnes vaid üksikutest pilliroo viirgudest. Muud indeksid (T, ASPT) olid heas seisundiklassis.

Neljas proovipunkt oli väga taksonirikas (38 taksonit). Arvukamad liigid olid *Gammarus pulex* (29%), *Ephemera vulgata* (25%), *Cloeon dipterum* (16%) ja *Asellus aquaticus* (10%). Leiti ka punase nimestiku NT kategooria (ohulähedane) kaitsealune liik *Semblis phalaenoides*. Indeksitest olid kõik neli väga heas seisundiklassis.

Viienda proovipunkti arvukaim liik oli *Cloeon dipterum* (54%). Vaid ASPT indeks on heas, teised väga heas seisundiklassis. Leiti ka kaks kevikulise *Nemoura avicularis* isendit, see liik esineb peamiselt vooluveekogudes ja varasemast pole teada selle liigi leidu seisuveest.

Tabel 10. Aidu karjääri suurselgrootute kvaliteedinäitajad 2025. aastal

Proovipunkt/Näitaja	T	EPT	H'	ASPT	Koond
1	25	5	2,40	5,80	
2	23	5	1,18	5,50	
3	23	2	0,78	4,82	
4	38	9	2,94	5,57	
5	33	7	2,88	5,10	

Tabelis kasutatud seisundiklasside kvaliteedinäitajate värvikoodid: oranž - halb, kollane - kesine, roheline - hea, sinine - väga hea.

2.3 Narva karjääri tranšee 13

Narva karjääri tranšee 13 hüdrobioloogilise uurigu elustiku näitajate kokkuvõtlikud tulemused on toodud tabelis 11, uuringukohtade detailsemad kirjeldused peatükis 2.3.1.

Kasutatud tähised on: FKI – fütoplanktoni koondindeks, J – ühtluse indeks; KVT – kaldavee-, ULT – ujulehtedega, VST – veesisesed taimed; IPS – ränivetikate spetsiifiline reostustundlikkuse indeks, WAT – ränivetikate Watanabe indeks, TDI – ränivetikate troofsusindeks; T – suurselgrootute taksonirikkus, EPT – tundlike suurselgrootute taksonite arv (*Ephemeroptera*, *Plecoptera* ja *Trichoptera*), H' – Shannoni indeks, ASPT – taksoni keskmine tundlikkus, Briti indeks.

Tabel 11. Narva karjääri tranšee 13 elustiku näitajad 2025

	FKI	J		
Fütoplankton	4,00	0,82		
	Arvukus, tuh. is/m³	Biomass, g/m³		
Zooplankton	675,0	1,479		
	Liikide arv	KVT arv	ULT arv	VST arv
Suurtaimed	52	20	3	9
	IPS	WAT	100-TDI	
Fütobentos*	17,1	13,5	62,2	
	T	EPT	H'	ASPT
Suurselgrootud*	38,3	9,0	2,7	5,4

*-seiresagedus võimaldab anda seisundihinnangu.

Tabelis kasutatud seisundiklasside kvaliteedinäitajate värvikoodid: kollane - kesine, roheline - hea, sinine - väga hea.

2.3.1 Tulemused Narva karjääri tranšee 13 uuringupunktides

Fütoplankton. Seirepunktis nr. 1 oli fütoplanktoni biomass 3,67 mg/l, selles domineeris *Peridinium umbonatum* (21% biomassist), ohtramad olid veel *Peridinium cinctum* (18%) ja *Peridinium bipes* (10%). Seirepunktis nr. 2 oli biomass 2,40 mg/l, selles domineeris *Peridinium bipes* (32%), lisaks *Peridinium umbonatum* (20%) ja *Ceratium hirundinella* (13%). Seirepunktis nr. 3 oli fütoplanktoni biomass 1,66 mg/l, kus domineerisid takson *Ochromonas spp.* (14%) ja *Peridinium umbonatum* (11%). Viimases seirepunktis nr.4 oli fütoplanktoni biomass 3,67 mg/l, domineeris *Cryptomonas marsonii* (18%), ohtramad olid veel takson *Gymnodinium spp.* (10%) ja *Peridinium bipes* (10%).

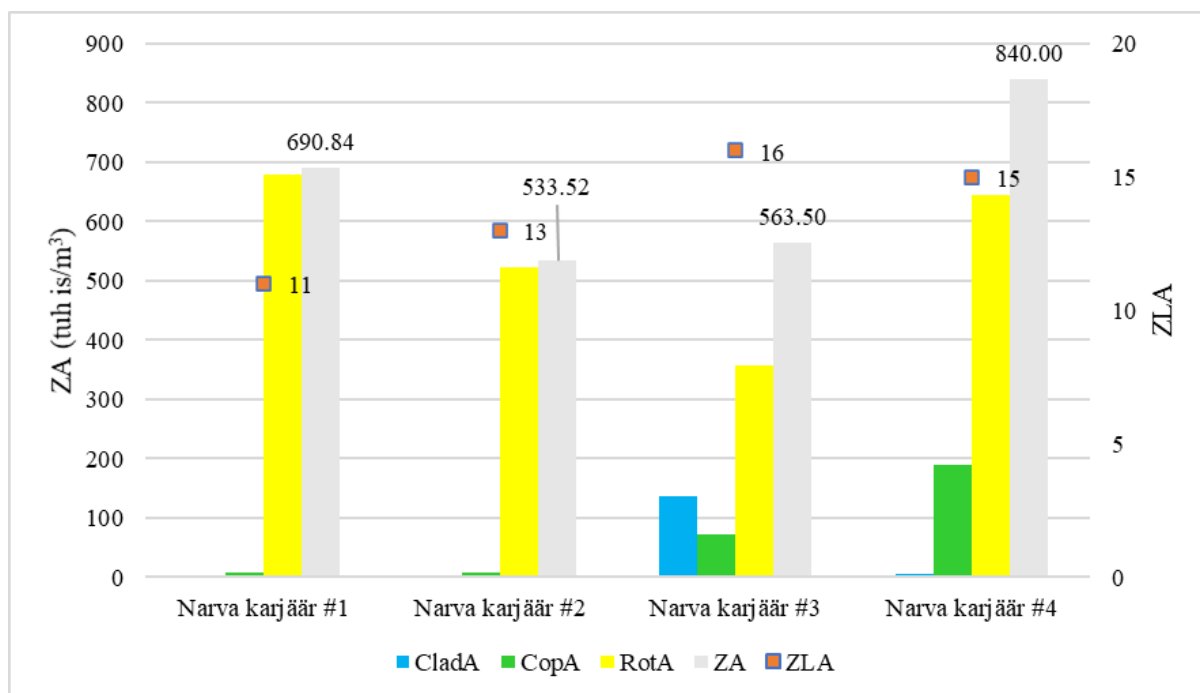
Ühtluse indeksi alusel oli Narva karjäär väga heas ja fütoplanktoni koondindeksi alusel heas seisundiklassis (tabel 11).

Zooplanktoni arvukus oli kõrge, biomass madal kuni kõrge. Keskmine arvukus proovides oli 657×10^3 is/m³ ja keskmine biomass 1,479 g/m³ (tabel 12). Arvukuselt domineerisid keriloomad, keskmiselt 84,1% koguarvukusest ja biomassilt aerjalalised, 34,6% kogubiomassist (tabel 12; joonised 6 ja 7).

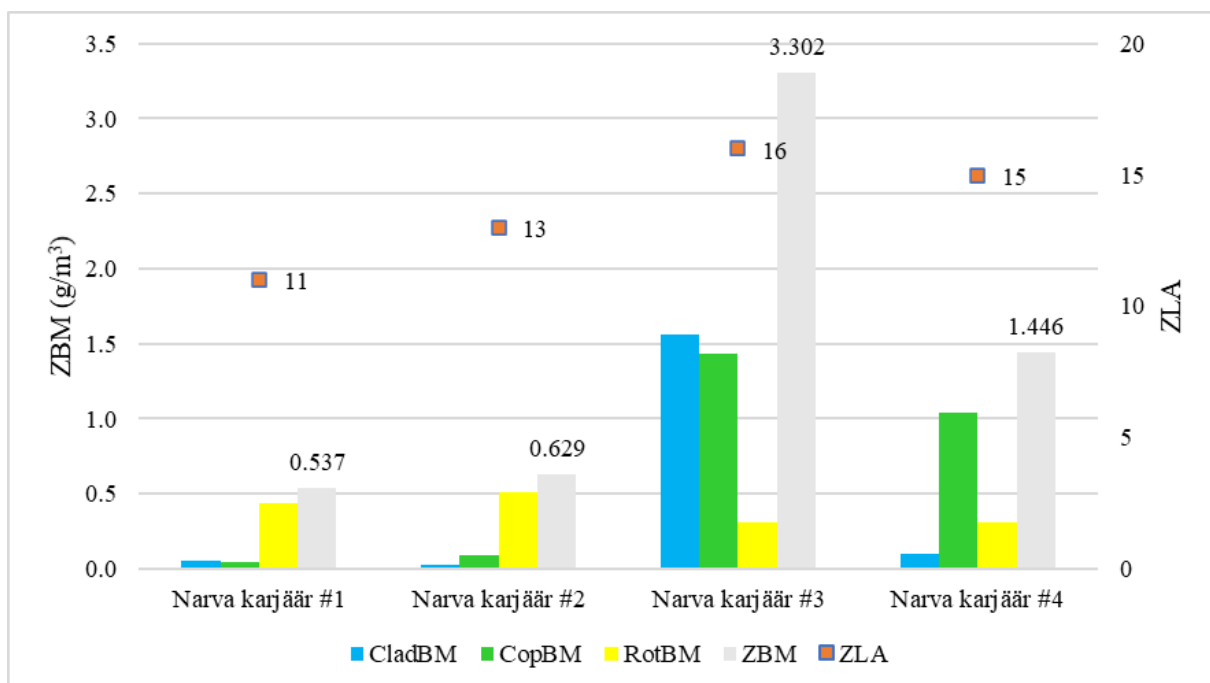
Tabel 12. Narva karjääri tranšee 13 proovipunktide metazooplanktoni üldkarakteristikud 2025.a

Proovipunkt	ZLA	ZBM	ZA	Clad	Cop	Rot	Clad	Cop	Rot
		(g/m ³)	(tuh is/m ³)	%BM	%BM	%BM	%A	%A	%A
1	11	0,537	690,84	9,51	8,89	81,60	0,33	1,32	98,35
2	13	0,629	533,52	4,06	14,06	81,88	0,43	1,71	97,86
3	16	3,302	563,50	47,37	43,27	9,36	24,08	12,65	63,27
4	15	1,446	840,00	6,82	72,00	21,18	0,57	22,57	76,86

Kasutatud tähised on: ZLA – liikide arv; ZBM – zooplanktoni biomass; ZA – zooplanktoni arvukus; Clad – vesikirbulised; Cop – aerjalised; Rot – keriloomad; %A – osakaal arvukusest; %BM – osakaal biomassist. CladA – vesikirbu-liste arvukus; CopA – aerjalaliste arvukus; RotA – keriloomade arvukus. CladBM – vesikirbuliste bio-mass; CopBM – aerjalaliste biomass; RotBM – keriloomade biomass.



Joonis 6. Narva karjääri tranšee 13 metazooplanktoni arvukus (ZA) ja liikide arv (ZLA) proovipunktides 2025.



Joonis 7. Narva karjääri tranšee 13 metazooplanktoni biomass (ZBM) ja liikide arv (ZLA) proovipunktides 2025.

Kõigis neljas proovis domineeris laialt levinud kerilooma liik *Keratella cochlearis* (lisa 2.2). Biomassis domineerisid kõigis neljas proovis erinevad liigid / rühmad: detrivoorist keriloom *Polyarthra luminosa*, suuremõõtmeline filtraatorist keriloom *Asplanchna priodonta*, kõrgemat toitelisust eelistav vesikirbuline *Bosmina coregoni* ning aerjalaliste vähikvastised ehk naupliused. Indikaatorliikide leidumine proovides on toodud tabelis 13.

Tabel 13. Narva karjääri tranšee 13 proovipunktides 2025. aastal leitud indikaatorliigid A. Mäemetsa [19] klassifikatsiooni alusel (OM – oligo-mesotroofsuse indikaator; ME – meso-eutroofsuse indikaatorliik)

Indikaatorliik/Punki nr.	OM/ME	1	2	3	4
<i>Gastropus stylifer</i>	OM	X		X	
<i>Bosmina coregoni</i>	ME	X		X	X
<i>Brachionus angularis</i>	ME			X	
<i>Filinia longiseta</i>	ME			X	X
<i>Hexarthra mira</i>	ME	X			
<i>K. quadrata</i>	ME		X	X	X
<i>Trichocerca cylindrica</i>	ME				X
<i>T. similis</i>	ME	X	X	X	X
<i>T. rousseleti</i>	ME	X			

Kõikidest proovipunktidest eristus proovipunkt nr. 3, kõrge zooplanktoni arvukuse ja biomassi poolest. Samuti oli seal kõrge liigirikkus ning suur vesikirbuliste osakaal, kuigi viimaseid oli üks liik: *Bosmina coregoni*. Veel oli üllatav suuremõõtmelise hormikulise *Eudiaptomus gracilis* arvukas esinemine proovis (6,5 % koguarvukusest), lisaks leidis tema kõiki noorjärke.

Hormikuliste elukäik on keeruline ja aeganõudev ja kuna nad on eelistatud toiduobjekt kalade toidulaua, siis nende rohke leidumine viitab kalade vähesele kiskuritele.

Suurtaimestik. Veetaimestikku seirati neljal vaatlusalal (joonis 3), kus registreeriti kokku 52 erinevat taksonit, kellest valdav enamus kuulus kaldaveetaimestikku – 40 liiki, uju- ja ujulehtedega liike oli 3 ja veesiseseid liike 9 (tabel 11, lisa 2.3).

Esimeses vaatlusalas registreeriti ühtekokku 30 liiki veetaimi – 23 kaldavee-, 1 ujulehtedega taim ja 6 veesisest taime (tabel 14). Kaldaveetaimestikus levisid võrdselt ohtralt läikviljane luga ja jäneskastik, järgnesid harilik kuuskhein, harilik pilliroog ja kasteheinad. Ujulehtedega taimestikust leiti vaid ujuvat penikeelt. Veesisese taimestiku dominandiks oli tähk-vesikuusk, ohtruselt järgnesid kare mändvetikas (*Chara aspera* Willd.) ja niitvetikad. Kaldaäärses vees leiti lisaks dominantidele vesisherneid (*Utricularia* spp.) ja sammaltaime lodu-lühikupart. Veesisestel taimedel, vette langenud puudel ja veealustel kivil oli paks vetikate pealiskasv. Kaitsealustest liikidest leiti balti sõrmkäppa (*Dactylorhiza baltica* (Klinge) Nevski; LK III kategooria).

Teises vaatlusalas registreeriti ühtekokku 23 liiki veetaimi – 18 kaldavee-, 1 ujulehtedega taim ja 4 veesisest taime. Kaldaveetaimestikus levis lünkliku võõndina, võrdse ohtrusega leiti läikviljast luga ja harilikku pilliroogu, mõõdukalt ohtruselt järgnesid kasteheinad, jäneskastik, karvane pajulill (*Epilobium hirsutum* L.), harilik vesikanep (*Eupatorium cannabinum* L.), harilik kuuskhein, laialehine hundinui ja harilik luga (*Juncus effusus* L.). Ujulehtedega taimestik levis samuti lünkliku võõndina, selle võõndi dominandiks oli, sarnaselt teistele Narva karjääri vaatlusaladele, ujuv penikeel. Veesisene taimestik levis sügavale avavette (maksimaalselt 5 m) ning moodustas pideva võõndi, kus domineeris tähk-vesikuusk, järgnesid niitjad vetikad ja kare mändvetikas. Madalas kaldavees kivil levis sammaltaim

lodu-lühikupar, muud veesisesed taimeliigid puudusid. Ka siin esines veetaimedel ja muudel veealustel objektidel tugev vetikate pealiskasv.

Kolmandas vaatlusalas registreeriti ühtekokku 24 liiki veetaimi: 18 kaldavee-, 1 ujulehtedega taim ja 5 veesisesest taime. Kaldaveetaimestikus selget dominantit ei eristunud, võrdse ohtrusega levisid laialehine hundinui, harilik kuuskhein ja läikviljane luga. Ujulehtedega taimestiku ainsaks liigiks ja ühtlasi dominandiks oli ujuv penikeel. Veesiseses taimestikus levisid võrdse ohtrusega tähk-vesikuusk, kare mändvetikas ja niitjad vetikad, selget dominantit ei eristunud. Lisaks neile leiti väheohtralt vahelmist vesihernest (*Utricularia intermedia* Hayne) ja harilikku vesihernest (*Utricularia vulgaris* L.). Kas siin oli iseloomulik ohter vetikate pealiskasv.

Neljandas vaatlusalas registreeriti ühtekokku 30 liiki veetaimi: 22 kaldavee-, 2 uju-, 1 ujulehtedega taim ja 5 veesisesest taime. Erinevalt teistest aladest oli siin kallas suures osas võsastunud ja kaldaveetaimestikku täis kasvanud. Ala meenutas pigem märgala, kus avavett leidis pisikeste veesilmade näol maksimaalselt meetrise sügavusega. Kaldaveetaimestiku dominandiks oli harilik pilliroog, ohtruselt järgnes laialehine hundinui. Uju- ja ujulehtedega taimestikus levisid võrdse ohtrusega ujuv penikeel ja väike lemmel (*Lemna minor* L.), viimane levis ka kaldaveetaimestikusees, ujuv penikeel eelistas kasvuks avaveelisemat ala. Veesiseses taimestikus dominantit ei eristunud, võrdse ohtrusega leiti mändvetikaid, harilikku karusammalt (*Polytrichum commune* Hedw.) ja niitjaid vetikaid. Mändvetikad eelistasid avaveelist osa, ehkki väheohtralt levisid nad ka pilliroostikus, samblad levisid vaid madalas kaldavees kaldaveetaimede vahel või niiskel kivisel pinnasel. Kaitsealustest liikidest leiti mõõdukal hulgal kahkjaspunast sõrmkäppa (*Dactylorhiza incarnata* (L.) ja laialehise neiuvaipa (*Epipactis helleborine* (L.) Crantz) (mõlemad liigid LK III kategooria).

