

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Energia- ja ympäristötekniikan koulutus

Ari-Pekka Jolkkonen
Henri Heiskanen

HÖYTIÄISEEN LASKEVAN RAUANJOEN VESISTÖALUEEN
NYKYTILA JA KUNNOSTUSTARPEEN ARVIOINTI

Opinnäytetyö
Kesäkuu 2020



Opinnäytetyö
Kesäkuu 2020
Energia- ja ympäristötekniikan koulutus
Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
Puh. 013 260 600 (vaihde)

Tekijät

Ari-Pekka Jolkkonen, Henri Heiskanen

Nimeke

Höytiäiseen laskevan Rauanjoen vesistöalueen nykytila ja kunnostustarpeen arviointi

Toimeksiantaja

Pro Höytiäinen ry

Tiivistelmä

Kartoittavassa ja selvittävässä opinnäytetyössä pyrittiin lisäämään tietämystä Höytiäiseen vetensä laskevan Rauanjoen vesistöalueen (223 km²) nykytilasta ja kunnostustarpeesta. Tutkimusalue ulottui Rauan- ja Aisusjoen latvoilta Höytiäisen Rauanlahdelle. Tutkimuksellinen lähestymistapa mukaili ympäristöhallinnon käyttämän pintavesien ekologisen tilaluokittelun mallia. Aineisto kerättiin ympäristöhallinnon tietokannoista sekä opiskelijatyönä maastossa.

Rauan- ja Aisusjoen pääuomassa inventointiin 77 koski- ja virtapaikkaa, joiden yhteenlaskettu kokonaispituus on 12 kilometriä ja kokonaisala 15 hehtaaria. Koskipaikoista osa on kunnostettu, ja osa on 1900-luvun alun uittoperkuiden jälkeisessä tilassa. Jokiuomia on paikoin oikaistu, mutta merkittäviä rakenteellisia esteitä ei havaittu. Kalaston ja pohjaeläimistön tila on hyvä, ja kalastoseurannassa on havaittu merkkejä taimenen luontaisesta lisääntymisestä.

Vesistöalueella vallitseva keskimääräinen vedenlaatu ilmentää runsasta humusvaikutteisuuksutta sekä lievää rehevyyttä ja happamuutta. Vedenlaatua selittänee pitkälti valuma-alueen suuri turvemaiden osuus sekä metsätalouden hajakuormitus. Pitkällä aikavälillä (v. 1976 - 2017) vedenlaadussa ei ole havaittavissa merkittävää muutosta. Kokonaisravinnekuorma Rauanjoen valuma-alueelta Rauanlahteen on 1 617 kg fosforia ja 52 912 kg typpeä. Jokseenkin heikotilaisen Rauanlahden sedimentaatiokyky on alhainen, ja suurin osa lahteen tulevasta kuormasta jatkaa edelleen pohjoiselle Höytiäiselle.

Kunnostus- ja hoitotoimenpiteinä suositellaan valuma-alueelta tulevan hajakuormituksen pidättämiseen soveltuvia oikein mitoitettuja vesiensuojeluteknisiä rakenteita. Vesieliöstön tilaa auttaisivat huolellisesti suunnitellut ja toteutetut koskikunnostukset. Perusteltuja jatkotoimenpiteitä olisivat alueellisen käyttö- ja hoitosuunnitelman laatiminen sekä kalaston tilaa tarkentavat selvitykset etenkin Rauan- ja Aisusjoella.

Kieli
suomi

Sivuja 175
Liitteet 5
Liitesivumäärä 10

Asiasanat

Höytiäinen, ekologinen tila, hydrologia, valuma-alueet, vedenlaatu, vesistökuormitus



THESIS
June 2020
Degree Programme in Energy and Environmental Technology
Karjalankatu 3
FIN 80200 JOENSUU
Puh. +358 013 260 600

Authors

Ari-Pekka Jolkkonen, Henri Heiskanen

Title

Current State of Catchment Area of River Rauanjoki Discharging to Lake Höytiäinen and Evaluation of Restoration Needs

Comissioned by

Pro Höytiäinen ry

Abstract

This thesis was drafted to increase the common knowledge of a watershed of river Rauanjoki by mapping and studying the area. The study area extended from the headwaters of rivers Rauanjoki and Aisusjoki to bay of Rauanlahti at lake Höytiäinen. The research approach followed the ecological status classification model used by the environmental administration. The research material was collected from databases and as student work in the field.

In the main channel of the rivers Rauanjoki and Aisusjoki, 77 rapids and stream sites were valued, with a total length of 12 kilometers and a total area of 15 hectares. Some of the rapids have been restored, and some are in the state as they were in the early 20th century. River estuaries have been rectified in some places, but no significant structural barriers were identified. The condition of the fish and benthic fauna is good, and there have been signs of a natural spawning of trout in fishery monitoring.

The average water quality in the river basin is rich in humus, with mild eutrophication and acidity. Water quality can probably be largely explained by the large proportion of peatlands in the catchment area and by the scattered load on forestry. In the long term (1976 - 2017), there is no significant change in water quality. The total nutrient load from the Rauanjoki catchment area to Rauanlahti is 1,617 kg of phosphorus and 52,912 kg of nitrogen. The sedimentation capacity of bay Rauanlahti is low, and most of the load entering the bay continues to the northern Höytiäinen.

Properly dimensioned water protection structures suitable for retaining diffuse are recommended as restoration measures. The status of aquatic life would be helped by carefully planned and implemented restorations of rapids. Reasonable follow-up measures would be the preparation of a regional management plan and studies specifying the state of the fishery on the study area.

Language
Finnish

Pages 175
Appendices 5
Pages of Appendices 10

Keywords

Lake Höytiäinen, ecological condition, hydrology, catchment areas, water quality, load

Sisältö

1	Johdanto	12
1.1	Tausta	12
1.2	Pro Höytiäinen	13
2	Teoreettinen tausta	14
2.1	Keskeiset käsitteet	14
2.2	Valuma- ja vesistöalueet	15
2.3	Vesistöjen tilan arvioiminen	16
2.3.1	Fysikaalis-kemiallinen vedenlaatu	17
2.3.2	Hydrologis-morfologiset ominaisuudet	21
2.3.3	Biologiset tekijät	21
2.4	Vesistöjen tilaan vaikuttavat mekanismit	25
2.5	Vesistökunnostukset	32
3	Tutkimusalue ja alkutilanteen kartoitus	35
3.1	Höytiäisen vesistöalue ja Rauanlahti	35
3.2	Rauanjoen vesistöalue	38
3.2.1	Topografia ja maankäyttö	39
3.2.2	Maa- ja kallioperä	42
3.2.3	Toimenpiteet ja selvitykset	45
4	Työn tavoitteet ja rajaus	46
4.1	Tavoitteet ja tutkimustehtävät	46
4.2	Työn rajaus ja toteutus	47
5	Aineisto ja menetelmät	48
5.1	Paikkatietoanalyysit	48
5.2	Maastoinventointi	49
5.3	Valmiit tietojärjestelmät	52
5.4	Kenttätutkimus	53
5.5	Laboratorioanalyysit	56
5.6	Laskentamenetelmät	58
6	Tulokset ja niiden tarkastelu	63
6.1	Valuma-alue	63
6.1.1	Valumaolosuhteet	63
6.1.2	Karttatarkastelu	70
6.2	Maastoinventointi	72
6.2.1	Koski- ja virtapaikat	73
6.2.2	Esteet, muokkaukset ja muut huomiot	89
6.3	Vedenlaatu	98
6.3.1	Rauanlahti	98
6.3.2	Jokialue	101
6.3.3	Latva- ja välijärvet	110
6.3.4	Pitkääaikaiskehitys	119
6.4	Pohjaeläimistö	124
6.4.1	Jokialue	124
6.4.2	Rauanlahti	128
6.5	Kalastollinen tarkastelu	132
6.6	Rauanlahden pohjasedimentti	134
6.6.1	Määrä ja laatu	135
6.6.2	Hapetus-pelkistysaste	140
6.7	Kuormituslaskenta	142

6.7.1	Valuma-aluekuormitus	142
6.7.2	Kuormitus Rauanlahteen	144
6.7.3	Fosforimallitarkastelu.....	145
7	Johtopäätökset	147
7.1	Vesistöalueen nykyinen tila.....	147
7.2	Kunnostustarpeen arviointi	148
7.2.1	Kunnostuskohteet.....	149
7.2.2	Kustannukset.....	154
8	Pohdinta.....	155
8.1	Tutkimustavoitteiden täyttyminen.....	155
8.2	Kriittinen arviointi	156
8.3	Oppimisprosessi ja haasteet.....	156
8.4	Työn merkitys	158
8.5	Jatkotoimenpiteet ja -tutkimukset.....	160
8.6	Lopuksi	161
	Lähteet.....	162

Kuvat

Kuva 1	Veden kiertokulku ja vesistöt.
Kuva 2	Pohjaeläimistön esiintyminen ravinnonkäyttömuotojen mukaan.
Kuva 3	Kiintoaineen kulkeutuminen valunnan aiheuttaman eroosion seurauksena valuma-alueelta.
Kuva 4	Turvemaiden uudisojitukset olivat kiivaimmillaan vuosien 1960 - 1970 välisenä aikana.
Kuva 5	Liiallisen hiekan sedimentaation vaikutukset eliöyhteisöön.
Kuva 6	Päivänkorennot, vesiperhoset ja koskikorennot ovat tyypillisesti herkimpiä vesihyönteisryhmiä kiintoaineen liialliselle sedimentaatiolle.
Kuva 7	Höytiäisen lähivaluma-alueella sijaitseva Keljosen kosteikko elokuussa 2018.
Kuva 8	Vesikasvuston niittämistä Truxor-mallisella lautalla.
Kuva 9	Talkoovoimin tapahtuvaa virtaveden kunnostamista Rauanjoella syksyllä 2019.
Kuva 10	Höytiäinen jaettuna osavesistöalueisiin 2. jakovaiheen mukaan.
Kuva 11	Höytiäisen Rauanlahti ja Rauanlahden valuma-alue.
Kuva 12	Rauanjoen vesistöaluerajaus Maanmittauslaitoksen taustakartalla.
Kuva 13	Rauanjoen alueen topografinen kartta.
Kuva 14	Rauanjoen vesistöalueen maankäyttö- ja peite Corine2018-aineiston perusteella.
Kuva 15	Rauanjoen valuma-alueen maaperä eriteltynä maalajeittain.
Kuva 16	Rauanjoen valuma-alueen kallioperä eriteltynä kivilajeittain.
Kuva 17	Pohjavesi- ja luonnonsuojelualueet Rauanjoen vesistöalueella.
Kuva 18	Maastoinventoinnin kohdealueet korostettuna vihreällä ja violetilla värillä.
Kuva 19	Ari-Pekka Jolkkonen dokumentoimassa koskipaikkaa Aisusjoen yläosissa 23.10.2019.
Kuva 20	Rauanjoen vesistöalueen ja Rauanlahden havaintopaikat.
Kuva 21	Ari-Pekka Jolkkonen ja Jukka Oinonen ottamassa vesinäytettä 29.10.2019 havaintopaikalta Rauanjoki 2.

- Kuva 22 Vesi- ja pohjaeläinnäytteet valmiina analyysieihin Sirkkalan laboratoriossa keväällä 2019.
- Kuva 23 Karelia-ammattikorkeakoulun filtterifotometri.
- Kuva 24 Karelia-ammattikorkeakoulun opiskelijat poimimassa ja tunnistamassa pohjaeläimiä.
- Kuva 25 Rauanjoen alosa kuvattuna Ruvaslahdentien sillalta kevättulvan aikaan huhtikuun lopussa vuonna 2019.
- Kuva 26 Paikkatietoanalyysin tuloksena saatu osa-valuma-aluejako 50:een osavaluma-alueeseen.
- Kuva 27 Rauanjoen vesistöalueen yksilöidyt osavaluma-alueet.
- Kuva 28 Maaperän jakautuminen osavaluma-alueittain Rauanjoen vesistöalueella.
- Kuva 29 Maankäytön jakautuminen osavaluma-alueittain Rauanjoen vesistöalueella.
- Kuva 30 Maastoinventoinnin aikana kertyneet inventointipisteet.
- Kuva 31 Maastoinventoinnissa havaitut koski- ja virtapaikat.
- Kuva 32 Aisusjoki 9 kosken ensimmäinen kynnys 23.10.2019, jota on uittoperkuiden yhteydessä madallettu räjäyttämällä.
- Kuva 33 Aisusjoki 9 loppuliukuun alku 23.10.2019. Kuvassa oikealla runsaasti perkuukiviä.
- Kuva 34 Rauanjoen keskivaiheilla sijaitsevan Rauanjoki 54 kosken alaosan kynnysteisyyttä 6.11.2019.
- Kuva 35 Rauanjoki 54 kosken massiivisia perkuukivivalleja 6.11.2019. 1990-luvun lopulla talkookunnostettua koskea voitaisiin vielä täydennyskunnostaa koneellisesti.
- Kuva 36 Aisusjoen alaosissa sijaitsevan Aisusjoki 40 kosken niskan kallio-kynnyksen räjäytyksestä syntyneitä louhetta molemmin puolin jokea 24.10.2019.
- Kuva 37 Aisusjoki 40 kosken keskivaihetta on muokattu räjäyttämällä pohjassa olevaa kallio-kynnystä 24.10.2019.
- Kuva 38 Aisusjoki 40 kosken alaosassa koski levenee ja jakautuu vasemmalla olevaan sivu-uomaan 24.10.2019.
- Kuva 39 Rauanjoki 77 kosken niska ja vanhat sillan perustukset Rauanjoen alaosassa Ruvaslahdentien sillan pohjoispuolella 13.10.2019.
- Kuva 40 Rauanjoki 77 kosken keskivaiheilla haarautuva sivu-uoma 13.10.2019.
- Kuva 41 Rauanjoki 77 kosken loppuliuku, joka on uoman keskellä sijaitsevan saarekkeen jakama 13.10.2019.
- Kuva 42 Aisusjoen keskivaiheilla sijaitsevan Aisusjoki 31 kosken niska 29.10.2019.
- Kuva 43 Aisusjoki 31 kosken keskivaihetta 29.10.2019. 2-luokan koskissa perkuumateriaalin määrä on vähäisempi 1-luokan koskiin verrattuna.
- Kuva 44 Aisusjoki 31 kosken loppuliuku 29.10.2019.
- Kuva 45 Rauanjoen keskivaiheilla sijaitsevan Rauanjoki 60 kosken loppuliuku ja jokiuoman ylittävä silta 6.11.2019.
- Kuva 46 Rauanjoki 60 kosken mietovirtainen niska-alue 6.11.2019.
- Kuva 47 Rauanjoen yläosissa sijaitseva lyhyehkö ja pienialainen Rauanjoki kuvattuna 6.11.2019. Koski edustaa tyypillistä 3-luokan koskea.
- kuva 48 Rauanjoen alaosissa sijaitseva Aisusjoki 42 kuvattuna 24.10.2019. Koski on pienimuotoinen 3-luokan koskipaikka.

- Kuva 49 Esteet, muokkaukset ja muut huomiot.
Kuva 50 Ruunanpyörre majavan pato 23.9.2019.
Kuva 51 Aisusjoen yläosan majavanpato 23.10.2019.
Kuva 52 Majavan aiheuttama tulvakenttä Aisusjoen yläosissa 23.10.2019.
Kuva 53 Yläjokipolvella oleva mahdollinen noususte Rauanjoen yläosissa 6.11.2019.
Kuva 54 Eroosiopenkka Rauanjoen alaosissa 23.9.2019.
Kuva 55 Eroosiopenkka uoman ulkokaarteessa Rauanjoen alaosissa 23.9.2019.
Kuva 56 Rauanjoen alaosan meandroivan osuuden yleisluonnetta hyvin kuvastava kuva 23.9.2019.
Kuva 57 Laskeutusallas Aisusjoen yläosaan laskevassa metsäojitusalueen laskuojassa 23.10.2019
Kuva 58 Uoman oikaisu ja puupato Rauanjoen yläosissa. 6.11.2019.
Kuva 59 Uoman oikaisu Aisusjoen keskivaiheilla 1.11.2019.
Kuva 60 Kuvassa 59 esitetty uoman oikaisu peruskartalla.
Kuva 61 Otos lukuisista uoman elämisen kautta erilleen jääneistä ns. makkaralammista Rauanjoen alaosan meandroivalla osuudella 23.9.2019.
Kuva 62 Jälkiä tukinuitosta Rauanjoen alaosilla 23.9.2019.
Kuva 63 Rauanjoen silmämääräisesti rehevätkö suistoalue Viitapurolle päin kuvattuna 13.10.2019.
Kuva 64 Rauanjoen silmämääräisesti rehevätkö suistoalue Rauanlahdelle päin kuvattuna 13.10.2019.
Kuva 65 Rauanlahden vedenlaadun havaintopaikat kevättalvella 2019.
Kuva 66 Vesinäytteenottoa Rauanlahdella keväällä 2019.
Kuva 67 Rauanjoen vesistöalueen vedenlaadun havaintopaikat keväällä 2019.
Kuva 68 Vesinäytteen pullottamista Rauanjärven luusuan havaintopaikalta keväällä 2019.
Kuva 69 Rauanjoen vesistöalueen vedenlaadun havaintopaikat syksyllä 2019.
Kuva 70 Aisusjoen alaosiin laskeva Ritapuro kuvattuna länteen päin 29.10.2019.
Kuva 71 Latva- ja välijärvien vedenlaadun havaintopaikat.
Kuva 72 Aisusjärven luusua Aisusjärvelle päin kuvattuna 30.10.2019.
Kuva 73 Rauanjärven luusua 30.10.2019.
Kuva 74 Ala-Aisuksen luusuan havaintopaikka 30.10.2019.
Kuva 75 Rauanjoen Myllykosken ja Aisusjoen Multisuonkosken pohjaeläinten näytteenottopaikat 24.4.2019 ja 26.4.2019.
Kuva 76 Aisusjoen ylimmältä koskipaikalta 26.4.2019 otetuista näytteistä poimittua pohjaeläimistöä.
Kuva 77 Aisusjoen ylimmältä koskipaikalta 26.4.2019 otetuista näytteistä poimittua pohjaeläimistöä.
Kuva 78 Rauanjoen Myllykoskesta 24.4.2019 otetuista näytteistä poimittua pohjaeläimistöä.
Kuva 79 Rauanjoen Myllykoskesta 24.4.2019 otetuista näytteistä poimittua pohjaeläimistöä.
Kuva 80 Rauanlahden pohjaeläimistön näytteenottopaikat kevättalvella 2019.
Kuva 81 Havaintopaikan RL 9 rinnakkaisnäyte 2/3.

- Kuva 82 Rauanlahden pohjaeläinnäytteistä maaliskuussa 2019 poimittuja surviaissääsken (Chironomidae) toukkia.
- Kuva 83 Rauanlahden havaittuja taksoneita petrimaljalle poimittuna maaliskuussa 2019.
- Kuva 84 Rauanjoen vesistöalueen vakiintuneet sähkökoekalastusalat.
- Kuva 85 Höytiäisen sedimenttitutkimuksen havaintopaikat keväällä 2019.
- Kuva 86 Havaintopaikan Rauanlahti 1 sedimenttinäyte (0 - 100 cm) 25.3.2019.
- Kuva 87 Havaintopaikan Rauanlahti 1 sedimenttinäyte (100 - 200 cm) 25.3.2019.
- Kuva 87 Havaintopaikan Rauanlahti 1 sedimenttinäyte (200 - 300 cm) 25.3.2019.
- Kuva 88 Havaintopaikan Rauanlahti 1 sedimenttinäyte (264 - 364 cm) 25.3.2019.
- Kuva 89 Rauanlahden sedimentaation jakautuminen spatiaalisella interpoloinnilla määritettynä.
- Kuva 90 Lehtori Tarmo Tossavainen mittaa pintasedimentin E_h -arvoa Rauanlahdella maaliskuussa 2019 (Kuva: Henri Heiskanen).
- Kuva 91 Esimerkki paikkatietopohjaisesta kaltevuusanalyysistä.
- Kuva 92 1-luokan koskikohteet Rauan- ja Aisusjoessa.
- Kuva 93 Luonnos koskipaikan kalataloudellisesta kunnostussuunnitelmasta.
- Kuva 94 Höytiäiseen osavaluma-alueittain kohdistuva kokonaisfosforikuormitus.

Kuviot

- Kuvio 1 Veden värin ja happamuuden vaikutus taimenen mädin kehitykselle.
- Kuvio 2 Pohjasedimentin pintakerroksen E_h -arvon suhde sedimenttisyvyyteen erityyppisissä järvissä.
- Kuvio 3 Rauanjoen vesistöalueen maanpeite corine2018 pääluokittain.
- Kuvio 4 Määperätyypit Rauanjoen vesistöalueella.
- Kuvio 5 Vuoden 2019 virtaamakäyrä ympäristöhallinnon hydrologiselta seuranta paikalta Rauanjoen alaosasta.
- Kuvio 6 Havaintopaikan Rauanjoki 2 kokonaisfosforipitoisuuden riippuvuus ajan suhteen.
- Kuvio 7 Havaintopaikan Rauanjoki 2 kokonaistyyppipitoisuuden riippuvuus ajan suhteen.
- Kuvio 8 Havaintopaikan Rauanjoki 2 pH-arvon riippuvuus ajan suhteen.
- Kuvio 9 Havaintopaikan Rauanjoki 2 veden väriluvun riippuvuus ajan suhteen.
- Kuvio 10 Pohjaeläimistön keskimääräinen taksonijakauma Rauanlahdella maaliskuussa 2019.
- Kuvio 11 Rauanlahteen kohdistuva keskimääräinen vuosittainen ulkoinen kuormitus eri kuormituslähteittäin.

Taulukot

- Taulukko 1 Nykytilan määrittäminen mukaillen vesipolitiikan puitedirektiivin pintavesien tyypittelyn perusteita.
- Taulukko 2 Veden humoosisuuden luokittelu näkösyvyyden mukaan.
- Taulukko 3 Veden happamuuden kuvaaminen pH-asteikon avulla.
- Taulukko 4 Vesistön rehevyystaso kokonaisfosforipitoisuuden mukaan.
- Taulukko 5 Vesistön rehevyystaso kokonaistyyppipitoisuuden mukaan.
- Taulukko 6 Hydrologis-morfologisten ominaisuuksien käyttäminen pintavesien ekologisen tilan arvioinnissa mukaillen 3. suunnittelukauden luokitteluohjeita.
- Taulukko 7 Ympäristömuutoksille herkät (intolerantit) ja kestävät (tolerantit) kalalajit.
- Taulukko 8 Eräiden kalalajien happamuuden sietokyky.
- Taulukko 9 Kiintoaineen ja ravinteiden ominaiskuormitus eri kuormituslähteistä.
- Taulukko 10 Redoxpotentiaalın muutoksen vaikutus hapetus-pelkistysreaktioihin.
- Taulukko 11 Tutkimuksessa käytetyt paikkatietoanalyysit.
- Taulukko 12 Maastoinventoinnissa käytetyt välineet.
- Taulukko 13 Maastoinventoinnissa havaitut koski- ja virtapaikat pisteytettiin niiden ominaisuuksien mukaan.
- Taulukko 14 Tietojärjestelmistä ja rekistereistä poimitut aineistot.
- Taulukko 15 Maastopäivien yhteydessä Rauanjoen vesistöalueella käytetyt tutkimusvälineet ja niiden käyttötarkoitukset.
- Taulukko 16 Maastopäivien yhteydessä Rauanlahdella käytetyt tutkimusvälineet ja niiden käyttötarkoitukset.
- Taulukko 17 Laboratoriotyöskentelyssä käytetty välineistö ja menetelmät.
- Taulukko 18 Jokikalaindeksin laskentakaava keskisuurien turvemaiden jokien tyyppille.
- Taulukko 19 Jokikalaindeksin vertailuarvot ja luokkarajat.
- Taulukko 20 Kuvassa 27 esitettyjen ylempien ja alempien jakovaiheiden osavalmu-alueiden hydrologiset tunnusluvut.
- Taulukko 21 Rauanlahden ja Rauanjärven teoreettiset viipymät.
- Taulukko 22 Maastoinventoinnissa kartoitetut 1-luokan koskikohteet.
- Taulukko 23 Maastoinventoinnissa kartoitettujen 1-luokan koskikohteiden pisteytys.
- Taulukko 24 Maastoinventoinnissa kartoitetut 2-luokan koskikohteet.
- Taulukko 25 Maastoinventoinnissa kartoitettujen 2-luokan koskikohteiden pisteytys.
- Taulukko 26 Maastoinventoinnissa kartoitetut 3-luokan koskikohteet.
- Taulukko 27 Maastoinventoinnissa kartoitettujen 3-luokan koskikohteiden pisteytys.
- Taulukko 28 Esteet, muokkaukset ja muut huomiot.
- Taulukko 29 Rauanlahden vedenlaadun mittaustulokset 19. ja 23.3.2019.
- Taulukko 30 Pohjois-Karjalan ELY-keskuksen vedenlaadun mittaustulokset Rauanlahti 32 havaintopaikalta vuosina 1982 - 2018.
- Taulukko 31 Rauanjoen vesistöalueen vedenlaadun mittaustulokset 24.4.2019 ja 26.4.2019.
- Taulukko 32 Rauanjoen vesistöalueen vedenlaadun mittaustulokset 23.5.2019.

- Taulukko 33 Pohjois-Karjalan ELY-keskuksen vedenlaadun mittaustulokset Rauanjoki 2 havaintopaikalta keväältä vuosina 2014 - 2017.
- Taulukko 34 Rauanjoen vesistöalueen vedenlaadun mittaustulokset 29. - 30.10.2019.
- Taulukko 35 Rauanjoen vesistöalueen vedenlaadun mittaustulokset 12.12.2019.
- Taulukko 36 Pohjois-Karjalan ELY-keskuksen vedenlaadun mittaustulokset Rauanjoen havaintopaikalta 2 syksyllä vuosina 2013 - 2017.
- Taulukko 37 Aisusjärven luusuan vedenlaadun mittaustulokset vuonna 2019.
- Taulukko 38 Pohjois-Karjalan ELY-keskuksen vedenlaadun mittaustulokset 6.2.2012 havaintopaikalta Aisus 4.
- Taulukko 39 Rauanjärven luusuan vedenlaadun mittaustulokset vuonna 2019.
- Taulukko 40 Pohjois-Karjalan ELY-keskuksen vedenlaadun mittaustulokset 26.3.2018 havaintopaikalta Rauanjärvi 1.
- Taulukko 41 Pohjois-Karjalan ELY-keskuksen vedenlaadun mittaustulokset 16.7.2018 havaintopaikalta Rauanjärvi 1.
- Taulukko 42 Pohjois-Karjalan ELY-keskuksen vedenlaadun mittaustulokset 7.8.2018 havaintopaikalta Rauanjärvi 1.
- Taulukko 43 Pohjois-Karjalan ELY-keskuksen vedenlaadun mittaustulokset 10.10.2018 havaintopaikalta Rauanjärvi 1.
- Taulukko 44 Ala-Aisusjärven luusuan vedenlaadun mittaustulokset vuonna 2019.
- Taulukko 45 Pohjois-Karjalan ELY-keskuksen vedenlaadun mittaustulokset 13.4.2005 havaintopaikalta Ala-Aisus 6
- Taulukko 46 Regressiomallin (kokonaisfosfori) ANOVA-testitulokset.
- Taulukko 47 Regressiomallin (kokonaisfosfori) yhteenveto.
- Taulukko 48 Regressiomallin (kokonaistyyppi) ANOVA-testitulokset.
- Taulukko 49 Regressiomallin (kokonaistyyppi) yhteenveto.
- Taulukko 50 Regressiomallin (pH arvo) ANOVA-testitulokset.
- Taulukko 51 Regressiomallin (pH arvo) yhteenveto.
- Taulukko 52 Regressiomallin (veden väriluku) ANOVA-testitulokset.
- Taulukko 53 Regressiomallin (veden väriluku) yhteenveto.
- Taulukko 54 Rauanjoen Myllykosken ja Aisusjoen Multisuonkosken pohjaeläinnäytteiden tulokset keväältä 2019.
- Taulukko 55 Jokijakson pohjaeläimistön havaintopaikkojen Shannon-Wiener -indeksit.
- Taulukko 56 Rauanlahden pohjaeläinnäytteistä havaitut taksonit.
- Taulukko 57 Rauanlahden pohjaeläinnäytteiden Shannon-Wiener-indeksit.
- Taulukko 58 Rauanjoen yläosan, Polvisuon kosken sähkökoekalastustulokset 11.8.2009.
- Taulukko 59 Rauanjoen alaosan sähkökoekalastustulokset 14.8.2009.
- Taulukko 60 Rauanlahden havaintopaikkojen sedimentin ulkonäkö ja kairaus-syvyydet keväällä 2019.
- Taulukko 61 Rauanlahden pintasedimentin hapetus-pelkistysaste (E_h) keväällä 2019.
- Taulukko 62 Rauanjoen vesistöalueen arvioitu fosforin vuosikuormitus Höytiäisen Rauanlahteen.
- Taulukko 63 Rauanjoen vesistöalueen arvioitu typen vuosikuormitus Höytiäisen Rauanlahteen.
- Taulukko 64 Yhteenveto Rauanlahden fosforimalleista.

Taulukko 65 Rauan- ja Aisusjoen 1-luokan koskikohteiden kunnostamisen kustannusarvio.

Kaavat

Kaava 1	Shannon Wiener entropian laskentakaava.
Kaava 2	Keskivirtaaman laskentakaava.
Kaava 3	Ainevirtaaman laskentakaava.
Kaava 4	Teoreettisen viipymän laskentakaava.
Kaava 5	Nettosedimentaatio Lappalaisen laskentakaavalla.
Kaava 6	Vesistön kokonaisfosforin sietokyvyn laskentakaava.
Kaava 7	Wollenweiderin fosforimalli "siedettävällä" kuormalle.
Kaava 8	Wollenweiderin fosforimalli "vaaralliselle" kuormalle.

Liitteet

Liite 1	Vesinäytteiden havaintopaikkojen koordinaatit.
Liite 2	Pohjaeläinten havaintopaikkojen koordinaatit.
Liite 3	Rauanlahtea koskevat paikkatietoanalyysit.
Liite 4	Laskennan välivaiheet.
Liite 5	Artikkeli sanomalehti Karjalaisessa 21.3.2019.

Lyhenteet

A	Pinta-ala.
E _h	Pelkistyspotentiaali, redoxpotentiaali.
Fe	Rauta.
Kok. N	Kokonaistyyppi.
Kok. P	Kokonaisfosfori.
Kok. syv.	Kokonaissyvyys.
Lt	Lämpötila.
MQ	Keskivirtaama.
Mq	Vuosikeskivaluma.
MQ	Vuosikeskivirtaama.
O ₂	Happi.
pH	pH-arvo.
PO ₄ ³⁻ P	Fosfaattifosfori.
Q	Virtaama.
T	Viipymä.
V	Tilavuus.

1 Johdanto

1.1 Tausta

Höytiäinen on Suomen 15:nneksi suurin järvi. Järvi tunnetaan parhaiten vuonna 1859 tapahtuneesta järvenlaskustaan. Harva kuitenkaan tuntee, mistä järvi saa vetensä. Vielä harvempi sitä, mitä vesi kuljettaa mukanaan ja miten se vaikuttaa vesiluontoon jo ennen järveen purkautumistaan.

Vesistöihin yhdistettävät arvot ja asenteet ovat muuttuneet selkeämmin välineellistävistä itseisarvoistaviksi. Monille vesistö on tärkeä virkistystyksen ja hyvinvoinnin lähde. Osin myös tästä syystä mielenkiinto vesistöjen hyvinvointia kohtaan on lisääntynyt. Viime vuosina on myös laajemmin havahduttu maamme vaelluskalankantojen heikkoon tilaan. Saimaan järvilohi on luokiteltu äärimmäisen uhanalaiseksi ja järvitaimen erittäin uhanalaiseksi kalalajiksi. Vaelluskalojen ympärille on muotoutumassa oma asialle omistautunut verkostonsa.

Julkinen hallinto on hoitanut lakisääteisiä tehtäviään ja huolehtinut EU:n vesipolitiikasta kumpuavien kansallisten vesienhoidon linjausten toimeenpanosta. Linjausten mukaan vesistöjen ihmistoiminnasta johtuva tilan heikentyminen tulee pysäyttää. Vesistöjen luokitteluun pohjautuen on pyrittävä vähintään hyvään tai sitä parempaan tilaluokkaan. Pyrkimystä varten laaditaan säännöllisin väliajoin vesienhoidon toimenpideohjelmat.

Vesistöala ja sen toimintaympäristö ovat kuitenkin hiljaisessa murroksessa. Julkishallinnon operatiivinen rooli on vähentynyt ja alihankintojen sekä ulkoistamisten määrä on lisääntynyt. Kentälle tarvitaan uusia, ketteriä ja sitoutumiskykyisiä toimijoita etenkin paikalliselle tasolle. Viimeisen vuosikymmenen kuluessa on perustettu useita paikallisia järviyhdistyksiä.

Paikallisen tason toiminnan taustalla on oltava vaikuttamassa riittävä ymmärtäneisyys ja tietoisuus toiminta-alueesta ja sen erityispiirteistä. Avointa tietoa on runsaasti saatavilla hajautetuissa tietokannoissa ja rekistereissä. Tietoa yhteen kokoamalla ja tulkitsemalla voidaan luoda pohjaa kohdennetulle ja tavoitteelliselle toiminnalle.

1.2 Pro Höytiäinen

Ranta-asukkaiden ja kesämökkiläisten huoli Höytiäisen pohjoispään vedenlaadun muutoksista pitkällä aikavälillä sai aikaan tarpeen järviyhdistyksen perustamiselle. Vedenlaadun heikkeneminen ilmenee maallikon silmin muun muassa lisääntyneenä rehevyytenä, veden samentumisena ja verkkojen limoittumisena. Pro Höytiäisen perustamiskokous pidettiin Kontiolahdella syksyllä 2014 edistämään tietoisuutta Höytiäisen, ja sitä ympäröivien alueiden ja vesien tilasta.

Järviyhdistyksen puheenjohtajan Kirsi Karhion mukaan Pro Höytiäisen visiona on olla tunnettu ja arvostettu toimija, jolla on laaja sidosryhmien verkosto. Suurimpana voimavarana halutaan pitää aktiiviset paikalliset jäsenet ja kasvavat jäsenmäärät. Yhdistyksen halutaan olevan helposti lähestyttävä, ja jonka tavoitteena ei ole vesistöalueen käytön rajoittaminen, vaan pikemminkin monipuolisen kestävän käytön lisääminen. Höytiäinen halutaan nähdä tulevaisuudessa biodiversiteetiltään monimuotoisena puhtaan veden altaana, joka tunnetaan monipuolisena ja hyvänä virkistyskohteena, ja jonka rantoja ympäröivät aktiiviset hyvinvointivat kyläyhteisöt ja kunnat. (Karhio 2019.)

Vuodelle 2019 Pro Höytiäinen on asettanut tavoitteeksi kartoittaa vesistökuunnostukselle sopivia pilottikohteita, sekä arvioida Höytiäiseen laskevien jokien potentiaalia vaelluskaloille. Toimintaa on tavoitteena jatkaa vuodelle 2020, sekä päästä aloittamaan vesistökuunnostustoimet niille valituilla pilottikohteilla (Toimintasuunnitelma ja talousarvio 2020, 2.). Yksi tapa edistää yhdistyksen tavoitteiden ja visioiden toteutumista on yhteistyö tutkimusta tekevien oppilaitosten kanssa. Yhteistyö Karelia-ammattikorkeakoulun kanssa aloitettiin vuodenvaihteessa 2018 - 2019. Tutkimuksellisen opinnäytteen kohteeksi haluttiin kokonaisuus, joka paitsi palvelisi yhdistyksen tavoitteiden edistämistä, olisi myös kokonaisvaltaisesti monipuolinen ja ajankohtainen. Parhaiten kriteerien todettiin täyttyvän Höytiäisen pohjoispäähän laskevan Rauanjoen vesistöalueen kohdalla.

2 Teoreettinen tausta

2.1 Keskeiset käsitteet

Kaukovaluma-alueella tarkoitetaan osavaluma-aluetta, jolta vesi virtaa vesimuodostumaan kulkien toisen vesimuodostuman kautta.

Lähivaluma-alueelta vesi valuu suoraan vesimuodostumaan pintavaluntana.

Koski- ja virtapaikoissa vesi virtaa silminnähden alavirran suuntaan ja virtapaikan alavesi on ylävettä alempana (kalastuslaki 4 §).

Ekologia on soveltava tieteenlaji, joka tutkii eliöiden, sekä elollisen ja elottoman luonnon keskinäisiä vuorovaikutussuhteita.

Vesiekosysteemillä tarkoitetaan elollisen ja elottoman vesiluonnon muodostamaa toiminnallista kokonaisuutta.

Biodiversiteetillä tarkoitetaan elollisen luonnon monimuotoisuutta.

Vaelluskalat (lohi, järvilohi, taimen, ankerias, toutain, nahkiainen, sekä siian, harjuksen ja nieriän vaeltavat muodot) ovat kalalajeja, jotka syntyvät virtavesissä, viettävät kasvuvaiheen järvessä tai meressä ja palaavat synnyinseudulle takaisin lisääntymään (Maa- ja metsätalousministeriö 2020).

Habitaatti on kalan tai muun vesielion elinympäristö, jossa se elää ja jonka se vaatii elinpiirikseen.

Sähkökoekalastus on tutkimusmenetelmä, jolla pyritään selvittämään virtavesien kalastorakennetta.

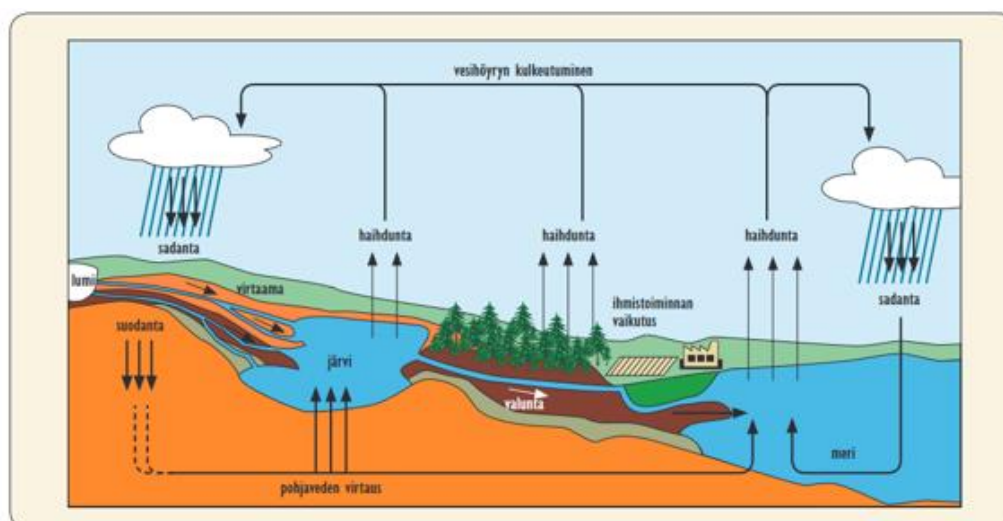
Suspensiolla tarkoitetaan aineen tai aineksen vesimassaan sekoittumista

Resuspensiolla tarkoitetaan jo kertaalleen painovoimaisesti sedimentoituneen aineen tai aineksen uudelleen veteen sekoittumista

2.2 Valuma- ja vesistöalueet

Maa- ja vesialueille sadantana tullut vesi valuu luontaisesti painovoiman vaikutuksesta alaspäin. Alueita, joissa valuminen tapahtuu, kutsutaan valuma-alueiksi. Valuma-alueita erottavat toisistaan topografialtaan korkeammat maastonmuodot, joita kutsutaan vedenjakajiksi. Valuma-alueita voidaan siis pitää vesistön perusyksikkönä, joilta sadantana tullut vesi poistuu samaa uomaan pitkin vettä varastoi-vaan vesimuodostumaan, kuten esimerkiksi järveen, lampeen tai mereen. Yhdessä useammat valuma-alueet muodostavat laajempia kokonaisuuksia, vesistöalueita. Esimerkiksi Höytiäisen vesistöalueen. Vesistöalue voidaan jakaa maanmuotojen mukaan useampiin pienempiin valuma-alueisiin eli osavaluma-alueisiin, kuten esimerkiksi Rauanjoen vesistöalueeseen. (Leppäranta ym. 2017, 56 - 57.)

Vesistöalueiden pintavettä keräävät, kuljettavat ja varastoivat osat voidaan jakaa edelleen erilaisiin vesimuodostumiin. Vesimuodostumia ovat esimerkiksi purot, joet, lammet ja järvet. Vesistöaluetta voidaankin pitää toisaalta eräänlaisena yhdestä tai useammasta vesimuodostumasta koostuvana vesistökokonaisuutena. Näiden kokonaisuuksien yhdyntävänä tekijänä ovat yhteiset vedenjakajat sekä veden virtaamisen jatkumo vesimuodostumasta toiseen.



Kuva 1. Veden kiertokulku ja vesistöt (Kettunen ym. 2007, 37).

2.3 Vesistöjen tilan arvioiminen

Tarkasteltavan vesistön tilan määrittäminen ja sen määrittäisperusteet riippuvat aina rajauksesta ja tavoitteenasettelusta, joiden puitteissa tila on tarpeen määritellä. 1990-luvulle asti Suomessa sovellettiin vedenlaatuun perustuvaa käyttökelpoisuusluokitusta, jossa arvio keskittyi vesimuodostuman veden käyttökelpoisuuteen ja käyttöarvoon (Penttinen & Niinimäki 2010, 202). Pian Suomen EU:hun liittymisen jälkeen unioni alkoi kehittää jäsenmailleen yhteiseurooppalaista vesistöjen ekologista tilaluokittelumallia, joka perustuu vesipolitiikan puitedirektiiviin. Puitedirektiivin mukainen luokittelu painottaa vesistön ekologista tilaa ja sen muuttuneisuutta ihmistoimintaa edeltäneeseen tilaan nähden (taulukko 1).

Nykyisellään puitedirektiivi ohjaa kansallista ympäristöpolitiikkaa ja määrittää edelleen viitekehyksen ympäristöhallinnon toteuttamalle vesienhoidon suunnittelulle ja sen täytäntöönpanolle. Yksi osa julkishallinnollista vesienhoidon suunnittelua ja toteuttamista on vesimuodostumien ekologisen tilaluokan määrittäminen. Vesimuodostuman tilaluokka muodostetaan sen hydrologis-morfologisten ominaisuuksien, veden fysikaalis-kemiallisen laadun sekä biologisten laatutekijöiden muodostamasta ekologisesta kokonaiskuvasta. (Vuori ym. 2006, 22, 25, 27.)

Taulukko 1. Vesistön tilan määrittäminen mukailen vesipolitiikan puitedirektiivin pintavesien ekologisen tilaluokittelun perusteita (Aroviita ym. 2019, 17; Vuori ym. 2006, 22 - 23).

Vesistön tilan määrittäminen	
Fysikaalis – kemiallinen vedenlaatu	Happamuus
	Ravinteet
	Humoosisuustekijät
	Raskasmetallit
Hydrologia ja morfologia	Vaellusesteet
	Virtaamavaihtelut
	Syvyysuhteet
	Uoman muoto ja muuttuneisuus
	Sedimentin rakenne ja olosuhteet
	Pohjan laatu ja rakenne
	Erosioprosessit
Biologinen tila	Pohjaeläimistö
	Kalasto
	Ranta- ja vesikasvillisuus

2.3.1 Fysikaalis-kemiallinen vedenlaatu

Näkösyvyys

Näkösyvyys on yksi yleisimmin käytössä olevista vedenlaadun mittausmenetelmistä, jolla voidaan tarkastella veden humoosisuuteen, vaikuttavia tekijöitä. Valtaosa Suomen järvistä on humuspitoisia. (Mitikka 2013, 3; taulukko 2.)

Taulukko 2. Veden humoosisuuden luokittelu näkösyvyyden mukaan (Granberg 2004, 18, Järnefeltin 1958 mukaan).

Luokittelu	Näkösyvyys (m)
Oligohumoosinen (kirkas)	> 3,5
Mesohumoosinen (lievästi ruskea)	3,5 - 1,25
Polyhumoosinen (ruskeavetinen)	< 1,25

Happi

Happea muodostuu vesimassaan ilmakehästä ilmastumisen, fotosynteesin seurauksena. Happipitoisuuteen vaikuttaa olennaisesti veden lämpötilasta johtuva kerrostuneisuus. Tavanomaisissa hyvissä olosuhteissa päällysveden happipitoisuus on tyypillisesti 12 - 13 mg/l, kun taas vastaavasti lämpimän veden aikaan kesällä 8 - 9 mg/l. Alusvedessä hapenkulutus johtuu pohjaan sedimentoituneesta aineksesta, joka hajotessaan lisää bakteerien ja hajottajaeliöiden happea kuluttavaa aineenvaihduntaa. Hapen kulutus on suurimmillaan kerrostuneisuusajan loppuvaiheella, jolloin alusveden happivarannot eivät pääse täydentymään. Normaalisissa ja hyväkuntoisissa järvissä on tyypillisesti happea alusveden syvänteissä 4 - 8 mg/l kerrostuneisuusajan loppuvaiheillakin. (Särkkä 1996, 50 - 51; Oravainen 1999, 4.)

pH

Veden happamuutta kuvataan vetyionikonsentraatioon pohjautuvan logaritmisen asteikon eli pH:n avulla. Yhden yksikön muutos pH:ssa merkitsee vetyionikonsentraation kymmenkertaistumista. Kesäaikana pH on levätuotannon takia yleensä aavistuksen korkeampi, kuin talvella. (Oravainen 1999, 12; taulukko 3.)

Taulukko 3. Veden happamuuden kuvaaminen pH-asteikon avulla.

Luokittelu	pH
Neutraali	7
Hapan	< 7
Emäksinen	> 7

Rauta

Raudan esiintyminen vedessä on varsin tyypillistä. Kirkkaissa vesissä rautapitoisuudet ovat varsin maltillisia, noin 50 - 200 µgFe/l. Tummemmissa suoperäisissä humusvesissä raudan pitoisuudet voivat kohota jopa tasolle 400 – 1 000 µgFe/l. Eroosioalttiissa virtavesissä rautapitoisuudet voivat kohota huuhtoutuvan maa-aineksen seurauksena tasolle 3 000 - 6 000 µgFe/l. (Oravainen 1999, 21.)

Fosfori

Fosforia esiintyy vedessä liukoisena ja kiintoaineeseen sitoutuneena. Fosfori on perustuotannon kannalta yleisesti merkittävin ravinne vesistöissä ja se toimii useimmiten kasvua rajoittavana minimiravinteena. Järven rehevyystasoa voidaan luokitella fosforipitoisuuden kautta (taulukko 4). Kasvusto ja levät pystyvät käyttämään tuotannossa ainoastaan fosfaattimuodossa esiintyvää liukoista fosforia. Fosfaattifosforin keskimääräinen pitoisuus järvissä on noin 4 µg/l. (Särkkä 1996, 64 - 65; Eloranta 2010, 84.)

Taulukko 4. Vesistön rehevyystaso kokonaisfosforipitoisuuden mukaan (Särkkä 1996, 122, Elorannan 1991 mukaan).

Luokittelu	Kokonaisfosforipitoisuus (µg/l)
Karu (oligotrofia)	< 15
Lievästi rehevä (mesotrofia)	15 - 25
Rehevä (eutrofia)	25 - 100
Erittäin rehevä (hypereutrofia)	> 100

Typpi

Typpi on fosforin tapaan vesistöissä esiintyvä tuotannolle merkittävä ravinne, jota esiintyy eniten kaasumaisessa muodossa liuenneena, mutta myös orgaanisiin yhdisteisiin sitoutuneena. Typen liukoisia muotoja ovat muun muassa ammoniumtyppi (NH_4^+), nitriittityppi (NO_2^-) sekä nitraattityppi (NO_3^-). Suomen järvien päänlyvesissä ammoniumtyppeä esiintyy keskimäärin 24 $\mu\text{g/l}$, nitriittityppeä 1 $\mu\text{g/l}$ ja nitraattityppeä 92 $\mu\text{g/l}$. (Särkkä 1996, 66 - 67.). Kokonaistypen pitoisuuksien määrittämä rehevyystaso ilmenee taulukosta 5.

Taulukko 5. Vesistön rehevyystaso kokonaistyyppipitoisuuden mukaan (Forsberg & Ryding, 1980, 189 - 207).

Luokittelu	Kokonaistyyppipitoisuus ($\mu\text{g/l}$)
Karu (oligotrofia)	< 400
Lievästi rehevä (mesotrofia)	400 - 600
Rehevä (eutrofia)	600 - 1 500
Erittäin rehevä (hypereutrofia)	> 1 500

Kiintoaine

Kiintoaineella ilmoitetaan vedessä esiintyvistä kiinteästä eloperäisestä tai elottomasta aineesta, jonka raekoko ylittää 0,45 μm . Kiintoaineen määrään vaikuttaa levät, eroosion irrottama maa-aines ja joissakin tapauksissa jätevesikuormitus. Puhtaassa ja kirkkaassa vedessä keskimääräinen kiintoainepitoisuus on luokkaa 1,0 mg/l . Jokivesien kiintoainepitoisuudessa on suuria vaihteluja vuodenajan mukaan. Pääsääntöisesti kevät- ja syysylivirtaaman aikana kiintoainepitoisuus voi kasvaa voimakkaastikin verrattuna kesäalivirtaamaan. Kalaston hyvinvoinnin kannalta yli 25 mg/l pitoisuudet voivat olla haitallisia. (Oravainen 1999, 9; Tietoa humuksesta 2012.)

Humus

Humus on erittäin hienojakoista ja liukoista eloperäistä ainesta, jonka raekoko on alle 0,45 µm. Suomen pinta-alasta lähes kolmannes on suoaluetta, joten vesistöt ovat luontaisesti humuspitoisia. Humusta päätyy vesistöön pääasiassa valuma-alueella sijaitsevista suoalueista. Veden luonnollisen ruskea sävy ja lievä happamuus johtuu yleensä humusyhdisteistä. (Särkkä 1996, 71; Tietoa humuksesta 2012.)

Alumiini

Alumiini on yksi maaperässä yleisesti esiintyvistä metalleista. Happamuuden tiedetään liuottavan alumiinia, jonka seurauksena sitä päätyy vesistöihin (Särkkä 1996, 70). Korkean alumiinipitoisuuden yhdistettynä matalaan pH-arvoon tiedetään voivan olevan erittäin haitallista kaloille ja vesieliöille. On kuitenkin todettu, että metallien ja happamuuden yhteisvaikutus riippuu kalalajeista, kalan elämänsä kierron vaiheesta sekä muista vedenlaadullisista tekijöistä, kuten kalsiumista ja humusaineiden pitoisuuksista. Tästä syystä tarkkaa alumiinin ja happamuuden kuolettavaa yhteisvaikutusta ei ole pystytty tarkasti osoittamaan. Alumiiniyhdisteiden on tutkittu olevan yleisesti myrkyllisimmillään pH-arvon laskiessa tasolle 4,5 - 5. (Sutela ym. 2012, 25, 27; Särkkä 1996, 70.)

Sähkönjohtavuus

Sähkönjohtavuus ilmentää vedessä olevien ionisoituneiden aineiden, kuten muun muassa veteen liuenneiden suolojen määrää. Tyypillisimpiä pintavesissä esiintyviä ionisoituneita aineita ovat esimerkiksi maa- ja kallioperästä liuenneet maa-alkalimetallit kalsium ja magnesium sekä alkalimetallit natrium ja kalium. Maaperästä voi liueta myös sulfaatteja, klorideja ja bikarbonaatteja. Vesistö tutkimuksessa sähköjohtavuuden avulla voidaan paikantaa esimerkiksi jätevesikuormituksen, sekä happamien sulfaattimaiden vaikutteisuutta kohonneina pitoisuuksina vedessä. Suomen sisävesissä sähkönjohtavuus vaihtelee keskimäärin välillä 5 - 13 mS/m. (Särkkä 1996, 50; Hadzic 2018, 8.)

2.3.2 Hydrologis-morfologiset ominaisuudet

Vesienhoidon järjestämistä koskevan asetuksen (1040/2006) mukaan hydrologis-morfologisilla ominaisuuksilla tarkoitetaan veden virtausolosuhteita, viipymää, korkeutta, syvyysuhteita sekä pohjan ja rantavyöhykkeen rakennetta. Nämä kaikki vaikuttavat myös suoraan tai välillisesti vesiekosysteemin ekologiseen tilaan (Vuori ym. 2009, 19). Hydrologis-morfologiset ominaisuudet ja niiden ihmisperäinen muuttuneisuus ovat mukana vesiputedirektiivin mukaisessa vesimuodostumien ekologisessa luokittelussa (Aroviita ym. 2019, 25, 29, 67). Keskeiset pintavesien tilan luokitteluun vaikuttavat ominaisuudet on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Hydrologis-morfologisten ominaisuuksien käyttäminen pintavesien ekologisen tilan arvioinnissa mukaillen 3. suunnittelukauden luokitteluohjeita (Aroviita ym. 2019, 66 - 67).

Tarkasteltavat hydrologis-morfologiset ominaisuudet	
Esteellisyys	Vesieliöston ja kalojen esteetön liikkuminen uomassa.
Allastuminen	Keinotekoisesti rakennettu pudotuskorkeus vesimuodostumassa.
Rakennettu osuus	Ihmistoiminnan vaikutukset uomaan ja vedenalaiseihin habitatteihin.
Säännöstely	Vedenkorkeuden säännöstelyn vaikutukset virtaamaan.
Virtaamavaihtelut	Ihmistoiminnan vaikutukset muutoksiin ylivirtaamajaksoissa, sekä kriittisten alivirtaamajaksojen yleisyys.

2.3.3 Biologiset tekijät

Kalasto

Kaloja on käytetty laajalti vesistöjen tilan indikaattoreina aina 80-luvulta lähtien. Kalasto sopii hyvin etenkin vesistöjen rakenteellisten muutosten ilmentäjäksi. Muutosten vaikutusta kohdevesistön biologisen tilaan voidaan tarkastella esimerkiksi indikaattorilajien, lajikoostumuksen, runsaussuhteiden, biomassa- ja yksilömäärien sekä ikärakenteen kautta. Jokivesistöissä havaintoja vaelluskaloista ja niiden lisääntymisestä voidaan pitää suorana indikaattorina jokisysteemin hyvästä ekologisesta tilasta (taulukko 7). (Vuori ym. 2006, 82 - 83, 90.) Toisaalta veden fysikaalis-kemialliseen laatuun ja ainevirtaamiin liittyvät kuormituspainee

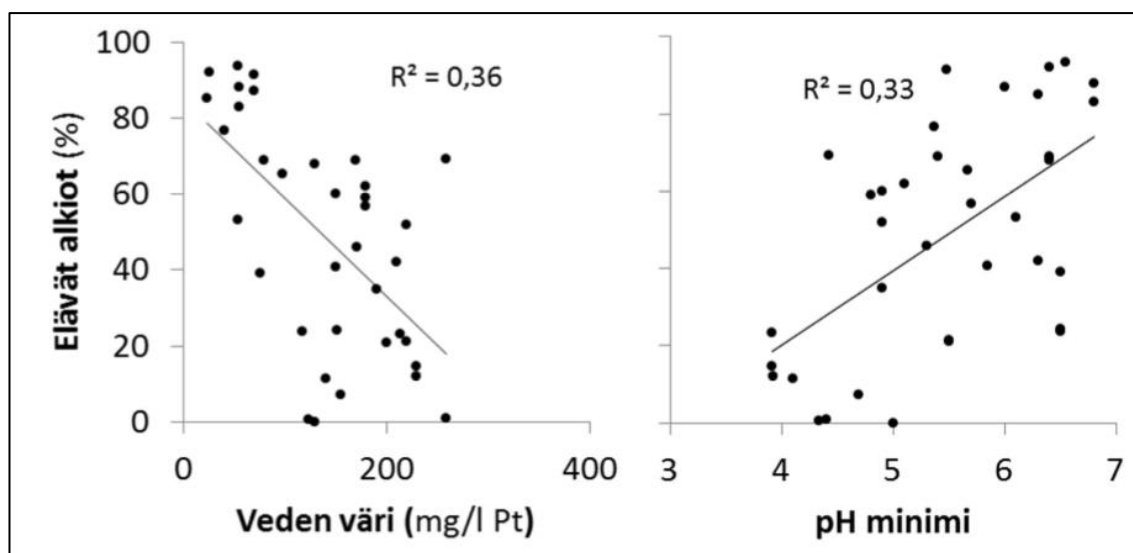
voivat vaikuttaa heikentävästi etenkin kalojen lisääntymiseen (taulukko 8 ja kuvio 1).

Taulukko 7. Ympäristömuutoksille herkät (intolerantit) ja kestävät (tolerantit) kalalajit (Aroviita ym. 2019, 46).

Herkät lajit	Kestävät lajit	Särkikalaryhmä
Lohi	Ahven	Salakka
Taimen	Kiiski	Seipi
Harjus	Kolmipiikki	Lahna
Kivisimppu	Kymmenpiikki	Törö
Kirjoeväsimppu	Särki	Turpa
Nahkiainen	Salakka	Ruutana
Pikkunahkiainen	Seipi	Sorva
Siika	Pasuri	Suutari
	Sorva	Sorva
	Suutari	Pasuri
	Ruutana	Vimpa
		Säyne

Taulukko 8. Eräiden kalalajien happamuuden sietokyky (Kilpinen 1988, 37).

