



KESKKONNAMINISTEERIUM



LIFE IP CleanEST projekti tegevus C.8. Veest sõltuvate looduslähedaste elupaikade võrgustiku kujundamine kaevandatud aladel

Nikli uuring pinnavees Ida-Viru- maal Purtse valgallas 2021

Tallinn 2022

Töö nimetus:

LIFE/IPE/EE/000007 alategevus C.8 Veest sõltuvate looduslähedaste elupaikade võrgustiku kujundamine kaevandatud aladel. Nikli uuring pinnavees Ida-Virumaal Purtse valgalas 2021.

Töö teostajad:

Indrek Tamm, Vallo Kõrgmaa, Mailis Laht
Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ
Marja 4D, Tallinn, 10617
Tel. 5083764
indrek.tamm@klab.ee

Töö tellija:

Keskkonnaministeerium, 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

Kokkuvõte.....	4
Abstract	8
1 Sissejuhatus	12
1.1 Õiguslik alus	15
2 Metoodika	16
3 Nikli sisaldused põhjavees.....	19
4 Purtse valgala	21
4.1 Purtse jõe vooluhulk ja põlevkivi kaevandamise mõju	23
4.2 Nikli sisaldused ja koormus Purtse jõe valgala pinna- ja kaevandusvees	28
5 Nikli ja selle ühendite biosaadavus	34
5.1 Nikli allikad vees ja sisalduste muutuse prognoos	38
6 Elustikus bioakumuleerunud raskmetallid Aidu veekogudes	41
7 Kirjanduse viited.....	44

Joonised

Joonis 1. Veega täitunud kaevanduste ja karjäärade iseoolsete väljalaskmete paiknemine.	13
Joonis 2. LIFE CleanEst projekti 2021 aasta täiendava nikliuuringu veeproovide võtmiskohtade paiknemine.....	18
Joonis 3. Nikkel Ordoviitsiumi Ida-Viru ja Ida-Viru põlevkivibasseini põhjaveekogumites 2021.	20
Joonis 4. Purtse ja selle lisajõgede valgala, keskkonnaportaalis 09.2022.	22
Joonis 5. Sademed Jõhvis, KAUR 2022.....	23
Joonis 6. Purtse vooluhulk (Q) Lüganuse HMJ (Keskkonnaagentuuri andmed) ja kaevanduste veega täitumise ja töötamise perioodid.	24
Joonis 7. Purtse jõe ööpäevased ning kuukeskmised vooluhulgad ja nikli sisaldus.....	25
Joonis 8. Kaevandustest väljapumbatud veekogused Purtse jõe valgala 1988–2021.....	25
Joonis 9. Veega täitunud kaevanduste ja karjäärade iseoolsete väljalaskmete vee osakaal Purtse jõe suudmes 2021. aastal.....	26
Joonis 10. Aidu ja Viru iseoolsete väljalaskmete ning Ojamaa kaevandusest väljapumbatava vee osakaal Purtse jõe äravoolus Savalas 2021. aastal.	26
Joonis 11. Nikli sisalduse muutused Purtse jõe valgala alates aastast 2019.	29
Joonis 12. Nikli koormus Purtse jõe valgala 2021 aasta uuringu arvutuskohtades.	31
Joonis 13. Purtse jõe niklikoormuse jaotus 2021 aastal.	32
Joonis 14. Nikli ärakanne Purtse jõe valgala pinnaveekogudes kuude kaupa aastal 2021.....	32
Joonis 15. Nikli biosaadavuse arvutused mudelite Bio-met 5.0 ja PNEC-pro V6 järgi.	35
Joonis 16. Sentinel kosmosefotod Aidu jääkattest aprillis 2022 (Riiklik satelliidiandmete keskus ESTHub).	36
Joonis 17. Kokkuvõttev skeem (Aidu lõunaosas paiknev ida-läänesuunaline tranšeeveekogu (E.Karro ja K.Kirsimäe).	39
Joonis 18. Kalade püügi ja põhjasete proovivõtu asukohad.	41

Tabelid

Tabel 1. Veega täitunud kaevanduste ja karjäärade iseoolsete väljalaskmete vooluhulgad.....	12
Tabel 2. Kaevanduste väljalaskkudes ja settebasseinide sissevooludes analüüsitud iseloomulikud raskmetallide ja veekeemia andmed ning mõõdetud või arvestuslikud veehulgad	30
Tabel 3. Veekeemia muutus Viru kaevanduse iseoolsetes väljavoolus (Ratva allikad)	40
Tabel 4. Raskmetallide sisaldused Aidu veekogude ahvenas 2020 ja 2021	42
Tabel 5. Põhjasete analüüsitulemused	43

Aruande lisad

- Lisa 1. Analüüside tulemused ja mõõdetud veekogused.xlsx
- Lisa 2. Biosaadavuse mudelite tulemused.xlsx
- Lisa 3. PNEC-pro V6.xlsm
- Lisa 4. bio-met_bioavailability_tool_v5_27-06-2019.xlsm
- Lisa 5. Kalade analüüsitulemused 2020-2021

Kokkuvõte

Töö on jätkuks Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ poolt LIFE IP CleanEST projekti tegevus C.8. aruannetele „Ülevaade nikli sisaldusest Aidu ja Narva karjääri tranšee 13 veekogude süsteemis“ [17] ja “Põlevkivi kaevandatud ala iseoolsete väljalaskmete veekeemia ja veekoguste uuring ning mõju hinnang pinnaveekogumite seisundile” [18].

Need varasemad uuringud näitasid nikli aastakeskmise AA-EQS piirväärtuse¹ (4 µg/l) ületamist kaevanduslikust veest (põlevkivikaevanduste/karjäärade veeheide ja veega täitunud kaevanduste/karjäärade iseoolsete väljalaskmete põhjavesi, edaspidi kaevanduslik vesi) mõjutatud veekogudes.

Põlevkivikaevanduste ja -karjäärade iseoolsete väljalaskmete veest enamuse moodustab põhjavesi. Keskkonnaministri 04.09.2019 määruse nr 39² alusel on nikli künnisarv põhjavees 10 µg/l ja vees analüüsitud nikli sisalduste järgi on võimalik olukord, kus kvaliteedinõuetele vastav põhjavesi võib põhjustada pinnaveekogumi halva seisundi pinnaveele seatud keskkonnakvaliteedi piirväärtuse ületamise tõttu.

LIFE IP CleanEST projekti tegevus C.8 raames uuriti 2021 aastal nikli ja selle ühendite sisaldust, kõrgemate sisalduste võimalikke põhjuseid ning nikliga seotud probleemistiku ulatust kaevandustest mõjutatud veekogudes. Arvutati biosaadava nikli kogused vees kasutades Bio-met 5.0 ja PNEC-pro V6 biosaadavuse mudeleid.

Käesoleva ja varasemate tööde tulemusena saab esitada alljärgnevalt toodud üldistused kaevandusliku vee mõju ja nikliprobleemistiku osas.

Purtse jõe aastakeskmises vooluhulgas aastatel 1923–2021 valgalal toimuvast põlevkivi kaevandamisest johtuvaid olulisi muutusi pole, kaevandamise mõjuga saab seostada tipuvooluhulkade vähenemist ja miinimumvooluhulkade kasvu.

Kaevandusliku vee osakaal moodustab poole Purtse jõe äravoolust. See on suurem hüdroloogiliselt veevaestel aastatel, aastasiseselt miinimumvooluhulkade perioodil ning sellistel juhtudel on Purtse jõe vee kvaliteet sõltuv kaevandusliku vee kvaliteedist.

Suur kaevandusliku vee osakaal põhjustab Purtse jõe suudmes mõnel aastal aasta keskmisi nikli sisaldusi kuni 10% üle piirväärtuse (4 µg/l). Kaevandatud ala ruutkilomeetrilt arvatud nikli ärakanne on kordades suurem võrdluses kaevandamata aladega.

Suurim on nikliprobleem Aidu karjääri alal kaevandamise järel tekkinud veekogudes ja nende eesvooluks olevates vooluveekogudes. Lisaks Aidule on kõrged nikli sisaldused ka Viru kaevanduse iseoolses väljalaskme vees (nn Ratva toruallikad), kuid väikese vooluhulga tõttu on Viru kaevandusest väljavoolava vee niklikoormus pinnaveekogudele väike.

Aidu ja Viru kaevanduste iseoolsete väljalaskmete vee nikli sisaldus (keskmine sisaldus vastavalt 12 µg/l ja 19 µg/l) ületas määruses nr 39 toodud põhjavee künnisarvu (10 µg/l), põhjavee nikli piirarv (200 µg/l) ületatud ei olnud. Aidu veekogude sügavamas osas on ületatud on ka

¹ Prioriteetsete ainete ja prioriteetsete ohtlike ainete nimekiri, 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

² Keskkonnaministri 04.09.2019 määrus nr 39 „Ohtlike ainete põhjavee kvaliteedi piirväärtused“ (edaspidi määrus nr 39). Künnisarv näitab ohtliku aine sellist sisaldust põhjavees, millega võrdse või millest väiksema väärtuse korral loetakse piirkonna põhjavee kvaliteet heaks.

sotsiaalministri 24.09.2019 määrus nr 61³ nikli piirsaldus joogiveele 20 µg/l. Kõigi teiste uuritud isevoolsete väljalaskmete vees jäi nikli sisaldus alla põhjavee künnisarvu.

Põhjavee künnisarvu ületamise korral tuleb hinnata ohtlikust ainest põhjustatavat ohtu põhjavee kasutajale ning ökosüsteemidele, lähtudes joogivee ning muudest põhjavee ning sellest sõltuva pinnavee kvaliteedi nõuetest.

Aidu karjääris tekkinud sügavate veekogude probleemiks on vee kihistumine, mis väljendub nii mõõdetud veeparameetrites (temperatuur, hapnikusisaldus, elektrijuhtivus, pH, redokspotentsiaal) kui ka vee keemilises koostises. Sügavates anaeroobsetes veekihtides oli kuues veeproovis ületatud ka määru nr 28⁴ toodud nikli suurim pinnavees lubatud keskkonnakvaliteedi piirväärtus (MAC-EQS) 34 µg/l [17].

Eesti Loodushoiu Keskuse LIFE IP CleanEST projekti tegevus C.8 uuringu [20] järgi kalu Aidu karjäärialal pinnaveekogude sügavas anaeroobses veekihis ei ela. Aidu karjäärialal tekkinud pinnaveekogud on noored ja alles kujuneva ökosüsteemiga. Kalu ning setet on neis vähe, mistõttu on analüüsida saadud vaid kahte kala- ja ühte setteproovi.

Kalades analüüsitud raskmetallide sisalduste järgi oli üle määru nr 28 toodud piirväärtuse (0.02 mg/kg) elavhõbeda sisaldus. Nikli ja teiste analüüsitud ohtlike ainete sisaldused vastasid kala- ja setteproovides määru nr 28 ja määru nr 26⁵ toodud nõuetele.

Pinnavee analüüsides nikli ja selle ühendite aasta keskmise keskkonnakvaliteedi piirväärtuse AA-EQS 4 µg/l ületamise korral tuleb seisundi hindamisel vastavuse saavutamiseks kasutada biosaadavuse mudeleid, kuna pinnavee määru nr 28 toodud piirväärtus on biosaadavale kontsentratsioonile.

Kasutatud mudelite järgi on biosaadava nikli ja selle ühendite piirväärtus (4 µg/l) oluliselt ületatud Aidu karjääri sügavates tranšeeveekogudes (suurem on nikli sisaldus nende vee põhjakihtides) ja Aidu vee väljavoolus Ojamaa jõkke. Tõenäoline on piirväärtuse ületamine ka Ojamaa jõelõigul Aidu isevoolest väljalaskmest Purtse jõeni. Teiste uuringupunktide veeproovides jäid biosaadava nikli sisaldused mudelite järgi enamasti alla 4 µg/l.

Biosaadavuse mudelitega saadud biosaadava nikli tulemused on esialgsed, sest Euroopas väljatöötatud biosaadavuse mudelid pole kavandatud kasutamiseks sedavõrd suure karedusega⁶ vees.

Pinnavee veeproovis analüüsitulemuse 4 µg/l ületamisel tuleb veekogu seisundihinnangul arvestada nikli ja selle ühendite biosaadavust, selle arvestamata jätmise tõttu halb veekogumi seisundihinnang võib põhjustada mittevajalike kulukate meetmete rakendamist.

Jõhvi kõrgustiku Siluri-Ordoviitsiumi mõningate veekihtide põhjavees võib looduslik nikli sisaldus (2–4 µg/l aastal 2021) olla kõrgem kui mujal Kirde-Eestis. Kaevandatud ala põhjavees on nikli sisaldused Jõhvi kõrgustikul nn taustatasemest märgatavalt kõrgemad. Nii on Aidu karjääri kõrval Ojamaa kaevandusest väljapumbatavas ja veega täitunud Kohtla kaevandustest

³ Joogivee kvaliteedi- ja kontrollinõuded ning analüüsimeetodid¹

⁴ Keskkonnaministri 24.07.2019 määrus nr 28 „Prioriteetsete ainete ja prioriteetsete ohtlike ainete nimekiri, 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“ (edaspidi määrus nr 28).

⁵ Keskkonnaministri 28.06.2019 määrus nr 26 „Ohtlike ainete sisalduse piirväärtused pinnases“ (edaspidi määrus nr 26).

⁶ Üldkaredus ca 10 mg-ekv/l ja rohkem, biosaadavuse mudelites on karedus Ca või Mg sisalduse järgi

allikatena Aidu karjäärialala pinnaveekogudesse voolavas põhjavees nikli sisaldused ligikaudu kaks korda kõrgemad (vastavalt 8 µg/l ja 5 µg/l).

Aastatel 2019–2021 oli nikli sisaldus Aidu tranšeeveekogudest Ojamaa jõkke väljavoolavas vees 9–16 µg/l (keskmise 12 µg/l). Aidu veekogude pindmises veekihis oli nikli sisaldus 1.9–14 µg/l (keskmise 8 µg/l), sügavamalt võetud veeproovides 4.1–54 µg/l (keskmise 28 µg/l)[17]. Seega toimub nikli ja selle ühendite sisalduse oluline suurenemine Aidu karjääri piires.

Aidu karjääri ümbritseva ala põhjavee nikli sisaldus on kordades väiksem ja Aidu karjäärialade pinnaveekogude kõrgeid niklisisaldusi saab seostada korrastatud karjäärialal praegu toimuvate looduslike protsessidega, mis muudavad nikli ja selle ühendid liikuvaks.

Nikli veekeskkonda sattumise allikaks kaevandatud ala vees võib pidada sulfiidsete mineraalide oksüdeerumisest selleks soodsatel tingimustel (anaeroobne keskkond, pH<7) ja välistada ei saa ka bioloogiliste protsesside mõju. Kui kivimites on niklimineraale, võivad analoogsed protsessid avalduda ka teiste suurte karjääride (lubjakivi, fosforiit) juures.

Kui nikli mineraalidest liikuma pääsemise protsess sarnaneb püriidist vabaneva sulfaatide tekega veega täitunud kaevandustes, saab sulfaadi analoogia põhjal tõenäoliselt pidada aja jooksul nikli sisalduste mõningast vähenemist vees. Isevoolsete väljalaskmete niklisisalduse olemasolevatest lühikestest aegridadest võib kohati näha sisalduste vähenemistrendi. Väiksem on nikli sisaldus ka vanemate kaevanduste väljalaskmetes.

Käesoleva ja varasemate tööde tulemusena on Ordoviitsiumi veekihi põhjaveekogum nr 7 keemilise seisundi seiresse lisatud Tammiku, Viru ja Ahtme isevoolsed kaevandusvee väljalaskmed kord aastas võetava veeprooviga. Seiret tehakse LIFE IP CleanEST projekti vältel tegevuse C.8 rahaliste vahendite kasutamisega.

Soovitused edasisteks töödeks ja meetmete rakendamiseks nikli probleemistiku osas:

1. Praegu pole teada mis ühendi kujul on nikkel vaadeldud veekogude vees. Nikli mõju täpsemaks hindamiseks Aidus tuleks kasutada Eesti oludesse sobivamaid mudeleid ja keerukamaid biosaadavuse hindamise protseduure, sealhulgas toksilisuse biotestide tegemist liikide tundlikkuse määramiseks. Nikli mobiilsuse suurenemise protsesside, biosaadavuse ja ökotoksikoloogilise mõju paremaks analüüsimiseks on vaja teada, mis ühendite kujul on nikkel vees ja teha selleks nikliühendite määramine (vastava analüüsivõimekusega labor Eestis puudub ning seetõttu tuleb kasutada välislaborit). Võtta tuleb iseloomulikud veeproovid Aidu veekogudest ja kaevandusvee isevoolsete väljalaskmete ning töötavate kaevanduste väljapumbatavast põhjaveest. Töö saab teha LIFE IP CleanEST projekti raames. Purtse jõe valgast väljapoole jäävate Ida-Virumaa töötavate põlevkivikaevanduste (Estonia kaevandus ja Narva karjäär) kaevandusvee väljalaskmete vees nikli sisalduse 4 µg/l ületamise korral teha keskkonnaloas täiendused nikli ja biosaadavuse mudelite rakendamiseks vajalike näitajate (Ca, Mg, DOC ja pH) määramiseks kaevandusvee heitveelaskmetes ja suublas.
2. Purtse jõe valgala Kiviõli karjääri, Ojamaa kaevanduse, ehitatava Uus-Kiviõli kaevanduse keskkonnalubadesse tuleb lisada nikli ja biosaadavuse mudelite rakendamiseks vajalike näitajate (Ca, Mg, DOC ja pH) määramine kaevandusvee heitveelaskmetes ja suublas.
3. Taustateadmiste ja regionaalsete erisuste teadasaamiseks on vajalik nikli jt raskmetallide sisalduse määramine kaevandatud ala kivimites kasutades näiteks Eesti Geoloogiateenistuse Arbavere puursüdamike hoidlas olevaid kivimproove. Töö tuleks teha geoloogiliste teadusuuringute või LIFE IP CleanEST projekti raames.

4. Veekogu seisundi seire peab võimaldama nikli biosaadavuse arvutust Purtse ja Pühajõe jõe valgala vooluveekogumite seisundi hindamisel. Lisaks niklile peavad olema määratud karedust põhjustavad ühendid (Ca, Mg), DOC ja pH. Tähelepanu all peavad olema jõelõigud, kus kaevandusvesi moodustab enamuse (orienteeruda saab ka sulfaatide sisalduse järgi >200–300 mg/l).
5. Arvestades biosaadava nikli sisalduste mittevastavust Aidu tranšeeveekogu isevoolses väljavoolus Ojamaa jõkke, on vajalik üle ühe aasta korratav biosaadava nikli sisalduste ja selle ajas muutuste jälgimine sagedusega vähemalt 6 korda aastas. Aidus toimuvate niklisisalduste suurenemise hindamiseks on otstarbekas võtta veeproovid ka Kohtla kaevandusest allikana väljavoolavast veest. Töö saab teha LIFE IP CleanEST projekti raames.
6. Veega täitunud karjäärade veekogud on alles kujunemise algusjärgus ja sellisel intensiivsel muutuste perioodil tuleks uuringud vee-elupaikade kujunemisest ja nikli ja teiste toksiliste ainete sisalduse mõjudest kalastikule ning muudele elustikurühmadele (kookrikloomad, suurtaimed jne) läbi viia iga 2–3 aasta tagant. Tekkinud uutesse veekogudesse kalastiku asustamise otsustamise eelduseks on veeparameetrite mõõtmise veekogu temperatuuri- ja gaasirežiimi täpsustamiseks ning vee keemilise koostise muutuste jälgimine. See tähendab nende veekogude LIFE IP CleanEST projekti raames aastal 2020 tehtud elustikuuringu (ühes vee keemilise koostise analüüsidega muutuste jälgimiseks) kordamist sobivas mahus, minimaalselt vähemalt üks kord aastatel 2025–2026.

Abstract

This work is Estonian Environmental Research Centre continuation to the reports "Overview of the content of nickel in the system of water bodies of the Aidu and Narva quarry trenches" [17] and "Study of water chemistry and water quantities of self-flowing artificial outlets of mine water in the oil shale mined area and assessment of the impact to the surface water bodies" [18] which are all done in accordance with the LIFE IP CleanEST project activity C.8.

These previous studies showed exceeding the annual average AA-EQS limit value (4 µg/l) for nickel in surface water bodies affected by mine water (discharges from oil shale mines/quarries and groundwater from the self-flowing artificial outlets from water-filled exhausted mines/quarries, hereinafter mine water).