Tabel 14. Narva karjääri tranšee 13 vaatlusalade suurtaimede näitajad 2025

Näitaja/Prooviala nr.	1	2	3	4
Liikide arv				
Üldarv	30	23	24	30
Kaldaveetaimed	23	18	18	22
Uju- ja ujulehtedega taimed	1	1	1	3
Veesisesed taimed	6	4	5	5
Maksimaalne levikusügavus, m				
Kaldaveetaimed	0,5	2,0	1,0	1,0
Ujulehtedega taimed	2,0	2,0	2,0	1,0
Veesisesed taimed	4,0	5,0	3,0	1,0
Dominandid				
Kaldaveetaimed	<i>Juncus articulatus</i> = <i>Calamagrostis epigeios</i>	<i>Juncus articulatus</i> = <i>Phragmites australis</i>	<i>Hippuris vulgaris</i> = <i>Juncus articulatus</i> = <i>Typha latifolia</i>	<i>Phragmites australis</i>
Uju- ja ujulehtedega taimed	<i>Potamogeton natans</i>	<i>Potamogeton natans</i>	<i>Potamogeton natans</i>	<i>Potamogeton natans</i> = <i>Lemna minor</i>
Veesisesed	<i>Myriophyllum spicatum</i>	<i>Myriophyllum spicatum</i>	<i>Chara aspera</i> = <i>Myriophyllum spicatum</i> = niitvetikad	<i>Chara</i> spp. = veesamblad = niitvetikad
Hinnang/ÖKS	0,72	0,62	0,67	0,62
Koondhinnang/ÖKS	0,66			

Fütobentos. Narva karjääri tranšee 13 neljas seirepunktis määrati 2025. aastal kokku 57 ränivetikate taksonit (lisa 2.4), seirepunktiti 17–30 taksonit. Arvukaimad taksonid olid *Achnanthydium minutissimum* ja *Encyonopsis minuta*. Taksoni *Achnanthydium minutissimum*, mis domineeris 2. ja 4. proovipunktis ja taksoni *Encyonopsis minuta*, mis domineeris 1. proovipunktis ning 3. punktis, osakaal ületas 25%, kusjuures suurema osakaaluga oli *Encyonopsis minuta*.

Üldiselt iseloomustas fütobentose kooslusi oligotroofsete liikide suur osakaal.

Esimeses proovipunktis domineeris *Encyonopsis minuta* (32%), arvukalt esinesid *Encyonopsis subminuta* (19%) ja *Encyonopsis cesatii* (13%). Indeksid IPS ja TDI näitasid väga head ning WAT-indeks näitas kesist seisundit (tabel 15).

Teises proovipunktis domineeris *Achnanthydium minutissimum* (29%), arvukad taksonid olid veel *Encyonopsis minuta* (22%) ja *Encyonopsis krammeri* (16%). Indeksid IPS ja TDI näitasid väga head ning WAT-indeks head seisundit.

Kolmandas proovipunktis domineerisid *Encyonopsis minuta* (39%) ja *Achnanthydium minutissimum* (37%). Indeksid IPS ja TDI näitasid väga head ning WAT-indeks head seisundit.

Neljandas punktis domineeris *Achnanthydium minutissimum* (48%), arvukas oli veel takson *Gomphonema hebridense* (20%). Indeksid IPS ja TDI näitasid väga head ning WAT-indeks head seisundit.

Tabel 15. Narva karjääri tranšee 13 fütobentose kvaliteedinäitajad 2025. aastal

Proovipunkt/Näitaja	Substraat	Taksonite arv	IPS	WAT	100-TDI	Koond
1	Taimed	17	17,5	11,1	63,9	
2	Kivid	23	17,5	13,3	64,4	
3	Kivid	20	16,8	14,1	60,6	
4	Taimed	30	16,7	15,5	60,0	

Tabelis kasutatud seisundiklasside kvaliteedinäitajate värvikoodid: kollane - kesine, roheline - hea, sinine - väga hea.

Suurselgrootud. Narva karjääri tranšee 13 proovipunktides leiti kokku 91 taksonit suurselgrootuid, arvukaim takson oli *Cloeon dipterum* (lisa 2.5). Sellest veekogust ei leitud üldse laialt levinud kirpvähilist *Gammarus pulex*, kes esines ka kõigis Aidu karjääri proovipunktides.

Esimeses proovipunktis olid arvukamad taksonid *Cloeon dipterum* (41%) ja *Chironomidae* (21%). Leiti ka Eesti III kategooria kaitsealune liik *Leucorrhinia caudalis* ja punase nimestiku NT kategooria (ohulähedane) liik *Nemotaulius punctatolineatus*. Samuti oli proovis väheleiduv lutikaline *Hebrus pusillus*, varasemast on teada alla kümne leiu¹⁵. Kõik indeksite väärtused olid väga heas seisundiklassis (tabel 16).

Teises proovipunktis olid arvukaimad taksonid *Cloeon dipterum* (41%), *Chironomidae* (14%), *Caenis horaria* (14%) ja *Caenis luctuosa* (12%). Proovis oli ka takson *Leucorrhinia albifrons*, Eesti III kategooria ja Natura IV kategooria kaitsealune liik. Indeksite väärtused olid väga heas seisundiklassis.

Kolmandas punktis oli arvukaim takson *Cloeon dipterum* (46%) ning kõigi indeksite väärtused olid väga heas seisundiklassis.

Neljandas proovipunktis oli arvukaim takson *Cloeon dipterum* (56%). Proovis oli ka takson *Leucorrhinia pectoralis*, Eesti III kategooria, Natura II, IV kategooria kaitsealune liik ja *Nemotaulius punctatolineatus*, punase nimestiku NT kategooria liik. Palju esines *Diptera*, *Gastropoda* ja *Heteroptera* taksonid

¹⁵ Global Biodiversity Information Facility (GBIF). [WWW] <https://www.gbif.org> (23.03.2026)

(vastavalt 10, 7 ja 6), taksoni *Ephemeroptera* liikidest esines vaid *Cloeon dipterum*. Indeksitest oli ASPT väärtus heas ja teiste indeksite väärtused väga heas seisundiklassis.

Tabel 16. Narva karjääri tranšee 13 suurselgrootute kvaliteedinäitajad 2025

Proovipunkt/Näitaja	T	EPT	H'	ASPT	Koond
1	32	7	2,66	5,30	
2	40	12	2,71	5,77	
3	39	12	2,90	5,36	
4	42	5	2,53	5,10	

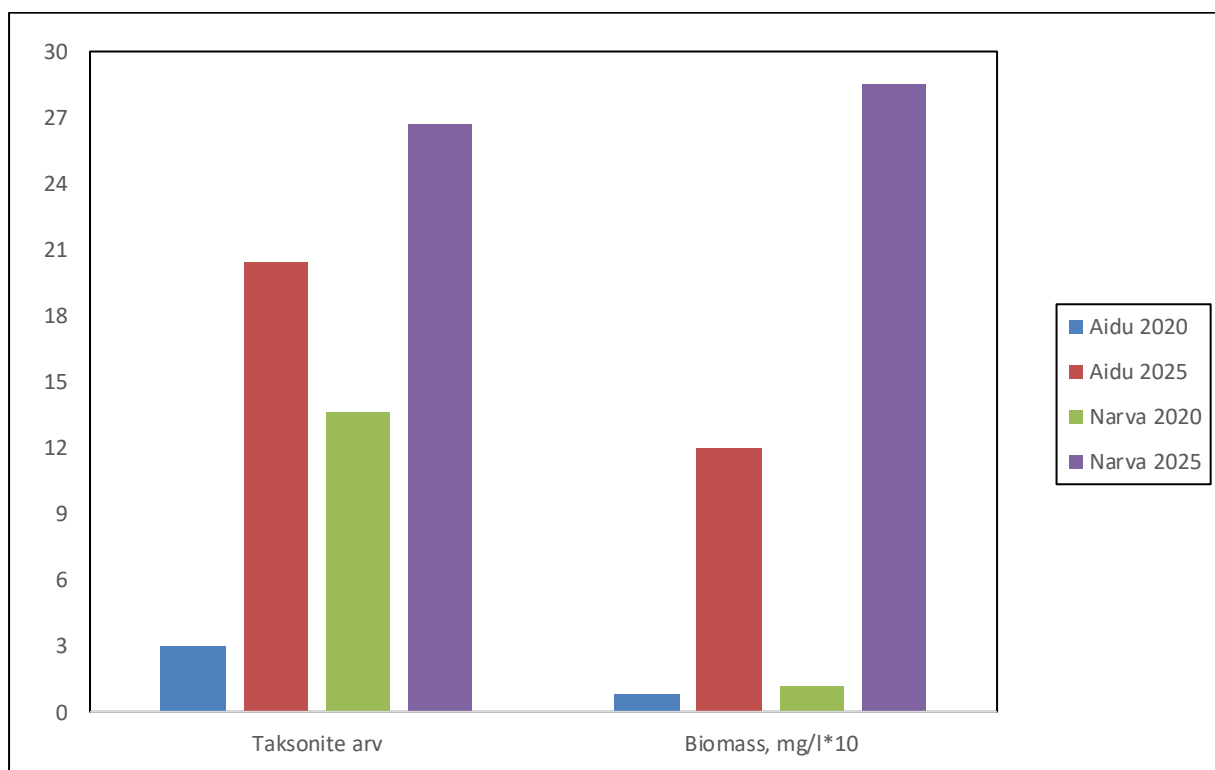
Tabelis kasutatud seisundiklasside kvaliteedinäitajate värvikoodid: roheline - hea, sinine - väga hea.

2.4 2025. aasta uuringutulemuste võrdlus varasema uuringuga[1]

Fütoplankton. Aastate vaheline võrdlus on küllaltki tinglik, sest proovipunktide asukohad ja arv ei kattu täpselt. Seetõttu on võrdluse aluseks mõlema aasta proovipunktide keskmine taksonite arv ja biomass (joonis 8). Tuleb märkida, et Aidu kahes proovipunktis puudus 2020. aastal fütoplankton üldse [1], seekord oli see esindatud kõigis proovipunktides.

Keskmine taksonite arv oli Aidus 2020. aastal 3 ja biomass 0,8 mg/l ja 2025. aastal vastavalt 20 ja 12 mg/l. Narva karjääri tranšee 13 alal oli 2020. aastal keskmine taksonite arv 14 ja biomass 1,2 mg/l ja 2025. aastal vastavalt 27 ja 28,51 mg/l.

Seega mõlemad näitajad on võrdlusperioodil kasvanud, taksonite arv on Aidu karjääris tõusnud seitse korda ja biomass viisteist korda, Narva karjääris vastavalt kaks ja kakskümmend neli korda. Võrreldes kahte karjääri omavahel, võib öelda, et Aidus oli suurim fütoplanktoni taksonite arvu ja Narva karjääris biomassi tõus.



Joonis 8. Aidu ja Narva karjääride fütoplanktoni taksonite arvu ja biomassi võrdlus aastatel 2020 ja 2025.

Zooplankton. Võrreldes 2025 aasta seirega, olid Aidu karjääris 2020. aastal arvukuse ja biomassi väärtused madalamad. Siiski tuleb toonitada, et ka proovivõtu meetodikad olid erinevad, mistõttu

kvantitatiivseid võrdlusi ei saa teha. Liigilised koosseisud ja dominandid on siiski sarnased viie aasta taguste uuringutega ning meso-eutroofsete indikaatorliikide kooslus on endiselt mitmekesine. Üldpilt on sarnane teiste karjääridega, kus planktonkooslus alles kujuneb välja (nt. Rummu Läänekarjäär, Maardu Lõunakarjäär) – domineerivad keriloomad ning kõrgemat troofsust eelistavad liigid ning vähilaadsete osakaal ja liigirikkus on madalad. Vesikirbuliste osas arvatavasti ei sobi neile suurtes karjääriveekogudes aeglaselt soojenevvesi.

Narva karjääri tranšee 13 alal olid 2020. aasta zooplanktoni arvukuse ja biomassi väärtused palju madalamad. Samuti ei saa meetoodiliste erinevuste tõttu kvantitatiivseid võrdlusi teha. Liigiline koosseis ja dominandid olid sarnased viie aasta taguste uuringutega ning meso-eutroofne indikaatorliikide kooslus on endiselt mitmekesine. Võrreldes teiste karjääridega (nt. Rummu Läänekarjäär, Maardu Lõunakarjäär) leidub siin rohkem vähilaadseid ning liigirikkus on kõrgem. Kuigi kõrgemat troofsust eelistavaid liike on üsna palju (madalat troofsust eelistavaid liike napib), siis keerulise elutsükliga aerjalaliste (eriti suuremõõtmeliste hormikuliste) esinemine viitab heale olukorrale Narva karjääris.

Suurtaimestik. Veetaimestikus pole võimalik vaid viie aasta pikkuse perioodi põhjal kindlaid trende välja tuua, kuna kinnitunud organismidele on üldiselt omane aeglane reaktsioon keskkonnatingimuste muutustele. Ka on aastate vahelisel erinevusel suur mõju. Võrdlus on tinglik, kuna proovialade paiknemine ja arv ei kattu ja seetõttu võrreldakse kogu ala taimestikku liiginimetike alusel.

Sarnasusindeksi alusel tehtud võrdlus näitab, et Aidu karjääri veetaimestiku liigiline koosseis on jäänud samaks ehk kõiki liike, keda leiti 2020. aastal, leiti ka käesoleval korral (tabel 17). Erinevus on liikide arvus, kaldaveetaimestikus leiti neid sel korral oluliselt rohkem. Veesisese taimestikus ning uju- ja ujulehtedega taimestiku puhul on aga üks liik vähem.

Ka Narva karjääri puhul olid uju- ja ujulehtedega taimestikus olemas kõik eelmisel korral registreeritud liigid. Kaldavee- ja veesisese taimestiku osas oli leitud liikide arv pea kaks korda suurem ning ka uju- ja ujulehtedega taimestikus leiti üks liik lisaks.

Tabel 17. Aidu ja Narva karjääride veetaimestiku 2020. ja 2025. aasta liigilise koosseisu võrdlus sarnasusindeksi (K) alusel

Ökoloogiline vöönd	Liikide arv 2020	Liikide arv 2025	Samade taksonite arv	K, %
Aidu karjäär				
Kaldaveetaimed	17	47	17	100
Uju- ja ujulehtedega taimed	2	1	1	100
Veesisesed taimed	8	14	8	100
Kokku	27	62	26	96,3
Narva karjäär				
Kaldaveetaimed	19	40	15	78,9
Uju- ja ujulehtedega taimed	2	3	2	100
Veesisesed taimed	4	8	3	75
Kokku	25	51	20	80

Fütobentos. Vaadeldavates veekogudes analüüsiti 2025. aastal esmakordselt seda elustikurühma ja võrdlust tuua ei saa.

Suurselgrootud. Aidu karjääris saab aastate 2020. ja 2025. suurselgrootute andmeid võrrelda proovipunktides 1, 2 ja 5 (tabel 18). Arvukaim takson 2020. aastal oli proovipunktides 1 ja 5 *Cloeon dipterum*, punktis 2 takson *Pisidium* sp, 2025. aastal domineeris kõigis punktides *Cloeon dipterum*.

Indeksite EPT ja ASPT väärtused on jäänud enam-vähem samaks ja seega ka seisundiklassid, hea või väga hea. Taksonirikkus (T) on tõusnud kõigis punktides ja sellega ka seisundihinnang ühe või kahe klassi võrra. Langenud on Shannoni indeksi (H') väärtused ning sellega seoses ka seisundihinnang ühe kuni kolme klassi piires. Ka tuleb märkida, et 2020. aastal äratas tähelepanu väheharjasusside ja kaanide puudumine Aidu proovides, siis 2025. aastal leiti neid kolmest proovipunktist.

Tabel 18. Aidu karjääri suurselgrootute kvaliteedinäitajad 2020. ja 2025. aastal

Proovipunkt/Näitaja/Aasta	T		EPT*		H'		ASPT	
	2020	2025	2020	2025	2020	2025	2020	2025
1	12	25	5	5	3,15	2,40	5,33	5,80
2	22	23	5	5	3,05	1,18	5,00	5,50
5	13	33	5	7	3,05	2,88	5,73	5,10

*- 2020. aasta indeks on ümberarvutatud. Tabelis kasutatud seisundiklasside kvaliteedinäitajate värvikoodid: oranž - halb, kollane - kesine, roheline - hea, sinine - väga hea.

Narva karjääris saab võrrelda suurselgrootute osas kõiki proovipunkte. Arvukaim takson 2020 oli proovipunktides 1, 2 ja 4 *Cloeon dipterum*, punktis 3 oli selleks takson *Cironomidae* sp., 2025. aastal domineeris kõigis punktides *Cloeon dipterum*.

Kui 2020. aastal oli seisundiklass indeksite alusel kesine või hea, siis 2025. aastal osutus seisundiklass kõikides punktides väga heaks (tabel 19). Oluliselt oli suurenenud taksonirikkus, mistõttu T ja EPT indeksite seisundihinnangud olid väga head. Ka siin tuleb märkida, et kui 2020. aastal ei leitud väheharjasusse ja kaane Narva proovides, siis 2025. aastal leiti neid kolmest seirepunktist.

Tabel 19. Narva karjääri suurselgrootute kvaliteedinäitajad ja seisundihinnangud 2020. ja 2025. aastal

Proovipunkt/Näitaja/Aasta	T		EPT*		H'		ASPT	
	2020	2025	2020	2025	2020	2025	2020	2025
1	16	32	2	7	2,81	2,66	5,36	5,30
2	19	40	5	12	2,54	2,71	5,62	5,77
3	14	39	3	12	2,89	2,90	5,34	5,36
4	23	42	5	5	1,16	2,53	5,39	5,10

*- 2020. aasta indeks on ümberarvutatud. Tabelis kasutatud seisundiklasside kvaliteedinäitajate värvikoodid: oranž - halb, kollane - kesine, roheline - hea, sinine - väga hea.

2.5 Hüdrobioloogilite näitajate kokkuvõte

Fütoplankton. Mõlemas karjääris on fütoplanktoni näitajad tõusnud, taksonite arv on Aidu karjääris tõusnud seitse korda ja biomass viisteist korda ning Narva karjääris vastavalt kaks ja kakskümmend neli korda. Võrreldes kahte karjääri omavahel, võib öelda, et Aidu on olnud suurim taksonite arvu ja Narva karjääris biomassi tõus.

Zooplankton. Aidu karjääri zooplanktoni kooslus oli keskmise kuni kõrge arvukuse ja väga madala biomassiga. Seevastu Narva karjääri zooplanktoni arvukus oli kõrge, biomass madal kuni kõrge. Võrreldes teiste karjääridega (Rummu Läänekarjäär, Maardu Lõunakarjäär, aga ka kõrge mineraalainete sisaldusega Äntu Sinijärv) on üldpilt üsna sarnane – domineerivad väikesemõõtmelised keriloomad, meso-eutroofseid indikaatorliike leidub mitmeid ning üldiselt vähilaadsete mitmekesisus ja arvukus on madalad. Antud uuringu käigus eristus Narva karjäär – kõrgem liigirikkus ja kõrgem vähilaadsete arvukus.

Mõlema karjääri puhul olid 2020. aasta zooplanktoni arvukus ja biomass madalamad. Liigiline koosseis ja dominandid on sarnased viie aasta taguse uuringuga ning meso-eutroofsete indikaatorliikide kooslus on endiselt mitmekesine. Aidu puhul on zooplanktoni üldpilt sarnane teiste karjääridega, kus kooslus alles kujuneb välja – domineerivad keriloomad ja kõrgemat troofsust eelistavad liigid ning vähilaadsete osakaal ja liigirikkus on madalad.