Kalalaji	Kuolettava raja-arvo (aikuisvaihe)	Kalasto häviää (aikuisvaihe)	Häiriöitä lisääntymisessä (mädinkehitys, poikastuotanto)
	(pH)	(pH)	(pH)
Kirjolohi	5,5	5,5	6,0
Mutu	5,2	5,5	6,0
Made		5,5	6,0
Särki	4,2	5,3	7,7
Lohi		5,0	5,5
Purotaimen	4,1	4,5	5,5
Puronieriä		4,5	5,5
Ahven		4,0	5,5
Nieriä		5,0	5,2
Hauki		4,2	5,2
Harmaanieriä		5,2	5,8
Taimen		5,0	5,5



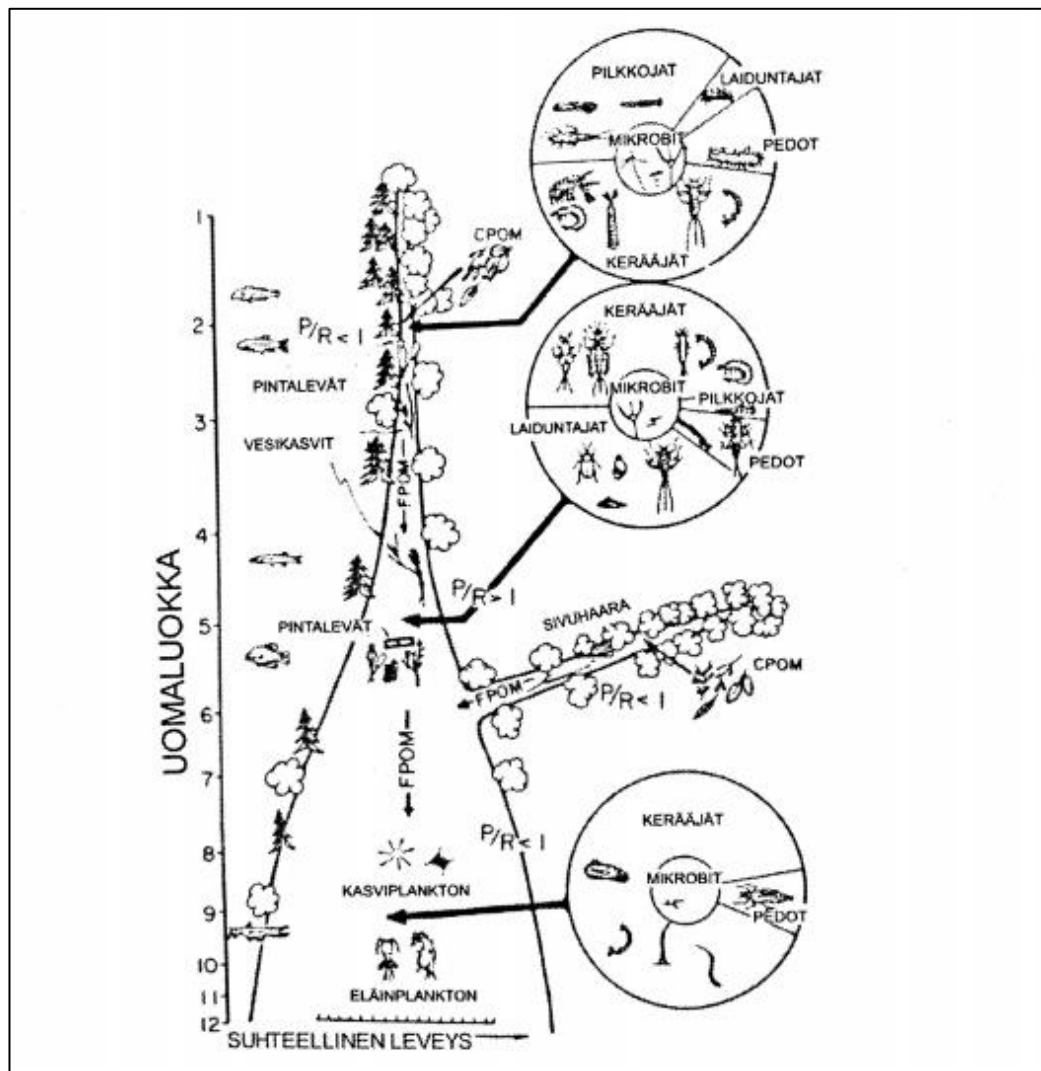
Kuvio 1. Veden värin ja happamuuden vaikutus taimenen mädin kehitykselle haudontakokeissa pääosin Suomesta kootun tutkimusaineiston perusteella (Syrjänen 2018,12).

Pohjaeläimet

Pohjaeläimistöllä käsitetään pintavesimuodostuman pohja-aineksessa, sen pinnalla tai vesikasvillisuudessa ainakin osan elämänkaartansa eläviä noin 0,5 mm seulalla eroteltavissa olevia selkärangattomia eläimiä. Pohjaeläimillä on suuri merkitys osana vesiekosysteemin ravintoverkkoa. Lisäksi niiden indikaattoriarvosta vesistöjen ekologisen tilan ilmentäjänä on olemassa runsaasti tutkittua tietoa. Kalojen ohella ne soveltuvat hyvin pitkän aikavälin ympäristökuormien ja vesialueiden rakenteellisten muutosten vaikutusten ilmentäjiksi. Esimerkiksi indikaattorilajien, lajikoostumuksen ja runsaussuhteiden perusteella voidaan saada runsaasti biologista tietoa vesistön tilasta. (Vuori ym. 2006, 75, 81.)

Pohjaeläimistöä voidaan jaotella niiden ravinnonkäyttömuotojen mukaan (kuva 2). Varjoisissa latvavesissä elää pääosin pilkkojapohjaeläimiä, jotka hyödyntävät rantakasvillisuuden tarjoamaa lehtikariketta ravinnokseen. Uomaverkostossa alavirtaan päin siirryttäessä hienojakoisempaa orgaanista aineista ravinnokseen käyttävien suodattaja- ja kerääjäpohjaeläinten osuus kasvaa. Suodattajapohjaeläimet ovat keskittyneet veden mukana kulkevan suspendoituneen aineksen ravintona hyödyntämiseen, kun taas kerääjäpohjaeläimet käyttävät ravintonaan pohjalle vajonneita ravintopartikkeleita. Lisäksi koko jokijaksolla esiintyy muita pohjaeläimiä ravintonaan käyttäviä petopohjaeläimiä ja päällynsyviä ravintonaan

käyttäviä kaapijapohjaeläimiä. Pohjaeläinyhteisöjen koostumus vaihtelee siis olennaisella tavalla vesimuodostuman tyyppin, ja sitä kautta saatavilla olevan ravinnon perusteella. Allasmaisten vesimuodostumien pohjaeläinyhteisöt koostuvatkin siten lähinnä yksinomaan pohjasedimenttiä ravintonaan käyttävistä kerääjäpohjaeläimistä. Latvapuroilla pohjaeläinyhteisö voi puolestaan olla hyvin monimuotoinen ja niissä lehtikariketta ravintonaan käyttävien pilkkojapohjaeläinten osuus on runsas. (Järvenpää 2004, 16 - 17; Suomen ympäristökeskus 2019a.)

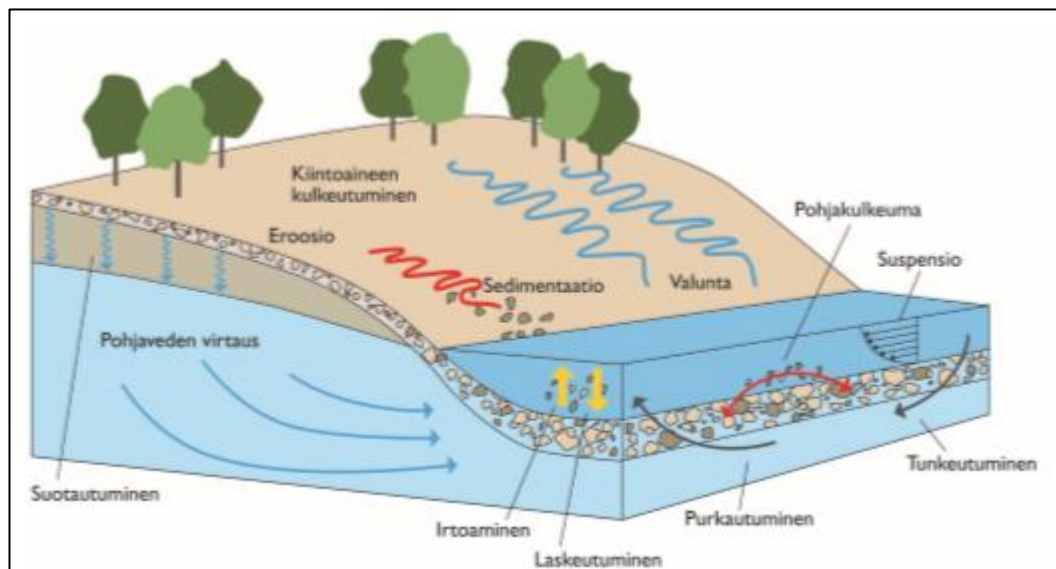


Kuva 2. Pohjaeläimistön esiintyminen ravinnonkäyttömuotojen mukaan (Järvenpää 2004, 16).

2.4 Vesistöjen tilaan vaikuttavat mekanismit

Huuhtouma ja ainevirrat

Valuma-alueelle satanut vesi ja lumi irrottavat maaperästä orgaanista ja epäorgaanista ainesta, jotka kulkeutuvat edelleen valumavesien mukana vesimuodostumiin (kuva 3). Vesipisarat irrottavat partikkeleita maan pinnalta ja uomassa virtaava vesi saattaa edelleen irrottaa ainetta uomassa tapahtuvan eroosion kautta. Veteen huuhtoutunut kevyempi aines kulkeutuu veden mukana vesimassaan sekoittuneena ja raskaampi aines pohjaa pitkin pohjakulkeumana. (Turunen ym. 2019, 11 - 13.) Nämä valumavesien liikuttelemat ainevirrat kuljettavat mukanaan ravinteita, kuten fosforia ja typpeä sekä epäorgaanista kiintoainesta ja orgaanisia humusyhdisteitä. Huuhtoutuvat humusyhdisteet vaikuttavat myös veden väriin, rehevyytasoon, rautapitoisuuteen ja happamuuteen alapuolisissa vesimuodostumissa (Turunen ym. 2019, 29).



Kuva 3. Kiintoaineen kulkeutuminen valunnan aiheuttaman eroosion seurauksena valuma-alueelta (Turunen ym. 2019, 13).

Huuhtoumasta ja eroosiosta lähtöisin olevaa ulkoista kuormitusta tulee vesistöihin valuma-alueilta luontaisesti, mutta ihmistoiminnan vaikutukset, kuten maankäyttöön liittyvät muokkaustoimet lisäävät ulkoisen kuormituksen kokonaismäärää (Eloranta 2010, 81). Suomen ympäristökeskuksen (Tattari ym. 2015, 34) tut-

kimuksen mukaan (taulukko 9) esimerkiksi typpeä ja fosforia huuhtoutuu luonnontilaiselta valuma-alueelta noin 5 kg ja 130 kg neliökilometriä kohden vuodessa. Vastaavasti muokatulta metsätalousmaalta vuosittainen huuhtouma on noin 1 900 kg typpeä ja noin 10 kg fosforia neliökilometriä kohden. Ilmalaskeumana fosforia päätyy vesistöön 10 kg ja typpeä 300 kg yhtä neliökilometriä kohden vuodessa.

Taulukko 9. Kiintoaineen ja ravinteiden ominaiskuormitus eri kuormituslähteistä (Tattari ym. 2015, 34).

Hajakuormitus	Kiintoaine (kg/ha)	Kokonaisfosfori (kg/ha)	Kokonaistyyppi (kg/ha)
Luonnonhuuhtouma	5,1	0,05	1,3
Metsätalous	97	0,05	0,6
Maatalous	610	1,1	15
Laskeuma veteen		0,1	3
Haja-asutus	5,2	0,37	2,5
Hulevedet	297	0,39	4,7

Vesistöalueiden hydrologis - morfologiset ominaisuudet, kuten valumaolosuhteet sekä uomien ja altainen rakenneominaisuudet, vaikuttavat veden virtaamiseen ja varastointikapasiteettiin, kuten viipymään, ja ovat siten myös ainevirtojen, sekä aineiden kiertokulun kannalta keskeisiä tekijöitä. (Turunen ym. 2019, 60 - 61; Järvenpää 2004 18 - 23.) Tästä syystä aineiden kulkeutumista ja ulkoista kuormitusta arvioitaessa onkin perusteltua tarkastella valuma-alueita kohdennetusti ja ottaa huomioon niiden yksilölliset ominaispiirteet. (Kotanen 2005, 67, 70; Eloranta 2010, 84).

Luontaisessa tasapainossa olevan virtaavan veden systeemin eroosio-, ainekulkeuma- ja sedimentaatioprosessit ovat tasapainossa, eikä yksikään niistä liiemmästi korostu, vaan prosessit vuorottelevat jokseenkin tasaisesti. Epätasapainossa olevassa systeemissä voidaan havaita esimerkiksi eroosion tai sedimentaation voimakasta alueellista keskittymistä ja kasaantumista. (Järvenpää 2004, 72; Eloranta 2010, 84.)



Kuva 4. Turvemaiden uudisojitukset olivat kiivaimmillaan vuosien 1960 - 1970 välisenä aikana. Kosteaa maaperää pyrittiin saamaan metsätaloudellisesti kannattavaksi sen vesitaloutta muuttamalla. (Kuva: Lähteenmäki 2013, 4).

Sedimentaatio

Virtavesisysteemeissä suspendoituneen aineksen sedimentaatiota tapahtuu virtausnopeuden hidastuessa suvantomaisiin altaisiin. Virtavesisysteemeille ominaista on ylivirtaamakausilla tapahtuva virran voimasta tapahtuva sedimentin resuspendoituminen ja sitä seuraava uudelleen sedimentoituminen virtausnopeuden jälleen hidastuessa suvantomaiseen paikkaan, välijärveen tai alapuoliseen suurempaan vesistöön. Suspendoitumaton raskas aines, kuten hiekka tai karkeampi kivilajite puolestaan kulkeutuu virran voiman vaikutuksesta uoman pohjaa pitkin pohjakulkeumana. Näin osa valuma-alueelta huuhtoutuvasta aineksesta saavuttaa ennen pitkää myös lopullisen sijansa alapuolisessa vesisaltauksessa, joko mineralisoituen ja hajoten ekosysteemin käyttöön tai sedimentoituen altaan pohjalle. (Eloranta 2010, 13 - 14; Järvenpää 2004, 18 - 20; Turunen ym. 2019, 12 - 14 & 29).

Vesimuodostumien pohjaan kerrostuva pohjasedimentti muodostuu ulkoisena kuormituksena systeemin ulkopuolelta tulevan ns. allohtonisen ja systeemin itsensä tuottaman ns. autoktonisen aineksen laskeutuessa painovoiman vaikutuksesta vesimuodostuman pohjaan. (Särkkä 1996, 125 - 126). Yleisesti sedimentaatio luonnontilaisissa vesistöissä tapahtuu noin 1 millimetrin vuosivauhdilla. Ihmistoiminnan vaikutus valuma-alueella lisää ulkoista kuormitusta vesistöön, jolloin sedimentaatiota voi tapahtua jopa 20 - 30 mm vuodessa. (Penttinen & Niinimäki 2010, 88.)

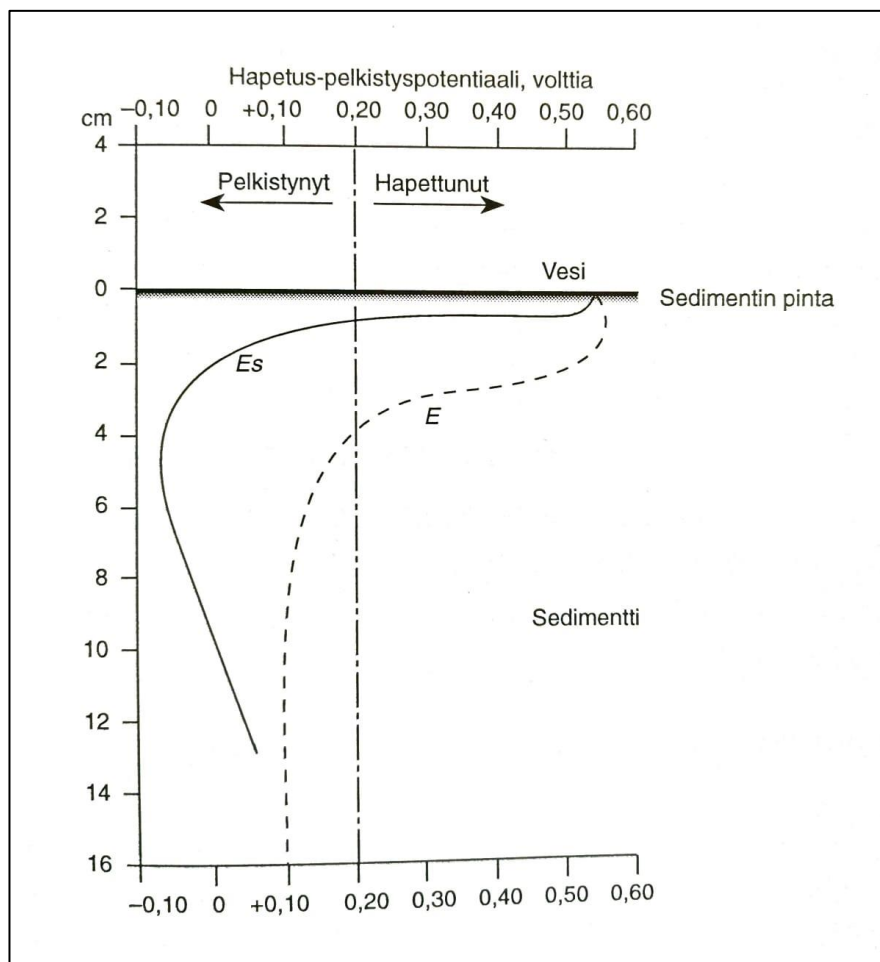
Karuissa järvissä sedimentaatiota ei juurikaan tapahdu, vaan järven pohjan muodostaa epäorgaaninen mineraaliaines, kuten savi tai hiekka. Rehevissä järvissä, joissa ulkoinen kuormitus, oma tuotanto tai molemmat ovat korkeita, myös sedimentaatio voi olla voimakasta. (Seppänen 1985, 161; Penttinen & Niinimäki 2010, 34 - 35.) Tämä näkyy usein liettymisenä ja veden näkösyvyyden alhaisuutena (Penttinen & Niinimäki 2010, 37 - 38).

Sisäinen kuormitus

"Terveessä" järvioltaassa pohjasedimentin orgaanisiin hiiliketjuihin sitoutuneena olevat aineet, kuten raskasmetallit ja ravinteet säilyvät pidättyneenä altaan pohjassa. Runsaasti liettyneillä pohjilla, orgaanisen, pohjalle laskeutuneen aineksen hajoaminen jatkuu edelleen, jolloin pintasedimentin hidas aerobinen hajoaminen kuluttaa alusvedestä happea hajottajamikrobien aineenvaihduntaan. Lisääntynyt hapenkulutus voi aiheuttaa etenkin kerrostuneisuusjaksojen aikana hapettomuutta alusvedessä, jolloin sedimenttiin varastoituneet ravinteet vapautuvat anaerobisten hajoamisprosessien seurauksena liukoisessa muodossa uudelleen vesimassaan (taulukko 10). Ravinteiden vapautumisen on todettu olevan kytköksissä sedimentin pinnassa vallitsevaan hapetus-pelkistystilaan (kuvio 2). Sedimentin hapettuneisuutta voidaan mitata hapetus-pelkistys-asteella eli E_h -arvolla. (Särkkä 1996, 60 - 61; Vahtera & Lukkari 2015, 7, Almroth-Rossel ym. 2015 mukaan; Penttinen & Niinimäki 2010, 96 - 97.)

Taulukko 10. Redoxpotentiaalin muutoksen vaikutus hapetus-pelkistysreaktioihin (Särkkä. 1996, 60 - 61).

E_h -arvo (mV)	Kemiallinen tai biologinen reaktio
+520	Järvivesi on kauttaaltaan kyllästynyt hapella
+450 -> +400	$\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^-$
+400 -> +350	$\text{NO}_2^- \rightarrow \text{NH}_4^+$
+300 -> +200	Fe^{3+} (ferrirauta) \rightarrow Fe^{2+} (ferrorauta) $\text{FePO}_4 \rightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{PO}_4^{3-}$ (ravinteiden liukeneminen pohjasedimentistä = järven sisäinen kuormitus)
+100 -> +60	$\text{SO}_3^{2-} \rightarrow \text{S}$
-150	H_2S :n (rikkivedyn) vapautuminen pohjasedimentistä alkaa
-250	CH_4 (metaanin) vapautuminen pohjasedimentistä alkaa

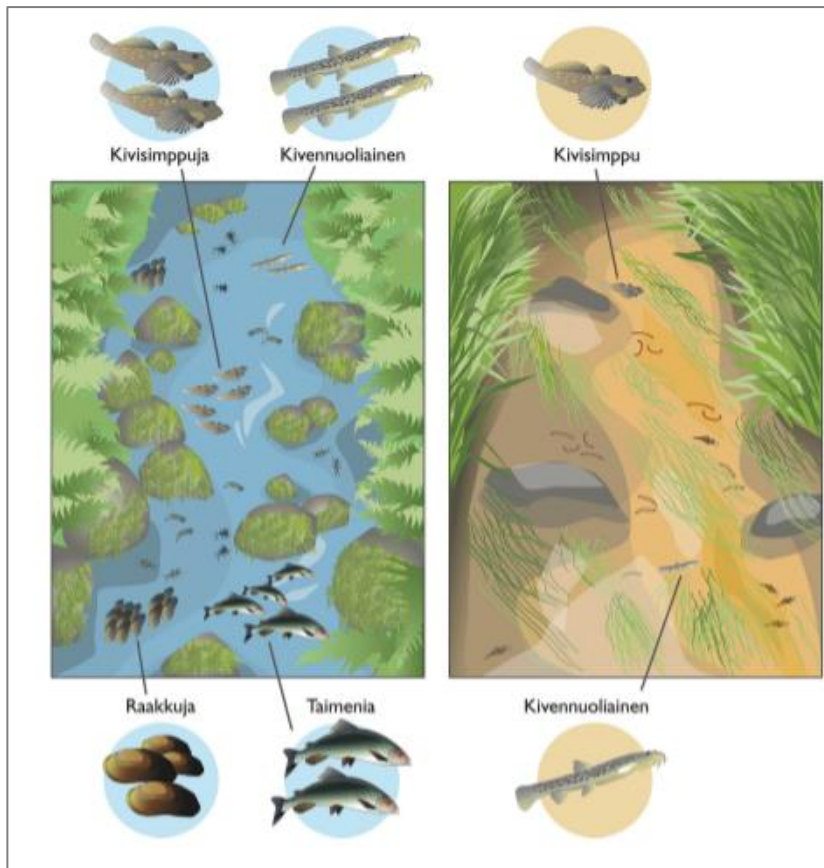


Kuvio 2. Pohjasedimentin pintakerroksen E_h -arvon suhde sedimenttisyvyyteen erityyppisissä järvissä. Kuviossa tunnus E_s kuvaa rehevää järveä ja E karua järveä (Särkkä 1996, 61).

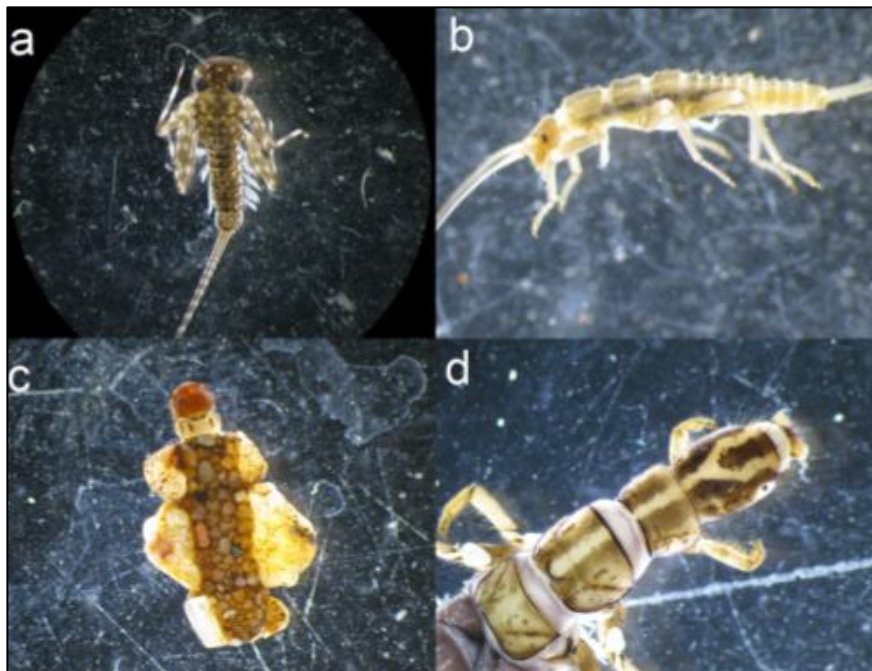
Habitaattimuutokset

Häiriintymättömissä luonnontilaisissa vesiekosysteemeissä on aikojen saatossa kehittynyt vallitseville olosuhteille ominainen ja niihin sopeutunut eliöyhteisönsä. (Eloranta 2010, 16 - 17). Vesistökokonaisuuden luontaisten hydrologis-morfologisten ominaisuuksien muuttuminen tai valuma-alueen maankäytölliset muutokset voivat aiheuttaa muutospainetta myös eliöyhteisölle niiden elinympäristössä tapahtuvien muutosten seurauksena. Esimerkiksi maankäytön muokkauksista ja uomaverkoston perkaamisesta seurannut kohonnut ulkoinen kuormitus sekä virtaamaolosuhteiden yksipuolistuminen ja äärevöityminen voivat näkyä alkuperäisiin olosuhteisiin sopeutuneiden eliölajien taantumisenä ja puolestaan muutoksille sieto- ja sopeutumiskykyisempien lajien runsastumisena (kuva 5). Yksittäiset ravintoverkon avainlajit tai lajiryhmät edelleen voivat hävitessään tai taantuaan vaikuttaa merkittäväällä tavalla koko vesiekosysteemin eliöyhteisön luonteeseen. (Eloranta 2010, 16 - 17; Turunen ym. 2019, 43.)

Virtaamien luontaisten vaihteluvoimakkuuksien kasvaminen eli äärevöityminen johtuu pääsääntöisesti vedenjohtokykyyn vaikuttavasta maamuokkauksesta valuma-alueella, kuten suo- ja metsäojituksista (Turunen ym. 2019, 21, 24). Valuma-alueelle satanut vesi ei luontaisesti varastoidu alaviin kohtiin tai maaperän pintakerrokseen, josta ne luovuttaisivat vettä tasaisesti läpi vuoden, vaan sen sijaan vesi jatkaa suoraviivaisesti kulkuaan ojaverkostoa pitkin alla olevaan vesistöön. Tästä seuraa alivesikausien pitkittymistä sekä tulvahuippujen voimistumista. Tätä kautta myös vesieliöstön elinympäristöt, kuten kalojen ja pohjaeläinten luontaiset habitaatit, kokevat muutoksia ja aiheuttavat edelleen muutospaineita eliöyhteisöille. Vastaavat maanmuokkaustoimet lisäävät myös ulkoisen kuormituksen määrää, mistä voi seurata ainepitoisuuksien ja -kulkeumien sekä sedimentaation voimistumista. Nämä muutokset muuttavat myös eliöyhteisöjen elinolosuhteita (kuva 6) esimerkiksi happamoittamalla, liettämällä ja rehevöittämällä vesistöjä. (Eloranta 2010, 13; Penttinen & Niinimäki 2010, 94 - 95.)



Kuva 5. Liiallisen hiekan sedimentaation vaikutukset eliöyhteisöön (Turunen ym. 2019, 43).



Kuva 6. Päivänkorennot (a), vesiperhoset (c ja d) ja koskikorennot (b) ovat tyypillisesti herkimpiä vesiyhteisöryhmiä kiintoaineen liialliselle sedimentaatiolle (Turunen ym. 2019, 36).

2.5 Vesistökuunnostukset

Ulkoisen kuormituksen hillitseminen

Ulkoisen kuormituksen hillitsemisen päämääränä on kuormituksen syntymisen estäminen ja sen pidättäminen lähelle kuormittavia alueita (Suomen ympäristökeskus 2019b; Eloranta 2010, 85). Valuma-alueelta tulevan ulkoisen kuormituksen hillitsemiseksi voidaan rakentaa vesiensuojeluteknisiä rakenteita, kuten muun muassa kosteikkoja, pintavaluntakenttiä, laskeutusaltaita, lietekuoppia, pohjapatoja sekä ottaa käyttöön luontaisia uomia. Selkeitä yleispäteviä ohjeita kunnostuksissa käytettävistä rakenteista ei voida yksiselitteisesti osoittaa, vaan ulkoisen kuormituksen hillitsemiseksi sovelletaan kohdennettua tapauskohtaista arviointia. Soveltuvista vesiensuojelurakenteista pyritään siten luomaan kohteena olevan alueen kuormitusvähentämistarpeeseen sopiva riittävän tehokas yhdistelmä. (Ulvi & Lakso 2005, 137; Penttinen & Niinimäki 2010, 249.)

Kosteikoilla, laskeutusaltailla, pintavaluntakentillä, lietekuopilla ja uomaverkkoon pohjapatojen avulla tehtävillä allastuksilla pyritään pidättämään valuma-alueelta tulevasta vedestä kiintoainetta ja siihen sitoutuneena olevia ravinteita. Kosteikoilla ja pintavaluntakentillä saadaan puolestaan edellä mainittujen lisäksi pidätettyä myös liukoisessa muodossa olevia ravinteita (Ulvi & Lakso 2010, 147). Riittävän suureksi mitoitettulla kosteikolla (kuva 7) saadaan poistettua fosforin lisäksi myös vedessä olevaa typpeä haihtumisen eli denitrifikaatioprosessin seurauksena. Myös kosteikon perustuotanto eli kasvit ja levät hyödyntävät vedessä olevia liukoisia ravinteita. Tehokkaimpaan lopputulokseen päästään kosteikoilla, joiden pinta-ala on yli 2 % sen yläpuolisesta valuma-alueesta. Oikein ja riittävän tehokkaiksi mitoitetuilla kosteikoilla fosforin pidätyskyky voi olla jopa 62 %, typen 48 % ja kiintoaineen 60 %. (Ulvi & Lakso 2010, 146 - 147.)



Kuva 7. Höytiäisen lähivaluma-alueella sijaitseva Keljosen kosteikko elokuussa 2018. (Kuva: Kirsi Karhio).

Sisäisen kuormituksen hillitseminen

Sisäistä kuormitusta voidaan pyrkiä hillitsemään vesimuodostumissa, joissa luontainen kuormituksen sieto- ja vastaanottokyky on ylittynyt ja rehevöitymiskehitys on edennyt pitkälle. Sisäisen kuormituksen hillintämenetelmillä pyritään muun muassa vähentämään altaan pohjalle sedimentoituneen orgaanisen aineksen happea kuluttavaa vaikutusta ja esimerkiksi ylitieheän, särkikalavaltaisen kalakanan aiheuttamaa rehevöitymisen kiihtymistä. Sisäisen kuormituksen mekanismeihin voidaan vaikuttaa muun muassa alusveden hapettamisella, ruovikon niittämällä (kuva 8), pohjan pöyhinnällä, sekä vinoutuneeseen kalastorakenteseen kohdistetulla biomanipulaatiolla. (Ulvi & Lakso 2010, 153, 171, 327 - 330.)



Kuva 8. Vesikasvuston niittämistä Truxor-mallisella lautalla (Ruovikon vesileikkuu 2014).

Virtavesikunnostukset

Virtavesiin kohdistuneet ihmistoimet kuten patoaminen ja perkaaminen uittotoiminnan, energiantuotannon, kuivatuksen ja tulvasuojelun tarpeisiin ovat muuttaneet virtavesien vedenlaatua ja niiden luontaisia hydrologisia ja morfometrisiä ominaisuuksia. Tätä kautta virtavesissä on tapahtunut myös vesieliöiden tilaa heikentäviä habitaattimuutoksia. Esimerkiksi luontaisesti lisääntyvät lohikalakannat ovat taantuneet Suomessa voimakkaasti. (Suomen ympäristökeskus 2019c.)

Virtavesikunnostuksilla pyritään parantamaan vesieliöstön elinympäristöjä eli habitaatteja lähemmäksi niiden luontaista tilaansa. Kunnostuksissa pyritään huomioidaan eri kehitysvaiheissa olevien vesieliöiden vaatimukset, kuten esimerkiksi lohikalajien elinkierron eri vaiheet luontaisesta lisääntymisestä sukukypsyyden saavuttamiseen (Eloranta 2010, 19). Kunnostuksia voidaan toteuttaa pienimuotoisemmilla kohteilla talkootyönä esimerkiksi kutusoraikoita ja poikastuotantoalueita rakentamalla (kuva 9). Suuremmilla kohteilla kunnostus voidaan toteuttaa myös konetyönä ja viimeistellä henkilötyönä. Kaiken kunnostustoiminnan perustana tulisi olla kunnostuskohteen ekologisen tilan parantaminen, joten kunnostusten taustaselvityksiin ja suunnittelutöihin sekä vaikutusten seurantaan on perusteltua suhtautua riittävällä vakavuudella (Eloranta 2010, 19).



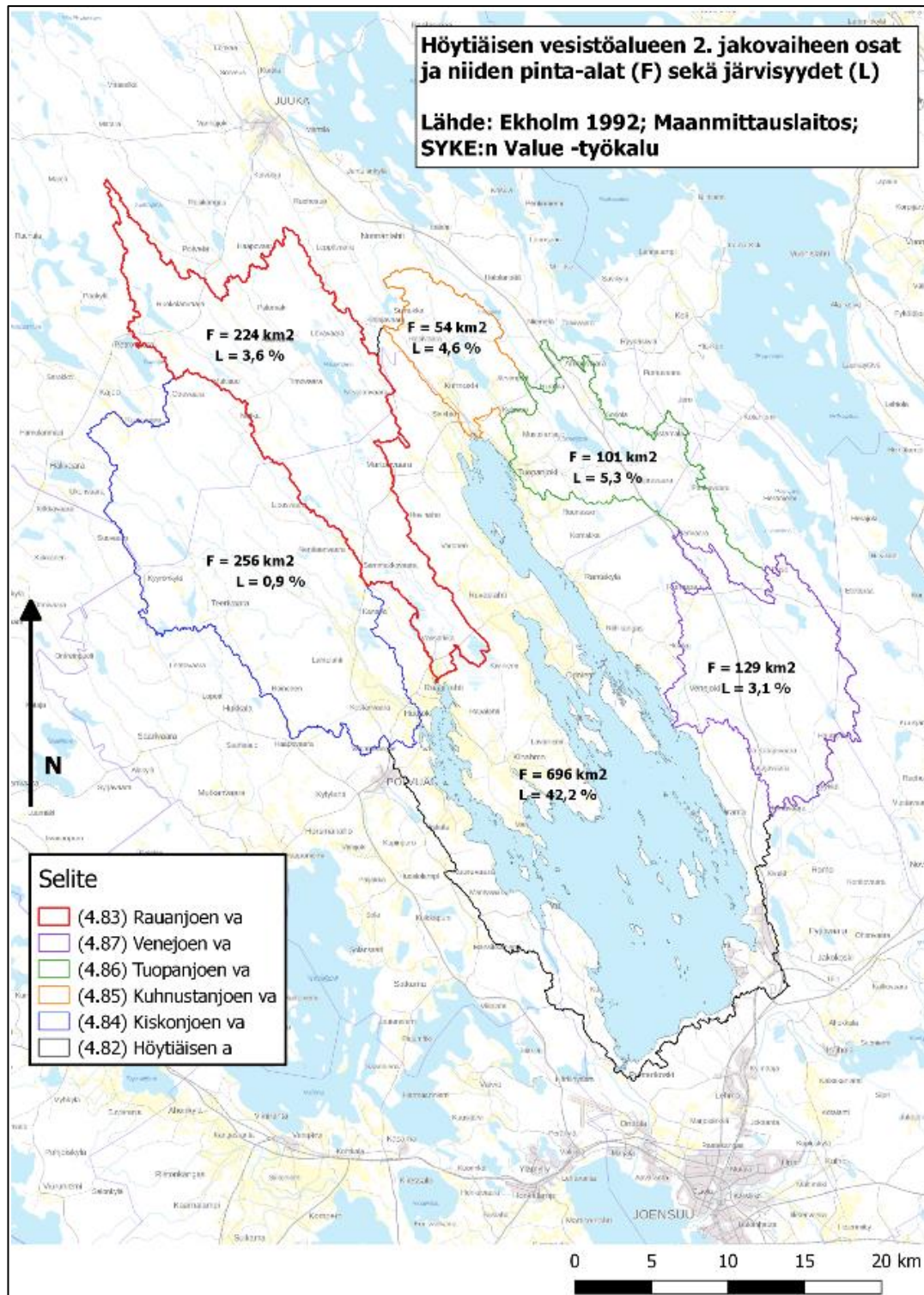
Kuva 9. Talkoovoimin tapahtuvaa virtaveden kunnostamista Rauanjoella syksyllä 2019. Koskipaikkaa kunnostettiin muun muassa kiveämällä ja kutusoraikoita tekemällä (Kuva: Kirsi Karhio).

3 Tutkimusalue ja alkutilanteen kartoitus

3.1 Höytiäisen vesistöalue ja Rauanlahti

Tutkimuksen taustalla vaikuttavana kokonaisuutena voidaan pitää Höytiäisen vesistöaluetta. Höytiäinen sijaitsee Polvijärven, Juuan -ja Kontiolahden kuntien alueella Pohjois-Karjalassa. Höytiäisen lähihistoriaa määrittää voimakkaasti vuonna 1859 tapahtunut järvenlasku, jonka seurauksena vedenpinta laski 9,5 metriä ja paljasti 15 700 hehtaaria vesijättömaata. Ennen järvenlaskua Höytiäinen purki vetensä järven länsiosassa sijaitsevan Viinijoen kautta Viinijärveen ja aina edelleen Pyhäselkään. Nykyisellään Höytiäinen laskee vetensä Pyhäselkään järven eteläpäässä sijaitsevan Höytiäisen kanavan kautta. (Pihlatie ym. 2009.)

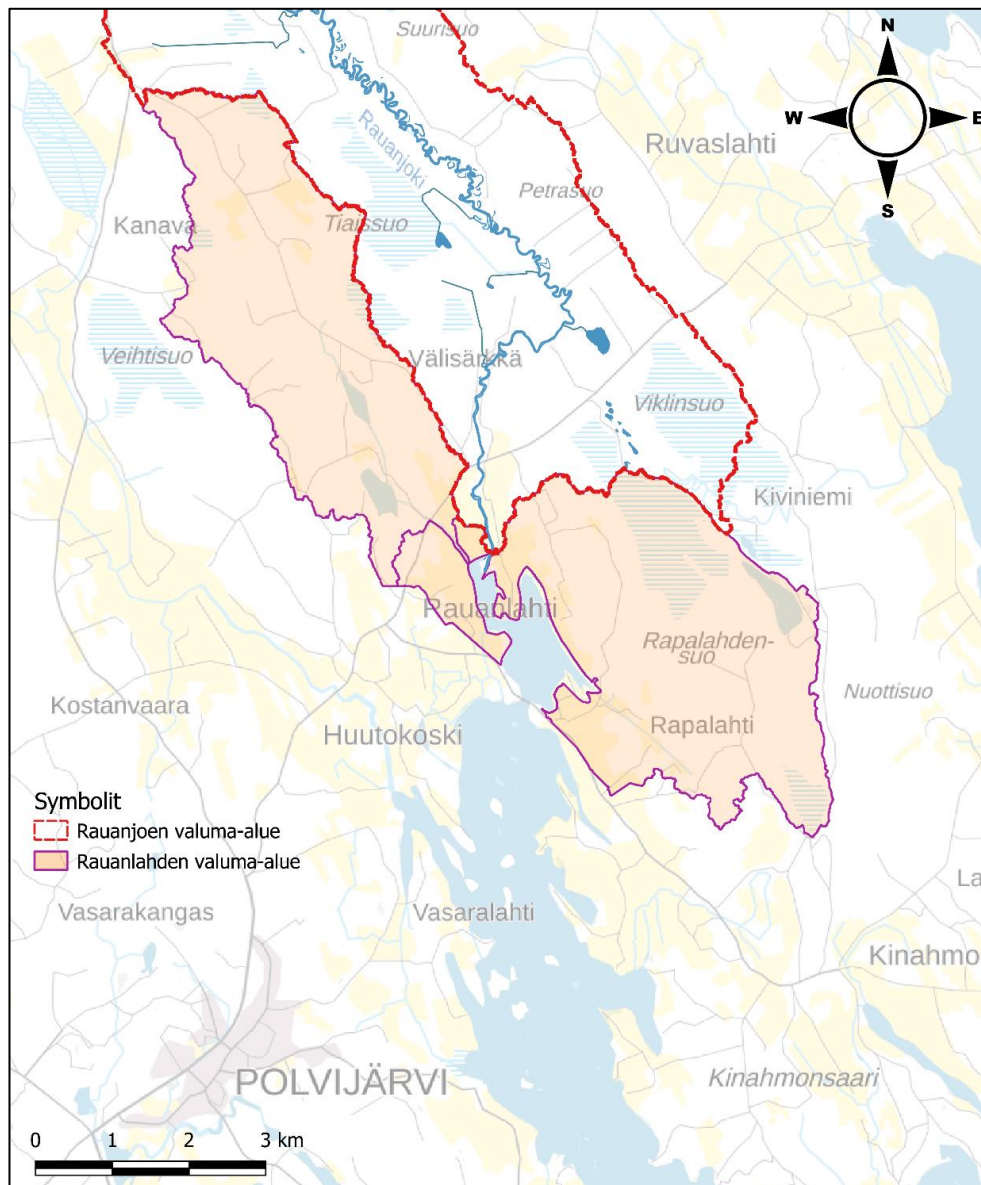
Nykyisellään Höytiäistä voidaan luonnehtia melko kaksijakoiseksi järveksi. Järven eteläosa muodostuu kirkasvetisestä suuresta ulapasta, jota muutamat saaret halkovat. Pohjoinen Höytiäinen puolestaan muodostuu tummavetisemmistä matalista ja runsassaarisista lahtialueista, joihin laskevat vetensä suuret laskujoet, kuten Kiskonjoki, Rauanjoki, Tuopanjoki ja Kuhnustanjoki. (Kuva 10.)



Kuva 10. Höytiäinen jaettuna osavesistöalueisiin 2. jakovaiheen mukaan (Tasutakartta 1: 200 000 © Maanmittauslaitos 2019; VALUE-työkalu © SYKE 2019).

Rauanlahti (kuva 11) sijaitsee järven pohjoisosissa Polvijärveltä katsottuna koilliseen, lähellä Ruvaslahden kylää (kuva 10). Rauanlahti ottaa vastaan Rauanjoen vesistöalueelta purkautuvan veden ja purkaa sen edelleen Selkäsalmen kautta

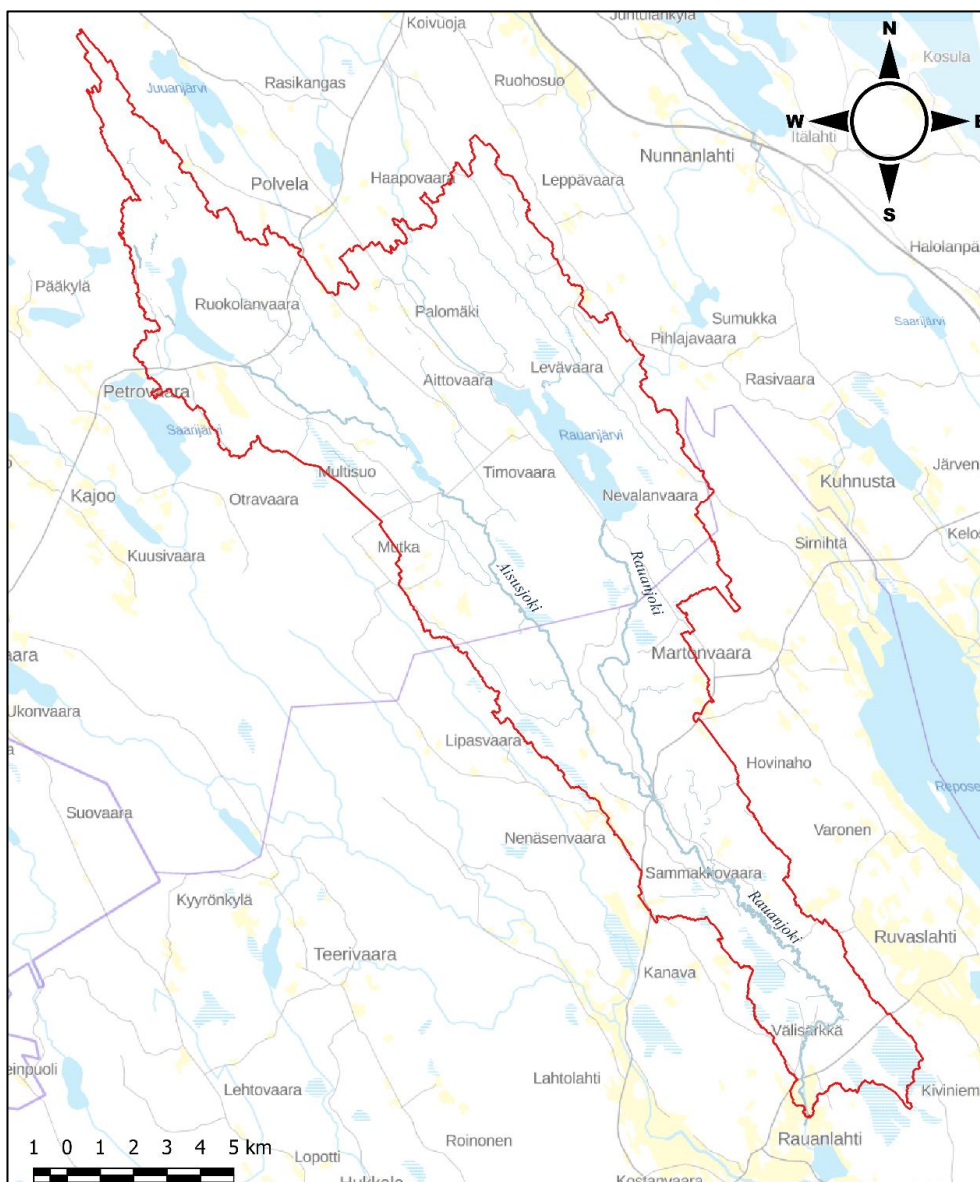
pohjoiselle Höytiäiselle. Rauanlahden valuma-alueen pinta-ala on noin 26 km² ja vesipinta-ala on 109 ha. Valuma-alueen maankäyttö muodostuu pääosin maatalousmaasta (3,04 km²) sekä metsätalousmaasta (19,82 km²). Tarkempi maankäytön analyysi on esitetty liitteessä 3. Vuoksen tulvariskien alustavassa arvioinnissa (2011) mainitaan Rauanlahden lähialueella tehdyistä maatalousmaan pengerryksistä vuosien 1960 - 1970 välisenä aikana (Suomen ympäristökeskus 2011, 66).



Kuva 11. Höytiäisen Rauanlahti ja Rauanlahden valuma-alue (Taustakartta 1: 80 000 © Maanmittauslaitos 2020; Ranta10-aineisto © SYKE 2020).

3.2 Rauanjoen vesistöalue

Opinnäytetyön kohteena oleva Rauanjoen vesistöalue (kuva 12) muodostuu kahdesta joesta, Aisusjoesta ja Rauanjoesta, jotka yhtyvät yhdeksi uomaksi noin 10 kilometriä ennen purkautumistaan Höytiäisen Rauanlahteen. Joet saavat alkunsa niiden Juuan kunnan puolella sijaitsevista latvajärvistä, Aisuksesta ja Rauanjärvestä. Kummallakin joella on ollut historiallista merkitystä Höytiäisellä tapahtuneessa puunuitossa (Pihlatie ym. 2009; Rouvinen 2002, 4). Ekholmin (1993, 29) vesistöaluejaon mukaan Rauanjoen vesistöalueen pinta-ala on 224 km² ja sen järvisyysaste on 3,6 %.

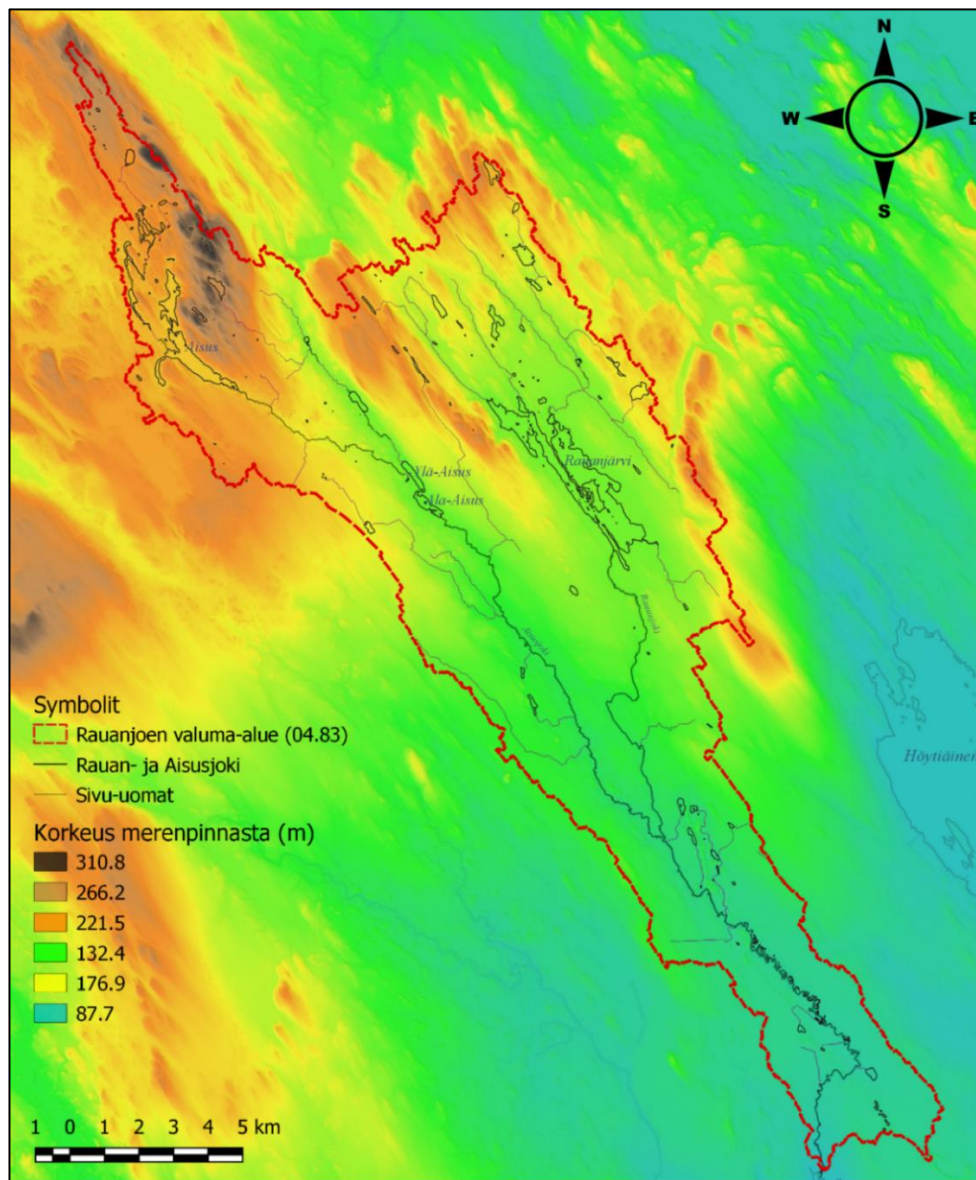


Kuva 12. Rauanjoen vesistöaluerajaus (Taustakartta 1: 200 000 © Maanmittauslaitos 2020; Ranta10-aineisto © SYKE 2020).

3.2.1 Topografia ja maankäyttö

Topografia

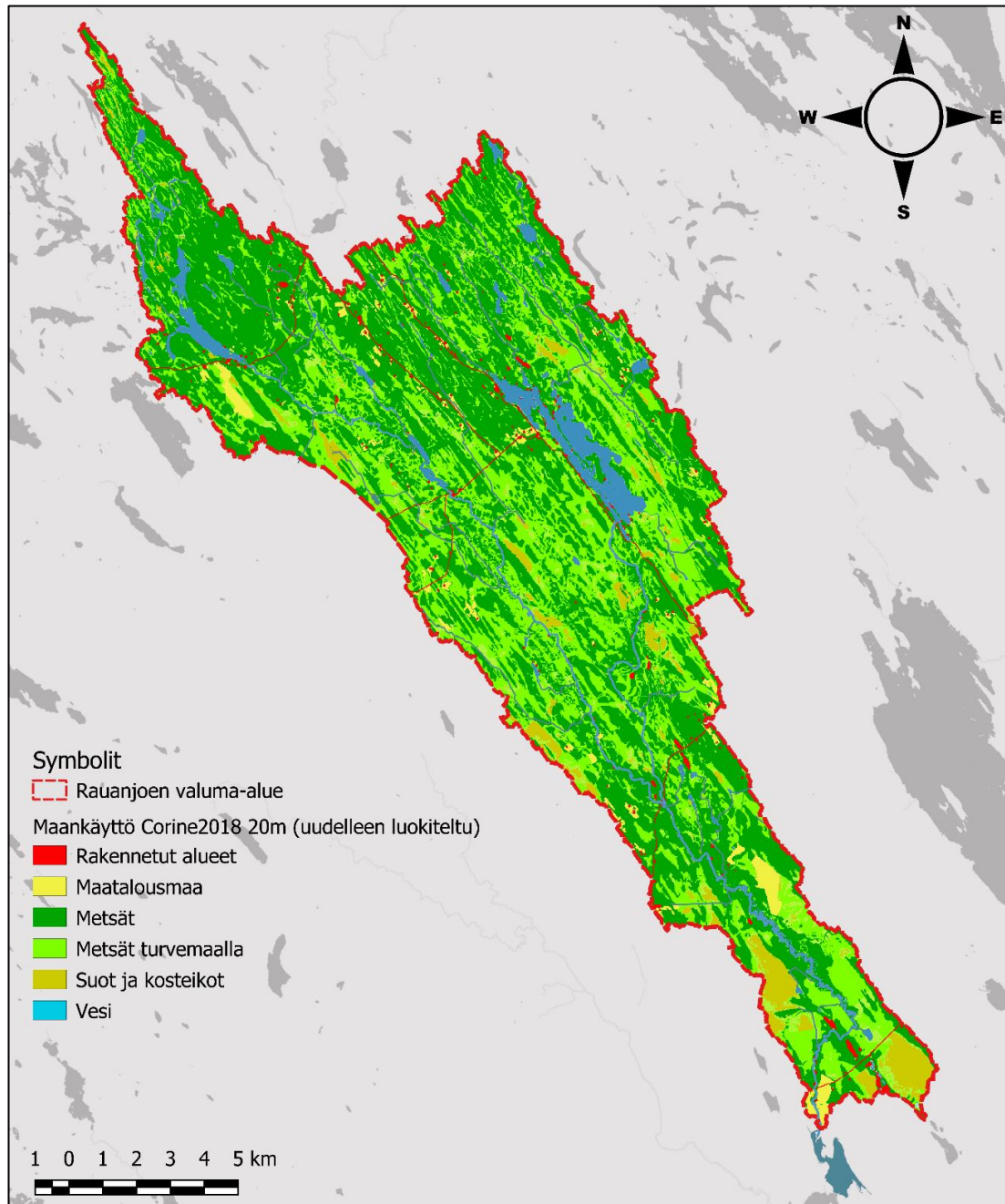
Rauanjoen vesistöalueen maanpinnan korkeus (kuva 13) vaihtelee Aisusjärven yläosan 310,8 metriä merenpinnasta ja Höytiäisen Rauanlahden 87,7 metriä merenpinnasta välillä. Suurin vesipinnan korkeuspudotus tapahtuu Aisusjärven (194,4 m) ja Ylä-Aisuksen (144,7 m) välillä pudotuskorkeuden ollessa noin 49,7 metriä. Kokonaiskorkeusero vesistöalueen latvoilla sijaitsevan Aisusjärven ja purkupisteenä olevan Höytiäisen välillä on 106,7 m



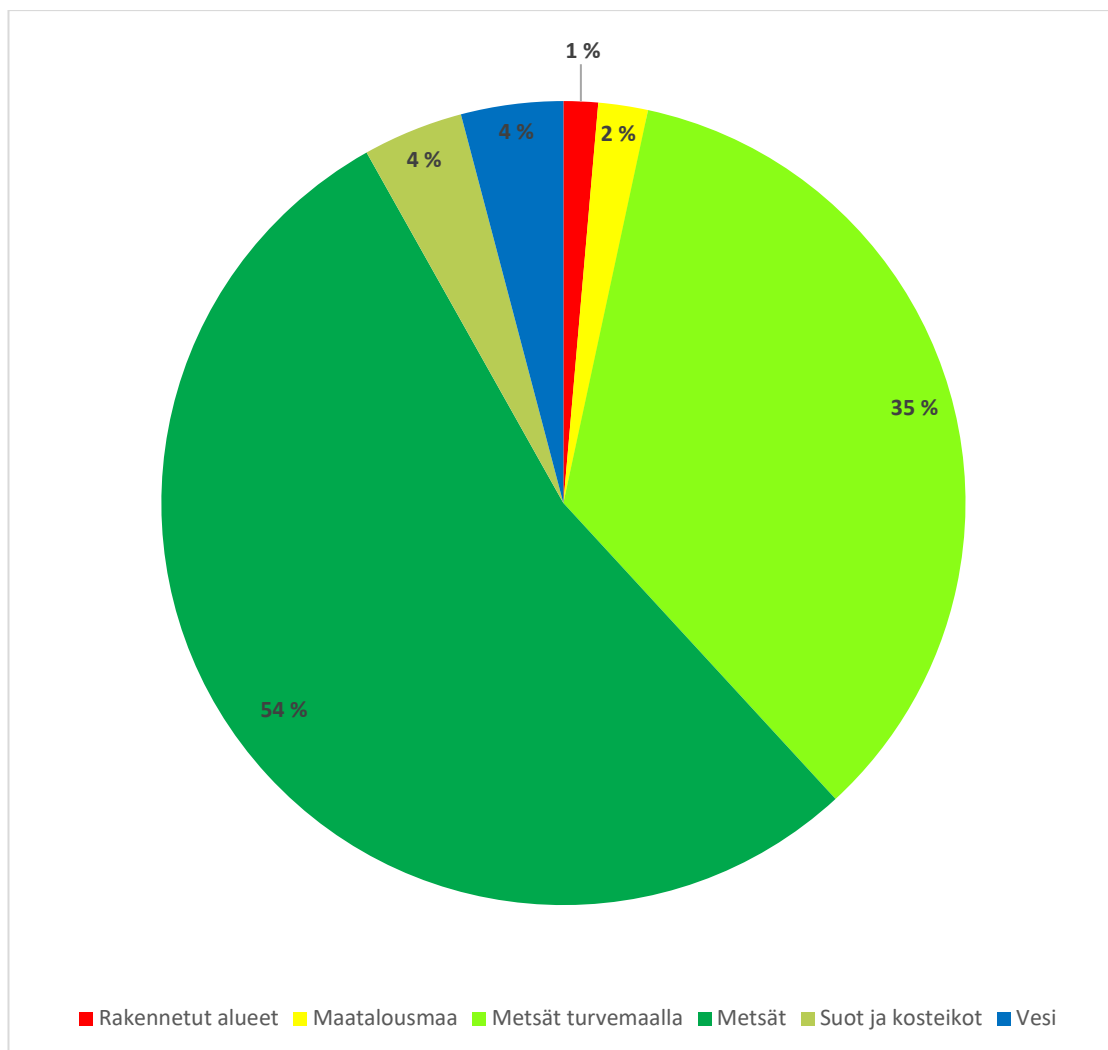
Kuva 13. Rauanjoen alueen topografinen kartta (Korkeusmalli 10m © Maanmittauslaitos 2020; Ranta10-aineisto © SYKE 2020).