Groundwater forms most of the water from the self-flowing artificial outlets of oil shale mines and quarries. Based on Regulation No. 39 of the Minister of the Environment of 04.09.2019, the threshold value for nickel in groundwater is 10 µg/l, and according to the nickel content analysed in the water, it is possible situation, where groundwater that meets the quality requirements may cause a poor condition of the surface water body due exceeding the environmental quality limit value set for surface water.

In the framework of LIFE IP CleanEST project activity C.8, in 2021, the content of nickel and its compounds, possible reasons for higher levels and the extent of nickel-related problems in surface water bodies affected by mines were investigated. Amounts of bioavailable nickel in water were calculated using Bio-met 5.0 and PNEC-pro V6 bioavailability models.

As a result of this and previous works, the following generalizations can be presented regarding the impact of mine water and the nickel problem.

There are no significant changes in the average annual flowrate of the Purtse river due to the oil shale mining in the years 1923–2021 in the catchment area. Only the decrease in peak flowrates and the increase in minimum flowrates can be attributed to the impact of mining.

The share of mine water makes up half of the Purtse river annual runoff. This is higher in hydrologically water-poor years, during the period of minimum flows within the year, and in such cases the water quality of the Purtse river depends on the quality of the mine water.

The large proportion of mine water causes annual average nickel concentrations up to 10% above the limit value (4 µg/l) in some years at the mouth of the Purtse river. The nickel removal calculated per square kilometre from the mined area is several times higher compared to unmined areas.

The nickel problem is biggest in the water bodies in the Aidu quarry area and the water bodies downstream of them. In addition to Aidu, there are also high nickel contents in the self-flowing artificial outlet of the Viru mine (the so-called Ratva springs), but due to the small flowrate, the nickel load to surface water bodies is small.

The nickel content of the self-flowing artificial outlets of the Aidu and Viru mines (average content of 12 µg/l and 19 µg/l, respectively) exceeded the groundwater threshold value (10 µg/l) given in Regulation No. 39, while the limit value for groundwater (200 µg/l) was not exceeded. In the bottom layers of deep Aidu's water bodies, the nickel content limit of 20 µg/l for drinking water has also exceeded (regulation of the Minister of Social Affairs No. 61 of 24.09.2019). The nickel content in the water of all other examined self-flowing outlets was below the groundwater threshold value.

If the groundwater threshold value is exceeded, the risk caused by the hazardous substance to the groundwater user and other ecosystems must be assessed, based on the quality requirements of drinking water and other groundwater dependent surface water quality requirements.

The stratification of the water is the problem for deep-water bodies in the Aidu quarry, this is expressed both in the measured water parameters (temperature, oxygen content, electrical conductivity, pH, redox potential) and in the chemical composition of the water. In deep anaerobic water layers, six water samples also exceeded the highest environmental quality limit value (MAC-EQS) of 34 µg/l for nickel in surface water specified in Regulation No. 28 [17].

According to study made by Wildlife Estonia NGO [20] under LIFE IP CleanEST project activity C.8, fish do not live in the deep anaerobic water layers of the surface water bodies at Aidu quarry. The surface water bodies in the Aidu quarry area are young and are still in stage of emerging ecosystem. There are few fish and sediment in them, which is why only two fish and one sediment samples were analysed.

According to the content of heavy metals analysed in the fish, the mercury content was above the limit value (0.02 mg/kg) given in Regulation No. 28. The contents of nickel and other analysed dangerous substances in the fish and sediment samples complied with the requirements stated in Regulation No. 28 and Regulation No. 26.

When by surface water analysis results the annual average environmental quality limit value AA-EQS 4 µg/l for nickel and its compounds is exceeded, bioavailability models shall be used to achieve compliance when assessing the status of waterbody, since the limit value in Regulation No. 28 is given for the bioavailable concentration.

According to the used Bio-met 5.0 and PNEC-pro V6 bioavailability models, the limit value (4 µg/l) of bioavailable nickel and its compounds has been significantly exceeded in Aidu quarry area (nickel content is higher in the bottom layers of water) and in the outflow of Aidu water into the Ojamaa river. It is also likely that the limit value is exceeded on the downstream section of the Ojamaa river, from Aidu outlet up to the Purtse river. According to the used bioavailability models, the bioavailable nickel concentrations in other studied sites were mostly below 4 µg/l. The results of bioavailability models are preliminary as used bioavailability models developed in Europe are not designed for use in water with such a high hardness as in Northeast Estonia.

When the analysis result in a surface water sample exceeds 4 µg/l, the bioavailability of nickel and its compounds should be considered in the assessment of the status of the water body, failure to take account of this may lead to the implementation of unnecessary and costly measures.

The natural nickel content (2–4 µg/l in 2021) in the groundwater of some Silurian-Ordovician aquifers of the Jõhvi Upland may be higher than elsewhere in Northeast Estonia. The nickel content in the groundwater of the mined areas is significantly higher than the so-called background level on the Jõhvi Upland.

The nickel content in groundwater of mined areas are approximately twice as high: flowing as springs from closed Kohtla mine (5 µg/l) into the surface waters of the Aidu quarry area; pumped out of the Ojamaa mine (8 µg/l) nearby to the Aidu quarry,.

In the years 2019–2021, the nickel content in the water from self-flowing Aidu outlet was 9–16 µg/l (mean 12 µg/l). In upper water layers of Aidu water bodies the nickel content was 1.9–14 µg/l (mean 8 µg/l), in deeper water layers 4.1–54 µg/l (mean 28 µg/l) [17].

Thus, significant increases in nickel and its compounds occur within the Aidu quarry. The nickel content of the groundwater in the area surrounding the Aidu quarry is several times lower and high nickel content in water can be attributed to the natural processes (which make nickel and its compounds mobile) taking place in the recultivated area of Aidu quarry.

The source of nickel release into the water can be the oxidation of sulphide minerals under favourable conditions (anaerobic environment, $\text{pH} < 7$), the influence of biological processes also cannot be excluded. In the presence of nickel minerals, similar processes can occur in large limestone or phosphorite quarries.

If the process of nickel release from minerals is similar to the formation of sulphates (released from sulphide mineral pyrite) in water-filled mines, based on the sulphate content analogy, a slight decrease in nickel content in water can be considered probable over time.

From the available short time series of nickel content in self-flowing outlets water, a decreasing trend can sometimes be seen. The nickel content in self-flowing outlets from older mines is also lower.

As a result of this and earlier works, self-flowing mine water outlets Tammiku, Viru and Ahtme have been added to the monitoring of the chemical status of Ordovician Ida-Viru oil shale basin groundwater body (water samples taken once a year). During the LIFE IP CleanEST project will be used the financial resources of activity C.8 for monitoring.

Recommendations for studies and measures regarding the nickel problem:

1. Currently, it is not known what form of compound nickel is in the water. To assess the impact of nickel more accurately in Aidu waterbodies, more suitable models for Estonian conditions and more complex bioavailability assessment procedures should be used, including toxicity biotests to determine species sensitivities. To better analyse the processes of increasing nickel mobility, bioavailability and ecotoxicological impacts, it is necessary identify in what compounds nickel is in water. There is no laboratory in Estonia with the corresponding analytical capabilities, and therefore a foreign laboratory should be used. Characteristic water samples taken from Aidu's water bodies and groundwater pumped out from working mines and self-flowing artificial outlets should be analysed. The work can be done within the LIFE IP CleanEST project.
In case of exceeding $4 \mu\text{g/l}$ of the nickel content in the mine water discharges of the working oil shale mines of Ida-Viru County (Estonia mine and Narva quarry) outside the Purtse river catchment, additions should be made to the environmental permit (mine water discharges and in receiving water) to determine the parameters necessary for the nickel bioavailability models (Ca, Mg, DOC and pH).
2. In the environmental permits of the Kiviõli quarry, the Ojamaa mine, the Uus-Kiviõli mine (under construction) in the Purtse river catchment area, in the mine water discharges and in receiving waters, the determination of the Ca, Mg, DOC and pH are necessary for using of nickel and bioavailability models.
3. To find out the background knowledge and regional differences, it is necessary to determine the content of nickel and other heavy metals in oil shale extracted area rocks, using samples from the Arbavere drill core repository (Geological Survey of Estonia). The work should be carried out in the framework of geological scientific researches or the LIFE IP CleanEST project.
4. Monitoring of the status of the surface water bodies in the Purtse and Pühajõe river basins must enable the calculation of nickel bioavailability. In addition to nickel, hardness-causing compounds (Ca, Mg), DOC and pH must be determined. Attention must

be paid to river sections where mine water forms the majority (estimated sulphate content >200–300 mg/l).

5. Considering the non-compliance of bioavailable nickel concentrations in the self-flowing Aidu outlet into the Ojamaa river, it is necessary to repeat the monitoring of bioavailable nickel concentrations and its changes over time (in every second year, with a frequency at least 6 times a year). To better assess the increase in nickel content at Aidu area, it is appropriate to take samples also from the water flowing out of the Kohtla mine as springs. The work can be done within the LIFE IP CleanEST project.
6. As the young water bodies in water-filled quarries are still in the early stages of development and intensive changes, studies on the formation of aquatic habitats and the effects of the content of nickel and other toxic substances on fish and other species (crustaceans, macrophytes, etc.) should be conducted every 2-3 years. The prerequisite for deciding to stock fish into these new water bodies, is the measurement of water parameters to specify the temperature and gas regime of the water body and monitoring of changes in the chemical composition of the water. Recommended is repeating in a suitable volume the biota survey⁷ carried out under the LIFE IP CleanEST project of these water bodies in 2020, at least once in 2025-2026.

⁷ Together with analyses of the chemical composition of the water

1 Sissejuhatus

Taust. Säästliku looduskasutuse järgi tuleb kaevandamisjärgselt taastada alal võimalikult looduslähedane seisund, korrastada need kaevandamiseelse maastikuga samaväärseks. Kaevandamise lõppemisel põlevkivikarjääride aladele kujunenud suured pinnaveekogud on tehisveekogud ning neile laieneb Veepoliitika raamdirektiivi nõue tagada hea ökoloogiline potentsiaal. Käesolevas uuringus võeti lähema vaatluse alla pinnaveekogumid, mis on mõjutatud kaevanduslikust⁸ veest (Joonis 1).

Kaevandamise lõppedes karjäärid ja kaevandused täituvad sademe- ja põhjaveega. Veega täitunud karjääri viisil kaevandatud aladel toimub vee väljavool iseveolsetes väljalaskmetes pinnaveena, kuid väljalaskme veehulga ja veekvaliteedi määrab põhjavee suur osakaal. Karjääri viisil kaevandatud põlevkiviala isevoorse väljalaskme vesi iseloomustab veega täitunud karjääri territooriumil tagasitäitepuistangutes sademetest formeerunud ülemise põhjaveekihi vett ja karjäärialale mujalt voolavat põhjavett. Aidu karjäär külgneb kunagise Kohtla kaevandusega, kust lisandub veega täitunud põlevkivikaevanduse põhjavesi, mis moodustab ca poole Aidu väljavoolust Ojamaa jõkke. Pinnasest läbi imbumata sademevee osakaal on väike, karjäärialal moodustab selle vaid väljaveotranšees moodustunud veekogude ja nende järskude kalda-nõlvade sademed.

Allmaakaevandatud aladel toimub põhjavee väljavool iseveolsetes väljalaskmetes nn „torualikatest“ (Ahtme ja Viru kaevandused), kaevanduskäigu varinguaugust (Tammiku kaevandus) või suletud kaevandusstollidest ja pindalaliste allikavöönditena kunagiste väljaveotranšeede servades (Kiviõli, Ubja ja Käva kaevandused). Allmaakaevandatud kaevandusala iseveolsetes väljalaskmetes väljavoolav vesi on põhjavesi.

Analoogselt allikatele, kus väljavoolav vesi iseloomustab põhjavett ja allikast saab alguse pinnaveekogu, tuleb taoliste iseveolsete väljalaskmete veekvaliteeti hinnata korraga nii põhjaku pinnavee nõuete järgi.

Kaevanduste ja karjääride iseveolsetes väljalaskmetes mõõdetud vooluhulgad annavad kokku jõe vooluhulgaga 3.4 m³/s ja nende iseveolsete väljalaskmete poolt iseloomustatavaks alaks on ca 400 km² (Tabel 1).

Tabel 1. Veega täitunud kaevanduste ja karjääride iseveolsete väljalaskmete vooluhulgad

Väljalaskme nimi	Mõõtmisi	Keskmine vooluhulk l/s (<i>min-max</i>)	Iseloomustatav ala
Ahtme Sanniku	8	351 (30–832)	ca 40 km ²
Aidu	14	884 (96–1929)	ca 110 km ²
Jõhvi Kaevandus 2	5	ca 10 (0.1–42, on ka kuiv)	ca 1 km ²
Kiviõli–Küttejõu	12	1014 (208–2659)	ca 120 km ²
Käva	11	354 (67–668)	ca 44 km ²
Narva karjääri tranšee 13	10	91 (17–256)	ca 12 km ²
Tammiku	8	444 (76–1289)	ca 50 km ²
Ubja (Lääne -Virumaal)	7	61 (10–85)	ca 8 km ²
Viru	5	ca 162 (40–270, on ka kuiv)	ca 25 km ²

Kaevanduste ja karjääride iseveolsetes väljalaskmetes võetud veeproovide vesi on suure kaardusega, veele on iseloomulik kõrge sulfaatide sisaldus ja elektrijuhtivus ning madalad lämmastiku, fosfori, BHT ja KHT väärtused [18].

⁸ põlevkivikaevanduste/karjääride veeheide(kaevandusvesi) ja veega täitunud kaevanduste/karjääride iseveolsete väljalaskmete põhjavesi

Välja arvatud Ubja, Kiviõli-Küttejõu ja Kaevandus 2 isevoolsed veelaskmed, oli sulfaatide sisaldus valdavalt üle vastavat põhjavee läviväärtust ja joogivee piirsaldust (250 mg/l)[18]. Sulfaatide sisaldus on kõrgem suhteliselt vähe aega veega täitunud olnud kaevandustes ja karjäärides. Põhjavee üldnäitajate osas ületas keemiline hapnikutarve kõigis Kiviõli-Küttejõu väljalaskme veeproovides joogivee piirsaldust (5 mg/l). Küttejõu karjääri ala on korduvalt põlenud ja välistada ei saa Küttejõu karjääriala madalates veekogudes toimuvate muude protsesside mõju 2-3 korda kõrgemale keemilise hapnikutarbe tekkele võrreldes ülejäänud kaevandusvee isevoolsete väljalaskmetega.

Raskmetallidest oli Aidu ja Viru väljalaskmete vees nikli sisaldus üle määrus nr 39 põhjavee künnisarvu (10 µg/l), põhjavee piirarv (200 µg/l) ületatud ei olnud. Teiste uuritud isevoolsete väljalaskmete vees jäi nikli sisaldus alla põhjavee künnisarvu. Molübdeeni sisaldus Narva põlevkivikarjääri tranšee 13 väljalaskme vees 2019-2020 olid üle määrus nr 39 põhjavee künnisarvu 5 µg/l, kõigis veeproovides (11-13 µg/l, põhjavee piirarv (70 µg/l) ületatud ei olnud [18].

Toodud isevoolsete väljalaskmete põhjavee iseloomulikest näitajatest on pinnaveele sätestatud nõuete osas probleemseim nikkel, molübdeeni osas pinnaveele piirväärtust pole sätestatud⁹. Nikli sisaldusega alla põhjavee künnisarvu põhjavesi ei vasta pinnavee nõuetele.

Probleemi kirjeldus. Mitmete LIFE/IPE/EE/000007 alategevus C.8 raames uuritud veega täitunud põlevkivikarjääride ja -kaevanduste isevoolsetes väljalaskmete vees ületas nikli ja selle ühendite sisaldus pinnaveele seatud keskkonnaministri 24.07.2019 määrus nr 28 „Prioriteetsete ainete ja prioriteetsete ohtlike ainete nimekiri, 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“ (edaspidi keskkonnaministri 24.07.2019 määrus nr 28) järgset hea seisundiklassi aastakeskmist piirväärtust (AA-EQS) 4 µg/l. Suurim pinnavee lubatud keskkonnakvaliteedi piirväärtus (MAC-EQS) 34 µg/l nendes isevoolsetes väljalaskmetes ületatud¹⁰ ei ole [17, 18].

Nikli sisaldus oli Ahtme-Sanniku, Aidu, Kaevandus 2, Kiviõli-Küttejõu, Tammiku, Viru väljalaskmete vees üle 4 µg/l. Vaid Käva, Ubja ja Narva põlevkivikarjääri tranšee 13 isevoolsete väljalaskmete kõigis veeproovides oli nikli sisaldus alla 4 µg/l.

Kui nikli ja selle ühendite sisaldus välja arvata, vastas enamik veeproovidest analüüsitud näitajatest¹¹ keskkonnaministri 24.07.2019 määrus nr 28 järgi pinnavee hea seisundi klassi piirväärtustele [17, 18]. Üksikutes veeproovides üle määramispiiri leitud PAH ühenditest benzo(a)püreeni ja fluoranteeni suurim pinnavee keskkonna kvaliteedi piirväärtus (MAC-EQS) ületatud ei olnud.

Tinaorgaanikast leiti üle labori määramispiiri monobutüültina (MBT) ja monooktüültina (MOT), oli ka üks tributüültina (TBT) leid Narva karjääri tranšee 13 väljalaskmest 02.06.2020 võetud veeproovis. Ületatud oli määruse nr 28 prioriteetse ohtliku aine tributüültina ühendid grupiindikaatori (tributüültina katioon, CAS nr 36643-28-4) maksimaalne piirväärtuses pinna-

⁹ Molübdeeni kontsentratsioonid pinnavees, millede juures eeldatavalt puudub kahjulik efekt on kümneid kordi suuremad kui põhjavee künnisarv (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969717317734>) .

¹⁰ MAC-EQS) ületamisi oli vaid kuues sügavalt anaeroobsest põhjakihist võetud Aidu tranšeeveekogude veeproovis, pinnakihist toimuv väljavoolus on nikli sisaldused väiksemad.

¹¹ As, Ba, Cd, Cr, Hg, Mo, Ni, Pb, Sn, Zn, Cu, fenoolid, klorofenoolid, BTEX, VOC, PAH, PCB, naftasaadused, tinaorgaanika ja pestitsiidid

vees. Maismaaveekogudes ja põhjavees on tinaorgaanikat Eestis analüüsitud alates 2018 aastast ja praegu puudub üldistus selle ainegrupi veekeskkonnas päritolu ja leviku osas. Veekeskkonnas tinaorgaanika probleemistik vajab eraldi põhjalikumat käsitlust andmete lisanduses.

Nikli ja selle ühendite sisaldused olid suurimad Aidu ja Viru iseveolsete väljalaskmete vees (keskmise sisaldus vastavalt 12 µg /l ja 19 µg/l). Need mõlemad kaevandatud alad on suhteliselt vähe aega olnud veega täitunud. Aeroobses keskkonnas kivimi murdepinnal mineraalides olev püriit oksüdeerub ning hapniku lõppemisel tekkinud anaeroobses veekeskkonnas leostub nikkel sobiva pH juures veekeskkonda. Tõenäoliselt võib pidada, et kivimist nikli liikuma pääsemise protsessides osalevad ka mikroorganismid.

Kivimis nikli taustasisaldustest LIFE projektis vaadeldavate veega täitunud karjääride ning kaevanduste lubjakivides kaasaegset teavet ei ole [17, 18]. Põlevkivitööstusest tulevate veekeskkonnale ohtlike ainete mõju uuringu [22] Kiviõli karjääri ja Ojamaa kaevanduse peenestatud põlevkivikonveierilindilt¹² võetud proovides oli nikli sisaldus 7.9–12 mg/kg KA. Ka tänapäevastes geoloogilise kaardistamise puuraukude lubjakivikärnis niklit ei määrata ja kõrgema niklisisaldusega piirkondi lubjakivide levikualal esile tuua ei saa.

Tõenäoliselt võib pidada lähiaastatel jätkuvat kaevanduste ja karjääride või nende osade sulgemist ja veega täitumist. Neil korrastatud kaevanduste või karjääride aladel võivad aja jookul samuti ilmuda probleemid raskmetallidega vees, kuid nikli ja teiste raskmetallide sisaldusi sealsetes lubjakivides pole analüüsitud.

Korrastatud Aidu karjäärialal tekkinud veekogud pole praegu veekoguna keskkonnaregistrisse kantud. Aidu karjäärialalt ca 0.4 km pikkuse nimetu kraaviga väljavoolav vesi suubub Ojamaa (VEE1068700) jõkke ca 0.3 km enne Ojamaa jõe suubumist Purtse jõkke (VEE1068200).