Narva karjääris, mis on ajaliselt tegelikult noorem, leidub võrreldes teiste karjääridega rohkem vähilaadseid ning liigirikkus on kõrgem. Kuigi kõrgemat troofsust eelistavaid liike on üsna palju (madalat troofsust eelistavaid liike napib), siis keerulise elutsükliga aerjalaliste (eriti suuremõõtmeliste hormikuliste) esinemine viitab heale olukorrale.

Suurtaimestik. Mõlemat karjääri iseloomustab küllaltki liigirikas veetaimestik, Aidu oli liike veidi rohkem, tehisjärv on ka 4 aastat vanem. Valdava enamiku liikidest moodustasid kaldaveetaimed, teistes vööndites oli liike vähem, mis on väga iseloomulik ka looduslikele veekogudele. Mõlema veekogu puhul domineerisid kaldavee- ja uju- ning ujulehtedega taimestik samad liigid. Veesisese taimestiku puhul domineerisid Aidu karjääris mändvetikad, Narva karjääris enamasti vesikuused või siis võrdselt mändvetikatega. Narva puhul oli ka iseloomulik taimedel ja muudel veealustel objektidel või ka lihtsalt veekogu põhja kattev ohter pealiskasv.

Mõlemale veekogule oli iseloomulik järskudest kallastest tingitud elupaikade nappus, liigid füüsiliselt ei mahu ära ning seetõttu kasvasid mitmed kaldaveetaimed ebatüüpiliselt küllaltki sügaval vee all. Võrdlus eelnenuga näitas, et Aidu puhul kattusid kahe seirekorra liigilised koosseisud täielikult, Narva puhul kattus uju- ja ujulehtedega taimestik, kuid kaldavee- ja veesisese taimestiku osas oli erinevusi. Liikide arvu osas olid aga mõlemas veekogus suured erinevused võrreldes varasemaga, sel korral leiti liike rohkem ja seda eelkõige kaldaveetaimestiku vööndis.

Fütobentos. Aidu karjääri kooslust iseloomustas oligotroofsete, peamiselt *Brachysira* ja *Encyonopsis* perekonna liikide suur osakaal. Ka Narva karjääri iseloomustas oligotroofsete liikide suur osakaal, arvukaimad taksonid olid *Achnanthes minutissimum* ja *Encyonopsis minuta*. Indeksitest andis WAT-indeks võrreldes IPS- ja TDI-indeksitega järjepidevalt madalama seisundihinnangu. See erinevus tuleneb nende indeksite erinevast ökoloogilisest fookusest, kuna WAT-indeks on eeskätt suunatud saproobsuse ja orgaanilise koormuse hindamisele, samas kui IPS ja TDI reageerivad tugevamalt toitainekoormusele. Karjääriveekogudes domineerivad üldiselt oligotroofsed ränivetikaliigid, millel puudub WAT-indeksis kaal või mille panus indeksisse on väike, seetõttu ei kirjelda WAT-indeksi

madalamad väärtused adekvaatselt karjääriveekogude ökoloogilist seisundit. Mõlema veekogu fütobentos kooslused viitavad madalale toitain- ja orgaanilisele koormusele.

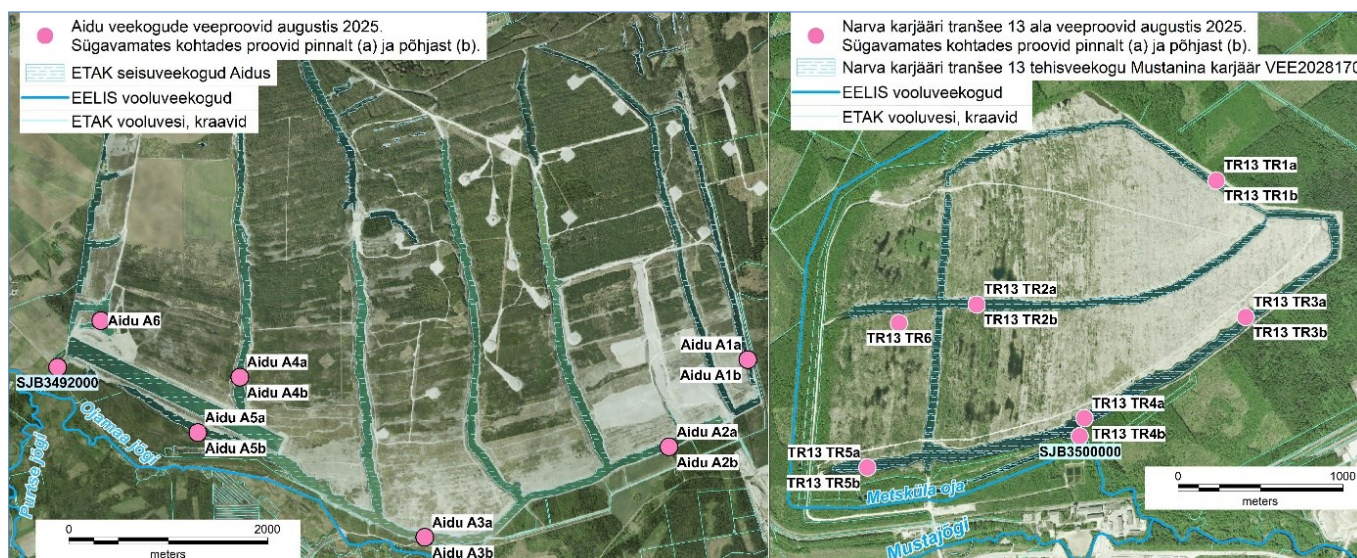
Suurselgrootud. Võrreldes varasemaga on mõlemas karjääris praegu domineeriv liik *Cloeon dipterum* jäänud kahe erandiga samaks. Narva karjäärist ei leitud üldse väga laialt levinud kirpvähilist *Gammarus pulex*, kes oli levinud aga kõigis Aidu karjääri proovipunktides. Indeksite väärtustest on mõlemas veekogus tõusnud taksonirikkus ja sellega seoses indeksi EPT väärtused. Indeksi ASPT väärtused on jäänud enam-vähem samaks ja ka Shannoni indeksi oma Narva karjääris. Viimane on aga Aidu karjääris tugevalt vähenenud, viidates mõne taksoni tugevale domineerimisele. Kui 2020. aastal ei leitud kummastki veekogus väheharjasusse ega kaane, siis 2025. aastal leiti neid üle pooltest proovipunktidest.

3 Vee keemilised näitajad

3.1 Metoodika

Aastatel 2019-2021 uuringualadelt võetud veeproovides polnud orgaaniliste ohtlike ainete osas¹⁶ reeglina ületatud keskkonnaministri 24. juuli 2019. a määrus nr. 28 piirväärtused ning seetõttu analüüsiti 2025. aastal ohtlikest ainetest vaid raskmetallide sisaldusi. Käesoleva töö käigus võeti 2020 aasta tulemustega võrdluseks Aidus veekogudes 18.08.2025 seitsmest uuringupunktist 12 veeproovi ja 19.08.2025 Narva karjääri tranšee 13 alal seitsmest uuringupunktist 10 veeproovi (asukohad joonisel 9).

Veekogude suurema sügavusega aladelt võeti kaks veeproovi, pindmine veeproov 0.3 m sügavuselt ja teine veeproov ca 1 m veekogu põhjast. Veekogu sügavus proovivõtukohal ja põhjakihist võetud veeproovi sügavus registreeriti kajaloodi abil. Proovid võeti väikese tootlikkusega (0.1 l/s) ja peenikese teflonvoolikuga proovivõtupumba abil peale kohapeal mõõdetavate näitajate (temperatuur, pH, elektrijuhtivus, hapniku sisaldus) stabiliseerumist vastavas mõõterakus.



Joonis 9. Pinnavee proovivõtukohad 2025 Aidu ja tranšee 13 ala veekogudes.

Aidu karjääri seisuveekogude veeproovides analüüsiti Ni, Hg, Pb, Cd, Fe⁺², Fe_{üld}, Mn, Ca, Mg ja DOC. Molübdeen analüüsiti Aidus vaid karjäärivee väljavoolus SJB3492000. Neljas (SJB3492000, Aidu A2a, Aidu A4a ja Aidu A6) pindmisest veekihist võetud veeproovides analüüsiti lisaks SO₄, P_{üld}, N_{üld}, BHT₅, NH₄-N. Karjäärivee väljavoolust SJB3492000 võeti veeproovid lisaks augustile ka veebruaris, aprillis ja novembris 2025.

Narva karjääri tranšee 13 alal võetud veeproovides analüüsiti Ni, Hg, Pb, Cd, Mo, Fe⁺², Fe_{üld}, Mn, Ca, Mg ja DOC. Pindmisest veekihist võetud veeproovides lisaks SO₄, P_{üld}, N_{üld}, BHT₅, NH₄-N. Narva karjääri tranšee 13 veekogu Mustanina karjäär (VEE2028170) väljavoolust (SJB3500000) võeti veeproovid lisaks augustile ka veebruaris, aprillis ja novembris 2025.

Proovide võtmisel, säilitamisel ja käsitlemisel lähtuti keskkonnaministri 03.10.2019 määruses nr 49 „Proovivõtumeetodid“ toodud nõuetest. Veeproovid võeti EKUK spetsialistide poolt, kes on atesteeritud pinnaveest proovivõtmise valdkonnas vastavalt määruses nr 49 toodud korrale.

¹⁶ fenoolid, klorofenoolid, BTEX, VOC, PAH, PCB, naftasaadused, tinaorgaanika ja pestitsiidid

Kõik laborianalüüsid tehti OÜ Eesti Keskkonnauuringute Keskuses ning kuuluvad EAK poolt akrediteeritud katselabori akrediteerimisulatusse (reg nr L008, <http://www.eak.ee/?pageCus=akr&id=11>). Analüüsimeetodid valiti kooskõlas keskkonnaministri 28.06.2019 määruses nr 23 „Nõuded vee füüsikalis-keemiliste ja keemiliste parameetrite uuringuid teostavale katselaborile, nende uuringute raames tehtavatele analüüsidele ja katselabori tegevuse kvaliteedi tagamisele ning analüüsi referentmeetodid¹⁷“ toodud nõuetega

Analüüside tulemusi võrreldi keskkonnaministri 24.07.2019 määruse nr 28 pinnavee piirväärtustega ja kasutati ka pinnavee seisundiklasside määramist keskkonnaministri 16.04.2020 määruses nr. 19 „Pinnaveekogumite nimekiri, pinnaveekogumite ja territoriaalmere seisundiklasside määramise kord, pinnaveekogumite ökoloogiliste seisundiklasside kvaliteedinäitajate väärtused ja pinnaveekogumiga hõlmamata veekogude kvaliteedinäitajate väärtused“.

Kuna pinna- ja põhjavesi moodustavad siin hüdrauliselt seotud ühtse süsteemi, kasutati vajadusel võrdlust ka keskkonnaministri 04.09.2019 määruse nr 39 põhjavee künnis- ja piirarvudega ning sotsiaalministri 24.09.2019 määruses¹⁷ nr 61 toodud joogivee piirsaldustega. Mõlemad uuringualad paiknevad Ordoviitsiumi Ida-Viru põlevkivibasseini põhjaveekogumi levikualal kus keskkonnaministri 01.10.2019. a määrus¹⁸ nr 48 järgne sulfaadi põhjavee läviväärtus on 250 mg/l.

Kõik analüüsitulemused ja mõõtmised on toodud aruande Lisas 1. Veeanalüüside tulemused.xlsx.

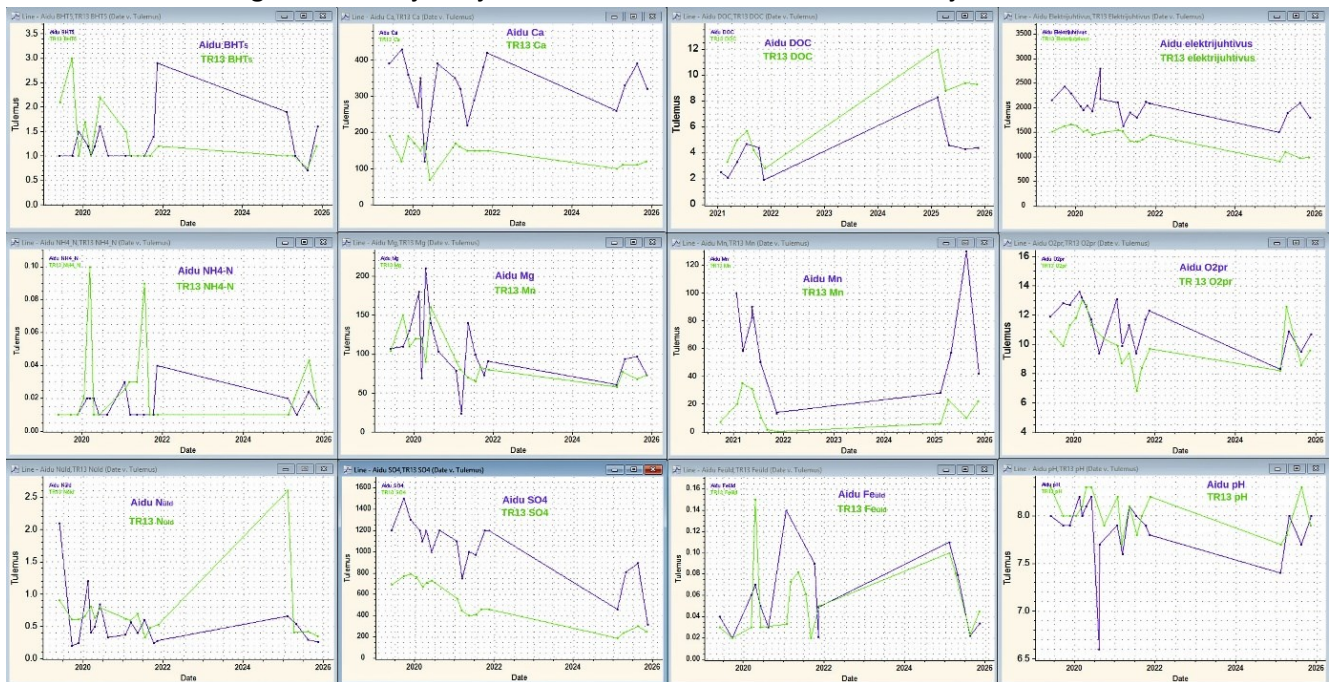
¹⁷ Joogivee kvaliteedi- ja kontrollinõuded ja analüüsimeetodid ning tarbijale teabe esitamise nõuded¹. Sotsiaalministri 24.09.2019 määrus nr 61.

¹⁸ Põhjaveekogumite nimekiri ja nende eristamise kord, seisundiklassid ja nende määramise kord, seisundiklassidele vastavad keemilise seisundi määramiseks kasutatavate kvaliteedinäitajate väärtused ja koguselise seisundi määramiseks kasutatavate näitajate tingimused, põhjavett ohustavate saasteainete nimekiri, nende sisalduse läviväärtused põhjaveekogumite kaupa ja kvaliteedi piirväärtused põhjavees ning taustatase me määramise põhimõtted. Keskkonnaministri 01.10.2019. a määrus nr 48.

3.2 Vee füüsikalise-keemiliste üldtingimuste näitajate tulemused

Tegemist on tehisjärvedega millel on väljavool vooluveekogudesse, mistõttu vaatleme ka pinnavee kvaliteediklasside näitajaid pH, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{N}_{\text{üld}}$, $\text{P}_{\text{üld}}$, BHT_5 ja lahustunud hapniku küllastusaste. Analüüsitud pinnavee kvaliteediklasside näitajate järgi oleks keskkonnaministri 16.04.2020 määrus nr. 19 põhjal Aidu ja Mustanina karjääri seisuveekogude ning nende väljavoolukraavide ökoloogilise potentsiaali seisundiklass väga hea, seda nii seisu- kui vooluveekogu füüsikalise-keemiliste kvaliteedinäitajate osas. Uuritud veekogude ökoloogilise potentsiaali seisundiklass aastal 2025 ei muutunud võrreldes varasema uuringuperioodiga 2019-2021.

Aidu karjääri (SJB3492000) ja tranšee 13 Mustanina karjääri (SJB3500000) väljavoolude füüsikalise-keemiliste üldtingimuste näitajate ajaline muutus on kokkuvõtvalt esitatud joonisel 10.



Joonis 10. Aidu (SJB3492000) ja tranšee 13 Mustanina karjääri (SJB3500000) väljavoolude füüsikalise-keemiliste üldtingimuste näitajate muutused 2019-2025.

Karjääriveekogudest väljavoolavas vees on jälgitav sulfaatide, magneesiumi ja elektrijuhtivuse vähenemine ning vees lahustunud orgaanilise süsiniku (DOC) sisalduse suurenemine. Ülejäänud joonisel 10 toodud näitajate osas kindlaid järeldusi teha ei saa, ka proovide arv oli aastal 2025 väiksem.

Sügavates karjäärjärvedes on vesi kihistunud. Aidu veekogudes (ülal/põhjakihi) oli 2025 aastal lahustunud hapniku küllastusaste võrreldava 5 proovipunkti keskmisena 94%/16%, O_2 8.8/1.8 mg/l, pH 7.76/6.86, elektrijuhtivus 1560/2840 $\mu\text{S}/\text{cm}$, Ca 270/556 mg/l, Mg 73/156 mg/l, $\text{Fe}_{\text{üld}}$ 0.03/20 mg/l, $\text{Fe}_{(\text{II})}$ 0.02/17 mg/l, Mn 37/517 $\mu\text{g}/\text{l}$ ja DOC 6.4/14.6 mgC/l. Seega erinevad Aidu põhjakihi vee näitajad (tabel 20) oluliselt pindmisest veekihtist.

Elustikule on oluline hapnikupuudus Aidu veekogude sügavamate osade põhjakihtides. Raua ja mangaani enam kui kümnekordne suurenemine Aidu sügavate veekogude põhjakihtides võib viidata ka mikroorganismide osalemisele sulfiidsete mineraalidega seotud protsessides.

Tranšee 13 Mustanina karjäär veekogus (ülal/põhjakihi) oli 2025 aastal lahustunud hapniku küllastusaste võrreldava 5 proovipunkti keskmisena 88%/77%, O_2 8.2/7.7 mg/l, pH 7.94/7.3, elektrijuhtivus 1028/1234 $\mu\text{S}/\text{cm}$, Ca 112/158 mg/l, Mg 71/88 mg/l, $\text{Fe}_{\text{üld}}$ 0.02/0.03 mg/l, $\text{Fe}_{(\text{II})}$ 0.02/0.02 mg/l, Mn 19/29 $\mu\text{g}/\text{l}$ ja DOC 11.6/28 mgC/l. Võrreldes Aiduga on tranšee 13 Mustanina karjäär põhjakihi vee näitajad (tabel 20) märksa sarnasemad pindmisest veekihtiga.