Maanpeite

Rauanjoen valuma-alueen maanpeite (kuva 14) muodostuu valtaosin havupuu-valtaisesta kivennäis- ja turvemetsämaasta (kuvio 3). Vähäisen haja- ja loma-asutuksen sijainti painottuu pääpiirteittäin Ruvaslahdentien etelä- ja pohjoispuoleiselle alueelle, sekä Juuantien varressa sijaitsevan Kansalanmyllyn alueelle.



Kuva 14. Rauanjoen vesistöalueen maankäyttö- ja peite Corine2018-aineiston perusteella (Corine2018-aineisto muok.; Ranta10-aineisto © SYKE 2020).



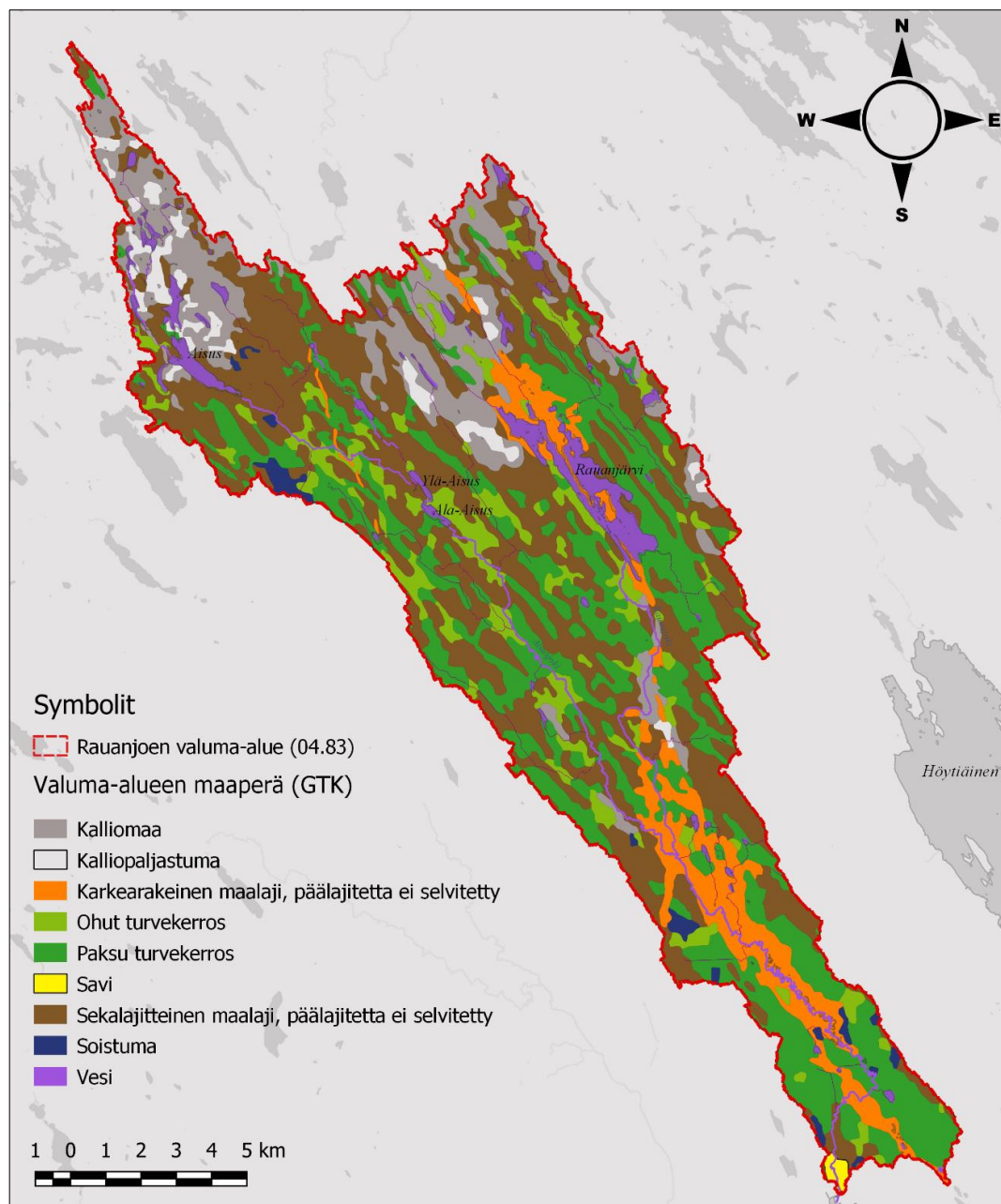
Kuvio 3. Ruanjoen vesistöalueen maanpeite Corine2018-päälukittain (Corine2018-aineisto muok. © SYKE).

Suomen ympäristökeskuksen Corine2018-maanpeiteaineistoon perustuvan erittelyn perusteella valuma-alueella sijaitsevien metsämaiden yhteenlaskettu kokonaisosuus on 89 %. Metsämaasta 54 % on kivennäismetsämaata ja 35 % turvemetsämaata. Soiden ja kosteikoiden osuus on 4 % ja maatalousmaan osuus 2 %. Vesistöjä valuma-alueella on 4 % ja rakennettuja alueita 1 %. (Suomen ympäristökeskus 2020.)

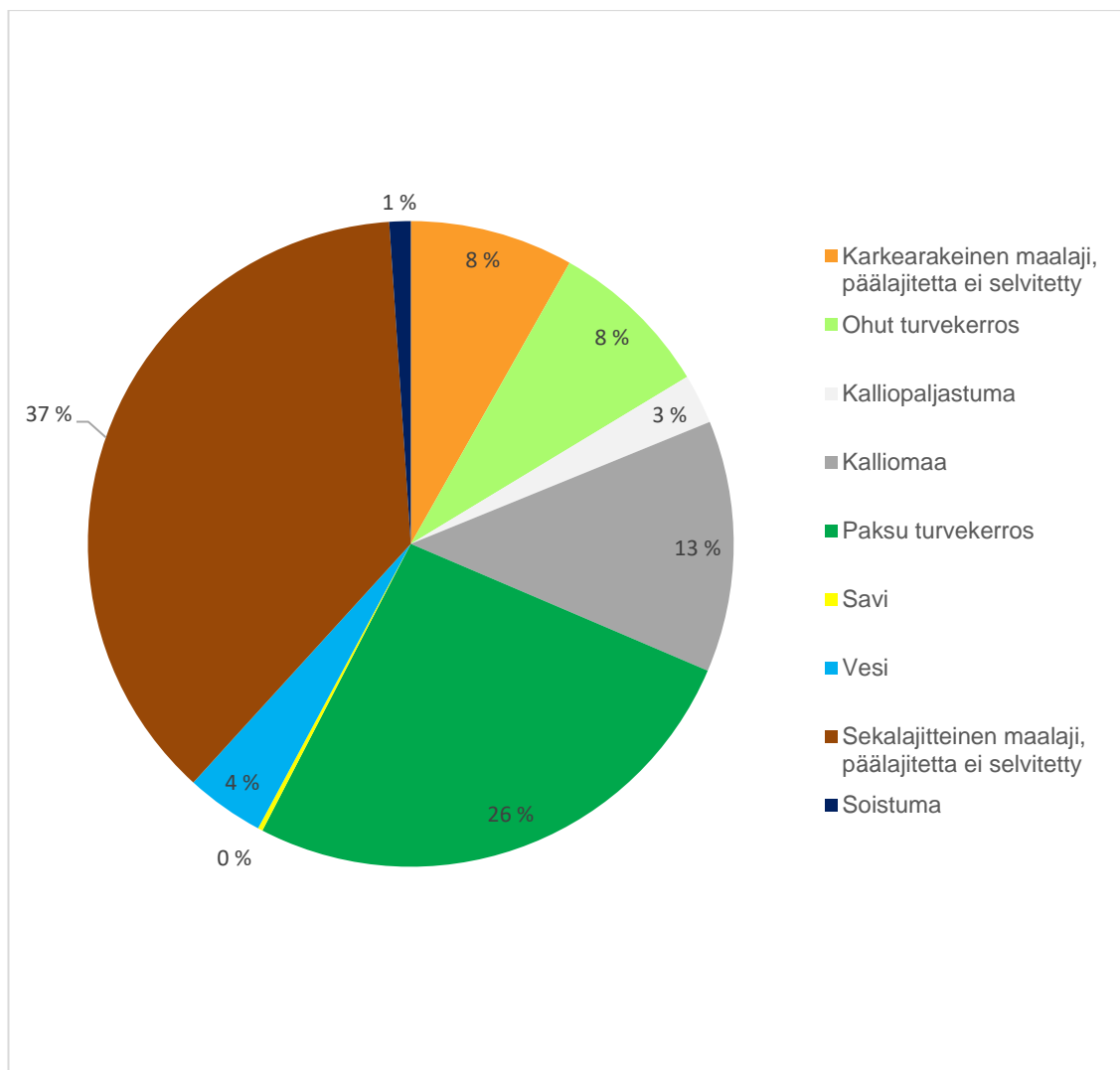
3.2.2 Maa- ja kallioperä

Maaperä

Rauanjoen valuma-alueen maaperää määrittävät keskeisesti turvemaat, sekä seka- ja karkealajitteiset maalajit. Valuma-alueen yläosissa esiintyy myös kalliomaata, joka on osin paljastunutta. Soistumien ja vesialueiden osuudet ovat vähäisiä.



Kuva 15. Rauanjoen valuma-alueen maaperä eriteltynä maalajeittain (Maaperä 200K © GTK 2020; Ranta10-aineisto © SYKE 2020).

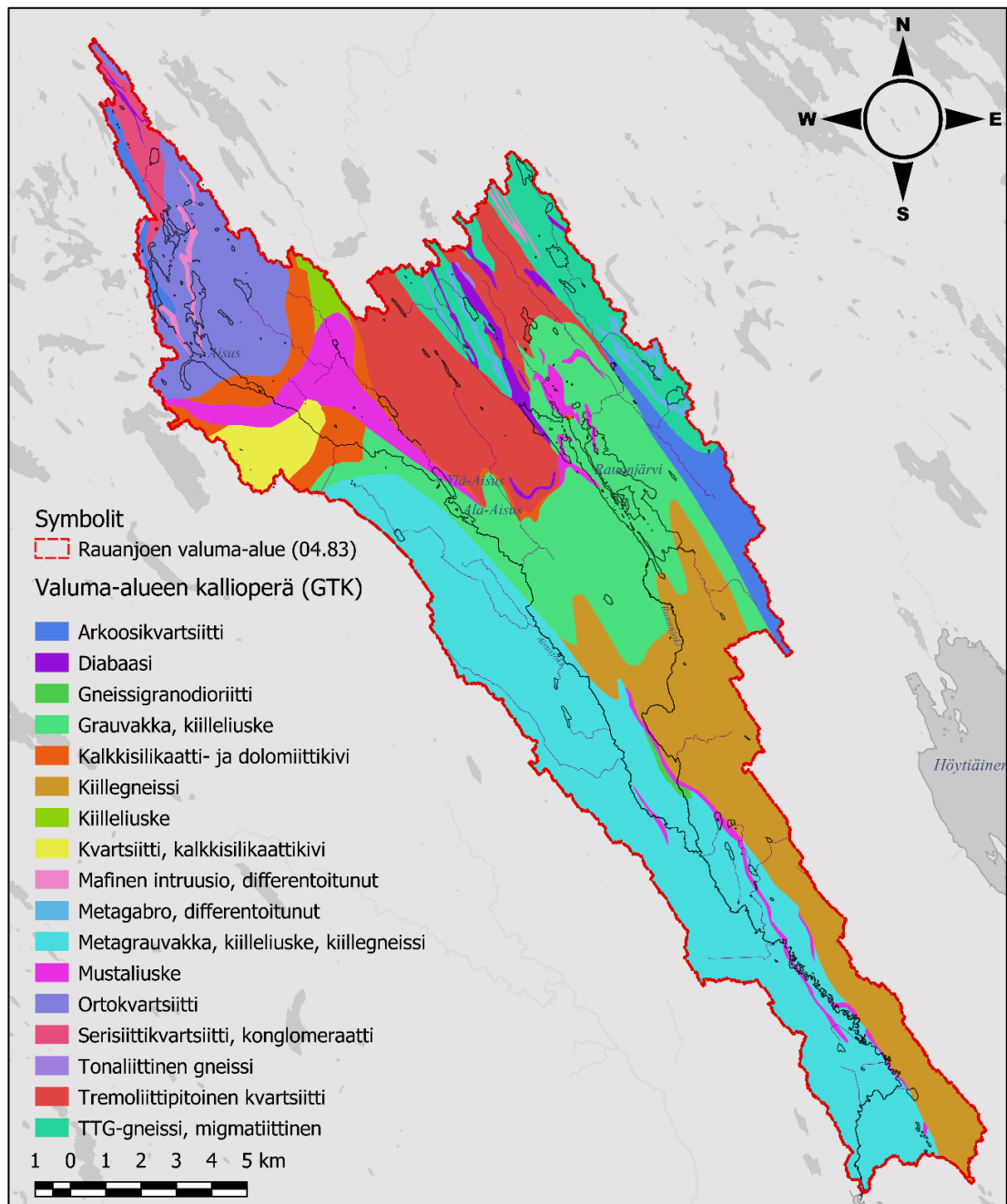


Kuvio 4. Määperätyypit Rauanjoen vesistöalueella (Maaperä 200K © GTK 2020).

Geologian tutkimuskeskuksen maaperäaineistoon perustuvan erittelyn perusteella valuma-alueen maaperän valtamaalajit ovat sekalajitteinen maalaji, jonka päälaajitetta ei ole selvitetty (37 %) sekä paksukerroksinen turve (26 %). Ohutkerroksista turvemaata on 8 % ja turvemaiden yhteenlaskettu osuus on siten 34 %. Karkealajitteista maalajia, jonka päälaajitetta ei ole selvitetty on maaperästä 8 %. Kalliomaiden osuus on 13 % ja kalliopaljastumia on 3 %. Soistumia esiintyy valuma-alueella 1 % ja savimaita alle 1 %. (Geologian tutkimuskeskus 2020.)

Kallioperä

Geologian tutkimuskeskuksen tuottaman aineiston perusteella (kuva 16) Rauanjoen vesistöalueen kallioperän valtakivilajit ovat metagrauvakka, grauvakka, kiilleliuske ja kiillegneissi. Valuma-alueen latvoilla kallioperässä esiintyy myös arkoosikvartsiittia, kalkkisliskaattia, dolomiittikiveä sekä mustaliusketta. (Geologian tutkimuskeskus 2020.)



Kuva 16. Rauanjoen valuma-alueen kallioperä eriteltynä kivilajeittain (Kallioperä 200K © GTK 2020; Ranta10-aineisto © SYKE 2020).

3.2.3 Toimenpiteet ja selvitykset

Rauanjoen vesistöalueella on toteutettu ympäristöhallinnon toimesta säännöllistä vedenlaadun seuranta vuodesta 1976 lähtien. Seurannan pääpaino on kohdistunut Rauanjoen alaosaan ja mittaukset ovat keskittyneet veden fysikaalis-kemialliseen laatuun. Mittaustulokset ovat tarkasteltavissa ympäristöhallinnon ylläpitämässä Hertta-tietojärjestelmässä. (Hertta 2020).

EU:n vesipolitiikan puitedirektiivin edellyttämiä luokiteltavia vesimuodostumia Rauanjoen vesistöalueella ovat Aisusjärvi, Rauanjärvi sekä Rauanjoki. Vesimuodostumat on luokiteltu ekologiselta tilaltaan hyväksi. Pohjois-Karjalan vesienhoidon toimenpideohjelmassa vuosille 2016 - 2021 (Mononen ym. 2016, 36) mainitaan, että luokittelu on tehty joko vedenlaatuun tai biologisiin laatutekijöihin perustuvan aineiston perusteella. Rauanjärvi ja sen valuma-alue on lisäksi ollut mukana vuonna 2007 julkaistussa Pohjois-Karjalan tummia humusjärviä koskevassa esiselvitystyössä. Työn keskeisiä tuloksia olivat maankäytöstä seuranneen kuormituksen lisääntymisen ja veden luontaisen humusvaikutteisuuden todentaminen (Kukkonen ym. 2007, 42 - 45).

Rauanlahden lähivaluma-alueelle on pohdittu Höytiäisen pohjoisosien maatalousvaltaisten alueiden yleissuunnitelmassa alustavia kunnostusehdotuksia Rauanlahteen sen lähivaluma-alueelta päätyvän ravinnekuormituksen pidättämiseksi. (Raassina & Leppänen 2019.) Nykytiedon valossa ei kuitenkaan ilmene, että yläpuoliselle Rauanjoen valuma-alueelle olisi tehty kuormituksen pidättämiseen tähtäävää kunnostussuunnittelua.

Rauan- ja Aisusjoella on suoritettu silloisen RKTL:n, nykyisen Luonnonvarakeskuksen toimesta virtavesiin kohdistettua kalatalousseuranta sähkökoekalastuksin. Seuranta on suoritettu 90-luvun loppupuolella sekä vuosina 2008 ja 2009. Usealta koealalta on saatu saaliiksi pieniä määriä taimenen luontaista lisääntymistä ilmentäviä alle kesänvanhoja poikasia. (Rouvinen 2002; Koekalastusrekisteri 2019.)

Kalataloudellisen seurannan tulosten pohjalta Rauan- ja Aisusjoen koskikohteille laadittiin kalataloudellinen kunnostussuunnitelma yhteistyössä Pohjois-Karjalan ympäristökeskuksen ja Juha Rouvisen kanssa vuonna 2002. Alustavan suunnitelman pohjalta toteutettiin sekä Aisus-, että Rauanjoessa koskikunnostukset vuosina 2004 ja 2005, silloisen Pohjois-Karjalan ympäristökeskuksen, nykyisen ELY-keskuksen teettämänä. (Rouvinen 2002; Koikkalainen 2004; 2005.) Koskikunnostusten tuloksellisuutta koskevia selvityksiä ei tiettävästi ole tehty, lukuun ottamatta harvakseltaan toteutettuja sähkökoekalastuksia.

4 Työn tavoitteet ja rajaus

4.1 Tavoitteet ja tutkimustehtävät

Opinnäytetyön tavoitteena on kartoittaa ja selvittää toimeksiantajan tiedoksi Rauanjoen vesistöalueen ajantasainen nykytila sekä arvioida soveltuvia keinoja sen parantamiseksi ja ylläpitämiseksi. Nykytilalla tarkoitetaan vesistöalueen fysikaalis-kemiallisen vedenlaadun, biologisen tilan sekä hydrologis-morfologisen luonteen muodostamaa kokonaisuutta. Tutkimuksellinen lähestymistapa mukailee ja soveltaa ympäristöhallinnon käyttämää ekologisen tilaluokittelun mallia.

Selvityksessä kiinnitetään huomiota etenkin nykytilan osatekijöiden syy-seuraussuhteiden tunnistamiseen ja niiden merkittävyyden arvioimiseen. Esimerkiksi valuma-alueen ominaispiirteet voivat vaikuttaa veden ainepitoisuuksiin, mikä puolestaan saattaa näkyä edelleen vesiekosysteemin biologisessa tilassa. Kausaalisuhteita havaitsemalla voidaan tunnistaa kohdealueen tilaan vaikuttavia kriittisiä prosesseja ja mekanismeja. Tämä puolestaan auttaa mahdollisten kunnostustarpeiden arvioimisessa.

Nykytilan selvityksen perusteella arvioidaan valuma-alueen mahdollista kunnostustarvetta ja annetaan ehdotuksia koskien täydennyskunnostustarpeesta sekä mahdollisista vesiensuojelutoimenpiteistä. Arvioinnissa käsitellään myös alusta vasti soveltuvien kunnostustekniikoiden kokonaiskustannuksia sekä kunnostusten teoreettisia vaikutuksia.

Tavoitteenasettelulla on tarkoitus palvella työn käytettävyyttä ja sovellettavuutta alueen käytön ja hoidon suunnittelussa. Toimeksiantajan ohella kohderyhmänä ovat kaikki aihepiiristä kiinnostuneet sekä alueen hallinnosta vastaavat tahot. Työtä tehdessä on tunnistettu jo aiempi aluetta, ja sen osia koskeva tai sivuava selvitystieto. Taustalla olevana tavoitteena onkin myös koota, täydentää ja tarkentaa jo olemassa olevaa tietämystä Rauanjoen vesistöalueesta ja sen vaikutuksesta pohjoiseen Höytiäiseen.

4.2 Työn rajaus ja toteutus

Työssä vesistöaluetta tarkastellaan vesistökokonaisuutena, jonka punaisena lankana on veden kulkeutuminen latvavesiltä alas Höytiäiseen. Tutkimusalue rajautuu maantieteellisesti Rauanjoen vesistöalueen vedenjakajaan sekä Rauanjoen suistoalueella sijaitsevaan Höytiäisen Rauanlahteen. Rauanlahden sisällyttäminen tutkimusalueeseen perustuu sen keskeiseen rooliin yläpuolisen valuma-alueen mahdollisesti tuoman kuormituksen vastaanottajana ja ilmentäjänä. Tutkimuksen tulosten tarkastelu rajautuu jo olemassa oleviin ympäristöhallinnon mittaustuloksiin sekä maastossa kerättyyn aineistoon ja aistinvaraisiin havaintoihin.

Kerätty tutkimusaineisto käsitellään soveltuvin analyysi- ja mittausmenetelmin. Käsittelyn kautta saatuja tuloksia tarkastellaan tutkimustavoitteiden näkökulmasta, samalla nojautuen työn teoreettiseen viitekehykseen. Opinnäytetyöprosessin lopputuloksena on pyritty täyttämään sille asetetut tutkimustavoitteet ja tehtävät.

Opinnäytetyö on kvantitatiivinen tutkimus, jossa yhdistyy myös toiminnallinen ja laadullinen elementti. Toiminnallinen osuus muodostuu tutkimusprosessin aikana maastossa opiskelijatyönä tehtävästä aineiston keruusta. Laadullinen elementti ilmenee pyrkimyksenä työn tuottaman kokonaiskuvan kumulatiiviseen rakentamiseen sitä mukaa, kun tulosten käsittely ja tulkinta etenee kohti tutkimustavoitteiden täyttämistä.

5 Aineisto ja menetelmät

5.1 Paikkatietoanalyysit

Paikkatietojärjestelmiä ja -analyysieja (taulukko 11) hyödynnettiin tukemaan maastotyöskentelyä ja niiden avulla pyrittiin esittämään kerätty aineisto havainnollisina teemakarttoina sekä erittelevinä kuvaajina ja taulukoina. Paikkatietoa hyödynnettiin myös valmistelemissä toimenpiteissä, kuten havaintopaikkojen määrittämisessä. Lisäksi paikkatiedon avulla luotiin kokonaan uutta aineistoa, kuten osavaluma-aluejako sekä koski- ja virtapaikka -karttatasot.

Taulukko 11. Tutkimuksessa käytetyt paikkatietoanalyysit.

Menetelmä	Käyttötarkoitus
Teemakartat	Aineiston havainnollistaminen ja sitominen maastoon.
Spatiaalinen interpolointi	Vyöhykkeisyyden havainnollistaminen sedimentaatiolle.
Kaltevuusanalyysi	Vesiensuojeluteknisten rakenteiden sijoituspaikkojen etsintä.
Valuma-aluearajaus	Vedenjakajien ja valumaolosuhteiden määrittäminen.
Pinta-ala laskennat ja digitointi	Maastoinventointiaineiston käsittely ja havainnollistaminen.
Puskurivyöhykeanalyysi	Maastoinventointiaineiston käsittely

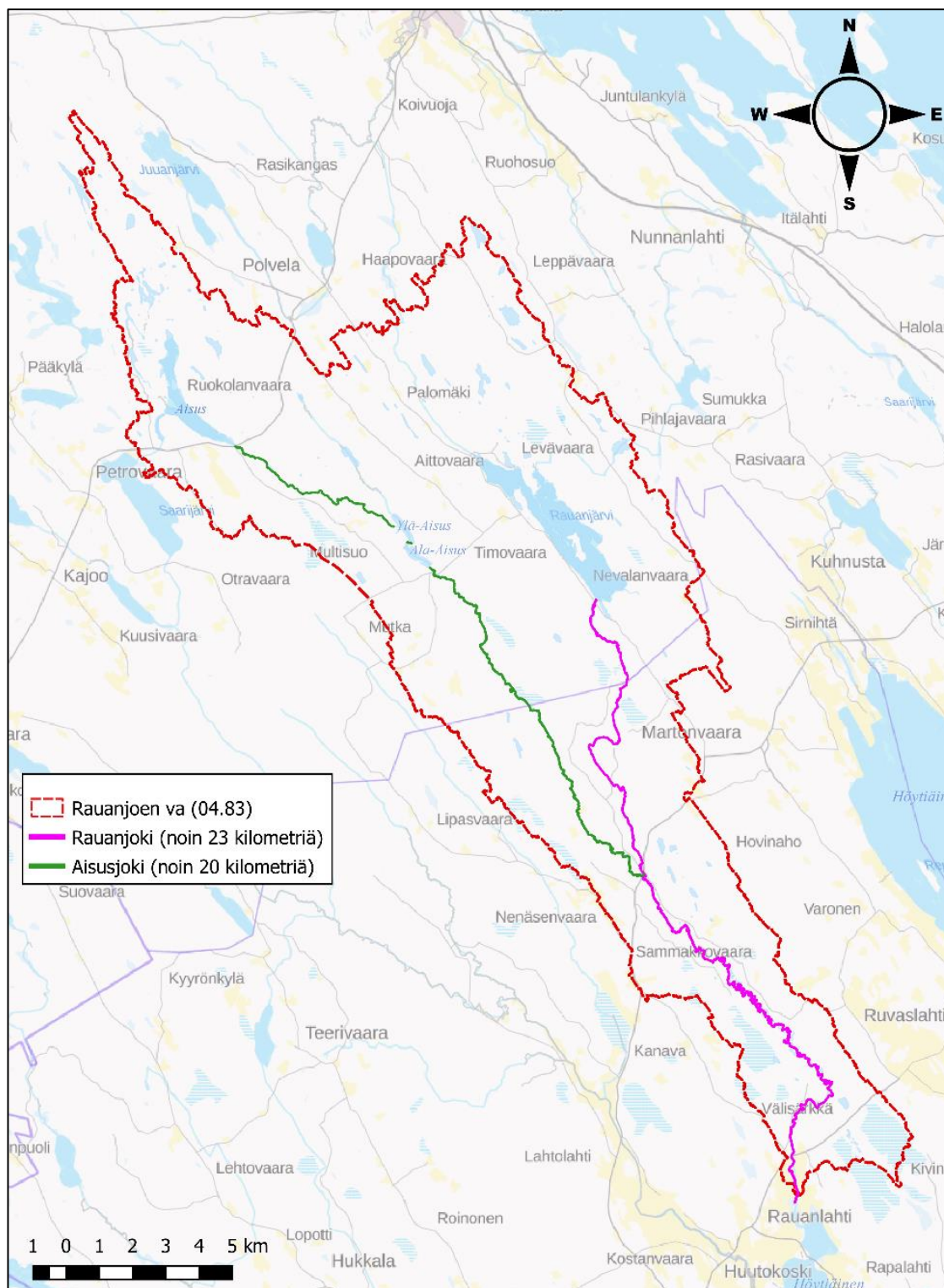
Valuma-aluearajaus

Rauanjoen vesistöalueesta oli saatavilla Suomen ympäristökeskuksen 3. jakovaiheen valuma-aluearajaus (Suomen ympäristökeskus 2020). Rajauksen todettiin olevan erottelukyvyltään jokseenkin harva valuma-alueiden kohdennettuun tarkasteluun. Tästä syystä päädyttiin toteuttamaan yksityiskohtaisempi valuma-aluearajaus avoimien paikkatietoaineistojen avulla. Valuma-aluearajaus suoritettiin QGIS-paikkatieto-ohjelmalla Maanmittauslaitoksen 10 metrin korkeusmallin perusteella (Avoimien aineistojen tiedostopalvelu 2020). Rajaukselle suoritettiin vertailu ja yhtenäistys niiltä osin, missä Suomen ympäristökeskuksen 3. jakovaiheen ja VALUE-työkalun rajausaineisto oli saatavilla (VALUE 2020). Paikkatieto-ohjelman rajaamat pienempien uomien valuma-alueet tarkistettiin peruskartta-aineiston ja maastoinventointiaineiston avulla. Tarvittaessa valuma-alueita muokattiin

todenmukaisemmiksi geoprocessoimalla ja digitoimalla. Lopulta valuma-alueesta yhdistettiin keskimäärin kaikki yhtä neliökilometriä pienemmät, epätarkat, pääosin sarkaojastosta muodostuneet valuma-alueet jokien lähivaluma-alueiksi.

5.2 Maastoinventointi

Maastoinventoinnilla kerättiin aineistoa jokijatkumon hydrologis-morfologisista ominaisuuksista sekä samalla hankittiin taustatietoa kunnostussuunnittelua ja vedenlaadun seurantaan varten. Työ toteutettiin patikoimalla Aisusjoki Aisuslamelta Rauanjoelle sekä Rauanjoki Rauanjärveltä aina Höytiäiselle asti (kuva 18). Morfologisista ominaisuuksista etenkin koskipaikat, rakennetut osuudet ja uoman esteellisyys olivat keskeisessä osassa, sillä niiden systemaattisesti toteutettavan dokumentoimisen todettiin palvelevan parhaiten alueen käytön- ja hoidon suunnittelua. Myös kaikki muut merkittäväksi koetut kohteet dokumentoitiin ja valokuvattiin. Maastoinventoinnin kohdealue ilmenee kuvasta 18 ja käytetty välineistö taulukosta 12.



Kuva 18. Maastoinventoinnin kohdealueet korostettuna vihreällä ja vaaleanpunaisella värillä (Taustakartta 1 : 80 000 © Maanmittauslaitos 2020; Ranta10-aineisto © SYKE 2020).

Taulukko 12. Maastoinventoinnissa käytetyt välineet.

Väline	Käyttötarkoitus
GPS -satelliittipaikanninlaite	Paikkatiedon taltiointi
Kamera	Kohteiden dokumentointi
Muistiinpanovälineet	Kohteiden dokumentointi



Kuva 19. Ari-Pekka Jolkkonen dokumentoimassa koskipaikkaa Aisusjoen yläosissa 23.10.2019 (Kuva: Henri Heiskanen).

Maastoinventointiaineiston käsittely

Maastoinventoinnissa havaitut koski- ja virtapaikat luokiteltiin paikkatietoanalyysillä niiden morfometrinen ominaisuuksien mukaan. Luokitteluun vaikuttivat muun muassa kosken kokonaispituus ja potentiaalisen lohikalojen poikastuotantoalueen pinta-ala, koskien rannoilla sijaitseva kunnostusmateriaali, kuten sorat ja perkuukivet sekä olemassa olevat kulkuyhteydet kohteen läheisyydessä.

Etenkin reviirihakuisten lohikalojen poikastuotannon kannalta laadukkaalla ja monimuotoisella koskipinta-alalla on keskeinen merkitys, mikäli muut elinympäristötekijät, kuten vedenlaatu ovat riittävällä tasolla (Kivinen 2019, 10 - 14). Erään arvion mukaan yksi koskihehtaari voi tuottaa noin 150 - 600 kappaletta 2 - 3-

vuotiasta vaelluspoikasta, riippuen habitaatin laadusta, kuten kiveämisestä, syvyysvaihtelusta ja veden virtausnopeudesta (Piironen 2018, 12, 14). Inventointitulosten luokittelua varten laadittiin arvotustaulukko, johon tarkasteltavat ominaisuudet pisteytettiin niin, että koskipaikkojen välille syntyi eroja (taulukko 13).

Taulukko 13. Maastoinventoinnissa havaitut koski- ja virtapaikat pisteytettiin niiden ominaisuuksien mukaan.

Koskipaikan pituus	< 50 m = 0 pistettä 50 m - 100 m = 1 piste 100 m - 150 m = 2 pistettä > 150 m = 3 pistettä
Koskipaikan pinta-ala	< 0,1 ha = 0 pistettä 0,1 ha - 0,2 ha = 1 piste 0,2 ha - 0,3 ha = 2 pistettä > 0,3 ha = 3 pistettä
Perkuumateriaali	Kriteeri: etäisyys < 50m jos toteutuu = 1 piste
Etäisyys tiehen	Kriteeri: etäisyys < 150m jos toteutuu = 1 piste

5.3 Valmiit tietojärjestelmät

Osa Rauanjoen vesistöaluetta koskevasta mittaus- ja selvitystiedosta hankittiin julkistoimijoiden ylläpitämistä rekistereistä ja tietokannoista. Kaikki mittaustulokset ovat koekalastusrekisterin saalistietoja lukuun ottamatta on vapaaseen käyttöön tarkoitettua aineistoa. Myös kaikki hyödynnetyt paikkatietoaineistot ovat Creative Commons 4.0 Nimeä -lisenssin alaista avointa aineistoa (Nimeä 4.0... 2020; JUHTA 2014, 2, 10). Työssä käytetyt aineistotyytit ja niiden lähteet on esitetty taulukossa 14.

Taulukko 14. Tietojärjestelmistä ja rekistereistä poimitut aineistot.

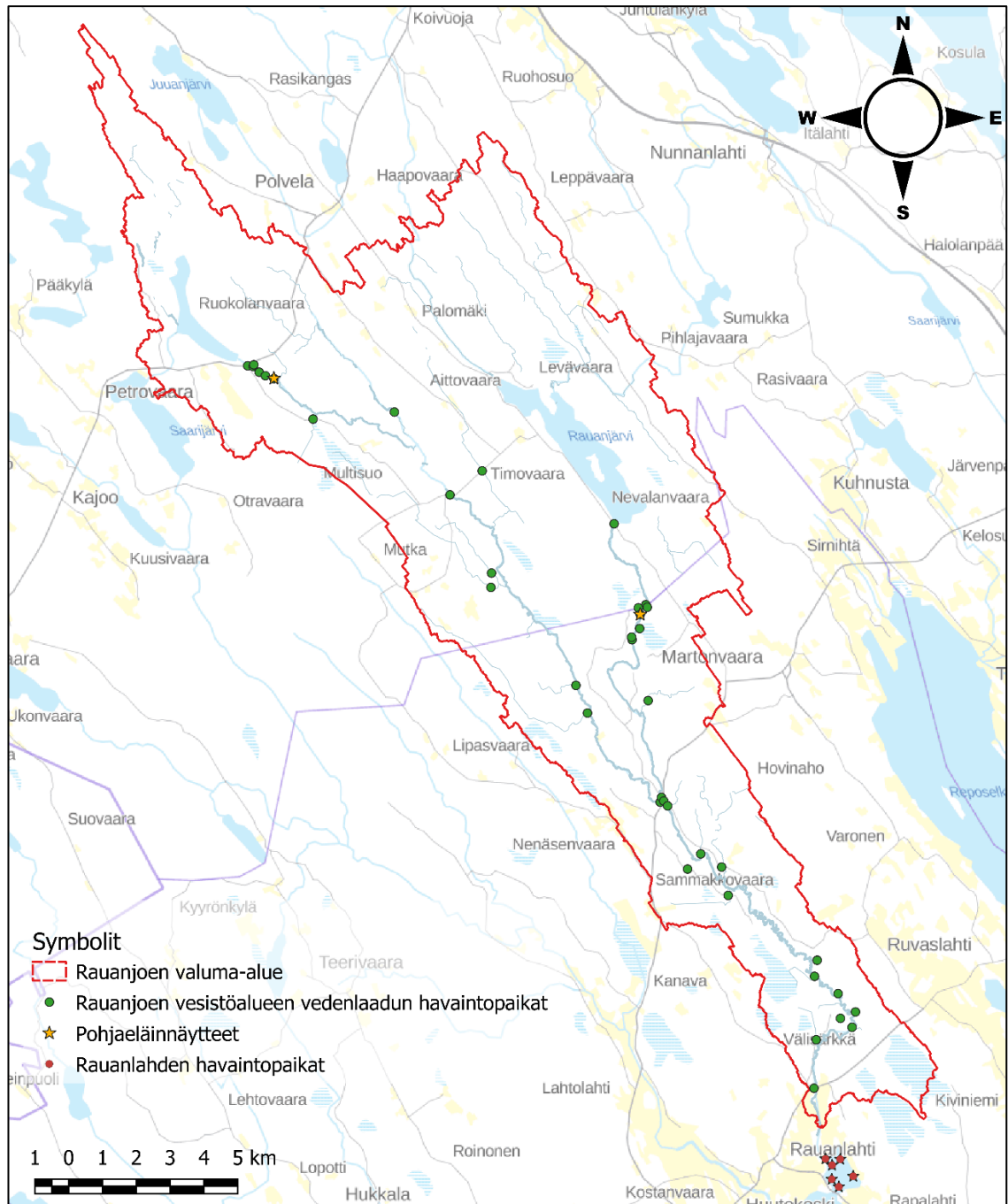
Rekisteri tai tietokantalähde	Hankittu aineisto
Hertta-tietojärjestelmä	Vedenlaadun mittaustulokset
Suomen ympäristökeskuksen koekalastusrekisteri	Sähkökoekalastustulokset
Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu	Hydrologiset havaintoaineistot
Geologian tutkimuskeskus	Paikkatietoaineistot
Suomen ympäristökeskuksen avoimet aineistot	Paikkatietoaineistot
Maanmittauslaitoksen avoimien aineistojen tiedostopalvelu	Paikkatietoaineistot

Hertta-tietojärjestelmästä poimittuja vedenlaatutietoja käytettiin ensisijaisesti vuoden 2019 kenttätutkimusten aikana toteutettujen näytteenottojen tulosten täydentämiseksi. Hydrologisia mittausaineistoja hyödynnettiin valumaolosuhteiden tarkastelemisessa ja laskutoimitusten lähtöarvoina. Suomen ympäristökeskuksen koekalastusrekisterin saalistietojen käyttämiseksi osana tutkimusta hankittiin suostumus rekisterin ylläpitäjältä. Monipuolisella tietokantojen hyödyntämisellä pyrittiin palvelemaan paitsi vesistöalueen nykytilan selvitystyötä, mutta myös tavoitetta koota yhteen aluetta koskevaa aikaisempaa mittaus- ja selvitystietoa.

5.4 Kenttätutkimus

Ympäristöhallinnon valmisaineiston tueksi maastopäivien yhteydessä otettiin vesi- ja pohjaeläinnäytteitä opiskelijatyönä. Ajankohtina näytteenotto sijoittui hydrologisessa vuosikierrossa kuormituksen kannalta merkittävimpiin mittausajankohtiin, kuten talvikerrostuneisuuden loppuun sekä kevät- ja syysylivirtaamajaksojen aikaan. Näin näytteenotoilla pyrittiin kattamaan se ajankohta, jolloin Rauanjoen vesistöalueen ja Rauanlahden tila on ekologisesta näkökulmasta katsottuna yleisesti ottaen heikoimmillaan.

Lisäksi muun näytteenoton yhteydessä toteutettiin Rauanlahden pohjasedimenttiin kohdennettu tutkimusponnistus. Pohjasedimentin kairausnäytteiden ottaminen ja pintasedimentin E_h -arvon määritykset toteutettiin samoilta havaintopaikoilta vedenlaadun määritysten kanssa. Kaikki kenttätutkimuksessa käytetyt havaintopaikat on esitetty kuvassa 20. Havaintopaikkojen ETRS TM35FIN-järjestelmässä olevat koordinaatit on esitetty liitteissä 1 ja 2.



Kuva 20. Rauanjoen vesistöalueen ja Rauanlahden havaintopaikat vuonna 2019 (Taustakartta 1 : 80 000 © Maanmittauslaitos 2020; Ranta10-aineisto © SYKE 2020).

Vedenlaadun havainnointipaikat (kuva 20) on valittu niin, että havainnoista saatiin riittävän kattava otanta yleistäville päätelmille Rauanjoen vesistöalueella ja Rauanlahdella vallitsevista veden fysikaalis-kemiallisista olosuhteista. Pohjelaennäytteen havaintopaikat valittiin sekä Rauan-, että Aisusjoesta riittävän edustaviksi katsotuilta koskipaikoilta. Rauanlahden osalta pohjelaennäytteet nostettiin yhteneviltä havaintopaikoilta vesinäytteiden ja sedimentinäytteiden kanssa (kuva 20).

Maastotyöskentelyssä Rauanlahdella käytetyt näytteenottovälineet ja niiden käyttötarkoitukset on esitetty taulukossa 16. Vastaava erittely Rauanjoen vesistöalueen osalta on esitetty taulukossa 15. Näytteenottotekniikassa (kuva 21) on mukailtu näytteenottoon liittyviä standardeja ja alalla vakiintuneita käytänteitä.

Taulukko 15. Maastopäivien yhteydessä Rauanjoen vesistöalueella käytetyt tutkimusvälineet ja niiden käyttötarkoitukset.

Väline, menetelmä	Käyttötarkoitus
Potkuhaavi ja sihtisanko	Pohjaeläinten noutaminen Rauanjoen vesistöalueella.
GPS Garmin S64	Havaintopaikkojen paikkatiedon määrittäminen ja tallennus.
Paratronic G-6022	Sähkönjohtavuuden ja pH:n määrittäminen vesinäytteestä.
Muovikauha jatkovarrella	Vesinäytteiden ottaminen pienemmistä uomista tai joesta.
Ruttner-mallinen vesinäytteenotin	Vesinäytteiden ottaminen siltapaikoilta.
Toimintaa tukeva muu välineistö	Lumikengät, sauvat ja sukset.

Taulukko 16. Maastopäivien yhteydessä Rauanlahdella käytetyt tutkimusvälineet ja niiden käyttötarkoitukset.

Väline, menetelmä	Käyttötarkoitus
Limnos-tyyppinen vesinäytteenotin	Vesinäytteiden ottaminen
Mora-turvekaira	Pohjasedimenttinäytteen ottaminen.
Viipaloiva Limnos-sedimenttinäytteenotin	Pintasedimenttinäytteen ottaminen Redox-määrittystä varten.
Ekman-tyyppinen pohjaeläinnoudin ja sihtisanko	Pohjaeläinnäytteenotto seisovasta vedestä.
Redox-mittari	Pintasedimentin E _n -arvon määrittäminen.
Paratronic G-8200M	pH:n määrittäminen.
GPS Garmin S64	Havaintopaikkojen paikkatiedon määrittäminen ja tallennus.
Happikenttämittari Paratronic G-7031	Hapen määrittäminen kenttäolosuhteissa.
Toimintaa tukeva muu välineistö	Moottorikelkka, ahkiot, jääkairat, näytepullot jne.



Kuva 21. Ari-Pekka Jolkkonen ja Jukka Oinonen ottamassa vesinäytettä 29.10.2019 havaintopaikalta Rauanjoki 2 (Kuva: Henri Heiskanen).

5.5 Laboratorioanalyysit

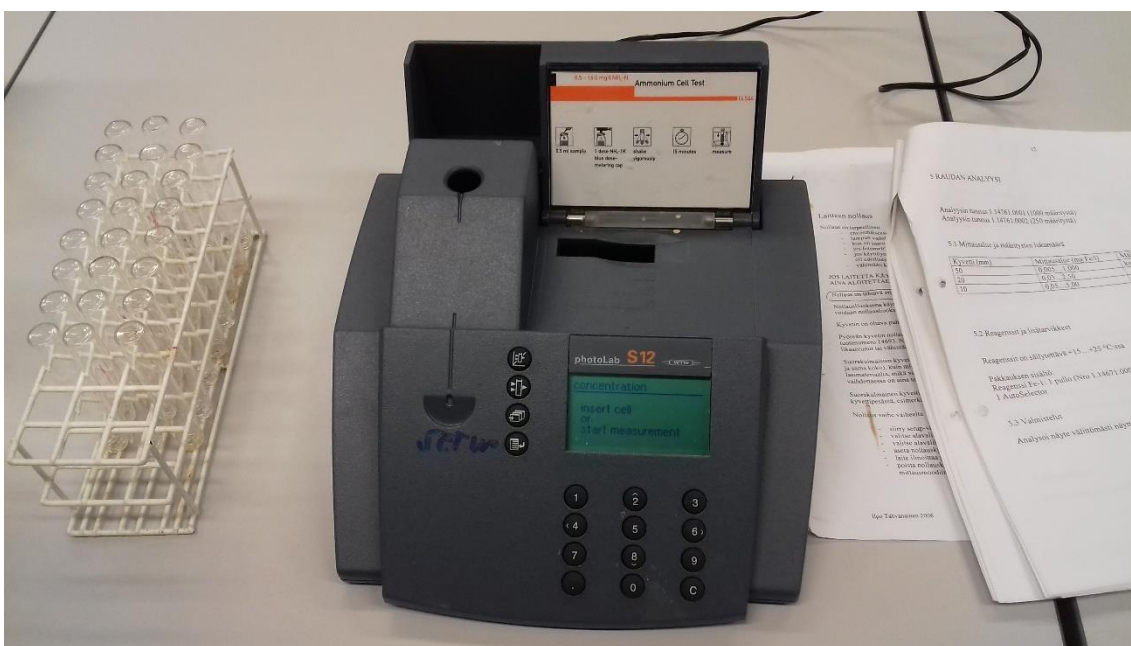
Laboratorioanalyysit tehtiin opiskelijatyönä Karelia-ammattikorkeakoulun laboratoriossa maaliskuu-, huhti-, loka- ja joulukuussa maastopäivien jälkeisinä päivinä. Vesinäytteistä analysoitiin muun muassa rauta, alumiini, fosfaattifosfori, pH ja sähkönjohtavuus. Laboratoriotyöskentelyssä käytetty välineistö ja niiden käyttötarkoitukset ilmenevät taulukosta 17.

Taulukko 17. Laboratoriotyöskentelyssä käytetty välineistö ja menetelmät.

Väline, menetelmä	Käyttötarkoitus
Filtterifotometri WTW S12 A	Raudan ja fosfaatin määrittäminen vesinäytteestä
pH mittari Mettler Toledo	Veden happamuuden määrittäminen vesinäytteestä
Paratronic G-6022	Sähkönjohtavuuden määrittäminen vesinäytteestä
Mikroskooppi, petrimalja ja pinsetit	Pohjaeläinten tunnistaminen ja laskeminen



Kuva 22. Vesi- ja pohjaeläinnäytteet valmiina analyysiin Sirkkalan laboratoriossa keväällä 2019 (Kuva: Henri Heiskanen).



Kuva 23. Karelia-ammattikorkeakoulun filterrifotometri (Kuva: Ari-Pekka Jolkonen).

Pohjaeläimet havaittiin (kuva 24) pohjaeläinnäytteestä silmänvaraisesti ja poimitiin pinseteillä petrimaljoille tunnistamista ja laskemista varten (taulukko 17). Tunnistamisessa käytettiin apuna mikroskooppia sekä lehtori Tarmo Tossavaisen kurssimateriaaleja ja Vesikirppu ja sudenkorento -teosta (Olsen 2000; Tossavainen 2019). Havaituista taksonista määritettiin indikaattorilajit ja pohjaeläimistön biodiversiteetti-indeksi Shannon-Wiener entropian avulla (kaava 1).



Kuva 24. Karelia-ammattikorkeakoulun opiskelijat poimimassa ja tunnistamassa pohjaeläimiä (Kuva: Ari-Pekka Jolkkonen).

5.6 Laskentamenetelmät

Tutkimusalueella vallitsevien syy-seuraussuhteiden hahmottelemisessa ja mitausaineistojen jatkokäsittelyssä sovellettiin erilaisia laskentamenetelmiä. Menetelmien ja kaavojen lähtöarvoina käytettiin valmiista tietojärjestelmistä poimitua, paikkatietoanalyysillä prosessoitua sekä itse maastossa hankittua aineistoa. Lisäksi kuormien laskennassa käytettiin yleistäviä ympäristötutkimukseen perustuvia tilastollisia ominaiskuormituslukuja (Tattari ym. 2015, 34).

Jokikalaindeksi

Rauanjoen vesistöalueen jokijakson sähkökalastustuloksia tarkasteltiin vesien hoidon 3. suunnittelukauden ohjeen mukaisella jokityyppikohtaisella jokikalaindeksillä. Indeksiarvojen keskiarvoa verrataan kohteena olevan jokityypin luokkarajoihin. Tilaluokat ovat ”erittäin hyvä”, ”hyvä”, ”tydyttävä”, ”välttävä” ja ”huono”. Luokkarajat perustuvat tilastoihin, jotka edustavat ihmistoiminnasta häiriintymättömiä olosuhteita. (Aroviita ym. 2019, 154 - 155.) Indeksien laskentaperusteet ilmenevät taulukoista 18 ja 19.

Taulukko 18. Jokikalaindeksin laskentakaava keskiuurien turvemaiden jokien tyyppille (Aroviita ym. 2019, 154).

Jokityyppi	Indeksimuuttuja	Yhtälö indeksimuuttujan laskemiseksi	Ääripisteissä
Pt ja Kt	Herkät lajit	$y = 0,8919x + 0,0943$	0->0
Pt ja Kt	Kestävät lajit	$y = 0,3846x^2 - 1,086x + 0,6511$	0->1, 1->0
Pt ja Kt	Särkikalaryhmä	$y = -0,076\ln(x) + 0,2099$	0->1
Pt ja Kt	0+ lohet ja taimenet	$y = 0,0582\ln(x) + 0,8407$	0->0

Taulukko 19. Jokikalaindeksin vertailuarvot ja luokkarajat (Aroviita ym. 2019, s.154). Keskiuurten turvemaiden jokien vertailuarvot ja luokkarajat on korostettu lihavoinnilla.

Tyyppi	VA	E/Hy	Hy/T	T/V	V/Hu	HuAlar
Pt*	0,71	0,69	0,52	0,34	0,17	0
Pk	0,78	0,71	0,53	0,35	0,18	0
Psa	0,72	0,66	0,49	0,33	0,17	0
Kt*	0,84	0,72	0,54	0,36	0,18	0
Kk	0,75	0,71	0,53	0,35	0,18	0
Ksa	0,76	0,75	0,56	0,37	0,18	0
St	0,68	0,65	0,49	0,33	0,16	0
Sk	0,72	0,62	0,47	0,31	0,16	0
Ssa	0,76	0,75	0,56	0,37	0,18	0
Est	0,68	0,65	0,49	0,33	0,16	0
Esk	0,72	0,62	0,47	0,31	0,16	0
Pk-PoLa	0,78	0,71	0,53	0,35	0,18	0
Kt-PoLa	0,84	0,75	0,56	0,37	0,18	0
Kk-PoLa	0,75	0,71	0,53	0,35	0,18	0
St-PoLa	0,68	0,65	0,49	0,33	0,16	0
Sk-PoLa	0,72	0,62	0,47	0,31	0,16	0
Esk-PoLa	0,72	0,62	0,47	0,31	0,16	0

Tilastollinen tarkastelu

Tilastollisen tarkastelun kautta pyrittiin selvittämään veden fysikaalis-kemiallisen laadun pitkäaikaista kehitystä ja ymmärtämään sitä kautta syvällisemmin alueelle kohdistuvia kuormituspaineita. Käytettäväksi tilastolliseksi menetelmäksi valittiin regressioanalyysi. Regressioanalyysillä yhdellä tai useammalla selittävällä muuttujalla selvitetään vaikutusta selitettävään muuttujaan (Karjalainen 2010, 136 - 138). Tutkimuksessa käytettiin lineaarista regressiota selitettäessä Rauanjoen vesistöalueen purkupistettä edustavan havaintopaikan Rauanjoki 2 vedenlaadun vaihtelua aikamuuttujan avulla. Selitettävänä muuttujina käytettiin aikavälin 1976 - 2017 kokonaisfosfori ja -typpipitoisuuksia sekä veden pH-arvoa ja värilukua. Selittävänä muuttujana käytettiin aikajana-asteikolla olevia näytteenottoajankoh-
tia.

Malleja arvioitiin tekemällä niille ANOVA-testit, jotka testaavat regressiokertoimen tilastollista merkitsevyytensä (Karjalainen 2010, 237 - 238). Mallien selitysvaimaa ja hyvyyttä arvioitiin selitysasteen (R^2) avulla (Mellin 2006, 307). Analyysien toteuttamisessa ja hajontakuvioiden luomisessa käytettiin IBM SPSS -tilastolaskentaohjelmaa. Aineisto valmisteltiin käsittelykelpoiseen muotoon Microsoft Excel -taulukkolaskentaohjelmalla.

Shannon - Wiener entropia

Shannon - Wiener entropia on pohjaeläimistön biodiversiteetin kuvaamiseen käytettävä indeksi. Indeksi tunnetaan myös nimellä Shannonin entropia. Shannonin entropia on tehollisen lajimäärän logaritmi

Kaava 1. Shannon - Wiener entropian laskentakaava.

$$H' = -\sum P_i \ln P_i$$

jossa,

P_i on i lajin osuus paikan kokonaisuksilömäärästä. Indeksien arvo on sitä suurempi mitä enemmän lajeja havaitaan. Indeksi voi vaihdella välillä 1 - 5 (Tossavainen 2019.)

Hydrologiset tunnusluvut

Mittaus- ja analyysitulosten soveltamisessa hyödynnettiin virtausmekaanisia laskentamenetelmiä. Hydrologisten tunnusten, kuten valuman, virtaaman, ainekuorman ja viipymän laskennassa käytettiin hydrologisia peruskaavoja (Leppäranta ym. 2017, 185; Penttinen ja Niinimäki 2010, 220 - 221, 227). Laskentaperusteet on esitetty kaavoissa 2 - 4. Kaavojen soveltaminen välivaiheineen on kuvattu liitteessä 4.

Kaava 2. Keskivirtaaman laskentakaava.

$$MQ = Mq \times A_{\text{valuma-alue}}$$

jossa,

MQ = vuosikeskivirtaama

Mq = vuosikeskivaluma

A_{valuma-alue} = valuma-alueen pinta-ala.

Kaava 3. Ainekuorman laskentakaava.

$$I = C_{\text{aritm. keskiarvo 1976 - 2017}} \times MQ_{1990-2010}$$

jossa,

I = Ainekuorma

C = Ainepitoisuuksien (1976 - 2017) aritmeettinen keskiarvo

MQ = Keskivirtaama (1991 - 2010).

Kaava 4. Teoreettisen viipymän laskentakaava.

$$T = V/MQ$$

jossa,

T = Järven tai muun allasmaisen rakenteen viipymä (s)

V = Järven tai muun allasmaisen rakenteen vesitilavuus (m³)

MQ = järveen tai muuhun allasmaiseen rakenteeseen tuleva vuosikeskivirtaama (m³/s).

Fosforimallit

Fosforimalleilla simuloitiin laskennallisen kokonaisfosforikuormituksen sedimentaatiota sekä tehtiin herkkyytarkastelua erilaisilla tulevilla kuormilla ja pitoisuuksilla Höytiäisen Rauanlahteen. Malleilla voitiin myös suhteuttaa Rauanlahden laskennallista nykyistä kuormitusta teoreettisen luonnonkuormaan ja muihin kuormitusskenaarioihin. Mallinnuksessa käytettiin Lappalaisen ja Wollenweiderin laskentamalleja, jotka ovat esitettyinä kaavoissa 5 - 8 (Frisk 1976, 39 - 42, 25 - 34, 85; Penttinen & Niinimäki 2010, 185 - 188).

Lappalaisen fosforimallin sovellusedellytykset ovat, että järveen tuleva kuormitus tunnetaan luetettavasti, järven keskisyvyys on vähintään yhden metrin ja veden kokonaisfosforipitoisuus on alle 40 mikrogrammaa litrassa (Tossavainen 2019, 190; Frisk 1976, 85). Kaikki soveltamisen edellytykset täyttyvät Höytiäisen Rauanlahdella.