Veega täitunud Viru kaevanduse iseveolse väljalaskme põhjavesi voolab Põllualuse kraavi (VEE1069300) kaudu Ratva ojas (VEE1069100), sealt edasi Ojamaa ning Purtse jõgedesse. Vesi väljub Viru väljalaskme ülevoolavatest puuraukudest (nr 58151 ja nr 58154) vaid periooditi ja vooluhulgad stabiliseeruvad ilmselt alles peale Ojamaa ja Estonia kaevanduste veega täitumist [18].

Uuringu eesmärgiks oli täpsustada nikli probleemistiku ulatust ja Aidu veekogude kasutamise võimalusi tulevikus ja saada ülevaade vajalikest meetmetest, mis võimaldaksid leevendada nii töötavate kui ka suletud (k.a. sulgemisel vajalikud tegevused) kaevandusalade negatiivset mõju veekeskkonnale.

1.1 Õiguslik alus

Nikkel ja selle ühendid on veekeskkonnale prioriteetne aine, kuid mitte prioriteetselt ohtlik aine. Euroopa Liidus püsis nikli ja selle ühendite riskihinnangu [5] valmimiseni (2008) siseveekogude ja muude pinnavee nikli ja selle ühendite keskkonnakvaliteedi standardina 20 µg/l.

Riskihinnangu valmimise järel sätestati nikli ja selle ühendite osas aasta keskmiseks keskkonnakvaliteedi piirväärtuseks AA-EQS 4 µg/l (EL direktiiv 2008/105/EC pinnavee klassifikatsiooni järgi veekogu seisundi vastavuse hindamiseks). Nikli ja selle ühendite maksimaalne lubatud kontsentratsioon MAC-EQS on 34 µg/l.

Nikli ja selle ühendite aasta keskmise keskkonnakvaliteedi piirväärtuse AA-EQS 4 µg/l puhul arvestatakse ohtlikkust veeorganismidele biosaadava kontsentratsioonina.

¹² Põlevkivi kaevandamisel, purustamisel ning transpordil võib masinate tööorganite kulumise tõttu lisanduda metalle ja teisi ühendeid, sellises kaubapõlevkivis võib ka lubjakivi osa olla suur.

Euroopa Komisjon poolt sätestatud Ni jaoks biosaadava AA-EQS 4 µg/l kehtestati tuginedes Austria veekvaliteedi seire raames Alpide piirkonna andmekogumitele (üldistatud näitajad olid järgmised: pH = 8.2, DOC = 2 mg l/l ja Ca = 40 mg/l), kuna sellist vett peeti Ni suhtes Euroopas kõige tundlikumaks [15].

Eestis sätestati biosaadava nikli ja selle ühendite AA-EQS 4 µg/l alatest keskkonnaministri 30.12.2015 määruse nr 77 jõustumisest. Praegu kehtiva keskkonnaministri 24.07.2019 määruse nr 28 § 4 lõige 6 ütleb, et keskkonna kvaliteedi piirväärtuste kohaldamisel pinnaveekogumi keemilise seisundi hindamiseks võib arvesse võtta:

- 1) metallide ja nende ühendite looduslikke taustakontsentratsioone, kui need kontsentratsioonid ei võimalda saavutada vastavust asjaomasele keskkonna kvaliteedi piirväärtusele;
- 2) karedust, pH-taset, lahustunud orgaanilist süsinikku või muid vee kvaliteedi parameetreid, mis mõjutavad metallide biosaadavust, kusjuures biosaadavad kontsentratsioonid määratakse kindlaks biosaadavuse mudelite alusel.

Põlevkivikaevanduste ja -karjääride äravoolust enamuse moodustab põhjavesi. Keskkonnaministri 04.09.2019 määrus nr 39 nikli künnisarv põhjavees on 10 µg/l ja veeanalüüsi nikli sisalduste järgi on võimalik olukord, kus kvaliteedinõuetele vastav põhjavesi justkui põhjustaks veekogumi halva seisundi pinnavee keskkonnakvaliteedi piirväärtuse ületamise tõttu.

Veekvaliteedi nõuetega seotud probleemistiku keerukust iseloomustab ka olukord, et Aidu veekogude pindmise aeroobse veekihi nikli sisaldus on alla sotsiaalministri 24.09.2019 määruse nr 61 piirsisaldust (20 µg/l) joogivees ja selle järgi võiks niklist oht aerutajatele, ujujatele ning vee-motosportlastele puududa, kuid otsuse tegijaks on Terviseamet. Eesti Loodushoiu Keskuse uuringu [20] põhjal kalu sügaval paiknevas kõrge nikli sisaldusega anaeroobses veekihi ei ela, kuid Aidus püütud kalade kasutamine toiduks jääb toiduohutuse valdkonda.

Pinnavee veeproovis analüüsitulemuse 4 µg/l ületamisel tuleb veekogu seisundihinnangul arvestada nikli ja selle ühendite biosaadavust, selle arvestamata jätmise tõttu halb veekogumi seisundihinnang võib põhjustada mittevajalike kulukate meetmete rakendamist.

2 Metoodika

Täpsustamaks nikli probleemistiku ulatust, veekeskkonnas raskmetallide sisalduse ajalisi muutusi ning hindamaks nikli ja selle ühendite biosaadavust, võeti LIFE IP CleanEST projekti raames aastal 2021 täiendavad veeproovid ja analüüsi nikli ja selle ühendite sisaldust pinnaveekogudes, kaevandatud ala isevoolsetes väljalaskmetes ja kaevandusvees (väljapumbatavas põhjavees settebasseinidest)¹³.

Kokku oli 2021 aasta täiendava nikliuuringu jaoks kasutada 211 veeproovi ja 38 vooluhulga mõõtmist (vaata lisa 1). Veeproovide võtmine ja vooluhulkade mõõtmised tehti Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ (edaspidi EKUK) spetsialistide poolt. Aidu karjääri lõunapoolse lõputranšee sügavaimas osas (uuringupunkt Aidu 10, 676845 ja 6577000) võeti iga kord kaks veeproovi eri sügavuselt, pindmine veeproov 1 m sügavuselt ja sügavam veeproov ca 1.5 m veekogu põhjast (veekogu sügavus ca 17 m).

¹³ Vastavalt LIFE CleanEst projekti veekvaliteedi töörühma arutelu 08.12.2020 põhjal täiendatud töökavale.

Lisaks Purtse jõe valgalale võeti võrdlusandmete saamiseks veeproovid ka Ahtme, Tammiku, Narva karjääri tranšee 13 iseveolsetest väljalaskmetest ja Rannapungerja jõest lisaku-Avinurme mnt juures. LIFE IP CleanEST projekti 2021.a. täiendava töö uuringupunktide paiknemine ja veeproovide üldistatud niklisaldused on toodud joonisel 2.

Kavandatud oli Aidu pinnaveekogude elustikus (kalad) metallide sisalduse täiendavate andmete kogumine juhul, kui karjäärialal olevatest eraldatud veekogudest õnnestub sobivat uuringumaterjali saada¹⁴. Varasemale 2020 aasta Aidu kalade proovile [20] saadi 2021 võrgupüügiga juurde siiski vaid üks proov.

Aidu veekogud on noored ja lisaks kaladele on vähe ladestunud setet ning veekogu iseloomustava setteproovi saamine osutus probleemseks. Töö käigus võeti Aidu uuringupunktist 10 üks setteproov toitainete ja raskmetallide analüüsiks.

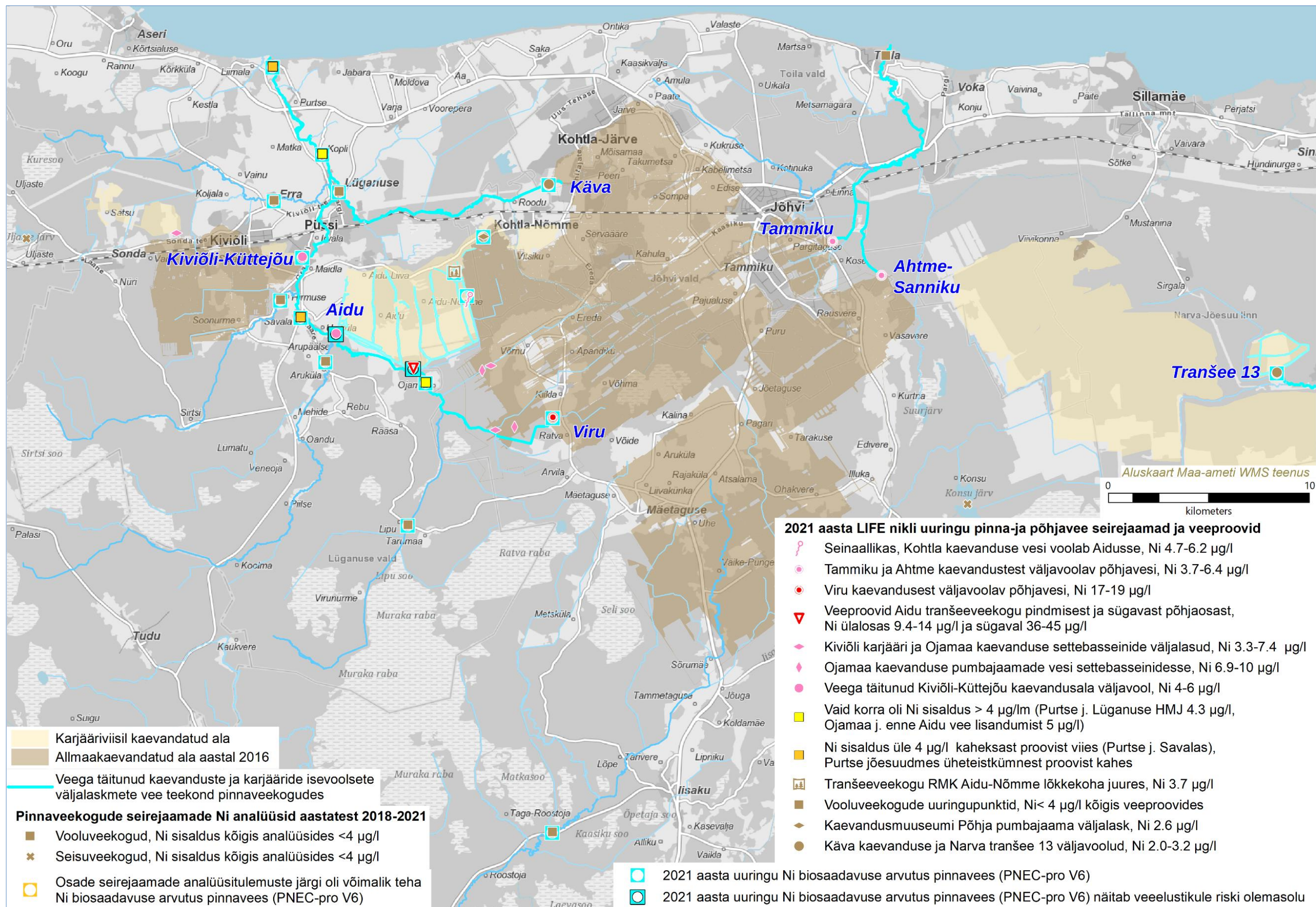
Mõõtmistel ja proovide võtmisel, säilitamisel ja käsitlemisel lähtuti keskkonnaministri 03.10.2019 määruses nr 49 „Proovivõtumeetodid“ (edaspidi määrus nr 49) toodud nõuetest. Veeproovid võeti EKUK spetsialistide poolt, kes on atesteeritud pinnaveest proovivõtmise valdkonnas vastavalt määruses nr 49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

Purtse jõe valgala veeproovikohtade kuukeskmiste vooluhulkade ja niklisalduste interpreteerimine mõõtmiste vahel nikli ärakande leidmiseks tehti analoogkõverate abil. Tavapäraste hüdrooloogiliste mudelite kasutamine suure põhjaveetoite osakaaluga (veega täitunud kaevanduste iseveolised väljalaskmed) alamvalgalade korral on keeruline¹⁵.

Kõik laborianalüüsid tehti 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 füüsikalise-keemiliste ja keemiliste parameetrite uuringuid teostavale katselaborile, nende uuringute raames tehtavatele analüüsidele ja katselabori tegevuse kvaliteedi tagamisele ning analüüsi referentmeetodid“ toodud nõuetega. Ahvenates määratud orgaaniliste ainete osas (vaata lisa 5) kasutati lisaks EKUK laborile välislaboreid Eurofins GfA Lab Service GmbH ja GALAB Laboratories GmbH.

¹⁴ varasemale Aidu kalade proovile saadi aastal 2021 juurde siiski vaid üks proov

¹⁵ Kiviõli karjääri väljalask (IV 148) ja Ojamaa kaevanduse väljalaskude (IV182 ja IV 199) veekogused (KOTKAS veekasutuse andmestik) võrreldes mõõdetud veekogustega näitasid küllalt suurte väljapumbatud veekoguste tagasi põhjavette sattumist. Eesvooludeks olevates veekogudes mõõdetud veekogused olid mõnikord väiksemad väljapumbatust, põhjuseks võib olla karstumine (Erra jõgi ja Ojamaa peakraavi ning Ratva oja paiknemine kaevandatud alal ja selle vahetus läheduses) ja oluline on ka viibeag vooluhulkade erinevuste põhjustajana.



Joonis 2. LIFE CleanEst projekti 2021 aasta täiendava nikliuuringu veeproovide võtmiskohtade paiknemine

3 Nikli sisaldused põhjavees

Eesti põhjaveekihides on nikli sisaldused reeglina väikesed, vaid Devoni veekihtides on teada sagedasemat põhjavee künnisarvu (10 µg/l) ja maismaa pinnaveekogude nikli ja selle ühendite aastakeskmise piirväärtuse (AA-EQS) 4 µg/l ületamised[17].

Põhjaveett uuritakse Eestis eeskätt joogiveeallikana ja sotsiaalministri 24.09.2019 määrus nr 61 nikli piirsisaldus joogivees on 20 µg/l. Joogivee piirsisalduse ületamisi on põhjavees teada vähe (3% nikli proovide koguarvust põhjavees)[17].

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

Ordoviitsiumi veekihi on Ida-Virumaal varasematest aastatest teada nikli kõrgemad sisaldused Kiviõli kaevanduse alal olevas puuraugu nr 4039 (12 µg/l, 07.05.1986), Tammiku kaevanduse kõrval Jõhvi puuraugu nr 2270 (5.4 µg/l, 17.06.1998) ning Ahtme kaevanduse kõrval tektoonilise rikke alal paiknevate puuraukude nr 19845, nr 19846 ja nr 19847 (10-46 µg/l, 11.05.2006) veeproovides.

Kuni 2021 aasta põhjaveeseire andmete saamiseni ei erinenud Aidu karjääri ja Viru kaevanduse ala toitva Ordoviitsiumi veekihtide vee nikli sisalduse vähene olemasolev teave Eesti keskmisest[17]. Saamaks täpsemat nikli taustasisalduste teavet lisati põhjaveekogumite 2021 aasta keemilise seisundi seiretöösse nikli analüüsid Ordoviitsiumi Ida-Viru (nr 6) ja Ordoviitsiumi Ida-Viru põlevkivibasseini (nr 7) põhjaveekogumite kõigist seirejaamadest.

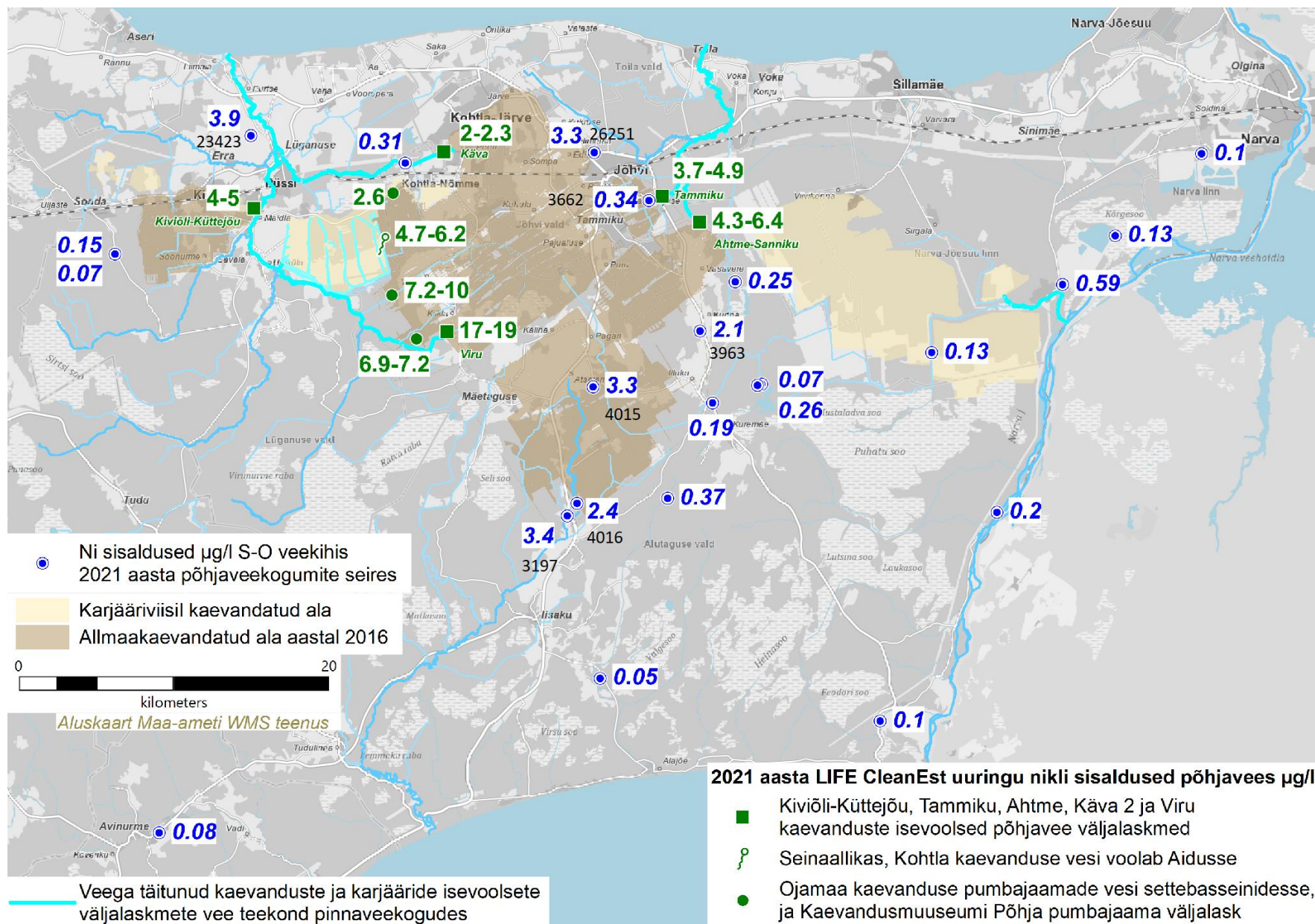
Ühes 2021 aasta LIFE IP CleanEST projekti raames tehtud analüüsidega saab nüüd piiritleda põhjavee kõrgemad nikli sisaldused Jõhvi kõrgustikul ja allmaakaevandatud alal (joonis 3).

Joonisel 3 toodud 2021. aastal analüüsitud nikli sisalduste üldpilt on kaevandamisest mõjutatud (sulfaadi sisalduse järgi). Joonisel toodud nikli sisalduste puhul tuleb arvestada põhjaveevoolu suunaga töötavate kaevanduste pool, veega täitunud kaevanduste puhul ka kaevandusest eemale.

Jõhvis olev seirepuurauk nr 26251 (Ni 3.3 mg/l, sulfaat 300 mg/l) on veega täitunud kaevanduse põhjavee väljavoolualal, Estonia kaevanduse lõunanurgas olevate seirepuuraukud nr 3197 (Ni 3.4 mg/l, sulfaat 330 mg/l, O₂kl-kk) ja nr 4016 (Ni 2.4 mg/l, sulfaat 370 mg/l, O₃nb-rk) paiknevad täna juba kaevandatud alal.

Estonia kaevanduse alal olev puurauk katastri nr 4015 (Ni 3.3 µg/l) avab kaevandatud ala peal O₂rk lubjakivides oleva veekihi kus sulfaat on 210 mg/l. Tammiku kaevanduse alal olev puurauk katastri nr 3662 (Ni 0.34 µg/l) avab kaevanduse all oleva O₂ls-kn veekihi, kus sulfaat on 180 mg/l.

Vaid seirekaevude nr 23423 (Ni 3.9 mg/l, sulfaat 60 mg/l) ja 3963 (Ni 2.1 mg/l, sulfaat 15 mg/l) nikli sisaldused viitavad enne kaevandamist Jõhvi kõrgustiku alal looduslikult kõrgema niklisisalduse võimalusele põhjavees.



Joonis 3. Nikkel Ordoviitsiumi Ida-Viru ja Ida-Viru põlvkivibasseini põhjaveekogumites 2021.

