

SAVONIA



OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN ALA

POHJOIS-ONKILAHDEN KOKO- NAISKUORMITUSTEKIJÄT JA TOIMENPIDEOHJE

Onkiveden vesistö

TEKIJÄ Elina Tikkanen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala		
Tutkinto-ohjelma Ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn tekijä Elina Tikkanen		
Työn nimi Pohjois-Onkilahden kokonaiskuormitustekijät ja toimenpideohje		
Päiväys	21.2.2025	48/14
Yhteistyötaho Savo-Karjalan Vesiensuojeluyhdistys ry		
<p>Onkiveden alueelle oli laadittu yleissuunnitelma vesistön kunnon parantamiseksi ja Pohjois-Onkilahti kuului alueisiin, joita oli kartoitettu mahdollisiksi kunnostuskohteiksi Onkivedellä. Opinnäytetyön tavoitteena oli saada tietoa Pohjois-Onkilahden nykytilasta, ja mitkä kaikki tekijät sitä kuormittivat. Lisäksi tavoitteena oli laatia toimenpideohje vesistön tilan parantamiseksi.</p> <p>Tutkimuksessa hyödynnettiin avoimia aineistoja sekä paikkatieto-ohjelmia. Lahden vesinäytetietoja kerättiin Hertta -palvelusta sekä tilaajalta. Jo olemassa olevia tietoja täydennettiin kenttämittauksilla. Nykytilaa tarkasteltiin lahden ominaispiirteiden, valuma-alueanalyysin, vesinäytteiden sekä kenttämittausten kautta. Lahden ominaispiirteitä tarkasteltiin tilavuuden, virtaaman ja viipymän kautta.</p> <p>Tuloksista selvisi, että lahden eteläosan virtaama on heikkoa ja syvänteen vedenlaatu on häiriintynyt. Valuma-alueanalyysissä kävi ilmi, että alueen valuma-alueella on merkittävä osuus lahden ulkoisen kuormituksen lisääntymisessä. Kunnostusmenetelmiä valittaessa huomioitiin valuma-alueen merkittävyys vesistön ulkoisessa kuormituksessa, ympäristövaikutukset muuhun Onkiveden vesistöön, alueen ominaispiirteet sekä toteutettavuus ja kustannus. Toimenpiteiden tuli myös olla kestäviä eikä väliaikaisia ratkaisuja. Lahden virtaaman parantamiseksi esitettiin kasvuston haraamista, syvänteen vedenlaadun parantamiseksi taas alusveden suodattusta, mikä myös parantaisi lahden virtaamaa. Valuma-aluekunnostusta tehtäisiin kosteikon avulla. Jatkotoimenpiteiksi suositeltiin tuoreempia vesinäytteitä, virtausmallinnusta sekä seurantasuunnitelma vedenlaadun ja happitilanteen kehityksen seurantaan.</p>		
Avainsanat vesistökuunnostus, valuma-aluekunnostus, kuormitustekijät, toimenpideohje		

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	6
2	JÄRVIEN OMINAISPIIRTEET	7
2.1	Järvien morfologia	7
2.2	Järvien hydrologia	7
2.3	Järvien valuma-alue	9
3	VESISTÖJEN TILAAN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ.....	10
3.1	Lainsäädäntö.....	10
3.2	Biologiset tekijät	10
3.3	Vedenlaatu	11
3.3.1	Vedenlaatutekijät	11
3.4	Sisäinen ja ulkoinen kuormitus.....	14
3.5	Piste- ja hajakuormitus	15
4	VESISTÖJEN KUNNOSTUSMENETELMIEN VALINTA.....	16
4.1	Järvien kunnostus yleisesti ja toimenpideohjeen laatiminen.....	16
4.2	Vesistöjen kunnostus	16
4.2.1	Vesistön kunnostusmenetelmät.....	17
4.3	Valuma-alueiden kunnostus.....	17
4.3.1	Valuma-alueen kunnostusmenetelmät	18
5	KENTTÄTUTKIMUKSET	19
5.1	Näytteenotto	19
5.1.1	Järvinäytteenotto.....	19
5.2	Kenttä- ja virtaamamittaukset.....	20
6	POHJOIS-ONKILAHDEN KUNNOSTUSTARVE JA ONKIVESIHANKE.....	22
6.1	Pohjois-Onkilahden kunnostustarve.....	22
6.2	Onkivesihanke	23
7	VALUMA-ALUE JA HYDROLOGIA	25
7.1	Valuma-alue, maaperä ja maapeite	25
7.2	Hydrologia	27
8	VESINÄYTTEET	28
8.1	Näytteenottopaikat	28
8.1.1	Syvanne1	29
8.1.2	Syvanne2	32

8.1.3	Tilaaaja.....	32
8.2	Yhteenveto	33
9	KENTTÄMITTAUKSET	34
9.1	Näytteenottopaikat	34
9.2	Virtaamamittaukset.....	34
9.3	Kenttämittaukset.....	37
10	YHTEENVETO POHJOIS-ONKILAHDEN NYKYTILASTA.....	41
10.1	Pohjois-Onkilahden nykytila	41
10.2	Pohjois-Onkilahden tila verrattuna muuhun vesistöön.....	42
10.3	Epävarmuustekijät.....	42
11	TOIMENPIDEOHJE.....	43
11.1	Kunnostusmenetelmät.....	43
11.2	Jatkotoimenpiteet	44
12	JOHTOPÄÄTÖKSET	45
	LÄHTEET	46
	LIITE 1: LASKUT	49
	LIITE 2: NÄYTTEENOTTOPAIKKOJEN KOORDINAATIT (TM35-FIN)	51
	LIITE 3: TALVIKUUKAUSIEN LÄMPÖTILAT SYVANNE1.....	52
	LIITE 4: KESÄKUUKAUSIEN LÄMPÖTILAT SYVANNE1	52
	LIITE 5: TALVIKUUKAUSIEN SÄHKÖNJOHTAVUUDET SYVANNE1.....	52
	LIITE 6: KESÄKUUKAUSIEN SÄHKÖNJOHTAVUUDET SYVANNE1	52
	LIITE 7: TALVIKUUKAUSIEN RAUTAPITOISUUDET SYVANNE1	53
	LIITE 8: KESÄKUUKAUSIEN RAUTAPITOISUUDET SYVANNE1	53
	LIITE 9: MAALISKUU 2019 SYVANNE2	53
	LIITE 10: LOKAKUU 2019 SYVANNE2.....	54
	LIITE 11: TOUKOKUU 2024 KOIVUJOKI1, MYLLYJOKI1 JA POHJOIS-ONKILAHTEN LASK1 .	54
	LIITE 12: ELOKUU 2024 KOIVUJOKI1, MYLLYJOKI1 JA POHJOIS-ONKILAHTEN LASK1	55
	LIITE 13: SIIVIKOINTI1 UOMAN SYVYYSPROFIILI.....	55
	LIITE 14: SIIVIKOINTI2 UOMAN SYVYYSPROFIILI.....	55

KUVALUETTELO

Kuva 1. Onkiveden alue ja kunnostusta vaativa Pohjois-Onkilahti (muokattu kohteesta Maanmittauslaitos) .22

Kuva 2. Pohjois-Onkilahden valuma-alue (ScalgoLive n.d.) ja tulouomien virtaussuunnat (muokattu kohteesta Maanmittauslaitos)	25
Kuva 3. Pohjois-Onkilahden valuma-alueen maa- ja kallioperä (muokattu kohteesta GTK)	26
Kuva 4. Pohjois-Onkilahden syvyydet ja virtaussuunnat (muokattu kohteesta Trafi.com)	27
Kuva 5. Näytteenottoaikat (muokattu kohteesta Maanmittauslaitos)	28
Kuva 6. Syvanne1 happikylläisyys tilanne kesällä ja talvella (Hertta)	30
Kuva 7. Syvanne1 kokonaistyyppipitoisuus määrät talvella ja kesällä (Hertta)	30
Kuva 8. Syvanne1 kokonaisfosforipitoisuus määrät talvella ja kesällä (Hertta)	31
Kuva 9. Siivikko (Tikkanen 2024)	35
Kuva 10. Siivikointi1 piste (Tikkanen 2024)	36
Kuva 11. Etelauoman kohta Kesäkumuntien vieressä (Tikkanen 2024)	38
Kuva 12. Näkymä etelauomalle lahden perällä (Tikkanen 2024)	40

TAULUKKOLUETTELO

Taulukko 1. Onkiveden yleistiedot (Savo-Karjalan Vesiensuojeluyhdistys ry, n.d)	24
Taulukko 2. Siivikointi 23.9.2024	35
Taulukko 3. Kenttämittaukset 23.9.2024	37
Taulukko 4. Kenttämittaukset 25.9.2024	39

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä määritetään Pohjois-Onkilahden kokonaiskuormitustekijät sekä laaditaan toimenpideohje. Pohjois-Onkilahti sijaitsee Onkivedellä ja Onkiveden alueelle on laadittu hankesuunnitelma Onkiveden yleissuunnitelman päivitystä varten. Onkivesihankkeen päätoimijana toimii Savo-Karjalan Vesiensuojeluyhdistys ry. Onkiveden hankesuunnitelmassa on tarkasteltu Onkiveden nykytilaa ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Sen lisäksi on tehty suunnitelma sekä kustannusarvio Onkiveden yleissuunnitelman toteutusta varten. Onkivesi on luokiteltu ekologiselta tilaltaan tyydyttäväksi ja järvi on yksi Pohjois-Savon vesienhoidon toimenpideohjelman 2022–2027 kunnostusta vaativista kohteista. Onkivesihankkeen tavoitteena on päivittää Onkiveden yleissuunnitelma ja edistää sitä kautta vesistön kestäväää käyttöä sekä veden ekologista tilaa. Onkivesihankkeen tavoitteena on myös löytää Onkivedeltä toteuttamiskelpoisia kunnostuskohteita sekä kunnostusmenetelmiä tai toimenpideohjeita.

Savo-Karjalan Vesiensuojeluyhdistys ry on toteuttanut kyselyn vesistön käyttäjille keväällä 2024 jossa on selvitetty, millä alueilla vesistön käyttäjien mielestä on eniten ongelmia. Yksi kyselyssä selvinneistä ongelmakohtista on Pohjois-Onkilahti. Tämän perusteella Pohjois-Onkilahtea tulisi tarkastella tarkemmin koska lahden sisäistä kuormitusta sekä valuma-alueilta tulevaa kuormitusta ei tiedetä tarkkaan ja sitä, kuinka ne vaikuttavat veden laatuun.

Opinnäytetyön tavoitteena on saada tietoa Pohjois-Onkilahden nykytilasta, ja mitkä kaikki tekijät sitä kuormittavat. Nykytilaa tarkastellaan järven ominaispiirteiden, valuma-alueanalyysin, vesinäytteiden sekä kenttämittausten kautta. Järven ominaispiirteitä tarkastellaan tilavuuden, virtaaman ja viipymän kautta. Valuma-alueanalyysissä hyödynnetään avoimia aineistoja sekä paikkatieto-ohjelmia. Lahden vesinäytetietoja kerätään Hertta -palvelusta sekä tilaajalta. Jo olemassa olevia tietoja täydennetään kenttämittauksilla, jotta saataisiin tarkempaa alueellista tietoa esimerkiksi uomien virtaamista, veden kerrostumisesta sekä vedenlaadun vaihtelusta alueella. Lisäksi tavoitteena on laatia toimenpideohje lahden tilan parantamiseen. Jos toimenpideohjetta ei voi laatia, alueelle määritetään tarvittavat jatko-toimenpiteet, jotta toimenpideohje saataisiin tehtyä.

2 JÄRVIEN OMINAISPIIRTEET

2.1 Järvien morfologia

Vesien ekologisen tilan arvioinnissa sekä kunnostusmenetelmiä valittaessa on otettava huomioon vesistön morfologia. Tähän kuuluu muun muassa järven pinta-ala, syvyysprofiili ja rannan rikkoisuus kuten saarten ja lahtien määrä. Nämä ominaisuudet vaikuttavat järvien kykyyn vastaanottaa ulkoista kuormitusta koska pienet järvet reagoivat kuormitukseen voimakkaammin kuin suuret. Se, kuinka paljon järvi pystyy vastaanottamaan ulkoista kuormitusta ilman suurempaa rehevöitymistä, riippuu myös järven sisäisestä kuormituksesta. Pienissä järvissä voidaan usein saavuttaa kunnostustoimenpiteiden tuloksia nopeasti ja edullisesti, kun taas suurissa järvissä tarvitaan laajempia ja pitkäkestoisempia toimenpiteitä. Suuret järvet ovat myös alttiimpia erilaisille kuormituslähteille, mikä voi edellyttää toimenpiteitä laajalla valuma-alueella. Järven pinta-ala ei yksin kuvaa sen limnologisia olosuhteita tai muutosherkkyttä, vaan järven tilavuussuhteet ovat ratkaisevia. Jos syvien vesikerrosten tilavuus on suuri, hajotustoiminta tapahtuu pääosin syvässä vesissä, estäen orgaanisen aineen kertymisen pohjasedimenttiin ja vähentäen hapenkulutusta. Syvänteissä, joiden tilavuus on pieni, hapenkulutuksen kasvu voi kuitenkin johtaa happikatoihin, mikä tekee kuormituksen vaikutukset nopeasti havaittaviksi. Tämä voi olla hyödyllistä, sillä vedenlaadun muutokset näkyvät ajoissa, eikä hapettomuus välttämättä tarkoita koko järven heikentymistä. (Lakso & Ulvi 2005, s.18–20)

2.2 Järvien hydrologia

Hydrologinen kierto

Veden kiertokulku koostuu varastoitumisvaiheista ja siirtymisvaiheista, kuten haihdunnasta, sadannasta ja valunnasta. Sadanta eli sademäärä mittaa tietyssä ajassa maahan sataneen veden määrän eri muodoissa. Suomessa vuotuinen sadanta on keskimäärin 600–750 mm riippuen alueesta. Valunta kuvaa veden määrää, joka liikkuu maan pinnalla ja maaperässä. Lumien sulaminen ja rankkasateet voivat lisätä tätä vesimäärää ja aiheuttaa tulvia. Keskimäärin valuntaa on noin 300–400 mm vuodessa. Haihdunta mittaa veden haihtumista ja Suomen keskimääräinen vuotuinen haihdunta on noin 400–600 millimetriä. Haihdunta vaihtelee kuitenkin merkittävästi vuodenaikojen mukaan: kesällä haihdunta on suurempaa lämpimämpien lämpötilojen ja kasvillisuuden vuoksi, kun taas talvella haihdunta on vähäisempää. (Vakkilainen n.d.)

Vesitilavuus

Järven vesitilavuus on tärkeä tieto kunnostushankkeissa useista syistä, sillä se vaikuttaa suoraan siihen, millaisia toimenpiteitä voidaan tehokkaasti tehdä ja miten järven ekosysteemi reagoi niihin. Vesitilavuus vaikuttaa happitilanteeseen, ravinteiden laimentumiseen, vesikasvillisuuden hallintaan, lämpötilakerrostuneisuuteen sekä kuinka kunnostustoimenpiteitä mitoitetaan. Vesitilavuus ei pysy vakiona vaan vaihtelun taustalla ovat sadanta, haihdunta ja valunta. Valunnasta osa tulee maaperävaluntana ja osa pintavaluntana. (Lakso & Ulvi 2005, s.15–27)

Järven tilavuus voidaan laskea kaavalla

$$V_{jarvi} = A_{jarvi} * keskisyvyys, \text{ missä} \quad (1)$$

- V_{jarvi} = järven tilavuus (m^3)
- A_{jarvi} = järven pinta-ala, josta on vähennetty saarien pinta-ala (m^2)
- $keskisyvyys$ = järven syvyystietojen summa jaettuna niiden lukumäärällä (m)

(Peda.net n.d.)