Aidu karjääri vee omadused aastatel 2020 ja 2025 on võrreldavates seirepunktide (tabel 20, asukohad joonisel 9) püsinud stabiilsed. Ajaperioodide võrdluses võib täheldada hapniku sisalduse väikest vähenemist põhjakihtides ja nikli sisalduste vähenemist enamike Aidu proovikohtade vees.

Tabel 20. Aidu karjääri ja tranšee 13 Mustanina karjääri veekogude näitajad 2020 ja 2025

Proovikoht	Kuupäev	O ₂ mg/l	O ₂ %	pH	Elektrijuhtivus µS/cm	Mn µg/l	Ni µg/l
Aidu A1a	13.08.2020	8.9	89	7.6	1240	10	3.7
Aidu A1a	18.08.2025	8.3	83	7.6	1200	10	4.0
Aidu A1b	13.08.2020	5.0	46	6.9	1690	16	7.8
Aidu A1b	18.08.2025	4.3	40	7.0	2100	78	15.0
Aidu A2a	12.08.2020	9.0	94	7.6	1480	16	5.7
Aidu A2a	18.08.2025	8.6	91	7.9	1300	14	4.5
Aidu A2b	12.08.2020	0.3	3	6.7	2950	450	35.0
Aidu A2b	18.08.2025	0.2	1	6.9	3000	470	22.0
Aidu A3a	12.08.2020	9.9	103	7.7	1760	40	8.7
Aidu A3a	18.08.2025	8.6	92	7.7	1600	61	6.8
Aidu A3b	12.08.2020	0.2	2	6.7	2970	450	38.0
Aidu A3b	18.08.2025	0.2	1	7.0	3000	490	30.0*
Aidu A4a	12.08.2020	10.0	104	7.8	2040	37	11.0
Aidu A4a	18.08.2025	9.2	100	7.8	1900	65	6.8
Aidu A4b	12.08.2020	0.3	2	6.6	3160	660	31.0
Aidu A4b	18.08.2025	0.2	1	6.7	3100	590	23.0
Aidu A5a	12.08.2020	11.3	115	7.8	1950	17	8.0
Aidu A5a	18.08.2025	9.4	104	7.8	1800	35	5.9
Aidu A5b	12.08.2020	3.5	33	6.7	3010	770	54.0
Aidu A5b	18.08.2025	4.0	35	6.7	3000	960	55.0*
TR13 TR1a	24.09.2020	10.8	106	8.1	1514	5	1.6
TR13 TR1a	19.08.2025	9.0	100	8.1	1000	10	2.2
TR13 TR1b	24.09.2020	10.8	108	8.1	1553	8	2.6
TR13 TR1b	18.08.2025	15.5	155	7.0	1600	17	6.5
TR13 TR3a	24.09.2020	10.6	106	8.0	1494	5.9	1.5
TR13 TR3a	19.08.2025	8.9	98	8.2	970	10	2.5
TR13 TR3b	24.09.2020	10.9	106	8.0	1496	4.2	1.8
TR13 TR3b	19.08.2025	6.2	58	7.3	1200	31	3.5
TR13 TR4a	24.09.2020	10.4	104	7.9	1497	11	1.7
TR13 TR4a	19.08.2025	8.6	95	8.3	970	10	2.5
TR13 TR4b	24.09.2020	10.4	101	7.9	1503	8.1	1.8
TR13 TR4b	19.08.2025	4.8	45	7.2	1100	47	3.5
TR13 TR5a	24.09.2020	10.1	104	7.8	1505	14	1.6
TR13 TR5a	19.08.2025	6.0	54	7.2	1200	56	3.5
TR13 TR5b	24.09.2020	10.2	101	7.7	1508	13	1.6
TR13 TR5b	19.08.2025	8.2	90	8.2	970	10	2.3

NB! a tähisega on näitajad ja sisaldused pinnakihist ja b tähisega põhjakihist. Rohelised lahtrid näitavad sisalduste tähelepanuväärset vähenemist, helekollased suurenemist.

** tähistatud nikli sisaldused ületasid ka biosaadava nikli ja selle ühendite aasta keskmise keskkonnakvaliteedi piirväärtuse 4 µg/l kasutades bio-met_bioavailability_tool_v5.*

Tranšee 13 Mustanina karjäär veekogu (VEE2028170) võrreldavate seirepunktide tulemused (tabel 20, asukohad joonisel 9) kajastavad aastatel 2020 ja 2025 mitmeid muutusiveekogus:

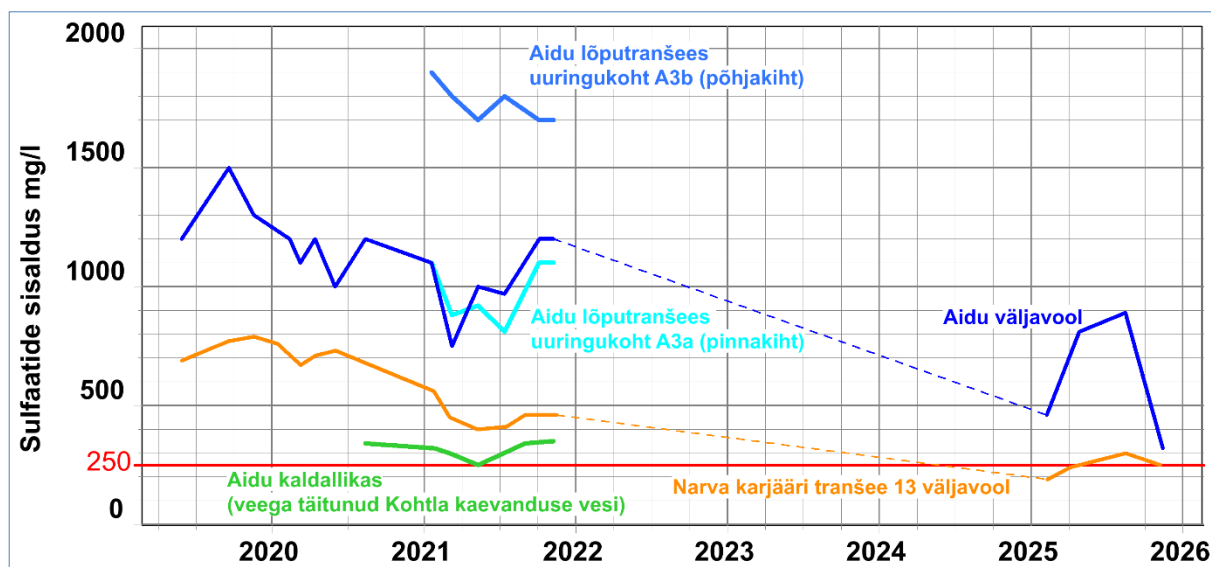
- Hapniku sisaldus veekogus on ka põhjakihtides elustikule soodne, sisaldused on veidi vähenenud nii pindmistes (keskmiselt 10.5→8.1 mg/l) kui põhjakihtides (keskmiselt 10.6→8.7 mg/l).
- Elektrijuhtivus on 2025 aastal väiksem nii pindmistes (keskmiselt 1500→1030 $\mu\text{S}/\text{cm}$) kui põhjakihtides (keskmiselt 1510→1220 $\mu\text{S}/\text{cm}$).
- Põhjakihtides on vähenenud pH väärtus (keskmiselt 7.9→7.4).
- Suurenenud on mangaani sisaldused nii pindmistes (keskmiselt 9.0→21.5 $\mu\text{g}/\text{l}$) kui põhjakihtides (keskmiselt 8.4→26.3 $\mu\text{g}/\text{l}$), samuti on veidi suurenenud nikli sisaldus nii pindmistes (keskmiselt 1.6→2.7 $\mu\text{g}/\text{l}$) kui põhjakihtides (keskmiselt 1.9→4.0 $\mu\text{g}/\text{l}$).

Tranšee 13 veekogu Mustanina karjäär (VEE2028170) neli aastat noorem veekogu polnud ilmselt saavutanud aastaks 2020 veel Aiduga võrreldavat stabiilsemat seisundit. Aastatel 2020 ja 2025 võrreldavate näitajate osas ei saa välistada, et selles Aiduga võrreldes madalamas veekogus on ka mitmete veekvaliteedi näitajate aastasine ja aastati muutlikkus suurem.

2025. aastal Aidu veekogudes vaid pindmises veekihi (uuringupunktid Aidu A2a, A4a ja A6) määratud sulfaatide sisaldus oli 560–970 mg/l (keskmiselt 817 mg/l) ja ületaks enam kui kolm korda keskkonnaministri 01.10.2019. a määrus nr 48 järgset põhjavee läviväärtust 250 mg/l.

2025. aastal tranšee 13 Mustanina karjäär veekogu vaid pindmises veekihi määratud sulfaatide sisaldus 230–330 mg/l (keskmine 268 mg/l) ületaks märksa vähem keskkonnaministri 01.10.2019. a määrus nr 48 järgset põhjavee läviväärtust 250 mg/l.

Sulfaatide sisaldust on varasematel aastatel määratud valdavalt vaadeldavate karjääriveekogude väljavoolus (joonis 11). Prognoosida võib sulfaadi sisalduste vähenemise jätkumist, kuid sisaldused



jäävad tõenäoliselt ületama põhjavee läviväärtust ja joogivee piirsisaldust 250 mg/l.

Joonis 11. Sulfaadi sisalduse muutused 2019–2025.

Üldistatult on Aidu vesi oluliselt suurema mineraalsusega ja väiksema vees lahustunud orgaanilise süsiniku sisaldusega kui tranšee 13 Mustanina karjääri vesi. Tranšee 13 Mustanina karjäär veekogu

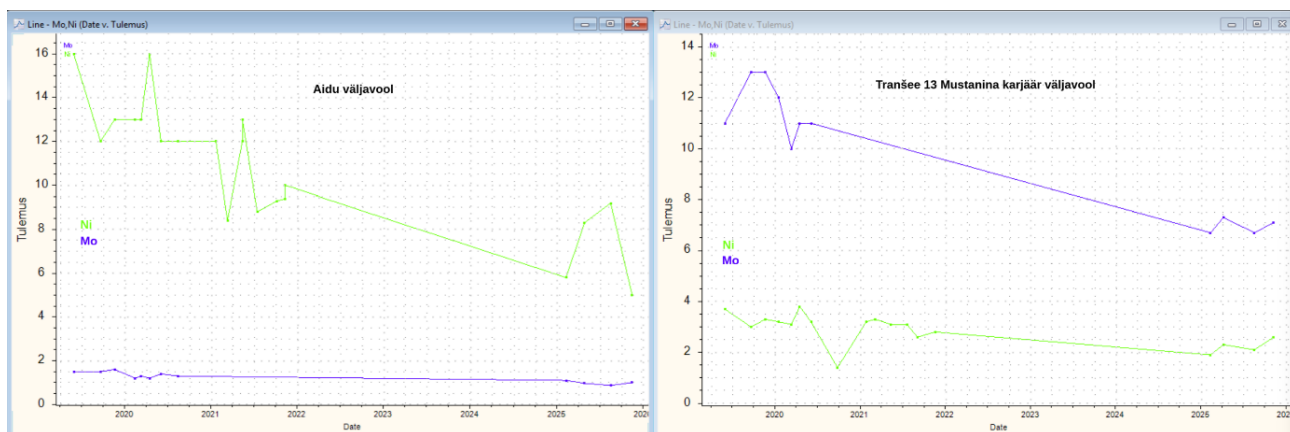
(VEE2028170) on pea poole madalam, vesi on väiksema mineraalsusega, raua ja mangaani sisalduste suurenemine sügavuti on väike ning hapnikku esineb uuringuajal ka põhjakihtide vees.

Sulfaatide sisaldus uuritud veekogudes ületaks ka sotsiaalministri 24.09.2019 määruse nr 61 joogivee piirisaldust, mistõttu karjäärijärvede vesi vajaks joogiveena kasutamisel vastavat töötlust sulfaatide sisalduse vähendamiseks.

3.3 Raskmetallid

Raskmetallidest oli ajavahemikul 2019-2021 pinnaveekogudest võetud veeproovides pinnavees ületatud keskkonnaministri 24. juuli 2019. a määrus nr. 28 piirväärtus nikli osas.

Aastal 2025 analüüsitud raskmetallide Ni, Hg, Pb, Cd, Mo sisaldustest jäid Hg, Pb, Cd sisaldused valdavalt alla labori määramispiiri ja ületatud ei olnud keskkonnaministri 24. juuli 2019. a määrus nr.



28 piirväärtused ning keskkonnaministri 04.09.2019 määruse nr 39 (Ohtlike ainete põhjavee kvaliteedi piirväärtused) põhjavee künnisarvud.

Joonis 12. Nikli ja molübdeeni sisaldused (µg/l) Aidu (SJB3492000) ja tranšee 13 Mustanina karjääri (SJB3500000) väljavooludes 2019-2025.

Aidu väljavoolus (SJB3492000) on nikli sisaldused vaadeldaval ajaperioodil pea kaks korda vähenenud ja veidi on vähenenud ka molübdeeni sisaldus. Tranšee 13 Mustanina karjääri väljavoolus on nikli sisaldus vees natuke vähenenud, kuid molübdeeni sisaldus on vähenenud pea 50% (joonis 12).

Karjäärialade pinna- ja põhjavesi moodustavad hüdrauliselt seotud ühtse süsteemi ja molübdeeni sisaldus Narva karjääri tranšee 13 Mustanina karjääri väljavoolu (SJB3500000) vees on kõigis proovides ületanud keskkonnaministri määrus nr 39 põhjavee molübdeeni künnisarvu 5 µg/l. Ohtlike ainete künnisarvu ületamise korral on vajalik hinnata ohtlikust ainest põhjustatavat ohtu põhjavee kasutajale ning ökosüsteemidele, lähtudes joogivee ning muudest põhjavee ning sellest sõltuva pinnavee kvaliteedi nõuetest.

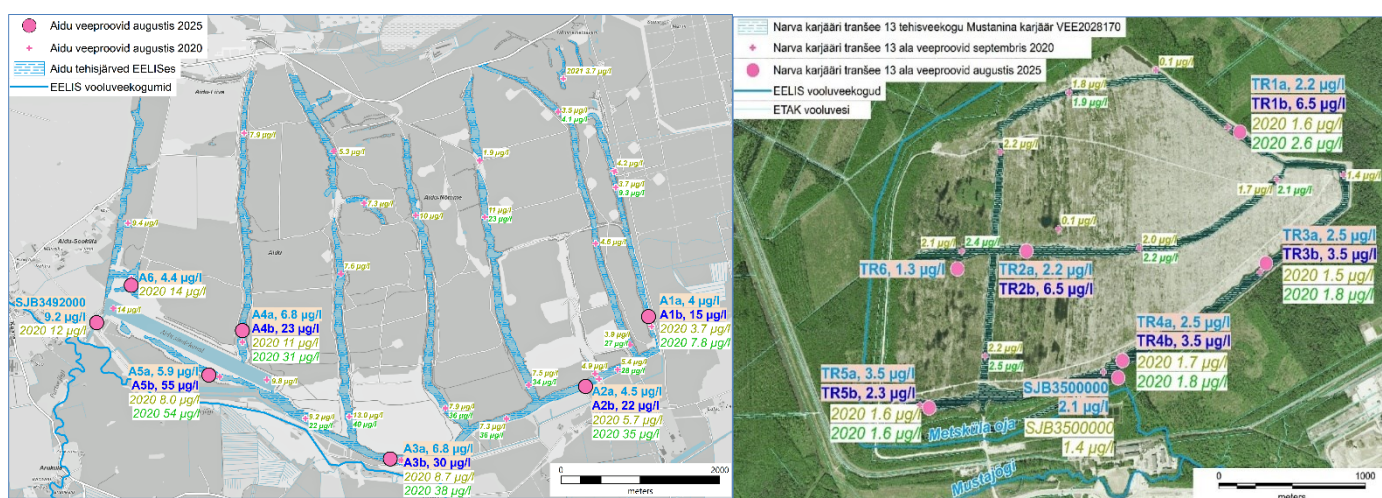
Joonisel 12 toodud ajaperioodil oli Aidu väljavoolu (SJB3492000) molübdeeni aastakeskmine sisaldus 2019 1.5 µg/l, 2020 1.3 µg/l ja 2025 1 µg/l. Molübdeeni aastakeskmine sisaldus Mustanina karjääri vee väljavoolus (SJB3500000) on märksa rohkem vähenenud: 2019 12.3 µg/l, 2020 11 µg/l ja 2025 keskmine 7 µg/l.

Molübdeeni sisaldusi tranšee 13 Mustanina karjäär veekogust (VEE2028170) 19.08.2025 võetud proovides oli 4.8-7.5 µg/l (keskmine 6.6 µg/l) ja hästi kokkulangev väljavoolu vees (SJB3500000) analüüsitud sisaldusega 6.7 µg/l.

Molübdeeni sisaldust keskkonnaministri 24.07.2019 määrus nr 28 pinnavees ei limiteeri sest veeorganismidele kahjulik molübdeeni sisaldus on põhjavee künnisarvust tuhat korda suurem¹⁹. Pinnavees seostatakse molübdeeni sisaldusi üle 10 µg/l karbonaatsete kivimite murenemisprotsessidega, kusjuures suuremad on Mo sisaldused aeroobses (oksüdeerivas) ja lahustunud orgaanilise süsiniku rikkas veekeskkonnas [12].

Tranšee 13 veekogus Mustanina karjäär (VEE2028170) on võrreldes Aiduga aeroobsemad tingimused ja pea kaks korda kõrgem lahustunud orgaanilise süsiniku sisaldus (DOC), võib pidada tõenäoliseks, et need soodustavadki siin vees kõrgemaid molübdeeni sisaldusi. Tõenäoliseks võib pidada Mustanina karjäär (VEE2028170) vees molübdeeni sisalduste edasist vähenemist, ka alla keskkonnaministri 04.09.2019 määrus nr 39 põhjavee künnisarvu, kuid sisaldused jäävad suuremaks kui Aidus.

Võrreldes karjäärijärvede nikli sisaldusi on Aidus märgatav sisalduste vähenemine pea kõikides võrreldavates uuringupunktidest (tabel 20 ja joonis 13). Vaid seirepunktis Aidu A1 täheldati nikli sisalduse suurenemist.



Joonis 13. Aidu ja tranšee 13 Mustanina karjääri veekogude nikli sisaldused uuringupunktidest aastatel 2020 ja 2025.

Tranšee 13 Mustanina karjääri veekogus olid nikli sisaldused 2025 aasta augustis kõigis võrreldavates seirepunktides veidi suuremad kui septembris 2020. Kuna septembris 2020 oli ka tranšee 13 Mustanina karjääri väljavoolus (SJB3500000) nikli sisaldus kõige väiksem (1.4 µg/l, joonisel 12), võib 2025 augusti proovides analüüsitud nikli sisaldus suurenemine jääda ka aastasisese ja aastati muutlikkuse piiresse.

Kuna nikli sisaldus paljude proovide vees oli üle 4 µg/l, kasutati nikli ja selle ühendite biosaadavuse hindamiseks kahte biosaadavuse mudelit:

- PNEC-pro V6, <http://www.pnec-pro.com/> biosaadavuse mudel kasutab magneesiumi vee kareduse näitajana;
- Bio-met 5 (<https://bio-met.net/>) biosaadavuse mudel kasutab kaltsiumi vee kareduse näitajana.