Kaava 5. Nettisedimentaatio Lappalaisen laskentakaavalla.

$$R = 0,9 \times ([C_i \times T] / [280 + C_i \times T])$$

jossa,

R = kokonaisfosforin nettosedimentaatiokerroin

C_i = fosforin alkupitoisuus [$C_i = I/MQ$] (mg/m^3)

V = vesistön tilavuus (m^3)

Q = virtaama (m^3/s)

T = vesistön viipymä kuukausina ($T = V/MQ$).

Kaava 6. Vesistön kokonaisfosforin sietokyvyn laskentakaava.

$$I^* = 0,158 \times Q / T (c \times T - 280 + \sqrt{[78\,400 - 448 c \times T + c^2 \times T^2]})$$

jossa,

I^* = vesistön fosforin sietokyky (tonnia)

c = suurin sallittu keskipitoisuus vesistössä (mg/m^3).

Kaava 7. Wollenweiderin fosforimalli "siedettävälle" kuormalle.

$$Y_A = 0,055 x^{0,635}$$

jossa,

x = hydraulinen pintakuorma = $MQ \text{ (m}^3/\text{a)} / A_{\text{vesialue}} \text{ (m}^2\text{)}$. Järven kokonaisfosforin keskipitoisuudeksi on asetettu yhtälössä 10 $\mu\text{g/l}$

Kaava 8. Wollenweiderin fosforimalli "vaaralliselle" kuormalle.

$$Y_D = 0,174 x^{0,469}$$

jossa,

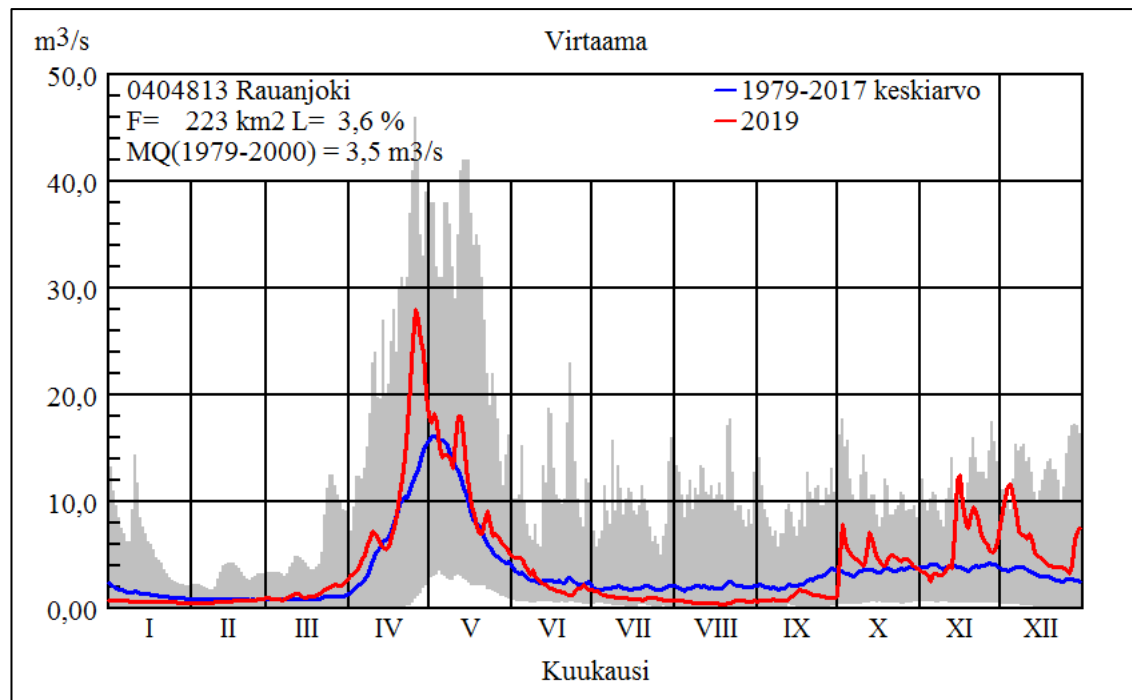
x = hydraulinen pintakuorma $MQ \text{ (m}^3/\text{a)} / A_{\text{vesialue}} \text{ (m}^2\text{)}$. Järven kokonaisfosforin keskipitoisuudeksi on asetettu yhtälössä 20 $\mu\text{g/l}$

6 Tulokset ja niiden tarkastelu

6.1 Valuma-alue

6.1.1 Valumaolosuhteet

Rauanjoen vesistöalueen valumaolosuhteita tarkastelemalla saatiin käsitys valuntana virtaavan veden jakautumisesta sekä virtaamien keskimääräisistä ja vuodenaikaan sidotuista suuruusluokista eri kohdissa vesistöaluetta. Vesimuodostumille, joiden vesipinta-ala ja syvyysuhteet tunnettiin, voitiin laskea myös teoreettiset viipymät (taulukko 21). Hydrologisista ominaisuuksista tehtyjä laskelmia ja luonnehdintoja hyödynnettiin myös muiden ekologista tilaa määrittävien tekijöiden tulkitsemiseen ja arvioimiseen. Tarkastelun tulokset on esitetty kuviossa 5 ja kuvissa 25 - 27.



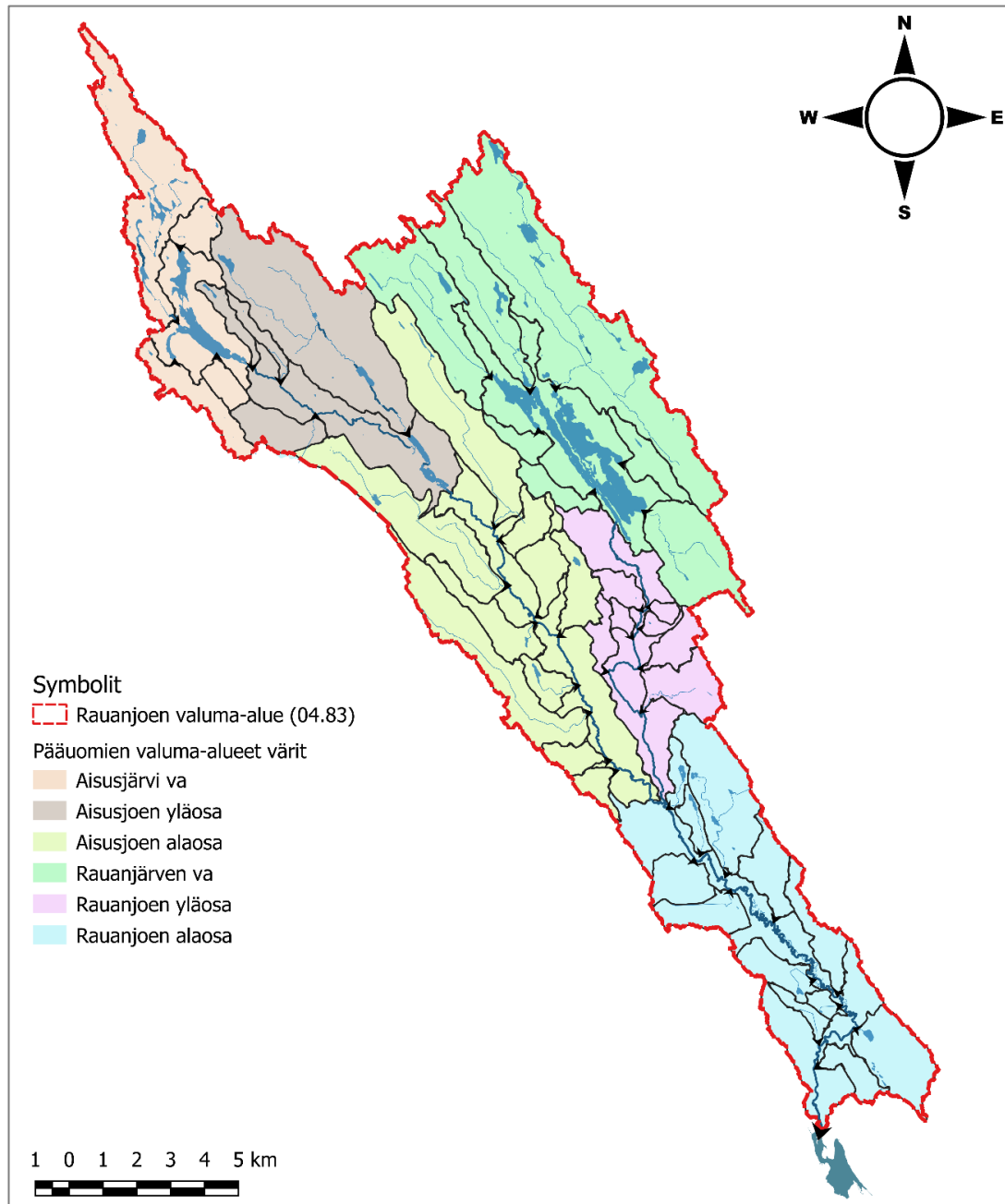
Kuvio 5. Vuoden 2019 virtaamakäyrä ympäristöhallinnon hydrologiselta seuranta paikalta Rauanjoen alaosa (Suomen ympäristökeskus 2020).

Hydrologisen pitkäaikaisseurannan perusteella vuosien 1991 - 2010 välinen keskivirtaama Rauanjoen alaosa on $3,26 \text{ m}^3/\text{s}$ ja vaihtelee vuositasolla välillä $0,38 \text{ m}^3/\text{s}$ - $26,10 \text{ m}^3/\text{s}$ (Korhonen & Haavalampi 2012, 90). Alivirtaamakaussilla alhaisimman virtaaman jaksot ajoittuvat tammi-helmikuulle sekä kesä-elokuulle. Ylivirtaamahuiput ajoittuvat kevättulvan aikaan huhti-toukokuun vaihteeseen sekä tasaisemmin syysjaksolle, keskimäärin loka-joulukuuhun. Vesistöalueen vuosittaista virtaamavaihtelua voidaan luonnehtia kohtalaisen voimakkaaksi, mikä näkyy terävinä virtaamapiikkeinä tulva-aikoina (kuva 25) sekä vähäisinä virtaamina, kuivilla ja vähäsateisilla jaksoilla (kuvio 5). Merkittävimmin virtaamaolosuhteiden voimakkaaseen vaihteluun vaikuttaa vesistöalueen alhainen järvisyysaste (3,6 %). Myös maankäytön ja rakentamisen kautta uomaverkoston tehdyt muokkaukset sekä ilmastonmuutos voivat osaltaan olla vaikuttamassa virtaamavaihteluihin äärevöittäväällä tavalla. (kuvio 5.)



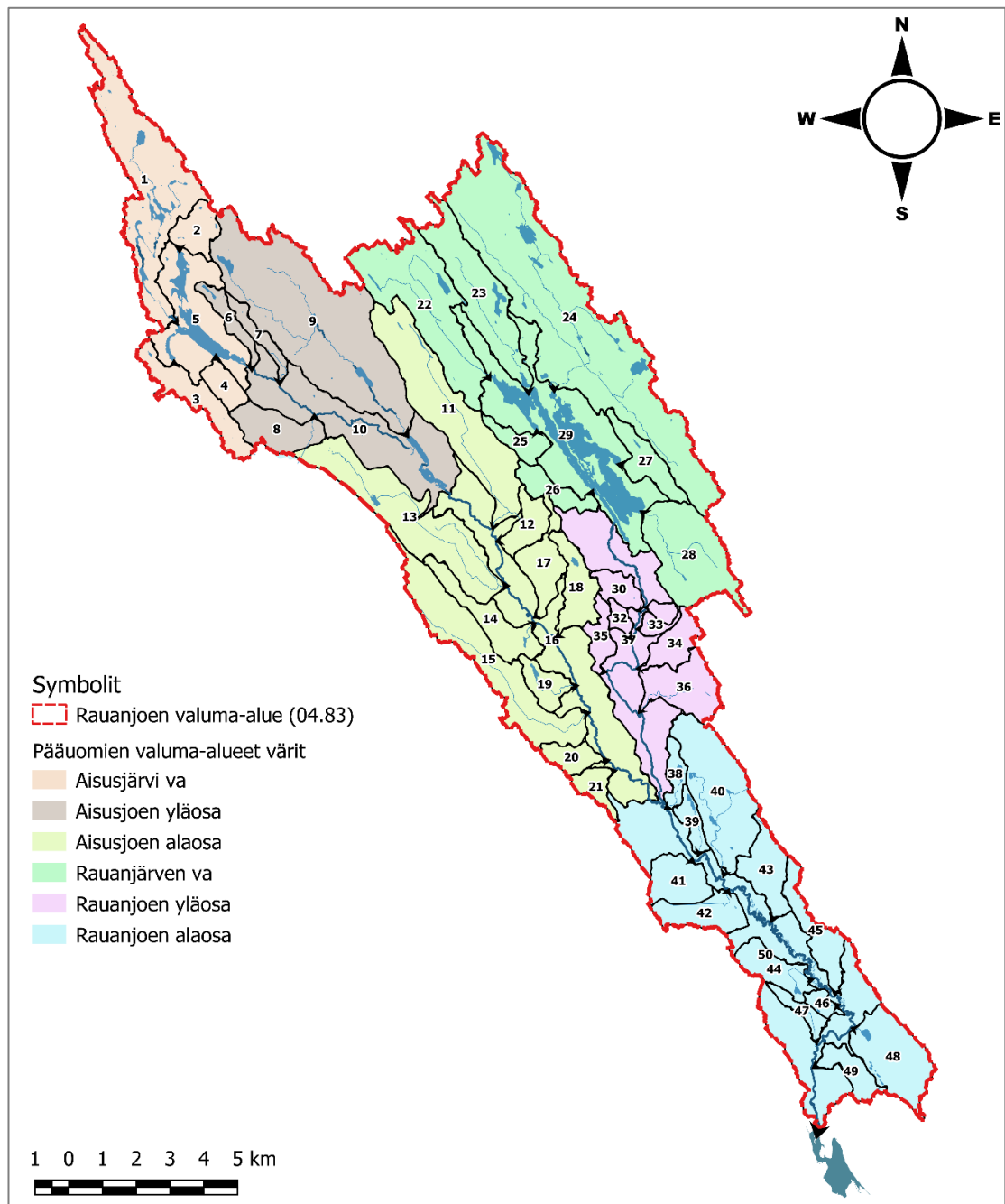
Kuva 25. Rauanjoen alaosa kuvattuna Ruvaslahdentien sillalta kevättulvan aikaan huhtikuun lopussa vuonna 2019 (Kuva: Henri Heiskanen).

Vesistöalueella valuntana virtaavan veden tarkempaa alueellista jakautumista voitiin tarkastella valuma-aluejaon avulla. Rauanjoen valuma-alue jaettiin paikkatietoanalyysin avulla 50:een osavaluma-alueeseen. Kukin osavaluma-alue laskee vetensä vesistöalueen eri osiin, joista se päätty lopulta Rauanjoen pääuomaa pitkin Höytiäisen Rauanlahteen. Osavaluma-aluejako ilmenee kuvasta 26.



Kuva 26. Osa-valuma-aluejako 50:een osavaluma-alueeseen. Kunkin osavaluma-alueen purkupiste on korostettu mustalla nuolella (Ranta10-aineisto © SYKE 2020).

Tiedossa olevien virtaamatietojen (Korhonen & Haavalammi 2012, 90) kautta osavaluma-alueille laskettiin niiden pinta-aloihin perustuvat arvioidut keskivirtaamat (kaava 2). Yksittäisiä osavaluma-alueita ryhmiteltiin myös alemman tason jakovaiheisiin niiden pääuomassa olevan asemansa perusteella. Ryhmitellyille valuma-alueille laskettiin myös arvioidut kumulatiiviset keskivirtaamat, joissa on huomioitu yläpuolisilta valuma-alueilta tuleva vesi. Yksilöidyt osavaluma-alueet ja niille lasketut tunnusluvut on esitetty kuvassa 27 ja taulukossa 20.



Kuva 27. Rautajoen vesistöalueen yksilöidyt osavaluma-alueet (Ranta10-aineisto © SYKE 2020).

Taulukko 20. Ylempien ja alempien jakovaiheiden osavaluma-alueiden hydrologiset tunnusluvut.

Valuma-alue	F	L	A	MQ	Valuma-alue	MQ
ylempi jakovaihe			valuma	teoreettinen	alempi jakovaihe	kumulatiivinen
Nro	km ²	%	km ²	m ³ /s	Nimi ja tunnusluvut	m ³ /s
1	10,37	5,09 %	9,84	0,15	Aisusjärven va F = 22,72 km ² L = 8,59 % A = 20,77 km ² MQ = 0,32 m ³ /s	0,32
2	1,61	1,23 %	1,59	0,02		
3	2,92	0,32 %	2,91	0,04		
4	1,12	0,00 %	1,12	0,02		
5	6,70	20,81 %	5,31	0,08		
6	1,10	3,22 %	1,06	0,02	Aisusjoen yläosa F = 30,63 km ² L = 2,15 % A = 29,97 km ² MQ = 0,46 m ³ /s	0,78
7	1,01	0,07 %	1,01	0,02		
8	2,57	0,00 %	2,57	0,04		
9	16,62	1,55 %	16,36	0,25		
10	9,33	3,92 %	8,96	0,14		
11	8,60	0,62 %	8,55	0,13	Aisusjoen alaosa F = 48,82 km ² L = 0,45 % A = 48,60 km ² MQ = 0,74 m ³ /s	1,52
12	1,57	0,00 %	1,57	0,02		
13	8,22	0,64 %	8,17	0,13		
14	2,77	0,76 %	2,75	0,04		
15	7,45	0,00 %	7,45	0,11		
16	12,08	0,00 %	12,08	0,18		
17	2,27	0,00 %	2,27	0,03		
18	2,33	1,68 %	2,29	0,04		
19	1,35	3,97 %	1,30	0,02		
20	1,17	0,00 %	1,17	0,02		
21	1,01	0,00 %	1,01	0,02		
22	8,28	1,90 %	8,12	0,12	Rauanjärven va F = 60,63 km ² L = 8,83 % A = 55,28 km ² MQ = 0,85 m ³ /s	0,85
23	5,71	4,08 %	5,48	0,08		
24	22,90	3,08 %	22,20	0,34		
25	1,20	0,05 %	1,20	0,02		
26	1,52	0,00 %	1,52	0,02		
27	2,08	0,71 %	2,07	0,03		
28	6,05	0,18 %	6,04	0,09		
29	12,89	32,84 %	8,66	0,13		
30	1,14	0,07 %	1,14	0,02	Rauanjoen yläosa F = 17,82 km ² L = 0,04 % A = 17,81 km ² MQ = 0,27 m ³ /s	1,12
31	0,43	0,00 %	0,43	0,01		
32	0,49	0,00 %	0,49	0,01		
33	0,47	0,67 %	0,47	0,01		
34	1,63	0,00 %	1,63	0,02		
35	1,15	0,00 %	1,15	0,02		
36	3,04	0,12 %	3,04	0,05		
37	9,47	0,00 %	9,47	0,14		
38	0,92	6,99 %	0,86	0,01	Rauanjoen alaosa F = 40,97 km ² L = 1,03 % A = 40,55 km ² MQ = 0,62 m ³ /s	3,26
39	0,94	5,15 %	0,89	0,01		
40	6,54	1,47 %	6,44	0,1		
41	2,23	0,00 %	2,23	0,03		
42	2,24	0,11 %	2,24	0,03		
43	2,47	0,00 %	2,47	0,04		
44	2,00	1,48 %	1,97	0,03		
45	2,32	0,00 %	2,32	0,04		
46	0,55	0,94 %	0,54	0,01		
47	0,80	0,00 %	0,80	0,01		
48	4,40	2,25 %	4,30	0,07		
49	1,45	0,28 %	1,45	0,02		
50	14,11	0,51 %	14,04	0,21		

Hydrologisten tunnuslukujen perusteella laskettiin teoreettiset viipymät niille vesimuodostumille, joiden syvyystiedot olivat saatavilla tai muuten tiedossa. Tällaisia kohteita olivat Rauanjärvi sekä Rauanlahti. Rauanjärven keskisyvyys poimitiin järvikohtaisesta järvikortista (Hertta 2020). Rauanlahden keskisyvyys määritettiin maastopäivien yhteydessä suoritettujen luotausten perustella. Teoreettisten viipymien laskemiseen käytettiin kaavaa 4. Laskennan tulokset ja siinä tarvittavat keskeiset tunnusluvut on esitetty taulukossa 21.

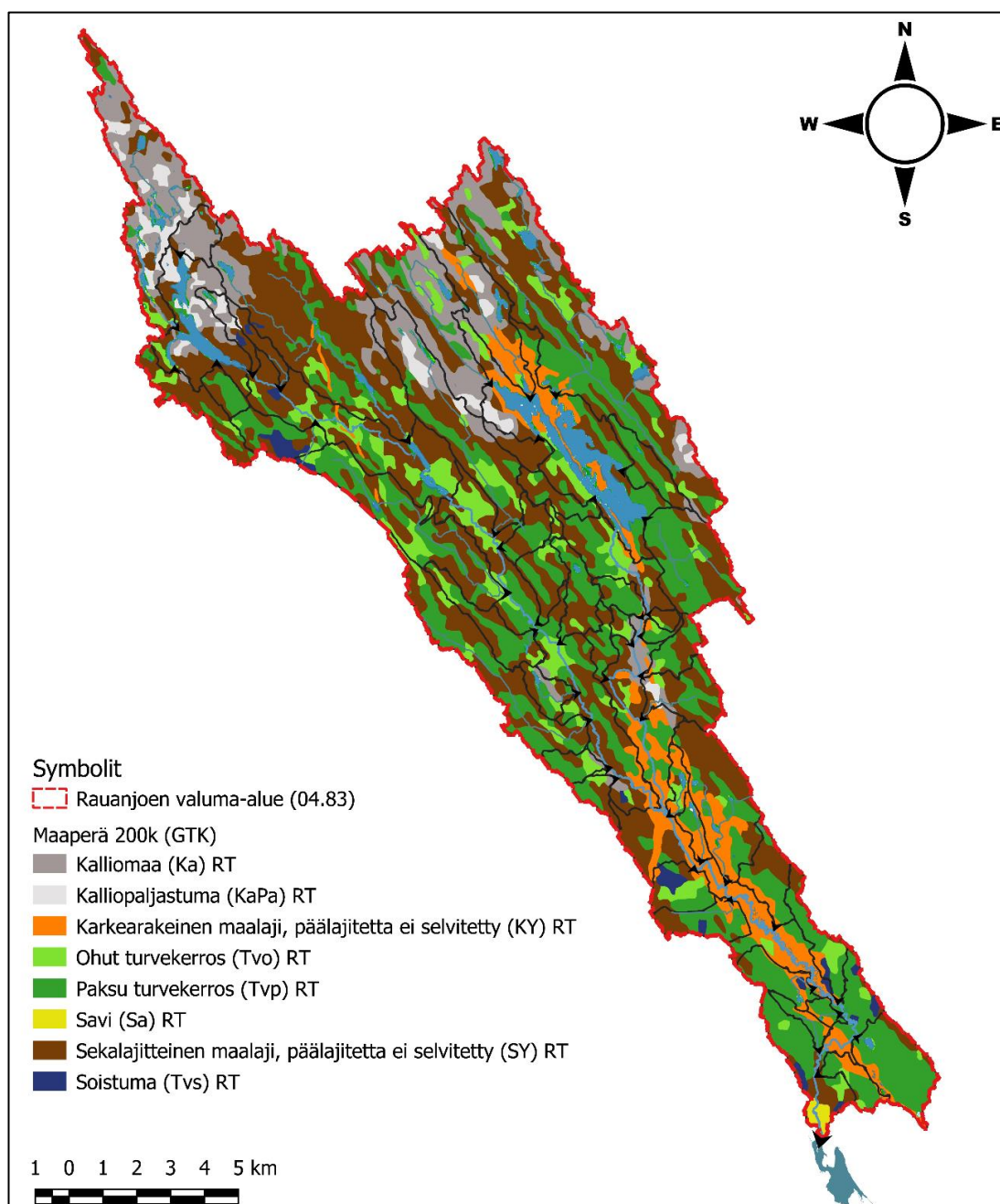
Taulukko 21. Rauanlahden ja Rauanjärven teoreettiset viipymät.

Vesimuodostuma	A	A	Z	V	MQ	T
	valuma (km ²)	vesipinta (ha)	(m)	(m ³)	valuma-alue (m ³ /s)	teoreettinen (d)
Rauanjärvi	55	423	3,1	13 031 800	0,85	178
Rauanlahti	239	109	2,0	2 180 000	3,66	7

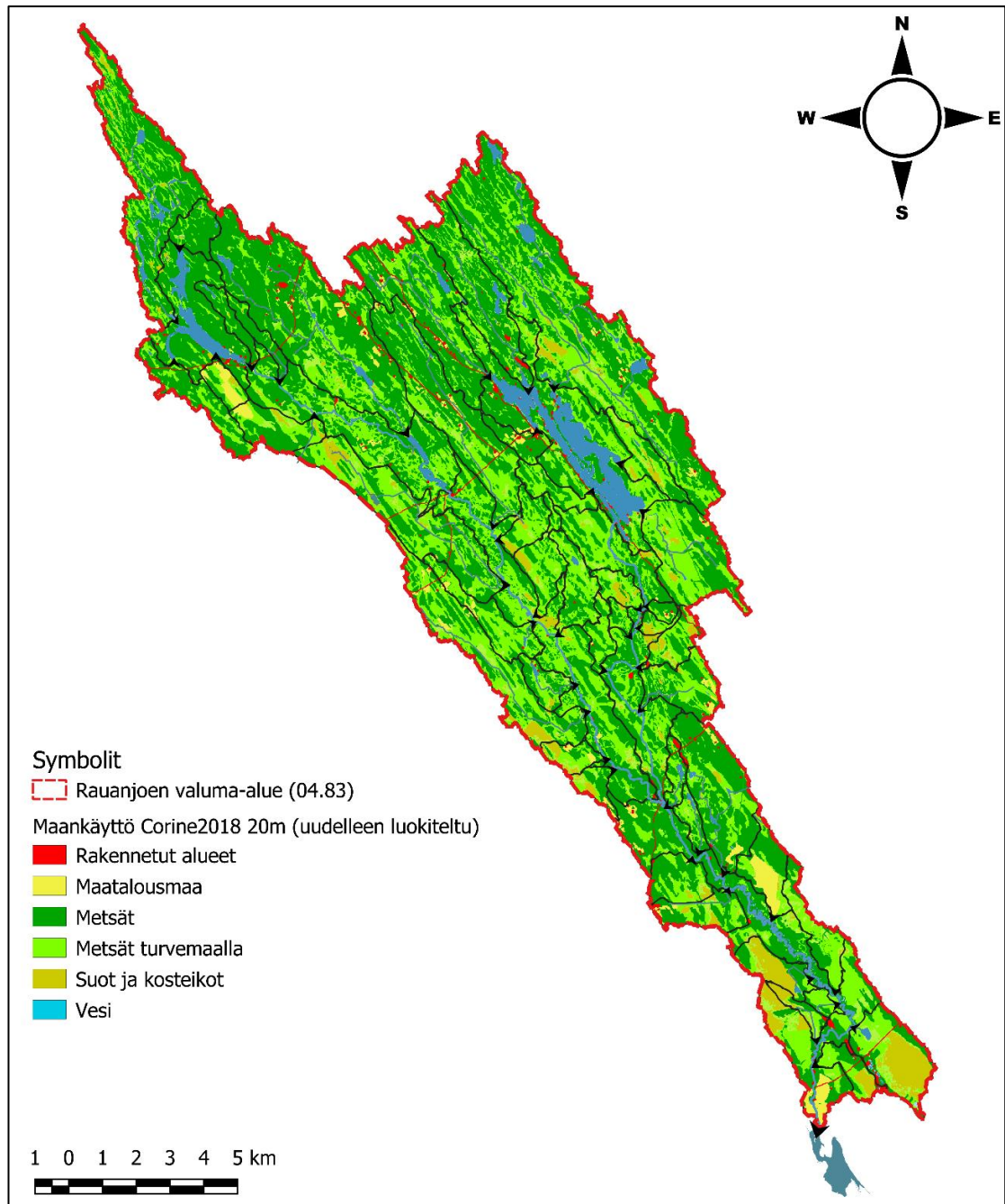
Laskennan perusteella Rauanjärveen sen valuma-alueelta virtaava vesi viipyy järvessä keskimäärin 178 päivää eli noin kuusi kuukautta (taulukko 21). Kaikkien Rauanjoen vesistöalueelta laskevien vesien vastaanottajana toimivan Höytiäisen Rauanlahden laskennallinen viipymä on keskimäärin seitsemän päivää eli noin yhden viikon mittainen. Kummankin vesimuodostuman viipymiä voidaan luonnehtia jokseenkin lyhyinä. Erityisesti Rauanlahteen tuleva vesi virtaa varsin vauhdikkaasti Selkäsalmen kautta edelleen pohjoisen Höytiäisen selkävesille.

6.1.2 Karttatarkastelu

Valuma-aluejakoja hyödynnettiin myös Rauanjoen vesistöalueen osavaluma-aluekohtaisten erityispiirteiden suuntaa antavaan karttatarkasteluun. Tarkasteltaviksi ominaisuuksiksi valittiin valuma-alueen maaperä ja maankäyttö, joiden tiedetään olevan yleisesti ainehuuhtoumien kannalta keskeisimpiä vaikutustekijöitä. Maaperän ja maankäytön osavaluma-aluekohtainen jakautuminen ilmenee kuvista 28 ja 29.



Kuva 28. Maaperän jakautuminen osavaluma-alueittain Rauanjoen vesistöalueella (Maaperä: 200K © GTK 2020; Ranta10-aineisto © SYKE 2020).



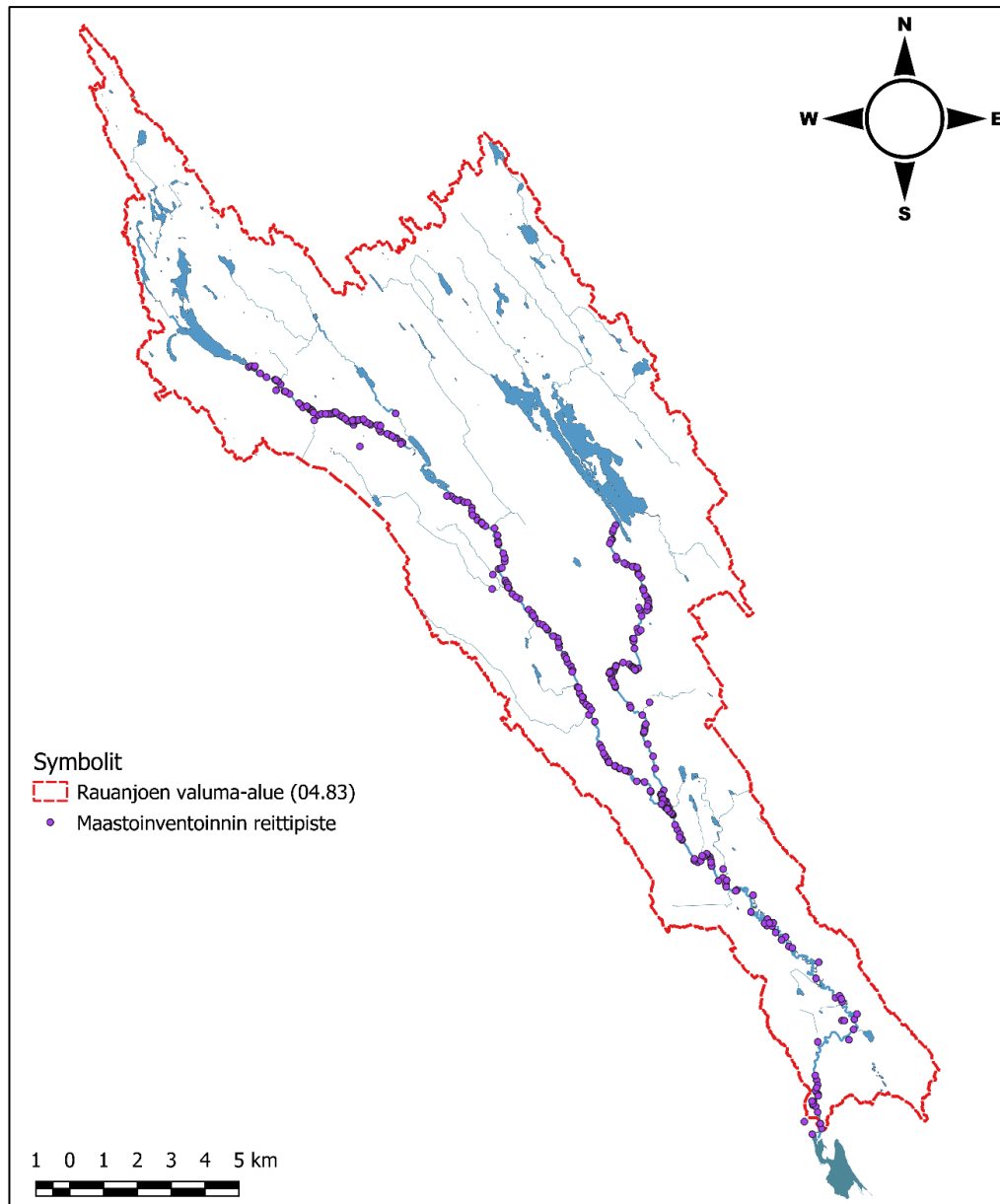
Kuva 29. Maankäytön jakautuminen osavaluma-alueittain Rauanjoen vesistö-alueella (Corine2018- ja Ranta10-aineisto © SYKE 2020).

Kuvien 28 ja 29 tarkastelun kautta voidaan havaita, että Rauanjoen vesistöalueen maalajien ja maankäytön jakautuminen osavaluma-alueiden kesken on yleisesti ottaen jokseenkin tasaista, eikä huomattavan voimakkaita erityispiirteitä ole havaittavissa. Metsätaloukskäytössä olevat turvemaat ja metsät muodostavat valtaosan lähes jokaisen osavaluma-alueen maankäytöstä (kuva 29). Kuormituksen kannalta merkittävää maataloukskäytössä olevaa savimaata esiintyy ainoastaan Rauanjoen alaosan lähivaluma-alueella sijaitsevalla Höytiäisen vesijättömaalla

(kuva 29). Aisus- ja Rauanjärveen laskevien osavaluma-alueiden latvoilla maaperän syvyys on alhainen, mikä ilmenee peruskallion paljastumisena (kuva 28). Voimakkaasti meanderoivaa, noin seitsemän kilometrin mittaista Rauanjoen alaosaa reunustaa lähivaluma-aluetta mukaileva karkearakeisen kivennäismaalajin vyöhyke (kuva 28).

6.2 Maastoinventointi

Jokialueelle kohdistettu maastoinventointi suoritettiin pääosin syksyn 2019 aikana. Inventoinnin pääpainona oli pääuoman ekologisen tilan kannalta merkittävien hydrologis-morfologisten ominaisuuksien havainnoiminen ja dokumentoiminen. Tallennettuja havaintopaikkoja kertyi yhteensä noin 400 kappaletta ja niitä tukevia valokuvia noin 1 000 kappaletta. Inventointityön kaikki tallennetut havaintopaikat on havainnollistettu kuvassa 30.

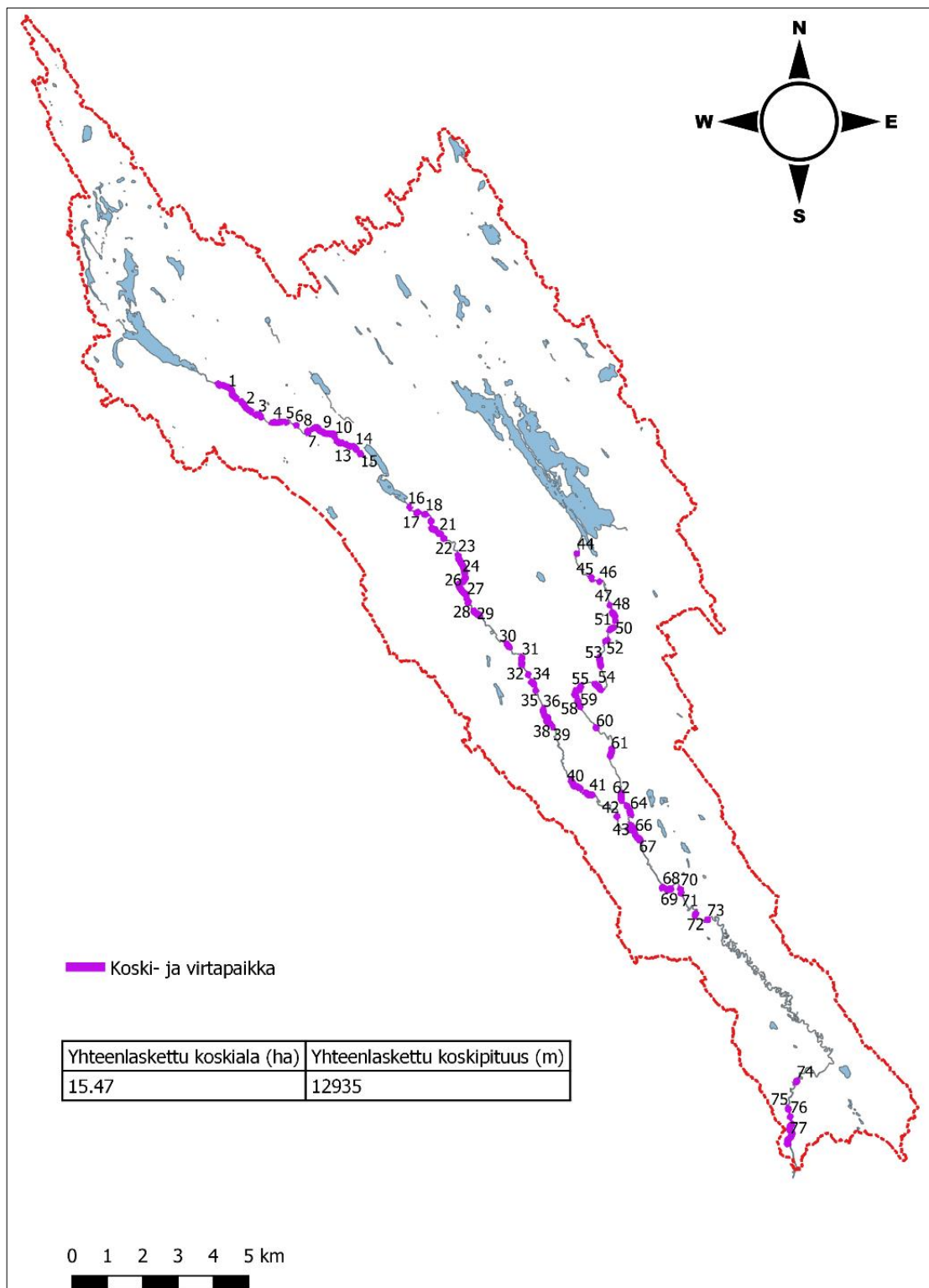


Kuva 30. Maastoinventoinnin aikana kertyneet inventointipisteet (Ranta10-aineisto © SYKE 2020).

6.2.1 Koski- ja virtapaikat

Maastoinventoinnin kautta Rauan- ja Aisusjoessa havaittiin yhteensä 77 koski- ja virtapaikkaa (kuva 31). Paikkatietoanalyysin perusteella koskipaikkojen yhteenlaskettu vesipinta-ala on noin 15,5 hehtaaria ja kokonaispituus noin 13 kilometriä. Pisteytetyt koski- ja virtapaikat jaettiin kolmeen koskiluokkaan niin, että 7 - 8 pistettä saaneet kosket ovat 1-luokan koskia, 4 - 6 pistettä saaneet 2-luokan koskia ja 0 - 3 pistettä saaneet 3-luokan koskia. Pisteytyksen perusteella koskiluokkiin jaetut virtapaikat ja niiden paikkatieto on esitetty taulukoissa 22 - 27. Kuvissa 32

- 48 on esitetty kutakin koskiluokkaa hyvin edustavien kohteiden hydrologisia ja morfometrisiä ominaisuuksia. Kohteiden numeerinen yksilöinti on yhtenevä kaikissa kuvissa ja taulukoissa.



Kuva 31. Maastoinventoinnissa havaitut koski- ja virtapaikat (Ranta10-aineisto © SYKE 2020).

1-luokan koskikohteet

Taulukko 22. Maastoinventoinnissa kartoitetut 1-luokan koskikohteet.

Kohde	Pituus	Pinta-ala	Koordinaatit (ETRS-35FIN)	
	(m)	(ha)	P	I
Aisusjoki 38	300	0,48	6991100	617175
Aisusjoki 40	453	0,65	6989300	617943
Aisusjoki 41	241	0,39	6989040	618339
Aisusjoki 24	505	0,62	6995507	614740
Aisusjoki 9	685	0,45	6999318	610801
Aisusjoki 1	829	0,51	7000483	608113
Rauanjoki 67	170	0,41	6987776	619746
Rauanjoki 54	300	0,37	6992094	618581
Aisusjoki 20	176	0,20	6996553	613919
Rauanjoki 55	192	0,24	6992053	618080
Rauanjoki 61	270	0,36	6990232	618957
Rauanjoki 65	219	0,40	6988098	619564
Rauanjoki 53	301	0,38	6992796	618644
Rauanjoki 62	272	0,37	6988971	619244
Rauanjoki 77	699	1,08	6979401	624013

Taulukko 23. Maastoinventoinnissa kartoitettujen 1-luokan koskikohteiden pisteytys.

Kohde	Pituus pisteet	Pinta-ala pisteet	Materiaali pisteet	Tie pisteet	Yht.
	(0-3)	(0-3)	(0-1)	(0-1)	(7-8)
Aisusjoki 38	3	3	1	1	8
Aisusjoki 40	3	3	1	1	8
Aisusjoki 41	3	3	1	1	8
Aisusjoki 24	3	3	1	1	8
Aisusjoki 9	3	3	1	1	8
Aisusjoki 1	3	3	1	1	8
Rauanjoki 67	3	3	1	1	8
Rauanjoki 54	3	3	1	1	8
Aisusjoki 20	3	2	1	1	7
Rauanjoki 55	3	2	1	1	7
Rauanjoki 61	3	3	0	1	7
Rauanjoki 65	3	3	0	1	7
Rauanjoki 53	3	3	0	1	7
Rauanjoki 62	3	3	1	0	7
Rauanjoki 77	3	3	0	1	7



Kuva 32. Aisusjoki 9 kosken ensimmäinen kynnyks 23.10.2019, jota on uittoperkuiden yhteydessä madallettu räjäyttämällä (Kuva: Henri Heiskanen).



Kuva 33. Aisusjoki 9 loppuliu'un alku 23.10.2019. Kuvassa oikealla runsaasti perkuukiviä (Kuva: Henri Heiskanen).



Kuva 34. Rauanjoen keskivaiheilla sijaitsevan Rauanjoki 54 kosken alaosan kynnysteisyyttä 6.11.2019 (Kuva: Henri Heiskanen).



Kuva 35. Rauanjoki 54 kosken massiivisia perkuukivivalleja 6.11.2019. 1990-luvun lopulla talkookunnostettua koskea voitaisiin vielä täydennyskunnostaa koneellisesti (Kuva: Henri Heiskanen).



Kuva 36. Aisusjoen alaosissa sijaitsevan Aisusjoki 40 kosken niskan kalliokynnyksen räjäytyksestä syntynyttä louhetta molemmin puolin jokea 24.10.2019 (Kuva: Henri Heiskanen).



Kuva 37. Aisusjoki 40 kosken keskivaihetta on muokattu räjäyttämällä pohjassa olevaa kalliokynnystä 24.10.2019 (Kuva: Henri Heiskanen).



Kuva 38. Aisusjoki 40 kosken alaosassa koski levenee ja jakautuu vasemmalla olevaan sivu-uomaan 24.10.2019 (Kuva: Henri Heiskanen).



Kuva 39. Rauanjoki 77 kosken niska ja vanhat sillan perustukset Rauanjoen alaosassa Ruvaslahdentien sillan pohjoispuolella 13.10.2019 (Kuva: Henri Heiskanen).



Kuva 40. Rauanjoki 77 kosken keskivaiheilla haarautuva sivu-uoma 13.10.2019 (Kuva: Henri Heiskanen).



Kuva 41. Rauanjoki 77 kosken loppuliuku, joka on uoman keskellä sijaitsevan saarekkeen jakama 13.10.2019 (Kuva: Henri Heiskanen).

2-luokan koskikohteet

Taulukko 24. Maastoinventoinnissa kartoitetut 2-luokan koskikohteet.

Kohde	Pituus	Pinta-ala	Koordinaatit (ETRS-35FIN)	
	(m)	(ha)	P	I
Aisusjoki 34	158	0,24	6992189	616741
Aisusjoki 29	264	0,43	6994161	615152
Aisusjoki 26	476	0,65	6994844	614727
Aisusjoki 4	342	0,18	6999571	609510
Aisusjoki 2	478	0,24	7000001	608622
Rauanjoki 64	195	0,23	6988527	619493
Rauanjoki 51	169	0,20	6993733	618966
Aisusjoki 25	214	0,28	6995125	614799
Aisusjoki 14	184	0,16	6998841	611709
Aisusjoki 3	271	0,16	6999771	608966
Aisusjoki 11	224	0,15	6999004	611262
Rauanjoki 69	141	0,33	6986352	620602
Rauanjoki 72	106	0,22	6985635	621347
Rauanjoki 58	110	0,13	6991678	618015
Rauanjoki 57	130	0,15	6991848	617940
Aisusjoki 31	116	0,14	6992892	616423
Aisusjoki 32	120	0,17	6992728	616425
Aisusjoki 30	177	0,19	6993261	616030
Aisusjoki 17	100	0,13	6997020	613471
Aisusjoki 21	144	0,18	6996419	614094
Aisusjoki 43	127	0,18	6988052	619484
Aisusjoki 15	114	0,10	6998680	611855
Rauanjoki 52	115	0,50	6993387	618820
Rauanjoki 60	77	0,11	6990929	618532
Rauanjoki 75	103	0,11	6980146	623970
Rauanjoki 74	103	0,18	6980920	624206

Taulukko 25. Maastoinventoinnissa kartoitettujen 2-luokan koskikohteiden pisteytys.

Kohde	Pituus pisteet	Pinta-ala pisteet	Materiaali pisteet	Tie pisteet	Yht.
	(0-3)	(0-3)	(0-1)	(0-1)	(4-6)
Aisusjoki 34	3	2	0	1	6
Aisusjoki 29	3	3	0	0	6
Aisusjoki 26	3	3	0	0	6
Aisusjoki 4	3	1	1	1	6
Aisusjoki 2	3	2	0	1	6
Rauanjoki 64	3	2	0	1	6
Rauanjoki 51	3	2	0	1	6
Aisusjoki 25	3	2	0	0	5
Aisusjoki 14	3	1	0	1	5
Aisusjoki 3	3	1	0	1	5
Aisusjoki 11	3	1	0	1	5
Rauanjoki 69	2	3	0	0	5
Rauanjoki 72	2	2	0	1	5
Rauanjoki 58	2	1	1	1	5
Rauanjoki 57	2	1	1	1	5
Aisusjoki 31	2	1	0	1	4
Aisusjoki 32	2	1	0	1	4
Aisusjoki 30	3	1	0	0	4
Aisusjoki 17	2	1	0	1	4
Aisusjoki 21	2	1	0	1	4
Aisusjoki 43	2	1	0	1	4
Aisusjoki 15	2	1	0	1	4
Rauanjoki 52	2	1	0	1	4
Rauanjoki 60	1	1	1	1	4
Rauanjoki 75	2	1	0	1	4
Rauanjoki 74	2	1	0	1	4



Kuva 42. Aisusjoen keskivaiheilla sijaitsevan Aisusjoki 31 kosken niska 29.10.2019 (Kuva: Henri Heiskanen).



Kuva 43. Aisusjoki 31 kosken keskivaihetta 29.10.2019. 2-luokan koskissa perkuumateriaalin määrä on vähäisempi 1-luokan koskiin verrattuna (Kuva: Henri Heiskanen).



Kuva 44. Aisusjoki 31 kosken loppuliuku 29.10.2019 (Kuva: Henri Heiskanen).



Kuva 45. Rauanjoen keskivaiheilla sijaitsevan Rauanjoki 60 kosken loppuliuku ja jokiuoman ylittävä silta 6.11.2019 (Kuva: Henri Heiskanen).



Kuva 46. Rauanjoki 60 kosken mietovirtainen niska-alue 6.11.2019 (Kuva: Henri Heiskanen).

3-luokan koskikohteet

Taulukko 26. Maastoinventoinnissa kartoitetut 3-luokan koskikohteet.

Kohde	Pituus	Pinta-ala	Koordinaatit (ETRS-35FIN)	
	(m)	(ha)	(P)	(I)
Aisusjoki 37	103	0,15	6991258	617089
Aisusjoki 36	146	0,18	6991415	617030
Aisusjoki 18	99	0,12	6996970	613694
Aisusjoki 19	87	0,11	6996765	613855
Rauanjoki 68	72	0,20	6986400	620418
Rauanjoki 71	59	0,14	6986240	620940
Rauanjoki 73	68	0,15	6985491	621678
Rauanjoki 48	113	0,15	6994170	619003
Rauanjoki 46	51	0,06	6995068	618631
Rauanjoki 45	96	0,14	6995162	618399
Rauanjoki 59	88	0,10	6991532	618076
Rauanjoki 70	73	0,13	6986356	620922
Aisusjoki 28	95	0,14	6994481	614911
Aisusjoki 23	63	0,06	6995803	614627
Aisusjoki 42	60	0,12	6988406	619123
Aisusjoki 10	86	0,05	6999164	611134
Aisusjoki 7	110	0,06	6999305	610363
Aisusjoki 12	79	0,06	6998954	611444
Aisusjoki 13	79	0,08	6998902	611540
Aisusjoki 16	60	0,04	6997166	613254
Rauanjoki 76	59	0,07	6979915	624027
Rauanjoki 47	56	0,05	6994398	618922
Rauanjoki 56	42	0,04	6991984	617956
Rauanjoki 63	83	0,09	6988706	619412
Rauanjoki 66	58	0,08	6987903	619638
Aisusjoki 35	55	0,06	6991979	616826
Aisusjoki 39	40	0,06	6990937	617313
Aisusjoki 33	63	0,08	6992430	616609
Aisusjoki 22	81	0,09	6996279	614221
Aisusjoki 5	90	0,04	6999577	609740
Aisusjoki 6	60	0,04	6999483	610034
Rauanjoki 44	33	0,05	6995857	617990
Rauanjoki 50	43	0,05	6993957	619071
Rauanjoki 49	39	0,05	6994078	619066
Aisusjoki 27	39	0,06	6994594	614870
Aisusjoki 8	37	0,02	6999371	610464

Taulukko 27. Maastoinventoinnissa kartoitettujen 3-luokan koskikohteiden pisteytys.

Kohde	Pituus pisteet (0-3)	Pinta-ala pisteet (0-3)	Materiaali pisteet (0-1)	Tie pisteet (0-1)	Yht. (0-3)
Aisusjoki 37	2	1	0	0	3
Aisusjoki 36	2	1	0	0	3
Aisusjoki 18	1	1	0	1	3
Aisusjoki 19	1	1	0	1	3
Rauanjoki 68	1	2	0	0	3
Rauanjoki 71	1	1	0	1	3
Rauanjoki 73	1	1	0	1	3
Rauanjoki 48	2	1	0	0	3
Rauanjoki 46	1	0	1	1	3
Rauanjoki 45	1	1	0	1	3
Rauanjoki 59	1	1	0	1	3
Rauanjoki 70	1	1	0	1	3
Aisusjoki 28	1	1	0	0	2
Aisusjoki 23	1	0	0	1	2
Aisusjoki 42	1	1	0	0	2
Aisusjoki 10	1	0	0	1	2
Aisusjoki 7	2	0	0	0	2
Aisusjoki 12	1	0	0	1	2
Aisusjoki 13	1	0	0	1	2
Aisusjoki 16	1	0	0	1	2
Rauanjoki 76	1	0	0	1	2
Rauanjoki 47	1	0	1	0	2
Rauanjoki 56	0	0	1	1	2
Rauanjoki 63	1	0	0	1	2
Rauanjoki 66	1	0	0	1	2
Aisusjoki 35	1	0	0	0	1
Aisusjoki 39	0	0	0	1	1
Aisusjoki 33	1	0	0	0	1
Aisusjoki 22	1	0	0	0	1
Aisusjoki 5	1	0	0	0	1
Aisusjoki 6	1	0	0	0	1
Rauanjoki 44	0	0	0	1	1
Rauanjoki 50	0	0	0	1	1
Rauanjoki 49	0	0	0	1	1
Aisusjoki 27	0	0	0	0	0
Aisusjoki 8	0	0	0	0	0



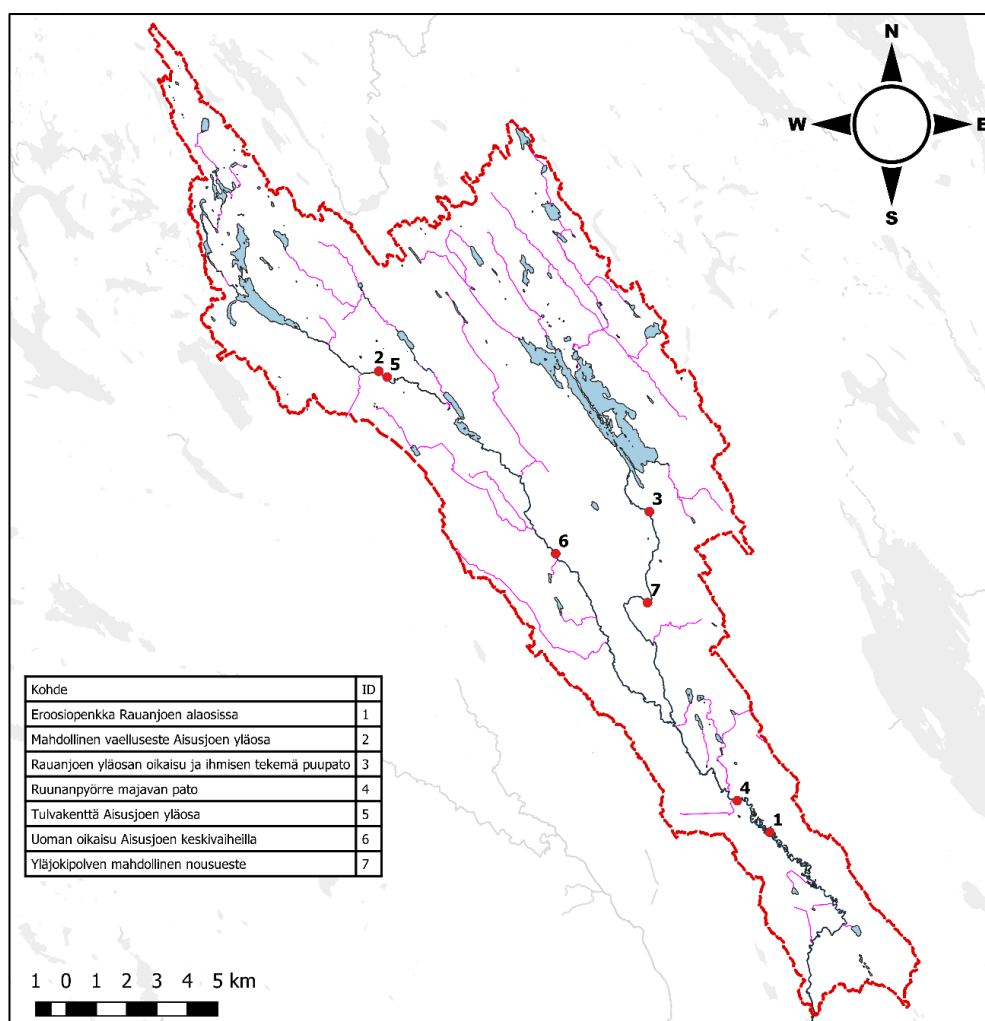
Kuva 47. Rauanjoen yläosissa sijaitseva lyhyehkö ja pienialainen Rauanjoki 47 kuvattuna 6.11.2019. Koski edustaa tyypillistä 3-luokan koskea (Kuva: Henri Heiskanen).



kuva 48. Rauanjoen alaosissa sijaitseva Aisusjoki 42 kuvattuna 24.10.2019. Koski on pienimuotoinen 3-luokan koskipaikka (Kuva: Henri Heiskanen).

6.2.2 Esteet, muokkaukset ja muut huomiot

Maastoinventoinnissa virtapaikkojen ohella kiinnitettiin huomiota jokijatkumon esteellisyyteen, kuten majavien rakentamiin patoihin sekä kalan ja muun vesieliösten kulkua mahdollisesti haittaaviin nousuesteisiin. Huomiota kiinnitettiin myös eroosioalttiisiin kohtiin uoman reunalla sekä uoman muihin erityispiirteisiin, kuten uoman oikaisuihin ja makkaralampiin eli juoluoihin. Inventoinnissa havaittiin kalan kulkua mahdollisesti haittaavia esteitä kolme kappaletta, joista majavanpatoja oli kaksi kappaletta (kuvat 50, 51 ja 53). Eroosioalttiita kohteita sekä uoman eläimen kautta erilleen jääneitä uomanosia eli makkaralampia havaittiin enimmäkseen Rauanjoen meanderoivalla alaosuudella (kuvat 54 - 56 ja 61). Tukinuittoa varten oikaistuja kohtia havaittiin tasaisesti molemmissa jokiuomissa (kuvat 58 ja 59). Kohteiden sijainnit ovat esitettyinä taulukossa 28 ja kuvissa 49 ja 60.



Kuva 49. Esteet, muokkaukset ja muut huomiot (Ranta10-aineisto © SYKE 2020).