Virtaama

Virtaama tarkoittaa vesimäärää, joka kulkee esimerkiksi uoman poikkileikkauksen tai jonkin vesistö-alueen läpi tietyssä aikayksikössä. Virtaamatietoja tarvitaan vesistön kunnostuksessa useista syistä, sillä ne tarjoavat olennaista tietoa vesistöjen toiminnasta ja ekosysteemistä esimerkiksi vedenlaadun seurannassa ja kunnostustoimenpiteiden suunnittelussa. Virtaamatietojen avulla voidaan arvioida, kuinka paljon vettä kulkee eri paikoissa, mikä on tärkeää vedenlaadun arvioimiseksi. Virtaaman muutokset voivat vaikuttaa ravinteiden ja saasteiden kulkeutumiseen vesistössä. Virtaamatietoja käytetään myös suunniteltaessa kunnostustoimenpiteitä, kuten ravinteiden poistoa tai hapettamista. Virtaaman tietäminen auttaa määrittämään tarvittavat toimenpiteet ja resurssit. (Lakso & Ulvi 2005, s.15–27)

Jos käytetään keskimääräistä valuntaa Itä-Suomen alueella, joka on noin 300 mm/a eli 0,3 m/as, silloin virtaama saadaan kaavalla

$$Q_{ka} = \frac{V_{valunta} * A_{valuma-alue}}{t}, \text{ missä} \quad (2)$$

- Q_{ka} = keskimääräinen virtaama (m^3/s)
- $V_{valunta}$ = keskimääräinen valunta (m)
- $A_{valuma-alue}$ = valuma-alueen pinta-ala (m^2)
- t = aika sekunteina vuorokaudessa

(Haakana 2018, s.20)

Viipymä

Järven tilaan vaikuttavista tekijöistä tärkeimpiä on veden keskimääräinen viipymä, eli aika, jonka vesi viipyy järvestä. Viipymä voidaan laskea järven tilavuuden ja sinne tulevan vesimäärän perusteella tietyn ajanjaksona. (Lakso & Ulvi 2005, s.20). Tulos on teoreettinen, koska laskelmissa ei oteta huomioon muun muassa veden kerrostuneisuutta ja sekoittumista (Haakana 2018, s.20).

Järven viipymä lasketaan kaavalla

$$t_{viipymä} = \frac{V_{jarvi}}{Q_{ka}}, \text{ missä} \quad (3)$$

- $t_{viipymä}$ = viipymä (s)

(Haakana 2018, s.20)

2.3 Järvien valuma-alue

Valuma-alue

Vesistön valuma-alue on alue, jolle satava vesi kerääntyy maanpinnan muotojen takia ja ohjautuu kyseiseen vesistöön. Valuma-alue tietoja tarvitaan vesistön kunnostuksessa useista syistä. Valuma-alueen tiedot auttavat arvioimaan, mistä ravinteet ja saasteet tulevat vesistöön. Tämä on tärkeää, jotta voidaan kohdistaa kunnostustoimenpiteitä tehokkaasti. Alueen koko ja muoto vaikuttavat veden virtaamiseen ja valuntaan. Tietämällä, kuinka paljon vettä virtaa valuma-alueen läpi, voidaan ennakoita veden määrää ja laatua vesistössä. Valuma-alueen tietojen perusteella voidaan myös suunnitella ja priorisoida kunnostustoimenpiteitä, kuten kosteikkojen tai suojavyyhykkeiden rakentamista, jotka voivat vähentää ravinteiden ja saasteiden pääsyä vesistöön. Tietoja voidaan käyttää myös arvioimaan, mitkä alueet tarvitsevat erityistä suojelua tai hoitoa vesistön tilan parantamiseksi. (Lakso & Ulvi 2005)

Maa- ja kallioperä sekä maapeite

Maa- ja kallioperä- sekä maapeitetietoja tarvitaan vesistön kunnostuksessa useista syistä, sillä ne vaikuttavat vesistön tilaan ja ekosysteemiin. Maa- ja kallioperätyypit vaikuttavat siihen, miten ravinteet ja saasteet kulkeutuvat vesistöön. Tietämällä, millaisia maa- ja kallioperätyyppejä alueella on, voidaan arvioida, kuinka paljon ja millaisia aineita voi päätyä vesistöihin. Eri maa- ja kallioperätyypit eroavat toisistaan niiden herkkyydessä eroosiolle ja sedimentaatiolle. Tietojen avulla voidaan suunnitella toimenpiteitä, joilla estetään maan ja sedimentin huuhtoutumista vesistöihin. Myös pohjan sedimentti vaikuttaa vesistön laatuun ja ravinteiden kulkuun. (Lakso & Ulvi 2005)

Erilaiset maapeitteet taas vaikuttavat siihen, kuinka ravinteet ja saasteet kulkeutuvat pintavalunnan mukana vesistöihin. Tiedot maaperätyypeistä auttavat arvioimaan, kuinka tehokkaasti maaperä voi suodattaa ravinteita. Maapeitetietojen avulla voidaan myös arvioida, miten eri maankäyttömuodot (kuten maatalous, metsätalous tai rakentaminen) vaikuttavat vesistöön. Maapeitetietoja voidaan myös hyödyntää kosteikkojen ja suojavyyhykkeiden suunnittelussa. Ne auttavat ymmärtämään, mitkä alueet voisivat toimia tehokkaina suojavyyhykkeinä ravinteiden ja saasteiden poistamiseksi. (Lakso & Ulvi 2005)

3 VESISTÖJEN TILAAAN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ

3.1 Lainsäädäntö

Vesistöjä halutaan suojella ja niiden tilaa halutaan parantaa EU tasolla. Näin ollen on säädetty lakeja ja asetuksia EU:n sekä Suomen lainsäädäntöön vesistöjen turvaamiseksi. Näillä toimenpiteillä pyritään parantamaan vesien ekologista ja kemiallista tilaa sekä estämään niiden pilaantuminen. Vesien tilan heikentyminen uhkaa niin luonnon monimuotoisuutta kuin ihmisten terveyttä ja vesistöjen virkistyskäyttöä. Vesien suojelun oikeudellinen perusta on luotu sekä EU vesipolitiikan puitteiden kautta että kansallisten lakien kautta. (Ympäristöministeriö n.d.) Suomessa keskeisiä lakeja ovat: laki vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä 30.12.2004/1299, vesilaki 27.5.2011/587, ympäristönsuojelulaki 27.6.2014/527 ja luonnonsuojelulaki 5.1.2023/9. Näitä lakeja tukevat asetukset, kuten asetus vesienhoidon järjestämisestä 30.11.2006/1040 ja asetus vesiympäristölle vaarallisista aineista 23.11.2006/1022, jotka tarkentavat toimia haitallisten aineiden torjumiseksi ja vesienhoidon järjestämisestä. (Finlex 2024) Näiden säädösten yhteinen tavoite on varmistaa vesistöjen pitkäaikainen hyvinvointi ja kestävä käyttö. (Ympäristöministeriö n.d.)

Vesistöjen kunnostuksen kannalta merkittävimmät lait ja säädökset ovat sellaisia, jotka luovat perustan vesien ekologisten ja kemiallisten tilan arvioinnille, pilaantumisen ehkäisylle ja kunnostustoimenpiteiden toteutukselle. Näistä tärkeimpänä

- **Laki vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä.** Tämä laki on olennainen vesistöjen kunnostuksen suunnittelun ja toimeenpanon kannalta. Sen avulla luodaan puitteet vesienhoidon suunnitelmille, joilla arvioidaan vesistöjen tila ja suunnitellaan toimenpiteet sen parantamiseksi. Se myös konkretisoi EU:n vesipolitiikan puitteiden vaatimukset Suomen olosuhteisiin. (Laki vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä 1 §)
- **Vesilaki.** Laki säätelee veden käyttöä ja siihen liittyviä hankkeita, kuten ruoppauksia, säännöstelyä ja vesistöjen kunnostustöitä. Laissa otetaan huomioon vesien suojeleminen sekä ekologiset tarpeet. Laki sisältää yksityiskohtaisia määräyksiä hankkeiden ympäristövaikutuksista ja edellyttää tarvittaessa lupia toimenpiteille, mikä takaa, että vesistöjen kunnostus on ekologisesti kestävä. (Vesilaki 1 §)
- **Ympäristönsuojelulaki.** Laki tähtää vesistöjen pilaantumisen ehkäisyyn ja haitallisten aineiden päästöjen hallintaan. Se on keskeinen erityisesti maatalouden jätevesien hallinnan yhteydessä, joka on merkittävä vesistöjen pilaantumisen lähde. (Ympäristönsuojelulaki 1 §)
- **Asetus vesiympäristölle vaarallisista aineista (23.11.2006/1022).** Asetus keskittyy vaarallisten aineiden hallintaan ja vähentämiseen, mikä on olennaista vesistöjen kemiallisen tilan parantamisessa. Haitalliset aineet, kuten raskasmetallit ja torjunta-aineet, voivat olla merkittävä uhka vesistöjen terveydelle. Asetus antaa tarkat ohjeet näiden aineiden käsitteystä ja rajoittamisesta. (Asetus vesiympäristölle vaarallisista aineista 1 §)

3.2 Biologiset tekijät

Vesien tilaa arvioidaan koko Euroopan unionissa samalla tavalla ja niitä arvioidaan erikseen ekologiselle ja kemialliselle tilalle. Ekologisen tilan arvioinnissa keskitytään biologisiin laatu tekijöihin, kuten pohjaeläimiin, vesikasveihin, kaloihin, planktonleviin ja päällysläviin. Lisäksi huomioidaan veden laadun muuttujia sekä hydrologisia ja morfologisia olosuhteita. Kemiallinen tila puolestaan tarkoittaa

sitä, ylittykö laatu­normit eli onko vedessä vaarallisia tai haitallisia aineita yli sallitun rajan. (Vesi.fi 2022)

Ekologisen tilan arvio perustuu siihen, kuinka lähellä vesistö on luonnontilaa, eli kuinka paljon ihminen on muuttanut sen alkuperäistä tilaa. Pintavesien luonnolliset ominaisuudet kuitenkin vaihtelevat eli jotkut järvet ovat karuja, toiset reheviä ja esimerkiksi suometsien ympäröimät järvet voivat olla hyvin humuspitoisia. Tämän vuoksi ekologista luokitusta ei voida tehdä yhdellä asteikolla. Avuksi käytetään pintavesien tyypittelyä, jossa vesimuodostuman tyyppi määritetään ennen ekologisen tilan arviointia. Järvien osalta määrääviä tekijöitä ovat esimerkiksi veden viipymä, järven syvyys ja valuma-alueen maaperä. Näin voidaan määrittää luonnontila, johon nykytilaa verrataan. (Vesi.fi 2022)

3.3 Vedenlaatu

Luonnonvesien laatuun vaikuttavat monet eri tekijät, kuten valuma-alueen ominaisuudet, ihmistoinnin vaikutukset eli kuinka paljon aluetta on muutettu ja muokattu, järven koko ja muoto sekä maa- ja kallioperän laatu. Myös vuodenaika, hydrologia, vesikasvit ja vesieliöiden toiminta vaikuttavat vedenlaatuun. Vedenlaatu vaihtelee jatkuvasti ja erilaisten tekijöiden merkitys voi vaihdella jopa saman vesistön eri osissa. (Vanajavesikeskus n.d.) Ilmastonmuutos vaikuttaa vesistöihin monin tavoin. Vesistöjen lämpeneminen lisää bakteeri- ja leväpitoisuuksia, muuttaa veden happitilannetta ja lyhentää jääpeitteistä aikaa, mikä heikentää vesiluonnon tasapainoa. Rankkasateiden ja talvisateiden lisääntyminen puolestaan huuhtoo ravinteita, kuten typpeä ja fosforia, maalta vesistöihin, mikä kiihdyttää rehevöitymistä. Rankkasateiden aiheuttamat tulvat voivat pahentaa tilannetta syövyttämällä rantapenkkoja ja kuljettamalla maa-ainesta veteen. Lisäksi kesäinen kuivuus vähentää virtaamia, mikä lisää happikadon riskiä syvänteissä ja heikentää veden laatua. (Vesi.fi 2021)

Suomessa pintavesien laatua seurataan kemiallis-fysikaalis-analyyseilla ja -mittauksilla. Yksittäiset vesinäytteet kertovat vain sen hetkisestä vedenlaadusta tietyssä kohdassa, joten vedenlaadun muutosten tarkempi arviointi edellyttää pitkäaikaista seuranta­ta eri vuodenaikoina otetuilla näytteillä. Myös vesistöissä kasvavista vesikasveista voidaan päätellä vesistön rehevyyden tilaa, koska tietyt lajit viihtyvät esimerkiksi paremmin rehevissä kuin karuissa järvissä. (Vanajavesikeskus n.d.)

3.3.1 Vedenlaatutekijät

Lämpötila

Veden lämpötilan mitta­us on tärkeä osa vesistö­ tarkkailua ja se suoritetaan vesinäytteiden oton yhteydessä. Lämpötila tarvitaan muun muassa happikyllästy­ sasteen laskemiseen sekä se auttaa arvioimaan järvien kerrosteisuustilannetta, mitä tarvitaan järven happitilanteen ja alusveden analyysien tulkin­nassa. Suomen järvissä esiintyy kevät- ja syystäyskierto. Täyskierron aikana vesi on kerrostumatonta ja tasalaatuista, jolloin happitilanne on yleensä hyvä. Talvella ja kesällä vallitsee kerrosteisuus, mikä vaikuttaa järven happitilanteeseen. Kesällä lämmin päällysvesi estää alusveden sekoittumisen, mikä voi aiheuttaa happivajetta vesistöissä. Syyskierron aikana vesimassa sekoittuu uudelleen ja parantaa happitilannetta ennen talvea. (Oravainen 1999, s. 1)

Happi ja happikylläisyys

Happikylläisyysprosentilla kuvataan helpommin happipitoisuutta. Se tarkoittaa todettua hapen määrää prosentteina siitä määrästä, mikä vedessä voi olla tietyssä lämpötilassa. Raja-arvoina käytetään

85-110 % erinomainen, 80-110 % hyvä, 70-80 %/ 110-120 % tyydyttävä, 40-70 %/ 120-150 % välttävä, sekä 0/ > 150 % huono. (Oravainen 1999, s. 4)

Talvisin kun vesi on kylmempää hyvä happipitoisuus 0,5–1,0 °C lämpötilassa on 12–13 mg/l. Veden ollessa 18–20 °C pitoisuus on noin 8–9 mg/l. Happikyllästysaste on tällöin talvella ja kesällä 80–90 %. Happitilanne on normaalisti heikoimmillaan maaliskuun ja elokuun lopulla. Kuitenkin happea pitäisi olla silloinkin 4–8 mg/l. (Oravainen 1999, s. 4)

pH eli happamuus

Veden pH arvo tulisi olla lähellä neutraalia eli pH 7. Suomen vesistöissä normaali pH on lievästi hapan ja asettuu 6,5–6,8 välille. Kesällä levät voivat nostaa hetkellisesti pintaveden pH:ta ja hyvin voimakkaan levän kukkiessa pH voi olla 8–10. Lumen sulamisvedet laskevat pH:ta. Jos pH laskee alle 6,0 eliöstö alkaa häiriintymään happamuudesta. (Oravainen 1999, s. 12)