Kasutatud biosaadavuse mudelid pole kohandatud suure karedusega (~ 10 mg-ekv/l ja rohkem) veega veekogudele, kus on ka teisi olulisi biosaadavust mõjutada võivaid komponente nagu sulfaadid.

¹⁹ Molübdeeni PNEC veeorganismidele on 11.9 mg/l <https://echa.europa.eu/et/registration-dossier/-/registered-dossier/15524/6/1>, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969717317734>

Võrreldes mudeleid omavahel, on Bio-met 5.0 mudeliga ületamisi enam ja biosaadava nikli sisaldused suuremad võrreldes PNEC-pro V6 mudelist saadud tulemustega (tabel 21).

Arvutusmudelite järgi oli 2025 aastal biosaadava nikli ja selle ühendite 4 µg/l AA-EQS ületatud vaid Aidu sügavate tranšeeveekogude põhjakihtides. 2021 aastal oli lisaks sügavate tranšeeveekogude põhjakihtide veele ületamine ka Aidu vee väljavoolus Ojamaa jõkke.

Tabel 21. Biosaadava nikli sisaldused Bio-met 5 ja PNEC-pro V6 arvutusmodelites

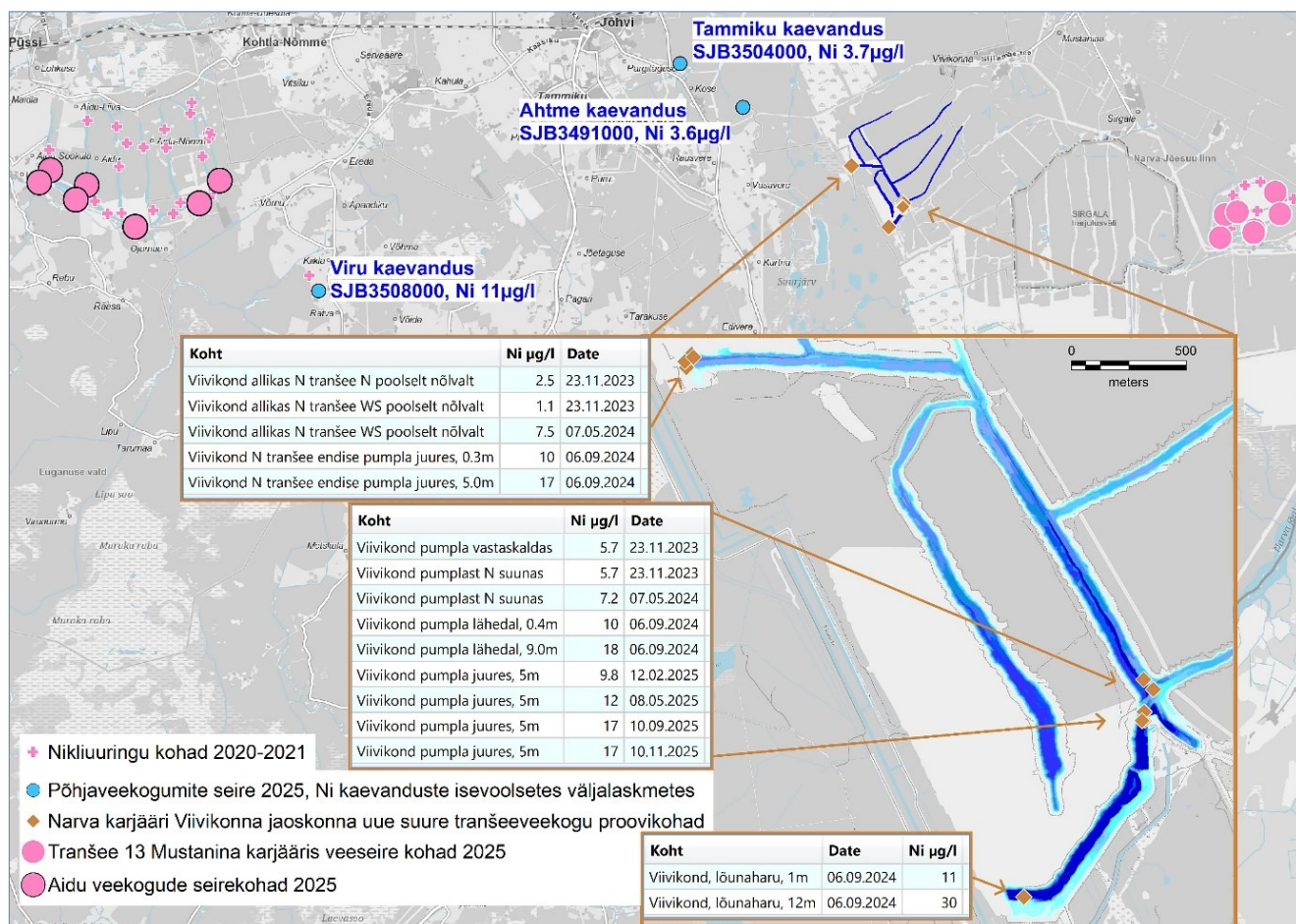
Proovikoht ja aasta	Proove	Vees Ni µg/l	Bio-met 5 mudel (Ca järgi), µg/l	PNEC-pro V6 mudel (Mg järgi), µg/l
Aidu karjääri väljavool 2021	6	10(8.4-12)	5.1(3.6-6.8)	3.4(2.5-4.6)
Aidu karjääri väljavool 2025	4	7.1(5-9.2)	2.6(1.2-3.5)	1.83(1-2.5)
Narva tranšee 13 väljavool 2021	6	3(2.6-3.3)	1.4(1.1-1.7)	1.1(0.8-1.4)
Narva tranšee 13 väljavool 2025	4	2.2(1.9-2.5)	0.6(0.4-0.7)	0.5(0.3-0.6)
Aidu A3a 2021	6	12.1(9.4-14)	6.2(4.9-7.1)	4.1(3.5-5)
Aidu A3a 2025	1	6.8	2.4	1.7
Aidu A3b 2021	6	40.2(36-45)	9.7(6.6-15.3)	5.2(3.9-6.8)
Aidu A3b 2025	1	30	4.4	2.7
Aidu A1a 2025	1	4	0.8	0.66
Aidu A1b 2025	1	15	2.6	1.7
Aidu A2a 2025	1	4.5	1.8	1.4
Aidu A2b 2025	1	22	3.4	2.1
Aidu A4a 2025	1	6.8	2.5	1.6
Aidu A4b 2025	1	23	2.4	1.5
Aidu A5a 2025	1	5.9	2.0	1.4
Aidu A5b 2025	1	55	5.8	3.7
Aidu A6 2025	1	4.4	1.7	1.1
TR13 TR1a 2025	1	2.2	0.6	0.5
TR13 TR1b 2025	1	6.5	0.5	0.4
TR13 TR2a 2025	1	2.2	0.6	0.5
TR13 TR2b 2025	1	6.5	0.5	0.3
TR13 TR3a 2025	1	2.5	0.6	0.5
TR13 TR3b 2025	1	3.5	0.4	0.3
TR13 TR4a 2025	1	2.5	0.7	0.7
TR13 TR4b 2025	1	3.5	0.4	0.3
TR13 TR5a 2025	1	3.5	0.4	0.3
TR13 TR5b 2025	1	2.3	0.7	0.6
TR13 TR6 2025	1	1.3	0.3	0.2

*Oranžid lahtrid: ületatud on nikli ja selle ühendite pinnavee keskkonnakvaliteedi piirväärtus (MAC-EQS) 34 µg/l.
Kollased lahtrid: ületatud on biosaadava nikli ja selle ühendite aasta keskmise keskkonnakvaliteedi piirväärtus AA-EQS 4 µg/l.*

Üldine niklisisalduse vähenemine Aidu vees põhjustab ka biosaadava nikli koguse vähenemise, samuti vähendab lahustunud orgaanilise süsiniku (DOC) suurenemine mudelite arvutatud biosaadava nikli kogust.

Kui vaadata põhjaveekogumite seires olevaid veega täitunud allmaakaevanduste isevoolsete väljalaskmete vee nikli sisaldusi, on enam kui paarkümmend aastat tagasi suletud Ahtme ja Tammiku kaevanduste vees nikli sisaldus stabiliseerunud tasemele veidi alla 4 µg/l. Kümmeaastat tagasi veega täitunud Viru kaevanduses on nikli sisaldus veel 11 µg/l, kuid langustrendis. 2025 aastal projekteeritud veetaseme saanud endise Viivikonna jaoskonna alal moodustunud suures karjääriveekogus (joonisel 14) on nikli sisaldus praegu tõusva trendiga.

Saamaks kinnitust, et biosaadava nikli sisaldused piirväärtust ei ületa, tuleb karjääri keskkonnaloas lisaks niklile määrata ka karedust põhjustavad ühendid (Ca, Mg), DOC ja pH.



Joonis 14. Nikli sisaldused 2025 põhjaveekogumite seires ja Viivikonna uues tranšeeveekogus.

3.4 Vee keemiliste näitajate kokkuvõte

Analüüsitud pinnavee kvaliteediklasside näitajate (pH, NH₄-N, N_{üld}, P_{üld}, BHT₅ ja O₂%) järgi oleks Aidu ja Mustanina karjäär seisuveekogude ning nende väljavoolukraavide ökoloogilise potentsiaali seisundiklass väga hea, seda nii seisu- kui vooluveekogu füüsikalise-keemiliste kvaliteedinäitajate osas keskkonnaministri 16.04.2020 määruse nr. 19 põhjal. Võrreldes perioodiga 2019-2021 ökoloogilise potentsiaali väga hea seisundiklass nende näitajate järgi aastal 2025 ei muutunud.

Pinna- ja põhjavesi moodustavad veega täitunud põlevkivikarjäärides alal hüdrauliselt seotud ühtse süsteemi ja karjääriveekogudest väljavoolavas vees on ajas jälgitav sulfaatide, magneesiumi ja elektrijuhtivuse vähenemine ning vees lahustunud orgaanilise süsiniku (DOC) sisalduse suurenemine. Sulfaatide sisaldus ületas keskkonnaministri 01.10.2019. a määruse nr 48 järgset põhjavee läviväärtust 250 mg/l ja sotsiaalministri 24.09.2019 määruse nr 61 joogivee piirsisaldust, mistõttu vesi vajaks joogiveena kasutamisel vastavat töötlust sulfaatide sisalduse vähendamiseks.

Võrreldes tranšee 13 veekoguga Mustanina karjäär (VEE2028170), on Aidus karjäärjärved pea kaks korda sügavamad, vesi on kihistunud ning sügava veega alade põhjakihtides reeglina anaeroobne. Vee kihistumine Aidus väljendub vee näitajates ja koostises, sügavuse kasvades suureneb enim raua, mangaani ja nikli sisaldus. Raua ja mangaani enam kui kümnekordne suurenemine Aidu sügavate veekogude põhjakihtides võib viidata mikroorganismide osalemisele sulfiidsete mineraalidega seotud protsessides.

Aidu veekogude vee omadused aastatel 2020 ja 2025 on võrreldavates seirepunktide küllalt stabiilsed. Aastate võrdluses võis täheldada hapniku sisalduse väikest vähenemist põhjakihtides ja nikli sisalduste vähenemist pea kõigis proovikohtades. Aidu veekogude vesi on oluliselt suurema mineraalsusega ja väiksema vees lahustunud orgaanilise süsiniku sisaldusega kui tranšee 13 Mustanina karjääri vesi.

Mustanina karjääri veekogus (VEE2028170) on vee kihistumine väiksem ja prevaleerivad aeroobsed tingimused. Võrreldes Aiduga on vesi on ka väiksema mineraalusega ning raua ja mangaani sisalduste suurenemine sügavuti on väike ning hapnikku esines uuringuajal ka põhjakihtide vees.

Aastal 2025 analüüsitud raskmetallide Ni, Hg, Pb, Cd, Mo sisaldustest jäid Hg, Pb, Cd sisaldused valdavalt alla labori määramispiiri ja ei ületanud keskkonnaministri 24. juuli 2019. a määrus nr. 28 piirväärtusi ning keskkonnaministri 04.09.2019 määruse nr 39 põhjavee künnisarve.

Karjäärialade pinna- ja põhjavesi moodustavad hüdrauliselt seotud ühtse süsteemi ja kuigi molübdeeni sisaldus Narva karjääri tranšee 13 Mustanina karjääri pinnaveekogu ja selle väljavoolu vees ületab keskkonnaministri määrus nr 39 põhjavee molübdeeni künnisarvu 5 µg/l, ei kahjusta see veeorganisme. Molübdeeni sisaldust keskkonnaministri 24.07.2019 määrus nr 28 pinnavees ei limiteeri, sest veeorganismidele kahjulik molübdeeni sisaldus on põhjavee künnisarvust tuhat korda suurem²⁰.

Võrreldes Aidu karjäärjärvede nikli sisaldusi aastatel 2020 ja 2025 on Aidus märgatav sisalduste vähenemine pea kõikides võrreldavates uuringupunktes, vaid seirepunktis Aidu A1 oli jälgitav nikli sisalduse suurenemine. Aidu karjäärjärvede väljavoolus (SJB3492000) on nikli sisaldused vaadeldaval ajaperioodil 2019-2025 ligi kaks korda vähenenud.

Tranšee 13 Mustanina karjääri veekogus olid nikli sisaldused 2025 aasta augustis kõigis võrreldavates seirepunktides suuremad kui septembris 2020, kuid sisalduste suurenemine oli väike. Septembris 2020 oli tranšee 13 Mustanina karjääri väljavoolus (SJB3500000) nikli sisaldus kõige väiksem (1.4 µg/l) ja

²⁰ Molübdeeni PNEC veeorganismidele on 11.9 mg/l <https://echa.europa.eu/et/registration-dossier/-/registered-dossier/15524/6/1>, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969717317734>

põhiveekogus 2025 augustil täheldatud nikli sisalduse vähenemine võib jääda aastasisese ja aastati muutlikkuse piiresse.

Võib pidada tõenäoliseks, et tranšee 13 veekogu Mustanina karjäär (VEE2028170) neli aastat noorem veekogu polnud aastaks 2020 saavutanud Aiduga sarnanevat stabiilsemat seisundit. Selles Aidust madalamas veekogus võib veekvaliteedi näitajate aastasisene ja aastati muutlikkus olla suurem, mistõttu aastast ühekordse proovivõtu tulemused on raskemini võrreldavad.

Kuna nikli sisaldus paljude proovide vees oli üle 4 µg/l, arvutati nikli ja selle ühendite biosaadavus. Kui biosaadava nikli ja selle ühendite 4 µg/l AA-EQS oli ületatud 2021 aastal Aidu sügavate tranšeeveekogude põhjakihtides ja ka Aidu vee väljavoolus Ojamaa jõkke, siis 2025 aastal oli ületamisi vaid Aidu sügavate tranšeeveekogude põhjakihtides. Tranšee 13 Mustanina karjääri veekogus ja selle väljavoolus on biosaadava nikli ja selle ühendite sisaldus kogu aeg olnud alla 2 µg/l. Üldine niklisisalduse vähenemine Aidu vees põhjustab ka biosaadava nikli koguse vähenemise, samuti vähendab lahustunud orgaanilise süsiniku (DOC) suurenemine mudelite arvatud biosaadava nikli kogust.

Nikli sisalduste edasisel vähenemisel alla AA-EQS kui MAC-EQS piirväärtuste oleks ka Aidu karjääri veekogude vee keemilised näitajad vastavuses ökoloogilise potentsiaali seisundiklassile väga hea.

Arvestades veekogu sügavust, hapnikku olemasolu ka põhjakihtides, vee väiksemat mineralisatsiooni (sh SO₄) ning veekogu morfoloogias protsentuaalselt kaldatimestikule suurema sobiva kaldavööndi olemasolu, on Narva karjääri tranšee 13 Mustanina karjääri veekogul (võrreldes Aiduga) paremad eeldused kujuneda elustikule soodsaks tehisveekoguks.

4 Kalastiku uuring

4.1 Materjal ja metoodika

Käesoleva uuringu eesmärk oli hinnata kalastiku ja veeparametrite muutusi viie aasta jooksul pärast esmast uuringut [1] ning võrrelda saadud tulemusi 2020. aasta andmetega. Erilist tähelepanu pöörati kalastiku liigilise koosseisu, arvukuse ja suurusstruktuuri muutustele ning nende seostele veekogude keskkonnatingimustega. Võrdluse usaldusväärsuse tagamiseks viidi võrgupüügid läbi samades püügikohtades ja samadel sügavustel kui 2020. aastal. Uuring teostati koostöös ELHK-ga.

Lisaks hinnati karjääriveekogude erinevate elupaigatüüpide tähtsust kalastiku kujunemisel. Eraldi tähelepanu pöörati madalatele veekogudele ja põhiveekogust eraldatud või sellega nõrgalt ühendatud aladele, millel võib olla oluline roll kalade sigimis- ja noorkalade kasvualadena. Narva karjääri tranšee 13 põhjaosas paikneva madalveekogu ühendus põhiveekoguga rajati 2024. aasta augustis, mis võimaldas hinnata tehtud ühendatuse mõju kalastiku kujunemisele.

Uuringu tulemused annavad teavet nii olemasolevate karjääriveekogude ökoloogilise seisundi kohta kui ka tulevaste karjääriveekogude kujundamise põhimõtete väljatöötamiseks. Eriti oluline on mõista, kuidas mõjutavad veekogude morfoloogia, kaldavööndi areng, ühendatus ning hapnikurežiim kalastiku liigirikkust, sigimisedukust ja elupaikade kvaliteeti. Saadud teadmised võimaldavad anda soovitusi karjääriveekogude kujundamiseks viisil, mis suurendab nende ökoloogilist väärtust ning toetab piirkonnale omase kalastiku kujunemist.

Uuring viidi läbi kahes Ida-Virumaa põlevkivikaevandamise tulemusel kujunenud veekogus: Aidu karjääris ning Narva karjääri tranšee 13 alal. Mõlemad veekogud on kujunenud endiste karjääriviisiliste kaevandusalade veega täitumise tulemusel ning erinevad nii morfoloogia, ühendatuse kui ka elupaikade mitmekesisuse poolest.

Narva karjääri tranšee 13 kujutab endast suures osas ühendatud veesüsteemi, mille koosseisu kuuluvad lisaks sügavamatele tranšeedele ka madalaveelised alad ning põhiveekogust osaliselt eraldatud veekogud. Aidu karjäär koosneb erineva suuruse ja sügavusega veekogudest, millest osa on omavahel ühendatud ning osa paikneb isoleeritult.

Kalastiku uurimiseks kasutati nakkevõrke, elektripüüki, maimunoodapüüke ning täiendavalt vähimõrdu. Kalastiku muutuste hindamiseks võrreldes 2020. aasta uuringuga teostati võrgupüügid samades püügikohtades ning samadel sügavustel kui varasemas uuringus. Selline lähenemine võimaldas hinnata kalastiku muutusi viieaastase perioodi jooksul võimalikult võrreldavatel alustel.