Taulukko 28. Esteet, muokkaukset ja muut huomiot.

Kohde	Koordinaatit (ETRS-35FIN)	
	(P)	(I)
Eroosiopenkka Rauanjoen alaosissa	6984439	622726
Aisusjoen yläosa majavanpato	6999632	609841
Rauanjoen yläosan oikaisut ja ihmisen tekemä puupato	6995004	618759
Ruunanpyörre majavanpato	6985479	621652
Tulvakenttä Aisusjoen yläosa	6999440	610117
Uoman oikaisu Aisusjoen keskivaiheilla	6993618	615669
Yläjokipolven mahdollinen nousueste	6992005	618696



Kuva 50. Ruunanpyörteen majavanpato 23.9.2019 (Kuva: Henri Heiskanen).



Kuva 51. Aisusjoen yläosan majavanpato 23.10.2019 (Kuva: Henri Heiskanen).



Kuva 52. Majavan aiheuttama tulvakenttä Aisusjoen yläosissa 23.10.2019 (Kuva: Henri Heiskanen).



Kuva 53. Yläjokipolvella oleva mahdollinen nousueste Rauanjoen yläosissa 6.11.2019 (Kuva: Henri Heiskanen).



Kuva 54. Eroosiopenkka Rauanjoen alaosissa 23.9.2019 (Kuva: Henri Heiskanen).



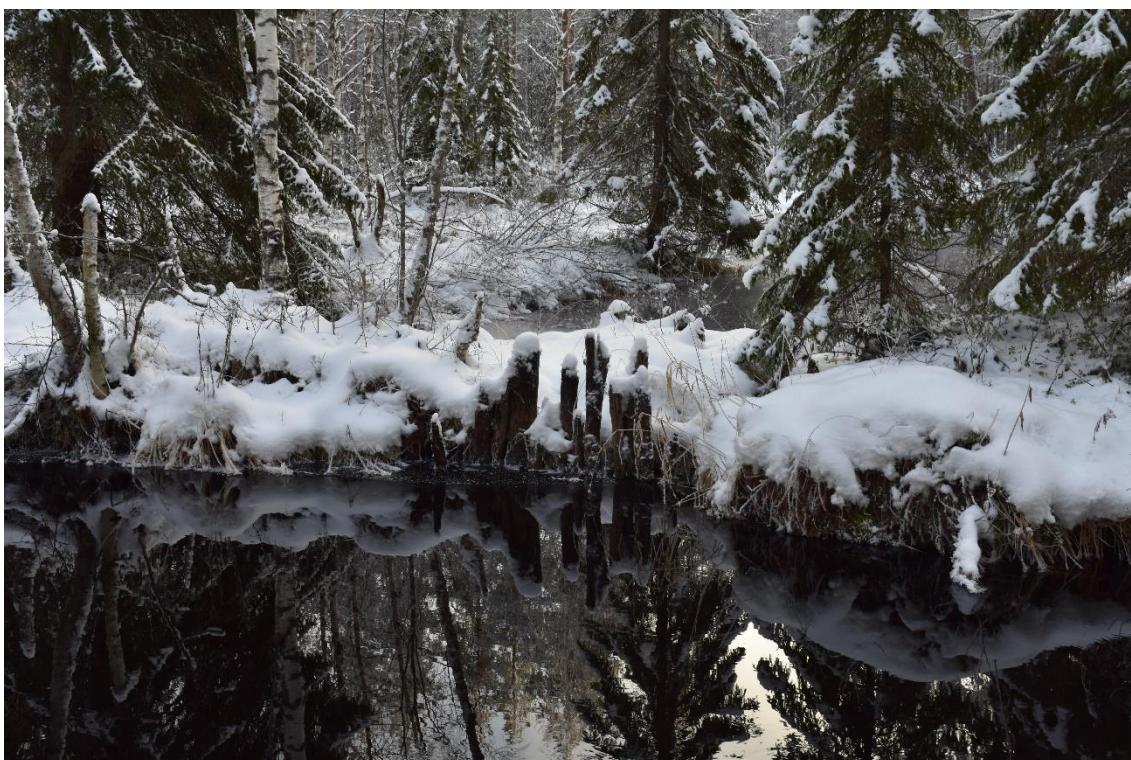
Kuva 55. Eroosiopenkka uoman ulkokaarteessa Rauanjoen alaosissa 23.9.2019 (Kuva: Henri Heiskanen).



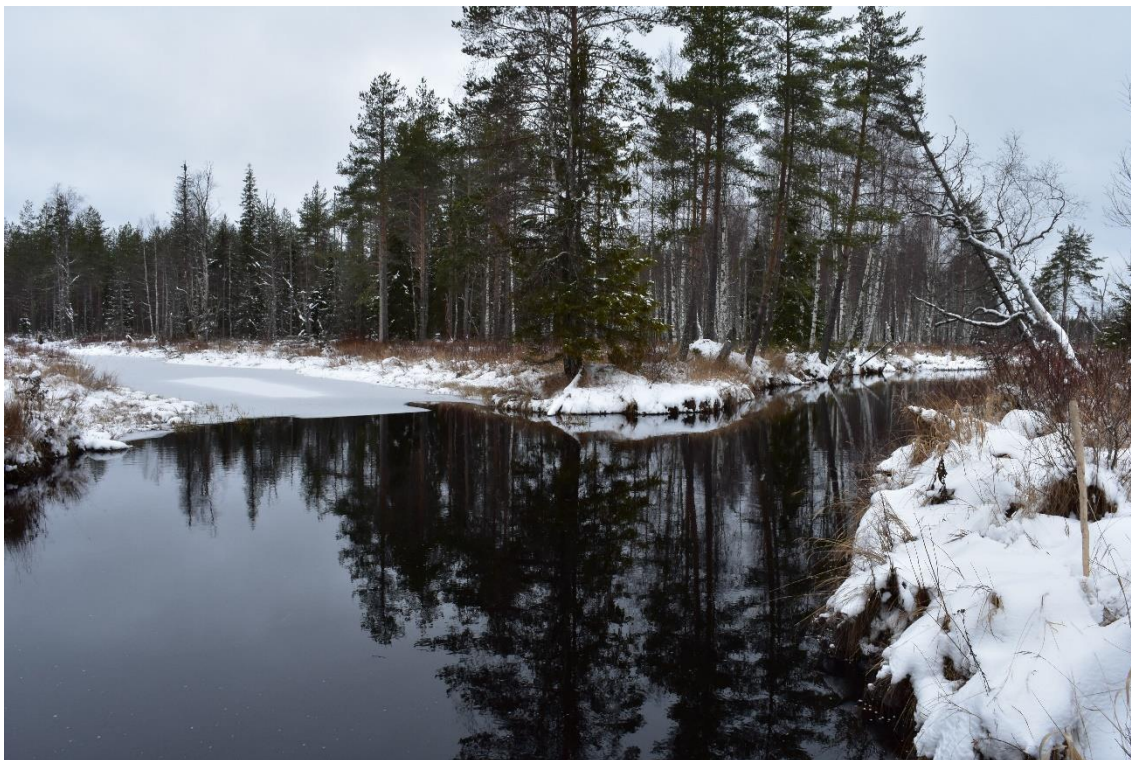
Kuva 56. Rauanjoen alaosan meandroivan osuuden yleisluonnetta 23.9.2019. Pohjakulkeumana liikkuva hiekka muodostaa sisäkaarteisiin särkkiä (Kuva: Henri Heiskanen).



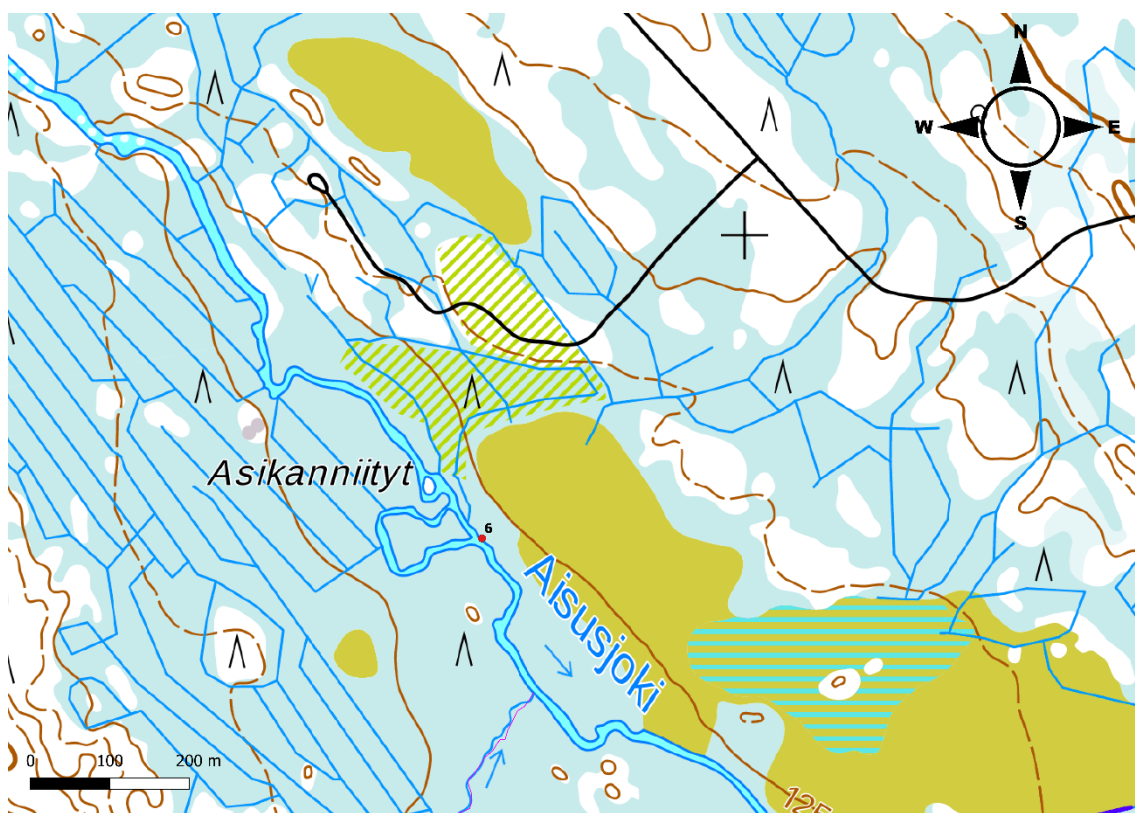
Kuva 57. Laskeutusallas Aisusjoen yläosaan laskevassa metsäojitusalueen laskuojassa 23.10.2019 (Kuva: Henri Heiskanen).



Kuva 58. Uoman oikaisu ja puupato Rauanjoen yläosissa. 6.11.2019 (Kuva: Henri Heiskanen).



Kuva 59. Uoman oikaisu Aisusjoen keskivaiheilla 1.11.2019 (Kuva: Henri Heiskanen).



Kuva 60. Kuvassa 59 esitetty uoman oikaisu peruskartalla (Peruskarttarasteri © Maanmittauslaitos 2020).



Kuva 61. Otos lukuisista uoman elämisen kautta erilleen jääneistä ns. makkaralammista Rauanjoen alaosan meandroivalla osuudella 23.9.2019 (Kuva: Henri Heiskanen).



Kuva 62. Jälkiä tukinuitosta Rauanjoen alaosilla 23.9.2019 (Kuva: Henri Heiskanen).



Kuva 63. Rauanjoen silmämääräisesti reheväkö suistoalue Viitapurolle päin kuvattuna 13.10.2019 (Kuva: Henri Heiskanen).

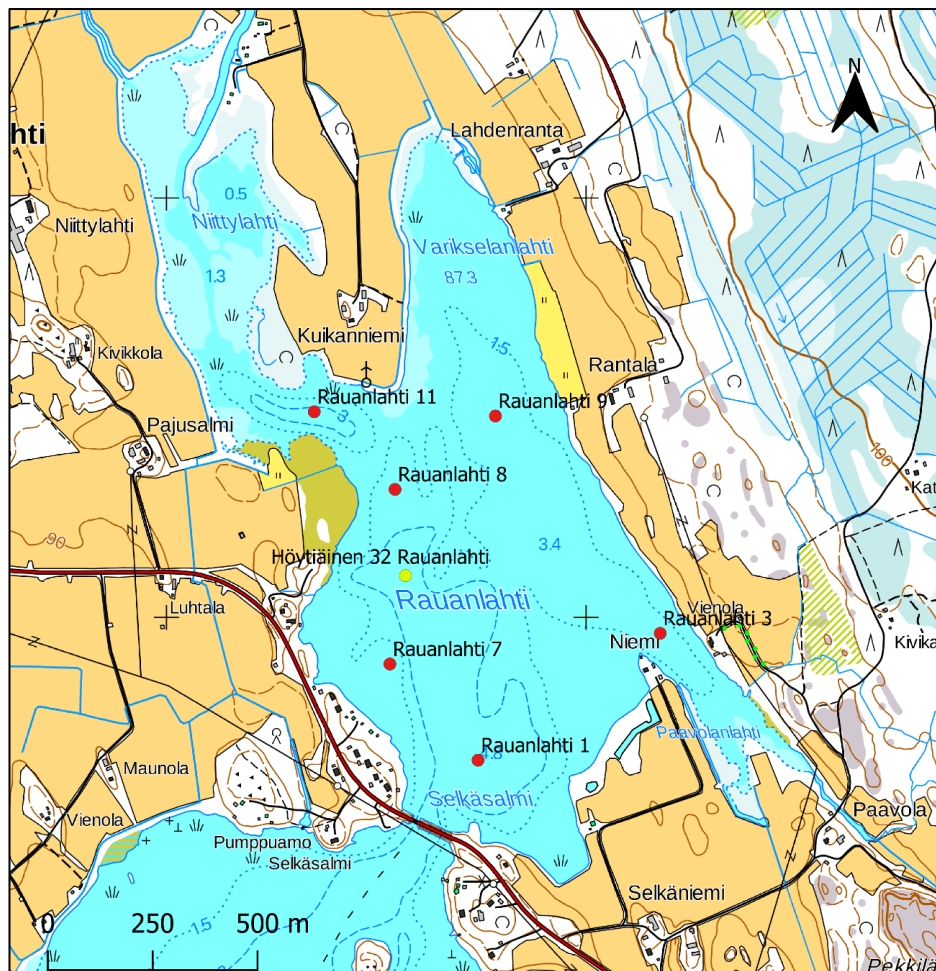


Kuva 64. Rauanjoen silmämääräisesti reheväkö suistoalue Rauanlahdelle päin kuvattuna 13.10.2019 (Kuva: Henri Heiskanen).

6.3 Vedenlaatu

6.3.1 Rauanlahti

Rauanjoen suistoalueella sijaitsevan Höytiäisen Rauanlahden vedenlaatua seurattiin sedimenttitutkimuksen yhteydessä 19.3- ja 23.3.2019 vesinäytteenotoin (kuva 65). Havaintopaikkojen kokonaissyvyydet vaihtelivat 0,9 ja 4,1 metrin välillä. Havaintopaikalla Rauanlahti 1 näytteet otettiin metri vedenpinnasta, vesipatseen puolesta välistä ja metri pohjan yläpuolelta. Havaintopaikalla Rauanlahti 3 metri pinnasta ja metri pohjasta. Havaintopaikoilta Rauanlahti 7 - 11 näytteet otettiin vesimassan puolesta välistä. Näytteistä määritettiin seuraavat muuttujat: näkösyvyys, lämpötila, liukoinen happi, hapen kyllästysaste, pH, sähkönjohtavuus, fosfaattifosfori ja rauta. Näytteiden mittaustulokset on esitetty taulukossa 29.



Kuva 65. Rauanlahden vedenlaadun havaintopaikat keväällä 2019. Ympäristöhallinnon havaintopaikka (Höytiäinen 32 Rauanlahti) korostettu vihreällä (Peruskarttarasteri © Maanmittauslaitos 2020).

Taulukko 29. Rauanlahden vedenlaadun mittaustulokset 19. ja 23.3.2019.

Havainto- paikka	kok.syv.	Näkö- sy- vyys	Näyte- sy- vyys	Lt	O ₂		pH	Säh- kön- johta- vuus	PO ₄ ³⁻ - P (µg/l)	Fe (µg/l)
	(m)		(m)	(°C)	O ₂ (mg/l)	O ₂ (kyll. %)		(mS/m)	(µg/l)	(µg/l)
Rauanlahti 1	4,1	0,8	1,0	0,3	7,3	54	6,5	5,1	9,0	1 520
			2,0	0,5	7,2	55	6,3	4,3	4,0	1 500
			3,1	2,5	5,4	38	6,0	7,2	11,0	2 990
Rauanlahti 3	2,9	0,6	1,0	0,3	7,1	51	6,1	4,8	9,0	3 150
			1,9	0,5	6,8	52	5,8	5,1	12,0	2 210
Rauanlahti 7	0,9		0,4	0,3	7,4	54	6,2	7,7	-	2 960
Rauanlahti 8	1,3	0,7	0,7	0,3	7,5	55	6,3	4,6	4,0	1 480
Rauanlahti 9	1,2	-	0,6	0,3	7,8	56	6,2	4,5	3,0	1 520
Rauanlahti 11	1,6	-	0,8	0,2	7,9	57	6,2	4,7	6,0	1 460

Havaintopaikkojen näkösyvydet (taulukko 28) vaihtelivat 0,6 - 0,8 m, ja keskimääräinen näkösyvyys oli 0,7 metriä. Havaintopaikkojen lämpötilat vaihtelivat mittausajankohtana 0,2 - 2,5 °C välillä. Mitatut alhaiset näkösyvydet ilmentävät polyhumoosisuutta, ja syvänehavaintopaikan (Rauanlahti 1) lämpötiloista voidaan päätellä vesimassassa vallitsevan talvikerrostuneisuuden.

Liukoisen hapen pitoisuudet vaihtelivat 5,4 - 7,9 mg/l, kyllästysasteiden vaihdellussa välillä 38 - 57 % (taulukko 28). Happitilannetta voidaan pitää varsin hyvänä ja vesieliöstölle yleisesti sopivana. Hyvää happitilannetta edistää todennäköisesti osaltaan Rauanjoelta suistoalueelle virtaava hapekas vesi.

Fosfaattifosfori vaihtelee välillä 4,0 - 12,0 µg/l ja liukoinen rauta 1 480 - 2 990 µg/l. Korkeimmat pitoisuudet mitattiin Rauanlahden eteläosista lähellä Selkäsalmee. Sähkönjohtavuus vaihtelee 4,3 - 7,7 mS/m ja pH 5,8 - 6,5. Sähkönjohtavuus on sisävesille tyypillistä tasoa. Happamuus puolestaan vaihtelee lievästi happamasta pH 5,8 lähes neutraaliin pH 6,5.



Kuva 66. Vesinäytteenottoa Rauanlahdella keväällä 2019 (Kuva: Ari-Pekka Jolkkonen).

Pohjois-Karjalan ELY-keskuksen vuosien 1982 - 2018 mittaustuloksissa havaintopaikalta Rauanlahti 34 kokonaisfosforipitoisuudet vaihtelivat 10 - 31 µg/l, ja aikajakson aritmeettinen keskipitoisuus oli 18,6 µg/l (taulukko 30). Kokonaistypen pitoisuus vaihteli 420 - 830 µg/l. Ravinnepitoisuudet edustavat mesotrofiaa, eli lievästi rehevää vedenlaatua. pH, happitilanne ja sähkönjohtavuus vastaavat osaltaan hyvin kevättalvella 2019 opiskelijatyönä saatuja tuloksia. Tuloksista voidaan havaita opiskelijatyönä toteutettujen näytteenottojen ja analyysien olevan varsin yhteneviä ympäristöhallinnon mittaustulosten kanssa.

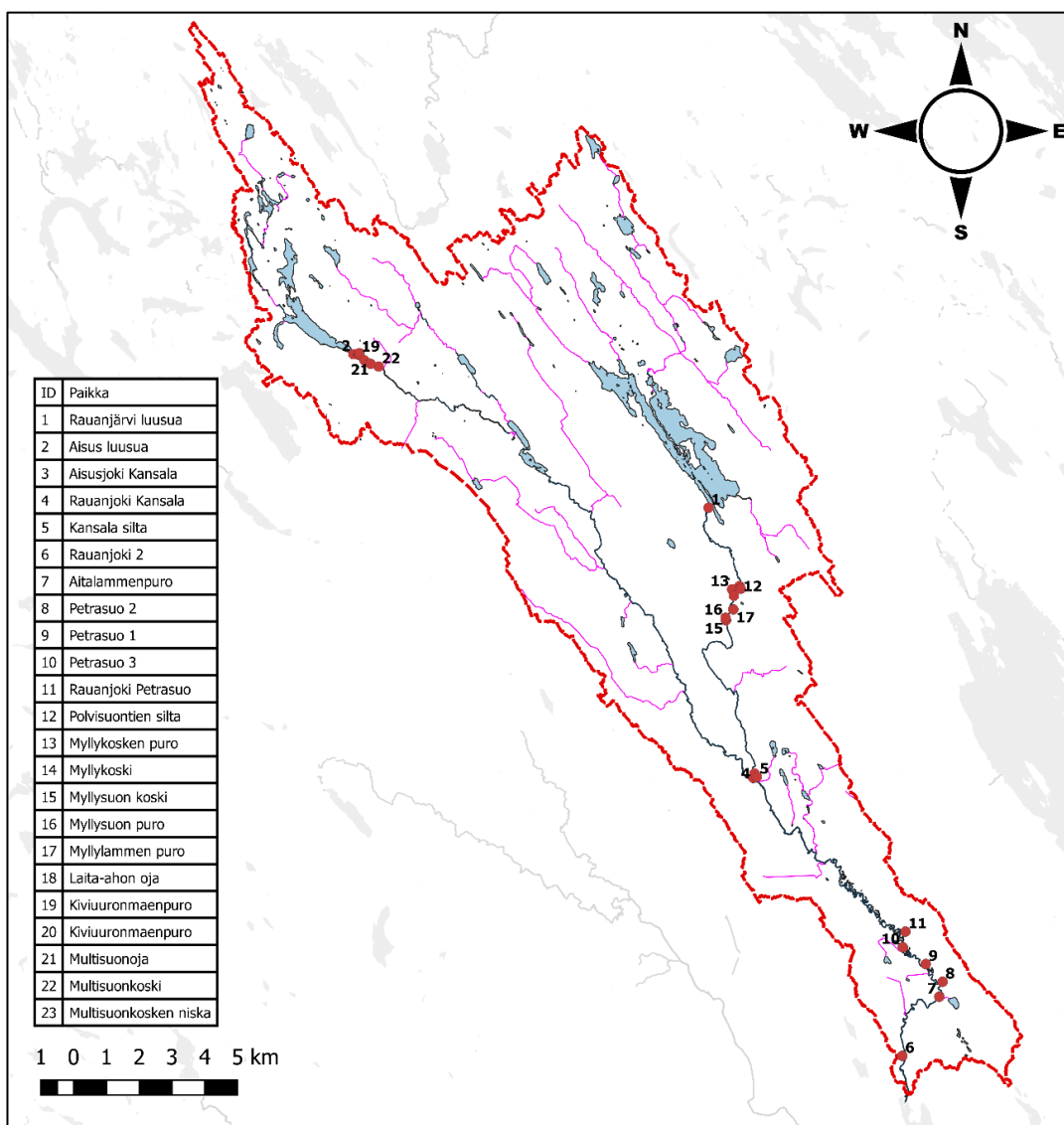
Taulukko 30. Pohjois-Karjalan ELY-keskuksen vedenlaadun mittaustulokset Rauanlahti 32 havaintopaikalta vuosina 1982 - 2018.

Havaintopaikka	Näkösyvyys	Näytesyvyys	Lt	O ₂		pH	Kok.P	Kok.N	Sähkönjohtavuus	Fe
	(m)	(m)	(°C)	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%)		(µg/l)	(µg/l)	(mS/m)	(µg/l)
Rauanlahti 32	0,6	1,0	0,1	11,4	81	6,2	17	500	4,4	1 900
		2,5	0,8	8,0	58	6,1	21	560	5,0	3 000
5.2.2008	1,6	1,0	0,1	11,2	77	6,3	11	470	3,4	1 400
		3,8	2,0	6,2	43	6,3	31	830	7,3	2 300
26.2.2009	1,2	1,0	0,1	12,0	82	6,3	12	490	3,6	1 700
		2,5	0,6	7,0	49	6,2	17	530	4,5	2 200
5.2.2015	1,2	1,0	0,2	11,1	77	6,4	10	460	3,5	1 400
		3,8	2,6	4,8	36	6,2	17	660	5,4	2 300
13.3.2018	1,3	1,0	0,1	11,2	77	6,6	10	420	3,4	1 600
		2,8	1,0	8,5	60	6,5	16	530	4,5	2 500

6.3.2 Jokialue

Opiskelijatyönä tehty seuranta keväällä 2019

Sekä Rauan-, että Aisusjoen alueella suoritettiin vedenlaadun seuranta kolmena maastopäivänä keväällä aikavälillä 24.04.2019 - 23.05.2019. Havaintopaikkoja oli sekä jokien pääuomissa, että jokiin laskevissa sivu-uomissa. Hydrologisessa vuosikierrossa näytteenotot sijoituivat kevätylivirtaamajakson ajalle (Kuvio 5). Näytteenottosyvyydet jokijakson havaintopaikoilla vaihtelivat 0,1 - 1,0 m havaitusta uoman keskivirrasta. Näytteistä määritettiin seuraavia muuttujia: pH, sähkönjohtavuus, rauta, lämpötila ja alumiini.



Kuva 67. Rauanjoen vesistöalueen vedenlaadun havaintopaikat keväällä 2019 (Ranta10-aineisto © SYKE 2020).

Taulukko 31. Rauanjoen vesistöalueen vedenlaadun mittaustulokset 24.4.2019 ja 26.4.2019.

Havaintopaikka	Lt	pH	Sähkönjohtavuus	Fe
	(°C)		(mS/m)	(µg/l)
Polvisuontien silta	1,5	5,3	1,7	1 330
Myllykosken puro	0,2	4,4	2,2	1 850
Myllysuon koski	3,1	5,3	3,1	2 390
Myllysuon puro	2,9	4,3	3,1	1 070
Myllylammen puro	1,9	4,6	3,1	1 190
Laita-ahon oja	1,8	4,5	3,1	730
Rauanjoki 2	2,2	5,2	2,5	1 220
Rauanjärvi luusua	2,5	5,7	2,7	880
Aisus lähtevä	1,2	5,6	2,1	750
Kiviuronmäenpuro	1,7	4,4	1,9	440
Multisuonoja	2,4	4,5	2	2 680
Multisuonkoski	2,2	5,5	1,9	900
Multisuonkosken niska	2,2	-	-	-
Aisusjoki Kansala	-	5,1	2,2	3 990
Kansalanmylly silta	-	5,2	2,2	790

Taulukko 32. Rauanjoen vesistöalueen vedenlaadun mittaustulokset 23.5.2019.

Havaintopaikka	Lt	pH	Sähkönjohtavuus
	(°C)		(mS/m)
Aitalammenpuro	13,5	5,7	2,5
Petrasuo 1	10,8	4,7	2,6
Petrasuo 2	10,1	5,1	3,4
Rauanjoki Petrasuo	11,5	5,6	1,9
Petrasuo 3	10,1	4,8	2,1
Kansalanmylly silta	11,5	5,5	1,9
Rauanjoki 2	11,4	5,5	2

Havaintopaikkojen veden lämpötilat (taulukot 31 - 32) vaihtelivat 0,2 - 13,5 °C. Havaintopaikkojen pH arvot vaihtelivat mittausajankohtana 4,3 - 5,7. Alhaisin pH arvo sivu-uomista mitattiin 24.4.2019 havaintopaikalta Myllysuonpuro ja korkein 23.5.2019 havaintopaikalta Aitalammenpuro. Alhaisin Aisus- ja Rauanjoen pää-uomasta mitattu pH arvo on 5,17, joka mitattiin havaintopaikalta Rauanjoki 2. Kevättulvan aikaisella pH-minimillä voi olla kielteisiä vaikutuksia vesieliöstön elinolosuhteisiin, esimerkiksi taimenen mädin kehittymiselle (kuvio 1).

Sähkönjohtavuuden arvot vaihtelevat 1,7 - 3,4 mS/m. Alhaisin arvo mitattiin 24.4.2019 Polvisuontien sillalta ja korkein 23.5.2019 havaintopaikalta Petrasuo 2. Sähkönjohtavuuden arvot ovat suomalaisille sisävesille tyypillisiä.

Raudan pitoisuudet vaihtelevat 730 - 3990 µg/l. Alhaisin pitoisuus mitattiin 24.4.2019 havaintopaikalta Laita-ahon oja ja vastaavasti korkein pitoisuus mitattiin 26.4.2019 Aisusjoen Kansalan havaintopaikalta. Raudan pitoisuudet ovat jokseenkin kohonneita ja itäsuomalaisille humusvesille ominaisia.



Kuva 68. Vesinäytteen pullottamista Rauanjärven luusuan havaintopaikalta keväällä 2019 (Kuva: Henri Heiskanen).

Pohjois-Karjalan ELY-keskuksen keväällä vuosina 2014 - 2017 havaintopaikalta Rauanjoki 2 ottamissa vesinäytteissä (taulukko 33) kokonaisfosforipitoisuudet vaihtelivat 9,2 - 19,0 µg/l. Kokonaistypen pitoisuus vaihteli 400 - 3100 µg/l. Ravinnepitoisuudet edustavat fosforin osalta alivirtaama-ajan oligotrofiasta ylivirtaamajakson mesotrofiaa, eli karun ja lievästi rehevöityneen vedenlaadun välistä tasoa. Kokonaistypen erittäin korkea pitoisuus ajoittuu vuoden 2017 kolmen päivän tulvahuipun ajalle (Suomen ympäristökeskus 2020).

Taulukko 33. Pohjois-Karjalan ELY-keskuksen vedenlaadun mittaustulokset Rauanjoki 2 havaintopaikalta keväältä vuosina 2014 - 2017.

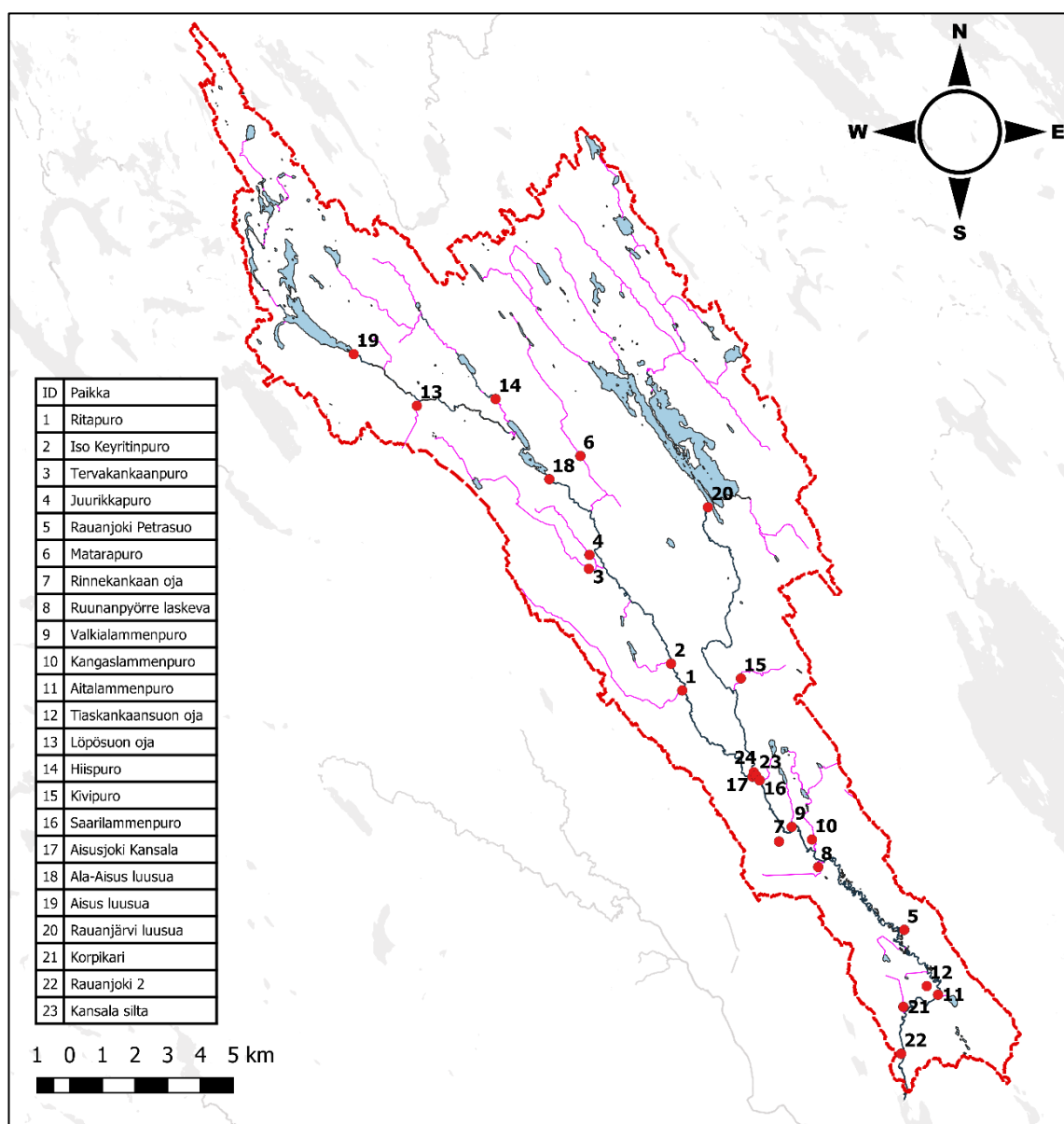
Suure	Yksikkö	8.5.2017	27.2.2017	19.5.2014	5.3.2014
Lämpötila	°C	1,6	0,1	10,8	0,1
Happi, liukoinen	mg/l	10,8	11,5	9,6	12,3
Hapen kyllästysaste	kyll.%	77	79	87	84
Sameus	FNU	2,4	2,2	1,9	2,7
Kiintoaine	mg/l	7,1	5,3	1,3	2,3
Sähkönjohtavuus	mS/m	2,4	3,3	2,4	3,1
Alkaliniteetti	mmol/l	0,06	0,18	0,075	0,144
pH		5,8	6,5	6,17	6,37
Väriluku	mg/l Pt	180	120	170	140
Kokonaistyyppi	µg/l	3 100	400	540	460
Nitriitti-nitraatti typpenä	µg/l	240	85	64	91
Ammonium typpenä	µg/l	15	24	3	25
Kokonaisfosfori	µg/l	18	9,2	19	10
Fosfaatti fosforina	µg/l	L 2	L 2	L 2	3
Rauta	µg/l	1 100	1 500	1 000	1 400
Kemiall. hapen kulutus CODMn	mg/l	29	16	23	17

Keväällä 2019 opiskelijatyönä havaintopaikalta Rauanjoki 2 mitatut pH-arvot (taulukot 31 - 32) ovat huomattavasti alhaisemmat kuin ELY-keskuksen vuoden 2014 - 2017 tulokset (taulukko 33). Tämä voi osaltaan selittyä näytteenoton ajoittumiseen vuonna 2019 kevätylivirtaaman suurimpaan tulvahuippuun, jolloin valuma-alueelta huuhtoutuvan happaman aineksen pitoisuudet ovat yleisesti korkeimmillaan (kuvio 5).

ELY-keskuksen mittaustulosten liukoisen raudan pitoisuudet ja sähkönjohtavuus (taulukko 33) vastaavat osaltaan hyvin kevättälvellä 2019 (taulukot 31 - 32) saatuja tuloksia. Tuloksista voidaan havaita opiskelijatyönä toteutettujen näytteenotosten ja analyysien olevan varsin yhteneviä ympäristöhallinnon tulosten kanssa.

Opiskelijatyönä tehty seuranta syksyllä 2019

Sekä Rauan-, että Aisusjoen alueella suoritettiin vedenlaadun seuranta kolmena maastopäivänä syksyllä aikavälillä 29.10.2019 - 12.12.2019. Havaintopaikkoja oli sekä jokien pääuomissa, että jokiin laskevissa sivu-uomissa. Hydrologisessa vuosikierrossa näytteenotot sijoituivat syysylivirtaamajaksolle (Kuvio 5). Näytteenottosyvyydet jokijakson havaintopaikoilla vaihtelivat 0,1 - 1,0 metrin välillä havaitusta uoman keskivirrasta. Näytteistä määritettiin pH, sähkönjohtavuus, rauta, lämpötila ja alumiini.



Kuva 69. Rauanjoen vesistöalueen vedenlaadun havaintopaikat syksyllä 2019 (Ranta10-aineisto © SYKE 2020).

Taulukko 34. Rauanjoen vesistöalueen vedenlaadun mittaustulokset 29. - 30.10.2019.

Havaintopaikka	Lt	pH	Sähkönjohtavuus	Fe
	(°C)		(mS/m)	(ug/l)
Rauanjärvi luusua	2,2	6,3	1,8	850
Rauanjoki Kansala		6,2	1,8	890
Aisus luusua	2,1	6,2	1,4	660
Ala-Aisus luusua	2,1	6,2	2,1	1 010
Aisusjoki Kansala		6,2	2,3	1 020
Kansala silta		6,2	2	950
Rauanjoki 2		6,0	2,7	2 390
Korpikari		5,1	1,3	1 950
Tiaskankaansuon oja		6,1	3,7	4 030
Kangaslammien puro		6,1	2,7	1 540
Valkealammen puro		4,3	2,7	1 710
Saarilammien puro		5,7	2	1 490
Kivipuro		5,8	2,7	1 790
Hiisipuro		6,4	3	820
Juurikkapuro		6,2	2,9	1 190
Tervakankaansuon puro		5,9	2,8	1 740
Löpösuon puro		4,8	2,7	1 970
Iso-Keyritin puro		5,5	2,1	1 480
Petransuon puro		5,5	2,5	4 140
Ritapuro		5,7	3,3	1 740
Aitalammien puro		6,2	2,3	1 160

Taulukko 35. Rauanjoen vesistöalueen vedenlaadun mittaustulokset 12.12.2019.

Havaintopaikka	Lt	pH	Sähkönjohtavuus	Al
	(°C)		(mS/m)	(ug/l)
Rauanjoki 2	0,5	5,9	2,9	150
Rinnesuo oja	0,3	6,0	6,0	230
Ruunanpyörre laskeva	0,4	5,9	5,5	190
Rauanjärvi luusua	1,2	5,9	2,5	110
Aisus luusua	1,3	5,7	1,9	120
Ala-Aisus luusua	0,3	6,0	2,7	140
Matarapuro	0,2	6,4	4,1	300
Rauanjoki Kansala	0,0	6,0	2,4	120
Kansalanmylly silta	0,0	6,0	2,6	140
Aisus Kansala	0,2	5,9	2,8	160

Syysjaksolla havaintopaikkojen veden lämpötilat (taulukot 34 - 35) vaihtelivat välillä 0,0 - 2,2 °C. Havaintopaikkojen pH-arvot vaihtelivat välillä 4,3 - 6,4. Alhaisin pH-arvo mitattiin 30.10.2019 havaintopaikalta Valkialammen puro ja korkein Matarapuron havaintopaikalta 12.12.2019. Purojen välinen voimakas pH-arvon vaihtelu saattaa selittyä osavaluma-alueiden kallioperän ominaisuuksilla (kuva 16) tai suomaalta liukenevana humusperäisenä happamuutena. Rauan- ja Aisusjoen pääuomassa vaihtelu on selvästi hillitympää (pH 5,9 - 6,3), eikä siten aiheuttane merkittävää riskiä vesieliöstön hyvinvoinnille.

Sähkönjohtavuuden arvot vaihtelevat välillä 1,3 - 6,0 mS/m (taulukot 34 - 35). Alhaisin arvo mitattiin 30.10.2019 havaintopaikalta Korpikari ja korkein 12.12.2019 havaintopaikalta Rinnesuon oja. Sähkönjohtavuuden arvot ovat suomalaisille sisävesille tyypillisiä. Raudan pitoisuudet vaihtelevat välillä 660 - 4190 µg/l. Alhaisin pitoisuus mitattiin 29.10.2019 havaintopaikalta Aisuksen luusuasta. Vastaavasti korkein 29.10.4.2019 Petrasuon ojasta. Vesistöalueella kulkevan veden raudan pitoisuus on myös syysjaksolla yleisesti ottaen korkeahko.

Alumiinipitoisuutta mitattiin 12.12.2019. Alumiinin pitoisuudet vaihtelivat 110 - 300 µg/l (taulukko 35). Alhaisin pitoisuus mitattiin havaintopaikalta Rauanjärven luusua ja vastaavasti korkein pitoisuus mitattiin Matarapuron havaintopaikalta (kuva 69). Alumiinin pitoisuudet olivat Rauan- ja Aisusjoen pääuomissa alle vesieliöstölle happamuuden kanssa (pH < 5,5) yhteisvaikutuksessa haitallisen 200 µg/l:n rajan.



Kuva 70. Aisusjoen alaosiin laskeva Ritapuro kuvattuna länteen päin 29.10.2019 (Kuva: Henri Heiskanen).

Pohjois-Karjalan ELY-keskuksen havaintopaikalta Rauanjoki 2 syksyllä vuosina 2013 - 2017 ottamissa vesinäytteissä kokonaisfosforipitoisuudet vaihtelivat 10,0 - 13,0 µg/l, ja kokonaistypen pitoisuus vaihteli 460 - 480 µg/l (taulukko 36). Ravinnepitoisuudet edustavat fosforin osalta oligotrofista ja typen osalta mesotrofista vedenlaatua.

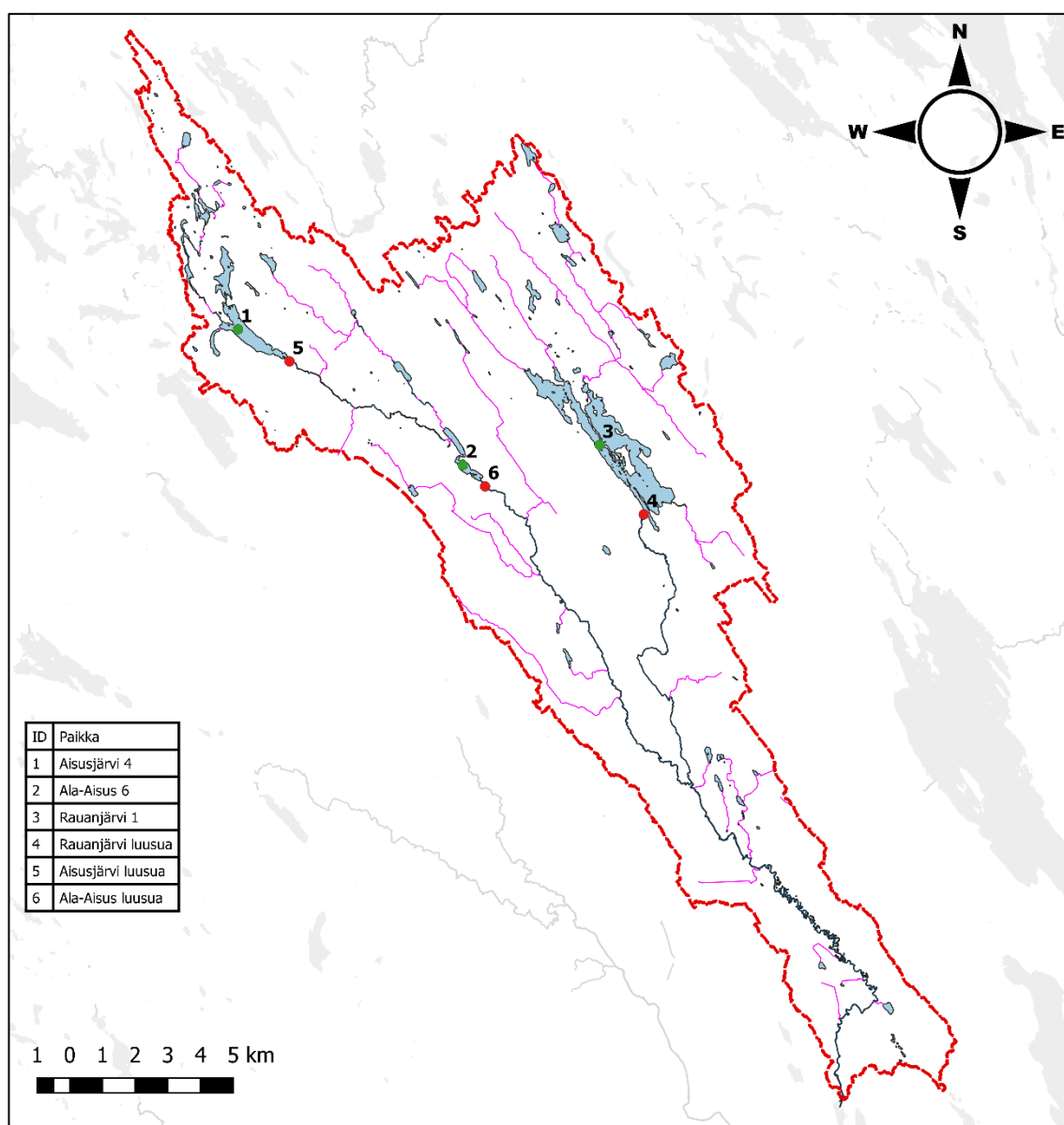
Syksyllä 2019 havaintopaikalta Rauanjoki 2 opiskelijatyönä mitatut pH-arvot (taulukot 34 - 35) ovat hiukan alhaisemmat kuin ELY-keskuksen vuoden 2013 - 2017 tulokset (taulukko 36). Rauta ja sähkönjohtavuus (taulukko 36) vastaavat osaltaan hyvin syksyllä 2019 saatuja tuloksia (taulukot 34 - 35).

Taulukko 36. Pohjois-Karjalan ELY-keskuksen vedenlaadun mittaustulokset Rauanjoen havaintopaikalta 2 syksyllä vuosina 2013 - 2017.

Suure	Yksikkö	2.11.2017	24.11.2014	21.10.2014	14.10.2013
Lämpötila	°C	-0,2	0,6	1,5	4,1
Happi, liukoinen	mg/l	12,8	13,2	12,6	11,4
Hapen kyllästysaste	kyll.%	87	92	90	87
Sameus	FNU	2,4	1,9	2,8	3,2
Kiintoaine	mg/l	5,3	1,3	3,2	4,2
Sähkönjohtavuus	mS/m	2,8	2,8	3,1	3,1
Alkaliniteetti	mmol/l	0,13	0,106	0,113	0,14
pH		6,6	6,45	6,48	6,65
Väriluku	mg/l Pt	160	160	160	200
Kokonaistyyppi	µg/l	460	480	470	460
Nitriitti-nitraatti typpenä	µg/l	55	57	40	25
Ammonium typpenä	µg/l	23	19	12	8
Kokonaisfosfori	µg/l	12	10	13	11
Fosfaatti fosforina	µg/l	2	2	2	2
Rauta	µg/l	1 500	1 200	1 300	1 800
Kemiall. hapen kulutus CODMn	mg/l	22		22	21

6.3.3 Latva- ja välijärvet

Latva- ja välijärvillä käsitetään Rauan- ja Aisusjoen latva-altaat Rauanjärvi ja Aisusjärvi, sekä Aisusjoen välijärvi Ala-Aisus. Järvien vedenlaatua tarkasteltiin 26.4.2019, 29.10.2019 ja 12.12.2019 järvien lasku-uomista otettujen vesinäytteiden, sekä ympäristöhallinnon Hertta-tietojärjestelmästä poimittujen mittaustulosten pohjalta. Luusuanäytteiden vedenlaatu edustaa mittaussajankohtana yläpuolisen järven päällysveden keskimääräistä vedenlaatua. Tarkasteltavien vedenlaattulosten havaintopaikat on esitetty kuvassa 71.



Kuva 71. Latva- ja välijärvien vedenlaadun havaintopaikat. Ympäristöhallinnon havaintopaikat merkitty karttaan vihreällä värillä (Ranta10-aineisto © SYKE 2020).

Aisusjärvi

Taulukko 37. Aisusjärven luusuan vedenlaadun mittaustulokset vuonna 2019.

Havaintopaikka	Pvm:	Lt	pH	Sähkönjohtavuus	Fe	Al
		(°C)		(mS/m)	(µg/l)	(µg/l)
Aisus luusua	26.4.2019	1,2	5,6	2,1	750	
	29.10.2019	2,1	6,2	1,4	660	
	12.12.2019	1,3	5,7	1,9		120

Aisusjärven luusuasta vuonna 2019 otetut näytteet (taulukko 37) edustavat keskimääräistä järven päällysveden tilaa mittausajankohtina. Havaintopaikan veden lämpötilat vaihtelivat 1,2 - 2,1 °C, ja pH-arvot vaihtelivat 5,6 - 6,2. Alhaisin pH-arvo mitattiin kevättulvan aikaan 26.4.2019. Sähkönjohtavuus vaihteli 1,4 - 2,1 mS/m korkeimman arvon ajoittuessa myös kevään näytteenottoajankohtaan 26.4.2019. Raudan pitoisuus oli keväällä 750 µg/l ja vastaavasti syksyllä 660 µg/l. Alumiinia mitattiin alkutalvesta 12.12.2019, ja sen pitoisuus oli 120 µg/l. Vuonna 2019 Aisusjärvestä lähtevä vesi oli mittausajankohtina lievästi hapanta ja rautapitoisuudeltaan varsin maltillinen. Sähkönjohtavuudet olivat Suomen sisävesille tyypillisellä tasolla.



Kuva 72. Aisusjärven luusua Aisusjärvelle päin kuvattuna 30.10.2019 (Kuva: Henri Heiskanen).

Pohjois-Karjalan ELY-keskuksen 6.2.2012 havaintopaikalta Aisusjärvi 4 otta-
massa vesinäytteessä (taulukko 38) kokonaisfosforipitoisuudet vaihtelivat ha-
vaintopaikan näytteenottosyvyyksien 14,0 - 37,0 µg/l, ja kokonaistypen pitoisuus
vaihteli 380 - 410 µg/l. Kokonaisfosforin pitoisuus oli alusvedessä aavistuksen
koholla, joka ilmentää kohtalaista sisäistä kuormitusta havaintoajankohtana.
Päälyysvedessä pitoisuudet edustavat oligotrofian ja mesotrofian rajaa, eli karun
ja lievästi rehevöityneen vedenlaadun välimuotoa. Myös kokonaistyyppipitoisuus
edusti oligotrofian ja mesotrofian välimuotoa.

Happipitoisuus (taulukko 38) koko vesimassassa (6,1 - 10,2 mg/l) on varsin hyvä
ja vesieliöstölle suotuisalla tasolla. Hapen kyllästysaste on ajankohtaan nähden
hyvä. Veden pH vaihtelee koko vesimassassa välillä 6,01 - 6,13, jota voidaan
pitää lievästi happamana. Mitattujen värilukujen (120 - 140 mgPt/l) perusteella
vesi on pinnasta pohjaan polyhumoosista. Näkösyvyyden (0,80 m) osalta vesi
luokitellaan polyhumoosiseksi. Rautapitoisuus vesimassassa vaihtelee 820 -
1300 µg/l ja edustaa siten Suomen humuspitoisille vesille tyypillistä suuruusluok-
kaa. Myös korkea väriluku viittaa humoosisuuteen.

Taulukko 38. Pohjois-Karjalan ELY-keskuksen vedenlaadun mittaustulokset
6.2.2012 havaintopaikalta Aisusjärvi 4.

Suure	Yks	1 m	7,5 m	14,3 m
Näkösyvyys	m	0,80		
Lämpötila	°C	0,3	1,2	1,8
Happi, liukoinen	mg/l	10,2	10,4	6,1
Hapen kyllästysaste	kyll.%	70	73	44
Sameus	FNU	0,74	0,74	1,3
Sähkönjohtavuus	mS/m	2	2,1	2,2
Alkaliniteetti	mmol/l	0,057	0,067	0,072
pH		6,01	6,13	6,03
Väriluku	mg/l Pt	140	120	120
Kokonaistyyppi	µg/l	380	380	410
Nitriitti-nitraatti typpenä	µg/l	61	71	89
Ammonium typpenä	µg/l	8	5	10
Kokonaisfosfori	µg/l	14	18	37
Fosfaatti fosforina	µg/l	7	10	21
Rauta	µg/l	820	850	1 300
Mangaani	µg/l	25	23	100
Kemiall. hapen kulutus CODMn	mg/l	19	17	15

Rauanjärvi

Taulukko 39. Rauanjärven luusuan vedenlaadun mittaustulokset vuonna 2019.

Havaintopaikka	Pvm:	Lt	pH	Sähkönjohtavuus	Fe	Al
		(°C)		(mS/m)	(µg/l)	(µg/l)
Rauanjärvi luusua	26.4.2019	2,5	5,7	2,7	880	
	29.10.2019	2,2	6,3	1,8	850	
	12.12.2019	1,2	5,9	2,5		110

Rauanjärven luusuasta otetut näytteet (taulukko 39) edustavat näytteenottoajankohtina vallinnutta keskimääräistä järven päällysveden tilaa. Havaintopaikan veden lämpötila vaihteli välillä 1,2 - 2,5 °C. Tulosten pH-arvot vaihtelivat 5,7 - 6,3 ja alhaisin lukema mitattiin kevättulvan aikaan 26.4.2019. Sähkönjohtavuus vaihteli 1,8 - 2,7 mS/m, korkeimman arvon ajoituessa myös 26.4.2019. Liukoisen raudan pitoisuus oli keväällä 880 µg/l ja vastaavasti syksyllä 850 µg/l. Alumiinin pitoisuus oli 12.12.2019 110 µg/l (taulukko 39). Mittausten perusteella vuonna 2019 Rauanjärvestä lähtevä vesi oli lievästi hapanta ja rautapitoisuudeltaan varsin maltillinen. Sähkönjohtavuudet havaintoajankohtina olivat Suomen sisävesille tyypillisellä tasolla. Mitattu happamuus ja alumiinipitoisuus eivät näyttäisi muodostavan vesieliöstölle kohonnutta riskiä.



Kuva 73. Rauanjärven luusua 30.10.2019 (Kuva: Henri Heiskanen).

Pohjois-Karjalan ELY-keskuksen vuonna 2018 havaintopaikalta Rauanjärvi 1 otamissa vesinäytteissä (taulukot 40 - 43) kokonaisfosforipitoisuudet vaihtelivat havaintopaikan näytteenottosyvyyksien ja ajankohtien välillä 5,3 - 19,0 µg/l. Vuoden 2018 havaintokertojen aritmeettinen keskiarvo oli 10,5 µg/l. Kokonaistypen pitoisuus vaihteli 350 - 560 µg/l ja vuoden 2018 havaintokertojen aritmeettinen keskiarvo oli 409 µg/l. Fosforin keskipitoisuudet edustavat oligotrofiaa, eli karua vedenlaatua. Kokonaistyyppi edustaa oligotrofian ja mesotrofian rajaa, eli karun ja lievästi rehevöityneen vedenlaadun välistä tasoa.

Happipitoisuus vuonna 2018 (taulukot 40 - 43) vaihteli koko vesimassassa 1,8 - 9,5 mg/l. Loppukesän näytteenotoissa (taulukot 41 - 42) on havaittavissa alusvedessä alhaisia happipitoisuuksia, sekä hieman kohonneita ravinnepitoisuuksia. Veden pH vaihtelee koko vesimassassa 6,2 - 6,8 välillä, jota voidaan pitää aavistuksen happamana, mutta vesieliöstön kannalta hyvänä. Mitattujen värilukujen (100 - 150 mgPt/l) perusteella vesi on pinnasta pohjaan polyhumuosisista. Keskimääräisen näkösyvyyden (1,50 m) osalta vesi luokitellaan mesohumuosisiksi. Rautapitoisuus vaihtelee 380 – 2700 µg/l. Alusveden rautapitoisuus on selvästi korkeampi, kuin tyypillisissä suomalaisissa humusvesissä.

Taulukko 40. Pohjois-Karjalan ELY-keskuksen vedenlaadun mittaustulokset
26.3.2018 havaintopaikalta Rauanjärvi 1.

Suure	Yks	1 m	5 m	8,2 m
Näkösyvyys	m	1,25		
Lämpötila	°C	0,7	2,7	3,3
Happi, liukoinen	mg/l	8,8	8,6	5,4
Hapen kyllästysaste	kyll.%	62	64	40
Sameus	FNU	0,34	0,29	0,71
Sähkönjohtavuus	mS/m	2,6	2,6	2,8
Alkaliniteetti	mmol/l	0,1	0,1	0,11
pH		6,3	6,4	6,2
Väriluku	mg/l Pt	120	130	140
Kokonaistyyppi	µg/l	370	410	400
Nitriitti-nitraatti typpenä	µg/l	86	81	92
Ammonium typpenä	µg/l	5	L 4	L 4
Kokonaisfosfori	µg/l	5,2	6,3	7,2
Fosfaatti fosforina	µg/l	2,3	2,6	3,4
Fosfaatti fosforina	µg/l	L 2	L 2	L 2
Rauta	µg/l	710	710	1 200
Alumiini	µg/l		160	

Taulukko 41. Pohjois-Karjalan ELY-keskuksen vedenlaadun mittaustulokset
16.7.2018 havaintopaikalta Rauanjärvi 1.