Sähkönjohtavuus

Sähkönjohtavuudella mitataan vedessä olevien suolojen määrää. Mitä suurempi arvo on, sitä korkeampi on vesistön suolapitoisuus. Sähkönjohtavuusarvot pysyvät melko vakiona läpi vuoden. Jätevedet ja peltolannoitus lisäävät suolojen määrää. (Oravainen 1999, s. 10) Suolojen on arveltu estävän veden luontaista vaihtuvuutta, koska suola muodostaa läpäisemättömän kerroksen pohjaan (Hinsdale 2018). Sähkönjohtavuuden raja-arvoina käytetään < 5 mS/m alhainen johtokyky, 5–10 mS/m sisävedet ja 50–100 mS/m jätevedet. (Oravainen 1999, s. 10)

Kokonaisfosfori (kok. P)

Kokonaisfosfori tarkoittaa veden sisältämän fosforin kokonaismäärää ja on tärkeä pitoisuus veden rehevyyden arvioinnissa. Pitoisuus jakautuu pystysuunnassa niin, että pintavedessä on matalampi pitoisuus mitä pohjalla, sillä sedimentoituva aines vie fosforia alusveteen. Jos alusvedessä ei ole hapettomuutta, fosfori pidättyy sedimenttiin eikä pitoisuus kasva niin suureksi. Fosforia kertyy vesistöön fosforipitoisista kivistä huuhtoutumalla, maa- ja metsätaloudesta, turvetuotannosta, kalankasvatuksesta ja teollisuuden jätevesistä. Raja-arvoina käytetään 15-25 µg/l lievästi rehevästä, 25-100 µg/l rehevästä sekä < 100 µg/l erittäin rehevästä. (Oravainen 1999, s. 17)

Kokonaistyppi (kok. N)

Kokonaistyppi ilmoittaa kokonaistypen määrää eli kaikki typen esiintymismuodoissa olevan typen. Kokonaistypellä voidaan myös mitata rehevyyttä. Typen ollessa hapettomissa oloissa siitä muodostuu ammoniumia. Ammonium aiheuttaa hapen kulutusta. Typpikuormitusta aiheuttaa maa- ja metsätalous, asutuksen jätevedet, turvetuotanto sekä teollisuuden jätevedet. Raja-arvoina käytetään 400-600 µg/l lievästi rehevästä, 600-1500 µg/l rehevästä sekä < 1500 µg/l erittäin rehevästä. (Oravainen 1999, s. 19–20)

Kiintoaine

Kiintoaineen määrällä kuvataan vedessä olevaa hiukkasmaista ainetta. Kiintoainepitoisuudet ovat pienemmillään talvikuukausina mutta suurimmillaan juuri ennen tulvahuipun alkamista. Kiintoainepitoisuutta lisää muun muassa eroosio, jätevesikuormitus sekä levät. Kovat sateet lisäävät kiintoainekulkeumaa. Kiintoaineen raja-arvona käytetään >1 mg/l kirkkaasta vedestä. (Oravainen 1999, s. 9)

TOC/ orgaaninen kokonaishiili

Orgaaninen hiili on vesitutkimuksissa usein käytetty suure. Tällöin vedestä mitataan orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC, total organic carbon). Orgaanisen hiilen kokonaismäärä sisältää myös kiintoaineeseen sitoutuneen hiilen määrän. (Vesi.fi n.d.) Orgaaninen hiili on orgaanisen aineksen keskeinen rakennuskomponentti ja se vaikuttaa veden laatuun ja ekosysteemiin. Korkea TOC-arvo viitataan rehevöitymiseen ja TOC-arvoja seuraamalla voidaan päätellä vesistöjen orgaanisen saastumisen lähteitä kuten maatalouden valumia. (Soinne 2020)

Orgaanisen hiilen kokonaismäärä TOC (mg C/l) siis kuvastaa melko hyvin vedessä olevien humuyhdisteiden määrää. TOC-arvo sisältää lisäksi kuolleiden organismien jäänteitä ja organismien aineenvaihduntatuotteita, bakteerikasvustoa sekä muita hiiltä sisältäviä yhdisteitä. Puhtaissa ja kirkkaissa vesissä pitoisuuden ovat usein pienet. Korkeat arvot voivat viitata korkeaan orgaanisen ainekset pitoisuuteen eli humusvesiin. Humusvesillä tarkoitetaan vesistön valuma-alueelta peräisin olevaa vettä, johon liukenee tai sekoittuu maaperän humusta eli heikosti hajonneita kasvinosia. (SKVSY n.d.)

Rauta (Fe)

Raudan luonnollinen pitoisuus vesistöissä vaihtelee alueittain riippuen maaperän ja kallioperän koostumuksesta sekä paikallisista hydrologisista ja ekologisista olosuhteista. Esimerkiksi orgaaninen aines kuten humus sitoo itseensä liukoista rautaa, mikä selittää tummien vesien olevan luonnostaan enemmän rautapitoista. Valuma-alueen kallioperästä ja maakerroksista kulkeutuu siis rautaa vesistöön sateiden mukana. Rautapitoisuuksiin vaikuttaa myös pohjan hapettomuus, koska sedimentistä liukenee rautaa hapettomissa oloissa. (Vesi.fi 2019) Kirkkaissa ja karuissa vesissä rautapitoisuudet ovat yleensä matalammat, noin 50–200 µg/l. Humusvesissä rautapitoisuudet nousevat selvästi, koska rauta sitoutuu humusyhdisteisiin, ja tyypillisesti ne ovat välillä 400–600 µg/l. Erittäin ruskeissa vesissä, kuten suovesissä, rautapitoisuudet voivat olla jopa 1000 µg/l. Eroosio lisää myös vesistöjen rautapitoisuuksia, sillä maaperän mukana huuhtoutuva rauta näkyy vesinäytteissä. (Oravainen 1999, s. 21–22)

Raudan liukoisuus sedimentistä veteen riippuu happitilanteesta. Hapettomissa oloissa vähemmän liukoinen rauta-3 ioni (Fe^{3+}) pelkistyy rauta-2 ioniin (Fe^{2+}), joka on huomattavasti paremmin liukoinen veteen. Näin ollen hapettomissa alusvesissä voi olla rautaa 1000–10000 µg/l riippuen pelkistysasteesta. (Oravainen 1999, s. 22.) Sulfaatti (SO_4^{2-}) on rikkihapon (H_2SO_4) anioni. Suomen järvissä luontainen sulfaattipitoisuus on muutamia milligrammoja. Sulfaatin haitat tulevatkin esiin, kun se on tekemisessä muiden ravinteiden kautta. Sulfaatti on myrkyllistä vain suurina määrinä, jolloin sillä on vaikutusta veden kerrostumiseen. Sulfaatti ei ole yksinään vaarallista ja sillä voidaan vähentää vesistön metaanipäästöjä. (Suomen ympäristökeskus 2020)

Jos pohjasedimentin hengitysprosessit muuttuvat sulfaatin lisääntymisen myötä sulfaatin pelkistystä suosiviksi, se vaikuttaa raudan kiertoon sedimentissä. Rauta siis pelkistyy rautasulfideiksi sulfaatin pelkistyessä. Rautasulfideilla on heikkokkyky sitoa fosforia, jolloin fosforia vapautuu pohjanläheisveteen, mikä nostaa pohjan fosforipitoisuuksia. Pelkistyminen vaikuttaa myös suoraan tai epäsuorasti hiilen ja typen kiertoon. Korkea sulfaattipitoisuus ei välttämättä johda sulfaatin pelkistykseen, vaan lisäksi tarvitaan pelkistämiseen kykeneviä mikrobeja, happikatoa ja käyttökelpoista eloperäistä ainesta. (Suomen ympäristökeskus 2020)

Raudan raja-arvot luokitellaan < 200 µg/l talousvesiin, 500–100 µg/l sisävesiin sekä 1000–2000 µg/l suovaltasiin valuma-alueisiin. (Oravainen 1999, s. 22)

Klorofylli-a

Klorofylli-a kuvaa levien määrää vesistössä eli lehtivihreällisten planktonien määrää. Näytteen otetaan pintavedestä kesäkuukausina. Klorofylli-a arvon ollessa 7–40 µg/l on vesistö rehevä. Yli 40 µg/l arvot kertovat erittäin rehevästä vesistöstä. (Oravainen 1999, s. 23)

3.4 Sisäinen ja ulkoinen kuormitus

Sisäinen kuormitus

Sisäinen kuormitus tarkoittaa ravinteiden kiertoa, jossa pohjasedimenttiin varastoituneet ravinteet vapautuvat takaisin veteen hapen vähetessä. Tämä prosessi kiihdyttää rehevöitymistä entisestään. Sisäinen kuormitus on usein seurausta pitkäaikaisesta ulkoisesta kuormituksesta, joka on johtanut ravinteiden kertymiseen sedimenttiin. (Järvi-wiki 2014)

Sisäisen kuormituksen arviointi on ulkoista kuormitusta vaikeampaa, koska sedimentin ja veden välinen ravinteiden liike on kaksisuuntainen. Järven ollessa tasapainossa veden ravinnepitoisuus pysyy vakaana, vaikka ravinteita tulee enemmän kuin poistuu, koska pohjasedimentti sitoo ja varastoi ravinteita. Kuitenkin erilaiset prosessit, kuten pohjan sekoittuminen voivat vapauttaa ravinteita takaisin veteen. Järvien nopean rehevöitymisen syy on usein sedimenttiin kertyneiden ravinteiden, erityisesti fosforin, vapautuminen takaisin veteen. Kun sisäinen kuormitus ylittää sedimentoituvan fosforin määrän, veden fosforipitoisuus kasvaa. Tämä tarkoittaa sitä, että veteen vapautuu enemmän fosforia kuin sitä poistuu pohjan kautta. Fosforipitoisuuden nousu kiihdyttää tuotantoa ja lisää hapenkulutusta erityisesti alusvedessä. Tämä johtaa happikatoon ja bakteeritoiminnan voimistumiseen, mikä pahentaa järven tilaa edelleen. (Lakso & Ulvi 2005, s. 25)

Sisäisen kuormituksen kasvu havaitaan usein siinä, että fosforipitoisuus ei laske, vaikka ulkoista kuormitusta vähennetään. Sisäinen kuormitus vaihtelee vuodenaikojen mukaan, ja sen huippu ajoittuu kevättalveen ja kesän lopulle, kun hapettomuus on suurimmillaan. Sisäisen kuormituksen merkitys vaihtelee järven syvyyden ja hapettomien alueiden laajuuden mukaan. Matalissa järvissä se voi olla erityisen suuri, jos suuri osa pohjasta muuttuu hapettomaksi. (Lakso & Ulvi 2005, s. 25)

Ulkoinen kuormitus

Järven ulkoinen kuormitus muodostuu valuma-alueelta tulevasta vedestä, joka sisältää orgaanista ainetta ja ravinteita, sekä suoraan järveen kohdistuvasta jätevesikuormituksesta ja ilmalaskeumasta. Luonnollinen ravinnekuormitus riippuu vahvasti valuma-alueen kallioperästä, maaperästä ja hydrologiasta. Esimerkiksi hiekkaisilta harjuilta huuhtoutuu vähemmän ravinteita kuin savisilta tai kangas- metsäalueilta. (Lakso & Ulvi 2005, s. 23–24)

Ulkaisen kuormituksen arviointi edellyttää valuma-alueen maankäytön, maaperän ja kallioperän perusteellista selvittämistä. On myös otettava huomioon jätevesien ja luonnonhuuhtouman lisäksi haja- ja loma-asutuksen sekä maa- ja metsätalouden aiheuttama kuormitus. Kuormitusmäärät vaihtelevat valuma-alueen ja paikallisten olosuhteiden mukaan. Järven kyky sietää kuormitusta vaihtelee tilavuuden, keskisyvyyden ja veden viipymääjän perusteella, mutta kaiken ulkoisen kuormituksen voidaan olettaa aiheuttavan muutoksia järvessä. (Lakso & Ulvi 2005, s. 23–24)

3.5 Piste- ja hajakuormitus

Piste- ja hajakuormituksella tarkoitetaan eri päästölähteitä. Pistekuormituksella tarkoitetaan päästöä, jonka lähde on tarkoin määriteltävissä, kuten tehdas tai turvetuotanto. Nämä vesistökuormitukset voidaan mitata tulevan suoraan päästölähteestä. Hajakuormituksen arvioiminen on hankalampaa. Hajakuormituksella tarkoitetaan päästöjä, jotka ovat peräisin useista pienistä päästölähteistä. Päästölähteet voivat olla esimerkiksi maa- ja metsätaloudesta, liikenteestä sekä haja- ja loma-asutuksesta. Hajakuormituksen päästölähteitä on hankala arvioida koska lähteitä on hankala yksilöidä. Päästöt ovat usein myös laajalta alueelta sekä päästölähteitä on useita. (Järvi-Wiki 2014)

4 VESISTÖJEN KUNNOSTUSMENETELMIEN VALINTA

4.1 Järvien kunnostus yleisesti ja toimenpideohjeen laatiminen

Suurin osa Suomen järvistä on käyttökelpoisuudeltaan hyviä tai erinomaisia, erityisesti suuret tai asumattomilla alueilla sijaitsevat järvet. Jätevesien puhdistuksen tehostuminen on parantanut teollisuuden ja yhdyskuntien kuormittamien järvien tilaa, mutta valuma-alueilta tulevaa hajakuormitusta ei ole saatu riittävästi vähennettyä. Kunnostusta tarvitsevat järvet ovat usein pieniä, ja niiden kunnostuksella pyritään parantamaan virkistyskäyttöä, kuten uimista ja kalastusta. Aloitteet tulevat usein ranta-asukkailta, kun veden laatu tai vesikasvusto haittaa käyttöä. Järvet muuttuvat luonnostaan hitaasti rehevöitymällä, mutta ihmistoiminta on usein kiihdyttänyt tätä prosessia. Kunnostuksella pyritään palauttamaan järven tila mahdollisimman lähelle luonnontilaa, mutta tavoitetilat voivat olla liian kunnianhimoisia järven luonnolliseen kehitykseen nähden. Järven kunnostus sisältää suoraan järveen kohdistuvia toimenpiteitä, kuten veden laadun parantamista tai vesisyvyyden lisäämistä virkistyskäyttöön. Se on osa vesiensuojelua ja vaikuttaa koko järven eliöstöön. Kunnostusmenetelmiä on mekaanisia, kemiallisia ja biologisia, ja niitä voidaan yhdistää toisiaan täydentäviksi. Kunnostushankkeen kesto vaihtelee muutamasta päivästä vuosikymmeniin riippuen järven tilasta ja valituista toimenpiteistä. (Lakso & Ulvi 2005, s. 9–10)

Kunnostusohjelmaa suunniteltaessa on tärkeää tuntee järven ominaisuudet ja näiden vaikutukset kunnostustavoitteisiin. Suunnittelun keskeinen vaihe on järven ongelmien ja niiden syiden tunnistaminen, sen jälkeen kunnostustavoitteiden määrittäminen koska kunnostusmenetelmän tai -menetelmien on sovelluttava juuri kyseiseen vesistöön. Näin ollen vesistölle on hyvä laatia toimenpideohje, jossa määritellään kyseisen kohdan kokonaiskuormitustekijät, eli mitkä kaikki tekijät kuormittavat vesistöä ja miten niitä voidaan tutkia. Prosessissa määritetään tarkkaan eri osatekijät, jotta kunnostusmenetelmät toimimisivat mahdollisimman tehokkaasti. Toimenpideohjeella voidaan myös määrittää mitä kaikkea lisätietoa vesistöstä ja sen valuma-alueesta tulee hankkia, jotta kunnostustoimenpiteet voidaan määrittää. Hankkeessa tulee myös arvioida kuinka realistisia tavoitteet ovat verrattuna käytössä oleviin resursseihin. Tavoitteiden on oltava selkeitä ja mitattavissa. Erityisesti rehevöityneiden järvien kunnostus vaatii pitkäkestoisia toimia ja usein tarvitaan uusia tai täydentäviä toimenpiteitä. Kunnostustavoitteet ja suunnitelmat on päivitettävä, kun järven tila muuttuu tai uutta tutkimustietoa kertyy. (Lakso & Ulvi 2005, s. 11)

4.2 Vesistöjen kunnostus

Vesistön kunnostusmenetelmiä on useita ja niitä voidaan jakaa eri osa-alueisiin kuten:

- Rehevyyttä vähentävät menetelmät (hapetus, ravintoketjukunnostus, fosforin kemiallinen saostus, alusveden poistaminen)
- Monitavoitteiset kunnostusmenetelmät (ruoppaus, vedenpinnan nosto, vesikasvillisuuden poistaminen, säännöstelyn kehittäminen)
- Happamoitumisen torjunta (kalkitus) (Lakso & Ulvi 2005, s.137–271)

Rehevöityneiden järvien pysyvä kunnostus on vaikeaa, koska suurin osa ravinteista on sedimentissä, jonka poistaminen on harvoin mahdollista. Lisäksi useimpien kunnostustoimien vaikutukset

jäävät tilapäisiksi, sillä esimerkiksi alusveden hapettomuus kiihdyttää fosforin vapautumista sedimentistä järven ekosysteemiin. (Suomen ympäristökeskus 2020). Seuraavassa osiossa käsitellään opinnäytetyössä esitetyjä menetelmiä.