Nikli sisaldus põhjavees ületab keskkonnaministri 04.09.2019 määrus nr 39 künnisarvu (10 µg/l) ainult Viru kaevanduse väljavoolus (puuraugud¹⁶ katastri nr 58151 ja nr 58154, väljavool pole pidev, aastast pool aega on kuivad).

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.

Isevoolsest pinnaveekogudesse voolava kõrgeenenud nikli sisaldusega põhjavee puhul tähendab see vajadust hinnata riski pinnaveekogude vee-elustikule (sh, hinnata nikli biosaadavust vastavate mudelite abil).

Jõhvi kõrgustiku piirkonnas on mõningate veekihtide põhjavee looduslik nikli sisaldus kõrgem kui mujal Eesti Siluri-Ordoviitsiumi põhjavees, nikli sisaldused on vahemikus 2–4 µg/l.

Põlevkivi kaevandamise tulemusel muudetud keskkonnatingimustega kaasnevate looduslike protsesside tulemusel pääsevad kivimi mineraalides olevad nikliühendid liikuma. Töötavatest kaevandustes väljapumbatavas või veega täitunud kaevandustest isevoolselt väljavoolavas põhjavees on nikli sisaldused Jõhvi kõrgustiku taustakontsentratsioonist ligikaudu kaks korda kõrgemad.

Aidu karjäärialala veekogude vees olevad nikli kõrged sisaldused johtuvad kohtspetsiifilistest protsessidest vee all olevas tagasitäites¹⁷.

Tõenäoliselt toimuvad kivimist nikli vabanemist soodustavad protsessid Aidu karjääri korustamiseks kasutatud tagasitäite aherainetükkide pinnakihi, veega täitunud allmaakaevandustes kaevanduskäikude seintel ja kivimis tekkinud lõhedes.

4 Purtse valgala

Inimtegevusest on Purtse jõe veekvaliteeti läbi aegade enim mõjutanud kaevanduslik vesi ja põlevkiviõlitööstusest veekogudesse pääsenud reostus.

Kaevandusliku vee osakaal (põlevkivikaevanduste/karjäärade veeheide ja veega täitunud kaevanduste/karjäärade isevoolsete väljalaskmete põhjavesi) Purtse jõe aastakeskmisest äravoolust aastatel 1990–2007 on olnud 40–60%, olles suurim hüdroloogiliselt veevaestel aastatel[24].

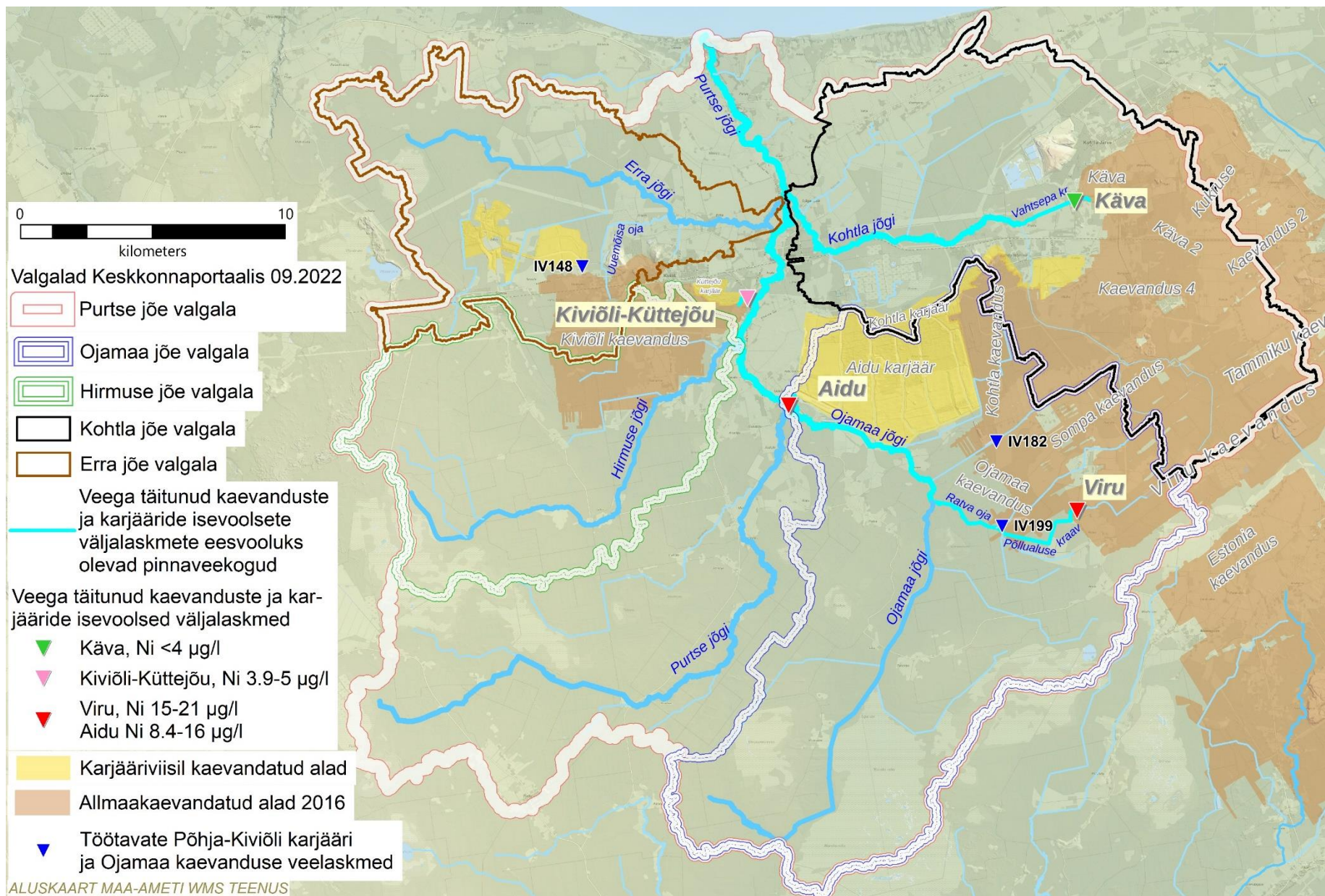
Kaevandamise ja põlevkiviõlitööstusega mitteseotud heitveelaskmete osa on Purtse jõe valgala sedavõrd väike, et ei mõjuta oluliselt veekvaliteeti¹⁸[24].

Viru kaevanduse Ratva puuraukudest välja voolav ja suure vooluhulgaga Aidu, Kiviõli-Küttejõu ja Käva isevoolsete väljalaskmete vesi ühes töötavate kaevanduste kaevandusveega (IV148, IV182 ja IV199) jõuab Purtse jõe valgala jõgedesse (joonis 4).

¹⁶ <https://www.facebook.com/ratvakahenoiaekav/>

¹⁷ Teavet tagasitäite platoode keskel moodustunud põhjavee nikli sisaldustest pole, selge pole ka bioloogiliste protsesside osa nikli mobiilsuse suurenemises.

¹⁸ Moodustas aastal 2006 Purtse jõe vooluhulgast (Lüganuse HMI) 0.3%.

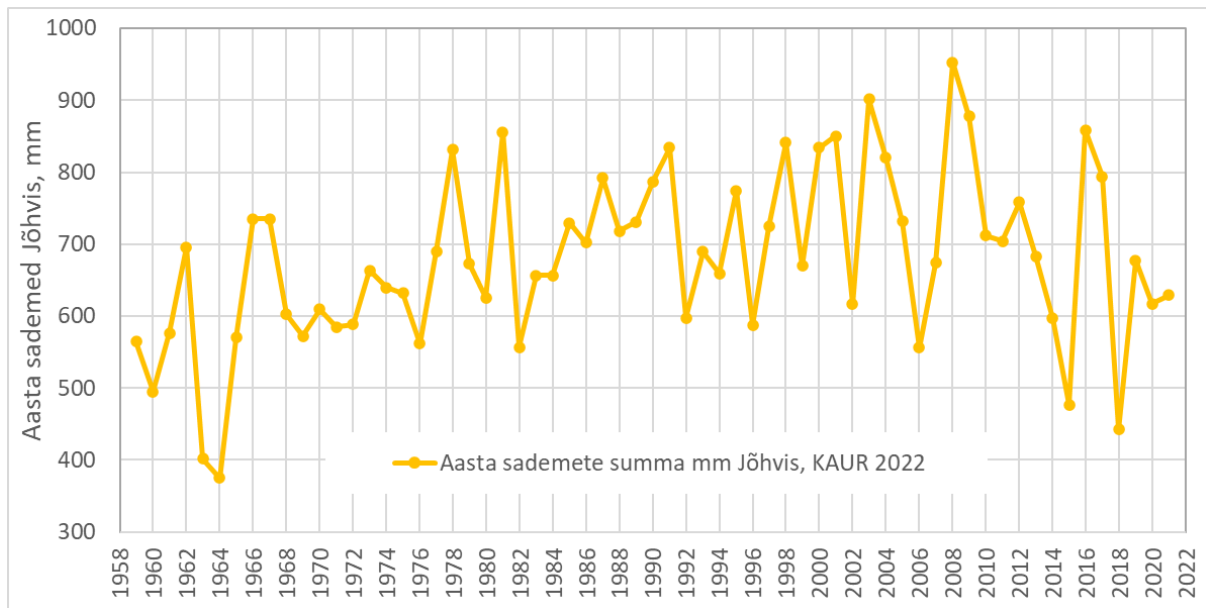


Joonis 4. Purtse ja selle lisajõgede valgalad, keskkonnaportaalis 09.2022.

4.1 Purtse jõe vooluhulk ja põlevkivi kaevandamise mõju

Purtse jõe tegelik valgala on tõenäoliselt veidi erinev (alla 5%) maapinnareljeefi järgselt valgast johtuvalt põlevkivi allmaakaevandamisest. Kaevanduse vesi võib liikuda või juhitakse ka teise valgasse ja muutused vee liikumises toimuvad aja jooksul kaevandamise edasiliikumisel.

Ilmekat seost Purtse jõe aastakeskmiste vooluhulkade ja valgala kaevanduste avamise/sulgemise vahel näha ei ole (joonis 6). Lisaks valgala muutustele võib pikaajalises vaates täheldatav Purtse jõe aastakeskmise vooluhulga väike ($0.1\text{--}0.2\text{ m}^3/\text{s}$) suurenemine olla tingitud ka sademete hulga kasvust (joonis 5). Seega pole allmaakaevandamisest johtuv Purtse jõe valgala piiride muutus sedavõrd suur, et väljenduks ilmekalt aastakeskmises äravoolus jõesuudmes.



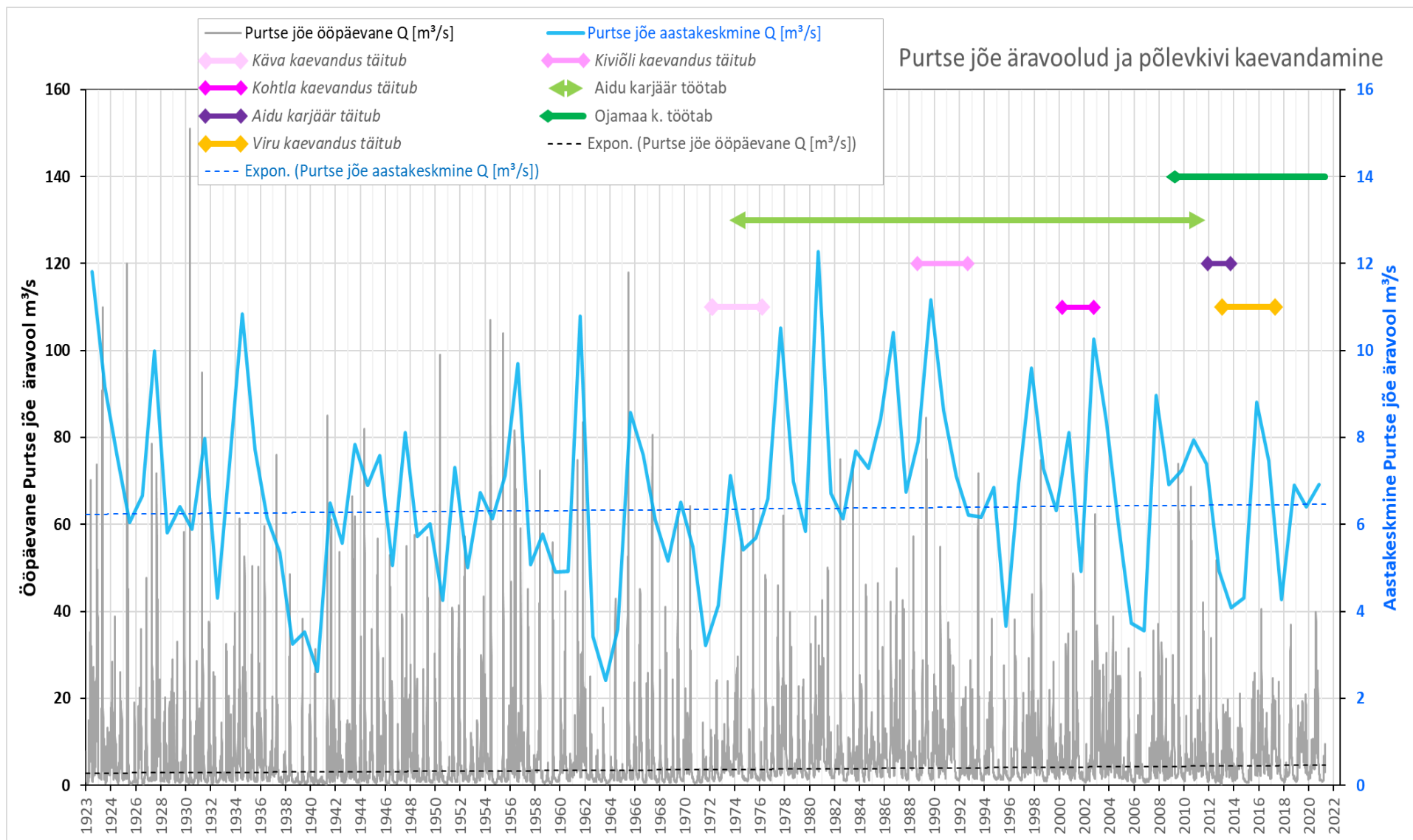
Joonis 5. Sademed Jõhvis, KAUR 2022

Veega täitunud kaevanduste isevoolsete väljalaskmete ja töötavatest kaevandustest väljapumbatav põhjavegi mõjutab eeskätt Purtse jõe aastasiseseid vooluhulki ja veekvaliteeti [24]. Põlevkivikaevanduste mõjuga saab Purtse jõe valgala seostada maksimumvooluhulkade vähenemist (joonis 6) ja miinimumvooluhulkade kasvu.

Pärast kaevandustööde laienemist ja kaevandusvee juhtimist Purtse valgale on jõe vooluhulga aastasisene ebaühtlus alates 1972. aastast oluliselt vähenenud [16].

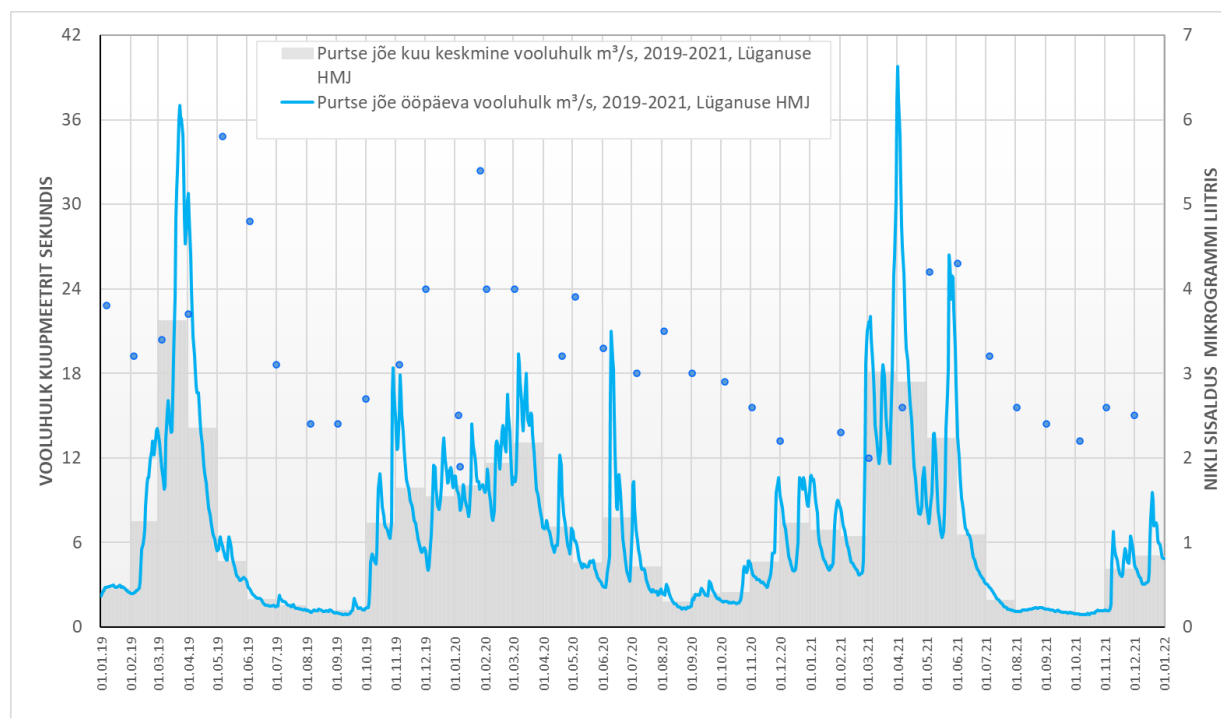
Purtse jõe valgala olevate ammendatud põlevkivikaevanduste ja -karjäärade veega täitumisperioodidele (joonis 6) on valdavalt iseloomulikud väiksemad Purtse jõe aastakeskmised äravoolud, kuid see sõltub hüdroloogilisest aastast¹⁹ ja veega täituva kaevandusala suurusel.

¹⁹ Üldreeglina toimub hüdroloogiliselt veerikkal aastal ka hea põhjavegi täienemine, kuid on ka olukordi kus põhjavegi jaoks on aasta veerikas, kuid see ei väljendu pinnavegi äravoolus.



Joonis 6. Purtse vooluhulk (Q) Lüganeuse HMJ (Keskkonnaagentuuri andmed) ja kaevanduste veega täitumise ja töötamise perioodid.

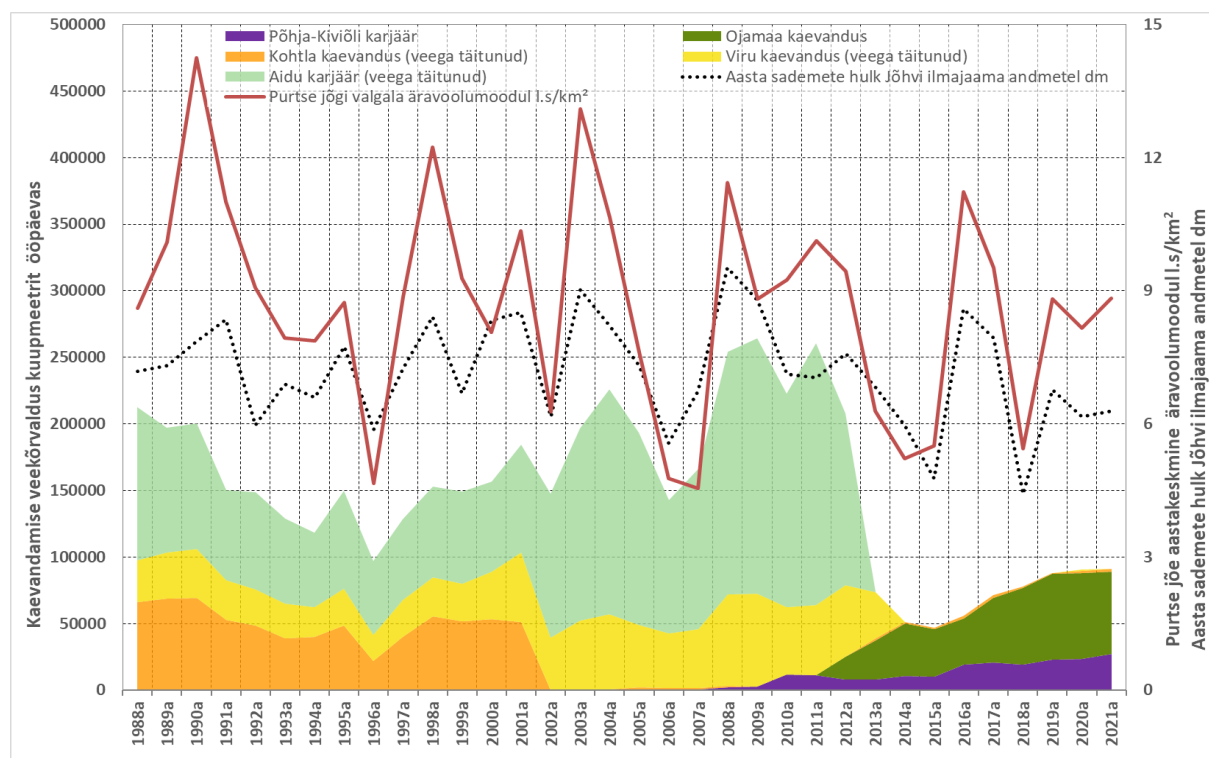
Käesoleva nikli probleemistiku kajastamise seisukohast iseloomulikud Purtse jõe vooluhulgad aastatel 2019–2021 ja nikli sisaldused on toodud joonisel 7.