Suure	Yks	0 - 2 m	1 m	5 m	10 m
Näkösyvyys	m	1,90			
Lämpötila	°C	23,8	23,8	14,6	7,6
Happi, liukoinen	mg/l		8,1	5,9	2,5
Hapen kyllästysaste	kyll.%		96	58	21
Sameus	FNU		0,82	0,88	5,9
Sähkönjohtavuus	mS/m		2,3	2,3	2,7
Alkaliniteetti	mmol/l		0,095	0,097	0,13
pH			6,8	6,4	6,3
Väriluku	mg/l Pt		110	110	130
Kokonaistyyppi	µg/l		370	380	560
Nitriitti-nitraatti typpenä	µg/l		6	38	100
Ammonium typpenä	µg/l		9	6	73
Kokonaisfosfori	µg/l		13	9,4	16
Fosfaatti fosforina	µg/l		2,5		
Fosfaatti fosforina	µg/l		2,4	2,2	L 2
Rauta	µg/l		380	440	1 800
Klorofylli-a	µg/l	7,9			
Alumiini	µg/l		160		

Taulukko 42. Pohjois-Karjalan ELY-keskuksen vedenlaadun mittaustulokset
7.8.2018 havaintopaikalta Rauanjärvi 1.

Suure	Yks	0 - 2 m	1 m	5 m	9,9 m
Näkösyvyys	m	1.65			
Lämpötila	°C	21,6	21,6	14,7	8,9
Happi, liukoinen	mg/l		8	3,7	1,8
Hapen kyllästysaste	kyll.%		90	36	15
Sameus	FNU		1,5	1,1	11
Sähkönjohtavuus	mS/m		2,3	2,5	2,8
pH			6,8	6,5	6,5
Väriluku	mg/l Pt		100	100	150
Kokonaistyyppi	µg/l		390	330	530
Nitriitti-nitraatti typpinä	µg/l		L 4	L 4	140
Ammonium typpinä	µg/l		5	5	46
Kokonaisfosfori	µg/l		11	8,8	19
Fosfaatti fosforina	µg/l		2,5	2,4	L 2
Fosfaatti fosforina	µg/l		2,8		
Rauta	µg/l		460	690	2 700
Klorofylli-a	µg/l	23			
Alumiini	µg/l		160		

Taulukko 43. Pohjois-Karjalan ELY-keskuksen vedenlaadun mittaustulokset
10.10.2018 havaintopaikalta Rauanjärvi 1.

Suure	Yks	0 - 2 m	1 m	5 m	10,2 m
Näkösyvyys	m	1.10			
Lämpötila	°C	7,2	7,2	7,1	7
Happi, liukoinen	mg/l		9,5	9,1	9,4
Hapen kyllästysaste	kyll.%		79	75	78
Sameus	FNU			2,1	
Sähkönjohtavuus	mS/m			2,5	
pH				6,6	
Väriluku	mg/l Pt			120	
Kokonaistyyppi	µg/l			350	
Nitriitti-nitraatti typpinä	µg/l			16	
Ammonium typpinä	µg/l			17	
Kokonaisfosfori	µg/l			8,8	
Fosfaatti fosforina	µg/l			L 2	
Rauta	µg/l			1 000	
Klorofylli-a	µg/l	1,8			
Klorofylli-a	µg/l	23			
Alumiini	µg/l		160		

Ala-Aisus

Taulukko 44. Ala-Aisusjärven luusuan vedenlaadun mittaustulokset vuonna 2019.

Havaintopaikka	Pvm:	Lt	pH	Sähkönjohtavuus	Fe	Al
		(°C)		(mS/m)	(µg/l)	(µg/l)
Ala-Aisus luusua	29.10.2019	2,1	6,15	2,1	1 010	
	12.12.2019	0,3	6,0	2,7		140

Ala-Aisusjärven luusuasta otetut näytteet (taulukko 44) edustavat näytteenottoajankohtina vallinnutta järven päällysveden tilaa. Havaintopaikan veden lämpötila mittaussajankohtina vuonna 2019 vaihteli 0,3 - 2,1 °C. pH-arvot vaihtelivat 6,0 - 6,15 ja alhaisin lukema mitattiin vuoden lopussa 12.12.2019. Sähkönjohtavuus vaihteli välillä 2,1 - 2,7 mS/m korkeimman arvon ajoituessa vuoden loppuun 12.2.2019. Raudan pitoisuus 29.10.2019 oli 1010 µg/l. Alumiinin pitoisuus 12.12.2019 oli 140 µg/l. Mittausten perusteella vuonna 2019 Ala-Aisuksesta lähtevä vesi oli lievästi hapanta ja rautapitoisuudeltaan varsin maltillinen. Sähkönjohtavuudet havaintoajankohtina olivat Suomen sisävesille tyypillisellä tasolla.



Kuva 74. Ala-Aisuksen luusuan havaintopaikka 30.10.2019 (Kuva: Henri Heiskanen).

Pohjois-Karjalan ELY-keskuksen mittaustuloksissa 13.4.2005 havaintopaikalta Ala-Aisus 6 kokonaisfosforipitoisuus oli molemmissa näytteenottoisyvyyksissä 22 µg/l (taulukko 45). Kokonaistypen pitoisuus vaihteli 730 - 900 µg/l. Ravinnepitoisuudet edustavat fosforin osalta mesotrofiaa ja kokonaistypen osalta eutrofiaa.

Happipitoisuus (taulukko 45) oli näytteenottoajankohtana koko vesimassassa 11,1 mg/l. Veden pH vaihtelee koko vesimassassa 6,09 - 6,12, jota voidaan pitää lievästi happamana, mutta vesieliöstön kannalta yleisesti riittävänä. Mitattujen värilukujen (140 - 200 mgPt/l) perusteella vesi on pinnasta pohjaan polyhumoosista. Näkösyvyyden (1,50 m) osalta vesi luokitellaan mesohumoosiseksi. Rautapitoisuus vesimassassa vaihtelee 950 - 1000 µg/l ja edustaa itäsuomalaisille humusvesille ominaista tasoa. Myös korkea väriluku viittaa merkittävään humoosisuuteen.

Taulukko 45 Pohjois-Karjalan ELY-keskuksen vedenlaadun mittaustulokset 13.4.2005 havaintopaikalta Ala-Aisus 6.

Suure	Yksikkö	0,5 m	1 m
Näkösyvyys	m	1,50	
Lämpötila	°C	0,3	0,3
Happi, liukoinen	mg/l	11,1	11,1
Hapen kyllästysaste	kyll.%	77	77
Sameus	FNU	2,7	2,4
Sähkönjohtavuus	mS/m	3,4	3,5
Alkaliniteetti	mmol/l	0,111	0,121
pH		6,09	6,12
Väriluku	mg/l Pt	140	200
Kokonaistyyppi	µg/l	730	900
Nitriitti-nitraatti tyypinä	µg/l	350	450
Ammonium tyypinä	µg/l	60	40
Kokonaisfosfori	µg/l	22	22
Fosfaatti fosforina	µg/l	7	8
Rauta	µg/l	950	1 000
Kemiall. hapen kulutus CODMn	mg/l	19	22

6.3.4 Pitkäaikaiskehitys

Rauanjoen vesistöalueelta Höytiäisen Rauanlahteen purkautuvan veden fysikaalis-kemiallisen laadun pitkäaikaiskehitystä tutkittiin ympäristöhallinnon havaintopaikalta Rauanjoki 2. Aineisto käsittää kaikki ympäristöhallinnon vedenlaadun mittaustulokset vuosilta 1976 - 2019 ja näytteenotokertoja on kertynyt muuttujasta riippuen yhteensä 93 - 96 kappaletta. Aineistoa tarkasteltiin regressioanalyysin avulla. Käsitys tarkasteltavaksi valittujen muuttujien pitkäaikaiskehityksestä saatiin testaamalla niiden lineaarista riippuvuutta eli korrelaatiota välimatka-asteikolla olevien näytteenottoajankohtien (1976 - 2019) suhteen.

Regressioanalyysien tulokset on esitetty kuvioissa 6 - 9 ja taulukoissa 46 - 53. Mallien ANOVA-testeistä kokonaisfosfori ja väriluku ovat tilastollisesti merkitsevästi nollasta poikkeavia, mutta analyysien tulosten perusteella selitettävien muuttujien ja ajan välillä ei ole havaittavissa selkeää lineaarista riippuvuutta. Näytteenottoajankohdalla voidaan siis selittää heikosti keskimääräistä vedenlaatua, mallien selitysasteiden jäädessä alhaisiksi ($R^2 < 0,131$). Tästä voidaan tehdä johtopäätös, että pitkäaikaisseurannan perusteella aikavälillä 1976 - 2019 ei ole havaittavissa juurikaan vedenlaadullista muutosta.

Kokonaisfosforipitoisuutta ja värilukua selittävien mallien osalta tilastollisesti merkitsevästi nollasta poikkeavat regressiokertoimet selittynevät siten näytteenottoajankohtaa paremmin muilla tekijöillä, kuten virtaamavaihteluilla, epätasaisella näytteenottovälillä, runsassateisilla vuosilla tai jaksoilla jolloin valuma-alueella on tehty ainehuhtoumaa hetkellisesti lisääviä maankäyttötoimia. Suurimmat maankäytölliset muutosten, kuten ojitusten valuma-alueella tiedetään ajoittuneen 1950 - 1970-lukujen välille. Näyttäisi siltä, että säännöllisen vedenlaadun seurannan alkaminen vuonna 1976 ei vielä ennättänyt käsittämään kyseistä ajanjaksoa. Regressiokuvaajat edustanevat siten suurimman maanmuokkausajanjakson jälkeistä aikaa.

Kokonaisfosfori

Taulukko 46. Regressiomallin (kokonaisfosfori) ANOVA-testitulokset.

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	428,751	1	428,751	14,183	,000 ^b
	Residual	2841,555	94	30,229		
	Total	3270,306	95			

a. Dependent Variable: Kokonaisfosfori

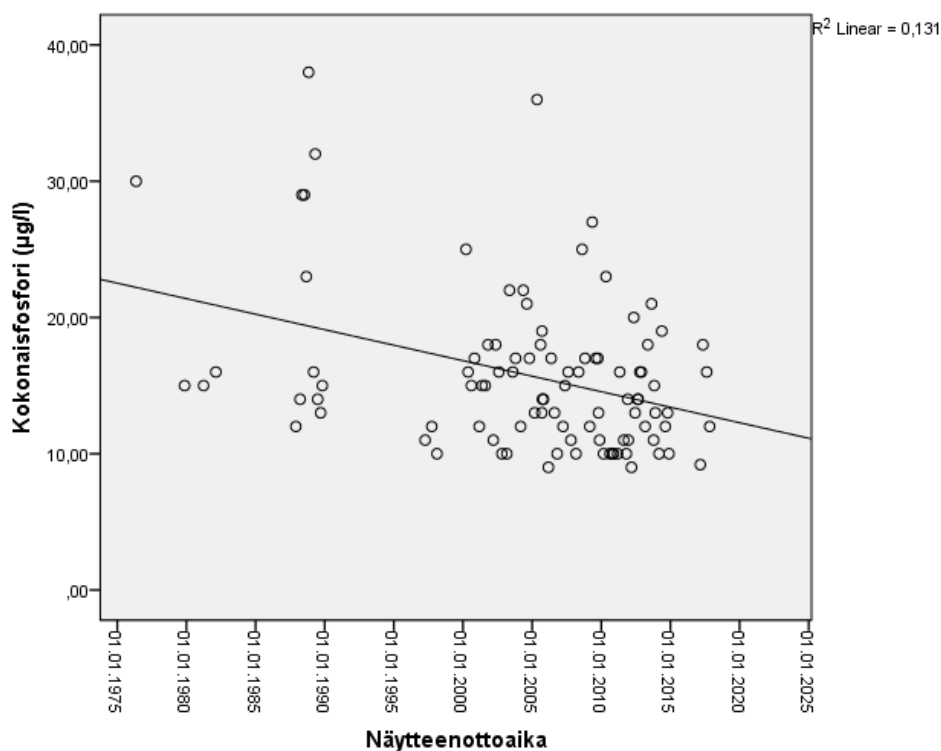
b. Predictors: (Constant), Näytteenottoaika

Taulukko 47. Regressiomallin (kokonaisfosfori) yhteenveto.

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,362 ^a	,131	,122	5,49812

a. Predictors: (Constant), Näytteenottoaika

b. Dependent Variable: Kokonaisfosfori



Kuvio 6. Havaintopaikan Rauanjoki 2 kokonaisfosforipitoisuuden riippuvuus ajan suhteen ($R^2 = 0,131$, $p < 0,01$).

Mallin tulkinta: Mallin regressiokerroin eroaa tilastollisesti merkitsevästi nol-
lasta ($p < 0,05$). Näytteenottoaika selittää kuitenkin kokonaisfosforipitoisuutta pi-
toisuutta heikosti ($R^2 = 0,131$).

Kokonaistyyppi

Taulukko 48. Regressiomallin (kokonaistyyppi) ANOVA-testitulokset.

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	109539,733	1	109539,733	1,323	,253 ^b
	Residual	7534944,934	91	82801,593		
	Total	7644484,667	92			

a. Dependent Variable: Kokonaistyyppi

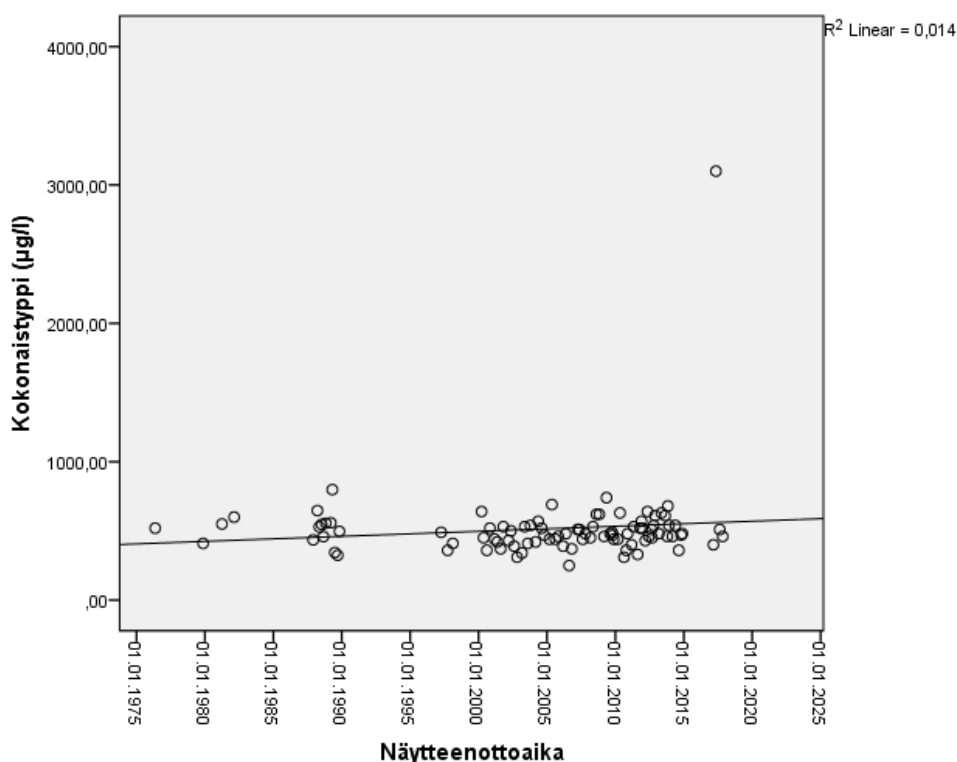
b. Predictors: (Constant), Näytteenottoaika

Taulukko 49. Regressiomallin (kokonaistyyppi) yhteenveto.

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,120 ^a	,014	,003	287,75266

a. Predictors: (Constant), Näytteenottoaika

b. Dependent Variable: Kokonaistyyppi



Kuvio 7. Havaintopaikan Rauanjoki 2 kokonaistyyppipitoisuuden riippuvuus ajan suhteen ($R^2 = 0,014$, $p = 0,253$).

Mallin tulkinta: Mallin regressiokerroin ei eroa tilastollisesti merkitsevästi nol-
lasta ($p > 0,05$). Näytteenottoajankohta selittää kokonaistyyppipitoisuutta hyvin
heikosti ($R^2 = 0,014$).

pH-arvo

Taulukko 50. Regressiomallin (pH arvo) ANOVA-testitulokset.

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,200	1	,200	1,303	,257 ^b
	Residual	14,401	94	,153		
	Total	14,601	95			

a. Dependent Variable: pH

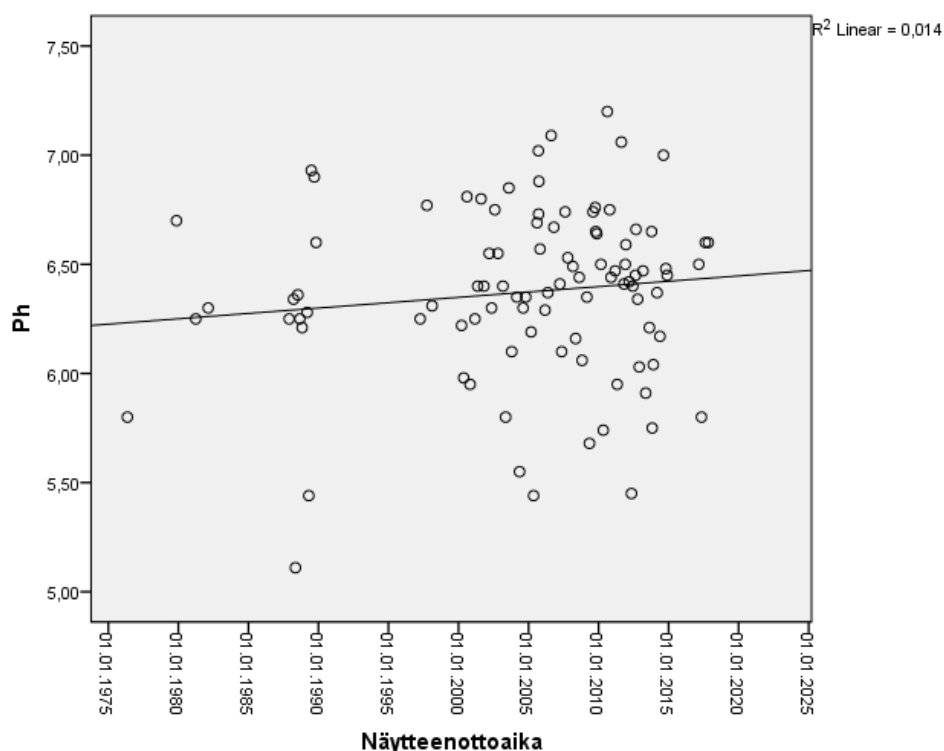
b. Predictors: (Constant), Näytteenottoaika

Taulukko 51. Regressiomallin (pH arvo) yhteenveto.

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,117 ^a	,014	,003	,39142

a. Predictors: (Constant), Näytteenottoaika

b. Dependent Variable: pH



Kuvio 8. Havaintopaikan Rauanjoki 2 pH arvon riippuvuus ajan suhteen ($R^2 = 0,014$, $p = 0,257$).

Mallin tulkinta: Mallin regressiokerroin ei eroa tilastollisesti merkitsevästi nol-
lasta ($p > 0,05$). Näytteenottoajankohta selittää pH-arvoa heikosti ($R^2 = 0,014$).

Väri-luku

Taulukko 52. Regressiomallin (veden väri-luku) ANOVA-testitulokset.

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	13763,469	1	13763,469	10,120	,002 ^b
	Residual	123764,488	91	1360,049		
	Total	137527,957	92			

a. Dependent Variable: Väri-luku

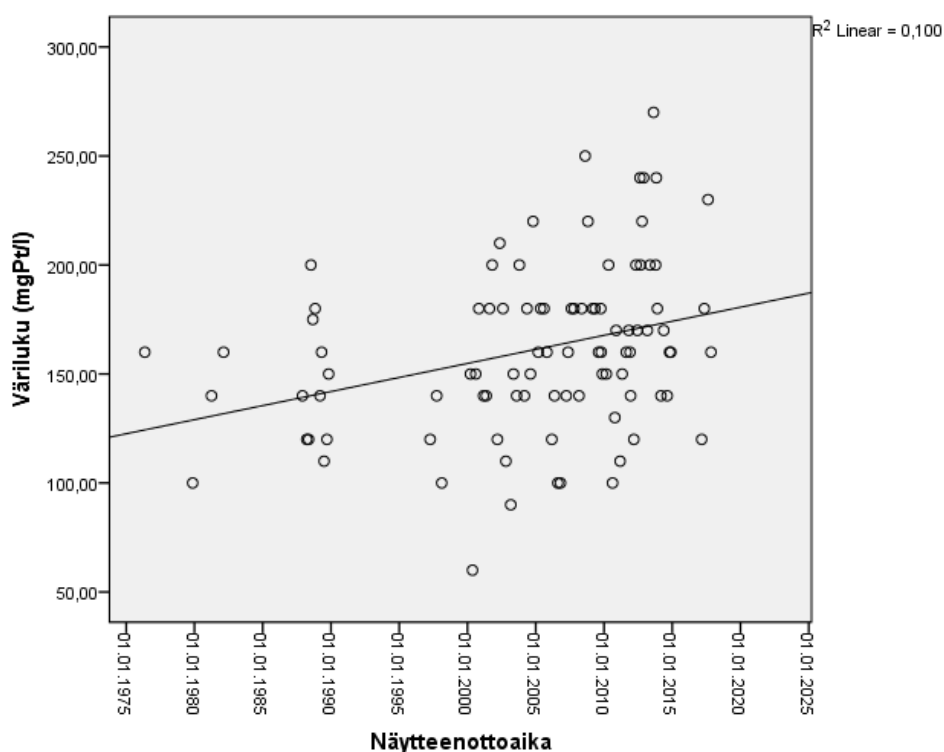
b. Predictors: (Constant), Näytteenottoaika

Taulukko 53. Regressiomallin (veden väri-luku) yhteenveto.

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,316 ^a	,100	,090	36,87885

a. Predictors: (Constant), Näytteenottoaika

b. Dependent Variable: Väri-luku



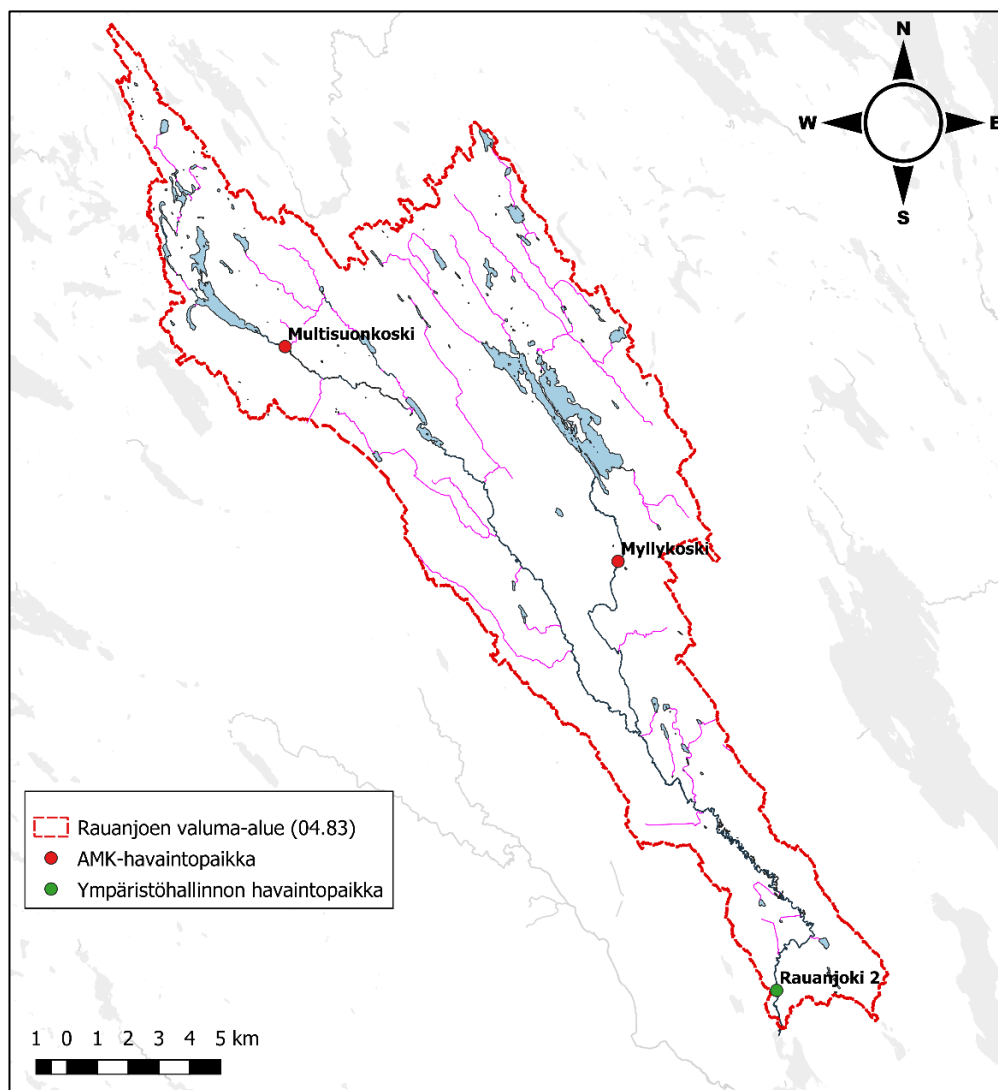
Kuvio 9. Havaintopaikan Rauanjoki 2 veden väri-luvun riippuvuus ajan suhteen ($R^2 = 0,100$, $p = 0,002$).

Mallin tulkinta: Mallin regressiokerroin eroaa tilastollisesti merkitsevästi nolasta ($p < 0,05$). Näytteenottoaika selittää väri-lukua kuitenkin heikosti ($R^2 = 0,100$).

6.4 Pohjaeläimistö

6.4.1 Jokialue

Pohjaelännäytteitä otettiin maastopäivien yhteydessä potkuhaavimenetelmällä Rauanjoen Myllykoskesta ja Aisusjoen Multisuonkoskesta 24.4.2019 ja 26.4.2019 (kuva 75.) Kummaltakin havaintoalueelta potkittiin kuusi rinnakkaisnäytettä standardien mukaisesti. Otetuista rinnakkaisnäytteistä tunnistettiin laboratoriossa yhteensä 15 eri pohjaeläintaksonia, sekä laskettiin taksonien keskiarvo yhtä näytettä kohden (taulukko 54).



Kuva 75. Rauanjoen Myllykosken ja Aisusjoen Multisuonkosken pohjaeläinten näytteenottoaikat 24.4.2019 ja 26.4.2019 (Ranta10-aineisto © SYKE 2020).

Taulukko 54. Rauanjoen Myllykosken ja Aisusjoen Multisuonkosken pohjaeläin-
näytteiden tulokset keväältä 2019.

Tieteellinen nimi		Myllykoski		Multisuonkoski	
		24.4.2019	(%)	26.4.2019	(%)
<i>Plecoptera</i>	koskikorento	3	6.9	8	18.4
<i>Megaloptera</i>	kaislakorento	0	0.4	-	-
<i>Oligochaeta</i>	harvasukamato	0	0.7	1	1.5
<i>Trichoptera</i>	vesiperhonen	2	5.1	20	46.7
<i>Ceratopogonidae</i>	polttiainen	1	1.4	2	3.4
<i>Ephemeroptera</i>	päivänkorento	3	6.9	3	6.9
<i>Diffugia</i>	diffugia	1	1.4	-	-
<i>Chironomidae</i>	surviaissääski	27	58.8	7	15.7
<i>Simulidae</i>	mäkärä	7	15.5	1	2.3
<i>Hydrachnidae</i>	vesipunkki	0	0.4	0	0.8
<i>Cordulegaster</i>	purokorento	0	0.4	0	0.4
<i>Pisidium</i>	hernesimpukka	0	0.4	1	2.7
<i>Asellus aquaticus</i>	vesisiira	0	0.4	-	-
<i>Tipulidae</i>	vaaksiainen	-	-	1	1.1
<i>Coleoptera</i>	kovakuoriainen	1	1.4	0	0.4

Rauanjoen Myllykosken pohjaeläinyhteisössä on suhteellisesti eniten surviaisääsken toukkia (*Chironomidae*), mäkärän toukkia (*Simulidae*) sekä koskikorenon (*Plecoptera*) ja päivänkorenon (*Ephemeroptera*) toukkia. Yhteisön koostumus on jokseenkin lietepohjaiselle ja mietovirtaiselle alueelle tyypillinen. Aisusjoen Multisuonkosken pohjaeläinyhteisössä on suhteellisesti eniten vesiperhosen (*Trichoptera*), koskikorenon (*Plecoptera*) sekä surviaisääsken (*Chironomidae*) toukkia.

Taulukko 55. Jokijakson pohjaeläimistön havaintopaikkojen Shannon-Wiener -
indeksit.

Havaintopaikka	Shannon – Wiener -indeksi
Myllykoski	1,44
Multisuonkoski	1,64

Kummankin havaintopaikan pohjaeläinyhteisöille laskettiin biodiversiteetin monimuotoisuutta kuvaavat Shannon-Wiener-indeksit (taulukko 55). Rauanjoen Myllykosken osalta indeksi sai arvon 1,44. Aisusjoen Multisuokoski sai arvon 1,64. Indeksien perusteella voidaan todeta Aisusjoen Multisuonkosken pohjaeläinyhteisön olevan biodiversiteetiltään hieman monimuotoisempi, kuin Rauanjoen

Myllysuonkosken. Molempien havaintopaikkojen näytteistä havaittiin hyvää pohjaeläimistön tilaa ilmentäviä päiväkkorennon, koskikorennon ja vesiperhosen toukkia.



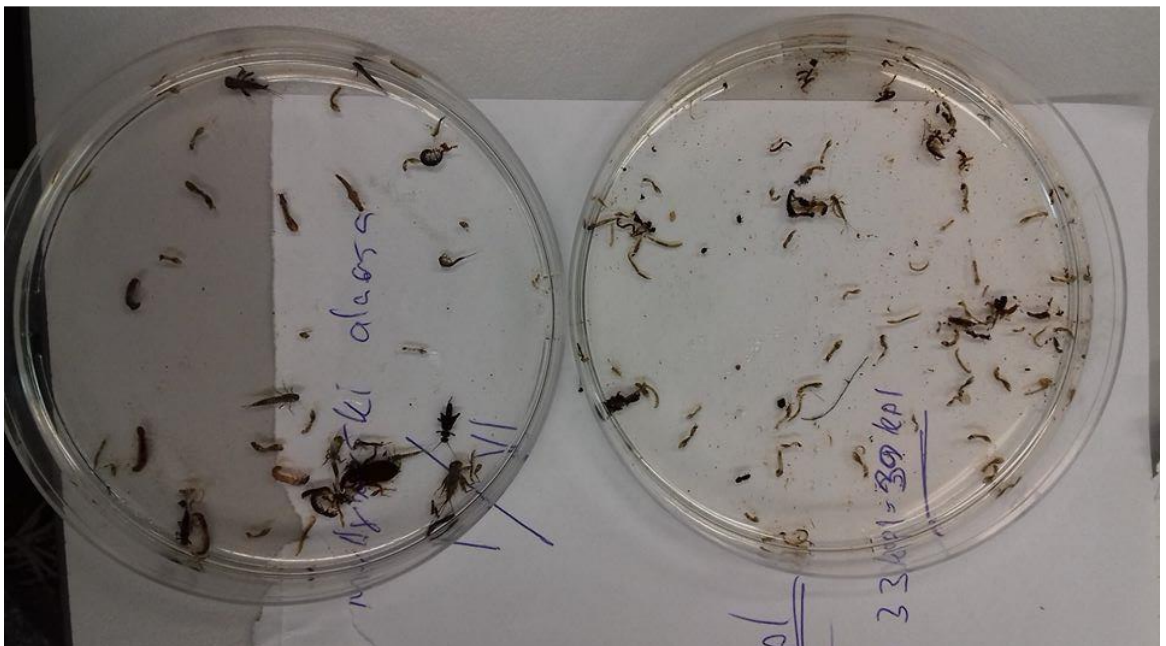
Kuva 76. Aisusjoen ylimmältä koskipaikalta 26.4.2019 otetuista näytteistä poimittua pohjaeläimistöä (Kuva: Henri Heiskanen).



Kuva 77. Aisusjoen ylimmältä koskipaikalta 26.4.2019 otetuista näytteistä poimittua pohjaeläimistöä (Kuva: Henri Heiskanen).



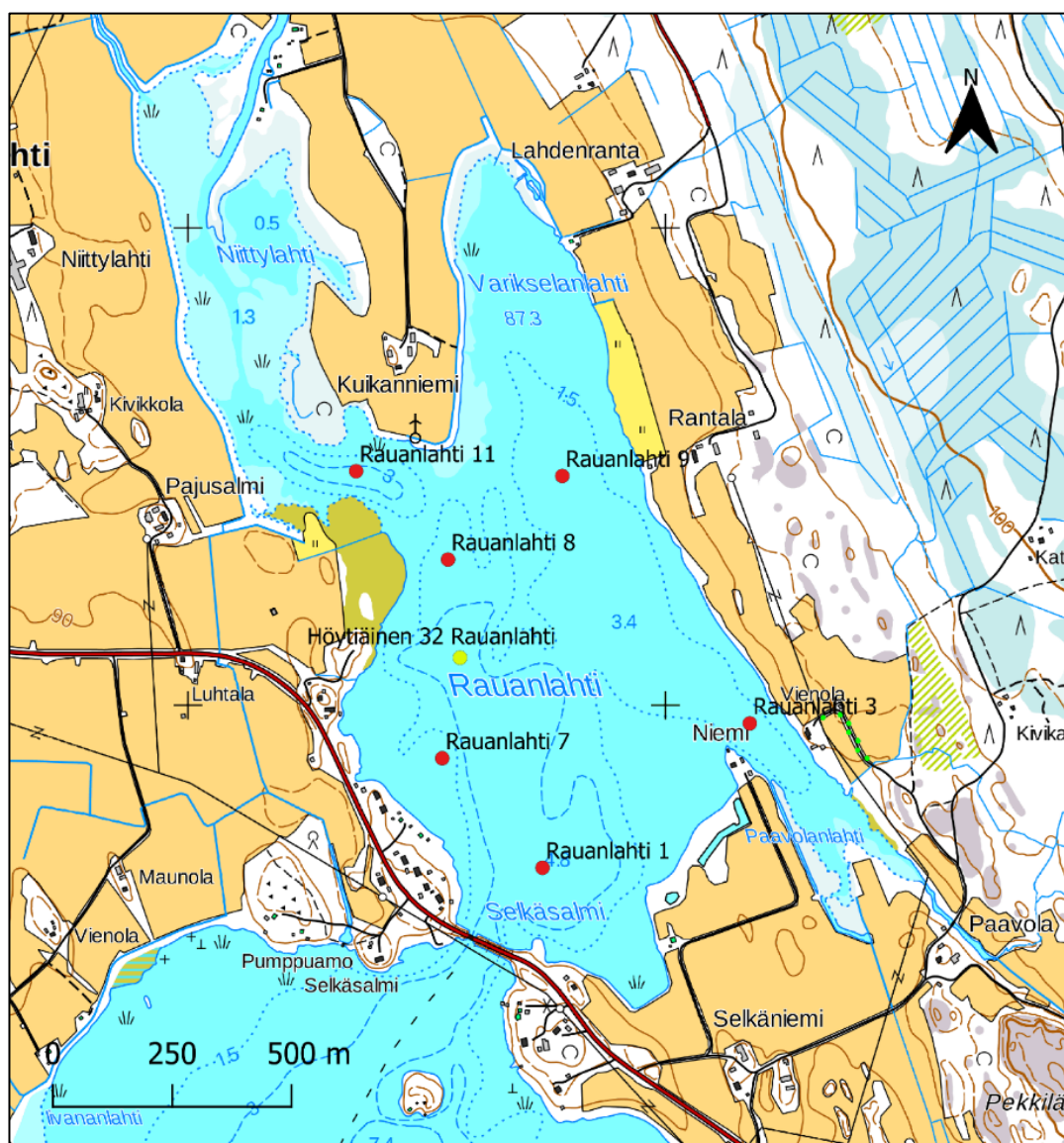
Kuva 78. Rauanjoen Myllykoskesta 24.4.2019 otetuista näytteistä poimittua pohjaeläimistöä (Kuva: Henri Heiskanen).



Kuva 79. Rauanjoen Myllykoskesta 24.4.2019 otetuista näytteistä poimittua pohjaeläimistöä (Kuva: Henri Heiskanen).

6.4.2 Rauanlahti

Rauanlahdelta otettiin pohjaeläinnäytteet 19.3.2019 ja 25.3.2019. Pohjaeläinnäytteitä nostettiin Rauanlahdelta kaikkiaan kuudelta havaintopaikalta, jokaiselta havaintopaikalta neljä rinnakkaisnäytettä. Niistä poimittiin laboratoriossa yhteensä kahdeksan eri pohjaeläintaksonia, sekä laskettiin taksonien keskiarvo yhtä näytettä kohden (taulukko 56). Pohjaeläimistön näytteenottoaikat on esitetty kuvassa 80.

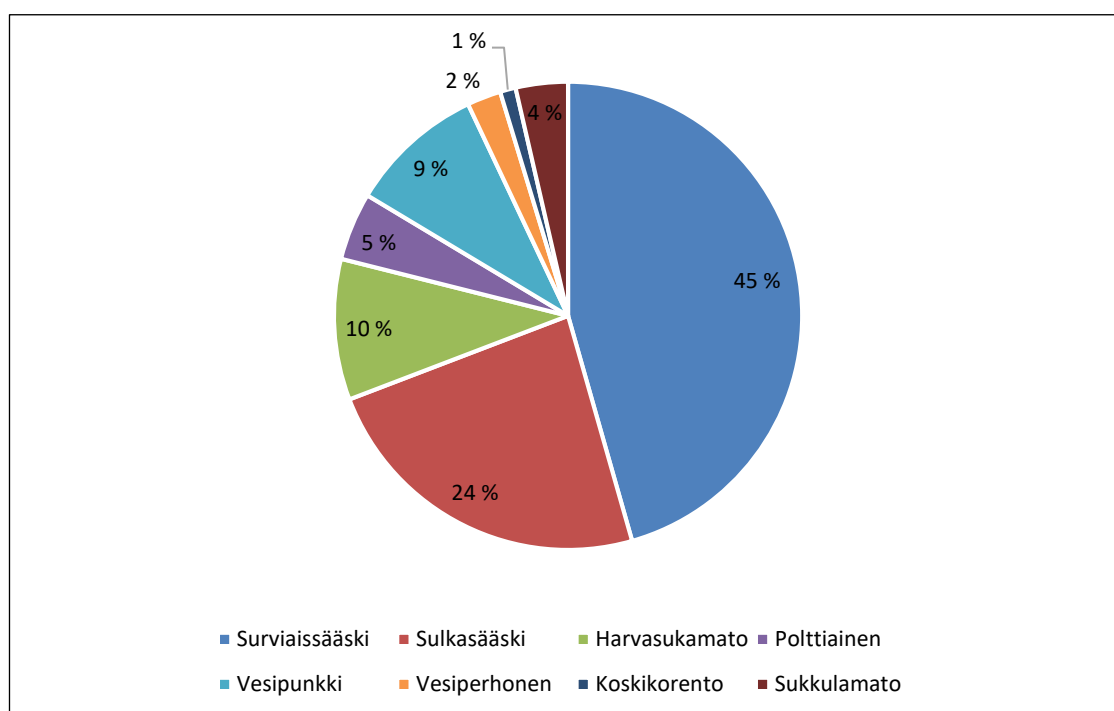


Kuva 80. Rauanlahden pohjaeläimistön näytteenottoaikat keväällä 2019 (Peruskarttarasteri © Maanmittauslaitos 2020).

Taulukko 56. Rauanlahden pohjaeläinnäytteistä havaitut taksonit.

Tieteellinen nimi		Havaintopaikat							KA	(%)
		RL 8	RL 9	RL 11	RL 1	RL3	RL 7			
<i>Chironomidae</i>	surviaissääski	480	639	249	40	23	87	253	46.3	
<i>Chaoburus sp.</i>	sulkasääski	178		34	166	277	0	131	24	
<i>Oligochaeta</i>	harvasukamato	119	0	158	0	11	0	48	8.8	
<i>Ceratopogomidae</i>	polttiainen	0	0	119	0	11	11	24	4.3	
<i>Hydrachnidae</i>	vesipunkki	158	36	40	0	79	0	52	9.5	
<i>Trichoptera</i>	vesiperhonen	0	0	80	0	0	0	13	2.4	
<i>Plechoptera</i>	koskikorento	0	0	0	0	34	0	6	1	
<i>Nematoda</i>	sukkulamato	0	0	80	0	0	40	20	3.7	

Rauanlahden pohjaeläinyhteisössä (kuvio 10) on suhteellisesti eniten surviaissääsken toukkia (*Chironomidae*), sulkasääsken toukkia (*Chaoburus sp.*), sekä vesipunkkeja (*Hydrachnidae*) ja harvasukamatoja (*Oligochaeta*). Yhteisön koostumus on jokseenkin lietepohjaiselle ja rehevälle lahtialueelle tyypillinen.

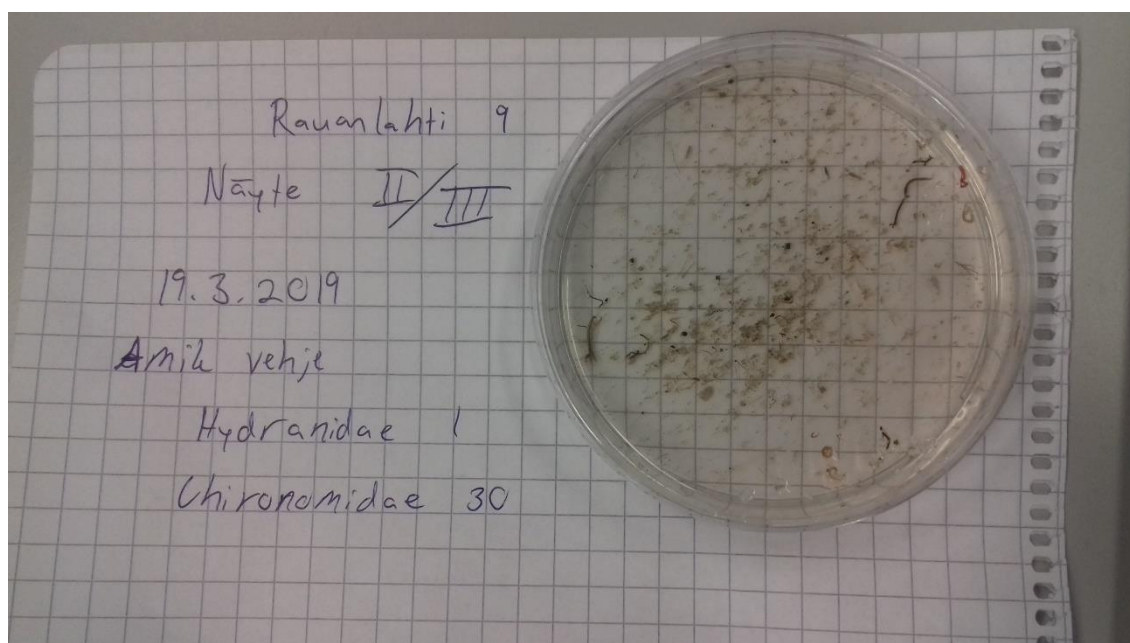


Kuvio 10. Pohjaeläimistön keskimääräinen taksonijakauma Rauanlahdella maaliskuussa 2019.

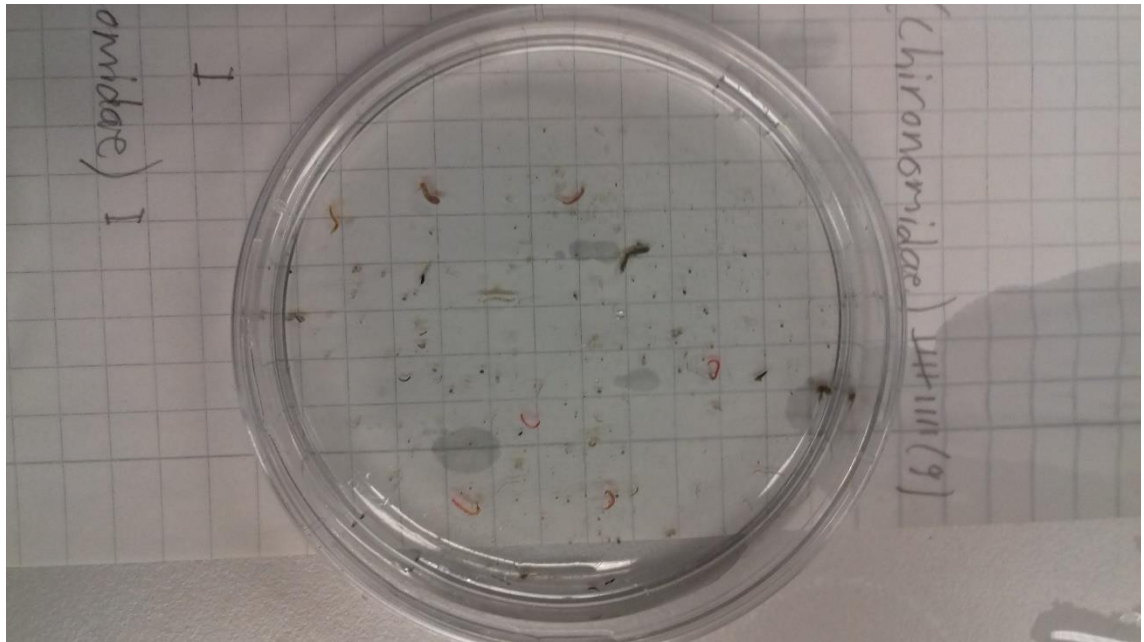
Taulukko 57. Rauanlahden pohjaeläinnäytteiden Shannon-Wiener-indeksit.

Havaintopaikka	Shannon – Wiener -indeksi
RL 8 (19.3)	1,22
RL 9 (19.3)	0,21
RL 11 (19.3)	1,89
RL 1 (25.3)	0,49
RL 3 (25.3)	1,04
RL 7 (25.3)	0,68

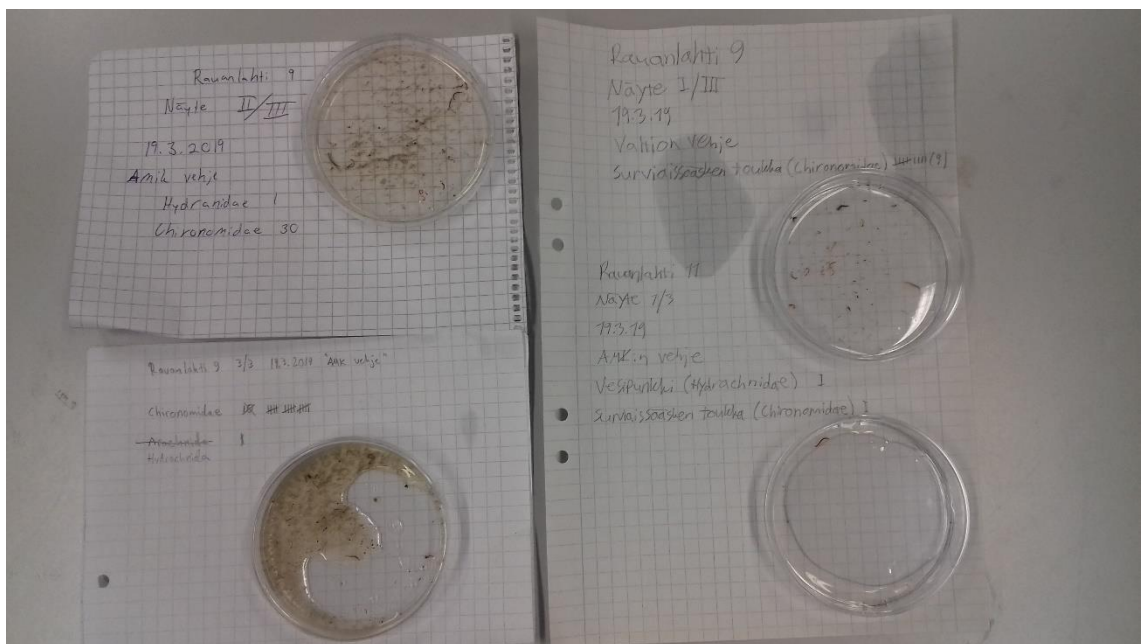
Myös Rauanlahden havaintopaikkojen pohjaeläinyhteisöille laskettiin biodiversiteetin monimuotoisuutta kuvaavat Shannon-Wiener -indeksit (taulukko 57). Rauanlahden havaintopaikkojen indeksi vaihteli 0,21 - 1,89 välillä. Alhaisin arvo saatiin havaintopaikalta RL 9 ja vastaavasti korkein arvo tavattiin havaintopaikalla RL 11. Havaintopaikan RL 11 Rauanjoen suistoalueen suu sai huomattavasti suuremman indeksiarvon (1,89), kun taas vastaavasti muiden havaintopaikkojen keskimääräinen indeksiarvo oli 0,95. Suurempi indeksiarvo voi osaltaan selittyä havaintopaikan pohjan laadulla. Havaintopaikalla RL 11 havaintopaikan kohdalla ei oletettavasti tapahdu sedimentin merkittävää akkumulaatiota voimakkaan virtaaman takia (kuva 80).



Kuva 81. Havaintopaikan RL 9 rinnakkaisnäyte 2/3 (Kuva: Henri Heiskanen).



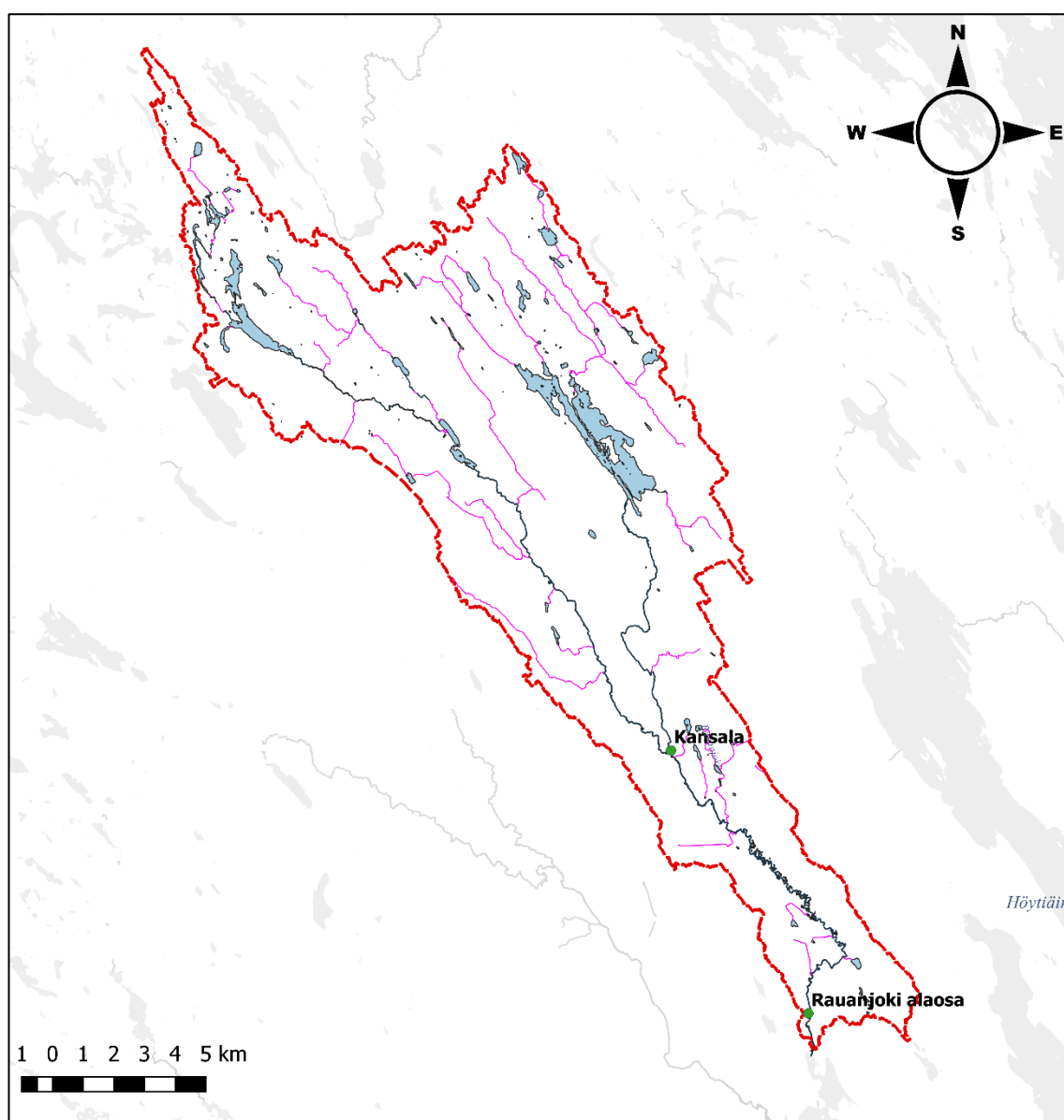
Kuva 82. Rauanlahden pohjaeläinnäytteistä maaliskuussa 2019 poimittuja surviaissämsken (Chironomidae) toukkia (Kuva: Henri Heiskanen).



Kuva 83. Rauanlahden havaittuja taksonitea petrimaljalle poimittuna maaliskuussa 2019 (Kuva: Henri Heiskanen).

6.5 Kalastollinen tarkastelu

Luonnonvarakeskus on tehnyt Rauanjoen vesistöalueella kalaston seuranta sähkökoekalastuksin. Seuranta on keskittynyt kahdelle koelalle, jotka sijaitsevat Rauanjoen alaosassa Ruvaslahdentien sillan alapuolisella koskiosuudella, sekä Rauanjoen keskivaiheilla, Kansalanmyllyllä (kuva 84). Molemmat koelat kattavat tuoreimmat seurantatulokset ovat vuodelta 2009. Saalistiedot käsiteltiin las-kentaa varten luokittelemalla kalalajit niiden ympäristömuutoksille herkkyyden mukaan. Luokitteluperusteet on esitetty aikaisemmin taulukossa 7.



Kuva 84. Rauanjoen vesistöalueen vakiintuneet sähkökoekalastusalat (Ranta10-aineisto © SYKE 2020).

Sähkökoekalastuksissa vuonna 2009 saalislajit olivat: taimen, kivenuoliainen, kivisimppu, mutu, made ja särki. Kansalanmyllyn koealalta oli saatu taimenia 7 kappaletta, joista 4 kappaletta edusti 0+ ikäluokkaa ja 3 kappaletta 1+ ikäluokkaa. Lisäksi saaliina oli 9 kivenuoliaista, 18 kivisimpua, 6 mutua, sekä 1 made (taulukko 58). Rauanjoen alaosan koealalta oli saatu vastaavasti taimenia 3 kappaletta, joista 2 kappaletta edusti 0+ ikäluokkaa ja yksi kappale 1+ ikäluokkaa. Kivisimppuja oli saatu 14 kappaletta, mateita 2 kappaletta ja särkiä 1 kappale (taulukko 58).

Taulukko 58. Rauanjoen yläosan, Kansalan sähkökoekalastustulokset 11.8.2009. (Suomen ympäristökeskus, koekalastusrekisteri).

Laji	Luokka	%-osuus kok.mää- rystä	Tiheys aarilla	Kokonais- lukumäärä	Kokonais- paino	Keski- pituus	Keski- paino
			(2,45)		(g)	(mm)	(g)
Kivenuoliainen	-	-	3,7	9	80,7	101,0	9,0
Kivisimppu	Herkät	61 %	7,3	18	57,2	65,0	3,2
Made	-	-	0,4	1	20,1	154,0	20,1
Mutu	-	-	2,4	6	8,3	48,0	1,4
Taimen 0+	Herkät	61 %	1,6	4	19,5	76,5	4,9
Taimen 1+	Herkät	61 %	1,2	3	572,2	245,0	190,7
Yhteensä				41	758		
Laskennallinen jokikalaindeksi			0,82	erittäin hyvä			

Taulukko 59. Rauanjoen alaosan sähkökoekalastustulokset 14.08.2009 (Suomen ympäristökeskus, koekalastusrekisteri).

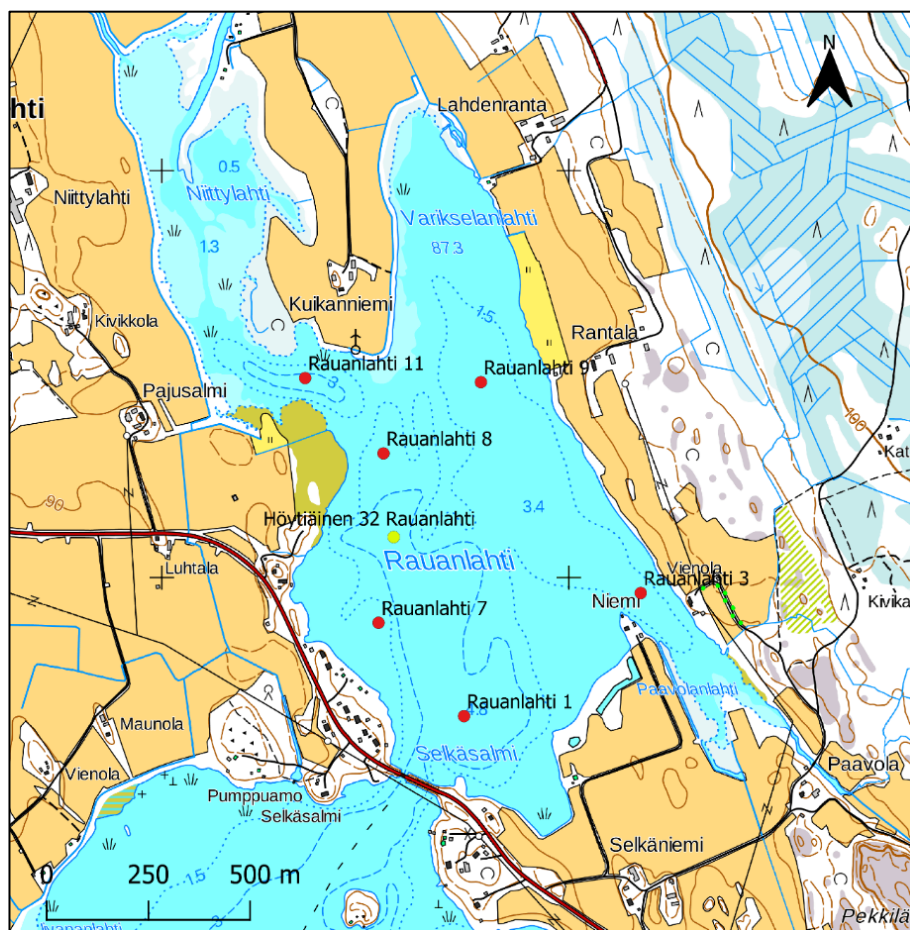
Laji	Luokka	%-osuus kok.mää- rystä	Tiheys aarilla	Kokonais- lukumäärä	Kokonais- paino	Keski- pituus	Keski- paino
			(3,45)		(g)	(mm)	(g)
Kivisimppu	Herkät	85 %	4,1	14	32,6	65,0	2,3
Made	-	-	0,6	2	34,1	136,0	17,1
Särki	Särkikalat	5 %	0,3	1	4,8	68,0	4,8
Taimen 0+	Herkät	85 %	0,6	2	8,2	71,0	4,1
Taimen 1+	Herkät	85 %	0,3	1	38,4	152,0	152
Yhteensä				20	118,1		
Laskennallinen jokikalaindeksi			0,69	hyvä			

Koealakohtaisille saalistiedoille määritettiin jokikalaindeksi, joka on Kansalan myllyn koealalla 0,82; ”erittäin hyvä” (taulukko 58) ja vastaavasti Rauanjoen ala-

osan koealalla 0,69; ”hyvä” (taulukko 59). Rauanjoen jokityypin mukaiset vertailuarvot ja luokkarajat on esitetty taulukossa 19. Jokikalaindeksin ja kalalajien indikaattoriarvojen perusteella Rauanjoen kalaston tilaa voidaan pitää hyvänä tai erittäin hyvänä. Seuranta ei ole kuitenkaan ulotettu Aisusjoelle tai Rauanjoen muille koskipaikoille.