4.2.1 Vesistön kunnostusmenetelmät

Alusveden suodatus

Alusveden poistaminen on kunnostusmenetelmä, jossa osa tai kaikki järven poistovirtaamasta otetaan pohjanläheisestä vesikerroksesta. Menetelmä lisää ravinteiden poistumista järvestä ja parantaa pohjanläheisen veden happitilannetta, mikä edistää ravinteiden sitoutumista sedimenttiin. (Lakso & Ulvi 2005, s.203)

Alusveden suodatusprosessissa rehevöityneen järven kunnostuksessa alusvettä voidaan pumpata hiekkasuodattimille kemikaalikäsittelyn jälkeen tai ilman sitä, ja puhdistettu vesi palautetaan järveen. Menetelmä on optimoitava järvikohtaisesti, mutta peruskriteereihin kuuluu syvänteen riittävä alusveden kertyminen. Jos syvänteitä on useita, kaikkien osuus on huomioitava, koska ravinteita vapautuu kaikista. Lisäksi päälyys- ja alusveden fosforipitoisuusero vaikuttaa suodatuksen tehokkuuteen. Suodattimen koko ja pumppausnopeus riippuvat järven koosta ja alusveden määrästä. Kunnostusmenetelmän rinnalla on huomioitava ulkoisen kuormituksen vähentämisen keinot vesistöön. (Vesijärvi n.d.)

Ruoppaaminen

Ruoppaus tarkoittaa järven pohjasedimentin tai maa-aineksen poistamista veden alta, ja siihen kuuluu massan irrottaminen, siirtäminen ja sijoittaminen. Menetelmiä on useita, ja valinta tehdään tarpeiden mukaan. Ruoppauksen tavoitteina voivat olla järven syvyyden ja tilavuuden lisääminen, ravinnekierron vähentäminen, kasvillisuuden poistaminen tai saastuneiden aineiden poistaminen. Lisäksi se voi parantaa rantojen tai alueiden käyttöä, esimerkiksi uimapaikkoina tai veneväylinä. Tavallisin tapa on käyttää kaivukonetta rannalta, lautalta tai jään päältä. Imuruoppaus ja kuivatyo ovat harvinaisempia. Ruopatut massat sijoitetaan maalle tai hyödynnetään, sillä järveen läjittäminen on harvoin järkevää ja edellyttää lupaa. Kunnostushankkeissa ruoppaus ulottuu yleensä alle metrin syvyyteen ja koskee matalia alueita, kuten rantoja, joissa tavoitesyvyys on yleensä 2–2,5 metriä. (Lakso & Ulvi 2005, s.211)

Kasvuston haraaminen

Ruoppaamista kevyempi kunnostusmenetelmä on haraaminen. Vesikasvien haraaminen on menetelmä, jossa vesikasveja poistetaan vedestä erityisillä haravilla tai rautakangilla. Tämä menetelmä on usein pienimuotoista ja manuaalista, ja se soveltuu erityisesti pienille alueille, kuten rannoille tai veneväylille. Haraamisessa keskitytään tyypillisesti kasvien juurtuneiden osien irrottamiseen ja poistamiseen, mutta se ei välttämättä poista kasveja kokonaan tai estä niiden uudelleenkasvua. (Vesilinien vesiensuojeluyhdistys ry 2018)

4.3 Valuma-alueiden kunnostus

Vesistön heikon tilan syyt johtuvat usein valuma-alueelta, joten sen kunnostaminen on keskeistä veden laadun ja ekologisen tilan parantamisessa. Tavoitteena on vähentää ulkoista kuormitusta,

joka koostuu valuma-alueelta huuhtoutuvista aineista, kuten kivennäismaasta, humuksesta, elope-
räisestä aineksesta ja ravinteista. Nämä aineet ovat välttämättömiä vesistön ekosysteemille, mutta
liiallinen kuormitus voi aiheuttaa ongelmia. Siksi vesistön kunnostuksessa on aina huomioitava myös
valuma-alueen olosuhteet ja maankäyttö. Toimenpiteet, kuten eroosion ehkäisy, maankäytön muu-
tokset ja ravinteiden hallinta, voivat merkittävästi parantaa vesistön tilaa ja edistää sen kestäväää
käyttöä. Valuma-aluekunnostuksen päätavoitteena on estää kuormittavien aineiden kulkeutuminen
vesistöihin tai pysäyttää ne mahdollisimman varhaisessa vaiheessa, mikä on tehokkaampaa kuin
niiden poistaminen myöhemmin. Onnistumiseen vaikuttavat valuma-alueen ominaisuudet, kuten kor-
keussuhteet, virtaamat ja luonnontilaiset alueet mutta myös maisema- ja luontoarvot on otettava
huomioon. Suunnittelussa on tärkeää huomioida vuodenajasta riippuvat vesitilanteet, kuten kevättul-
vat, kuivuusjaksot ja rankkasateet, jotka vaikuttavat eroosioon ja vedenkorkeuksiin. Ilmastonmuutos
tuo lisähaasteita, sillä ääri-ilmiöt yleistyvät ja talvisateet lisäävät eroosiota paljaalla maaperällä, mikä
kasvattaa vesistöjen kuormitusta. Paras tulos saavutetaan, kun valuma-aluekunnostus nähdään
osana kokonaisvaltaista vesienhallintaa, jossa otetaan huomioon kaikki alueen toimijat ja toiminnot.
(Vesi.fi 2021)

Valuma-alueen kunnostusmenetelmiä on useita ja niitä voidaan jakaa eri osa-alueisiin kuten:

- Ravinteiden ja kiintoainekuormituksen vähentäminen (kosteikot, suojavyöhykkeet, laskeu-
tusaltaat)
- Hydrologian hallinta (vesitalouden säätely, suo- ja turvemaiden ennallistaminen, pohjakyn-
nykset)
- Eroosion hallinta (rantavyöhykkeet, pintavalutuskentät, metsäojitusten hallinta)
- Pistekuormituksen vähentäminen (hajakuormituksen torjunta maataloudessa)
- Luonnon monimuotoisuuden lisääminen (tulvatasanteet, purojen kunnostus) (Lakso & Ulvi
2005, s.137–271).

Seuraavassa osiossa käsitellään opinnäytetyössä esitettyjä menetelmiä.

4.3.1 Valuma-alueen kunnostusmenetelmät

Kosteikko

Kosteikot ovat keskeinen osa valuma-aluekunnostusta, sillä ne vähentävät ojiin ja puroihin päätyvien
ravinteiden, kiintoaineiden ja haitta-aineiden määrää. Ne toimivat luonnollisina suodattimina ja hidas-
tavat veden virtausta, jolloin ravinteet, kuten typpi ja fosfori, sekä kiintoaineet sitoutuvat kasvillisuu-
teen tai painuvat sedimenttiin. Tämä parantaa veden laatua ja ehkäisee rehevöitymistä. Kosteikot
sijoitetaan yleensä valuma-alueen alaviin osiin tai valumavesien kulkureiteille. Niiden koko ja ra-
kenne määräytyvät valuma-alueen pinta-alan ja valumavesien määrän perusteella. Tyypillinen kos-
teikko sisältää matalia vesi- ja kasvialueita, jotka lisäävät veden viipymäaikaa ja suodatustehoa.
Kasvillisuus valitaan ravinteita sitovista ja kosteisiin olosuhteisiin sopeutuneista lajeista. Kosteikot
tasoittavat virtaamia, vähentävät tulvahuippuja ja voivat toimia veden varastoina kuivuuden aikana.
Ne pidättävät myös raskasmetalleja, torjunta-aineita ja muita haitta-aineita, estäen niiden pääsyn
vesistöihin. Lisäksi kosteikot edistävät biodiversiteettiä tarjoamalla elinympäristöjä monille kasvi- ja
eläinlajeille, toimivat hiilinieluina ja parantavat maisemaa, mikä lisää alueen virkistysarvoa. (Lakso &
Ulvi 2005, s.146–147)

5 KENTTÄTUTKIMUKSET

5.1 Näytteenotto

Näytteenotto on keskeinen osa vesistön kunnan seurantaan. Näytteenottomenetelmät ovat kehittyneet vuosien varrella, ja niiden luotettavuus on parantunut erityisesti näytteenottajien ammattitaidon kasvun myötä. EU vesidirektiivien seurantavelvoitteet ovat lisänneet tarvetta näytteenoton yhdenmukaistamiselle ja laadun parantamiselle, mikä on johtanut kansainvälisten standardien kehittämiseen. Näytteenoton onnistuminen riippuu kuitenkin pääasiassa näytteenottajan ammattitaidosta. Näytteenotto on keskeinen osa vesitutkimusta ja seurantaohjelmia, joissa paikat ja ajankohdat on määriteltävä tarkasti. Laboratoriossa tehdään näytteistä kemiallisia, fysikaalisia, biologisia ja mikrobiologisia määryksiä, mutta osa voidaan tehdä kentällä. Tulosten raportoinnissa arvioidaan ohjelman riittävyys ja tarvittaessa sitä täydennetään. (Kettunen, Mäkelä & Heinonen 2008, s. 9–10)

Näytteenottoon vaikuttavat monet tekijät, ja epävarmuuden vähentämiseksi on tärkeää ottaa huomioon esimerkiksi järvien virtausolosuhteet, veden laatuolosuhteet sekä paikalliset olosuhteet. Pienissä järvissä virtausolosuhteet vaihtelevat nopeasti, kun taas tuulelta suojaisissa järvissä ne ovat vakaammat. Näytteenotto on tehtävä huolellisesti, huomioiden virtaukset ja alueelliset vedenlaadun erot, jotka voivat johtua muun muassa valuma-alueiden puroista ja tuulista. Kenttätöössä on tärkeää dokumentoida poikkeavat olosuhteet ja pitää näytteenottoväli vakiona. Näytteet tulee ottaa samalta alueelta samana päivänä, ja laitteet on kalibroitava säännöllisesti. (Kettunen, Mäkelä & Heinonen 2008, s. 12–13)

Näytteenottajan on tunnettava toiminta-alueensa luonnonolosuhteet, vesivarat ja ympäristöongelmat. Hänen tulee ymmärtää vesikierto, sadanta, virtaamat sekä vesistöjen käyttömuodot ja tuntea näytteenottopaikat ja niiden tarkoitus. Paikallisten asukkaiden tiedot voivat täydentää havaintoja. Kentällä tehdyt muistiinpanot ja tutkimusohjelmien tuntemus ovat oleellisia, jotta voidaan erottaa ihmisen vaikutukset luonnollisista muutoksista. Näytteenottaja osallistuu seurantatoiminnan suunnitteluun yhdessä asiantuntijoiden kanssa. (Kettunen, Mäkelä & Heinonen 2008, s. 37–39)

5.1.1 Järvinäytteenotto

Näytteenottoprosessissa näytesyvyys mitataan veden pinnasta näytteenottimen puoliväliin. Näytteet kerätään pinnalta pohjaan asti, ja alin näyte otetaan yleensä metrin päässä pohjasta, vältellen pohjan pintamateriaalin sekoittumista. Näytteenotin lasketaan ja nostetaan hitaasti, erityisesti lähellä näytesyvyyttä ja pinnan tuntumassa, jotta näytteet eivät sekoitu. Vedestä nostamisen jälkeen mittarin lämpötila luetaan heti ja kirjataan kenttäpöytäkirjaan muiden olosuhdetietojen kanssa. Lämpötilalukemat auttavat varmistamaan samasta syvyydestä otettujen näytteiden vertailukelpoisuuden, ja näytepullot täytetään välittömästi mittauksen jälkeen. (Kettunen, Mäkelä & Heinonen 2008, s. 45–46)

Järvitutkimuksen tärkeimmät määrykset ovat lämpötila ja happi, koska ne muodostavat perustan muille tutkimuksille. Rehevyyttä tutkittaessa tärkeimmät ovat typpi ja fosfori. Kesäaikaan tulee myös mitata klorofylli-a pitoisuus. pH:ta tutkimalla saadaan tietoa järven happamuudesta. Muut tutkittavat aineet tulee aina määrittää sen mukaan, mistä kuormituksen epäillään tulevan. (Kettunen, Mäkelä & Heinonen 2008, s. 49)

5.2 Kenttä- ja virtaamamittaukset

Kenttämittaus

Kenttämittaukset mahdollistavat mitattavien muuttujien vaihteluiden arvioinnin. Laboratorio kokeet eivät pysty antamaan samanlaista tarkkuutta, mutta ilman laboratoriomäärityksiä kenttämittaukset eivät olisi luotettavia. Kenttämittaukset mahdollistavat ajalliset, alueelliset ja syvyysuuntaiset vaihtelut vesistössä reaaliajassa. (Koski-Vähälä 2012, s.3) Kenttämittausten tärkein työkalu on kenttäpöytäkirjan huolellinen täyttö. Mittauksia tutkittaessa on myös määritettävä selkeästi tutkittavat paikat. Havaintopaikalla kirjataan ylös uoman koko, syvyys, sääolosuhteet, näytteenottoaika sekä muut aistimääräisesti tehtävät havainnot kuten haju. Tärkeimpiä mitattavia suureita ovat lämpötila, pH, happi ja sähkönjohtavuus. (Kettunen, Mäkelä & Heinonen 2008, s. 55) Kenttämittauksissa tulee myös minimoida epävarmuustekijät. Mittauspaikalla on pidettävä huoli, ettei näytteenottopaikka kontaminoitu esimerkiksi näytteenottajan myllätessä pohjaa. Mittaukset tulisi suorittaa puhtaammasta likaisempaan veteen, mikäli se on mahdollista. Kenttämittausanturit tulee kalibroida säännöllisesti mitausvirheiden minimoimiseksi, mieluiten 1–2 kk välein. On myös huomioitava, että mitattavien suureiden arvoja ei kirjata ylös liian aikaisin. (Suomen ympäristökeskus 2021)

Virtaamamittaus

Virtaamamittauksia tehdään usein vesistöön tulevasta tulouomista, jotta tiedetään paljonko vesistöön virtaa vettä valuma-alueelta. Tapa, jolla virtaamaa mitataan kentällä, tulee aina määrittää vallitsevien olosuhteiden mukaan. Virtaamanmittaukseen voidaan käyttää erilaisia mittausvälineitä kuten siivikontia. Siivikointi soveltuu hyvin pienten ja tasaisten uomien mittaamiseen. Siivikointi perustuu siihen, että veden virtaus saa potkurin pyörimään ja pyörimisnopeuden perusteella voidaan määrittää virtaaman nopeus. Pyörimisnopeus on siis suoraan verrannollinen virtausnopeuteen. (Kittilä n.d.)