Joonis 7. Purtse jõe ööpäevased ning kuukeskmised vooluhulgad ja nikli sisaldus.

Põlevkivikaevanduste ja -karjääride poolt väljapumbatud veekogused kajastavad hästi külgnevatest kaevandustest nende veega täitumise järel lisanduva põhjavee mõju.

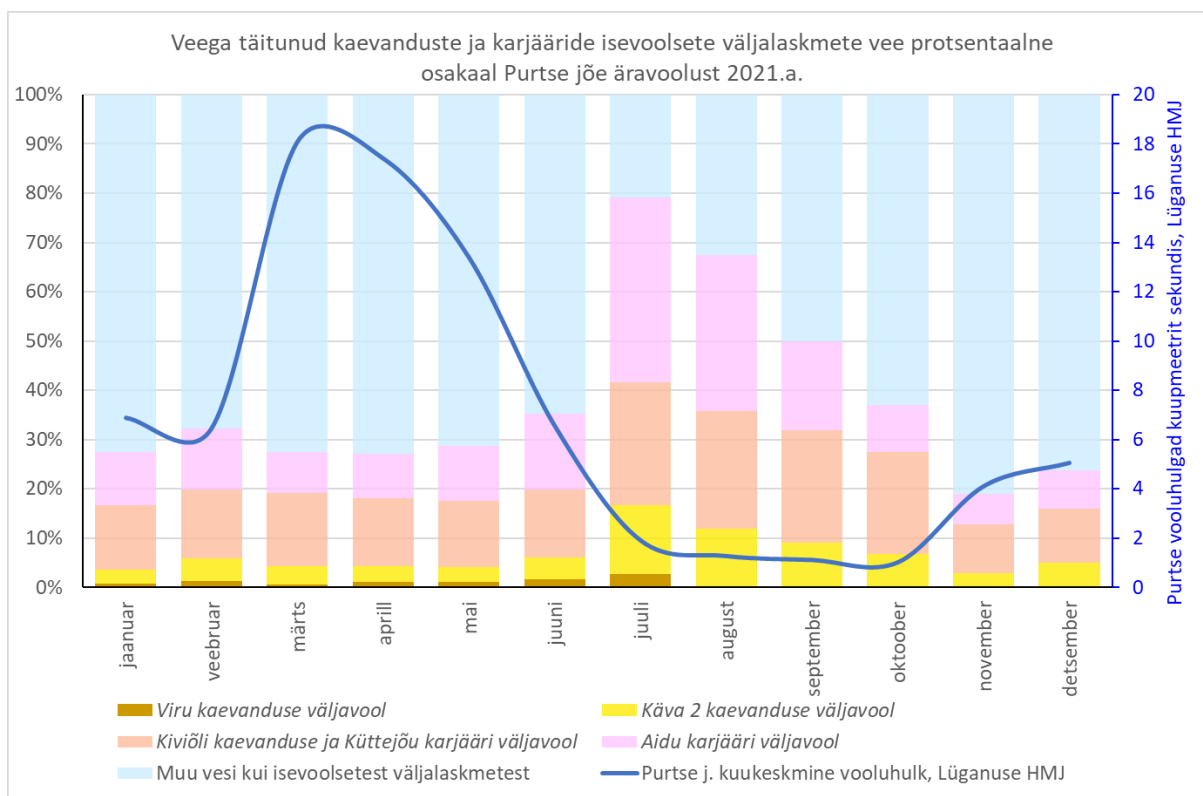
Aastatel 2000–2001 suleti Kohtla, Tammiku, Sompä ja Ahtme kaevandused ning vee väljapumpamine külgnevatest Aidu karjäärist ja Viru²⁰ kaevandusest suurenes märgatavalt (joonis 8).



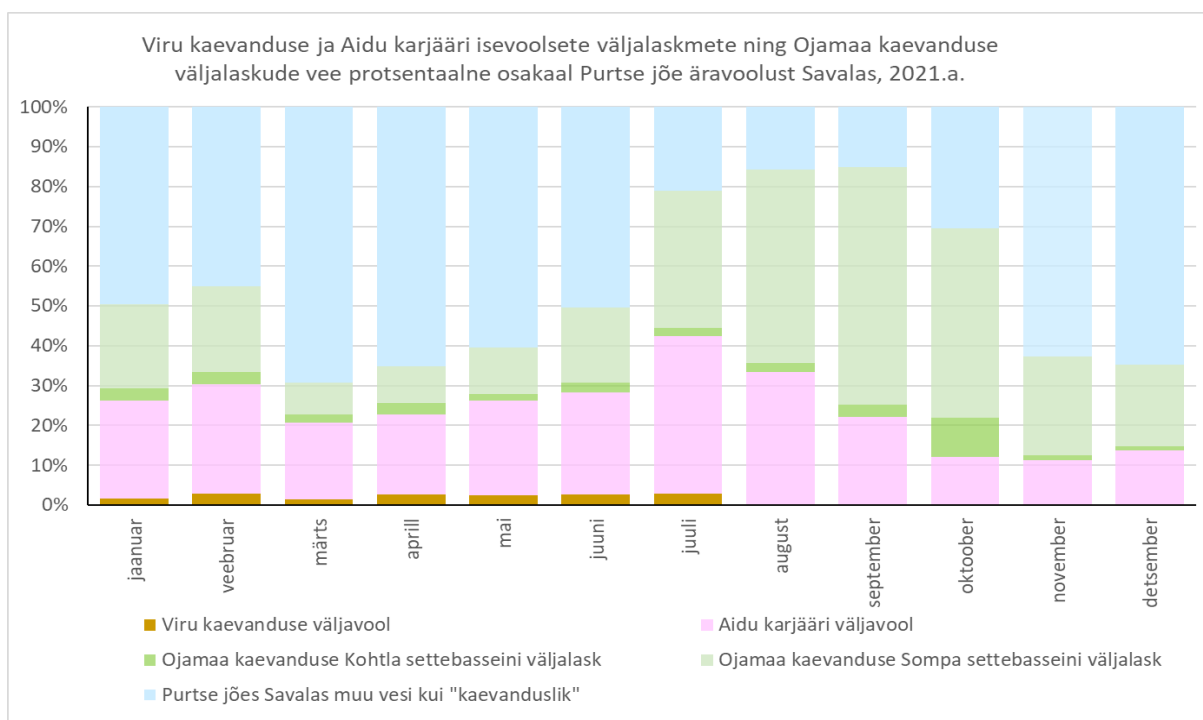
Joonis 8. Kaevandustest väljapumbatud veekogused Purtse jõe valgatal 1988–2021.

²⁰ Viru kaevanduse töötamisajal suunati suur osa väljapumbatud veest Raudi kanaliga Mustajõe valgatalasse.

Aasta 2021 sademete vaesel ajal (juulis) moodustas Purtse jõe vooluhulgast ligi 80 protsenti kaevandatud ala isevoolsete väljalaskmete vesi (joonis 9). Purtse jõelõigul Savalas oli kaevandusliku vee (Aidu ja Viru isevoolsete väljalaskmete ning Ojamaa kaevandusest väljapumbatav vesi) osakaal aastaringiselt kõrge (joonis 10).



Joonis 9. Veega täitunud kaevanduste ja karjääride isevoolsete väljalaskmete vee osakaal Purtse jõe suudmes 2021. aastal.



Joonis 10. Aidu ja Viru isevoolsete väljalaskmete ning Ojamaa kaevandusest väljapumbatava vee osakaal Purtse jõe äravoolus Savalas 2021. aastal.

Ajaperioodil 2019–2021 ulatus kaevandusliku vee osakaal Purtse jõe aasta äravoolust kuni 50 protsendini ja aasta siseselt (kuude kaupa) on kaevandusliku vee osakaal Purtse jões 20–80%.

Mida suurem on kaevandatud põlevkiviala Purtse jõe valgala, seda kõrgem on jõevees olnud sulfaatide kontsentratsioon. Kaevanduste/karjäärade sulgemise järgselt peaks sulfaatide kontsentratsioon Purtse jões ajapikku vähenema, kuid tingituna iseoolsete väljalaskmete vee suurest osakaalust, jääb see kordades kõrgemaks võrreldes kaevandamise eelse ajaga.

Purtsele jõe võrdluseks võeti käesolevas uuringus kolm veeproovi Estonia kaevandusvee mõju all oleva Rannapungerja jõe lisaku-Avinurme mnt (Roostoja) lävendist. Nikli sisaldused jäid vahemikku 1.5–1.9 µg/l ja kaevandusvee mõju kajastav sulfaatide sisaldus 82–230 mg/l oli oluliselt madalam kui Purtses jões. Rannapungerja jões Estonia kaevandusvee osakaalu ja mõju vähenemine on olnud jälgitav ülemjooksult allavoolu [31] ja kaevandusvett iseloomustavad näitajad (Ca, Mg, SO₄, elektrijuhtivus) on kõrgemad vooluhulga miinimumperioodidel kui kaevandusvee (põhjavesi) osakaal on suurem.

Purtse jõe aastakeskmises vooluhulgas 1923–2021 valgala toimuvast põlevkivi kaevandamisest johtuvaid olulisi muutusi pole näha. Aja jooksul on kaevandamisala pindala Purtse jõe valgala küll suurenenud, kuid jõe aastakeskmise vooluhulk on määratud valgala suuruse ja sademetega. Pikaajalises vaates saab põlevkivikaevanduste mõjuga seostada Purtse jõe tipuvooluhulkade vähenemist ja miinimumvooluhulkade kasvu.

Kaevandusliku vee²¹ osakaal moodustab poole Purtse jõe äravoolust. See on suurem hüdroloogiliselt veevaestel aastatel, aastasiseselt miinimumvooluhulkade perioodil, siis on kaevandusliku vee kvaliteet määrav Purtse jõe veekvaliteedile.

²¹ Põlevkivikaevanduste/karjäärade veeheide ja veega täitunud kaevanduste/karjäärade ise-voolsete väljalaskmete vesi.

4.2 Nikli sisaldused ja koormus Purtse jõe valgala pinna- ja kaevandusvees

Nikli ja selle ühendite sisaldused pole Eesti vooluveekogude vees tavaliselt probleemiks. Lisaks Purtse jõeale on nikkel ja selle ühendid olnud üle 4 µg/l Ida-Virumaal Ojamaa jões, Pühajões, Narva jões ja Vaivara ohtlike jäätmete käitluskeskuse juures oleva kraavis ning Harjumaal Kroodi ojas.

Purtse jõe valgala on keskkonnaseire infosüsteemi KESE järgi teada nikli sisaldusi üle 4 µg/l ka mõnedes Purtse lisajõgedes (Kohtla jõgi, Ojamaa jõgi, Ojamaa kraav ning Erra jõgi) [17]. Kõik need kohad on olulise inimtegevuse mõjuga veekeskkonnale.

Jõgede hüdrokeemilise seire ja teiste uuringute käigus Purtse jõest võetud veeproovide nikli sisalduse analüüside järgi oli pinnavee nikli ja selle ühendite aastakeskmine piirväärtus 4 µg/l Purtse jões ületatud aastatel 2012 (4.4 µg/l), 2016 (4.1 µg/l) ja 2017 (4.3 µg/l) [17].

Viimastel aastatel on nikli sisaldused Purtse jõe suudmes enamasti alla 4 µg/l ja kõrgemaid nikli sisaldusi jõevees on saadud eeskätt jõelõikudel, kus kaevandusliku vee²² osakaal on suurem (nt, Purtse jõgi Savalas peale Ojamaa jõe lisandumist, vt ka joonis 11).

Joonistel 2, 11 ja 12 eristuvad selgelt Ojamaa ja Purtse jõgede madalate niklisisaldustega ülemjooksud, mis on kaevandusliku veeta.

Nikli sisaldused on madalad ka Hirmuse jões, kuhu veega täitunud Kiviõli kaevanduse vesi võib jõuda vaid kõrgveeperioodil. Kiviõli kaevanduse kraavis (VEE1070100) enamasti vett pole, suurvee ja sademete järgselt Hirmuse jões voolav vesi kajastab pigem metsakuivendust. Aastal 2009 tehtud mõõtmiste järgi neeldub osa Hirmuse jõe veest Kiviõli kaevandusse (20.05.2009 ca 77 l/s kolme kilomeetrisel lõigul²³[21]).

Põlevkivi kaevandamisega seotud keskkonnalubade nõuetes pole väljalaskmete vees Ni analüüse seni vajalikuks peetud. Ida-Virumaa heitveelaskmetes on varasemast ajast leitud nikli sisaldusi >4 µg/l peamiselt Uikala prügila väljalaskmes [17], keskkonnaministri 08.11.2019 määrus nr 61²⁴ Ni piirarv 34 µg/l pole ületatud.

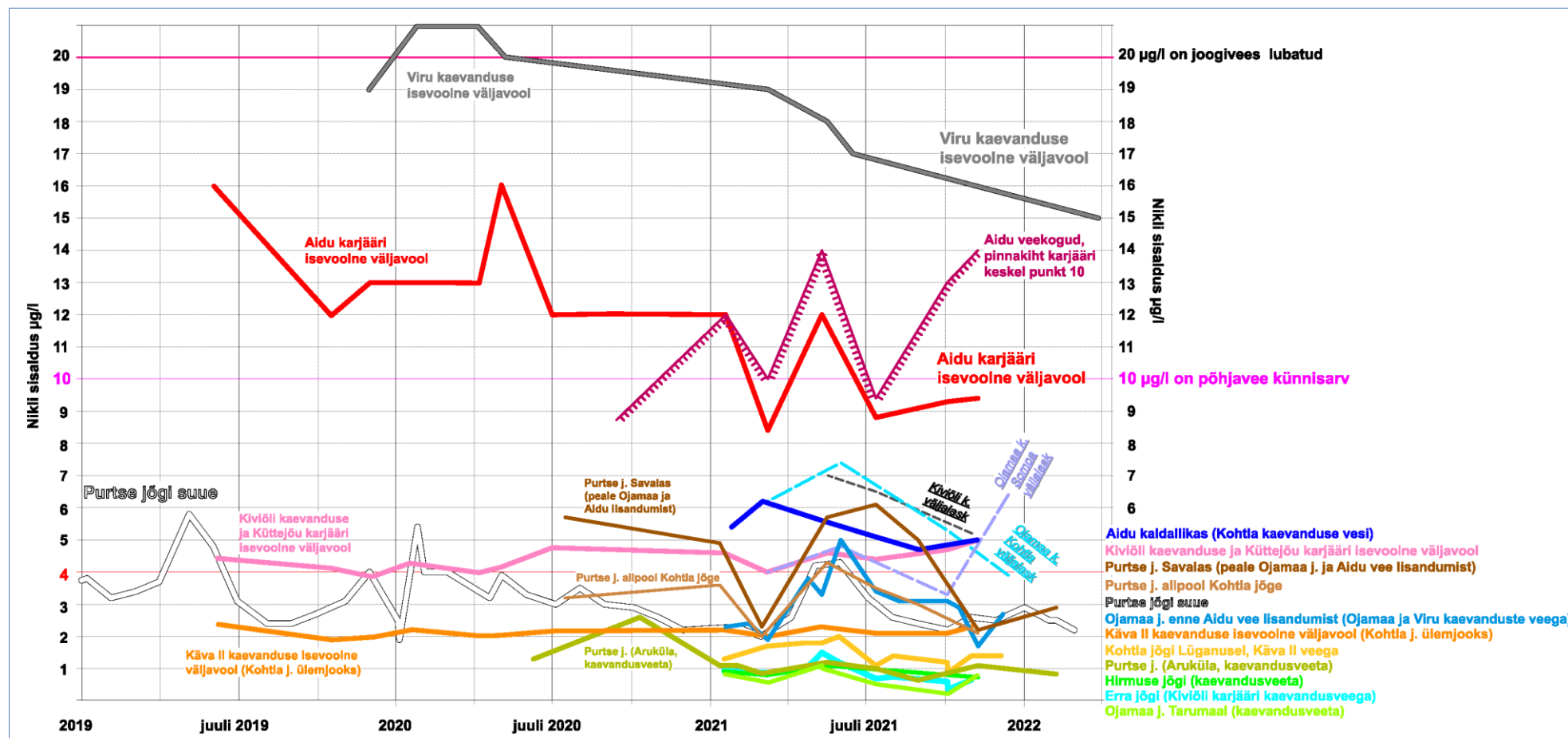
Arvestades Kiviõli karjäärist väljapumbatavas vees nikli sisaldusi >4 µg/l ja heitveekoguseid (tabel 2), oli mõnevõrra üllatav nikli madal sisaldus Erra jõe alamjooksul Erra asulas (ülalpool Uhaku karstiaala). Tõenäoliselt on see tingitud kaevandusvee neeldumisest põhjavette kraavides ja jões ülesvoolu Erra asulat ning oma osa võib olla ka vee viibeajal. Näiteks oli 14.07.2021 Kiviõli karjääri väljalaskmest IV148 võetud veeproovis nikli sisaldus 6.5 µg/l ja juulikuu keskmine väljalaskme IV148 veeheide 143 l/s, Erra asulas 14.07.2021 oli jõevee nikli sisaldus 0.69 µg/l ja vooluhulk vaid 12 l/s. Taolist kaevandusvee heitveelaskmete kuukeskmiste ja mõõdetud vooluhulkade olulist erinevust võis täheldada ka Ojamaa jões.

Hoolimata Kiviõli karjääri niklikoormusest Erra jõkke, osutus Erra jõe niklikoormus Purtse jõeale võrreldavaks nn looduslike jõgedega, tõenäoliselt jõuab Kiviõli karjääri niklikoormus Purtse jõkke põhjavee väljavooluna.

²² Põlevkivikaevanduste/karjääride veeheide ja veega täitunud kaevanduste/karjääride isevoolsete väljalaskmete põhjavesi

²³ Vooluhulk Hirmuse jõe ülemises mõõtepunktis nr 14 91/l/s, keskmises nr 13 42 l/s ja alumises nr 12 14/l/s enne Purtsesse suubumist.

²⁴ Nõuded reovee puhastamise ning heit-, sademe-, kaevandus-, karjääri- ja jahutusvee suublasse juhtimise kohta, nõuetele vastavuse hindamise meetmed ning saasteainesisalduse piirväärtused.



Joonis 11. Nikli sisalduse muutused Purtse jõe valgala alates aastast 2019.

Vaadeldes Ojamaa kaevanduse Kohtla (IV182) ja Sompä (IV199) settebasseinide väljalaske ühes sissevoolava põhjavee veekeemia andmetega (tabel 2), võib täheldada mõningast nikli sisalduse vähenemist vee väljumisel settebasseinidest.

Nikli sisalduse mõningane vähenemine peale settebasseini saab olla tingitud nikli sadenemisest ühes heljumiga settebasseinides. Vähenemist väljalasus võis mõjutada ka settebasseini vee suur viibeaeg (väljavoolav vesi on kuni päeva vanem kui sissevoolav) ning sellest johtuv määramatus.