Võrgupüükide käigus registreeriti kõik püütud kalaliigid ning määrati püütud isendite arv. Kalad mõõdeti ja kaaluti, et hinnata liikide suurusstruktuuri ning kalastiku üldisi muutusi võrreldes 2020. aasta uuringuga. Võrgupüügid viidi läbi nii Narva karjääri tranšee 13 alal kui ka Aidu karjääris.

Elektripüüke kasutati eeskätt madalaveeliste ja kaldalähedaste elupaikade kalastiku uurimiseks. Tranšee 13 alal teostati elektripüüke nii põhiveekogu väljavoolu piirkonnas kui ka põhiveekogust eraldatud madalveekogudes. Aidu karjääris viidi elektripüügid läbi väljavoolukanalis ning mitmetes väiksemates isoleeritud veekogudes ja tranšeedes. Elektripüügid võimaldasid hinnata eeskätt väiksemamõõtmeliste liikide ja noorjarkude esinemist ning täiendasid võrgupüügiandmeid.

Maimunoodapüügid teostati Narva karjääri tranšee 13 põhjaosas paiknevas madalveekogus, et hinnata veekogu tähtsust kalade sigimis- ja noorkalade kasvualana. Veekogu ühendus põhiveekoguga tehti 1. augustil 2024 LIFE IP CleanEST projekti tööalgute käigus, süvendades ja laiendades käsitsi olemasolevat madalat ühenduskanalit. Maimunoodapüügid viidi läbi enne ühenduse rajamist 2024.

aastal ning pärast ühendatuse parendamist 2025. aastal. See võimaldas hinnata ühendatuse mõju kalastiku koosseisule ja noorkalade arvukusele.

Söödastatud vähimõrdu kasutati Narva karjääri tranšee 13 alal võõrliigi marmorvähi (*Procambarus virginalis*) võimaliku esinemise kontrollimiseks, keda leiti 2020 aasta uuringus [1].

Veeparameetrite mõõtmine. Vee füüsikalise-keemiliste omaduste hindamiseks kasutati YSI käsimultimeetrit ning automaatseid logereid.

YSI multimeetriga mõõdeti veekogudes: veetemperatuuri; lahustunud hapniku sisaldust; hapniku küllastusastet; elektrijuhtivust; pH-d; redokspotentsiaali; hägusust. Mõõtmisi teostati erinevatel sügavustel, et hinnata veesamba kihistumist ning kalastikule sobivate tingimuste vertikaalset ulatust.

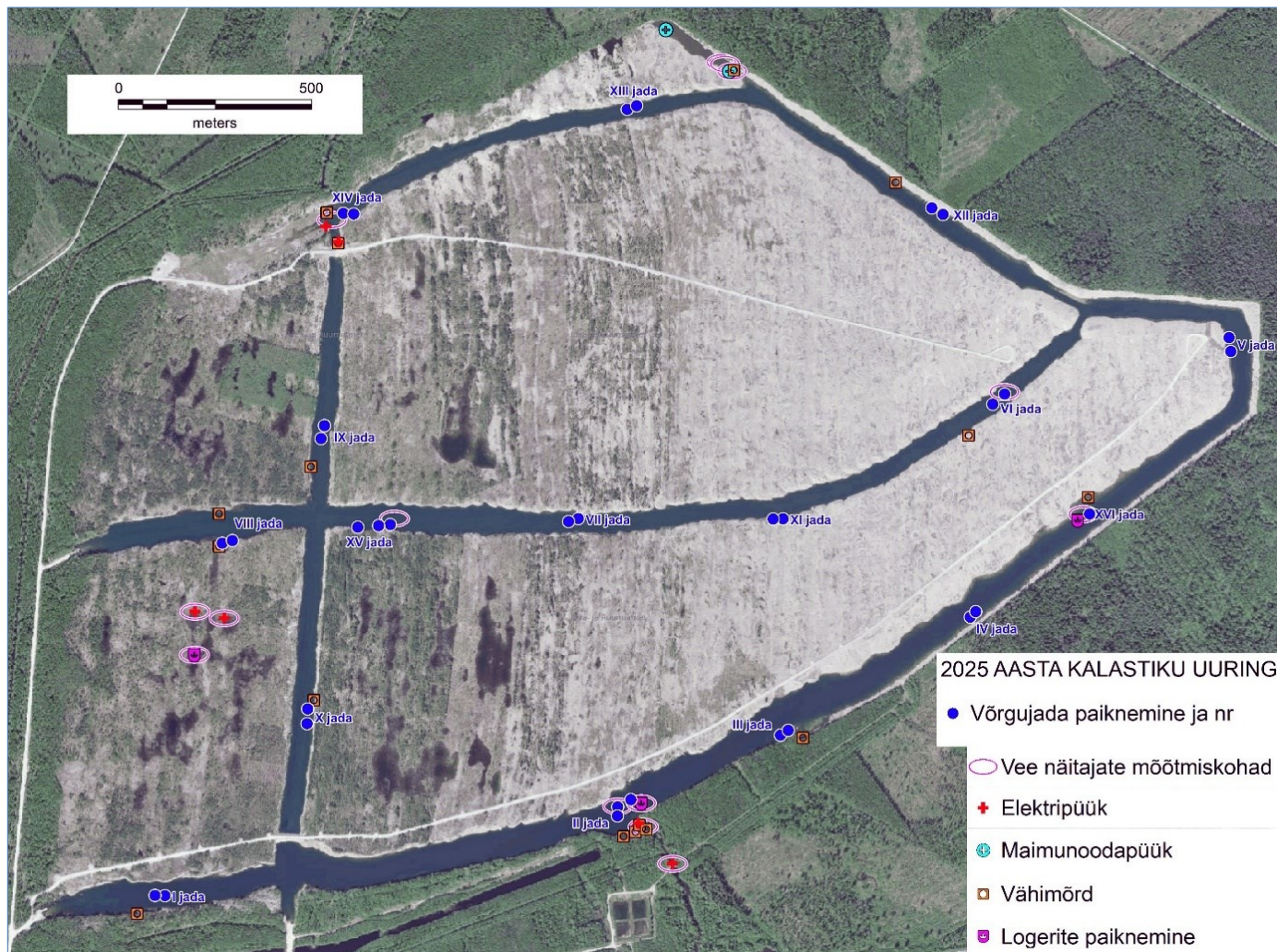
Pidevseire logeritega tehti Narva karjääri tranšee 13 alal, logerid paigaldati 18. oktoobril 2024 ning eemaldati 12. mail 2025. Kõik logerid registreerisid veetemperatuuri. Hapnikulogerid mõõtsid lisaks lahustunud hapniku sisaldust ning rõhulogerid veesamba rõhku, mille põhjal on võimalik hinnata veetaseme muutusi. Logerid paigutati nii põhiveekogu erinevatesse sügavuskihtidesse kui ka eraldatud madalveekogusse. Selline paigutus võimaldas hinnata hapnikurežiimi muutusi talveperioodil, veesamba kihistumist, kaladele sobiva eluruumi ulatust, ummuksiohu tekkimist eraldatud madalveekogudes ning veetaseme muutusi seireperioodi jooksul. Pidevseire andmeid kasutati kalastiku uuringutulemuste tõlgendamisel ning veekogude elupaigalise kvaliteedi hindamisel.

Kõik kalastiku analüüsitulemused ja mõõtmised on toodud aruande Lisas 3.

4.2 Narva karjääri tranšee 13 kalastik

4.2.1 Võrgupüügid

Narva karjääri tranšee 13 alal teostati 2025. aastal võrgupüügid (võrgujadad on toodud joonisel 15) samades püügikohtades ja samadel sügavustel kui 2020. aasta uuringus [1]. Kokku registreeriti võrgupüükidel kaheksa kalaliiki: ahven (*Perca fluviatilis*), haug (*Esox lucius*), linask (*Tinca tinca*), mudamaim (*Leucaspius delineatus*), roosärg (*Scardinius erythrophthalmus*), särg (*Rutilus rutilus*), turb (*Leuciscus cephalus*) ja viidikas (*Alburnus alburnus*).



Joonis 15. Narva karjääri tranšee 13 ala uuringukohad 2025.

Aastal 2020 registreeriti [1] võrgupüükidel viis liiki ning 2025. aastal kaheksa liiki (vt Lisa 3.3). Liigiline koosseis täienes haugi, mudamaimu ja viidika võrra. Kokku püüti 2025. aastal 287 isendit, mis on väga lähedane 2020. aastal registreeritud 280 isendile.

Arvukuselt domineerisid 2025. aasta võrgusaagis särg (134 isendit) ja ahven (86 isendit), moodustades koos ligikaudu kolmveerandi kogu saagist. Arvukamaks muutus viidikas, keda registreeriti 48 isendit. Üksikute isenditena esinesid haug, mudamaim ja turb.

Püütud kalade keskmine pikkus oli 139 mm ning keskmine mass 83 g. Suurim püütud kala oli 675 mm pikkune ja 1695 g massiga haug. Linaskit registreeriti kuus isendit, nende keskmine pikkus oli 455 mm ja keskmine mass 1298 g. Saaki sattus märkimisväärselt suuri ahvenaid, neist suurim oli täispikkusega 457 mm kaaludes 1695 grammi.



Foto 1. Tranšee 13 veekogudest 2025. aasta kalastiku seire käigus püütud suurim ahven oli täispikkusega 457 mm ja kaalus 1695 grammi.

4.2.2 Elektripüügid

Elektripüügid viidi läbi tranšee 13 põhjapoolseima ida-läänesuunalise tranšeeveekogu madalamas osas, väljavoolu piirkonnas ning ida-läänesuunalise keskmise haru lõunaküljel paiknevates eraldatud tiikides (joonisel 15).

Põhjapoolseima ida-läänesuunalise veekogu madalamas osas registreeriti 2025. aastal viis kalaliiki (vt Lisa 3.3): ahven, haug, mudamaim, roosärg ja särg. Arvukaimateks liikideks osutusid ahven 100 isendiga ja mudamaim 103 isendiga, särg oli saagis esindatud 14 isendiga. Võrreldes 2020. aastaga vähenes suurusjärgu võrra särje arvukus ning suurenes kordades ahvena arvukus.

Väljavoolu piirkonnas registreeriti seitse kalaliiki: ahven, haug, luts (*Lota lota*), mudamaim, roosärg, särg ja trulling. Arvukaimaks liigiks osutus särg 40 isendiga, järgnesid ahven 20 isendiga ning roosärg 11 isendiga. Lisaks registreeriti üks luts, neli haugi ja kolm trullingut.

Ida-läänesuunalise keskmise haru lõunaküljel paiknevates eraldatud tiikides kalu 2025. aasta elektripüügile ei registreeritud. Samas piirkonnas registreeriti 2020. aastal kuus särge.

4.2.3 Maimunoodapüügid

Maimunoodapüügid viidi läbi tranšee 13 põhjaosas paiknevas madalamas veekogus (joonisel 15), mille ühendus põhiveekoguga rajati 1. augustil 2024 LIFE IP CleanEST projekti töötalgute käigus. Ühendatuseks süvendati ja laiendati olemasolevat kraavikohta.

Enne ühenduse rajamist (2024) registreeriti maimunoodapüükidel viis kalaliiki: haug, linask, mudamaim, roosärg ja särg. Kokku püüti 538 isendit, kellest valdav osa kuulus mudamaimule (436 isendit).

Pärast ühenduse rajamist (2025) registreeritisamuti viis kalaliiki: ahven, haug, mudamaim, roosärg ja särg. Kokku püüti 443 isendit. Arvukaimateks liikideks olid särg (256 isendit) ja ahven (141 isendit). Mudamaimu arvukus vähenes 16 isendini.

Püütud kalade keskmine pikkus vähenes 78 mm-lt 56 mm-ni, mis viitab väiksemamõõduliste noorkalade suurele osakaalule saagis (vt Lisa 3.3)



Foto 2. Maimunoodapüük tranšee 13 põhjaosas paiknevas madalamas veekogus, mis tänaseks on ühendatud põhiveekoguga.

4.2.4 Marmorvähi seire

Tranšee 13 alal kontrolliti marmorvähi võimalikku esinemist söödastatud vähimõrdadega. Kokku kasutati 20 mõrda (paiknemised joonisel 15).

Vähimõrrad asetati 2025. aastal püügile seirevõrkude asukohtades ja karjääri väljavoolu piirkonnas. Vähimõrdadest marmorvähki ei tabatud, mõrdadesse sattus üksikuid hauged. Kuna vähimõrdasid peeti püügil ühe öö, siis üldistusi marmorvähi levikust karjääris teha ei saa.

2020. aasta uuringus tabati marmorvähki karjääri väljavoolukanalisse paigutatud silmumõrrast, mis sulges kogu väljavoolukanali ja mida hoiti püügil pikema aja jooksul ja väljavoolukanalisse ning Metsküla ojja paigaldatud vähimõrdadest.

4.3 Narva karjääri tranšee 13 veeparameetrid

4.3.1 Käsitsi mõõtmised

Narva karjääri tranšee 13 alal mõõdeti vee füüsikalisi-keemilisi parameetreid YSI käsimultimeetriga erinevates veekogudes ning erinevatel sügavustel. Mõõdeti veetemperatuuri, lahustunud hapniku sisaldust, hapniku küllastusastet, elektrijuhtivust, pH-d, redokspotentsiaali ja hägusust (mõõtmiskohad joonisel 15).

Mõõtmistulemused näitasid, et tranšee 13 põhiveekogus VEE2028170 esines nii 2020. kui ka 2025. aastal selgelt väljendunud vertikaalne kihistumine. Sügavuse suurenedes vähenes veetemperatuur ning lahustunud hapniku sisaldus, samal ajal suurenes elektrijuhtivus.

2025. aasta mõõtmiste põhjal oli põhiveekogu väljavoolu lähedases piirkonnas hapnikusisaldus veepinna lähedal 8,5 mg/l, kuid 8,6 m sügavusel vähenes see 3,8 mg/l-ni. Sarnane muster ilmnis ka ida-läänesuunalise keskmise haru idaosas, kus hapnikusisaldus vähenes 8,6 mg/l-lt veepinna lähedal kuni 3,5 mg/l-ni kuue meetri sügavusel.

Tulemused kinnitavad, et tranšeeveekogude sügavamates veekihtides on kaladele sobiv eluruum piiratud ning veekogu alumistes osades võivad tekkida hapnikuvaegusest tingitud ebasoodsad tingimused.

Aastal 2024 uuringuala põhjaosas põhiveekoguga VEE2028170 ühendatud madalas veekogus mõõdeti 2024. aastal põhjalähedases kihis hapnikusisalduseks 3,5 mg/l. Pärast ühenduskanali rajamist registreeriti 2025. aastal samas veekogus kogu mõõdetud veesambas valdavalt üle 8 mg/l hapnikusisaldused.

Ida-läänesuunalise keskmise haru lõunaküljel paiknevates eraldatud madalveekogudes olid mõõtmise ajal hapnikutingimused rahuldavad, kuid üksikmõõtmised ei võimalda hinnata hapnikurežiimi kogu talveperioodi vältel.

4.3.2 Pidevseire logeritega

Tranšee 13 alal viidi ajavahemikus 18.10.2024–12.05.2025 läbi veeparameetrite pidevseire. Seireks kasutati hapniku- ja rõhulogereid, mis registreerisid lisaks temperatuurile lahustunud hapniku sisaldust või veesamba rõhku.

Hapnikulogerid paigutati väljavoolu lähedal paikneva sügavama veekogu erinevatesse sügavuskihtidesse ning ida-läänesuunalise keskmise haru lõunaküljel paiknevasse eraldatud madalveekogusse.

Joonised tulemuste kohta - vee hapniku- ja temperatuurinäidud - on leitavad Lisas 3.1. Lisa 3.2 sisaldab tranšee 13 logeriandmestikku veetemperatuuri ja veesamba rõhu kohta.

Eraldatud madalveekogu

Eraldatud madalveekogus registreeris hapnikuloger sügisel hapnikusisalduseks ligikaudu 8–11 mg/l. Talve jooksul vähenes hapnikusisaldus järk-järgult ning jõudis talve teisel poolel nullilähedasele tasemele.

Väga madalad hapnikusisaldused püsisid pikema aja vältel jääkatte sulamise ja kevadise veevahetuse taastumiseni. Mõõtmistulemused viitavad ummuksitingimuste kujunemisele veekogus. Samas veekogus registreeriti 2020. aastal elektripüügil kalu, kuid 2025. aastal kalu enam ei registreeritud.

Põhiveekogu väljavoolu lähedal

Väljavoolu lähedal paiknenud logerid näitasid, et põhiveekogu hapnikurežiim oli talve jooksul märgatavalt stabiilsem kui eraldatud madalveekogus.

Veesamba ülemistes ja keskmistes kihtides püsis hapnikusisaldus kogu seireperioodi vältel kaladele sobival tasemel. Talve jooksul toimus küll hapnikusisalduse vähenemine, kuid täielikku hapnikupuudust ei registreeritud.

Põhjalähedases kihis paiknenud loger registreeris talve teisel poolel hapnikusisalduse languse ligikaudu 1 mg/l tasemeni. Kevadise segunemise järel suurenes hapnikusisaldus kiiresti.

Temperatuurimõõtmised näitasid kogu seireperioodi vältel veesamba kihistumist ning erinevate sügavuskihtide temperatuurirežiimide eristumist.

Rõhulogerid

Rõhulogerid registreerisid veesamba rõhu muutusi kogu seireperioodi vältel. Mõõtmised näitasid veetaseme mõõdukat kõikumist nii põhiveekogus kui ka eraldatud madalveekogus. Järske veetaseme langusi seireperioodil ei registreeritud, tasememuutuse amplituud ulatus 0,5 meetrini.

Rõhuandmete põhjal ei olnud eraldatud madalveekogus kujunenud hapnikuvaegus otseselt seotud olulise veetaseme alanemisega, vaid tõenäoliselt piiratud veevahetuse ning jääkatte perioodil toimunud hapniku tarbimisega.

4.4 Aidu karjääri kalastik

4.4.1 Võrgupüügid

Aidu karjääris teostati 2025. aastal võrgupüügid samades püügikohtades ja samadel sügavustel kui 2020. aasta uuringus [1]. Kokku registreeriti võrgupüükidel neli kalaliiki: ahven (*Perca fluviatilis*), haug (*Esox lucius*), mudamaim (*Leucaspis delineatus*) ja särg (*Rutilus rutilus*) (Lisa 3.4).



Joonis 16. Aidu karjääri ala uuringukohad 2025.

Nii 2020. kui ka 2025. aastal registreeriti võrgupüükidel neli liiki (2020. aastal puudus saagis haug, kuid oli esindatud lepamaim). Kokku püüti 2025. aastal 122 isendit, võrreldes 95 isendiga 2020. aastal.