Siivikoinnissa uoma jaetaan osioihin, joista määritetään pinta-ala m^2 (syvyys (h) ja leveys (l)). Uoman muodot merkataan mallinnusta varten. Siivikko lasketaan vuorollaan kunkin osion keskelle noin 2/3 osaa pohjasta, siivikon siivet virtaussuunnan mukaisesti. Siivikon kierrosmäärät lasketaan esimerkiksi kertaa/ sekunnissa. Kun siivikon siiven kierrosmäärät ovat tiedossa, mittaussektorin virtausnopeuden voi määrittää kaavalla:

$$V_{virta} = k \times n + D, \text{ missä} \quad (4)$$

- V_{virta} = virtausnopeus (m/s)
- k = siiven hydraulinen nousu (tämä on vakio = 0,2591 m)
- n = siiven kierrosmäärä (krt/s)
- D = siivikkovakio (tämä on vakio = 0,005)

Kun virtausnopeus on saatu laskettua, mittaussektorin virtaama saadaan laskettua kaavalla:

$$Q_{sektori} = V_{virta} \times A_{sektori}, \text{ missä} \quad (5)$$

- $Q_{sektori}$ = virtaama (m^3/s)
- $A_{sektori}$ = mittaussektorin pinta-ala (m^2)

Uoman virtaama saadaan siis määritettyä, kun kaikkien mittaussektoreiden tulokset summataan:

$$Q_{tot} = \sum w_i \times d_i \times v_i, \text{ missä} \quad (6)$$

- Q_{tot} = uoman virtaama (m^3/s)
- w_i = siivikointisektorin leveys (m)
- d_i = siivikointisektorin syvyys (m)
- v_i = veden virtausnopeus mittaussektorissa (m/s)

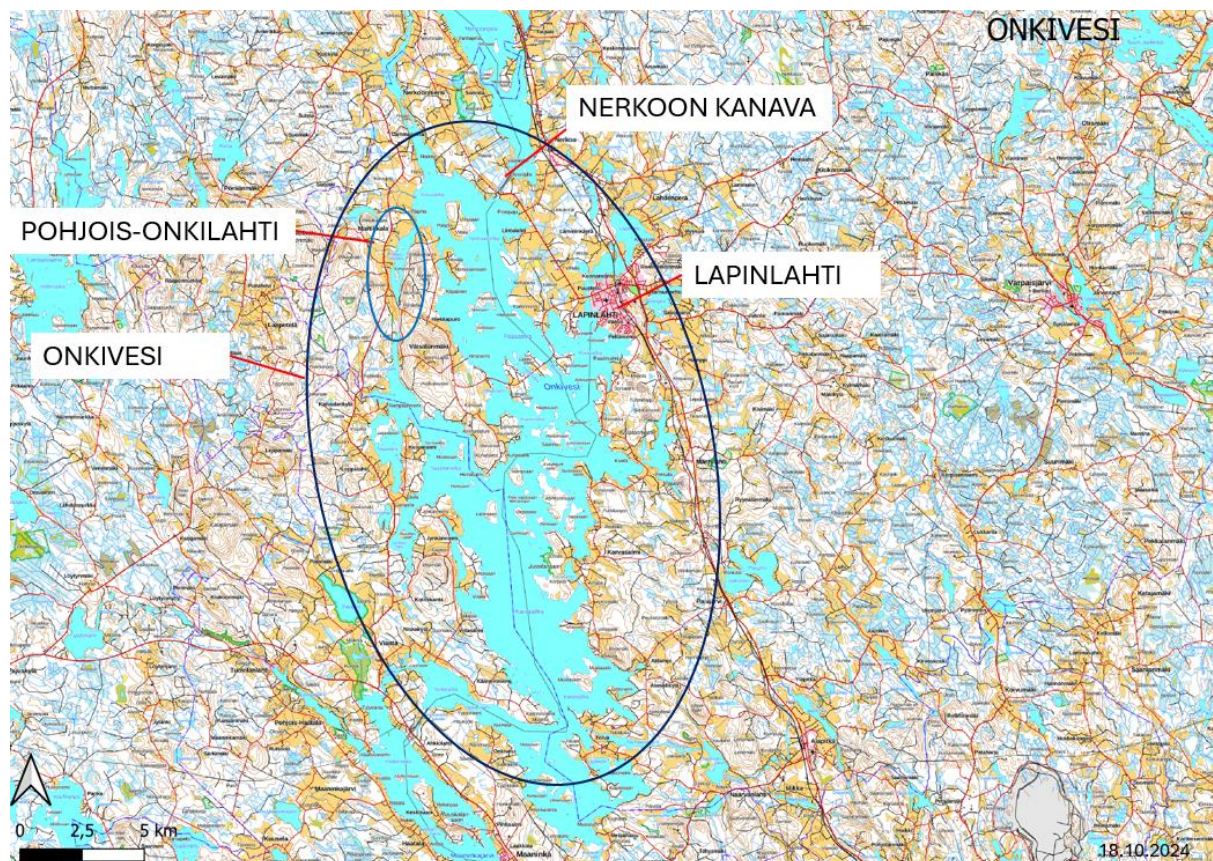
(Räsänen 2023)

Siivikoinnissa tulee huomioida virtaamamittauksen paikka. Uoman tulee olla suora, sen poikkileikkauksen on oltava säännöllinen ja helposti määriteltävissä, virtauksen ja syvyyden on oltava tarpeeksi suuri, eikä uomassa ole häiriötekijöitä kuten kasvillisuutta tai suuria kiviä. (Räsänen 2023)

6 POHJOIS-ONKILAHDEN KUNNOSTUSTARVE JA ONKIVESIHANKE

6.1 Pohjois-Onkilahden kunnostustarve

Tässä opinnäytetyössä käsiteltävä Pohjois-Onkilahden kunnostus on osa Onkiveden aluetta (kuva 1). Onkiveden alueelle on laadittu hankesuunnitelma Onkiveden yleissuunnitelman päivitystä varten. Onkiveden alueen yleissuunnitelman päivityksen päätoteuttajana toimii Savo-Karjala Vesiensuojeluyhdistys ry, joka toimii hankkeen hakijana, hallinnoijana sekä vastuullisena toteuttajana. Lisäksi hankkeessa on mukana Pohjois-Savon ELY-keskus.



Kuva 1. Onkiveden alue ja kunnostusta vaativa Pohjois-Onkilahti (muokattu kohteesta Maanmittauslaitos)

Savo-Karjalan Vesiensuojeluyhdistys ry toteutti Onkivesihankkeessa kyselyn Onkiveden alueen osakaskunnille, toimijoille sekä järven käyttäjille vesistön käyttäjille keväällä 2024, jossa selvisi, missä vesistöjen käyttäjien mielestä pahimman ongelmakohdat sijaitsevat. Avoin kysely jaettiin muun muassa sosiaalisessa mediassa, yhdistyksen ja Lapinlahden kunnan nettisivuilla sekä paikallisten toimijoiden kokouksissa. Kyselyyn tuli 72 vastausta, joista 49 koski Pohjois- ja Etelä-Onkilahtea. Pohjois- ja Etelä-Onkilahden viereen kohoaa Väisälänmäki, jolta aukeaa näkymä yhdelle Suomen kansallismaisemista. Alue on siis merkittävä kulttuurisesti sekä tärkeä asukkaiden virkistyskäytössä. Onkiveden yleissuunnitteluhankkeessa ei ole varattu resursseja yksittäisten kohteiden tarkkaan tutkimiseen, joten opinnäytetyön aiheeksi valittiin Pohjois-Onkilahden kokonaiskuormitustekijöiden selvitys.

Opinnäytetyön tavoitteena oli siis tutkia missä kunnossa Pohjois-Onkilahti on ja mikä lahtea kuormittaa, kuinka paljon Pohjois-Onkilahden tila poikkeaa muusta Onkiveden laadusta sekä miten vesistön

tilaa voisi parantaa. Lisäksi tulisi esittää minkälainen kunnostusmenetelmä tai toimenpideohje Pohjois-Onkilahdelle tulisi laatia, jotta vedenlaatu paranisi.

Lähtöaineistona käytettiin Tiina Kontion ja Vesa Kontion laatimaa hankesuunnitelmaa, jossa tarkasteltiin Onkiveden tilaa ja siihen vaikuttavia tekijöitä (Kontio & Kontio 2023).

Valuma-aluetta tarkasteltiin Suomen ympäristökeskuksen avointen aineistojen avulla sekä Scalgo-Live -työkalulla. Työssä käytettiin ScalgoLiven tukena QGIS-paikkatieto-ohjelmistoa, jolla saatiin analyysit maa- ja kallioperästä, maapeitteestä sekä valuma-alueesta. Lahden vesitilavuus laskettiin, jotta saataisiin arvioitua viipymä sekä syvänteiden vesitilavuus.

Onkivedestä löytyi runsaasti tietoja Suomen Ympäristökeskuksen Hertta -palvelusta ja Pohjois-Onkilahdessa on kaksi säännöllistä näytteenottoa paikkaa. Myös tilaaja kävi ottamassa alueella suppeat vesianalyysit touko- ja elokuussa 2024. Lisäksi maastossa käytiin tekemässä maastokatselmus sekä kenttämittaukset syyskuussa 2024. Kenttämittauksissa keskityttiin tulouomien virtaamiin sekä vedenlaadun arvoihin (pH, happi, sähkönjohtavuus ja lämpötila). (Kuva 5.) Vedenlaatuarvoja mitattiin tulouomista sekä lahdesta tulouomien läheisyydestä, poistouoman ympäriltä sekä syvänteistä. Vedenlaatatiedot koottiin Excelliin mallinnusta ja vertailua varten (liitteet 3–12).

6.2 Onkivesihanke

Onkivesi on luokiteltu ekologiselta tilaltaan tyydyttäväksi ja järvi on yksi Pohjois-Savon vesienhoidon toimenpideohjelman 2022–2027 kunnostusta vaativista kohteista. Onkivesihankkeen tavoitteena on päivittää Onkiveden alueen yleissuunnitelma ja kartoittaa Onkiveden kunnostustarpeet. Onkivesihankkeen päivitettyssä suunnitelmassa tullaan esittämään kunnostuskohteet ja suositellut toimenpiteet kustannusarvioineen ja tuloksena Savo-Karjala Vesien suojeluyhdistys ry:llä, ELY-keskuksella ja kunnilla on käytössään päivitetty yleissuunnitelma, joka erittelee vesienhallinnan ja järven kunnostustoimenpiteet. Aiemmat kunnostustoimenpiteet Onkivedellä ovat olleet onnistuneita ja niillä on saatu muun muassa ravinnekuormaa laskettua mutta lisää toimia tarvitaan, sillä vesistössä on havaittu tummumista ja lahtialueiden tilan heikkenemistä. Onkiveden yleissuunnitelma mahdollistaa pitkäjänteisen kunnostustyön, jota voidaan toteuttaa vaiheittain ja joka edistää vesistön kestävästä käytöstä sekä veden ekologista tilaa. (Savo-Karjalan Vesien suojeluyhdistys ry n.d.)

Onkivesi voidaan jakaa kuuteen selkävesialueeseen: Koivu-, Nerכון-, Paasi-, Sippolan-, Karva- ja Niskaselkä. Järvessä on yli 200 saarta, joista suurimmat ovat Viitasaari, Ulmansaari ja Myhkyrin-saari. Suurin osa tulovirtaamasta tulee Nerכוןjärvestä, jossa on säädelty kanava, jolla säädetään Onkiveden pinnankorkeutta sekä etelässä Naarvanjoki joka tuo vettä Naarvanjoen valuma-alueelta. Onkivesi laskee Maaninkajärveen Ahkiolahden kanavan ja Viannankosken kautta. Taulukossa 1 Onkiveden yleistiedot, jossa suurin syvyys on poikkeama järven muusta syvyydestä. (Savo-Karjalan Vesien suojeluyhdistys ry n.d.)

Taulukko 1. Onkiveden yleistiedot (Savo-Karjalan Vesiensuojeluyhdistys ry, n.d)

Pinta-ala	113 km ²
Suurin syvyys	36,5 m
Keskisyvyys	3,2 m
Järvityyppi	Runsasravinteiset järvet (Rr)
Ekologinen tila	Tyydyttävä
Laskennallinen viipymä	2 kk
Valuma-alueen pinta-ala	5583 km ²

Onkiveden vedenlaatu ja ekologinen tila riippuvat merkittävästi yläpuolisen vesistöreitien vedenlaadusta sekä järven sisäisestä kuormituksesta. Noin 50 % järveen tulevasta fosforista on peräisin peltoviljelystä ja 10 % metsätaloudesta. Lisäksi maataloudesta huuhtoutuvat ravinteet ja sedimentistä vapautuva fosfori ylläpitävät rehevöitymistä, jota pahentaa myös veden säännöstely. Pohjois-Savon vesienhoidon ohjelmassa (2016–2021) esitettiin, että fosforikuormitusta on vähennettävä noin 40 %, erityisesti Lapinlahden kunnan alueella. (Savo-Karjalan Vesiensuojeluyhdistys ry n.d.)

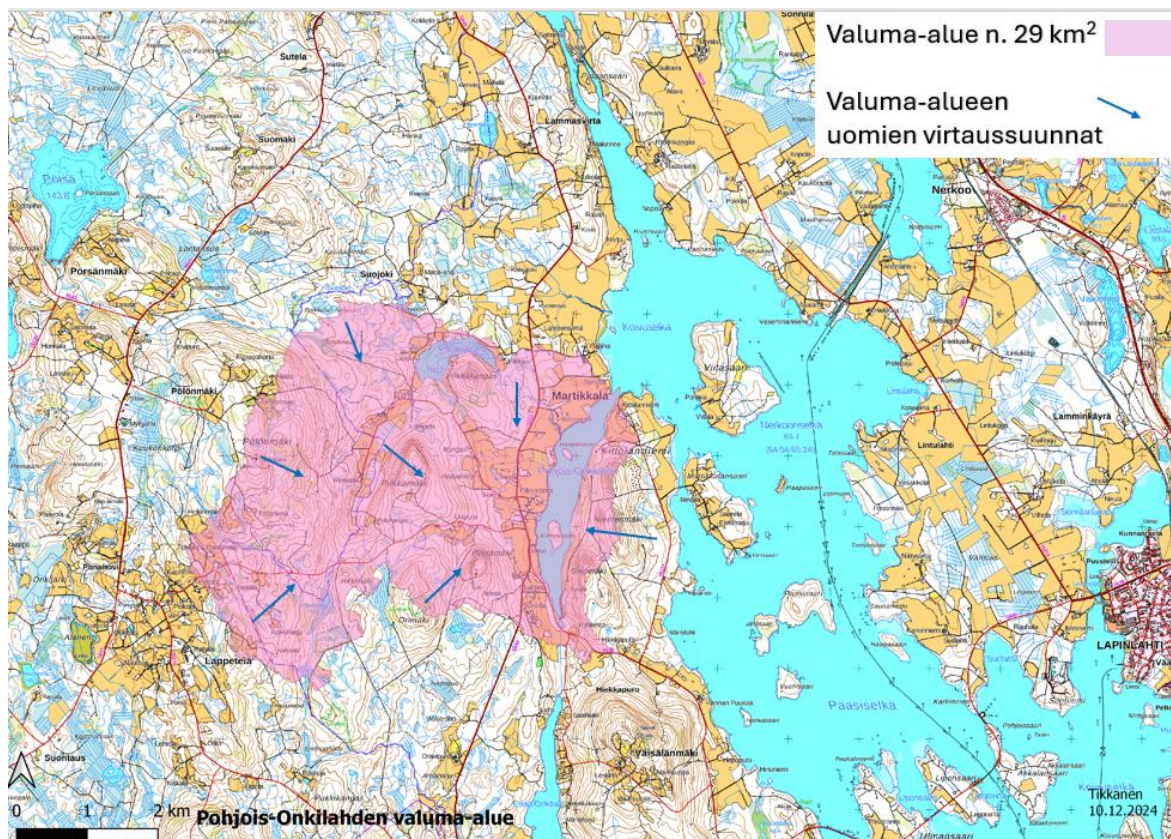
Onkivedellä on toteutettu vuosien 2012–2018 välillä useita kunnostushankkeita. Vuonna 2012–2013 tehtiin Liponsalmen ja Ulmansalmen virtausaukot sekä ruoppaukset. Ruoppauksia tehtiin myös 2015 Kuorevirralla sekä samana vuonna poistettiin vesikasvillisuutta Kajoonselältä. Levälahdelle rakennettiin kosteikko vuosina 2017–2018. (Savo-Karjalan Vesiensuojeluyhdistys ry n.d.)