6.6 Rauanlahden pohjasedimentti

Rauanjoen suistoalueella sijaitsevan Rauanlahden pohjasedimentin tutkimuksella hankittiin viitteitä lahtialueelle kohdistuvasta ja kohdistuneesta kuormituksesta sekä kuormituksen mahdollisesta vaikutuksesta lahten pohjan tilaan. Kuormituksen määrää ja laatua arvioitiin pohjasedimentistä kairattujen näytteiden perusteella. Sedimentin vaikutuksia vedenlaatuun ja sisäisen kuormituksen riskiä selvitettiin sedimentin pintakerroksen hapetus-pelkistysasteiden mittauksilla. Tulokinnassa hyödynnettiin myös vedenlaadun mittausten tuloksia.



Kuva 85. Höytiäisen sedimenttitutkimuksen havaintopaikat keväällä 2019. (Peruskarttarasteri © Maanmittauslaitos 2020).

6.6.1 Määrä ja laatu

Sedimenttiä kairattiin opiskelijatyönä 19.3.2019 ja 25.3.2019 yhteensä kuudelta havaintopaikalta. Sedimenttinäytteitä tarkasteltiin visuaalisesti ja niistä etsittiin viitteitä ihmisen toiminnan vaikutuksista valuma-alueella. Tarkastelun tulokset ovat esitettynä taulukossa 60. Kuvissa 86 - 88 on esitetty edustava näytesarja havaintopaikalta Rauanlahti 1. Sedimentaation vyöhykkeisyyttä visualisoitiin Qgis-paikkatieto-ohjelmalla tehdyn spatiaalisen interpoloinnin avulla. Sedimentin vyöhykkeisyyttä havainnollistava kartta on esitetty kuvassa 89. Kartasta ilmenevät myös pohjasedimenttinäytteiden kairauspisteet.

Taulukko 60. Rauanlahden havaintopaikkojen sedimentin ulkonäkö ja kairaus-syvyydet kevättalvella 2019.

Havainto- paikka	Vesi syvyys	Sedimentin näytesyvyys	Sedimentin ulkonäkö
	(m)	(mm)	
Rauanlahti 1	4,12	0 - 400	Tumman ruskeaa vesipitoista ainesta.
		400 - 600	Harmaata savea, jossa tumman ruskeita rantuja.
		600 - 900	Tumman ruskeaa hienojakoista ainesta.
		900 - 2 100	Ruskea ainetta, jossa tumman ruskeita rantuja.
		2 100 - 3 640	Homogeeninen savi, jossa selkeää tummaa lustoisuutta.
Rauanlahti 3	2,93	0 - 600	Tumman ruskeaa vesipitoista ainesta.
		600 - 1 200	Harmaata savea, jossa tumman ruskeita rantuja.
		1 200 - 1 900	vaalean ruskeata hienojakoista ainesta.
		1 900 - 3 000	Homogeeninen savi, jossa selkeää tummaa lustoisuutta.
Rauanlahti 7	0,8	0 - 1000	Tumman ruskeaa vesipitoista ainesta.
		1 000 - 2 000	Tumman ruskeaa hienojakoista ainesta, jossa vaaleaa lustoisuutta.
		2 000 - 2 800	Ruskehtavanharmaata ainesta, jossa ohuita himmeänmustia raitoja.
		2 800 - 4 000	Homogeeninen savi, jossa selkeää tummaa lustoisuutta.
Rauanlahti 8	1,34	0 - 400	Tumman ruskeaa vesipitoista ainesta.
		400 - 600	Harmaata savea, jossa tumman ruskeita rantuja.
		600 - 1 600	Tumman ruskeaa hienojakoista ainesta.
		1 600 - 3 600	Harmahtavaa ainesta, jossa tummaa lustoisuutta.
		3 600 - 4 600	vaalean ruskeata hienojakoista ainesta.
		4 600 - 8 370	Homogeeninen savi, jossa selkeää tummaa lustoisuutta.
Rauanlahti 9	1,22	0 - 2 300	Tumman ruskeaa hienojakoista ainesta.
		2 300 - 3 450	vaalean ruskeata hienojakoista ainesta.
		3 450 - 5 000	Harmaa savi, jossa selkeää tummaa lustoisuutta.
		5 000 - 5 780	Homogeeninen savi, jossa tummaa lustoisuutta.
Rauanlahti 11	1,09	0 - 900	Tumman ruskeaa vesipitoista ainesta.
		900 - 1 300	Harmaata savea, jossa tumman ruskeita rantuja.
		1 300 - 2 000	Tumman ruskeaa hienojakoista ainesta, jossa vaaleaa lustoisuutta.
		2 000 - 2 900	vaalean ruskeata hienojakoista ainesta.
		2 900 - 4 000	Homogeeninen savi, jossa selkeää tummaa lustoisuutta.



Kuva 86. Havaintopaikan Rauanlahti 1 sedimenttinäyte (0 - 100 cm) 25.3.2019 (Kuva: Henri Heiskanen).



Kuva 87. Havaintopaikan Rauanlahti 1 sedimenttinäyte (100 - 200 cm) 25.3.2019 (Kuva: Henri Heiskanen).



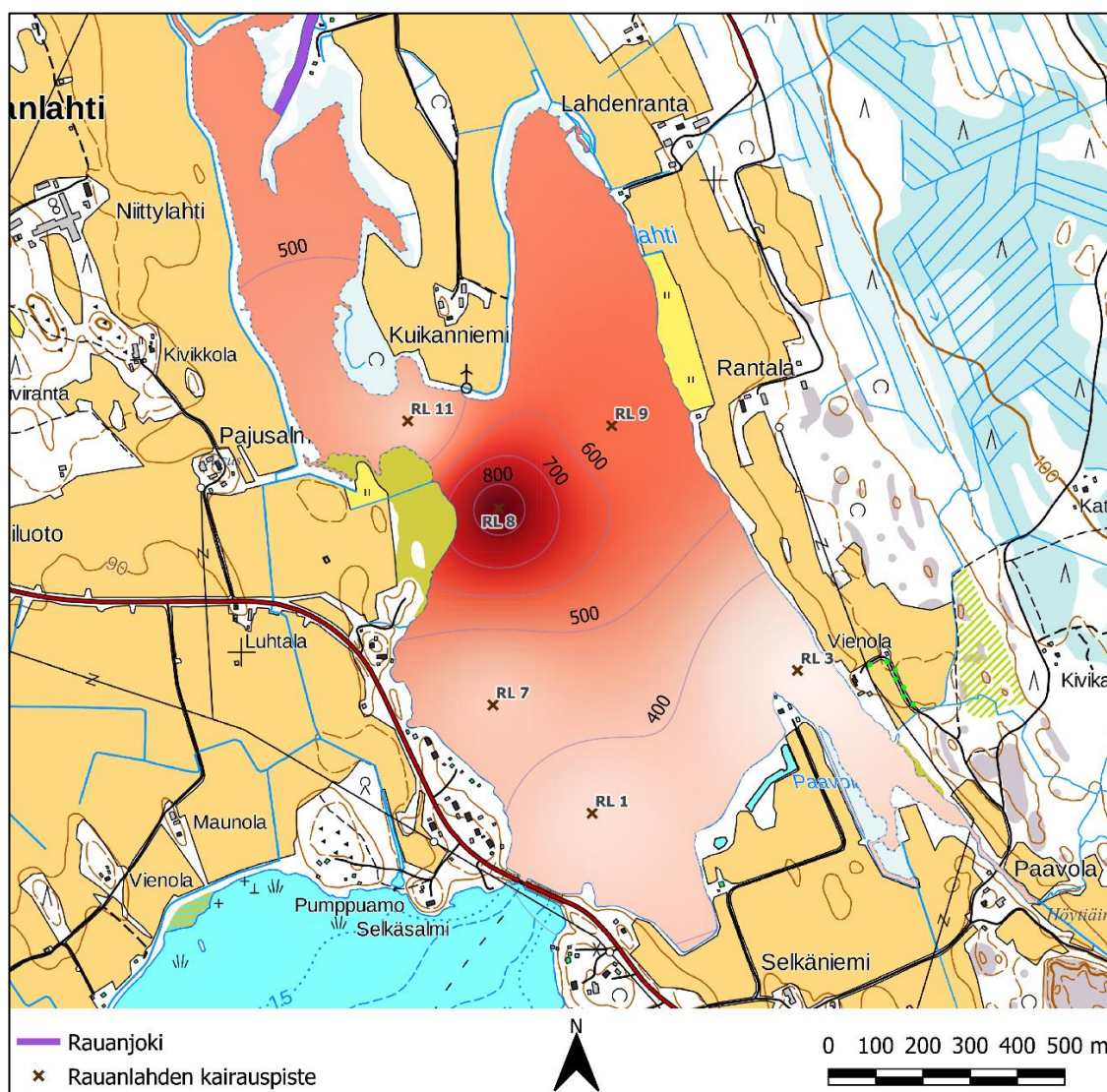
Kuva 87. Havaintopaikan Rauanlahti 1 sedimenttinäyte (200 - 300 cm)
25.3.2019 (Kuva: Henri Heiskanen).



Kuva 88. Havaintopaikan Rauanlahti 1 sedimenttinäyte (264 - 364 cm)
25.3.2019 (Kuva: Henri Heiskanen).

Sedimenttinäytteiden päällyskerros koostuu tummasta vesipitoisesta aineksesta, joka on mitä ilmeisimmin valtaosin valuma-alueelta huuhtoutunutta alloktonista ainesta, jossa on myös mukana lahden omasta tuotannosta peräisin oleva autoktoninen aines. Valtaosassa näytteitä (taulukko 60) havaittava, noin 40 - 60 cm

syvyydessä oleva saviraidoitus poikkeaa sedimentin yleisestä peruskoostumuksesta voimakkaasti. Havainto näyttäisi kertovan merkittävistä muutoksista valuma-alueen maankäytössä. Tunnetuimpia tiedossa olevia muutoksia ovat Höytiäisen järvenlasku vuonna 1859, uomien uittoperkuut sekä metsätalouden ojitukset valuma-alueella ja maatalousalueiden pengerrykset Rauanlahden vesijättömaalla 1950 - 1970 luvulla (Suomen ympäristökeskus 2011, 66). Sedimentin kerrosten tarkempi ajoitus voitaisiin toteuttaa paleolimnologisilla analyysimenetelmillä.



Kuva 89. Rauanlahden sedimentaation jakautuminen (Peruskarttarasteri © Maanmittauslaitos 2020).

6.6.2 Hapetus-pelkistysaste

Rauanlahden pohjan pintasedimentistä mitattiin hapetus-pelkistysaste eli redox-potentiaali yhteensä viideltä havaintopaikalta. Lähimpänä jokisuuta sijaitsevalta havaintopaikalta (Rauanlahti 11) hapetus-pelkistysastetta ei saatu mitattua pohjassa olevan hiekan vuoksi, joka esti näytteenottimen sulkeutumisen. Havainto näyttäisi ilmentävän välittömimmän jokisuiston olevan keskeinen valuma-alueelta kulkeutuvan karkeamman aineksen sedimentaatioalue. Muilla havaintopaikoilla pintasedimentti oli kuvasta 90 ilmenevän kaltaista, tummanpuhuvaa, vesipitoista lietemäistä ainesta, josta E_h -arvon mittaaminen onnistui hyvin. Mittausten tulokset on esitetty taulukossa 61.



Kuva 90. Lehtori Tarmo Tossavainen mittaa pintasedimentin E_h -arvoa Rauanlahdella maaliskuussa 2019 (Kuva: Henri Heiskanen).

Taulukko 61. Rauanlahden pintasedimentin hapetus-pelkistysaste (E_h) keväällä 2019.

Havaintopaikka	Vesisyvyys	E_h
	(m)	(mV)
Rauanlahti 1	4,1	-129
Rauanlahti 3	2,9	-95
Rauanlahti 7	0,8	+35
Rauanlahti 8	1,3	+245
Rauanlahti 9	1,2	+152
Rauanlahti 11	1,1	-

Raja-arvona, jossa pohjaan varastoituneet aineet, kuten ravinteet ja metallit pysyvät sedimenttiin pidättyneinä voidaan pitää +300 mV. Tätä alhaisemmillä arvoilla alkaa tapahtumaan erinäisiä pelkistymisreaktioita, joissa sedimentin varastoimat aineet voivat alkaa vapautumaan sen yläpuoliseen vesimassaan (taulukko 10).

Mitatut hapetus-pelkistysasteet (taulukko 61) olivat mittausajankohtana kaikilla havaintopaikoilla alle +300 mV. Hapetus-pelkistysasteet vaihtelivat havaintopaikan Rauanlahti 7:n +245 ja Rauanlahti 1:n -129 välillä. Näytteistä ei myöskään aistinvaraisesti havaittu rikkivetyyn tai metaaniin viittaavaa tympeää hajua. Mittaustulokset ilmentävät kohonneutta sisäisen kuormituksen riskiä etenkin kohdilla, jossa E_h -arvot saivat negatiivisia lukemia.

Paikoin alhaiset E_h -arvot (taulukko 61) sekä kohonneet alusveden rauta- ja ravinnepitoisuudet niin keväällä 2019 (taulukko 29) kuin ympäristöhallinnon mittaustuloksissa vuosina 1982 - 2018 (taulukko 30) voivat olla merkkejä mahdollisesta sisäisestä kuormituksesta. Negatiivisia E_h -arvoja keväällä ei toisaalta suoraan pystytä selittämään alhaisilla happipitoisuuksilla, sillä puhdasta riippuvuussuhdetta muuttujien välillä ei ole pystytty osoittamaan (ks. Särkkä 1996, 60).

6.7 Kuormituslaskenta

6.7.1 Valuma-aluekuormitus

Rauanjoen vesistöalueelta päätyy edelleen Rauanlahteen fosforia noin 1 600 kg ja typpeä noin 53 tonnia. Kuormituksen laskennassa (kaava 3) hyödynnettiin vuosien 1976 - 2017 ympäristöhallinnon mittaustulosten aritmeettista keskiarvoa (15,7 µg/l) havaintopaikalta Rauanjoki 2, sekä hydrologiseen pitkäaikaisseurantaan perustuvaa vuosikeskivirtaamaa (3,26 m²/s) vuosilta 1991 - 2010 (Korhonen & Haavalammi, 90). Luonnonhuuhtouman laskennassa käytettiin Suomen ympäristökeskuksen vuonna 2015 julkaiseman tutkimuksen ominaiskuormituslukuja (Tattari ym. 2015, 34). Laskennan tulokset on esitetty taulukoissa 62 ja 63.

Taulukko 62. Rauanjoen vesistöalueen arvioitu kokonaisfosforin vuosikuormitus Höytiäisen Rauanlahteen.

Osavaluma-alue	Pinta- ala	%- osuus	Keskipitoi- suus 1976- 2017	Luonnotilai- nen keskipi- toisuus	Vuosi- kuorma	Luon- non- huuh- touma
	(km ²)		(µg/l)	(µg/l)	(kg/a)	(kg/a)
Rauanjoki 2	216	100 %	15,7	8,14	1 617	1 065
Aisusjärvi	21	10 %	-	-	158	104
Rauanjärvi	55	26 %	-	-	420	276
Aisusjoen yläosa	30	14 %	-	-	228	150
Aisusjoen alaosa	49	23 %	-	-	369	243
Rauanjoen yläosa	18	8 %	-	-	135	89
Rauanjoen alaosa	41	19 %	-	-	308	203

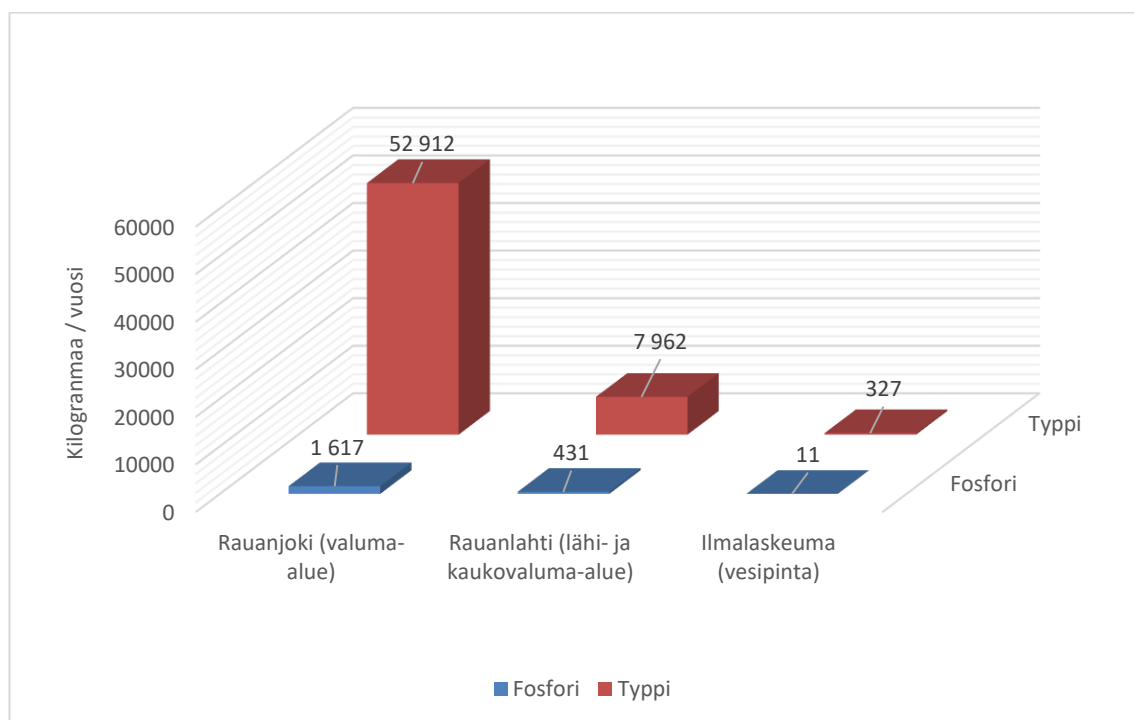
Taulukko 63. Rauanjoen vesistöalueen arvioitu kokonaistypen vuosikuormitus Höytiäisen Rauanlahteen.

Osavaluma-alue	Pinta- ala	%- osuus	Keskipitoi- suus 1976- 2017	Luonnotilai- nen keskipi- toisuus	Vuosi- kuorma	Luon- non- kuorma
	(km ²)		(µg/l)	(µg/l)	(kg/a)	(kg/a)
Rauanjoki 2	213	100 %	515	273	52 912	27 690
Aisusjärvi	21	10 %	-	-	5 160	2 700
Rauanjärvi	55	26 %	-	-	13 732	7 186
Aisusjoen yläosa	30	14 %	-	-	7 445	3 896
Aisusjoen alaosa	49	23 %	-	-	12 073	6 318
Rauanjoen yläosa	18	8 %	-	-	4 424	2 315
Rauanjoen alaosa	41	19 %	-	-	10 073	5 272

Lasketun kuormituksen jakautumista arvioitiin kokeellisesti myös yläpuolisten osavaluma-alueiden kesken. Laskennallisessa arvioissa taulukoiden 62 ja 63 alemmilla riveillä on käytetty suhteellisia osavaluma-alueiden pinta-aloja (taulukko 20). Laskennassa ei kyetty huomioimaan kuormituksen pidättymistä vesistöalueen järvialtasiin luotettavasti, sillä Aisusjärven tilavuutta ei ole tutkittu. Fosforin pidättymistä simuloitiin Microsoft Excel-pohjassa ns. Lappalaisen mallin (kaava 5) avulla Rauanjärveen, josta syvyystiedot olivat saatavilla. Herkkyystarkastelun kautta havaittiin, että sedimentaatiokerroin vaikuttaa laskennan luotettavuuteen olennaisella tavalla. Tästä syystä Aisusjärven sedimentaatiokykyä ei päädytty arvioimaan, vaan jakautumisen laskenta tehtiin karkeasti sillä oletuksella, että merkittävää sedimentaatiota ei tapahdu, ja että Rauanjoen alaosasta (Rauanjoki 2) mitattu kuormitus jakautuu tasaisesti osavaluma-alueiden kesken. Laskentaa voidaan pitää viitteellisenä ja suuruusluokkia hahmottelevana.

6.7.2 Kuormitus Rauanlahteen

Höytiäisen Rauanlahteen tuleva ulkoinen kuormitus muodostuu Rauanjoen valuma-alueelta tulevasta kuormasta, Rauanlahden lähi- ja kaukovaluma-alueen kuormituksesta, sekä ilmalaskeumasta lahden vesipinnalle. Rauanjoen vesistöalueen kuorma on esitetty taulukoissa 62 ja 63. Rauanlahden lähi- ja kaukovaluma-alueelta tuleva kuormitus, sekä ilmalaskeuman osuus laskettiin Suomen ympäristökeskuksen vuonna 2015 julkaiseman tutkimuksen (taulukko 9) ominaiskuormituslukujen perusteella (Tattari ym. 2015, 34). Laskentaa varten määritettiin paikkatietoanalyysillä Rauanlahden lähi- ja kaukovaluma-alueen maankäytön jakaantuminen, joka on esitetty luvussa 3.1.



Kuvio 11. Rauanlahteen kohdistuva keskimääräinen vuosittainen ulkoinen kuormitus eri kuormituslähteistä.

Kuviossa 11 on esitetty Rauanlahteen tulevan vuotuisen typpi- ja fosforikuorman jakautuminen. Rauanjoen valuma-alueelta päätyy Rauanlahteen vuosittain 1 617 kg fosforia ja 52 912 kg typpeä. Rauanlahden valuma-alueelta fosforia päätyy 431 kg ja typpeä 7 962 kg. Ilmakehästä tulevana laskeumana Rauanlahden ve-

sipinnalle päätyy fosforia 11 kg ja typpeä 327 kg. Lahteen tulevan vuotuisen ravinnekuormituksen kokonaissuuruus on siten noin 2 059 kg fosforia ja 61 tn typpeä.

6.7.3 Fosforimallitarkastelu

Höytiäisen Rauanlahteen tulevan fosforikuormituksen suuruusluokkia, laskennallista pidättymistä, sekä pitoisuuksia simuloitiin Lappalaisen ja Wollenweiderin fosforimalleilla (kaavat 5 - 8). Laskennan lähtöarvoina käytettiin luvussa 6.1.1 määritettyjä veden virtaama- ja viipymisominaisuuksia (taulukot 20 ja 21), sekä teoreettista kokonaisfosforin vuosikuormaa (kuvio 11). Fosforimallilaskennan tulosten yhteenveto on esitetty taulukossa 64.

Taulukko 64. Yhteenveto Rauanlahden fosforimalleista.

Rauanlahden kokonaisfosfori pitoisuus	Tuleva fosforikuorma	Kokonaisfosforin pidättymiskerroin	Laskennallinen kokonaisfosforin pitoisuus	kokonaisfosforin keskipitoisuus 1982 - 2018
	kg/a	%	µg/l	µg/l
Malli Lappalainen				
Nykyinen mitattu kokonaisfosforin vuosikuorma	2 059	1,3 %	17,6	18,6
Oletettu luonnonhuuhtouma	1 166	0,74 %	10,0	-
Mesotrofia (tavoitteena)	1 756	1,11 %	15,0	-
Oligotrofia (tavoitteena)	1 165	0,74 %	10,0	-
Malli Vollenweider				
"Hyväksyttävä" kuorma	1 063	-	10,0	-
"Vaarallinen" kuorma	1 550	-	20,0	-

Taulukosta 64 ilmenee, että Lappalaisen mallilla (kaava 5) johdettu Rauanlahden laskennallinen kokonaisfosforipitoisuus (17,6 µg/l) on hieman alhaisempi, kuin pitkäaikaisseurantaan (1982 - 2018) perustuva aritmeettinen keskiarvopitoisuus (18,6 µg/l). Eroavaisuus voi selittyä osaltaan sillä, että kuormituksen laskennassa on hyödynnetty Rauanlahden lähivaluma-alueen osalta keskimääräisiä maa- ja metsätalousmaiden ominaiskuormitusarvoja (taulukko 9). Fosforimallit perustuvat puhtaasti ulkoiseen kuormitukseen ja viipymätietoihin, joten ne eivät huomioi mahdollista sisäistä kuormitusta eli ravinteiden vapautumista Rauanlahden pohjasedimentistä. Kaikkinensa Lappalaisen fosforimallilla ennustettu pitoisuus (17,6 µg/l) on kuitenkin hyvin lähellä pitkäaikaisseurantaan perustuvaa keskimääräistä

pitoisuutta (18,6 µg/l). Siten sovellettujen keskimääräisten ominaiskuormitusarvojen voidaan todeta sopivan Rauanlahdelle vähintäänkin erinomaisen tyydyttävästi.

Mikäli Rauanlahden vedenlaadun oletettaisiin olevan arvioitua luonnonhuu-
toumaa vastaavan turvallisen oligotrofian puolella (10 µg/l), tulisi Lappalaisen fos-
forimallin mukaan vuosien 1982 - 2018 kokonaisfosforikuorman olla 888 kg alhai-
sempi, kuin mitä se on laskennallisesti nykyisellään (2059 kg). Mikäli taas tavoit-
tepitoisuus asetettaisiin vakaaseen mesotrofiaan (15,0 µg/l), tulisi kokonaisfosfo-
rikuormitusta vähentää 303 kg vuodessa laskennalliseen nykyiseen tasoon näh-
den (taulukko 64.).

Vollenweiderin fosforimallilla laskettuna ”hyväksyttävän” kokonaisfosforin vuosi-
kuorman tulisi olla 996 kg nykyistä alhaisempi, mikäli tavoitteena olisi 10 µg/l:ssa
laskennallinen kokonaisfosforipitoisuus. ”Vaarallinen kuorma” Vollenweiderin
mallilla olisi puolestaan 1 550 kg vuodessa, jolloin veden oletettu kokonaisfosfo-
ripitoisuus olisi 20 µg/l. Vuosien 1982 - 2018 keskimääräinen kokonaisfosfori-
kuorma ylittää laskennallisen ”vaarallisen kuorman” 509 kg:lla. (taulukko 64.)

Vollenweiderin mallit huomioivat lahteen tapahtuvan fosforin sedimentaation va-
kioarvoisella kertoimella. Lappalaisen malli puolestaan huomioi myös sedimen-
taation vaihtelun viipymän ja kuormitustason muuttuessa. (Tossavainen 2020).
Lappalaisen mallin perusteella sedimentaatio Rauanlahdella on nykytilassaan
noin 0,013 eli 1,3 % (taulukko 64). Alhainen sedimentaatiokerroin viittaisi siihen,
että valtaosa lyhytviipymäiseen Rauanlahteen (~7 d) tulevasta fosforin kokonais-
kuormasta (~2 032 kg) jatkaa Selkäsalmen kautta edelleen pohjoiselle Höytiäi-
selle ja vaikuttaa osaltaan myös siellä vallitsevaan vedenlaatuun yhdessä muiden
järveen laskevien valumavesien kanssa.

7 Johtopäätökset

7.1 Vesistöalueen nykyinen tila

Rauanjoen vesistöalueen nykyistä tilaa määrittää hyvin keskeisesti sen valuma-alueen maaperä ja maankäyttö, kuten turvemaiden suuri osuus, ajoittainen intensiivinen metsätalouden harjoittaminen, sekä uoman virtausolosuhteiden muokkaaminen tukinuiton tarpeisiin. Valuma-alueen runsas turvemaiden osuus (36 %) näkyy luontaisestikin vesistöalueen vedenlaadussa veden värjäytymisenä ruskeaksi, lievänä happamuutena, sekä korkeahkona rautapitoisuutena. Ihmistöiminnan vaikutus valuma-alueella on lisännyt Rauan- ja Aisusjokeen päätyvää kuormitusta sen luonnontilaista tasoa korkeammaksi. Myös Rauanjärven valuma-alueella koskenut tutkimus vuodelta 2007 tukee tätä päätelmää. Ajoittainen intensiivinen ojitus on lisännyt humusyhdisteiden huuhtoutumista Rauan- ja Aisusjokeen ja jokien uittoperkauksista johtuvat virtausolosuhteiden muutokset osaltaan vielä tehostavat aineiden kulkeutumista jokijatkumoa pitkin Höytiäisen Rauanlahden. Muutokset saattavat olla riskinä myös vesistöalueen elolliselle luonnolle, kuten kalastolle ja pohjaeläimistöille, joiden tila nykyisellään on kuitenkin varsin hyvä; etenkin jokijaksolla Rauan- ja Aisusjoessa.

Vesistöalueen purkupisteessä sijaitsevan Rauanlahden vastaanottama kokonaiskuormitus muodostuu Rauanlahden lähi- ja kaukovaluma-alueelta, sekä Rauanjoen vesistöalueelta tulevasta kuormituksesta. Rauanjoen vesistöalueelta tuleva kuormitus muodostaa Rauanlahden kokonaiskuormasta noin 79 %. Kuormitus näkyy Rauanjoen suistossa ja Rauanlahdella selkeänä rehevyytenä, pohjan liettymisenä, mahdollisena ajoittaisena sisäisenä kuormituksena, sekä alhaisena pohjaeläimistön biodiversiteettinä. Suurin osa lyhytviipymäiseen Rauanlahden tulevasta suspendoituneesta ainekuormasta jatkaa Selkäsalmien kautta edelleen Höytiäisen pohjoisosiin vaikuttaen osaltaan myös pohjoisen Höytiäisen vedenlaatuun. Rauanlahden heikohko nykyinen tila ei myöskään osaltaan paranna suistoalueen houkutusvirtausta ja edesauta vaelluskalojen mahdollisia nousupyrkimyksiä kutualueilleen yläpuoliseen Rauan- ja Aisusjokeen. (Orell 2020, 3).

Nykyisellään Rauanjoen vesistöalueen ekologista tilaa ei voida luonnehtia huonoksi, mikäli arvio perustetaan kokonaisarvioon ja vertailuun maamme vastaavien tyyppisten vesistöjen biologisten ominaisuuksien kanssa. Tietyt indikaattoritaksonit, kuten eri kehitysasteilla esiintyvät koskikorennot, päivänkorennot ja vesiperhoset ilmentävät hyvää elinympäristön tilaa. Kalalajeista jo pelkästään happamuutta heikosti kestävät taimenen kesänvanhat poikaset sekä varsin vaatelihaana tunnettu muttu (Alaja 2020) esiintyvät jokseenkin harvalukuisina sähkökalastuksin seuratuilla koskiosuuksilla. Saatujen tulosten valossa tärkeää olisikin keskittyä nykyisen ekologisen tilan ylläpitämiseen ja elinympäristöjen saattamiseen jokseenkin lähemmäksi niiden luontaista tilaansa niissä puitteissa, joissa se on taloudellisesti kannattavaa, ja alueen muuta käyttöä merkitsevällä tavalla heikentämättä mahdollista toteuttaa.

7.2 Kunnostustarpeen arviointi

Rauanjoen vesistöalueen nykyisen ekologisen tilan ylläpitämiseksi ja parantamiseksi olisi perusteltua vaikuttaa vesiekosysteemiä kuormittaviin ja heikentäviin tekijöihin; näihin riskitekijöihin voidaan lukea luonnontilasta kohonnut valuma-aluekuormitus, veden ajoittainen happamuus, morfologiset muutokset jokiuomissa ja joen suistoalueen rehevöityneisyys. Työn tulosten perusteella vesistöalueelta tuleva fosforikuormitus on luonnontilaan verrattuna koholla 552 kg (52 %) ja typpikuormitus 25 222 kg (91 %). Jokialueella havaittiin ja kartoitettiin koskikohteita, joista osa on edelleen uittoperkuiden jälkeisessä tilassaan sekä osa 2000-luvun alussa kunnostettuja, ja joita voitaisiin edelleen täydentävästi kunnostaa lähemmäksi niiden luonnonmukaista tilaansa.

Valuma-alueelta huuhtoutuvia ainevirtoja hillitsemällä voitaisiin vaikuttaa koko vesiekosysteemin tilaan, kuten vedenlaatuun ja vesieliöiden elinolosuhteisiin ja saada aikaan näin, pitkällä aikavälillä, laajoja ja kokonaisvaltaisia vaikutuksia. Kuormituksen saattamiseksi lähemmäksi luontaista tasoa tulisi valuma-alueelle perustaa riittävä määrä riittävän tehokkaita vesiensuojeluteknisiä rakenteita, joiden yhteenlaskettu pidätystehokkuus vastaisi halutun kuormitustason saavuttamista edellyttämää tasoa. Tavoitetasoa voitaisiin hahmotella esimerkiksi kuormitus- ja fosforimallilaskennan tulosten perusteella.

Koskikunnostuksilla ja luontaisten uomien käyttöönotoilla voitaisiin puolestaan vaikuttaa ensisijaisesti vesieliöstön, kuten pohjaeläinten ja kalojen sekä perustuottajien elinolosuhteisiin, mutta samalla edelleen osaltaan myös pidättää joki-uomassa kulkevia ainevirtoja. Kaikilla yllä mainituilla toimenpiteillä olisi myönteinen vaikutus myös ainevirtaamat vastaanottavan Rauanlahden tilaan ja siihen kohdistuvaan kuormituspaineeseen. Lisäksi suistoalueen tilan kohentuminen Rauanlahdella oletettavasti parantaisi mahdollisten järvivaeltavien vaelluskalojen nousumahdollisuuksia Rauanjokeen. Tällöin alapuolisen Rauanlahden kunnostaminen auttaisi välillisesti myös yläpuolisen Rauanjoen vesistöalueen ekologisen tilan ylläpitämistä tai jopa parantamista.

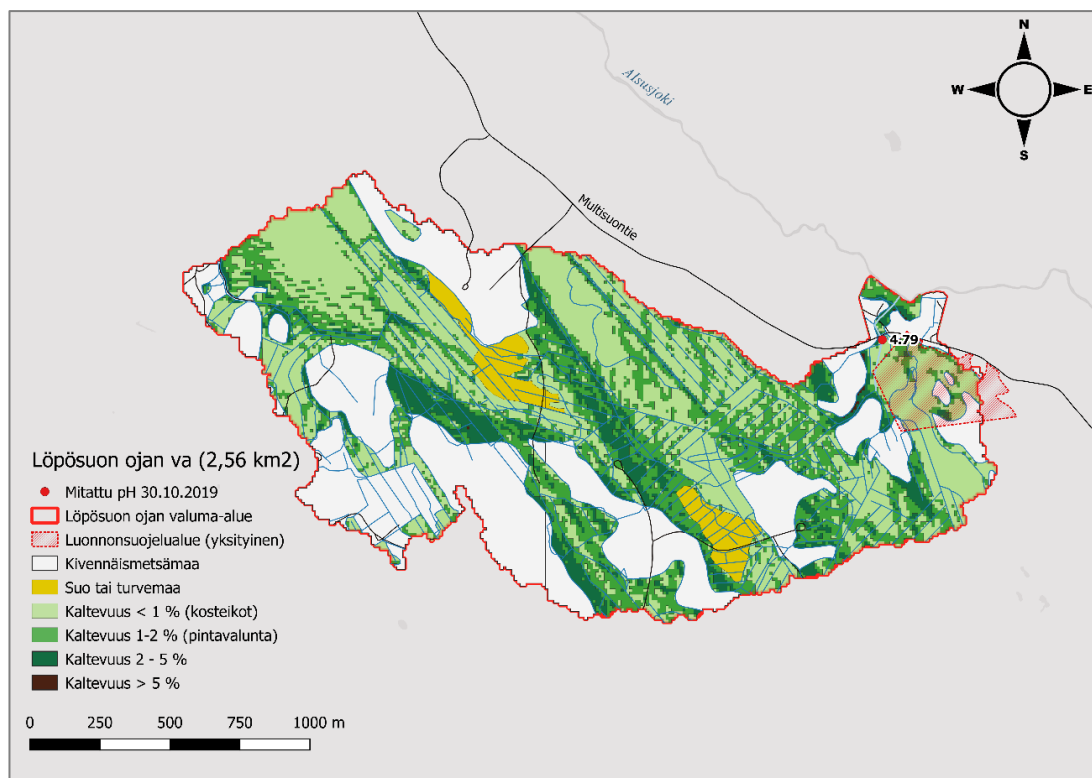
7.2.1 Kunnostuskohteet

Valuma-aluekunnostukset

Rauanjoen vesistöalueella ei tulosten perusteella havaittu yksittäisiä merkittäviä tai välittömiä toimenpiteitä vaativia osavaluma-alueita, vaan ympärivuotinen vedenlaatu näyttäisi olevan jokseenkin ominainen turvemaiden humusvaikutteisille vesistöille. Vedenlaatua leimaa kohonnut rautapitoisuus, lievä happamuus ja rehevyys sekä ruskea väri. Valuma-alueen merkittävin maankäyttömuoto on metsätalous, joka muodostaa lähes 90 % sen maankäytöstä. Kuormituslaskennan perusteella valuma-aluekuormitus noudattelee valtakunnan keskimääräisiä metsätalouden hajakuormitusta koskevien selvitysten tuloksia ja valtaosa ihmisperäisestä kuormituksesta tulee metsätaloustoimista. Vedenlaadun alueellinen vaihtelu ja valuma-alueiden karttatarkastelu viittaisivat hajakuormituksen jakautuvan valuma-alueelle varsin tasaisesti. Pitkällä aikavälillä (1976 - 2017) ainevirtaamien suuruus joen alaosassa näyttäisi säilyneen lähes muuttumattomana.

Valuma-alueelta tulevaan kokonaiskuormitukseen voitaisiin vaikuttaa muun muassa kosteikoilla, pintavaluntakentillä ja pohjapadoilla sekä metsätalouden maanmuokkaustoimien yhteydessä asianmukaisilla ojakatkoilla, suojavyöhykkeillä, lietekuopilla ja laskeutusaltailla. Myös itse jokeen laskevien perattujen purojen ja norojen kunnostustoimilla, kuten kiveämällä, kynnystämällä ja puumateriaalia lisäämällä olisi ainevirtoja hillitsevä vaikutus. Rakenteet pidättäisivät valuma-alueelta huuhtoutuvaa veteen sekoittuvaa ja pohjakulkeumana kulkeutuvaa ainesta, jotka myös pääosin määrittävät vesistöalueella virtaavan veden fysikaalis-kemiallista laatua sekä valuma-alueen tuottaman ulkoisen kuormituksen määrää.

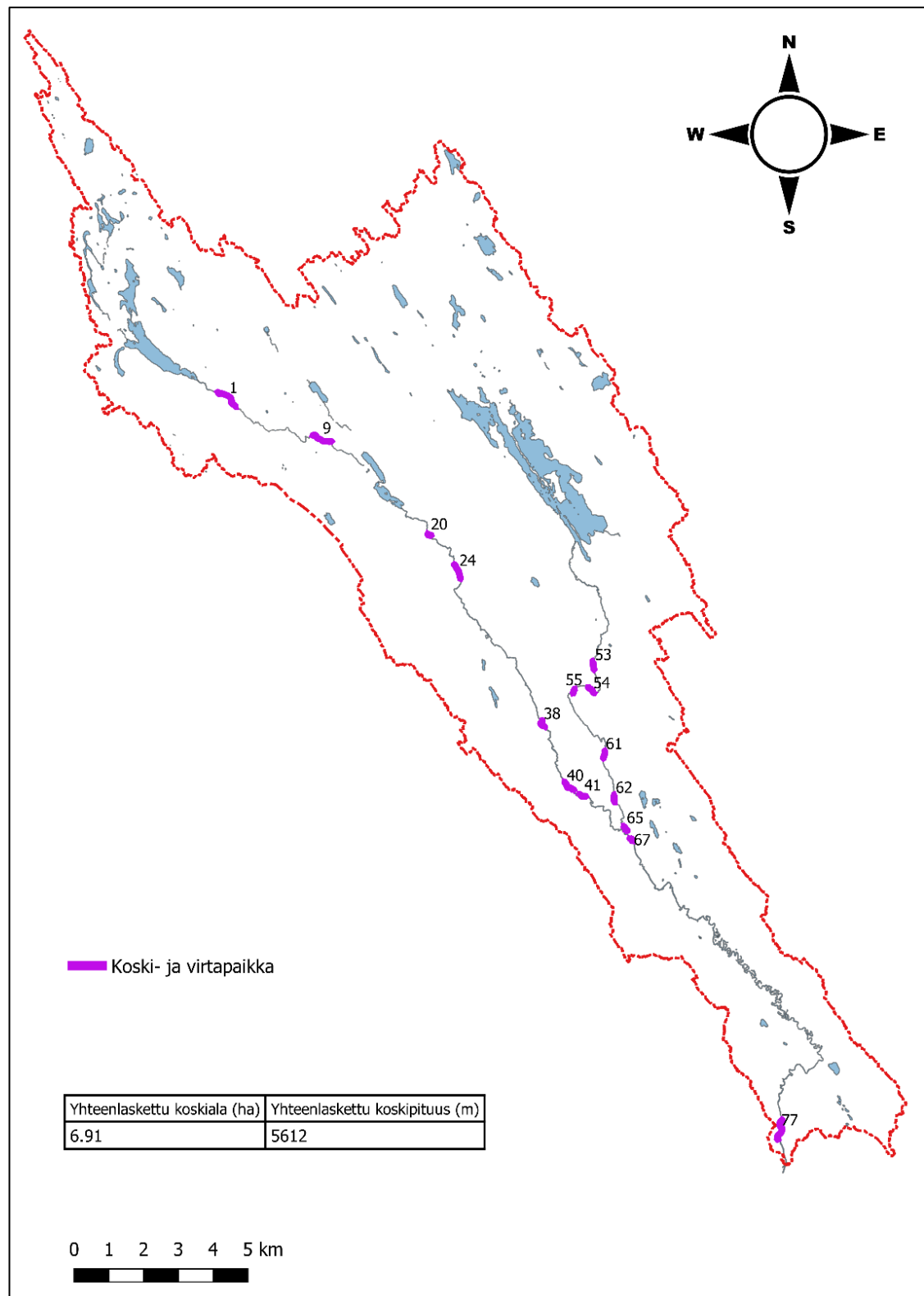
Yksittäisten pistekuormituslähteiden osoittaminen vesistöalueella on haastavaa ja tästä syystä kokonaiskuormituksen vähentämiseen tähtäävien vesiensuojelutoimien kohdentaminen olisi mielekkäintä toteuttaa maanomistajien ja paikallisten yhteisöjen ehdoilla. Kunnostuskohteiden valitsemisessa voitaisiin käyttää apuna paikkatietoanalyseja (kuva 91) sekä maastoinventoinnissa saatuja tuloksia ja esitellä niitä paikallisille toimijoille ja maanomistajille esimerkiksi yhteisen kyläillan yhteydessä. Yhteen kokoontumalla voitaisiin myös hyödyntää paikallisten ihmisten aluetuntemusta, mikä auttaisi edelleen tarkentamaan kunnostustoimien kohdistamista. Vastaavasta menettelymallista on saatu myönteisiä kokemuksia muun muassa Sysmäjärven ja -joen valuma-alueen yleissuunnitteluilloista, joita on toteutettu yhdessä Pohjois-Karjalan ELY-keskuksen ja Suomen Metsäkeskuksen kanssa. Vastaavia kokemuksia on saatu myös Jukajärven– Jukajoen (Joensuu, Kontiolahti) ja Puruveden FRESHHABIT LIFE IP -kunnostushankkeiden kautta.



Kuva 91. Esimerkki paikkatietopohjaisesta kaltevuusanalyysistä. Analyysillä voitaisiin etsiä vesiensuojelurakenteille sopivia maastonkohtia (Ranta10-aineisto © SYKE 2020; Maastotietokanta © Maanmittauslaitos 2020).

Kalataloudellisen kunnostuksen kohteet

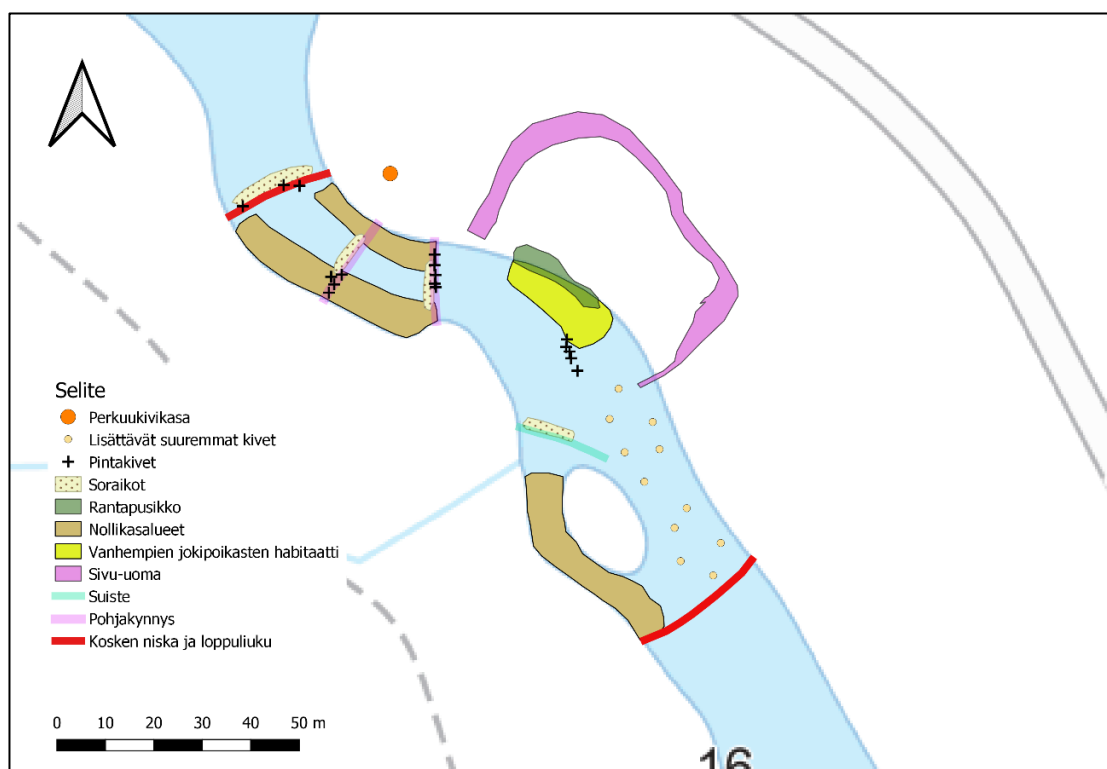
Kalataloudelliset koskikunnostustoimet olisi taloudellisesti järkevintä kohdentaa maastoinventoinnissa havaittuihin 1-luokan koskiin (kuva 92), joissa kunnostuksilla saataisiin samanaikaisesti paras ekologinen ja taloudellinen vaste. 1-luokan koskikohteilla on niiden koskipinta-alaan ja -pituuteen perustuen paras lohikalojen poikastuotantopotentiaali sekä hyvä kunnostustekninen tavoitettavuus ja käyttökelpoista kunnostusmateriaalia olisi saatavilla myös valmiina koskien rantapenkoilla. Uittoperkauksista jääneen materiaalin käytettävyydestä koskikunnostuksiin on sovittava yhdessä maa- ja vesialueiden omistajien kanssa.



Kuva 92. 1-luokan koskikohteet Rauan- ja Aisusjoessa (Ranta10-aineisto © SYKE 2020).

Koskien kunnostamisessa tulisi pyrkiä palauttamaan niissä esiintyvien habitaattien ominaisuuksia lähemmäksi ihmistoimintaa edeltänyttä tasoa. Huomiota tulisi kiinnittää ”monotonisten” virtausolosuhteiden monipuolistamiseen, lisääntymis- ja poikastuotantoalueiden tuottavuuden parantamiseen sekä eri-ikäluokkaisten lohikalojen, tässä tapauksessa taimenten jokipoikasten reviiirihabitaattien riittävään määrään ja laatuun. Lisäksi ei tule unohtaa muita vesieliöitä, kuten pohjaeläimiä, rapuja tai vesisammalia ja päällyseli perifytonleviä, jotka ovat yhtä lailla keskeinen osa virtavesien ekologista monimuotoisuutta ja paikallista ravintoverkkoa (Lyytikäinen & Vuori 2002, 48 - 51; Tossavainen 2020).

Parhaat vaikutukset kalataloudellisissa virtavesikunnostuksissa on saavutettu eri ympäristötekijöiden laaja-alaisella huomioimisella ja huolellisella tutkimustietoon perustuvalla suunnittelulla. Kuvassa 93 on esimerkkiluontoisesti havainnollistettu, kuinka paikkatieto-ohjelman avulla voidaan luoda yksilöityjä kunnostussuunnitelmia. Suunnittelun kohteena oli kuvassa 91 esitetty Kansalan Myllyn alapuolella sijaitseva koski nro 67. Vastaavaa suunnittelua voitaisiin jatkaa myös muille koskikohteille.



Kuva 93. Luonnos koskipaikan kalataloudellisesta kunnostussuunnitelmasta, jota hyödynnettiin harjoitustyössä syksyllä 2019 (Taustakartta 1 : 20 000 © Maanmittauslaitos 2020).

7.2.2 Kustannukset

Taulukossa 65 on esitetty kustannusarviot Rauan- ja Aisusjoen 1-luokan koskikohteiden kunnostamisen kustannusrakenteesta. Laskenta perustuu vuonna 2019 ilmestyneeseen ohjeistukseen vesienhoidon toimenpiteiden suunnittelusta vuosille 2022 - 2027 (Vesien hoidon toimenpiteiden... 2019, 32). Ohjeistusta suositellaan käytettäväksi niissä tapauksissa, jolloin hankkeesta ei ole saatavilla aikaisempaa kustannuslaskelmaa tai alueellisen asiantuntijan tekemää kustannusarviota. Laskennassa ei oteta huomioon koskikohtaisia erityispiirteitä, kuten aikaisemmin tehtyjä koskikunnostuksia tai valmiina kohteilla esiintyviä käyttökelpoisia perkuumassoja.

Taulukko 65. Rauan- ja Aisusjoen 1-luokan koskikohteiden kunnostamisen kustannusarvio (Vesienhoidon toimenpiteiden suunnittelun... 2019, 32).

Kohde	Selvitys (km)	Suunnittelu (ha)	Toteutus (ha)	Käyttö ja ylläpito vuodessa	YHT:
	400,00 €	3 000,00 €	15 000,00 €	3 %	
Aisusjoki 38	120,00 €	1 440,00 €	7 200,00 €	216,00 €	8 760,00 €
Aisusjoki 40	181,20 €	1 950,00 €	9 750,00 €	292,50 €	11 881,20 €
Aisusjoki 41	96,40 €	1 170,00 €	5 850,00 €	175,50 €	7 116,40 €
Aisusjoki 24	202,00 €	1 860,00 €	9 300,00 €	279,00 €	11 362,00 €
Aisusjoki 9	274,00 €	1 350,00 €	6 750,00 €	202,50 €	8 374,00 €
Aisusjoki 1	331,60 €	1 530,00 €	7 650,00 €	229,50 €	9 511,60 €
Aisusjoki 20	70,40 €	600,00 €	3 000,00 €	90,00 €	3 670,40 €
Rauanjoki 67	68,00 €	1 230,00 €	6 150,00 €	184,50 €	7 448,00 €
Rauanjoki 54	120,00 €	1 110,00 €	5 550,00 €	166,50 €	6 780,00 €
Rauanjoki 55	70,40 €	720,00 €	3 600,00 €	108,00 €	4 390,40 €
Rauanjoki 61	76,80 €	2 070,00 €	5 400,00 €	162,00 €	7 546,80 €
Rauanjoki 65	108,00 €	1 200,00 €	6 000,00 €	180,00 €	7 308,00 €
Rauanjoki 53	87,60 €	1 140,00 €	5 700,00 €	171,00 €	6 927,60 €
Rauanjoki 62	120,40 €	1 110,00 €	5 550,00 €	166,50 €	6 780,40 €
Rauanjoki 77	108,80 €	3 240,00 €	16 200,00 €	486,00 €	19 548,80 €

Kokonaiskustannukset muodostuvat joen koskiosuuden pinta-alan ja pituuden mukaan. Suunnitteluohjeistuksen mukaan selvityksen hinnaksi muodostuu 400 € / jokikilometri. Suunnittelun osuus on 3 000 € hehtaarille ja varsinainen toteutus 15 000 € hehtaarille. Arvio sisältää konetyön sekä mahdolliset kunnostuksessa tarvittavat materiaalit, kuten kutosoran ja seulanperäkivet. Käyttö ja ylläpitokuluja kertyy vuosittain 3 % toteutuneista toteutuskustannuksista (Vesien hoidon toimenpiteiden... 2019, 32).

8 Pohdinta

8.1 Tutkimustavoitteiden täyttyminen

Työn tavoitteena oli kartoittaa ja selvittää toimeksiantajan ja muiden aiheesta kiinnostuneiden tahojen tiedoksi Rauanjoen vesistöalueen nykyinen tila sen hydrogis-morfologisiin, biologisiin ja veden fysikaalis-kemiallisiin ominaisuuksiin perustuen. Tavoitteena oli myös arvioida havaittujen syy-seuraussuhteiden kautta vesistöalueen kunnostustarvetta sekä koota yhteen olemassa olevaa aluetta koskevaa aiempaa selvitystietoa.

Työssä esitettyjen tulosten ja johtopäätösten arvioidaan vastaavan tutkimukselle asetettuihin tavoitteisiin niiden mukaisesti. Opinnäytteen tekijät tiedostivat mahdollisuuden entistäkin tarkempaan tarkasteluun ja kunnostussuunnitteluun muun muassa osavaluma-aluejaon ja kohdennettujen aluekohtaisten käyttötavoitteiden avulla. Kohdennettu tarkastelu olisi kuitenkin edellyttänyt tutkimustavoitteiden päivittämistä ja tarkentamista yhteistyössä työn toimeksiantajan kanssa. Tavoitteiden ajantasaistaminen olisi tapahtunut jo uutta tietämystä tuottaneiden tulosten perusteella. Tästä syystä rajanveto tutkimustavoitteiden tarkentamisen ja jatkotutkimusaiheiden välille pyrittiin vetämään tässä työssä saavutettuihin tuloksiin ja päätelmiin.

8.2 Kriittinen arviointi

Näytteenotossa ja laboratorioanalyysissä on mukailtu alalla vallitsevia standardeja ja käytänteitä. Vesinäytteenottoajankohdat, näytteenottopaikat, ja rekisteripöiminnat on pyritty valitsemaan niin, että ne edustavat mahdollisimman kattavasti tutkimusalueen nykyistä tilaa. Opiskelijatyönä hankittujen näytteiden tulosten havaittiin olevan varsin yhteneviä ympäristöhallinnon näytteenottotulosten kanssa. Tämä myös osaltaan lisää tutkimuksen luotettavuutta.

Opinnäytetyöprosessissa käytettävissä olevan ajan rajallisuuden takia valuma-aluerajauksessa on luottaminen pääosin paikkatietojärjestelmiin perustuvaan rajaukseen. Tutkimuksessa käytettävissä olleet resurssit eivät riittäneet valuma-alueiden vedenjakajien todentamiseen maastossa. Rajauksen ja sen perusteella tehtyjen laskelmien ja päätelmien voidaan kuitenkin suuruusluokkatasolla olettaa vastaavan todellisia mittasuhteita valuma-alueella. Paikkatietoanalyysillä toteutetun rajauksen todettiin myös vastaavan lähes täysin Suomen ympäristökeskuksen valuma-alueaineistoja.

Syy-seuraussuhteiden arviointi perustuu pääosin tehtyjen havaintojen ja tulosten suhteuttamiseen alalla esitettyihin teorioihin ja yleistäviin tutkimuksiin. Tutkimusalueella vallitsevia syy-seuraussuhteita voitaisiin tutkia vieläkin tarkemmin mahdollisissa jatkotutkimuksissa, esimerkiksi tilastollisin keinoin. Työn tuottama tiedollinen pohja loisi tällaiselle tutkimukselle erinomaisen perustan.