Tabel 2. Kaevanduste väljalaskudes ja settebasseinide sissevooludes analüüsitud iseloomulikud raskmetallide ja veekeemia andmed ning mõõdetud või arvestuslikud veehulgad

Kaevandus	Proovivõtu koht, aasta-keskmise* vooluhulk l/s	Kuupäev	Ni µg/l	As µg/l	Hg µg/l	Ba µg/l	pH	Ca mg/l	Mg mg/l	SO ₄ mg/l	Cl mg/l	Vooluhulk l/s
Kaevandusmuuseum	POH0000158, 24.3 l/s*	12.05.2021	2.6	0.15	<0.005	24	7.5	200	40	360	11	51**
Kiviõli karjääri settebassein	väljalask IV148, 297 l/s* Pumpla POH0023986, 315 l/s*	19.05.2021	7.0	0.40	<0.005	150	8	210	18	330	6.1	437**
		14.07.2021	6.5	0.52	<0.005	140	7.9	180	32	250	52	143**
		03.11.2021	5.2	0.40	<0.005	170		190	38	350	6.3	211**
Ojamaa kaevandus	POH0021967, 86 l/s*	04.03.2021	7.2	0.23	<0.005	39	7.7	170	57	330	8.0	
	väljalask IV182, 75 l/s*	10.03.2021	6.2	0.13	<0.005	31	8.1	150	33	360	9.8	220/123**
	POH0021967, 86 l/s**	03.06.2021	10.0	0.70	<0.005	84	7.7	140	39	240	6.6	
Kohtla settebassein	väljalask IV182, 75 l/s*	03.06.2021	7.4	0.22	0.012	46	7.6	150	57	310	6.6	102**
	väljalask IV182, 75 l/s*	05.10.2021	5.3	0.19	<0.005	58	8	150	77	410	8.3	148/22*
	väljalask IV182, 75 l/s*	15.12.2021	3.9	0.25	<0.005	93	8	160	41	330	6.8	26*
Ojamaa kaevandus	POH0023985, 629 l/s*	04.03.2021	6.9	0.51	<0.005	85	7.7	180	54	350	7.9	
	väljalask IV199, 629 l/s*	10.03.2021	4.0	0.15	<0.005	94	8.4	130	18	360	8.1	459/703**
	POH0023985, 629 l/s*	03.06.2021	7.2	0.34	<0.005	82	7.7	180	58	410	7.5	
Sompä settebassein	väljalask IV199, 629 l/s*	03.06.2021	4.8	0.22	<0.005	110	7.7	140	73	360	6.4	732**
	väljalask IV199, 629 l/s*	05.10.2021	3.3	0.21	<0.005	120	8.1	120	69	350	6.1	224/526**
	väljalask IV199, 629 l/s*	15.12.2021	6.4	0.26	<0.005	50	7.9	160	60	360	8.2	594**

*Aastakeskmise vooluhulk veeproovi kuul on ettevõtte veearuandluse järgi, KOTKAS

** Kuukeskmise vooluhulk veeproovi kuul on ettevõtte veearuandluse järgi, KOTKAS

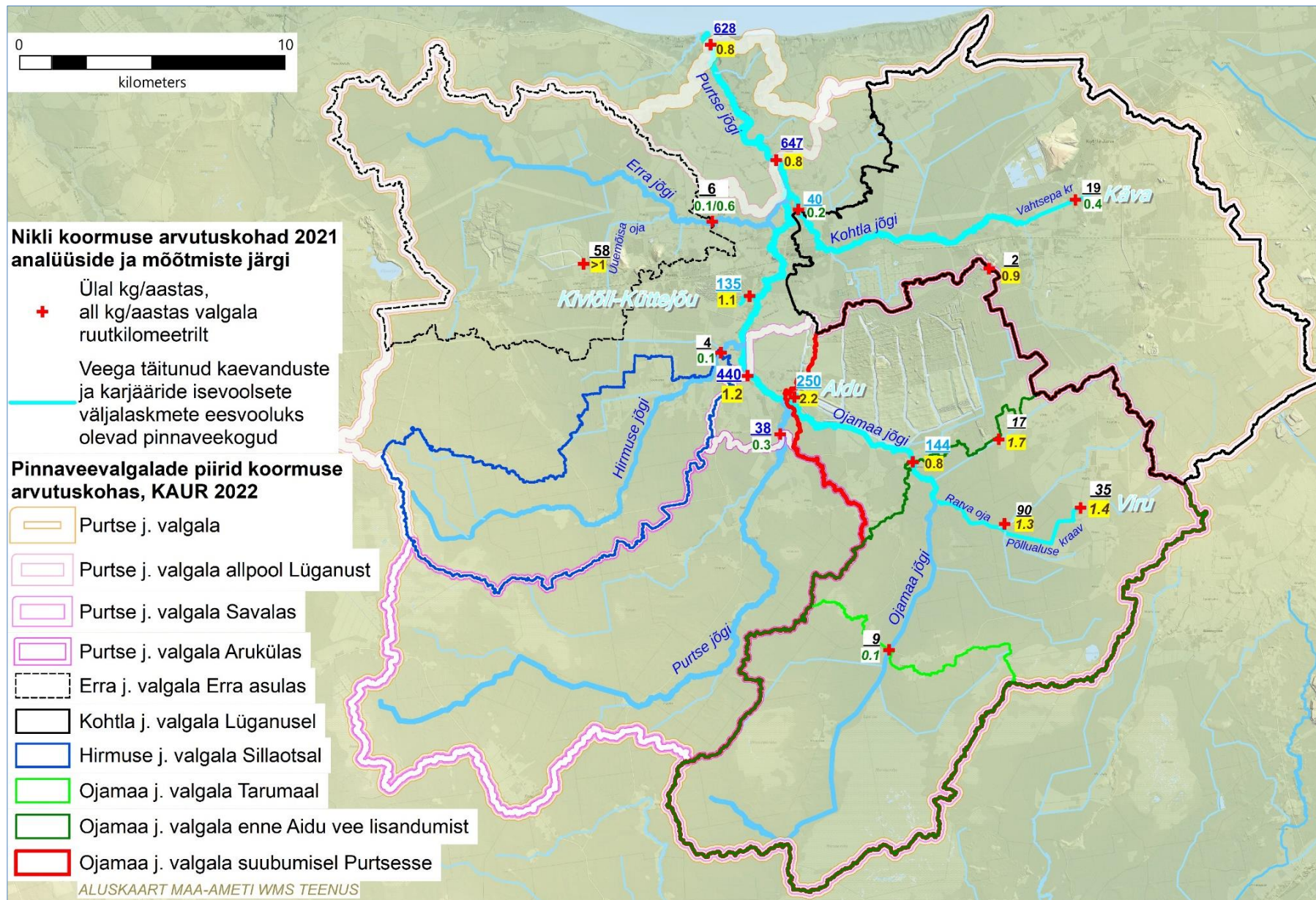
Tuginedes nikli ärakannetele (joonis 12), on Purtse jõe valgala selgelt näha nikli koormuste seos kaevandatud või kaevandamisel olevate aladega. Neil aladel on nikli ärakanne valgala ruutkilomeetritelt kordades suurem võrreldes kaevandamata aladega.

Üldisest kaevandatud alade kõrgest nikli ärakandest (≈ 1 kg aastas ruutkilomeetrilt) erinevad silmapaistvalt Käva (vaid 0.4 kg Ni ruutkilomeetrilt aastas) ja Aidu (2.2 kg Ni ruutkilomeetrilt aastas) iseoolsete väljalaskmete poolt iseloomustatavad alad.

Väiksem niklikoormus Kävas võib olla põhjustatud asjaolust, et tegemist on vähem sügavate ja kõige vanemate (enam kui 50 aastat) veega täitunud kaevandustega.

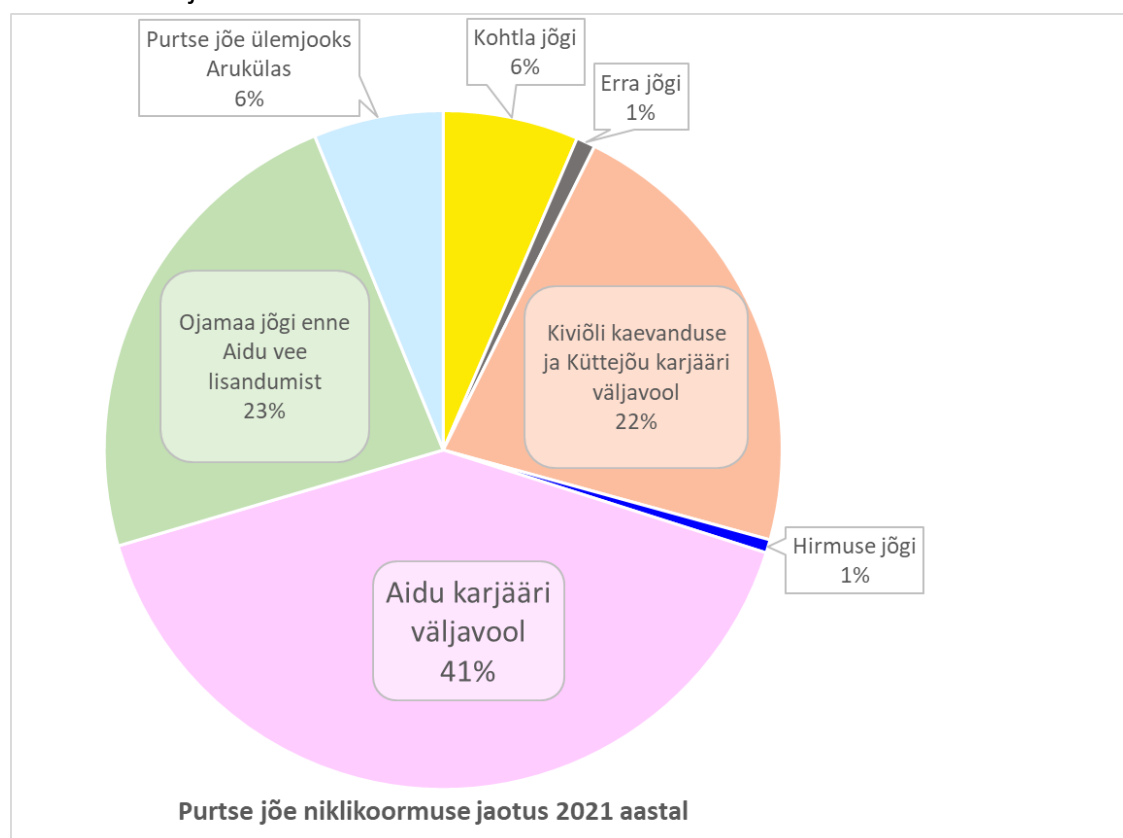
Aidu karjäärialal puhul on teada, et nikli sisaldus tagasitõite puistanguid drenivates tranšeeveekogude sügavamates kihtides on kordades kõrgem kui väljavoolus ja väljavoolu veest pool pärineb Kohtla kaevandusest, kus põhjavee nikli sisaldus on kaks korda väiksem kui Aidu väljavoolus [17, 18, 19].

Seega saab Aidu kõrgeid niklisisaldusi ja koormust seostada vaid karjäärialal praegu toimuvate protsessidega, mis muudavad nikli mobiilseks.

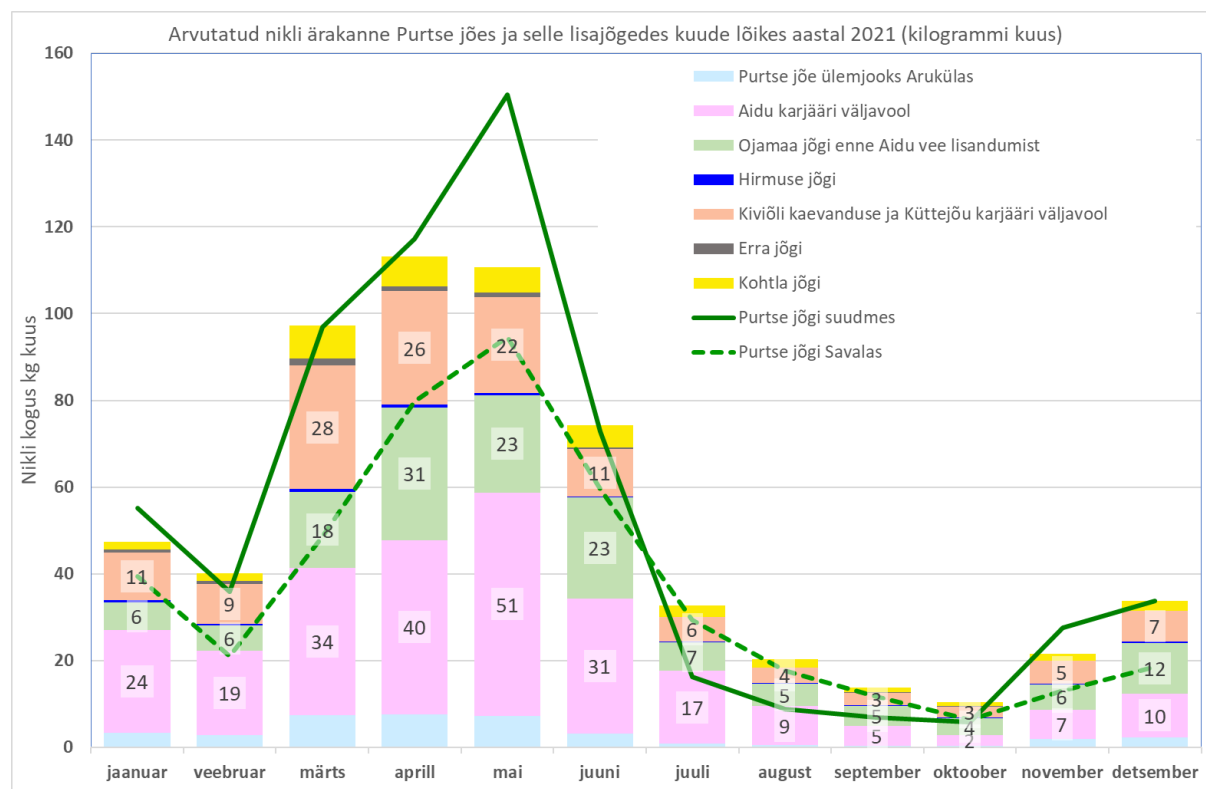


Joonis 12. Nikli koormus Purtsse jõe valgala 2021 aasta uuringu arvutuskohades.

Purtse jõe aastakeskmisest niklikoormusest (joonis 13) ligi 90% pärineb põlevkivi kaevandamise alade töötavate karjääride/kaevanduste ja veega täitunud kaevanduste/karjääride isevoolsetest väljalaskmetest.



Joonis 13. Purtse jõe niklikoormuse jaotus 2021 aastal.



Joonis 14. Nikli äraanne Purtse jõe valgala pinnaveekogudes kuude kaupa aastal 2021.

Ka kuude lõikes (joonis 14) on näha, et Aidu ja Kiviõli-Küttejõu isevoolsed väljalaskmed ühes Ojamaa alamjooksu niklikoormusega (Ojamaa ja Viru kaevandustest) olid peamised nikliallikad Purtse jõe 2021 aasta nikli ärakandes.

Arvestama peab taoliste bilansiarvutuste paratamatu ebatäpsusega (hinnanguliselt 10–20 %) ja välistada ei saa, et vähesel määral võivad nikli ühendid ladestuda ka põhjasetetesse (vt Ojamaa kaevanduse settebasseinid tabelis 2).

Vaid kaevandustest mõjutatud veekogudes on Purtse jõe valgala täheldatav nikli sisaldus üle 4 µg/l.

Purtse jõe valgala kaevandatud aladelt on nikli ärakanne valgala ruutkilomeetrilt kordades suurem võrdluses kaevandamata aladega.

Aidu isevoolse väljalaskme kõrgeid niklisisaldusi ja -koormust saab seostada vaid karjäärialal praegu toimuvate protsessidega, mis muudavad nikli liikuvaks.

Hindamaks nikli ja selle ühendite sisalduse (> 4 µg/l) mõju vee-elustikule on vaja kasutada biosaadavuse mudeleid, sest nikli biosaadavuse arvestamata jätmise tõttu saadav halb veekogumi seisundihinnang võib põhjustada mittevajalike kulukate meetmete rakendamist.

5 Nikli ja selle ühendite biosaadavus

Pole teada mis ühendi kujul nikkel vaadeldud veekogudes, kaevandusvees ja isevoolsete väljalaskmete vees. Nikli ja teise metallide puhul oleneb nende mõju organismidele sellest, millise ühendi kujul metall keskkonnas on, sest eri ühendite mõjud organismidele on erinevad.

Nikli ja selle ühendite biosaadavuse hindamiseks tuleb arvestada näitajatega, mis mõjutavad metallide biosaadavust veeorganismidel. Veeproovi Ni laboritulemus 4 µg/l ilma biosaadavust arvesse võtmata tähendaks olukorda, et kogu analüüsitud metallikogus on hinnatud biosaadavaks veekogu seisundi hindamise võtmes.

Juhul, kui vees analüüsitud nikli kogus on suurem kui biosaadavuse mudeliga modelleeritud nikli kontsentratsioon, mille juures eeldatavalt puudub kahjulik ökotoksikoloogiline efekt (HCH5), uuritakse ja võetakse arvesse täiendavaid kohalikke tegureid, mis võivad mõjutada niklist johtuvat riski vee-elustikule.

Nikli ja selle ühendite puhul täheldatakse suurt biosaadavust suhteliselt kõrge pH, madala kareduse (Ca, Mg) ja madala lahustunud orgaanilise süsinikuga (DOC) vetes.

Üldised suundumused nikli ja selle ühendite biosaadavuse arvutustel on Hollandi *PNEC-pro V6*, <http://www.pnec-pro.com/> biosaadavuse mudeli järgi:

- kui pH ↑, toksilisus ↑;
- karedus (Mg²⁺) ↑, toksilisus ↓;
- kui DOC ↑, toksilisus ↓;

Raskmetallide biosaadavuse arvutusmudelid annavad metallide kontsentratsioonid, millede juures eeldatavalt puudub kahjulik efekt (HCH5). Taolisi veetüübispetsiifilisi kohalikke raskmetallide biosaadavuse väärtusi saab kasutada veekogu vastavuskontrolliks riskihinnangutes.

Veeproovis analüüsitulemuse nikli kontsentratsioonist saadakse biosaadava nikli sisaldus valemiga:

$$\text{Biosaadav Ni} = \text{analüüsi Ni} \times \frac{\text{EQS}_{\text{biosaadav}}(\text{see on 4 } \mu\text{g liitris})}{\text{arvutatud kahjuliku efektita kontsentratsioon (HCH5)}}$$

Käesolevas töös kasutati nikli ja selle ühendite biosaadavuse hindamiseks kahte mudelit:

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

Arvestada tuleb, et kasutatud biosaadavuse mudelid pole kohandatud väga suure karedusega (~ 10 mg-ekv/l ja rohkem) veega veekogudele, kus on ka teisi olulisi biosaadavust mõjutada võivaid komponente nagu sulfaadid. Näiteks ei muutu Bio-met 5.0 mudeli järgne nikli ja selle ühendite biosaadavus, kui vee Ca sisaldus on üle 88 mg/l. Kaltsiumi sisaldused 88 mg/l ja 880 mg/l annavad Bio-met 5.0 mudelis ühe ja sama tulemuse. Käesolevas töös vaadeldud väljalaskmetes ja kaevandusliku vee²⁵ mõju all olevates veekogudes jääb Ca sisaldus valdavalt vahemikku 100–200 mg/l.

Bio-met 5.0 ja PNEC-pro V6 biosaadavuse mudelite järgsed nikli ja selle ühendite biosaadavuse graafikud võrreldes analüüsitud nikli sisaldustega on esitatud joonisel 15 (andmed vaata Lisa

²⁵ Põlevkivikaevanduste/karjäärade veeheide ja veega täitunud kaevanduste/karjäärade isevoolsete väljalaskmete vesi.

2 Biosaadavuse mudelite tulemused.xlsx). Kasutatud biosaadavuse mudelite tulemused on toodud käesoleva aruande lisades Lisa 3 ja Lisa 4.