7 VALUMA-ALUE JA HYDROLOGIA

7.1 Valuma-alue, maaperä ja maapeite

Valuma-alue

Pohjois-Onkilahden valuma-alue on melkein 30 km² (kuva 2). Valuma-alue mallinnettiin käyttäen ScalgoLive -työkalua. Alueen uomien virtaussuuntia mallinnettiin tarkastelemalla maastokartan korkeuseroja, sekä kuinka uomat myötäilevät maastoa

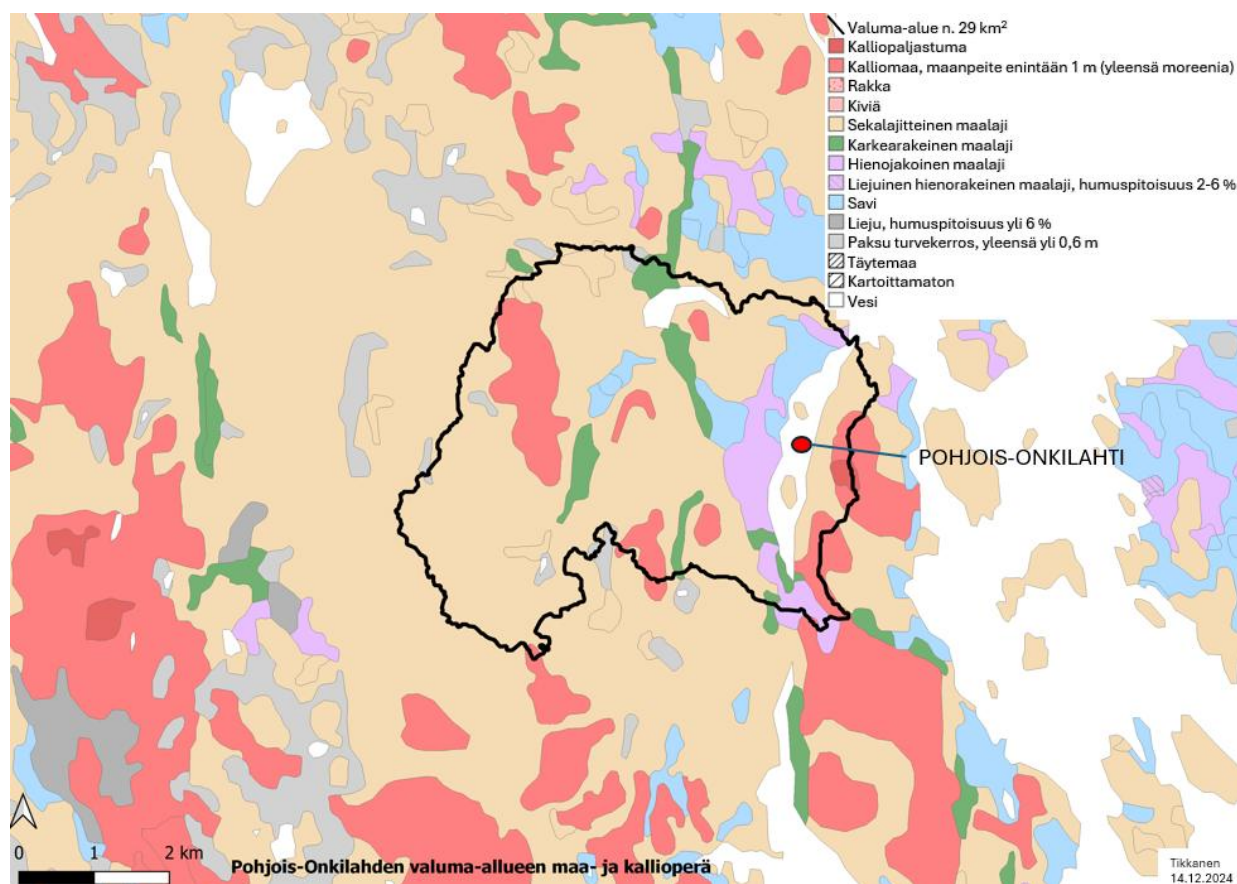


Kuva 2. Pohjois-Onkilahden valuma-alue (ScalgoLive n.d.) ja tulouomien virtaussuunnat (muokattu kohteesta Maanmittauslaitos)

Pohjois-Onkilahteen laskee yksi pääuoma, Myllypuro ja sen lisäksi useampi pienempi uoma, joiden virtaamat riippuvat osittain sateista. Useat uomat tulevat suoraviivaisesti ojitetuilta pelloilta. Eteläosassa on lisäksi yksi uoma, joka kytkee Pohjois-Onkilahden Etelä-Onkilahteen Kesäkummuntien alitse, mutta uomassa on heikko virtaama ja virtaussuunta on sääriippuvainen. Myllypurossa virtaa runsaasti vettä sekä uoma on melko leveä ja mutkitteleva. Uoman pituus on noin 1,5 km pitkä ja siihen laskee useita puroja. Myllypuro laskee Pilkanjärvestä, jonka pinta-ala on noin 31 ha. Järven korkeus on noin 14 m ylempänä kuin Pohjois-Onkilahti, jos käytetään keskimääräistä pinnankorkeutta Onkiveden alueella. Valuma-alueella on paljon korkeuseroja ja suurimmat korkeudet yltävät 180 metriin Pilkkamäellä.

Maa- ja kallioperä

Valuma-alueen maa- ja kallioperä muodostuu sekalajitteisesta maalajista, hienojakoisesta maalaajista, savesta, karkearakeisesta maalajista sekä kalliopaljastumista (kuva 3). Pohjois-Onkilahden lähiympäristö on pääsääntöisesti hienojakoisesta- ja sekalajitteista maalajista sekä savesta. Eteläosassa on myös jonkin verran karkearakeista maalajia sekä kalliopaljastumaa. GTK:n maankamara-palvelun aineistoissa hienojakoinen maa-aines on usein hiekkaa, hienoa hietaa ja hiesua. Sekalajitteinen maalaji on usein hiekkamoreenia ja hienoainesmoreenia. Karkearakeiset maalajit puolestaan voivat olla esimerkiksi soraa. Alueen maanpaksuus vaihtelee 1–10 metriin. Kalliot muodostuvat pääsääntöisesti graniitista. (GTK n.d.) ScalgoLive -työkalu määrittä valuma-alueen olevan 62 % hienoa savea ja hiekkaa.



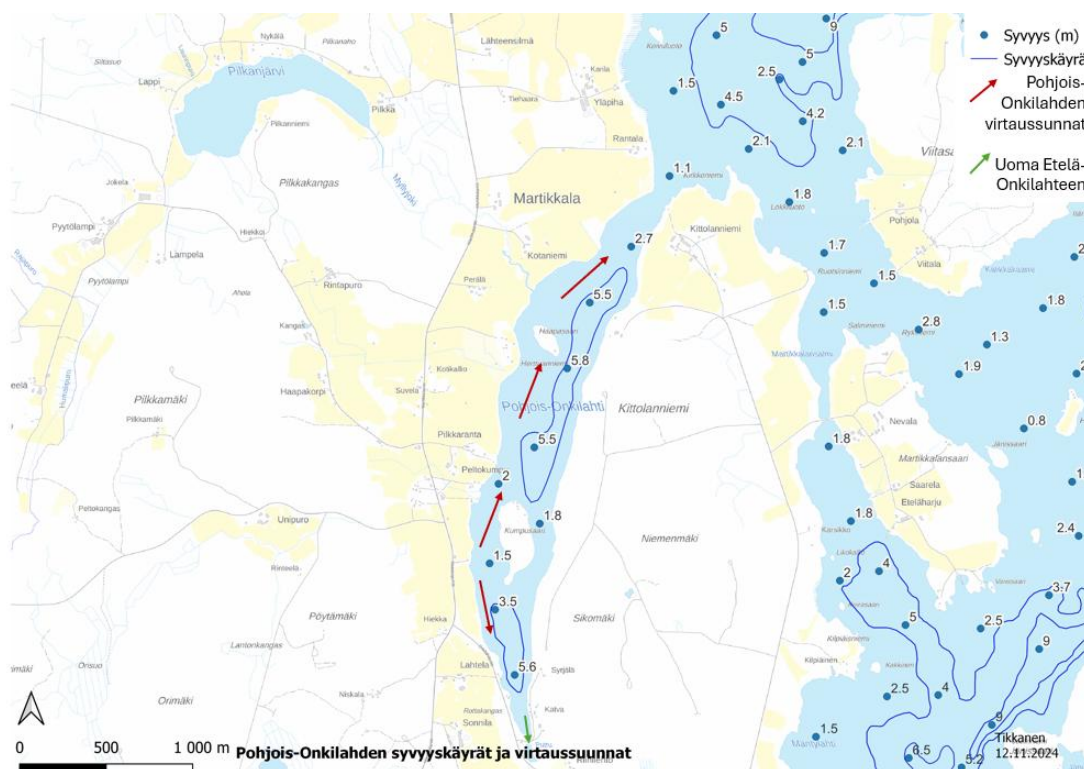
Kuva 3. Pohjois-Onkilahden valuma-alueen maa- ja kallioperä (muokattu kohteesta GTK)

Maapeite

Valuma-alueen maapeite koostuu suurimmaksi osaksi havumetsistä kivennäismailla (n. 30 %), sekametsistä kivennäismailla (n. 21 %), pelloista (n. 17 %), järvistä (n. 8,5 %) sekä harvapuustoisista alueilta kivennäismailla (n.8 %) (GTK n.d.). ScalgoLive määrittä alueen n.77 % metsiksi, n.14 % maatalousalueiksi sekä n.6 % vesialueiksi. Pohjois-Onkilahden lähiympäristö koostuu suurimmaksi osaksi pelloista, jotka ovat ojitettuja. Tulouomat kulkevat havu- ja lehtimetsien läpi mutta myös osittain ojitetujen turvemaiden kautta. Luoteessa on paljon suo- ja kosteikkoalueita. Alueen teollisuus ja liikenne on melko pientä ja asutus harvassa. (GTK n.d.)

7.2 Hydrologia

Pohjois-Onkilahti on noin 3,5 km pitkä ja sen pinta-ala saarineen on noin 1,2 km² (kuva 4). Se voidaan laskea sulkeutuneeksi lahtialueeksi, koska siinä ei ole läpivirtaamaa. Lahdessa on kaksi syvännettä ja kaksi saarta. Ensimmäinen syvännettä sijaitsee Haapasaaren itäpuolella ja toinen syvännettä sijaitsee Kumpusaaren eteläpuolella. Haapasaaren pinta-ala on noin 1,6 ha ja Kumpusaaren 6,5 ha. Lahden virtaamassuunnat olivat silmämääräisesti todettuja kenttätutkimuksissa luvussa 9. Virtaamaan vaikutti muun muassa tuulen suunta ja voimakkuus. Näin ollen virtaussuunnat olivat vain arvio ja vaativat tarkempaa tutkimusta. Havaintojen mukaan Koivuselältä ei juurikaan virtaa vettä Pohjois-Onkilahteen mutta Pohjois-Onkilahdesta virtaa vettä Koivuselälle.



Kuva 4. Pohjois-Onkilahden syvyydet ja virtaussuunnat (muokattu kohteesta Trafi.com)

Syvyyksistä huomataan, että lahti on melko matala ja keskisyvyys on noin 3,8 m. Se on kuitenkin hieman syvämpi kuin Onkiveden keskisyvyys. Pohjois-Onkilahden tilavuutta, virtaamaa ja viipymää oli vaikea määrittää tarkkaan, koska lahdesta ei ole tarkkaa tutkimustietoa. Kuitenkin jos laskuissa käytetään keskimääräisiä tietoja, saadaan ne määriteltyä suuntaa antavasti (liitteessä 1 kaavat 1–3). Näin ollen voitiin määrittää, että Pohjois-Onkilahden:

- tilavuus on noin 4 199 000 m³
- keskimääräinen virtaama noin 136 l/s
- viipymä on noin 11,9 kk.

Syvänteiden tarkkaa tilavuutta ei myöskään pystytty määrittämään. Kuitenkin arvion tilavuudesta pystyy laskemaan syvänteen syvyyden keskiarvon sekä pinta-alan mukaan (kaava 1). Näin ollen ensimmäisen ja isomman syvänteen alueen tilavuus olisi noin 980 000 m³ (syvänteen1) ja toisen 250 250 m³ (syvänteen2). Niiden prosentuaalinen osuus koko lahden tilavuudesta on 23,44 % ja 5,96 %.

8 VESINÄYTTEET

8.1 Näytteenottopaikat

Pohjois-Onkilahden näytteenottopaikat (kuva 5) määräytyivät osittain olemassa olevien tietojen ympärille. Koordinaatit on merkitty käyttäen TM35-FIN- koordinaatistoa (liite 2). Tietoja kerättiin Hertta - palvelusta (ELY), tilaajalta (Savo-Karjalan Vesiensuojeluyhdistys ry) sekä kenttämittauksista. Näytteenottopaikat jakautuivat seuraavasti:

- **Hertta** (lämpötila, pH, happikylläisyys, kokonaistyyppi, kokonaisfosfori, sähkönjohtavuus ja rauta); syvanne1 ja syvanne2 (ELY)
- **Tilaaja** (lämpötila, kokonaisfosfori, kiintoaine ja TOC); koivujoki, myllypuro1 ja pohjois-onkilahteen lask1 (Savo-Karjalan vesiensuojeluyhdistys ry)
- **Tekijä** (lämpötila, pH, sähkönjohtavuus ja happi); koivujoki2, koivujoki3, siivikointi1, siivikointi2, myllyjoki2, etelauoma ja pisteet 1–10 (tekijän määrittämät)



Kuva 5. Näytteenottopaikat (muokattu kohteesta Maanmittauslaitos)

Herttaan on kerätty kaikille avoimia tietoja vesistön laadusta. Näytteenottajat ovat ammattilaisia ELY-keskukselta (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus) joten tulokset ovat luotettavia. Hertta - palvelun sekä tilaajan data kerättiin ensin Exceliin, jotta alueelliset ja ajalliset erot olisivat helpommin havaittavissa. Tiedot pisteistä syvanne1, syvanne2, koivujoki, myllypuro1 ja pohjois-onkilahteen lask1 löytyvät liitteistä 3–12. Herttapalvelun näytteet pisteestä syvanne1 on kerätty vuosien 2017–2024 maal- ja syyskuun välillä. Pisteestä syvanne2 tiedot ovat vuodelta 2019 kesältä ja talvelta. Tilaajan pisteiden tiedot ovat touko- ja elokuulta 2024. Lisäksi työssä kerättiin tietoa kenttämittauksilla.