Arvukaimaks liigiks osutus 2025. aastal särg 54 isendiga, järgnes ahven 51 isendiga. Mudamaimu registreeriti 15 isendit, haugi kaks isendit ning turba üksikuid isendeid.

Püütud kalade keskmine pikkus oli 168 mm ning keskmine mass 92 g. Võrreldes 2020. aastaga suurenesid nii kalade keskmine pikkus kui ka keskmine mass. Särje arvukus suurenes märkimisväärselt, samuti suurenesid püütud särgede keskmised mõõtmised. Ahvena arvukus jäi samasse suurusjärku, kuid püütud isendid olid keskmiselt raskemad kui 2020. aastal. Suurim ahven oli täispikkusega 427 mm ja kaalus 1165 grammi.

4.4.2 Elektripüügid

Elektripüügid viidi läbi Aidu karjääri väljavoolukanalis ning mitmetes väiksemates veekogudes ja tranšeedes (püügikohad joonisel 16).

Elektripüükidel registreeriti 2025. aastal kokku seitse kalaliiki: ahven, haug, kuldkoger (*Carassius auratus*), lepamaim (*Phoxinus phoxinus*), mudamaim, trulling (*Barbatula barbatula*) ja võldas (*Cottus gobio*) (Lisa 3.4). Võrreldes 2020. aasta elektripüükidega jäi 2025. aastal registreerimata luukarits (*Pungitius pungitius*), kuid uue liigina registreeriti sõudekanalis võldas.

Registreeritud isendite hulk liigiti oli suhteliselt madal, mispärast ei saa 2025. aasta elektripüükide põhjal selgeid arvukamaid liike välja tuua. Sagedamini registreeriti siiski ahvenat, trullingut, võldast ja lepamaimu. 2020. aastal domineeris isendite arvult saagis mudamaim.

Väljavoolukanalis esinesid lepamaim, trulling, võldas, ahven ja haug. Vooluveeliste liikide esinemine viitab väljavoolukanali sobivusele nende liikide elupaigana ning ühendatusele allavoolu paikne vate veekogudega. Siiski oli kalade arvukus püütud pindala kohta madal. Väljavoolukanali sügavamates osades esineb vooluveekogude jaoks ebatüüpilist setet – 0.3-0.5 meetrit paks kiht H₂S lõhnalist pehmet savi paeplaadi peal.

Mitmes väiksemas veekogus registreeriti lisaks kuldkokre, ahvenat, haugi ning mudamaimu. Isoleeritud tranšeeveekogust, kus 2020. aastal kalu ei registreeritud (külla aga neli harivesiliku (*Triturus sp.*) noorjärku), leiti nüüd kuldkokre.

4.4.3 Võldase esinemine

Aidu karjääri üheks tähelepanuväärsemaks leiuks oli võldase esinemine. Registreeriti kokku kaheksa isendit, erineva suurusega kalade esinemine viitab kohaliku asurkonna olemasolule ja edukale sigimisele (registreeritud isendite täispikkused jäid vahemikku 28 mm kuni 78 mm).

Võldase leiukohad olid seotud piirkondadega, kuhu karjääri kallaste hilisema täitmise käigus oli sattunud suurefraktsioonilist killustikku. Ligikaudu 8-16 cm läbimõõduga kivide vahele moodustunud tühimikud pakuvad võldasele sobivaid varjupaiku ning territoriaalse eluviisiga liigile olulisi



mikroelupaiku.

Foto 3. Aidu karjääriveekogust püütud kaitsealune kalaliik võldas.

Tähelepanuväärne on asjaolu, et võldas ei ole Aidu karjääri asustatud, vaid on veekogu koloniseerinud looduslikult. Ojamaa jõest Aidu järvede väljavoolukanalisse rändava kala registreerimiseks püügile asetatud mõrraga saadi pärast pooleaasta pikkust püügiperioodi võldaseid esimest korda 2021. aasta novembrikuu lõpus (TL 8-9 cm). Selleks ajaks oli veetase Ojamaa jões piisavalt kõrgele tõusnud, et võimaldada ka kehvema ujumisvõimega liikide ülesvoolu rännet üle väljavoolukanali kujundamisel tekkinud astanguid.

Tulemused näitavad, et sobivate elupaikade olemasolul võivad karjääriveekogud pakkuda elupaiku ka sellistele liikidele, kelle nõudmised elupaiga struktuurile on suhteliselt spetsiifilised. Võldase järvedes elutsevad vormid on Eestis ajalooliselt teada olnud kümnekonnas seisuveekogus (tänapäeval teada vaid üksikuis).

Võldas on Euroopa Liidu loodusdirektiivi II lisa liik ning Natura 2000 võrgustiku kaitse-eesmärkide seisukohalt oluline liik. Eriti tähelepanuväärne on järvevormide esinemine, kuna nende levik on Eestis ajalooliselt oluliselt kahanenud. Aidu karjääri madalad kaldavööndid koos kivise põhjaga moodustavad võldase jaoks väärtusliku elupaiga, pakkudes nii varjevõimalusi kui ka sigimiseks sobivaid tingimusi.

Seetõttu tuleks vältida Aidu veetaseme kunstlikku kõigutamist, näiteks veehaarete või muude veekasutusviiside tõttu. Veetaseme perioodiline alanemine võib jätta madalad kaldapiirkonnad kuivale ning kahjustada või hävitada võldasele sobivaid elupaiku.

Arvestades liigi kaitselist staatust ja järvevormide haruldust, on stabiilse veetaseme säilitamine Aidu kaevandusala veekogudes oluline looduskaitse eesmärk.

4.5 Aidu karjääri veeparameetrid

4.5.1 Käsitsi mõõtmised

Aidu karjääris mõõdeti vee füüsikalisi-keemilisi parameetreid YSI käsimultimeetriga erinevates veekogudes ja sügavuskihtides. Mõõdeti veetemperatuuri, lahustunud hapniku sisaldust, hapniku küllastusastet, elektrijuhtivust, pH-d, redokspotentsiaali ja hägusust (mõõtmiskohad on joonisel 16).

Mõõtmistulemused näitasid, et Aidu karjääri sügavamates veekogudes esines selgelt väljendunud vertikaalne kihistumine. Veepinna lähedastes kihtides olid hapnikusisaldused kõrged ning temperatuurid ühtlaselt soojad, kuid sügavuse suurenedes vähenes hapnikusisaldus järsult.

Mitmes uuritud veekogus registreeriti hapnikusisalduse oluline langus juba 4–5 m sügavusel. Näiteks võrkude V jada mõõtepunktis (3. september 2025) vähenes hapnikusisaldus 3 m sügavusel registreeritud 9,3 mg/l tasemelt 4 m sügavusel 1,81 mg/l-ni ning 5 m sügavusel 0,32 mg/l-ni. Sarnane muster registreeriti ka VI ja XIV jada mõõtmispunktides.

Tulemused näitavad, et kuigi Aidu karjääri veekogud on sageli suure sügavusega, jääb kalade jaoks sobiv veekiht valdavalt piiratud ülemiste veekihtidega. Sügavamates osades kujunevad suveperioodil hapnikuvaegusest tingitud ebasoodsad tingimused.

Elektrijuhtivuse väärtused jäid erinevates veekogudes vahemikku 1000-2900 µS/cm, pH oli enamasti neutraalne kuni nõrgalt aluseline. Hägusust oli enamikus mõõtepunktides madal.

4.5.2 Eraldatud veekogud

Lisaks suurematele karjääriveekogudele uuriti mitmeid väiksemaid eraldatud tranšeeveekogusid. Mõõtmiste ajal olid mitmes sellises veekogus hapnikutingimused rahuldavad ning seal, kus mõõtmised tehti kogu veesamba ulatuses, püüsid hapnikusisaldused kogu mõõdetud veesambas suhteliselt kõrgel tasemel.

Näiteks ühes eraldatud tranšeeveekogus registreeriti kuni 2,5 m sügavuseni üle 9 mg/l hapnikusisaldused. Sügavuse suurenedes hakkas hapnikusisaldus siiski vähenema, viidates veesamba osalisele kihistumisele (6 meetri peal oli vee hapnikuga küllastumuse aste siiski veel 48%). Eraldatud veekogude tingimused varieeruvad märkimisväärselt sõltuvalt nende sügavusest, ühendatusest ning kaldavööndi iseloomust.

4.5.3 Väljavoolukanal

Aidu karjääri väljavoolukanalis registreeriti kalastikule sobivad veeparameetrid. Vee temperatuur, hapnikusisaldus ning muud mõõdetud näitajad olid suhteliselt stabiilsed ning sarnanesid varasema uuringu [1] käigus registreeritud väärtustele.

Väljavoolukanali füüsikalise-keemilised tingimused võimaldavad seal püsida mitmetel vooluvee iseloomulikel liikidel, sealhulgas lepamaimul, trullingul ja võldasel.

Kuigi vee kvaliteedinäitajad olid üldiselt soodsad, täheldati väljavoolukanali sügavamates osades ulatuslikku pehme sette kogunemist. Mitmes lõigus kattis paepealset põhja ligikaudu 0,3–0,5 m paksune pehme savisete (ilmselt porsunud mergel), millel esines vesiniksulfiidile iseloomulik lõhn. Selline põhjasubstraat erineb oluliselt looduslike vooluveekogude tüüpilistest põhjaelupaikadest ning võib esinemiskohtadel piirata mõnede põhjalähedaste liikide elupaikade kvaliteeti.

4.5.4 Üldised mustrid

Aidu karjääri veeparameetrid olid 2025. aastal üldjoontes sarnased 2020. aasta uuringu [1] tulemustega. Nii varasemad kui ka käesoleva uuringu mõõtmised näitasid, et sügavamates veekogudes kujuneb juba suhteliselt väikese sügavuse juures välja hapnikuvaegus, mis piirab kaladele sobiva eluruumi ulatust.

Samas võimaldavad veekogude laugemate veealuste nõlvadega kaldavööndid, madalaveelisemad piirkonnad ning väljavoolukanal kujuneda mitmekesistel kalastikukooslustel, kuhu kuuluvad nii tüüpilised järveliigid kui ka vooluveekogudele iseloomulikud liigid.

4.6 Kalastiku arutelu, järeldused ja soovitus

Käesoleva uuringu tulemused näitavad, et nii Narva karjääri tranšee 13 kui ka Aidu karjääri suurte veekogude kalastik on võrreldes 2020. aastaga jätkanud kujunemist ning muutunud mitmekesisemaks. Mõlemas veekogus registreeriti täiendavaid kalaliike ning suurenes suuremõõtmeliste kalade osakaal. Samas ilmnesid ka mitmed keskkonnategurid, mis piiravad kalastiku arengut ja teatud liikide sigimise võimalusi.

Tranšee 13 võrgupüükide tulemused näitavad, et kalastiku liigirikkus suurenes ning koguarvukus püsis võrreldes 2020. aastaga [1] sarnasel tasemel. Domineerivateks liikideks jäid särk ja ahven, kuid lisandusid ka haug, mudamaim ja viidikas. Kalastiku kujunemist soodustab ja mõjutab olulisel määral veekogu ühendatus teiste veekogudega ning sobivate sigimis- ja noorkalade kasvualade olemasolu.

Seda kinnitavad eriti hästi madalaveelistes veekogudes läbiviidud uuringud. Tranšee 13 põhjaosas paikneva madalama veekogu ühendatuse rajamine 2024. aasta augustis tõi kaasa märgatavad muutused kalastiku koosseisus. Pärast ühendatust suurenesid märkimisväärselt särje ja ahvena noorjarkude arvukused ning vähenes mudamaimu osakaal. Tulemused viitavad, et ühendatud madalveeline ala toimib sigimis- ja noorkalade kasvualana mitmetele liikidele.

Seevastu ida-läänesuunalise keskmise haru lõunaküljel paiknev eraldatud veekogu kujunes talve jooksul ummuksil olevaks. Hapnikulogeerite andmed näitasid hapnikusisalduse langust nullilähedasele tasemele pikema perioodi vältel ning 2025. aasta elektripüükidel seal kalu enam ei registreeritud. Kuna samas veekogus registreeriti 2020. aastal särge, viitab see kalastiku kadumisele pärast ummuksitingimuste kujunemist. Tulemused näitavad, et piiratud ühendatus võib olla kalastiku püsimist oluliselt piirav tegur isegi juhul, kui veekogu morfoloogia oleks muidu sigimiseks ja noorkalade arenguks sobiv.

Oluliseks piiranguks tranšee 13 põhiveekogus VEE2028170 osutus hapnikurežiim sügavamates veekihtides. Käsitsi mõõtmised ning logeerite andmed näitasid, et põhjalähedastes kihtides võib hapnikusisaldus langeda ligikaudu 1 mg/l tasemeni. Kuigi enamik veesambast säilitab kalade jaoks sobivad tingimused, võivad sellised hapnikutingimused piirata kivisele või kruusasele põhjale kudevate liikide sigimisedukust. Eriti puudutab see liike, kelle mari areneb põhjalähedastes tingimustes pikema aja jooksul.

Aidu karjääris ilmnesid mõnevõrra erinevad arengusuunad. Võrgupüügid näitasid kalastiku koguarvukuse suurenemist ning kalade keskmise suuruse kasvu. Samas säilis kalastiku liigiline koosseis üldjoontes sarnane 2020. aastaga. Kalastiku kujunemist mõjutab Aidu karjääris tugevalt veekogude suur morfoloogiline mitmekesisus, mis loob elupaiku nii tüüpilistele järvekaladele kui ka vooluveeliikidele.

Aidu üheks tähelepanuväärsemaks tulemuseks oli võldase esinemine ning edukale sigimisele viitava asurkonna kujunemine. Võldas on koloniseerinud karjääriveekogu looduslikul teel ning asustanud piirkonnad, kus kallaste hilisemal täitmisel on tekkinud suurefraktsioonilisest kivimaterjalist koosnevad elupaigad. Kivide vahele moodustunud tühimikud pakuvad liigile sobivaid varjupaiku ning sigimise võimalusi. Tulemused näitavad, et kaevandamise järgselt juhuslikult kujunenud elupaigad võivad osutada kõrge looduskaitse väärtusega liikidele väga sobivateks.

Võldase esinemine Aidu karjääris on tähelepanuväärne ka laiemas kontekstis. Võlde järvelised vormid on Eestis muutunud haruldaseks ning teadaolevate leiukohtade arv on viimase sajandi jooksul oluliselt vähenenud. Seetõttu võib Aidu karjäär kujuneda oluliseks täiendavaks elupaigaks sellele ökoloogiliselt väärtuslikule liigile.

Nii Aidu kui ka Tranšee 13 uuringud näitavad, et kalastiku arengut ei määra üksnes vee kvaliteet või veekogu suurus. Väga oluline on elupaikade struktuurne mitmekesisus. Mida suurem on erinevate sügavuste, substraatide, kaldatüüpide ja taimestikuga alade osakaal, seda suurem on potentsiaal liigirikka ja stabiilse kalastiku kujunemiseks.

Saadud tulemused viitavad, et tulevaste karjääriveekogude kujundamisel tuleks suuremat tähelepanu



pöörata madalaveeliste alade loomisele ning nende ühendatusele põhiveekogudega. Eriti väärtuslikud on lauged kaldad ja madalad veekogu osad, kus saavad areneda veetaimestik ning kalade sigimiseks ja noorkalade kasvuks sobivad elupaigad. Samuti võib kaldavööndi taimestik vähendada sademete ja pinnavooluga veekogusse kanduva peene sette (foto 4) hulka, aidates säilitada kivise ja kruusase põhjaga elupaikade kvaliteeti.

Foto 4. Aidu järsk loodusliku varikaldega kaldavöönd. Näha on erosioonist tekkinud pinnasevaod.

Loodusliku varikaldega järsult kaldanõlvalt vette uhitud peen sete vähendab veekogu elupaigalist väärtust. Veekogude veetaseme täiendav kõigutamine suurendab kaldanõlva pudedate pinnaste erosiooni ja setted kanduksid nõlvade järsu loodusliku varikalde tõttu vee-elustikule sobivale, kuid väga kitsale ribale veekogus, aeglustades ja ahendades nii vee-elustiku arenguvõimalusi.



Foto 5. Aidu lauge kaldaga karjääriosa, mis pakub häid võimalusi taimestiku arenguks ja kalade jaoks kõrge väärtusega elupaikade tekkeks.

Tulemused näitavad, et piirkonnale omased kalaliigid on võimelised sobiva ühendatuse korral karjääriveekogusid iseseisvalt koloniseerima. Seetõttu on elupaikade kvaliteedi parendamine ning ühendatuse tagamine tõenäoliselt tõhusam meede kui kalade aktiivne asustamine.

Kalastiku kujundamisel tuleks eelistada looduslikke protsesse toetavaid lahendusi, mis võimaldavad veekogudel areneda mitmekesisteks ja ökoloogiliselt väärtuslikeks elupaikadeks.

4.6.1 Järeldused

1. Aidu karjääri ja Narva karjääri tranšee 13 kalastik on võrreldes 2020. aastaga jätkanud kujunemist ning mõlemas veekogus on registreeritud uusi liike. Kalastiku üldine liigiline koosseis viitab sellele, et piirkonnale omased kalaliigid suudavad karjääriveekogusid edukalt looduslikul teelasustada.
2. Narva karjääri tranšee 13 põhiveekogu VEE2028170 pakub suuremale osale kalastikust sobivaid elutingimusi. Samas piirab sügavamates veekihtides esinev hapnikuvaegus kaladele sobiva eluruumi ulatust. Põhjalähedastes kihtides registreeritud ligikaudu 1 mg/l hapnikusisaldus võib piirata kivisele või kruusasele põhjale kudevate liikide sigimisedukust.
3. Tranšee 13 põhjaosas paikneva madalveekogu ühendamise põhiveekoguga osutus edukaks elupaiga parandusmeetmeks. Ühenduse rajamise järel registreeriti veekogus arvukalt särje ja ahvena noorjärke, mis näitab selle toimimist sigimis- ja noorkalade kasvualana.
4. Tranšee 13 ida-läänesuunalise keskmise haru lõunaküljel paiknev eraldatud madalveekogu jäi talve jooksul ummuksile. Hapnikusisaldus langes pikema perioodi vältel nullilähedasele tasemele ning erinevalt 2020 aastast 2025. aastal kalu enam ei registreeritud. Tulemused näitavad, et piiratud ühendatus võib põhjustada kalastiku kadumise ka muidu sobiva morfoloogiaga veekogudes.

5. Aidu karjääri veekogudes kujuneb juba suhteliselt väikese sügavuse juures välja hapnikuvaegus. Sellest hoolimata toetab kohatine veekogude mitmekesine morfoloogia ja laugete veealuste nõlvadega kaldavöönd liigirikka kalastiku kujunemist.
6. Aidu karjääris registreeriti võldase looduslikult kujunenud asurkond. Erineva suurusega isendite esinemine viitab edukale sigimisele. Võldase leiukohad olid seotud suurefraktsioonilise kivimaterjaliga aladega, mis pakkusid liigile sobivaid varjepaiku ja sigimiselupaiku.
7. Uuring näitas, et karjääriveekogude ökoloogilise väärtuse seisukohalt on lisaks vee kvaliteedile määrava tähtsusega elupaikade struktuurne mitmekesisus, veekogude ühendatus ning madalaveeliste alade olemasolu.