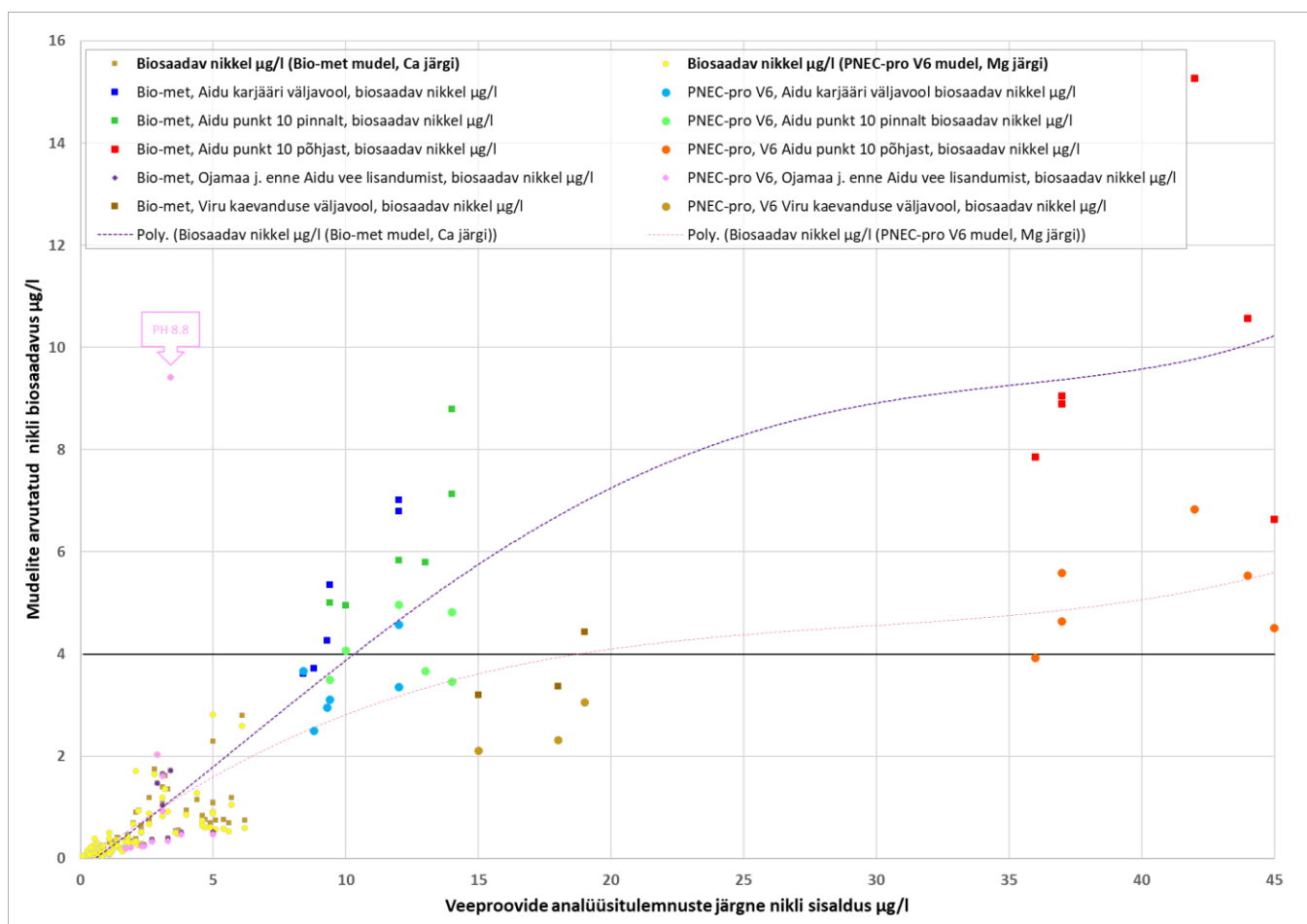
Võrreldes kasutatud biosaadavuse mudeleid omavahel on Bio-met 5.0 mudeliga ületamisi enam ja need on suuremad võrreldes PNEC-pro V6 mudelist saadud tulemustega.

Hoolimata suurest arvust veeproovidest, kus nikli sisalduse on üle 4 µg/l, on kasutatud biosaadavuse mudelite arvutustulemuste järgi probleeme nikli sisaldustega eeskätt Aidu tranšeeveekogude süsteemis (vaata joonis 15). Lisas 2 vaadeldud ülejäänud veekogude veeproovide puhul olulisi biosaadava nikli 4 µg/l ületamisi esile tuua ei saa.

Kasutatud arvutusmudelite järgi on biosaadava nikli ja selle ühendite 4 µg/l AA-EQS ületatud Aidu sügavates tranšeeveekogudes ja Aidu vee väljavoolus Ojamaa jõkke.

Aidu karjääriveekogude väljavoolus Ojamaa jõkke oli Bio-met 5.0 mudeli järgi (Ca kareduse näitajana) biosaadava nikli kogus üle 4 µg/l neljas veeproovis kuuest ja PNEC-pro V6 järgi Mg kareduse näitajana) ühes veeproovis kuuest [vaata Lisa 2).

Aidu veekogude proovikoht nr 10 pinnakihist²⁶ võetud veeproovides oli Bio-met 5.0 mudeli järgi biosaadava nikli kogus üle 4 µg/l kõigis kuues veeproovis ja PNEC-pro V6 järgi kolmes veeproovis kuuest. Aidu proovikoht nr 10 veekogu põhjaosast võetud veeproovides oli Bio-met 5.0 mudeli järgi biosaadava nikli kogus üle 4 µg/l kõigis kuues veeproovis ja PNEC-pro V6 järgi viies veeproovis kuuest.



Joonis 15. Nikli biosaadavuse arvutused mudelite *Bio-met 5.0* ja *PNEC-pro V6* järgi.

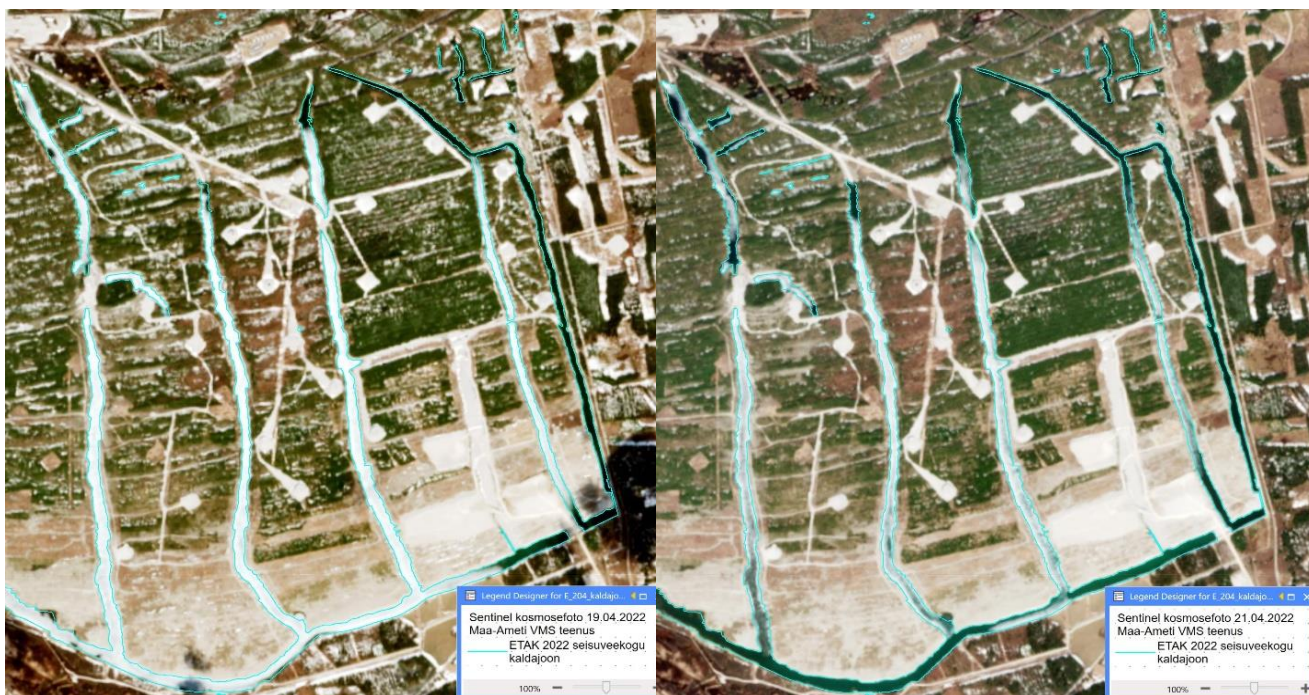
²⁶ Aidu karjääri lõunapoolse lõputranšee sügavaimas osas võeti iga kord kaks veeproovi eri sügavuselt, pindmine veeproov 1 m sügavuselt ja teine veeproov ca 1.5 m veekogu põhjast (veekogu on seal ca 17 m sügav).

Kasutatud biosaadavuse arvutusmodelid Bio-met 5.0 ja PNEC-pro V6 ei näidanud biosaadava nikli ja selle ühendite AA-EQS 4 µg/l olulisi ületamisi teistes Purtse jõe valgala pinnaveekogudes johtuvalt eeskätt vee suurest karedusest (Ca ja Mg) ja lahustunud orgaanilise süsiniku DOC kõrgest sisaldusest.

Biosaadavuse mudelites kasutatud veeanalüüside põhjal võib näha (lisa 2), et Purtse jõe valgala pinnaveed on märksa suurema kareduse ja orgaanika sisaldusega kui vooluveekogud mujal Eestis.

Aidu tranšeedes moodustunud veekogud on pikad, kitsad ja sügavad karjääri tagasitäite platoodel moodustuvast põhjaveest toituvad tiigid, mis välisilmelt meenutavad jõge või fjorde. Varasemad uuringud näitavad, et Aidu sõudespordikanaliga ühendatud veekogudele on iseloomulik vee kihistumine, sügaval on vees hapnikku väga vähe (0.1–0.3 mg/l) ja täheldada võib küllalt suurt pH vähenemist (keskmisena 7.58→6.74) ja elektrijuhtivuse suurenemist (keskmisena 1710→2650 µS/cm) [17].

Aidu veekogusüsteemi idaosas on vee elektrijuhtivus väiksem ja suvine veetemperatuur madalam, seda johtuvalt Kohtla kaevandusest juurdevoolava põhjavee mõjust. Idapoolseimas tranšeeveekogus voolab veepiiril olevatest seinallikatest Kohtla kaevanduse põhjavesi Aidu veekogudesse. Juurdevoolava talvel soojema põhjavee mõju on näha veekogude jääkatte püsimises (joonis 16). Jääkatte puudumine kajastab põhjavee sissevoolu Aidu veekogudesüsteemi ida- ja kirde suunast.



Joonis 16. Sentinel kosmosefotod Aidu jääkattest aprillis 2022 (Riiklik satelliidiandmete keskus EST-Hub).

Kohtla kaevandusest voolava põhjavee Aidu kaldaallikast võetud veeproovide nikli sisaldus jäi vahemikku 4.7–6.2 µg/l, ja arvutatud biosaadava nikli ja selle ühendite sisaldus jäi valdavalt alla 1 µg/l (vaata lisad 2–4). Kuna Kohtla kaevandusest juurde voolav põhjavesi moodustab enam kui poole Aidu väljavoolust, on selge, et kõrged nikli sisaldused ja suur nikikoormus Aidu väljavoolus johtuvad kohtspetsiifilistest protsessidest karjääri piires vee all olevas tagasitäites.

Aidu veeökosüsteemi täpsemaks hindamiseks tuleks kasutada keerukamaid põhjalikke biosaadavuse hindamise protseduure, sealhulgas toksilisuse biotestide tegemist liikide tundlikkuse määramiseks.

Kasutatud biosaadavuse mudelid kajastavad vaid ligikaudselt nikli ja selle ühendite sisalduse mõju vee-elustikule Purtse jõe valgalas, seda johtuvalt mudelite andmete vähesusest suure karedusega vetes. Aidu suure karedusega veel võib olla oma mõju vee-elustikule (karbonaatile lisandub sulfaatne karedus) ja vajalikud võivad olla katsetööd biosaadavuse (mudelite) täpsustamiseks.

Praegu kasutada olnud biosaadavuse mudelid ja Euroopas mudelite koostamiseks kasutatud vee-elustiku katsed ei sobi kuigi hästi Aidu eripärase vee jaoks. Soovitatud on biosaadavuse mudeleid rakendada nende väljatöötamise/valideerimise piirides ja kohtades. Mudelite suhtes kohaldatavad vahemikud, nagu pH, karedus ja DOC peaksid olema täpsustatud lokaliseeritud mudelites. Muudel juhtudel on biosaadavuse mudelite kasutamine õige, kui selle toetuseks saab formuleerida teaduslikult põhjendatud argumente[6].

Kasutatud mudelite järgi oleks biosaadava nikli ja selle ühendite 4 µg/l AA-EQS oluliselt ületatud Aidu sügavates tranšeeveekogudes (enim põhjakihtides) ja Aidu vee väljavoolus Ojamaa jõkke. Tõenäoliselt võib pidada ületamist ka Ojamaa jõelõigul Aidu isevoolsest väljalaskmest Purtse jõeni. Teiste uuringupunktide veeproovides jäid biosaadava nikli sisaldused mudelite järgi üldreeglina alla 4 µg/l.

Biosaadavuse mudelid kajastavad vaid ligikaudselt nikli ja selle ühendite sisalduse mõju vee-elustikule Purtse jõe valgalas, seda johtuvalt mudelite andmete vähesusest suure karedusega vetes. Mudelitega saadud biosaadava nikli tulemustesse tuleb suhtuda kui esialgsetesse, sest Euroopas väljatöötatud biosaadavuse mudelid pole kavandatud kasutamiseks sedavõrd karedas vees.

Nikli mõju täpsemaks hindamiseks Aidus tuleks kasutada keerukamaid biosaadavuse hindamise protseduure, sealhulgas toksilisuse biotestide tegemist liikide tundlikkuse määramiseks, vajalikud võivad olla teaduslikud katsed biosaadavuse (mudelite) täpsustamiseks.

Nikli ja selle ühendite biosaadavuse kasutamine veekogu seisundi hindamisel tähendab, et ka veekogu seire peab tuginema biosaadaval kontsentratsioonil (lisaks niklile peavad olema määratud karedust põhjustavad ühendid (Ca, Mg), pH, DOC jne.

5.1 Nikli allikad vees ja sisalduste muutuse prognoos

Aidu karjääris on tagasitäite aheraine suures koguses tranšeede vahelistel platoodel vee alla jäänud. Teavet tagasitäite platoode aheraines moodustunud põhjavee nikli sisaldustest pole. Eelmise aastatuhande kaheksakümnendatel aastatel platoodel olnud seirepuuraukude säilimisest teavet ei ole. Seirati siis Aidu puistangutes kujunevat põhjavett kõrgete sulfaatide tekke selgitamiseks, aruanded pole kahjuks kättesaadavad ja tõenäoliselt nendes sulfaadile orienteeritud uuringutes kõiki raskmetalle ei analüüsitud.

Aidu karjääri tagasitäite puistanguplatoosid drenivad väljaveotranšeedes moodustunud sügavad (kuni 20 m) tranšeeveekogud. Vesi on kihistunud ja kõrgemad nikli sisaldused on sügavamas anaeroobses põhjakihis [17, 18, 19].

Võrreldes Aidust Ojamaa jõkke väljavoolava veega, on Kohtla kaevandusest Aidu idapoolseimasse tranšeeveekogusse väljakiilduvas põhjavees nikli sisaldus kordades väiksem ja Aidu veekogudele nikli osas lahjendava mõjuga.

Nikli allikana varem välja pakutud hüpoteesidest [17] on 2021 aasta täiendavate tööde põhjal tõenäolisem Tartu Ülikooli Geoloogiaosakonnast Enn Karro ja Kalle Kirsimäe poolt 03.11.2020 koostatu (alljärgnevalt kaldkirjas). Selle järgi kaevandamise tulemusel muudetud keskkonnamuutustega kaasnenud looduslikud protsessid põhjustavad kõrgema niklisisalduse veekeskonnas [17].

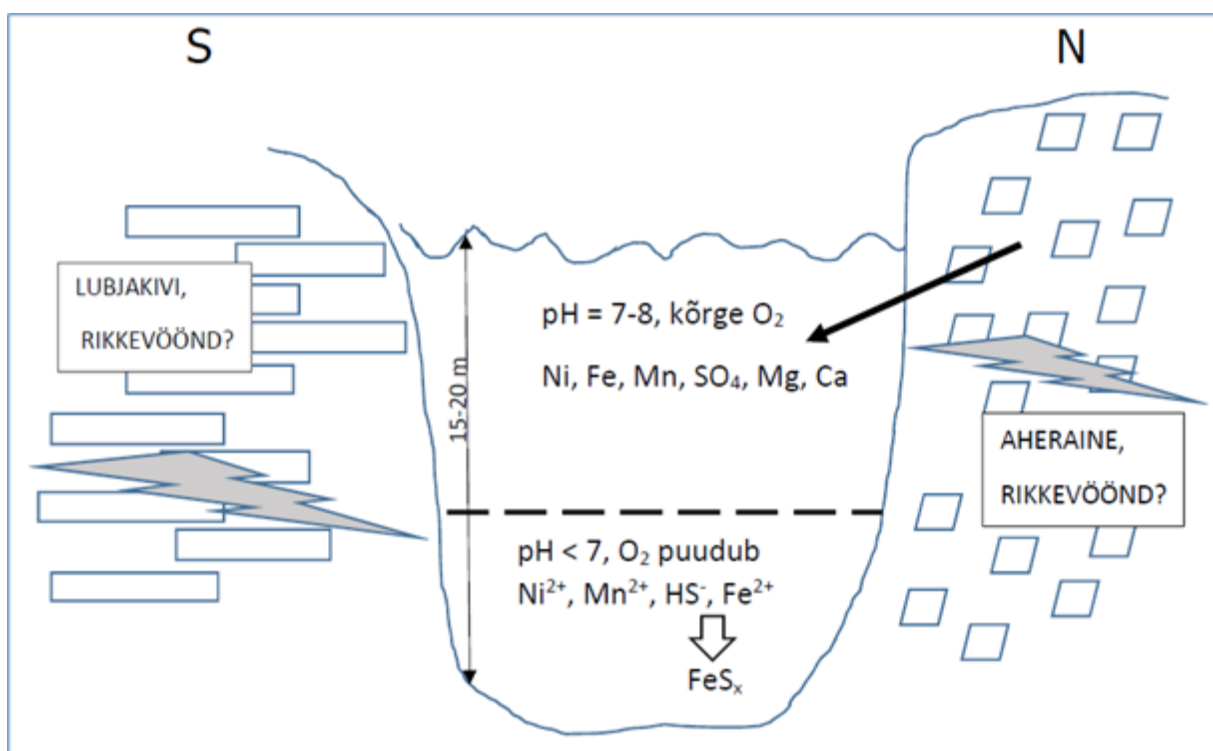
Ni on looduslikku päritolu, liikunud veekogusse püriidi oksüdeerumise tagajärjel.

- *Püriit kui Ni allikas võib olla nii lõhetäidetena kui ka hajutatult ümberladustatud aheraines.*
- *Ni leostumist vette soodustab happeline keskkond, mis domineerib veekogude sügavamates osades ($\text{pH} < 7$). Sellises keskkonnas Ni komplekse ei moodusta ja on vees Ni^{2+} kujul.*
- *Veekogude sügavamates osades valitsevad hapnikuvaesemad tingimused (anoksia) kui pinnakihtides.*
- *Püriidi oksüdeerimisele viitavad ka Mn, SO_4 , Ca ja Mg kõrged sisaldused.*
- *Eeldanuks ka Fe kõrgemaid kontsentratsioone. Samas on tegemist pinnaveekoguga, kus Fe oksüdeeritakse ja vesilahusest välja viiakse.*
- *Põhjakihi täheldati H_2S olemasolu (seal ka madal O_2) – veekogude sügavamates osades tegutsevad sulfaati redutseerivad bakterid.*

Kokkuvõttev skeem (lõunaosas paiknev ida-läänesuunaline kanal) on toodud joonisel 17.

Selle hüpoteesi järgi pääseb karjääris vee all oleva aheraine tükide pinnalt mineraalides olev nikkel anaeroobses keskkonnas sobiva pH juures toimuvate keemiliste protsesside tulemusena liikuma. Analooigne nähtus võib toimuda allmaakaevanduste kaevanduskäikude seintel ja kivimis tekkinud lõhedes.

Püriidi oksüdeerumisega seostumise korral peaksid nikli sisaldused ärajuhitavas kaevandusvees olema madalamad võrreldes kaevandamisjärgsega ja võib pidada tõenäoliseks, et nikli sisaldused veega täitunud kaevanduste ja karjääride isevoolsetes väljalaskmetes vees vähenevad mingi ajaperioodi järel analoogselt sulfaadisisaldusega.



Joonis 17. Kokkuvõttev skeem (Aidu lõunaosas paiknev ida-läänesuunaline tranšeeveekogu (E.Karro ja K.Kirsimäe).

Varasematest isevoolsete väljalaskmete vee nikli sisaldusest oli Kiviõli kaevanduse streki väljavoolust 27.06.2007 võetud veeproovis nikli sisaldus $6 \mu\text{g/l}$ [23]. Praegu on see $4\text{--}5 \mu\text{g/l}$ (mõõtekoht on küll allpool, iseloomustades korraga nii veega täitunud Kiviõli kaevandust kui Küttejõu karjääri). Pühajõe valgallasse jäävates Tammiku isevoolses väljalaskmes oli 12.04.2005 nikli sisaldus $9 \mu\text{g/l}$ [25], praegu $3.7\text{--}4.9 \mu\text{g/l}$ ja Ahtme kaevanduse Sanniku väljalaskmes oli nikli sisaldus 30.03.2005 $15 \mu\text{g/l}$ [25], praegu $4.3\text{--}6.4 \mu\text{g/l}$. Kõigil kolmel juhul on jälgitav nikli sisalduste vähenemine ajas.