Kenttämittausten tulokset ovat syyskuulta 2024. Tavoitteena oli saada mahdollisimman kattavasti tietoa, minkä laatuista vettä Pohjois-Onkilahden alueella virtaa ja minkä laatuista vettä Pohjois-Onkilahdessa on, joten kenttämittausten pisteet määräytyivät joko verrokkipisteiksi tai lisätiedoksi jo olemassa olevien pisteiden tueksi. Kenttämittauksia käsitellään luvussa 9.

8.1.1 Syvanne1

Syvanne1 pisteen tulokset kerättiin talvikuukausilta päiviltä 16.3.2017, 4.3.2019 ja 2.4.2024. Kesän tiedot ovat kerätty päiviltä 8.8.2017, 13.8.2019 ja 4.9.2024. Syvanne1 tietoja tarkastelemalla saadaan käsitys, missä kunnossa syvänteen vesi on ja onko se kerrostunutta. Tässä kohtaa on huomioitava se, että Trafín syvyyskartta näyttää hieman eri tuloksia mitä Hertan syvyysmittaukset. Hertan tiedoissa syvanne1 on 7,0 metriä syvä ja syvänteen näytteen on otettu 6 metrissä ja Trafín mittauksissa syvanne näyttää olevan 5,8 m. Kuitenkin voidaan olettaa, että näytteenottaja on mitannut syvänteen tarkemmin kuin syvyyskartta näyttää.

Lämpötila

Syvanne1 talvikuukausien lämpötilat (liite 3) ovat normaalit (vaihteluväli 0,6–5,3 °C). Lukemat lämpenevät syvemmälle päin mentäessä mikä on normaalia. Suurin pudotus näkyy 3 metrin kohdalla kun 2017 lämpötila on ollut 4,1 °C ja 2014 1,4 °C. Myös 5 metrissä lämpötila on laskenut 1,6 astetta vuodesta 2017.

Kesäkuukausien lämpötilat (liite 4) ovat täysin normaalit 1 metrissä, mutta 5 metrissä on huomattavan lämmintä vettä, mikä voi kieliä siitä, ettei vesi kerrostu normaalisti. 5 metrin lämpötila on noussut 3,1 astetta vuodesta 2017 (vaihteluväli 13,9–18,0 °C).

Kaikkien kerrosten lämpötilat ovat viileämmät vuonna 2024 verrattuna vuoteen 2017. Tämä on kuitenkin täysin normaalia vuosien välistä vaihtelua. Näytteet on otettu hieman eri aikoihin, jolloin syyskierto on jo vaikuttanut lämpötiloihin mikä on tasannut lämpötilaeroja.

pH

pH on pysynyt vuosien 2017–2024 välillä melko vakiona kesällä ja talvella. Alin pH 6,6 on mitattu talvella ja ylin pH 7,2 kesällä. Lukemat ovat normaalit (vaihteluväli 6,6–7,2).

Happikylläisyys

1 m happikylläisyys kesällä nousee vuoteen 2024. Talvikuukausien happikylläisyys taas hieman laskee. Syvanne1 happikylläisyys 5 metrissä kesällä on huomattavasti parantunut vuodesta 2017 ja pysyy pohjassa tyydyttävällä tasolla. Happipitoisuudet kuitenkin laskevat rajusti pohjaan päin mentäessä varsinkin talvikuukausina. 5 metrin happikylläisyys on edelleen välttävällä tasolla, vaikka se on noussut vuodesta 2017. Jos vuoden 2024 tuloksia verrataan talven ja kesän suhteen, ei pudotus ole niin radikaali kuin aiempina vuosina. Kuitenkin happikylläisyys melkein puolittuu talvikuukausina. Kesäkuukausien vaihteluväli liikkuu 3–95 happikylläisyysprosentin välillä ja talvikuukausien 4–83 happikylläisyysprosentin välillä. (Kuva 6.)



Kuva 6. Syvanne1 happikylläisyys tilanne kesällä ja talvella (Hertta)

Kokonaistyyppi

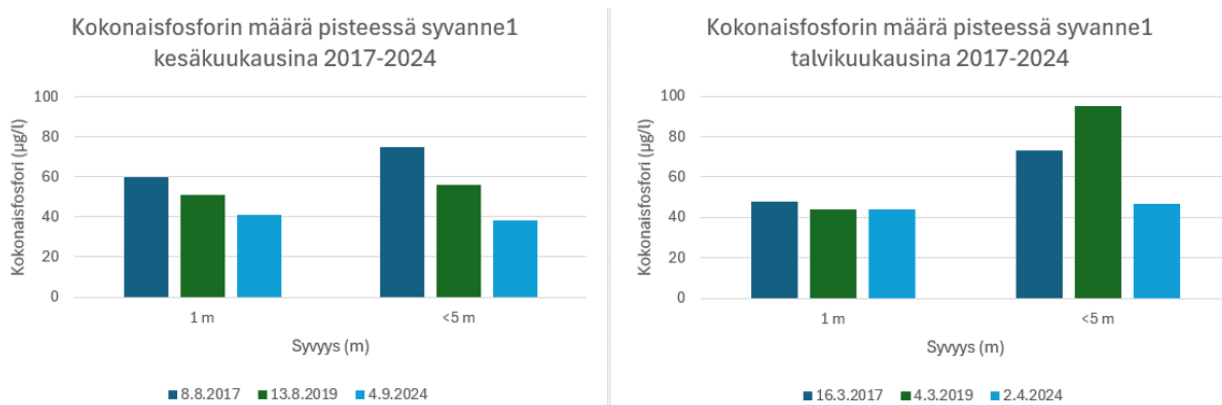
Talvella kokonaistypen määrä on laskenut 5 metrissä vuodesta 2017. Vuonna 2017 pitoisuudet pohjassa ovat ylittäneet erittäin rehevän raja-arvot ja vuonna 2024 arvot pysyvät rehevän raja-arvoissa (vaihteluväli 940–1600 µg/l). Talvella 1 metrissä arvot ovat pysyneet melko sama kuitenkin nousten vuoteen 2024 (vaihteluväli 800–970 µg/l). Kesäkuukausien typpi-arvot ovat pysyneet 1 metrissä tasaisina ja rehevän arvoissa (vaihteluväli 660–710 µg/l). Suurin pudotus on 5 metrin ravinnemäärien pudotus vuodesta 2017 vuoteen 2019, jonka jälkeen pitoisuudet ovat pysyneet samana. Kesänkin arvot pysyvät rehevän raja-arvoissa (vaihteluväli 700–1300 µg/l). (Kuva 7.)



Kuva 7. Syvanne1 kokonaistyyppipitoisuus määrät talvella ja kesällä (Hertta)

Kokonaisfosfori

Kokonaisfosforin talvipitoisuudet 1 metrissä ovat pysyneet vakiona (vaihteluväli 44–48 µg/l). 5 metrin pitoisuudet taas nousevat vuodesta 2017 vuoteen 2019, mutta laskevan alimmilleen vuoteen 2024 (vaihteluväli 47–95 µg/l). Vuonna 2024 pinnan ja pohjan pitoisuuksissa ei ole enää huomattavaa eroa. Pitoisuudet asettuvat rehevän raja-arvoihin. Kesäkuukausina 1 metrin pitoisuudet ovat laske-neet tasaisesti vuodesta 2017(vaihteluväli 41–60 µg/l). 5 metrin kokonaisfosforipitoisuus myös las-kee tasaisesti vuoteen 2024 (vaihteluväli 38–75 µg/l). Pitoisuudet eivät poikkea kovin paljoa enää kesällä ja talvella vuonna 2024. (Kuva 8.)



Kuva 8. Syvanne1 kokonaisfosforipitoisuus määrät talvella ja kesällä (Hertta)

Sähkönjohtavuus

Talvella 2017 5 metrin sähkönjohtavuus (liite 5) kohoaa (n.10 mS/m) mutta pysyy normaalien sisävesien arvoissa. Arvot laskevat pohjassa vuodesta 2017 vuoteen 2024 3,2 yksikköä (vaihteluväli 6,6–9,8 mS/m). Vuosien 2017 ja 2019 arvoissa näkyy kerrostumista 1 metrin ja 5 metrin arvojen välillä, mutta 2024 arvot ovat melko samat pinnassa ja pohjassa (vaihteluväli 4,8–9,8 mS/m). Pintakerroksen sähkönjohtavuuden nousu talvella voi johtua mahdollisesti valumavesien vaikutuksesta (vaihteluväli 4,8–6,1 mS/m). Syvempien kerrosten johtavuuden lasku voi viitata muutoksiin pohjan veden kemiallisessa koostumuksessa, kuten vähemmän liuenneisiin suoloihin tai muihin johtaviin aineisiin.

Kesäkuukausien sähkönjohtavuudet (liite 6) ovat laskusuuntaisia niin pinnassa kuin pohjassa (vaihteluväli 4–6,9 mS/m). Selkeää kerrostumista ei ole havaittavissa. Sekä pintakerroksen että syvempien kerrosten sähkönjohtavuuden lasku kesäkuukausina voi kertoa vähentyneistä ravinnepitoisuuksista tai veden vaihtuvuudesta.

Rauta

Talvikuukausien rautapitoisuudet (liite 7) eivät juurikaan muutu 1 metrissä vuosien 2017 ja 2024 välillä mutta ovat silti korkeat (< 1000 µg/l). 5 metrin pitoisuudet taas ensin nousevat vuodesta 2017 ja sitten laskevat rajusti vuoteen 2024. Suurin piikki osuu vuodelle 2019, kun rautapitoisuus nousee jopa 6700 µg/l ja se myötäilee heikkoa happitilannetta ja fosforimäärän kasvua samana vuonna. 2024 pitoisuus on huomattavasti pienempi, 1500 µg/l mutta silti huomattavan korkea, mikä voi viitata hapettomaan alusveteen tai suovaltaiseen valuma-alueeseen. Vaihteluväli 5 metrissä on 1500–6700 µg/l ja 1 metrissä 1100–1400 µg/l.

Kesäkuukausien rautapitoisuudet (liite 8) laskevat niin pinnassa kuin pohjassa. Myöskään vuoden 2019 pohjan rauta-arvojen nousu ei näy pinta-arvoissa. Arvot laskevat vuodesta 2017, joka voisi selittää osittain rauta-arvojen jyrkän nousun pohjassa vuonna 2019 (vaihteluväli 760–1000) µg/l). Vuoden 2024 arvot pysyvät alle 1000 µg/l, mikä viittaa suo- tai humusvesiin.

Sekä talvi- että kesäkuukausina rautapitoisuus syvemmällä on laskenut selvästi vuoden 2017 korkeista arvoista vuoteen 2024. Tämä voi viitata vähähappisten olosuhteiden vähenemiseen syvänteissä, jolloin liukoista rautaa ei liukene niin paljon veteen. Rautapitoisuus pintakerroksessa ja syvemmältä kesällä on laskenut, mikä voi johtua veden laadun paranemisesta, vähentyneistä valumista tai lisääntyneestä hapellisesta tilasta, joka voi saostaa rautaa pohjalle.

Klorofylli-a

Klorofylli-a pitoisuudet pysyvät kesäkuukausina yli 30 µg/l ja vaihteluväli on 30–35 µg/l välillä, mikä kertoo suuremmasta levätuotannosta.

8.1.2 Syvanne2

Syvanne2 pisteestä on kerätty tietoa vain vuonna 2019. Näytteet on otettu 1 m, 3 m ja <7 m. Tässä on huomioitava se, että syvyyskartoissa suurin syvyys syvanne2 kohdalla on ollut 5,6 m mikä aiheuttaa ristiriidan syvyydessä, kun Hertan syvyysmittauksissa syvyys on ollut 8,3 m. Kuitenkin voidaan olettaa, että näytteenottaja on mitannut syvänteen tarkemmin kuin syvyyskartta näyttää. Talvella näytteet on kerätty maaliskuussa 2019 ja kesällä lokakuussa 2019. Syvanne2 tietoja tarkastelemalla saadaan käsitys, missä kunnossa syvänteen vesi on ja onko se kerrostunutta.

Talven tiedot on kerätty liitteeseen 9. Talvella lämpötilakerrostuneisuus on normaali (vaihteluväli 0,6–3,2 ° C) ja pH pysyy vakiona (6,6). Sähkönjohtavuus nousee hieman pohjaan mentäessä mutta pysyy koko ajan sisävesien raja-arvoissa (vaihteluväli 5,0–7,7 mS/m). Happikylläisyys laskee rajusti yli 5 metrissä, jossa se on vain 8 %. Suurin pudotus tapahtuu 3 metrin jälkeen (vaihteluväli 8–58 happikylläisyysprosenttia). Kokonaistypen ja kokonaisfosforin pitoisuudet nousevat rajusti 3 metrin jälkeen ja ylittävät erittäin rehevän raja-arvon (kokonaistypen vaihteluväli 710–1400 µg/l). Etenkin kokonaisfosforin osalta pitoisuuden nousu on korkea, noin 94 yksikköä (vaihteluväli 14–130 µg/l). Pohjan rautapitoisuus on myös huomattava, jopa 5000 µg/l ja sekin lähtee jyrkkään nousuun 3 metrin jälkeen (vaihteluväli 670–5000 µg/l). Tulokset osoittavat, että syvanne on todella huonossa kunnossa 3 metrin jälkeen. Tulokset ovat huolestuttavat ja antavat viitteitä siitä, että syvänteen normaali kierto on häiriintynyt.

Kesän tiedot on kerätty liitteeseen 10. Lämpötila kerrostuu normaalisti ja laskee pohjaa kohti (vaihteluväli 6,9–17,0° C) sekä pH pysyy tasaisena (vaihteluväli 6,8–7,1) ja on hieman korkeampi kuin talvella. Sähkönjohtavuus arvot kohoavat hieman pinnasta pohjaan mutta pysyvät sisävesien raja-arvoissa (vaihteluväli 4,8–7,9 mS/m). Kokonaistyyppi nousee pohjassa rajusti yli erittäin rehevän raja-arvojen kohoten 1600 µg/l (vaihteluväli 740–1600 µg/l). Kokonaisfosfori pysyy rehevän raja-arvoissa ja jopa laskee syvänteessä (vaihteluväli 46–60 µg/l)). Rautapitoisuudet nousevat samoihin lukuihin kuin talvella (vaihteluväli 870–5100 µg/l). Klorofylli-a pitoisuus nostaa pintaveden tilan rehevän arvoihin, mikä kertoo levien suuresta määrästä lokakuussa (35 µg/l).

Syvänteen vähähappiset olosuhteet näkyvät sekä talvi- että syyskaudella korkeina rautapitoisuuksina ja alhaisena happikylläisyytenä. Myös korkeat fosfori- ja typpipitoisuudet kielivät ongelmista. Pintaveden laatu vaihtelee selvästi vuodenaikojen mukaan.