8.3 Oppimisprosessi ja haasteet

Oppimisprosessin kannalta haasteita on tuottanut alalla vallitseva jokseenkin repaleinen toimintaympäristö ja hajallaan oleva tutkimusaluetta koskeva tieto. Ennakko-oletamus Rauanjoen vesistöalueesta oli, ettei alueella olisi suoritettu merkittäviä aikaisempia toimenpiteitä ja selvityksiä. Opinnäytetyön edetessä Rauanjoen vesistöaluetta käsittelevää aineistoa karttui jatkuvasti lisää ja se muutti myös ennako-olettamusta vesistöalueesta. Tästä syystä tutkimuksen lähtöasetelmaa ja tutkimustavoitteita on jouduttu tarkentamaan prosessin edetessä.

Monessa tapauksessa maastotyöskentely ja aineistonhankinta tehtiin jo ennen tarkempaa perehtymistä alueeseen paikkatietoanalyysien avulla. Lisäksi työn tutkimustavoitteet eivät olleet vielä täysin kristallisoituneita kenttätutkimuksen alkamisaikana. Tästä syystä maastotyöskentely ei välttämättä tullut kohdennetuksi tehokkaimmalla mahdollisella tavalla palvelemaan opinnäytetyön tutkimustehtävien toteuttamista. Vastaavaa tutkimusmallia jatkossa sovellettaessa onkin perusteltua tehdä paikkatietoon perustuvat analyysit ja tutkimustavoitteiden määrittäminen jo varsin pitkälle ennen maastossa tapahtuvan aineistonhankinnan aloittamista tai tarkempia menetelmällisiä valintoja.

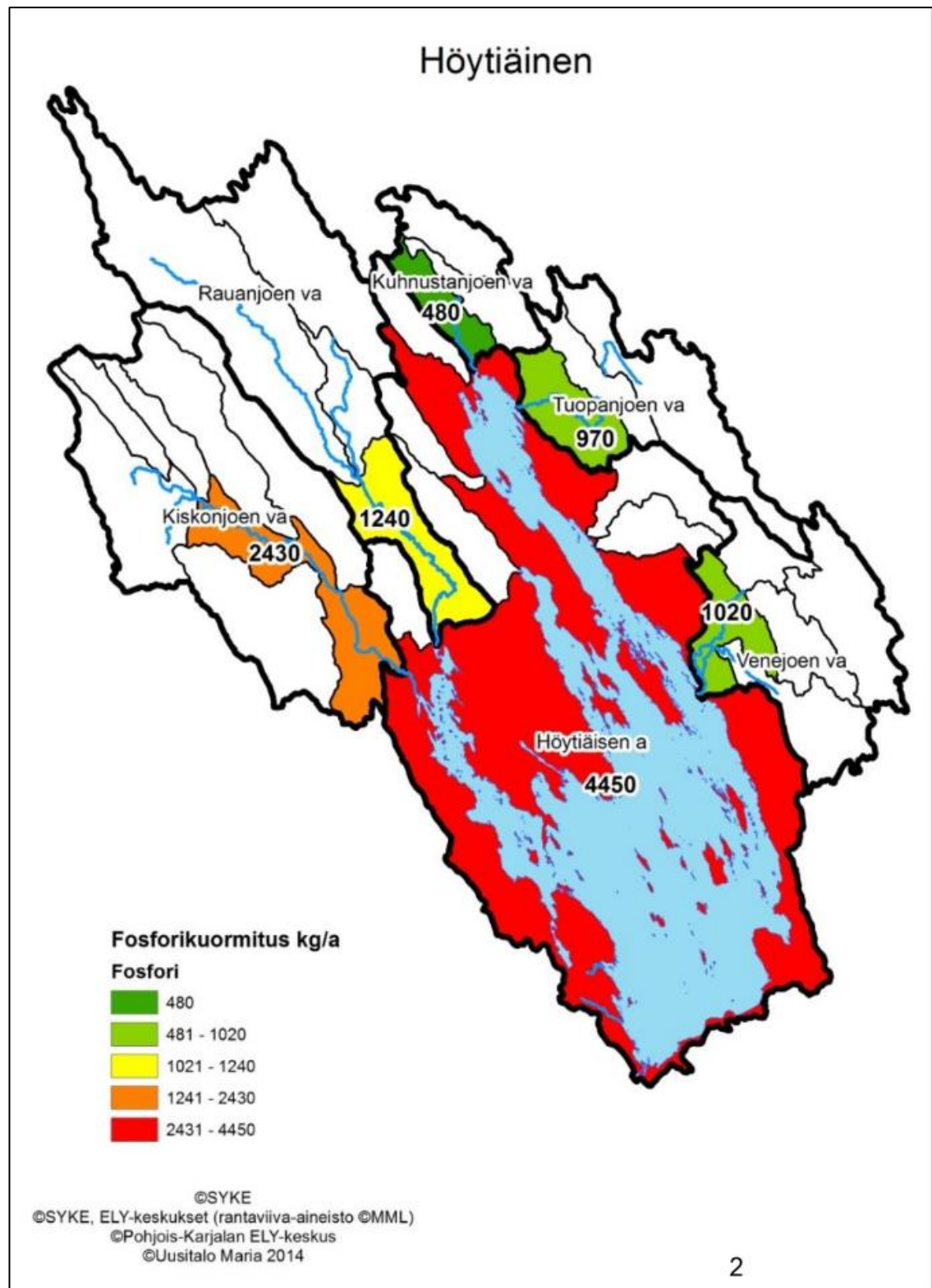
Työn tekeminen on harjaannuttanut tieteellisen lähdekirjallisuuden lukutaitoa ja kykyä tehdä luetusta muistiinpanoja sekä lähdekriittisiä arvioita. Toteuttamisvaiheessa on saatu arvokasta kokemusta erilaisten rekisterien hyödyntämisestä ja niistä poimitun datan yhdisteltävyydestä itse maastossa hankittuun aineistoon. Paikkatietojärjestelmien soveltaminen laajan kokonaisuuden hallinnassa osoittautui korvaamattomaksi voimavaraksi ja opinnäytettä tehdessä myös harjaannuttiin ennestään niiden käyttäjänä. Opinnäytteen alusta asti toteuttaminen on opettanut prosessinhallintataitoja, sidosryhmäyhteistyökykyä sekä syventänyt ymmärtäneisyyttä tieteellisten tutkielmien lainalaisuuksista. Työn kautta saavutetusta harjaantumisesta on varmasti hyötyä alalle työllistymisessä ja mahdollisissa jatko-opinnoissa.

Opinnäytetyöprosessi on vaatinut tekijöiltään valmiutta joustaa opinnäytetyölle asetusta kokonaistyömäärästä, joka on 30 opintopistettä. Työ on edellyttänyt myös sitoutumiskykyä pitkäkestoiseen, yli vuoden mittaiseen prosessiin, sääntelistä työskentelyä sekä yhdessä sovitun aikataulun luomista ja siitä kiinni pitämistä. Parityönä tehtävä opinnäytetyö edellyttää osapuoliltaan tiimityöskentelytaitoja, kommunikaatiokykyä sekä sopeutumista muuttuviin ja yllättäviinkin tilanteisiin. Kokonaisuudessaan työskentelyn voidaan arvioida onnistuneen kiitettävän arvoisesti.

8.4 Työn merkitys

Tehty selvitystyö on tiettävästi ensimmäinen ja ainoa Höytiäisen osavesistöaluetta koskeva opinnäytetyö, jossa kehitettyä toimintamallia voitaisiin myös soveltaa muille Höytiäisen osavaluma-alueille. Työssä on käsitelty sekä veteen painotettua ekologista kokonaiskuvaa että kalataloudellista näkökulmaa yhdessä. Yleensä alalla käytäntönä on ollut käsitellä kyseisiä kokonaisuuksia erillisinä, vaikka tarve yhtenäistetylle tarkastelulle on ilmeinen. Lukuisissa aihepiiriä käsittelevissä teoksissa mainitaan, että kalastoon keskittyvien habitaattikunnostusten ohella tulisi keskittyä myös valuma-alueelta tulevaan kuormitukseen ja veden laadulliseen riittävyyteen unohtamatta muita valuma-aluekohtaisia erityispiirteitä. Tähän tarpeeseen on pyritty vastaamaan toteuttamalla ekologista kokonaiskuvaa esiin nostava pohjatutkimus.

Työn tuottamia tuloksia on mahdollista suhteuttaa ja soveltaa myös laajempaan, Höytiäistä koskevaan tilatarkkailuun ja siihen liittyviin selvityksiin. Esimerkiksi tulosten perusteella Rauanjoen koko vesistöalueen tuottama fosforikuormitus muodostaisi noin 17 % Höytiäiseen tulevasta kokonaiskuormasta, jos sen suuruus suhteutettaisiin Pohjois-Karjalan ELY-keskuksen vuonna 2018 tekemään kuormitusarvioon (Mononen 2018, 2). Opinnäytteestä voi siten olla hyötyä myös Höytiäistä käsittelevän kokonaisuuden hallinnassa. (Kuva 94.)



Kuva 94. Höytiäiseen osavalmu-alueittain kohdistuva kokonaisfosforikuormitus (Mononen 2018, 2)

8.5 Jatkoimenpiteet ja -tutkimukset

Keskeisimmäksi jatkotoimenpiteeksi suositellaan Rauanjoen vesistöaluetta koskevan tavoiteohjelman laatimista. Ohjelmaan suositellaan sisällytettäväksi alueen käyttöä ja hoitoa koskevat tavoitteet sekä keinot asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi. Tavoitteiden saavuttamisen seuranta varten kannattaa määrittää selkeät ja yksiselitteiset mittarit. Tavoiteohjelman laadinnan taustalla voidaan käyttää opinnäytetyön tuottamia tuloksia ja suhteuttaa niitä sidosryhmäyhteistyön kautta kumpuavien tarpeiden kanssa. Valmis ohjelma koordinoisi alueella tapahtuvaa toimintaa yhdessä viranomaisvaatimusten ja lainsäädännön kanssa.

Ennen mahdollisia kalataloudellisia virtavesikunnostuksia olisi hyvä varmistaa kokeellisesti elinympäristön laadullinen riittävyys vaelluskalojen mädin kehittymiselle mädinhaudontakokeella. Tällöin voitaisiin sulkea pois veden määrän ja laadun riittävyys sekä jokijatkumon läpi kulkevien ainevirtojen kielteinen vaikutus mädin kehittymiselle ja kalapopulaation lisääntymiselle. Lisäksi olisi syytä selvittää lohikalojen poikastiheydet kattavasti ainakin 1-luokan koskikohteilta tai niiltä kohteilta, joihin mahdolliset virtavesikunnostukset tultaisiin kohdistamaan.

Selvitysten yhteydessä tai viimeistään siinä vaiheessa, jos taimenen istutuksia pohditaan, olisi olennaista selvittää myös alueella esiintyvän taimenpopulaation geneettinen perimä. Vaikka istutuksilla pyritään populaation vahvistamiseen, voivat ne tahattomasti johtaa mahdollisen geneettisesti eriytyneen alkuperäiskannan häviämiseen. Kunnostusten jälkeen seuranta tulisi jatkaa säännöllisesti vertailemalla sen tuloksia ennen kunnostuksia havaittuihin taimentiheyksiin; näin voitaisiin arvioida kunnostusten vaikutusta taimenen elinvoimaisuuteen alueella.

Vesistöihin, etenkin virtavesiekosysteemeihin kohdistuva tutkimus kehittyy jatkuvasti niin teoreettisella kuin käytännönkin tasolla. Tutkimusjärjestelyjen mielekkääseen toteuttamiseen edellytetään laaja-alaista perehtyneisyyttä kohteena olevaan alueeseen. Tässä työssä tuotettu, käsitelty ja analysoitu monipuolinen alue ja sen osia koskeva ominaisuustieto tarjoaisi virtavesien habitaatteihin, eliöstöön sekä kuormitustekijöihin kohdistuvalle tarkemmalle tutkimustoiminnalle helposti lähestyttävän alustan.

8.6 Lopuksi

Perusteellisen tutkimustyön toteuttaminen ei olisi onnistunut ilman sen taustalla vaikuttanutta tukea. Erityiset kiitokset kuuluvat työn ohjaajalle, lehtori ja limnologi Tarmo Tossavaiselle arvokkaista neuvoista ja koko opintojen aikaisesta mento-roinnista. Kiitämme myös työn toimeksiantajaa Pro Höytiäistä mielenkiintoisen ja ajankohtaisen tutkimusaiheen tarjoamisesta sekä hyvin sujuneesta yhteistyöstä koko työprosessin ajalta.

Kiitokset kuuluvat myös BIYNS18-opiskelijaryhmälle suuresta työpanoksesta osana maastossa tapahtunutta tutkimusaineiston hankintaa. Viimeisimpänä, mutta ei vähäisimpänä tahdotaan lausua kiitokset kaikille apuaan tarjonneille paikallisille ihmisille, paikallisyhteisöille sekä vesistöasioiden ympärillä työskenteleville toimijoille. On ollut äärimmäisen myönteistä havaita, että opinnäyte herättää mielenkiintoa ja koetaan merkittäväksi usealla yhteiskunnan tasolla.

Lähteet

- Alaja, H. 2020. Henkilökohtainen tiedonanto. Helmikuu 2020.
- Aroviita, J., Mitikka, S. & Vienonen, S. 2019. Pintavesien tilan luokittelu ja arviointiperusteet vesienhoidon kolmannella kaudella. Suomen ympäristökeskus. <http://hdl.handle.net/10138/306745>. 12.1.2020.
- Avoimien aineistojen tiedostopalvelu. 2020. Maanmittauslaitos. <https://tiedostopalvelu.maanmittauslaitos.fi/tp/kartta>.
- Avoin tieto -palvelu. 2020. Suomen ympäristökeskus.
- Creative Commons. 2020. Nimeä 4.0 Kansainvälinen (CC BY 4.0). <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.fi>. 8.4.2020.
- Ekholm, M. 1993. Suomen vesistöalueet. Vesi- ja ympäristöhallitus. <http://hdl.handle.net/10138/166681>. 5.3.2020.
- Eloranta, A. 2010. Virtavesien kunnostus. Helsinki: Kalatalouden keskusliitto.
- Forsberg, C. & Ryding, S.-O. 1980. Eutrophication parameters and trophic state indices in 30 swedish waste-receiving lakes. National swedish environmental protection board. Archiv fur Hydrobiologie.
- Frisk, T. 1978. Järvien fosforimallit. Vesihallitus—national board of waters, Finland. <https://core.ac.uk/download/pdf/33732973.pdf>. 5.2.2020.
- Geologian tutkimuskeskus. 2020. Hakku – portti geologiseen tietoon. <https://hakku.gtk.fi/>. 12.1.2020.
- Granberg, K. 2004. Arvio eräiden Keski- ja Väli-Suomen järvien tuotantotyypistä ja kuormitussiedosta. <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/134580/KSUmon%2050.pdf?sequence=8>. 15.1.2020.
- Hadzic, M. 2018. Happamat sulfaattimaat ja niiden tunnistaminen. Suomen ympäristökeskus. Diasarja. Vesistökuunnostusverkoston vuosiseminaari 2018. <https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B941CBDAE-EE4D-4C18-A1C1-FD9C55753983%7D/138411>. 14.2.2020.
- JUHTA - Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta. 2014. JHS 189 Avoimen tietoaineiston käyttöluupa. <http://docs.jhs-suositukset.fi/jhs-suositukset/JHS189/JHS189.pdf>. 5.4.2020.
- Järvenpää, L. 2004. Tavoitetilan määrittäminen virtavesikunnostuksissa – esimerkkinä Nuuksion Myllypuro. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. Kalastuslaki 379/2015.
- Karhio, K. 2019. Henkilökohtainen tiedoksianto. Maaliskuu 2019.
- Karjalainen, L. 2010. Tilastotieteen perusteet. 1. painos. Keuruu: Pii-kirjat.
- Kettunen, I., Mäkelä, A. & Heinonen, P. 2008. Vesistötietoa näytteenottajalle. Suomen ympäristökeskus. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38813/YO_2008_Vesist%c3%b6tietoa.pdf?sequence=5&isAllowed=y. 19.2.2020.
- Kilpinen, K. 1988. Kalaveden hoito – opas kalastuskuntia varten. Kalatalouden keskusliitto. Tulostettu moniste.
- Kivinen, J. 2019. Taimenen kutusoraikot ja pienpoikasalueet sekä katsaus koskikunnostuksiin. Diasarja. Purokunnostusseminaari Varkaudessa 7.9.2019.
- Koikkalainen, A. 2004. Raportti Aisusjoen kalataloudellisesta kunnostuksesta syksyllä 2004. Pohjois-Karjalan ELY-keskus. Julkaisematon. Luovuttanut vesitalousasiantuntija Helena Haakana 4.3.2019.

- Koikkalainen, A. 2005. Raportti Rauanjoen kalataloudellisesta kunnostuksesta syksyllä 2005. Pohjois-Karjalan ELY-keskus. Julkaisematon. Luovut-
tanut vesitalousasiantuntija Helena Haakana 4.3.2019.
- Korhonen, J. & Haavalammi, E. 2012. Hydrologinen vuosikirja 2006-2010. Suo-
men ympäristökeskus. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/38812>.
23.2.2020.
- Kotanen, J. 2005. Metsätalouden vaikutuksia pienten valuma-alueiden ominais-
piirteisiin ja purojen veden laatuun – esimerkkeinä Mujejärven alueen
purot Nurmeksessa. Joensuu: Pohjois-Karjalan ympäristökeskus.
- Kukkonen, M., Hassinen, A., Holopainen, A.-L., Hynynen, J., Kekäläinen, J.,
Leppä, M., Niinioja, R., Nykänen, J., Viljanen, M. & Luotonen, H.
2007. Metsäjärvien tila ja tulevaisuus–Pohjois-Karjalan vesistöjen ti-
lan parantaminen. Joensuu: Pohjois-Karjalan ympäristökeskus.
- Leppäranta, L., Virta, J. & Huttula, T. 2017. Hydrologian perusteet. Helsingin yli-
opisto. Suomen ympäristökeskus. Helsinki. [https://helda.hel-
sinki.fi/bitstream/handle/10138/241220/Hydrologian%20perus-
teet.pdf?sequence=12&isAllowed=y](https://helda.hel-
sinki.fi/bitstream/handle/10138/241220/Hydrologian%20perus-
teet.pdf?sequence=12&isAllowed=y). 14.2.2020.
- Lyytikäinen, V. & Vuori, K.-M. 2002. Näkinsammalten siirtoistutus metsäpurojen
ekologisen kunnostuksen menetelmänä. Joensuu: Pohjois-Karjalan
ympäristökeskus.
- Lähteenmäki, A. 2013. Metsäojitus. Suomen metsäkeskus. Diasarja.
[http://www.pirkanmaanmetsat.fi/wp-con-
tent/uploads/2013/08/Mets%C3%A4nparannusty%C3%B6t-
mets%C3%A4ojitus-ilman-kuvia.pdf](http://www.pirkanmaanmetsat.fi/wp-con-
tent/uploads/2013/08/Mets%C3%A4nparannusty%C3%B6t-
mets%C3%A4ojitus-ilman-kuvia.pdf). 1.3.2020.
- Maa- ja metsätalousministeriö. 2020. Vaelluskalat. <https://mmm.fi/vaelluskalat>.
29.3.2020.
- Mellin, I. 2006. Tilastolliset menetelmät: Lineaarinen regressioanalyysi.
<https://math.aalto.fi/opetus/sovtoda/oppikirja/Regranal.pdf>.
15.4.2020.
- Mononen, P. 2018. Höytiäisen nykytila ja tulevaisuus. Pohjois-Karjalan ELY-
keskus. Diasarja. [https://docplayer.fi/153425858-Hoytiaisen-nykytila-
ja-tulevaisuus.html](https://docplayer.fi/153425858-Hoytiaisen-nykytila-
ja-tulevaisuus.html). 18.4.2020.
- Mononen, P., Käki, T., Ranta, P. & Rämö, A. 2016. Pohjois-Karjalan vesienhoi-
don toimenpideohjelma vuosille 2016 – 2021. Elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskus. [https://www.doria.fi/bitstream/han-
dle/10024/120333/Raportteja_5_2016.pdf?sequence=2&isAllo-
wed=y](https://www.doria.fi/bitstream/han-
dle/10024/120333/Raportteja_5_2016.pdf?sequence=2&isAllo-
wed=y). 29.1.2020.
- Olsen, L.-H. 2000. Vesikirppu ja sudenkorento – makean veden eläimiä. Hel-
sinki: WSOY.
- Oravainen, R. 1999. Vesistötulosten tulkinta -opasvihkonen. Kokemäenjoen ve-
sistön vesiensuojeluyhdistys ry. [https://kvvy.fi/wp-con-
tent/uploads/2015/10/opasvihkonen.pdf](https://kvvy.fi/wp-con-
tent/uploads/2015/10/opasvihkonen.pdf). 12.1.2020.
- Orell, P. Tutkimuksia ja arvioita kalatien sijainnin määrittämiseksi. Riista- ja ka-
latalouden tutkimuslaitos. Diasarja. [https://www.ymparisto.fi/down-
load/noname/%7BD6E40F40-9F8B-444E-B7F7-
5F4B4FF1AA69%7D/97021](https://www.ymparisto.fi/down-
load/noname/%7BD6E40F40-9F8B-444E-B7F7-
5F4B4FF1AA69%7D/97021). 25.3.2020.
- Penttinen, K. & Niinimäki, J. 2010. Vesiensuojelun perusteet ja vesistöjen kun-
nostus. Helsinki: Opetushallitus.
- Piironen, J. 2018. Ala-Koitajoki, Pielisjoki ja Lieksanjoki – järvilohen ja taimenen
elinympäristöjen palauttamishankkeet. Diasarja. Purokunnostussemi-
naari Lieksassa 7.9.2018.

- Pihlatie, M., Vesajoki, H., Lappalainen, A., Hottola, P. & Porter, S. 2009. Lake Höytiäinen - 150 vuotta järvenlaskusta. Jyväskylä: Gummerus.
- Pro Höytiäinen ry. 2020. Toimintasuunnitelma ja talousarvio 2020. <http://www.prohoytiainen.fi/images/toimintakertomukset/2020/ToSu-JAbudjetti2020.pdf>. 3.4.2020.
- Raassina, J. & Leppänen, J. 2016. Karttaselitteet Höytiäisen pohjoisosien maatalousvaltaisten alueiden yleissuunnitelmaan. OTSO Metsäpalvelut Oy. Julkaisematon. Luovuttanut vesitalousasiantuntija Helena Haakana 4.3.2019.
- Rouvinen, J. 2002. Aisus- ja Rauanjoen kalataloudellinen kunnostussuunnitelma. Pohjois-Karjalan ELY-keskus. Skannattu kopio. Luovuttanut vesitalousasiantuntija Helena Haakana 4.3.2019.
- Ruovikon vesileikkuu. 2014. Suomen ympäristökeskus. https://www.ymparisto.fi/fi-FI/VELHO/Vesi_ ja_rantaalueiden_hoito/Ruovikon_ vesileikkuu. 1.3.2020.
- Seppänen, H. 1985. Sovellettu limnologia II. Espoo: Otakustantamo.
- Suomen ympäristökeskuksen sähkökoekalastusrekisteri. Poimittu 10.2.2019.
- Suomen ympäristökeskus. 2011. Tulvariskien alustava arviointi – Vuoksen vesistöalue. <https://www.ymparisto.fi/download/hostname/%7B29EA8F5C-CC55-4BF5-B341-37F1831058B8%7D/45201>. 25.3.2020.
- Suomen ympäristökeskus. 2019a. Pohjaeläimet. https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesistöjen_kunnostus/Virtavesien_kunnostus/Virtavesikosysteemi/Pohjaeläimet. 12.2.2020.
- Suomen ympäristökeskus. 2019b. Järven ulkoisen kuormituksen vähentäminen. https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesistöjen_kunnostus/Jarvien_kunnostus/Kunnostusmenetmat/Ulkoisen_kuormituksen_vahentaminen. 19.2.2020.
- Suomen ympäristökeskus. 2019c. Virtavesien kunnostus. https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesistöjen_kunnostus/Virtavesien_kunnostus. 29.3.2020.
- Suomen ympäristökeskus. 2020. VALUE–valuma-alueen rajaustyökalu. <http://paikkatieto.ymparisto.fi/value/>. 3.1.2020.
- Sutela, T., Vuori, V.-M., Luohi, P., Hovila, K., Jokela, S., Karjalainen, S.-M., Keinänen, M., Rask, M., Teppo, A., Urho, L., Vehanen, T., Vuorinen, P.-J. & Österholm, P. 2012. Happamien sulfaattimaiden aiheuttamat vesistövaikutukset ja kalakuolemat Suomessa. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38771/SY_14_12_Happamat_sulfaattimaat.pdf?sequence=1&isAllowed=y. 16.2.2020.
- Syrjänen, J. 2018. Näkemyksiä ja kokemuksia virtavesien uomakunnostuksista. Jyväskylän yliopisto ja Konneveden kalatutkimus ry. Diasarja. Purokunnostusseminaari Lieksassa 7.9.2018.
- Särkkä, J. 1996. Järvet ja ympäristö - limnologian perusteet. Tampere: Gaudeamus.
- Tattari, S., Puustinen, M., Koskiahho, J., Röman, E. & Riihimäki, J. 2015. Vesistöjen ravinnekuormituksen lähteet ja vähentämismahdollisuudet. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 35. Suomen ympäristökeskus. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/159464/SY-KEra_35_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y. 19.2.2020.

- Tossavainen, T. 2019. Lehtori. Vesitalouden luentomoniste. Karelia-ammattikorkeakoulu.
- Tossavainen, T. 2020. Henkilökohtainen tiedoksianto. Toukokuu 2020.
- Turunen, J., Marttila, H., Kämäri, M., Saari, M., Heikkinen, K., Postila, H. & Koljonen, S. 2019. Kiintoaineen eroosio ja sedimentaatio virtavesissä - luonnollisesta prosessista virtavesien ongelmaksi. Suomen ympäristökeskus. <http://hdl.handle.net/10138/306978>. 29.12.2019.
- Ulvi, T. & Lakso, E. 2005. Järvien kunnostus. Helsinki: Edita Publishing Oy.
- Vahtera, E. & Lukkari, K. 2015. Pääkaupunkiseudun merenpohjien tila ja fosforin sisäinen kuormitus. Helsingin Kaupunki. <https://www.hel.fi/static/ympk/julkaisut/julkaisu-07-15.pdf>. 20.2.2020.
- Valtioneuvoston asetus vesienhoidon järjestämisestä 1040/2006.
- Vapo. 2012. Tietoa humuksesta. <https://www.vapo.com/turvetuotantoavastuullisesti/ymparistokoulutus-ja-tiedotus/tietoa-humuksesta>. 16.1.2020.
- Vesien suojelun tavoiteohjelma vuoteen 2005 – Vesistökohtaisen tarkastelun periaatteet ja yleiset lähtökohdat kuormitusala-kohtaiselle tarkastelulle. 1994. Luonnos 26.1.1994
- Vesienhoidon toimenpiteiden suunnittelun ohjeistus vuosille 2022-2027 - Vesirakentaminen, säännöstely ja vesistökuunnostukset. 2019. Vesirakentaminen, säännöstely ja vesistökuunnostukset -tiimin loppuraportti. Luonnos 25.10.2019
- Vuori, K.-M., Bäck, S., Hellsten, S., Karjalainen, S.-M., Kauppila, P., Lax, H.-G., Lepistö, L., Londesborough, S., Mitikka, S., Niemelä, P., Niemi, J., Perus, J., Pietiläinen, O.-P., Pilke, A., Riihimäki, J., Rissanen, J., Tammi, J., Tolonen, K., Vehanen, T., Vuoristo, H. & Westberg, V. 2006. Suomen pintavesien tyypittelyn ja ekologisen luokittelujärjestelmän perusteet. Helsinki: Suomen ympäristökeskus.
- Vuori, K.-M., Mitikka, S. & Vuoristo, H. 2009. Pintavesien ekologisen tilan luokittelu. Ympäristöhallinnon ohjeita 3. Suomen ympäristökeskus. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/41785/OH_3_2009.pdf?sequence=1. 20.4.2020.
- Ympäristöhallinnon tietojärjestelmä Hertta. 2020. Suomen ympäristökeskus.

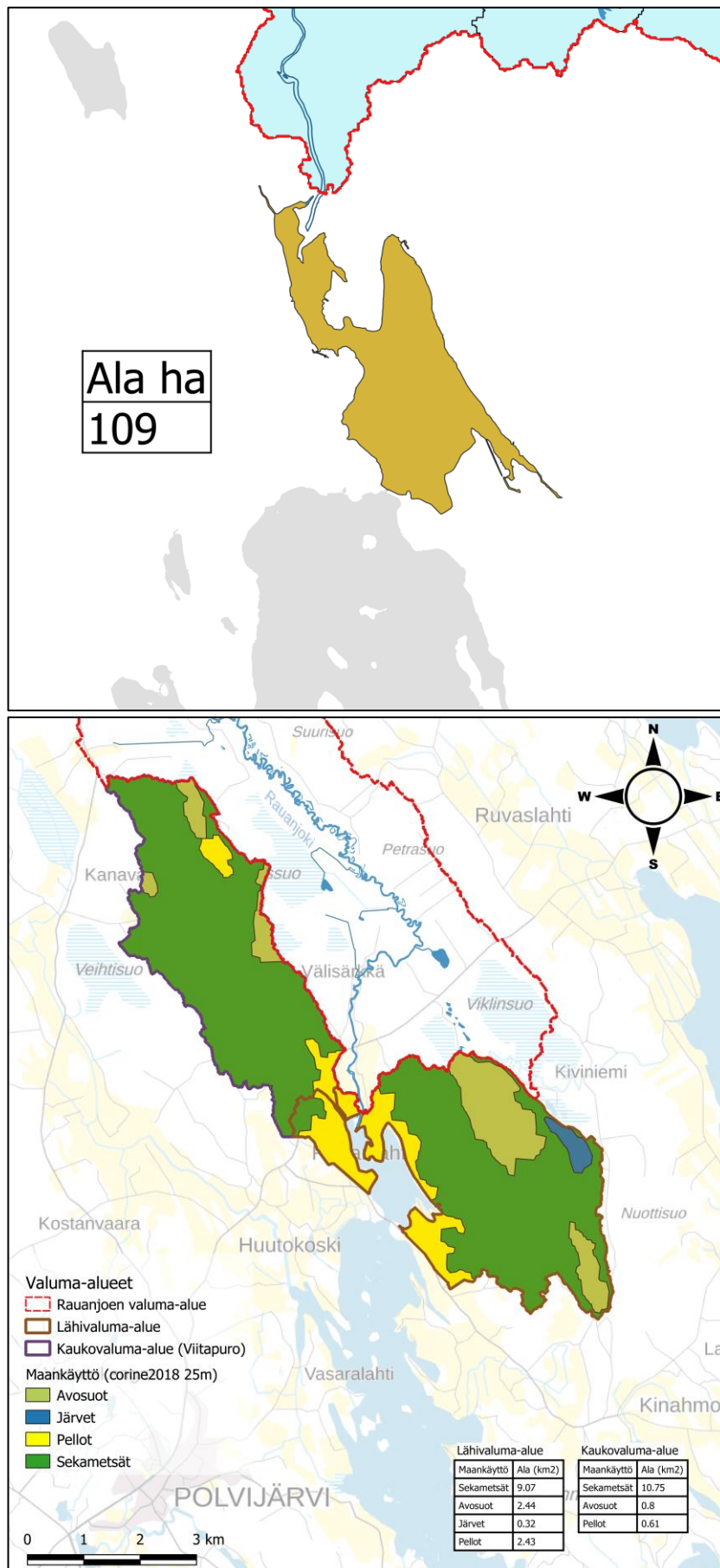
Vedenlaadun havaintopaikat

Kohde	Koordinaatit (ETRS-35FIN)	
	P	I
Rauanjärvi luusua	6996290	618101
Aisus luusua	7000969	607272
Ala-Aisus luusua	6997146	613251
Aisusjoki Kansala	6988051	619462
Rauanjoki Kansala	6988188	619501
Kansala silta	6988084	619570
Rauanjoki 2	6979581	624007
Korpikari	6981015	624074
Tiaskankaansuon oja	6981649	624791
Aitalammenpuro	6981385	625133
Petrasuo oja	6983371	624103
Kangaslammenpuro	6986128	621279
Valkialammenpuro	6986518	620662
Saarilammenpuro	6987940	619682
Kivipuro	6991056	619108
Hiispuro	6999598	611608
Löpösuon oja	6999390	609203
Juurikkapuro	6994832	614478
Tervakankaanpuro	6994407	614459
Iso Keyritinpuro	6991506	616972
Ritapuro	6990688	617314
Ruunanpyörre laskeva	6985289	621471
Rinnekankaan oja	6986068	620273
Matarapuro	6997856	614201
Petrasuo 2	6981840	625235
Petrasuo 1	6982382	624720
Petrasuo 3	6982892	624024
Rauanjoki Petrasuo	6983368	624102
Polvisuontien silta	6993896	619039
Myllykosken puro	6993801	618817
Myllysuon koski	6992857	618633
Myllysuon puro	6992933	618619
Myllylammen puro	6993189	618856
Laita-ahon oja	6993819	619082
Kiviuronmaenpuro	7000950	607434
Multisuonoja	7000778	607610
Multisuonkoski	7000589	608045
Rauanlahti 1	6976661	624743
Rauanlahti 3	6976974	625168
Rauanlahti 7	6976886	624533
Rauanlahti 8	6977302	624543
Rauanlahti 9	6977479	624784
Rauanlahti 11	6977490	624348

Pohjaeläimistön havaintopaikat

Kohde	Koordinaatit (ETRS-35FIN)	
	P	I
Myllykoski	6993603	618872
Multisuonkoski	7000596	608047
Rauanlahti 1	6976661	624743
Rauanlahti 3	6976974	625168
Rauanlahti 7	6976886	624533
Rauanlahti 8	6977302	624543
Rauanlahti 9	6977479	624784
Rauanlahti 11	6977490	624348

Rauanlahden paikkatietoanalyysit



Laskennan välivaiheet

Lähtötiedot

Rauanjoki

Rauanjoen keskivirtaama	3,26	m ³ /s
Rauanjoen va järvisyys	3,6	%
Rauanjoen vesistöalueen ala	223	km ²
Rauanjoen valuma-alueen pinta-ala	213	km ²

Korhonen & Haavalampi 2012, 90
Ekholm 1993, 29
Ekholm 1993, 29
Taulukko 20; kuva 27

Rauanlahti

Rauanlahden osavaluma-alueen pinta-ala	26,41	km ²
Rauanlahden keskisyvyys	2	m
Rauanlahden vesipinta-ala	109	ha
Vesitilavuus	2180000	m ³

Liite 3
Luotaus
Liite 3
Laskettu

Rauanlahden maankäytön jakaantuminen

Metsätalous (lähi va)	9,07	km ²
Maatalous (lähi va)	2,43	km ²
Metsätalous (kauko va)	10,75	km ²
Maatalous (kauko va)	0,61	km ²
Rauanlahden lähi va	14,26	km ²
Rauanlahden kauko va (viitapuro)	12,15	km ²

Liite 3
Liite 3
Liite 3
Liite 3

Liite 3
Liite 3

Rauanjärvi

Rauanjärven osavaluma-alueen pinta-ala	55,28	km ²
Rauanjärven keskisyvyys	3,08	m
Rauanjärven vesipinta-ala	422,74	ha
Vesitilavuus	13031800	m ³

Taulukko 20
Hertta 2020
Hertta 2020
Hertta 2020

Rauanjoen vesistöalueen vuosikeskivaluma (luku 6.1.1; kaava 2)

$$\begin{aligned} \rightarrow M_q (\text{Rauanjoki}) &= MQ_{1990-2010} (\text{Rauanjoki}) / A_{\text{valuma-alue}} (\text{Rauanjoki}) \\ \rightarrow M_q (\text{Rauanjoki}) &= 3,26 \text{ m}^3/\text{s} / 213 \text{ km}^2 = \underline{0,015305 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2} \end{aligned}$$

Rauanlahden vuosikeskivirtaama (luku 6.7.3; kaava 2)

$$\begin{aligned} A_{\text{Valuma}} (\text{Rauanlahti}) &= A_{\text{Valuma}} (\text{Rauanjoki va}) + A_{\text{Valuma}} (\text{Rauanlahden lähi}) + A_{\text{Valuma}} (\text{Rauanlahden kauko}) \\ &= 213 \text{ km}^2 + 14,26 \text{ km}^2 + 12,15 \text{ km}^2 = 239,41 \text{ km}^2 \sim 239 \text{ km}^2 \\ \rightarrow MQ_{\text{Rauanlahti}} &= M_q (\text{Rauanjoki}) * A_{\text{Valuma}} (\text{Rauanlahti}) \\ &= 0,015305 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2 * 239,41 \text{ km}^2 = \underline{3,664209 \text{ m}^3/\text{s}} \end{aligned}$$

Teoreettiset viipymät (luvat 6.1.1 ja 6.1.2; kaava 4)

Rauanlahti

$$\begin{aligned} T_{\text{Rauanlahti}} &= V_{\text{Rauanlahti}} / MQ_{\text{Rauanlahti}} \\ &= 2180000 \text{ m}^3 / 3,664209 \text{ m}^3/\text{s} \\ &= 594944,2 \text{ s} = \underline{6,885928 \text{ d}} = \underline{0,229531 \text{ kk}} \end{aligned}$$

Rauanjärvi

$$\begin{aligned} MQ_{\text{Rauanjärvi tuleva}} &= M_q (\text{Rauanjoki}) * A_{\text{valuma}} (\text{Rauanjärvi}) \\ &= 0,015305 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2 * 55,28 \text{ km}^2 = \underline{0,846069 \text{ m}^3/\text{s}} \\ T_{\text{Rauanjärvi}} &= V_{\text{Rauanjärvi}} / MQ_{\text{Rauanjärvi tuleva}} \\ &= 13031800 \text{ m}^3 / 0,846069 \text{ m}^3/\text{s} \\ &= 15402754 \text{ s} = \underline{178,2726 \text{ d}} = \underline{5,94242 \text{ kk}} \end{aligned}$$

Ainevirtaamat (luku 6.7; kaava 3)**Fosforin ja typen nykyinen (1976–2017) vuosikuorma Rauanjoen vesistöalueelta Rauanlahteen**

$$C_{\text{aritm. keskiarvo 1976–2017}} = 15,73125 \text{ ug/l Kok. P}$$

$$C_{\text{aritm. keskiarvo 1976–2017}} = 514,6667 \text{ ug/l Kok. N}$$

$$\begin{aligned} I_{\text{Kok P (Rauanjoki)}} &= C_{\text{aritm. keskiarvo 1976–2017}} \times MQ_{1990-2010 \text{ (Rauanjoki)}} \\ &= (15,73125 \text{ ug/l Kok. P} \times 1000000) \times (3,26 \text{ m}^3/\text{s} \times 3600 \times 24 \times 365) \\ &= \underline{1617,288 \text{ kg/a}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{\text{Kok N (Rauanjoki)}} &= C_{\text{aritm. keskiarvo 1976–2017}} \times MQ_{1990-2010 \text{ (Rauanjoki)}} \\ &= (514,6667 \text{ ug/l Kok. N} \times 1000000) \times (3,26 \text{ m}^3/\text{s} \times 3600 \times 24 \times 365) \\ &= \underline{52911,52 \text{ kg/a}} \end{aligned}$$

Fosforin ja typen arvioitu luonnonhuuhtouma Rauanjoen vesistöalueelta Rauanlahteen

$$\text{Fosforin luonnonhuuhtouma} = 0,05 \text{ kg/ha/a}$$

$$\text{Typen luonnonhuuhtouma} = 1,3 \text{ kg/ha/a}$$

$$\begin{aligned} \text{Fosforin luonnonhuuhtoumasta aiheutuva kuorma} &= \text{luonnonhuuhtouma} \times A_{\text{Valuma (Rauanjoki)}} \\ &= 0,05 \text{ kg/ha/a} \times 100 \times 213 \text{ km}^2 \\ &= \underline{1065 \text{ kg/a}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Typen luonnonhuuhtoumasta aiheutuva kuorma} &= \text{luonnonhuuhtouma} \times A_{\text{Valuma (Rauanjoki)}} \\ &= 1,3 \text{ kg/ha/a} \times 100 \times 213 \text{ km}^2 \\ &= \underline{27690 \text{ kg/a}} \end{aligned}$$

Fosforin nykyinen vuosikuorma Rauanlahden lähi- ja kaukovaluma-alueelta Rauanlahteen

$$\text{Fosforin luonnonhuuhtouma} = 0,05 \text{ kg/ha/a} = 5 \text{ kg/km}^2/\text{a}$$

$$\text{Fosforin huuhtouma metsätalousmaalta} = 0,05 \text{ kg/ha/a} = 5 \text{ kg/km}^2/\text{a}$$

$$\text{Fosforin huuhtouma maatalousmaalta} = 1,1 \text{ kg/ha/a} = 110 \text{ kg/km}^2/\text{a}$$

Teoreettinen pidättyminen kaukovaluma-alueelle (lammet) = 0,66 % (Vesien suojelun tavoiteohjelma ... 1994, 15)

Lähivaluma-alue:

$$\text{Metsätalous} = (5 \text{ kg/km}^2/\text{a} + 5 \text{ kg/km}^2/\text{a}) \times 9,07 \text{ km}^2 = 90,7 \text{ kg Kok. P/a}$$

$$\text{Maatalous} = (5 \text{ kg/km}^2/\text{a} + 110 \text{ kg/km}^2/\text{a}) \times 2,43 \text{ km}^2 = 279,4 \text{ kg Kok. P/a}$$

$$\text{Yhteensä} = 370,15 \text{ kg Kok. P/a}$$

Kaukovaluma-alue:

$$\text{Metsätalous} = (5 \text{ kg/km}^2/\text{a} + 5 \text{ kg/km}^2/\text{a}) \times 10,75 \text{ km}^2 = 107,5 \text{ kg Kok. P/a}$$

$$\text{Maatalous} = (5 \text{ kg/km}^2/\text{a} + 110 \text{ kg/km}^2/\text{a}) \times 0,61 \text{ km}^2 = 70,15 \text{ kg Kok. P/a}$$

$$\text{Yhteensä} = 177,65 \text{ kg/a} \rightarrow \text{kaukovaluma-alueen lampiin pidättyy 66 \%}$$

$$\rightarrow \text{Rauanlahteen päätyy } (1 - 0,66) 177,65 \text{ kg/a} = \underline{60,401 \text{ kg Kok. P/a}}$$

Kuorma Rauanlahteen yhteensä:

$$= 370,15 \text{ kg Kok. P/a} + 60,401 \text{ kg Kok. P/a} = \underline{430,551 \text{ kg Kok. P/a}}$$

Fosforin arvioitu luonnonhuuhtouma Rauanlahden lähi- ja kaukovaluma-alueelta Rauanlahteen

Fosforin luonnonhuuhtouma = 0,05 kg/ha/a

Teoreettinen pidättyminen kaukovaluma-alueelle (lammet) = 0,66 % (Vesien suojelun tavoiteohjelma ... 1994, 15)

Lähivaluma-alue:

Luonnonhuuhtouma = $5 \text{ kg/km}^2/\text{a} \times 14,26 \text{ km}^2 = 71,3 \text{ kg Kok. P/a}$

Yhteensä = 71,3 kg Kok. P/a

Kaukovaluma-alue:

Luonnonhuuhtouma = $5 \text{ kg/km}^2/\text{a} \times 12,15 \text{ km}^2 = 60,75 \text{ kg Kok. P/a}$

Yhteensä = 60,75 kg/a -> kaukovaluma-alueen lampiin pidättyy 66 %

-> Rauanlahteen päätyy $(1 - 0,66) \times 60,75 \text{ kg/a} = 20,655 \text{ kg Kok. P/a}$

Kuorma Rauanlahteen yhteensä:

= $71,3 \text{ kg Kok. P/a} + 20,655 \text{ kg Kok. P/a} = \underline{91,955 \text{ kg Kok. P/a}}$

Fosforin arvioitu ilmalaskeuma Rauanlahden vesipinnalle

Fosforin ilmalaskeuma = 0,1 kg/ha/a

Fosforin vuotuinen ilmalaskeuma Rauanlahden vesipinnalle

= $0,1 \text{ kg/ha/a} \times 109 \text{ ha} = 10,9 \text{ kg Kok. P/a}$

Typen arvioitu nykykuorma Rauanlahden lähi- ja kaukovaluma-alueelta Rauanlahteen

Typen luonnonhuuhtouma = $1,3 \text{ kg/ha/a} = 130 \text{ kg/km}^2/\text{a}$

Typen huuhtouma metsätalousmaalta = $0,6 \text{ kg/ha/a} = 60 \text{ kg/km}^2/\text{a}$

Typen huuhtouma maatalousmaalta = $15 \text{ kg/ha/a} = 1500 \text{ kg/km}^2/\text{a}$

Arvioitu pidättyminen kaukovaluma-alueelle (lammet) = 0,25 % (Vesien suojelun tavoiteohjelma ... 1994, 15)

Lähivaluma-alue:

Metsätalous = $(130 \text{ kg/km}^2/\text{a} + 60 \text{ kg/km}^2/\text{a}) \times 9,07 \text{ km}^2 = 1723,3 \text{ kg Kok. N/a}$

Maatalous = $(130 \text{ kg/km}^2/\text{a} + 1500 \text{ kg/km}^2/\text{a}) \times 2,43 \text{ km}^2 = 3960,9 \text{ kg Kok. N/a}$

Yhteensä = 5684,2 kg Kok. N/a

Kaukovaluma-alue:

Metsätalous = $(130 \text{ kg/km}^2/\text{a} + 60 \text{ kg/km}^2/\text{a}) \times 10,75 \text{ km}^2 = 2042,5 \text{ kg Kok. N/a}$

Maatalous = $(130 \text{ kg/km}^2/\text{a} + 1500 \text{ kg/km}^2/\text{a}) \times 0,61 \text{ km}^2 = 994,3 \text{ kg Kok. N/a}$

Yhteensä = 3036,8 kg/a -> kaukovaluma-alueen lampiin pidättyy 25 %

-> Rauanlahteen päätyy $(1 - 0,25) \times 3036,8 \text{ kg/a} = \underline{2277 \text{ kg Kok. N/a}}$

Kuorma Rauanlahteen yhteensä:

= $5684,2 \text{ kg Kok. N/a} + 2277 \text{ kg Kok. N/a} = \underline{7961,8 \text{ kg Kok. N/a}}$

Typen arvioitu ilmalaskeuma Rauanlahden vesipinnalle

Typen ilmalaskeuma = 3 kg/ha/a

Typen vuotuinen ilmalaskeuma Rauanlahden vesipinnalle

= $3 \text{ kg/ha/a} \times 109 \text{ ha} = \underline{327 \text{ kg Kok. N/a}}$

Lappalaisen fosforimalli (luku 6.7.3; kaavat 5 - 6)

Nettosedimentaatio Rauanlahteen arvioidulla nykykuormalla

$$\begin{aligned}
 I_{\text{Rauanlahti nykyinen}} &= I_{\text{Rauanjoki}} + I_{\text{Rauanlahden va}} + I_{\text{Ilmalaskeuma vesipinnalle}} \\
 &= 1617,288 \text{ kg Kok. P/a} + 430,551 \text{ kg Kok. P/a} + 10,9 \text{ kg Kok. P/a} = 2058,739 \text{ kg Kok. P/a} \\
 \rightarrow C_i &= I/MQ \\
 &= (2058,739 \text{ kg Kok. P/a} / [3600 \cdot 24 \cdot 364]) / 3,664209 \text{ m}^3/\text{s} \\
 &= 17,81617463 \text{ mg/m}^3 \\
 \rightarrow R &= 0,9 \times ([C_i \times T_{\text{Rauanlahti}}] / [280 + C_i \times T_{\text{Rauanlahti}}]) \\
 &= 0,9 \times ([17,81617463 \text{ mg/m}^3 \times 0,229531 \text{ kk}] / [280 \times 17,81617463 \text{ mg/m}^3 \times 0,229531 \text{ kk}]) \\
 &= 0,012955173 \sim 1,30 \% \\
 \text{Laskennallinen kokonaisfosforipitoisuus nykyisellä kuormalla} &\rightarrow C_{\text{calc}} = (1-R) \times C_i \\
 &= (1 - 0,012955173) \times 17,81617463 \text{ mg/m}^3 \\
 &= 17,58536301 \text{ mg/m}^3 \sim 17,6 \mu\text{g/l}
 \end{aligned}$$

Nettosedimentaatio ja laskennallinen pitoisuus Rauanlahdella pelkällä luonnonhuuhtoumalla

$$\begin{aligned}
 I_{\text{Rauanlahti luonnonhuuhtouma}} &= I_{\text{Rauanjoki}} + I_{\text{Rauanlahden va}} + I_{\text{Ilmalaskeuma vesipinnalle}} \\
 &= 1065 \text{ kg Kok. P/a} + 91,955 \text{ kg Kok. P/a} + 10,9 \text{ kg Kok. P/a} = 1167,855 \text{ Kok. P/a} \\
 \rightarrow C_i &= I/MQ \\
 &= (1167,855 \text{ Kok. P/a} / [3600 \cdot 24 \cdot 364]) / 3,664209 \text{ m}^3/\text{s} \\
 &= 10,10652918 \text{ mg/m}^3 \\
 \rightarrow R &= 0,9 \times ([C_i \times T_{\text{Rauanlahti}}] / [280 + C_i \times T_{\text{Rauanlahti}}]) \\
 &= 0,9 \times ([10,10652918 \text{ mg/m}^3 \times 0,229531 \text{ kk}] / [280 \times 10,10652918 \text{ mg/m}^3 \times 0,229531 \text{ kk}]) \\
 &= 0,007395107 \sim 0,74 \% \\
 \text{Laskennallinen kokonaisfosforipitoisuus luonnonhuuhtoumalla} &\rightarrow C_{\text{calc}} = (1-R) \times C_i \\
 &= (1 - 0,007395107) \times 10,10652918 \text{ mg/m}^3 \\
 &= 10,03179031 \text{ mg/m}^3 \sim 10,0 \mu\text{g/l}
 \end{aligned}$$

Kuormituksen sietokyky (tavoitteena 10 µg/l)

$$\begin{aligned}
 I^* &= 0,158 \times Q_{\text{Rauanlahti}} / T_{\text{Rauanlahti}} (C_{\text{Suurin sallittu}} \times T_{\text{Rauanlahti}} - 280 + \sqrt{[78\,400 - 448 \times C_{\text{Suurin sallittu}} \times T_{\text{Rauanlahti}} + C_{\text{Suurin sallittu}}^2 \times T_{\text{Rauanlahti}}^2]}) \\
 &= 0,158 \times 3,664209 \text{ m}^3/\text{s} / 0,229531 \text{ kk} (10 \text{ mg/m}^3 \times 0,229531 \text{ kk} - 280 + \sqrt{[78\,400 - 448 \times 10 \text{ mg/m}^3 \times 0,229531 \text{ kk} + 10 \text{ mg/m}^3^2 \times 0,229531 \text{ kk}^2]}) \\
 &= 1,166489166 \text{ TN Kok P/a} \sim 1166,489166 \text{ kg Kok P/a} \\
 \rightarrow C_i &= I/MQ \\
 &= (1166,489166 \text{ kg Kok P/a} / [3600 \cdot 24 \cdot 364]) / 3,664209 \text{ m}^3/\text{s} \\
 &= 10,09470935 \text{ mg/m}^3 \\
 \rightarrow R &= 0,9 \times ([C_i \times T_{\text{Rauanlahti}}] / [280 + C_i \times T_{\text{Rauanlahti}}]) \\
 &= 0,9 \times ([10,09470935 \text{ mg/m}^3 \times 0,229531 \text{ kk}] / [280 \times 10,09470935 \text{ mg/m}^3 \times 0,229531 \text{ kk}]) \\
 &= 0,00738653 \sim 0,739 \%
 \end{aligned}$$

Kuormituksen sietokyky (tavoitteena 15 µg/l)

$$\begin{aligned}
 I^* &= 0,158 \times Q_{\text{Rauanlahti}} / T_{\text{Rauanlahti}} (C_{\text{Suurin sallittu}} \times T_{\text{Rauanlahti}} - 280 + \sqrt{[78\,400 - 448 \times C_{\text{Suurin sallittu}} \times T_{\text{Rauanlahti}} + C_{\text{Suurin sallittu}}^2 \times T_{\text{Rauanlahti}}^2]}) \\
 &= 0,158 \times 3,664209 \text{ m}^3/\text{s} / 0,229531 \text{ kk} (15 \text{ mg/m}^3 \times 0,229531 \text{ kk} - 280 + \sqrt{[78\,400 - 448 \times 15 \text{ mg/m}^3 \times 0,229531 \text{ kk} + 15 \text{ mg/m}^3^2 \times 0,229531 \text{ kk}^2]}) \\
 &= 1,756246919 \text{ TN/a} \sim 1756,246919 \text{ kg/a} \\
 \rightarrow C_i &= I/MQ \\
 &= (1756,246919 \text{ Kok. P/a} / [3600 \cdot 24 \cdot 364]) / 3,664209 \text{ m}^3/\text{s} \\
 &= 15,19842852 \text{ mg/m}^3 \\
 \rightarrow R &= 0,9 \times ([C_i \times T_{\text{Rauanlahti}}] / [280 + C_i \times T_{\text{Rauanlahti}}]) \\
 &= 0,9 \times ([15,19842852 \text{ mg/m}^3 \times 0,229531 \text{ kk}] / [280 \times 15,19842852 \text{ mg/m}^3 \times 0,229531 \text{ kk}]) \\
 &= 0,011075082 \sim 1,11 \%
 \end{aligned}$$

Wollenweiderin fosforimallit (luku 6.7.3; kaavat 7 - 8)**Hydraulinen pintakuorma**

$$\begin{aligned} \rightarrow X &= MQ_{\text{Rauanlahti}} \text{ (m}^3\text{/a)} / A_{\text{Vesipinta (Rauanlahti)}} \text{ (m}^2\text{)} \\ &= ([3,664209 \text{ m}^3\text{/s}] \times [3600 \times 24 \times 365]) / [109 \text{ ha} \times 10000] \\ &= \underline{106,0133095 \text{ m}^3\text{/a/m}^2} \end{aligned}$$

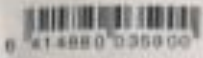
Siedettävä kuorma Rauanlahteen

$$\begin{aligned} \rightarrow Y_A &= 0,055x^{0,635} \\ &= 0,055 \times 106,0133095 \text{ m}^3\text{/a/m}^2 \wedge 0,635 \\ &= 1,062836691 \text{ TN Kok. P/a} = \underline{1062,836691 \text{ kg Kok P. / a}} \end{aligned}$$

Vaarallinen kuorma Rauanlahteen

$$\begin{aligned} Y_D &= 0,174 x^{0,469} \\ &= 0,055 \times 106,0133095 \text{ m}^3\text{/a/m}^2 \wedge 0,469 \\ &= 1,55039826 \text{ TN Kok. P/a} = \underline{1550,39826 \text{ kg Kok P. / a}} \end{aligned}$$

Artikkeli sanomalehti Karjalaisessa 21.3.2019



TÄSSÄ LEHDESSÄ | A-osa 24 sivua | B-osa 16 sivua

KARJALAINEN

Torstaina maaliskuun 21. päivänä 2019 | Nro 80 | Perustettu 1874 (Karjalatar)
Irttonumero 250 e (kestotilattuna 103 e)

www.karjalainen.fi

www.karjalainen.fi



Etualueella sedimenttiä tutkivat Heikki Vesajoki, Petteri Kettunen, Tuomas Hirvonen ja Tarmo Tossavainen.

Historiaa pinnan alta

Ympäristö: Höytiäisen pohjasta kairattu maa-aines paljastaa järven elämänkaaren. **A2-3**



Ompeluvyöryjen ja muuttovieraiden vuoksi Helsingin ja Kaikki-Pöytä-luonnon (OAJ) seuran on ryhdyttävä lauantai- ja sunnuntai-iltoihin luonnonopetukseen. Luonnonopetuskeskusta löydät osoitteesta: Helsingin seuran luonnonopetuskeskus, Tervaharju 1, Helsinki. Ompeluvyöryjen ja muuttovieraiden vuoksi Helsingin ja Kaikki-Pöytä-luonnon (OAJ) seuran on ryhdyttävä lauantai- ja sunnuntai-iltoihin luonnonopetukseen. Luonnonopetuskeskusta löydät osoitteesta: Helsingin seuran luonnonopetuskeskus, Tervaharju 1, Helsinki.



Vuorokauden aikana, tutuksi saadaan uudet maaperäkerrokset. Tutuksi saadaan uudet maaperäkerrokset. Tutuksi saadaan uudet maaperäkerrokset.

Tässä sedimentissä näkyvät vuorrokkaat.

Ympäristö

Höytiäisessä riittävästi paljon tutkittavaa

Ylin sedimentti on jälleen hyvin humuspitoista, sanoo dosentti Heikki Vesajoki.

Pohjarvi
Aino Vuolteen

Ilmanus on mukavaa ilmastoa, kun joulukuun kate on antanut hirtteä. Kuitenkin on oltava varuillaan, sillä joulukuun lopulla on odotettavissa pakkasta. Höytiäisen rannassa on odotettavissa pakkasta, sillä joulukuun lopulla on odotettavissa pakkasta. Höytiäisen rannassa on odotettavissa pakkasta, sillä joulukuun lopulla on odotettavissa pakkasta.

Sulusto on kertynyt 4-5 metrin makueros vuoden 1859 jälkeen.

Syvinmittään kaltra käy noin kahdeksassa metrin syvyyteen.

Syvinmittään kaltra käy noin kahdeksassa metrin syvyyteen.

Syvinmittään kaltra käy noin kahdeksassa metrin syvyyteen.

Pro Höytiäisen pohjarannan

Pro Höytiäisen pohjarannan

Karjalainen.fi

Karjalainen.fi



Höytiäisen Rannat