Ajaliselt kõige noorema isevoolse väljalaskme, Viru kaevanduse Ratva puuraugud nr 58151 ja nr 58154, nikli sisaldused on ajavahemikul 18.11.2019–30.03.2022 veidi vähenenud ja täheldada võib ka sulfaadi ja elektrijuhtivuse väikest vähenemist ning KHT_{Mn} ja HCO_3 suurenemist (tabel 3). Kuna väljavool Ratva ülevoolavates puuraukudest on seni olnud katkendlik (pool aastat väljavoolu ei toimu), on ka mõju pinnaveele väiksem. Kolmest nikli biosaadavuse arvutust võimaldanud veeproovist oli 10.03.2021 ületatud biosaadava nikli ja selle ühendite aastakeskmise piirväärtus $4 \mu\text{g/l}$. Tõenäoliselt võib pidada, et ka varasemates 2019-2020 aasta veeproovides ($\text{Ni} \geq 20 \mu\text{g/l}$) on ületatud biosaadava nikli ja selle ühendite aastakeskmise piirväärtus $4 \mu\text{g/l}$.

Tabel 3. Veekeemia muutus Viru kaevanduse isevooles väljavoolus (Ratva allikad)

Koht	Kuupäev	Ni	Ca	Mg	K	Na	Cl	SO ₄	HCO ₃	KHT _{Mn}	O ₂	Elektrijuh- tivus	Kare- dus	pH
		µg/l	mg/l									µS/cm	mg- ekv/l	
Viru kae- vanduse väljavool	18.11.2019	19	270	200	19	10.0	8.6	1300	350	1.9	3.7	2250	29	7.0
	14.01.2020	21	390	110	18	9.1	8.3	1200	380	1.6	3.2	2220	29	7.0
	09.03.2020	21	390	100	18	9.0	8.3	1200	370	1.7	5.1	2250	28	7.1
	14.04.2020	20	110	230	16	8.3	7.9	1100	370	2.2	6.0	2130	24	7.3
Viru allikas	14.04.2020	19	280	140	17	9.1	8.4	1100	370	2.0	1.8	2110	26	7.1
Viru kae- vanduse väljavool	10.03.2021	19	400	87	17	8.3	9.9	1100	360	1.8	3.8	2190	27	7.1
	18.05.2021	18	300	90	17	8.6	8.1	780	420	2.0	2.9	2090	22	6.7
	17.06.2021	17	-	-	-	-	-	-	-	-	2.8	2020	-	7.0
	30.03.2022	15	360	110	17	8.9	7.2	1000	410	2.9	2.2	2020	27	7.0

Aastakeskmiste järgi oli Aidu väljavoolu nikli sisaldus 2019 aastal 13.7 µg/l (3 analüüsi), 2020 aastal 13.2 µg/l (5 analüüsi) ja 2021 aastal 10 µg/l (6 analüüsi). Ajavahemikul 2019–2021 on nikli ühendite sisaldused Aidu väljavoolus veidi vähenenud, kuid andmeid on pikaajalise muu-
tuse hindamiseks vähe, mistõttu ei saa kindlat suundumust langusele kinnitada.

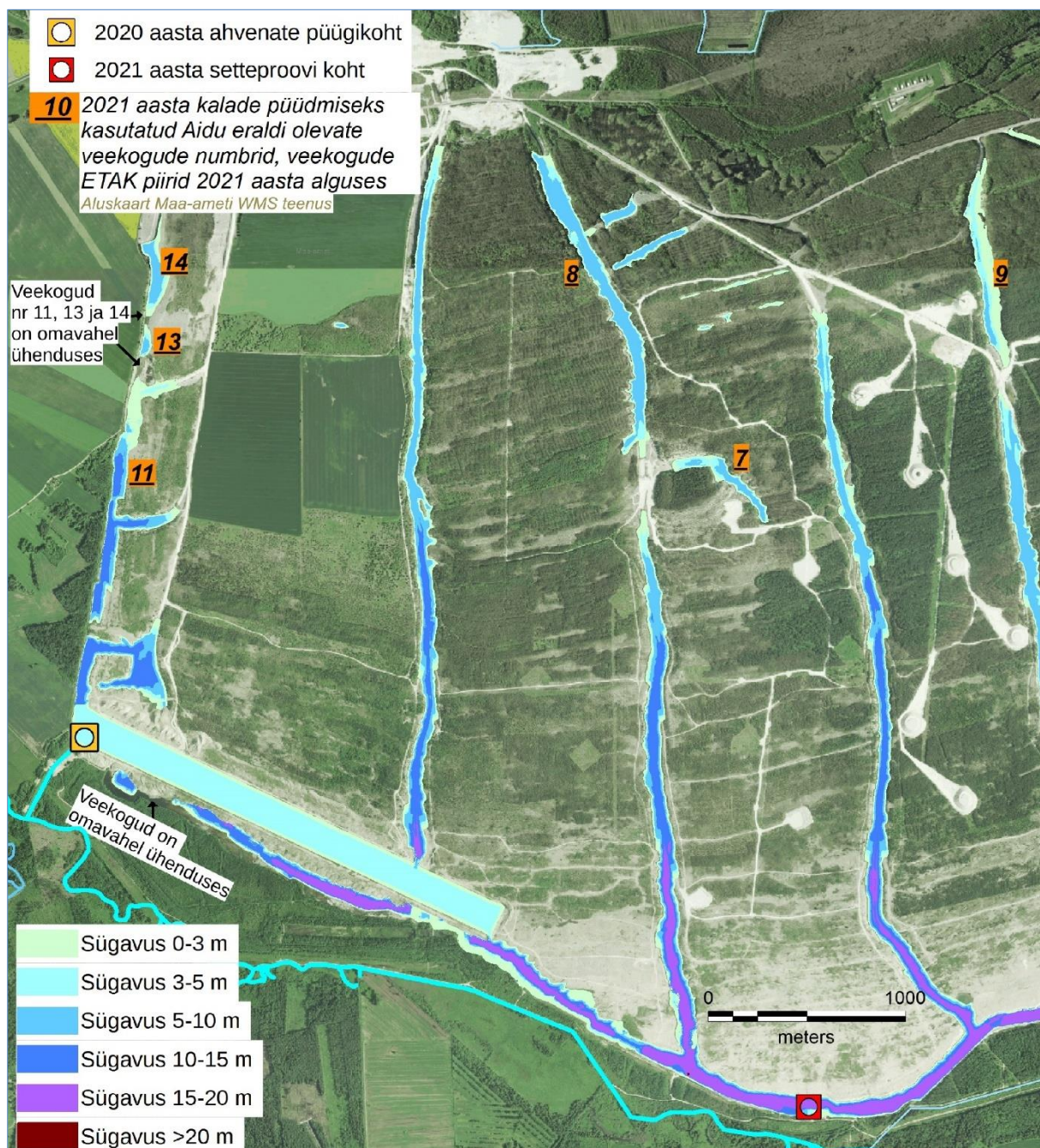
Nikli veekeskkonda sattumise allikaks kaevandatud ala vees võib pidada sulfiidsete mine-
raalide oksüdeerumisest selleks soodsatel tingimustel (anaeroobne keskkond, pH<7) ja vä-
listada ei saa ka bioloogiliste protsesside mõju.

Nikli sisalduse oluline suurenemine toimub Aidu karjääri piires, tõenäoliselt karjääri korras-
tamiseks kasutatud tagasitäite aherainetükkide pinnakihi, veega täitunud allmaakaevan-
dustes kaevanduskäikude seintel ning kivimis tekkinud lõhedes.

Kui nikli liikuma pääsemise protsess sarnaneb püriidist vabaneva sulfaatide sisalduste muu-
tustega veega täitunud kaevandustes, saab sulfaadi analoogia põhjal tõenäoliselt pidada
aja jooksul nikli sisalduste mõningast vähenemist vees.

6 Elustikus bioakumuleerunud raskmetallid Aidu veekogudes

Aidu karjääris tekkinud sügavate veekogude probleemiks on vee kihistumine, mis väljendub nii mõõdetud veeparameetrites (temperatuur, hapnikusisaldus, elektrijuhtivus, pH, redokspotentsiaal) kui ka vee keemilises koostises. Sügavates anaeroobsetes veekihtides oli kuues veeproovis ületatud ka keskkonnaministri 24.07.2019 määrus nr 28 nikli suurim pinnavee lubatud keskkonnakvaliteedi piirväärtus (MAC-EQS) 34 µg/l [17]. Võrdluses biosaadavuse teoreetiliste mudelitega tehti ka esimesi mõõtmisi elustikus, et saada andmeid raskmetallide kalades ja settes akumulereumist Aidu veekogudes.



Joonis 18. Kalade püügi ja põhjasette proovivõtu asukohad.

Aidu veekogude kalastik on vaene ja kalu on praegusel ajal vähe [20]. Veekogudel on küll näha olnud kalastamist, kuid harrastuspüüdjate saagid on olnud harvad (saadud on peamiselt ahvenat ja haugi). Ojamaa jõega ühendatud Aidu veekogudesüsteemi kalade puhul pole teada kaua nad on viibinud Aidu veekogudes (25.08.2020 Eesti Loodushoiu Keskus poolt püütud ahvenad).

Aastal 2021 püüti Aidus analüüsimiseks kalu eraldiseisvatest Eesti topograafia andmekogu (ETAK) seisuveekogudest (joonisel 18). Kuna need pole Ojamaa jõega ühendatud iseloomustaks nikli ja selle ühendite sisaldus asjakohasemalt vees olevate raskmetallide mõju elustikule.

Kalu saadi neist Aidu eraldiseisvatest veekogudest võrgupüügiga vähe ja analüüsiks tuli kasutada kõiki eri veekogudest saadud kalu. Aidu veekogudest saadud kalade kahe proovi raskmetallide sisaldused on toodud alljärgnevas tabelis 4.

Tabel 4. Raskmetallide sisaldused Aidu veekogude ahvenas 2020 ja 2021

Proov	Näitaja	Ahvenad Aidu väljavoolu juures 25.08.2020	Ahvenad Aidu eraldi olevatest veekogudest 26.08.2021	Ühik
Kala, lihas	Arseen (As)		0.01	mg/kg
	Baarium (Ba)		0.06	mg/kg
	Elavhõbe (Hg)	0.04 (0.02)	0.05 (0.02)	mg/kg
	Kaadmium (Cd)		< 0.001 (0.16)	mg/kg
	Kroom (Cr)		< 0.025	mg/kg
	Nikkel (Ni)		0.07 (0.73)	mg/kg
	Plii (Pb)		0.03 (1)	mg/kg
	Tina (Sn)		< 0.2	mg/kg
	Tsink (Zn)		4.2	mg/kg
	Vask (Cu)		0.38	mg/kg
Kala, maks	Arseen (As)	0.06	0.03	mg/kg
	Baarium (Ba)	0.13	0.04	mg/kg
	Elavhõbe (Hg)		0.02 (0.02)	mg/kg
	Kaadmium (Cd)	0.01 (0.16)	0.06 (0.16)	mg/kg
	Kroom (Cr)	0.06	< 0.025	mg/kg
	Nikkel (Ni)	0.16 (0.73)	0.1 (0.73)	mg/kg
	Plii (Pb)	0.07 (1)	0.14 (1)	mg/kg
	Tina (Sn)	< 0.2	< 0.2	mg/kg
	Tsink (Zn)	16	21	mg/kg
	Vask (Cu)	2	2.9	mg/kg

Kaldkirjas sulgudes on keskkonnaministri 24.07.2019 määrus nr 28 piirväärtused kalades

Kalades analüüsitud raskmetallide sisalduste järgi oli üle keskkonnaministri 24.07.2019 määrus nr 28 piirväärtuse (0.02 mg/kg) vaid elavhõbeda sisaldus.

Aidu väljavoolu juures 25.08.2020 püütud 11 ahvena lihastest saadud proovis oli üle labori analüütilise määramispiiri PAH ühenditest krüseeni sisaldus 6.3 µg/kg, klorofenoolidest oli 4-klorofenooli sisaldus 3 µg/kg ja 2-klorofenooli sisaldus 2.8 µg/kg. Keskkonnaministri 24.07.2019 määrmuses nr 28 ei ole krüseeni, 2-klorofenooli ja 4-klorofenooli piirväärtusi kehtestatud.

Detailsemalt on kõik kalades analüüsitud ühendid ja analüüside tulemused esitatud aruande lisas 5 ja LIFE CleanEST projekti tulemuste kuvamise tööriistas²⁷.

Keskkonnaministri 24.07.2019 määrmuses nr 28 on reglementeeritud vaid mõningate ohtlike ainete sisaldus veekogu põhjasettes ja orienteeruvalt saab sette osas kasutada ka keskkonnaministri 28.06.2019 määrus nr 26 piirväärtusi.

²⁷ LIFE CleanEST - Ohtlikud ained veekogumites https://vvhs.shinyapps.io/Life_CleanEST_KESE/

Aidu lõunapoolse lõputranšee sügavama koha (uuringupunkt Aidu 10, 676845 ja 6577000, vaata joonis 18) settest võeti 06.10.2021 üks proov raskmetallide sisalduste määramiseks. Aidu veekogud on noored, põhjasetet on neis ladestunud vähe ja veekogu iseloomustava setteproovi saamine on raskendatud.

Tabel 5. Põhjasette analüüsitulemused

Näitaja	Tulemus	Ühik	Määrus nr 26 sihtarv pinnases mg/kg KA
Antimon (Sb)	0.018	mg/kg KA	10
Arseen (As)	6.9	mg/kg KA	20
Baarium (Ba)	32	mg/kg KA	500
Fosfor (P)	600	mg/kg KA	
Kaadmium (Cd)	0.085	mg/kg KA	1
Kaalium (K)	4100	mg/kg KA	
Koobalt (Co)	12	mg/kg KA	20
Kroom (Cr)	15	mg/kg KA	100
Kuivaine	44.1	%	
Mangaan (Mn)	280	mg/kg KA	
Molübdeen (Mo)	2.9	mg/kg KA	10
Nikkel (Ni)	41	mg/kg KA	50
Orgaanilise aine sisaldus	12.9	% KA	
Plii (Pb)	11	mg/kg KA	50 (53.4*)
Tallium (Tl)	0.56	mg/kg KA	1
Tsink (Zn)	34	mg/kg KA	200
Vanaadium (V)	16	mg/kg KA	50
Vask (Cu)	7.7	mg/kg KA	100
Üldlämmastik	970	mg/kg KA	

**Plii ja selle ühendid on keskkonnaministri 24.07.2019 määruses nr 28 ainus raskmetall millel on keskkonnakvaliteedi piirväärtus põhjasettes 53400 µg/kg*

Nikli ja teiste analüüsitud ohtlike ainete sisaldused vastasid keskkonnaministri 24.07.2019 määrus nr 28 nõuetele ja ühtegi keskkonnaministri 28.06.2019 määruse nr 26 pinnase sihtarvu põhjasettes ei ületatud (sihtarv näitab ohtliku aine sellist sisaldust pinnases, millega võrdse või väiksema väärtuse korral loetakse pinnase seisund heaks).

Aidu noortes veekogudes on kalu vähe. Aidu pinnaveekogudes on nikli sisaldus suurem sügaval paiknevas anaeroobses veekihi ja Eesti Loodushoiu Keskuse uuringu põhjal kalu sellises vees ei ela [20].

Kalades analüüsitud raskmetallide sisalduste järgi oli üle keskkonnaministri 24.07.2019 määrus nr 28 piirväärtuse (0.02 mg/kg) vaid elavhõbeda sisaldus. Kahe kalaproovi ja ühe setteproovi analüüsitulemuste alusel nikli ja teiste analüüsitud ohtlike ainete sisaldused vastasid keskkonnaministri 24.07.2019 määrus nr 28 ja 28.06.2019 määrus nr 26 nõuetele.

7 Kirjanduse viited

1. Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiiv 2008/105/EÜ
2. Bioavailability assessment of metals in freshwater environments: A historical review. Environmental Toxicology and Chemistry—Volume 39, Number 1 pp. 48–59, 2020
3. Bioavailability modelling of three metals in Danish freshwater systems. DHI. Denmark
4. A review of water quality factors that affect nickel bioavailability to aquatic organisms: Refinement of the biotic ligand model for nickel in acute and chronic exposures. Environmental Toxicology and Chemistry—Volume 40, Number 8 pp. 2121–2134, 2021
5. European Union Risk Assessment Report for nickel. Danish Environmental Protection Agency, 2008.
6. Technical Guidance for Deriving Environmental Quality Standards Guidance Document No. 27, Updated version 2018
Technical guidance to implement bioavailability-based environmental quality standards for metals. Guidance on how bioavailability may be incorporated into compliance assessments, classifications and local risk assessments
7. Guidance Document No. 38 Technical Guidance for implementing Environmental Quality Standards (EQS) for metals. November 2019.
Consideration of metal bioavailability and natural background concentrations in assessing compliance.
8. Refinement and cross-validation of nickel bioavailability in PNEC-PRO, a regulatory tool for site-specific risk assessment of metals in surface water. Environmental Toxicology and Chemistry, Vol. 9999, No. 9999, pp. 1–10, 2017.
9. Spatial and Temporal Variation of Watertype-Specific No-Effect Concentrations and Risks of Cu, Ni, and Zn. | Environ. Sci. Technol. 2011, 45, 6049–6056
10. Development of an Overarching Bioavailability Modeling Approach to Support US EPA's Aquatic Life Water Quality Criteria for Metals. EPA-822-R-22-001 March 2022
11. Development and use of the nickel bioavailability assessment tool (draft). Water Framework Directive – United Kingdom Advisory Group (WFD-UKTAG). July 2014
12. Metals environmental risk assessment guidance. MERAG. Bioavailability: Water, soils and sediments. Fact Sheet 05. May 2016.
13. Demonstrating the Reliability of bio-met for Determining Compliance with Environmental Quality Standards for Metals in Europe. Environmental Toxicology and Chemistry—Volume 39, Number 12—pp. 2361–2377, 2020
14. Veekeskonnale ohtlike ainete allikate inventuur. Ainepõhine väljavõte, nikkel ja selle ühendid. EKUK, Tallinn 2018.
15. Bio-met bioavailability tool User Guide (version 5.0) www.bio-met.net 27/06/2019
16. Suletud ja suletavate kaevanduste mõju põhjaveele, EGK Tallinn 2003.
17. LIFE IP CleanEst projekti tegevus C.8. Ülevaade nikli sisaldusest Aidu ja Narva karjääri tranšee 13 veekogude süsteemis. Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ, Tallinn 2020

18. LIFE IP CleanEst projekti tegevus C.8. Põlevkivi kaevandatud ala isevoolsete väljalaskmete veekeemia ja veekoguste uuring ning mõju hinnang pinnaveekogumite seisundile. Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ, Tallinn 2021
19. LIFE IP CleanEst projekti tegevus C.8. Kaevandatud aladel tekkinud tehisveekogude inventuuri aruanne. Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ, Tallinn 2021
20. 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
21. Hüdrogeoloogiliste muutuste prognoosid seoses Uus-Kiviõli kaevanduse avamise ja Aidu karjääri sulgemisega. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn 2009.
22. Põlevkivitööstusest tulevate veekeskkonnale ohtlike ainete mõju uuring. EKUK, Tallinn 2017.
23. Fenoolide seire VKG AS-i poolkoksi ning lend- ja koldetuha ladestu ümbruse piirdekraavides ning Kiviõli Keemiatööstuse OÜ poolkoksiladestu ümbruses. AS Maves, Tallinn 2007.
24. Purtse jõe põhjasetete ohtlike ainete uuring Purtse jõe majandamise kavaks. AS Maves Tallinn 2008.
25. Jõhvi linnaga piirneva 2. kaevanduse kaevandusvete mõju ulatuse väljaselgitamine. AS Maves Tallinn 2005.
26. Veekeskkonnale ohtlike ainete allikate inventuur. Väljavõte „Nikkel ja selle ühendid“. EKUK, Tallinn 2018.
27. Kaitseväe harjutusväljade pinna- ja põhjavee seire. AS Maves, Tallinn 2018.
28. Kaitseväe harjutusväljade pinna- ja põhjavee seire. EKUK, Tallinn 2019.
29. Kukruse aheraineladestu põhjaveeuuring. Eesti Geoloogiateenistus, Rakvere 2020.
30. Maavarade keemilise kvaliteedi andmekogu. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn 2004.
31. Estonia kaevanduse veeheite keskkonnamõjude täiendavate uuringute teostamine. Eesvooluks olevate looduslike veekogude elustiku uuring. AS Kobras, Tartu 2011. Heljumi koormuse hindamine kaevandusvee eesvooludes ja karbonaatse sette tekkimise võimalikkuse hinnang. OÜ Inseneribüroo STEIGER, Tallinn 2012.