4.6.2 Soovitused

1. Parandada Narva karjääri tranšee 13 ida-läänesuunalise keskmise haru lõunaküljel paikneva eraldatud madalveekogu ühendust põhiveekoguga. Ühenduse parendamine suurendaks veevahetust, vähendaks ummuksiriski ning võimaldaks veekogul toimida kalade sigimis- ja noorkalade kasvualana.
2. Säilitada tranšee 13 põhjaosas paikneva ühendatud madalveekogu ühendus põhiveekoguga ning vältida selle ühenduse sulgumist tulevikus. Tulemused näitavad, et sellised madalad veekogud võivad olla olulise tähtsusega kalastiku taastootmise seisukohalt.
3. Säilitada Aidu karjääri veekogudes võimalikult stabiilne veetase. Eelkõige on see oluline võldase elupaikade säilimiseks madalates kivise põhjaga kaldavööndites. Aidu veekogude veetaseme täiendav kõigutamine suurendab kalda pudedate pinnaste erosiooni ja settide kandusid nõlvade järsu loodusliku varikalde tõttu vee-elustikule sobivale väga kitsale ribale veekogus, aeglustades ja ahendades vee-elustiku arenguvõimalusi.
4. Tranšeede loodusliku varikaldega nõlvad taimestuvad laugematest aeglasemalt nõlvaerosiooni tõttu. Uute karjääriveekogude tekkel soodustada kaldavööndites loodusliku taimestiku arengut laugendades sobivaid taimestumata nõlvu. Kaldataimestik vähendab peene sette kandumist veekogusse ning aitab säilitada kalade sigimiseks sobivate kiviste ja kruusaste põhjaalade kvaliteeti.
5. Tulevaste karjääriveekogude kujundamisel tuleb veekogude lõplik morfoloogia kavandada juba enne nende veega täitumist. Eelistada tuleks mitmekesist reljeefi, mis sisaldab nii sügavamaid alasid kui ka ulatuslikke madalaveelisi tsoone. Kuna enamuse tranšeedes kujunenud suuri veekogusid on sügavad ja järsunõlvälised, on madalaveelise ja laugendatud veealuste nõlvadega kaldavööndi olemasolu tranšeeveekogude elustikule väga oluline. Seega tuleks võimalusel rajada lauged kaldad ja madalad kaldavööndid, mis võimaldavad veetaimestiku arengut ning pakuvad sobivaid elupaiku kalade sigimiseks ja noorkalade kasvuks.
6. Elupaikade mitmekesisuse suurendamiseks võib sobivates kohtades kasutada suurefraktsioonilist kivimaterjali. Aidu karjääris kujunesid sellised alad väärtuslikeks elupaikadeks võldasele ning tõenäoliselt ka mitmetele teistele põhjalähedastele liikidele.
7. Karjääriveekogude kalastiku kujundamisel tuleks eelistada looduslikku koloniseerumist ning keskenduda eelkõige elupaikade kvaliteedi ja ühendatuse parandamisele. Käesoleva uuringu tulemused ei viita vajadusele kalade aktiivseks asustamiseks.

8. Vajalik on jälgida elustiku muutuste trende edaspidi (sh kaitealuste ja invasiivsete liikide levik karjäärade veesüsteemis).

5 Kokkuvõte

Karjäärides kujunenud veekogudel on oluline roll kaevandatud aladel mitmekesiste elupaikade kujunemisel ja selle ala ühiskonnale täisväärtuslikuks loodushüvesid pakkuvaks ökosüsteemiks muutmisel. Põlevkivikarjäärade pinna- ja põhjavesi moodustavad hüdrauliselt seotud ühtse süsteemi, milles põhjavee omadused suuresti kujundavad ja määravad pinnavee kogude veekvaliteedi.

2025 aastal teostati Aidu karjääri ja Narva karjääri tranšee 13 suurte tehisveekogude täiendav elustiku ja kalastiku ning keemiline seire, mille eesmärk oli hinnata veekogude ökoloogilise potentsiaali kujunemist, jälgida muutusi võrreldes 2020. aasta uuringutega ning täpsustada raskmetallide, eeskätt nikli, käitumist karjääriveekogudes. Uuring on oluline, kuna põlevkivi kaevandamise lõpetamisel tekkinud veekogud moodustavad ulatusliku hüdrooloogilise süsteemi, mille ökoloogiline seisund sõltub nii füüsikalise-keemilistest tingimustest kui ka elustiku arengust.

Uuritud Aidu ja Narva karjäärade veekogude ökoloogiline potentsiaal on kujunemisejärgus, kuid arengutes on ka erinevusi. Erinevused tulenevad nii hüdrooloogilisest režiimist, veekvaliteedist, sügavusest kui ka karjäärilal mineraalainete leostumisest.

Vee keemilised näitajad eristavad kahte karjääri kõige selgemalt. Vee keemiliste näitajate osas eristus Aidu karjäär ilmekama kihistumise ja sügavamate kihtide hapnikuvaeguse poolest. Aidu veekogude peamine probleem nikli leostumine on seotud mineraalainete looduslike leostumisprotsessidega korrastatud karjäärilal ning leostumist mõjutavad ilmselt ka mikrobioloogilised protsessid. Nikli sisaldused ületasid sügavamates anaeroobsetes kihtides Aidu keskkonnakvaliteedi piirväärtusi, ulatudes kuni 55 µg/l. Analüüs näitab, et nikkel on looduslikku päritolu ja vabaneb anaeroobsetes tingimustes kivimist.

Senine niklisisalduste muutuste trend aastatel 2019–2025 uuritud veekogude vees viitab võimalusele, et praegu kõrgema niklisisaldusega veekogudes toimub nikli sisaldused vähenemine ajas sarnaselt sulfaatide leostumise vähenemisele. Taolise nikli sisalduste vähenemise trendi jätkumisel alla AA-EQS kui MAC-EQS piirväärtuste, vastaksid ka Aidu karjääri veekogude vee keemilised näitajad ökoloogilise potentsiaali seisundiklassile väga hea (välja arvatud sügavate 15–20 m veekogude põhjakihtide nikli sisaldused).

Saamaks kinnitust, et biosaadava nikli sisaldused piirväärtust ei ületa, tuleb töötavate põlevkivikaevanduste keskkonnaloas lisaks niklile määrata ka karedust põhjustavad ühendid (Ca, Mg), DOC ja pH.

Narva karjääri tranšee 13 vees nikli probleem puudus, sisaldused on madalad. Väljavooluvees on ületatud molübdeeni põhjavee künnisarv, kuid selle ökoloogiline mõju pinnaveele on väike, sest sisalduste toksilised tasemed on oluliselt kõrgemad. Võrreldes Aiduga on Narva tranšee 13 veekogu keemiline seisund hea, stabiilsem ja vähem ekstreemne.

Hüdrobioloogiliste kvaliteedielementide põhjal on mõlemad veekogud varases, kuid selgelt suktessioonifaasis. Aidu karjääris oli fütoplanktoni biomass madal kuni mõõdukas ning tinglikult hindavad koosluse parameetrid veekogu heasse seisundiklassi. Zooplanktoni arvukus oli küll kõrge, kuid biomass väga madal, mis on iseloomulik noortele oligotroofsetele veekogudele. Suurtaimestik oli liigirikas, eriti kaldavööndis, uju- ja ujulehtedega taimestik peaaegu puudus ning veesiseses taimestikus domineerisid mändvetikad. Taimestiku levikusügavus (kuni 5m) viitab headele valgustingimustele veesambas. Fütobentose kooslus oli valdavalt oligotroofse iseloomuga, indeksid näitasid väga head

seisundiklassi. Suurselgrootute kooslus oli mitmekesine, kuid mõnes punktis mõjutasid üldiselt hea seisundi indekseid elupaikade struktuursed piirangud.

Narva karjääri tranšee 13 veekogu elustik oli üldjoontes paremini välja kujunenud, hapnikurežiim püsib soodne kuni ca 8 meetri sügavuseni ning elustiku struktuur viitas heale ökoloogilisele potentsiaalile. Fütoplanktoni biomass oli kõrge ning koosluse parameetrite alusel oli veekogu seisundihinnang tinglikult samuti heas seisundiklassis. Zooplanktoni arvukus oli väga kõrge ning biomass varieerus madalast kuni kõrgele. Suurtaimestik oli jällegi kaldaveetaimestiku osas liigirikas. Samuti leidsid mitmeid uju- ja ujulehtedega liike ning veesiseses vööndis domineerisid mändvetikad ja tähk-vesikuusk. Fütobentose indeksid näitasid väga head seisundit. Suurselgrootute kooslus oli rikkalik ja kõik hinnatud näitajad viitasid väga heale ökoloogilisele seisundile.

Mõlemale veekogule oli iseloomulik järskudest kallastest tingitud suurtaimestiku elupaikade nappus, liigid füüsiliselt ei mahu kitsale ribale ära ning seetõttu kasvasid mitmed kaldaveetaimed ebatüüpiliselt küllaltki sügaval vee all.

Kalastiku uuring kinnitas, et mõlemas veekogus on kalastik kujunemisejärgus, mõlemas veekogus registreeriti täiendavaid kalaliike ning suurenes suuremõõtmeliste kalade osakaal. Aidus piirab kalastiku levikut sügavamate kihtide hapnikuvaegus, samas kui Narva karjääri tranšee 13 põhiveekogus on hapnikutingimused stabiilsemad ja kalastik mitmekesisem.

Kalastiku uuringu tulemused näitavad, et piirkonnale omased kalaliigid on võimelised sobiva ühendatuse korral karjääriveekogusid iseseisvalt koloniseerima. Seetõttu on elupaikade kvaliteedi parendamine ning ühendatuse tagamine hinnanguliselt tõhusam meede kui kalade aktiivne asustamine.

Karjääriveekogude kalastiku kujundamisel tuleks eelistada looduslikku koloniseerumist ning keskenduda eelkõige elupaikade kvaliteedi ja ühendatuse parandamisele. Käesoleva uuringu tulemused ei viita vajadusele kalade aktiivseks asustamiseks vaadeldud karjääriveekogudesse.

Aidus registreeriti võldas, mis on hea ökoloogilise seisundi indikaator. Arvestades liigi kaitselist staatust ja järvevormide haruldust, on võldase elupaikadele stabiilse veetaseme säilitamine Aidu kaevandusala veekogudes oluline looduskaitse eesmärk. Veekogude veetaseme täiendav kõigutamine suurendab ka loodusliku varikaldega kaldanõlvade pinnaste erosiooni ja settide kandusid nõlvade järskuse tõttu vee-elustikule sobivale, kuid väga kitsale ribale veekogus, aeglustades ja ahendades nii vee-elustiku arenguvõimalusi.

Karjääriveekogude ökoloogilise väärtuse seisukohalt on lisaks vee kvaliteedile määrava tähtsusega elupaikade struktuurne mitmekesisus, veekogude ühendatus ning madalaveeliste alade olemasolu. Kuna enamuse tranšeedes kujunenud suuri veekogusid on sügavad ja järsunõlvadised, on madalaveelise ja laugendatud veealuste nõlvadega kaldavööndi olemasolu tranšeeveekogude elustikule väga oluline.

Tulevaste karjääriveekogude kujundamisel tuleks suuremat tähelepanu pöörata madalaveeliste alade loomisele ning nende ühendatusele põhiveekogudega.

Kokkuvõttes võib öelda, et mõlema karjääri noorte veekogude ökoloogiline potentsiaal paraneb järkjärgult. Aidu karjääris on peamiseks riskiteguriks nikli kõrge sisaldus sügavamates kihtides, mis nõuab jätkuvat seiret. Narva karjääri tranšee 13 veekogu seisund on tervikuna väga hea ning lähedal hea ökoloogilise potentsiaali saavutamisele. Mõlemas veekogus on elustik mitmekesine ja hüdrobioloogilised näitajad viitavad stabiilsele arengule.

6 Kirjanduse viited

1. LIFE IP CleanEST projekti tegevus C.8. Ülevaade Aidu karjääri ja Narva karjääri tranšee 13 ning piirkonna vanemate karjääriveekogude uuringutest. Eesti Loodushoiu Keskuse lõpparuanne, Tartu 2020.
2. LIFE IP CleanEST projekti tegevus C.8 Maismaa- ja märgalade elupaigad Narva karjääri 13. tranšee ja Aidu karjääri pilootaladel. Jaanus Paali OÜ lõpparuanne. Tartu 2020.
3. LIFE/IPE/EE/000007 alategevus C.8 Veest sõltuvate looduslähedaste elupaikade võrgustiku kujundamine kaevandatud aladel. Ülevaade nikli sisaldusest Aidu ja Narva karjääri tranšee 13 veekogude süsteemis. EKUK Tallinn 2020.
4. LIFE IP CleanEST projekti tegevus C.8. Kaevandatud aladel tekkinud tehisveekogude inventuuri aruanne. Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ, Tallinn 2021.
5. LIFE IP CleanEST projekti tegevus C.8. Kaevandatud aladel tekkinud tehisveekogude veetasemete mõõtmine. Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ, Tallinn 2021.
6. LIFE IP CleanEST projekti tegevus C.8. Sirgala II mäeeraldise Viivikonna jaoskonna ala potentsiaalsete kujundatavate elupaikade ja veekogude uuring. Jaanus Paali OÜ. Tartu 2021.
7. LIFE IP CleanEST projekti tegevus C.8. Põlevkivi kaevandatud ala iseoolsete väljalaskmete veekeemia ja veekoguste uuring ning mõju hinnang pinnaveekogumite seisundile. Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ, Tallinn 2021.
8. LIFE IP CleanEST projekti tegevus C.8. Nikli uuring pinnavees Ida-Virumaal Purtse valgalas 2021. Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ, Tallinn 2022.
9. LIFE IP CleanEST projekti tegevus C.8. Põlevkivikarjäärade korrastamise, ringmajanduse ja looduskeskkonna kaevandamisjärgse taaskasutamise põhimõtted. Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ, Tallinn 2022.
10. LIFE IP CleanEST projekti tegevus C.8. Sirgala II mäeeraldise korrastamise järel endise Viivikonna jaoskonna alal kujunevate veetasemete prognoos ja veetaseme tõusust tekkivad uued veekogud ja muutused alal juba olemasolevates veekogudes. Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ, Tallinn 2023.
11. LIFE IP CleanEST projekti tegevus C.8. Sirgala II mäeeraldise korrastamise järel endise Viivikonna jaoskonna alal kujunevad veekogud ja nendega seotud märg- ning sidusalad. Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ, Tallinn 2024.
12. Geochemistry of molybdenum (Mo), vanadium (V), and tungsten (W) in Swedish rivers and headwater streams. Sarah Conrad, Lina P.B. Hällström, Susanne Bauer, Johan Ingri. Applied Geochemistry 199 (2026).
13. Utermöhl, H., 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplanktonmethodik. Mitt. int. Ver. Theor. Angew. Limnol. 9: 1-38.
14. Nygaard, G. 1949. Hydrobiological studies on some Danish ponds and lakes II. The quotient hypothesis on some new or little known phytoplankton organisms. Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab 7:293 pp.
15. Ott, I., Laugaste, R., 1996. Fütoplanktoni koondindeks (FKI). Üldistus Eesti väikejärvede kohta. Eesti Keskkonnaministeeriumi Infoleht nr 3.

16. Киселев (Kisseljov), И.А. 1956. Методы исследования планктона. В кн.: Жизнь пресных вод СССР IV (ред. Е.Н. Павловский, В.И. Жадин). Москва-Ленинград: 183-265.
17. Dumont, H. J., Van de Velde, I., & Dumont, S. 1975. The dry weight estimate of biomass in a selection of cladocera, copepoda and rotifera from the plankton, periphyton and benthos of continental waters. *Oecologia*, 19: 75-97.
18. Ruttner-Kolisko, A. 1977. Suggestions for biomass calculations of plankton rotifers. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.*, 8: 71–76.
19. Мяметс (Mäemets), А. 1980. Изменение зоопланктона. В кн. „Антропогенное воздействие на малые озера“, стр. 54-64.
20. Braun-Blanquet, J., 1964. *Pflanzensoziologie*. Springer, Wien, New York.
21. Nöges P. & Feldmann T. 1999. Factors controlling the distribution of aquatic macrophytes in shallow Lake Vörtsjärv. In: Sustainable lake management. Book of abstracts of 8th Int. Conf. Conserv. Manage. Lakes vol. 2. DIS Congress Service, Copenhagen.
22. Standardtööjuhend (STJnrH02). Bentiliste ränivetikate proovide võtmise ja analüüsimise meetoodika pinnaveekogudes. OÜ Eesti Keskkonnauuringute Keskus. Versioon: 4, 27.02.2022, 19 lk.
23. Hofmann, G., M. Werum und H. Lange-Bertalot, 2013. Diatomeen im Süßwasser-Benthos von Mitteleuropa. Bestimmungsflora Kieselalgen für die ökologische Praxis. Über 700 der häufigsten Arten und ihre Ökologie. A.R.G. Gantner Verlag.
24. Lange-Bertalot, H., Hofmann, G., Werum, M., Cantonati, M., Kelly M. G., 2017. Freshwater benthic diatoms of Central Europe: over 800 common species used in ecological assessment. Schmitten-Oberreifenberg: Koeltz Botanical Books.
25. Coste in CEMAGREF, 1982. Etude des méthodes biologiques d'appréciation quantitative de la qualité des eaux. Rapport Q.E. Lyon A.F. Bassin Rhône-Méditerranée-Corse, 218 pp.
26. Watanabe, T., Asai, K. & Houki, A. 1990. Numerical simulation of organic pollution in flowing waters. In: Cheremisinoff P. N. (ed) *Encyclopedia of Environmental Control Technology*, 4. Hazardous Waste Containment and Treatment, Gulf Publishing Company, Houston, 251-284.
27. Kelly M. G. & Whitton B. A. 1995. A new diatom index for monitoring eutrophication in rivers. *Journal of Applied Phycology*. 7: 433-444.
28. Standardtööjuhend (STJnrH01). Suurselgrootute põhjaloomade proovide võtmise ja proovide analüüsimise meetoodika. OÜ Eesti Keskkonnauuringute Keskus. Versioon: 4, 17.04.2015, 19 lk.
29. Timm H., Vilbaste S., 2010. Pinnavee ökoloogilise seisundi hindamise meetoodika bioloogiliste kvaliteedielementide alusel. Bentiliste räni-vetikate kooslus jões. Suurselgrootute põhjaloomade kooslus jões ja järves. Lepingu 4 – 1.1/166 aruanne EV Keskkonnaministeeriumile.
30. Eesti väikejärvede seire 2013. a. Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut. Tartu 2013.
31. Armitage, P.D., Moss, D., Wright, J.F. & Furse, M.T. 1983. The performance of a new biological water quality score system based on a wide range of unpolluted running-water sites. *Water Res.*, 17: 333-347.