8.1.3 Tilaaja

Tilaajan näytteet on kerätty toukokuussa ja elokuussa 2024. Toukokuun 2024 tulokset löytyvät liitteestä 11 ja elokuun liitteestä 12. Tilaajan mittauksista selviää, minkä laatuista vettä alueelle valuu, joten niiden tietojen perusteella voidaan selvittää valuma-alueen tilaa.

Jos seurataan myllyjoki1 ja pohjois-onkilahteen lask1 uomien typpipitoisuuksia toukokuussa ne asettuvat 550–630 µg/l, mikä asettuu lievästi rehevän raja-arvoihin. Kokonaisfosfori pysyy rehevän raja-arvoissa (30–38 µg/l). Kiintoaineen määrä vaihtelee 3,6–5,8 mg/l välillä ja TOC-arvot myötäilevät niitä pysyen 7,7–12,0 mg/l lukemissa. Nämä viittaavat heikosti humusvesiin.

Elokuussa typpi-arvot ovat hieman laskeneet mutta kokonaisfosforimäärät ovat suuremmat, pysytellen kuitenkin rehevän raja-arvoissa. Kiintoainetta on enemmän ja TOC-arvot ovat myös hieman korkeammat, varsinkin Myllyjoessa, mikä viittaa siihen, että joko sateet ovat huuhtoneet maaperää tai aineet ovat konsentroituneet veden vähyyden takia. Valuma-alueen vedenlaatu ei siis ole kovin heikkolaatuista, mutta kuljettaa kuitenkin haitta-aineita vesistöön.

Jos tulouomia verrataan koivujoki1 tuloksiin, ovat ne hieman paremmat, vaikka huomattavaa eroa ei olekaan. Koivujoki virtaa Koivuselälle, missä uoman vesi sekoittuu suurempaan vesimassaan.

8.2 Yhteenveto

Jos tarkastellaan tuoreimpia tuloksia talvikuukausina, niin selvästi syvanne2 tilanne on heikoin. Tulokset osoittavat pohjan olevan vähähappinen sekä ravinnepitoisuudet ovat huolestuttavalla tasolla. Raudan määrä kielii siitä, että rauta on saattanut pelkistyä liukoisein muotoihin (Fe²⁺) vähähappisissa olosuhteissa. Syvänteistä ei ole mitattu sulfaattipitoisuuksia, joten raudan pelkistymistä rautasulfideiksi ei voi todentaa. Kuitenkin liukoisen raudan määrä ja muut mahdolliset aineiden yhteisvaikutukset vaikuttavat ravinteiden luontaiseen kiertoon. Syvänteen tila romahtaa selvästi 3 metrin jälkeen ja lämpötilakerrostuneisuutta on havaittavissa. Syvänteessä on havaittavissa sisäistä kuormitusta fosforimäärästä päätellen. Kuitenkaan syvänteestä ei ole tietoa viimeiseen 5 vuoteen, joten nykytilannetta ei voida arvioida kovin tarkkaan. Myös syvänteen syvyyksissä on hieman ristiriitaa, eli todellisuudessa syväne on syvempi mitä on oletettu.

Syvanne1 on tilavuudeltaan isompi, joten pitoisuudetkin laimenevat helpommin vesimassaan. Syvänteen tilanne on tyydyttävä, vaikka happipitoisuus laskeekin välttävään. Syvänteessä ei myöskään ole havaittavissa samanlaista kerrostumista kuin syvanne2 kohdassa. Rautapitoisuudet ovat huolestuttavat mutta voivat johtua pelkästään valuma-alueen maa- ja kallioperästä huuhtoutuvista humusvesistä tai raudan liukoisesta muodosta. Vuoden 2019 piikki kun kokonaisfosforin ja raudan pitoisuudet ovat nousseet johtuen pohjan vähähappisista olosuhteista, on tasoittunut vuoteen 2024. Tämänkin syvänteen syvyys on luultavasti oletettua syvempi.

Myllyjoki1 ja pohjois-onkilahteen lask1 uomien pitoisuudet kielivät, että valuma-alueen vesi rasittaa jonkun verran vesistöä. Valuma-alueen vesi ei ole todella heikkolaatuista, mutta alueen humusvedet sekä peltoviljely näkyy tuloksissa ja rasittavat jo valmiiksi rehevöitynyttä vesistöä.

9 KENTTÄMITTAUKSET

9.1 Näytteenottoaikat

Näytteenottoaikat valittiin aiempien mittausten ja arvioiden perusteella, keskittyen alueisiin, joissa kuormittavia tekijöitä todennäköisesti esiintyy. Tarkimmat tiedot hajakuormituksen muodostumisesta olisi saatu seuraamalla tulouomien lähtöpisteitä ja niiden etenemistä etelauomaan saakka, mutta resurssirajoitteiden vuoksi osa pisteistä karsittiin. Lisäksi osa paikoista sijaitsi alueilla, joihin ei ollut pääsyä.

Siivikointi1 ja Siivikointi2 -pisteet valittiin tulouomien perusteella. Siivikointi1 sijoitettiin Koivupurolle, vaikka se ei laske suoraan Pohjois-Onkilahteen, sillä Koivulahden tilaa seurataan säännöllisesti ja sen ympärillä olevien peltöjen vaikutus oli tärkeä selvittää. Piste valittiin tasaisen uoman ja virtaaman perusteella, jotta pelloilta tulevan kuormituksen vaikutuksia voitiin verrata ennen ja jälkeen peltoalueen. Siivikointi2 puolestaan sijoitettiin uomaan, joka laskee suoraan Pohjois-Onkilahteen. Alueen saavutettavuus rajoitti tarkempien mittausten tekemistä, mutta piste tarjosi arvokasta tietoa Pii-kanjärvestä Myllyjokeen virtaavan veden määrästä.

Ensimmäisenä kenttämittauspäivänä (23.9.2024) tarkasteltiin tulouomia ja etelauomaa. Koivujoki2 valittiin, koska se purkaa vetensä Koivulahteen, ja Koivujoki3, koska se sijaitsee ennen suurta peltoaluetta, mahdollistaen kuormituksen vertailun. Samoin Myllyjoki2 sijoitettiin ennen peltoja, sillä purkupiste oli yksityisalueella. Etelauoman mittaukset olivat tärkeitä Pohjois-Onkilahden veden laadun arvioimiseksi sen eteläosassa ja mahdollisten vaikutusten tunnistamiseksi Etelä-Onkilahteen.

Toinen kenttämittauspäivä (25.9.2024) suoritettiin veneellä (pisteet 1–10). Ensimmäisen päivän tulokset eivät olleet huolestuttavia, paitsi etelauomalla. Mittauksilla selvitettiin, missä vaiheessa Pohjois-Onkilahden tila heikkenee lahden eteläpäästä kohti. Osa pisteistä sijoitettiin tulouomien läheisyyteen kuormittavien aineiden liukenemisen ja pistekuormituslähteiden tunnistamiseksi, osa etelauoman tuntumaan vedenlaadun muutosten, kuten sähkönjohtavuuden nousun ja vähähappisuuden, seuraamiseksi. Syvänpisteitä tutkittiin aiempien vesinäytteiden vertailun vuoksi. Koivuselällä sijaitsevat pisteet 9 ja 10 valittiin verrokeiksi, jotta Pohjois-Onkilahden tilasta saatiin yleiskuva ja voitiin seurata, miten Koivujoen pitoisuudet laimenevat vesimassassa.

9.2 Virtaamamittaukset

Virtaamamittauksissa käytettiin SEBA Mini Current Meter M1-siivikkoa (kuva 9). Siivikko ei ole automaattinen, vaan siivekkeeseen on tehty merkit, jonka avulla kierrosluvun saa laskettua. Mukaan tarvittiin mittanauha, jolla uoman sai jaettua tasaisiin lohkoihin sekä sekuntikello, jolla otettiin aikaa.



Kuva 9. Siivikko (Tikkanen 2024)

Sää oli hieman sateinen mutta melko tyyni. Vesi oli kuitenkin silmämääräisesti kirkasta. Siivikointi1 piste oli helppo jakaa lohkoihin. Uoman leveys oli noin metrin ja pohja oli melko tasainen. Vesi virtasi betonirummuille päin. Kuitenkin vastavirtaan katsottuna vasemmassa reunassa oli jonkin verran kasvustoa, joka häiritsee siivekkeen pyörimistä. Liitteessä 13 uoman syvyysprofiili.

Kasvuston takia päätin ottaa aikaa 60 sekuntia 30 sekunnin sijasta, jotta tulos olisi varmempi. Silmämääräisesti arvioituna virtaama näytti melko suurelta. Jos virtaama olisi ollut suurempi, siivekkeen kierrosmäärää olisi ollut vaikea laskea. Kuitenkin vesi oli kirkasta ja virtaama melko tasaista, joten mittaukset onnistuivat hyvin.

Siivikointi2 piste oli vaikea määrittää, koska uoman virtaama oli todella suuri ja uoma oli todella leveä ja mutkitteleva. Kuitenkin mittauspaikka löytyi kohdasta, jossa pohja oli tasainen ja virtaus oli silmämääräisesti sen verran pienempi, että siivekkeen pyörimisnopeuden sai laskettua. Liitteessä 14 uoman syvyysprofiili. Taulukossa 2 on esitetty siivikointitulokset.

Taulukko 2. Siivikointi 23.9.2024

Päivämäärä	Pisteen nimi	Aika (s)	Kierros (krt)	Havainnot
23.9.2024	Siivikointi1	1. 60 2. 60 3. 60 4. 60	1. 80 2. 60 3. 55 4. 20	Toisessa reunassa kasvustoa, joka häiritsee virtaamaa
23.9.2024	Siivikointi2	1. 60 2. 60 3. 60 4. 60	1. 60 2. 55 3. 65 4. 62	Ainoa paikka, jossa virtaama tarpeeksi pieni

Tuloksista huomataan juuri se, että Siivikointi1 pisteessä (kuva 10) oikea puoli uomasta virtaa nopeammin kuin vasen puoli vastavirtaan katsottuna. Myös Siivikointi2 pisteen virtaama on ollut suuri. Virtaamalaskuja laskettaessa on hyödynnetty ensin kaavaa 4, jotta saatiin määritettyä virtausnopeus. Sen jälkeen kaavalla 5 määritettiin yhden sektorin virtausnopeus sekä kaavalla 6 sektoreiden yhteenlaskettu virtausnopeus, jolloin saatiin koko uoman virtaama selville. Laskuissa käytettiin mitaustuloksia taulukosta 2. Laskut ovat liitteessä 1, kaavat 4–6. Siivikointi1 pisteen virtaamaksi saatiin 59 l/s ja siivikointi2 pisteen virtaamaksi 100 l/s. Virtaamamittausten tarkkuuden kannalta virtaamat olivat hieman suuria, joten pieniä mittausrvirheitä on otettava huomioon. Kuitenkin tulos oli suuntaa antava, sekä riittävän tarkka virtaamamääritysten osalta.



Kuva 10. Siivikointi1 piste (Tikkanen 2024)

Alueen muut mahdolliset tulouomat olivat kuivia tai niissä oli hyvin vähäisesti vettä. Pohjois-Onkilahden päätulouomana voidaan siis pitää Myllypuroa, jossa virtaama oli suurta.

9.3 Kenttämittaukset

Kenttämittauksissa käytettiin HACH HQ40D -kenttämittaria. Laite oli viimeksi päivitetty 24.18.2018 (Antikainen, L., Savonia-ammattikorkeakoulu). Kenttämittariin voidaan liittää kolme eri anturia (kuva 13), jotka mittaavat lämpötilaa, pH:ta, sähkönjohtavuutta sekä happea. Kaikki anturit oli kalibroitu 18.9.2024 (Antikainen, L., Savonia-ammattikorkeakoulu).

Ensimmäisenä mittauspäivänä sää oli hieman sateinen mutta melko tyyni. Kaikki mittausuomat olivat matalia, alle 0,5 metriä. Koivujoki2 mittapisteeseen oli hieman vaikeuksia päästä, joten mitta- paikka ei ollut paras mahdollinen. Kuitenkin anturit sai melko hyvin veteen, vaikka keskemältä uo- maan olisi saanut oikeellisemman tuloksen. Virtaama ei ollut kovin suurta silmämääräisesti arvioituna. Koivujoki3 mittauspiste oli vaivaton mutta virtaama siinä kohdalla oli melko suurta. Koitin etsiä koh- ta, jossa anturit pysyisivät hyvin vedessä mutteivat liikkuisi virtaaman mukana. Antureiden liikku- essa ne voivat irrottaa pohjasedimenttiä, mikä vaikuttaa tulosten oikeellisuuteen.

Myllyjoen mittapisteellä virtaus oli suurta ja antureita oli aluksi vaikea saada pysymään paikoillaan. Kuitenkin uomasta löytyi kohta, jossa anturit pysyivät hyvin. Poistouoman mittauspiste oli myös hie- man haastava, koska kohta oli niin umpeenkasvanut, että antureille oli hankala löytää sopiva kohta. Taulukossa 3 on esitetty ensimmäisen päivän kenttämittaustulokset.

Taulukko 3. Kenttämittaukset 23.9.2024

Pisteen nimi	Lämpötila (°C)	pH	Sähkönjohta- vuus (mS/m)	Happi (mg/l)
Koivujoki2	8	6,45	5,9	10,35
Koivujoki3	7,2	6,72	5,5	11,45
Myllyjoki2	8	6,59	4,0	9,7
Eteläuoma	7,7	6,91	15,1	2,11

Tuloksista huomataan, että etelauoman arvot poikkeavat muista sähkönjohtavuuden sekä hapen osalta. Virtaamaa ei voinut määrittää pisteessä, mutta laskin siivikon veteen, eikä siiveke pyörinyt missään kohdassa. Tästä päätellen virtausta ei ollut tai virtaama oli hyvin heikkoa. Aluksi oletin, että uoma on poistouoma, joka päättyi Kesäkummuntiehen, jonka jälkeen Pohjois-Onkilahti purkaisi Etelä-Onkilahteen pienen uoman ja lammen kautta mutta myöhemmin selvisi, että uoma ei välttä- mättä laskekaan Etelä-Onkilahteen, jolloin sitä ei voi pitää poistouomana. Tiellä ei näyttänyt olevan poistoputkea eikä muutakaan aukkoa, josta vesi olisi päässyt virtaamaan esteettömästi eteenpäin (kuva 11) mutta ilmeisesti tien ali kulkee jonkin näköinen rumpu. Kuitenkin uoman ympäryks oli myös todella umpeenkasvanut, eikä kohdasta nähnyt kunnolla Pohjois-Onkilahdelle. Kohdan virtaamatto- muus sekä umpeenkasvu selittää miksi eteläuoman sähkönjohtavuuspitoisuudet ovat huomattavasti korkeammat kuin muiden pisteiden sekä miksi kohta on melkein hapeton.



Kuva 11. Etelauoman kohta Kesäkumuntien vieressä (Tikkanen 2024)

Toisen päivän (25.9.2024) sää oli tuulisempi sekä lahdessa oli jonkin verran aallokkoa. Tuuli puhalsi etelästä päin, joten aallokko liikkui kohti Koivuselkää. Kuitenkin Kumpusaaren jälkeen lähellä toista syvänettä, siivikko näytti, että virtaama olisi virrannut kohti etelauomaa. Virtaama määrytykset tehtiin kuitenkin silmämääräisesti sekä siivikon siivekkeitä hyödyntäen, joten tulosta ei voi pitää täysin oikeellisena. Pisteiden 1–6 aikana aallokko oli melko voimakasta, mikä vaikutti oleellisesti pinnan happipitoisuuksiin. Pisteiden 7–10 aikana keli tyyntyi ja aallokkoa ei juurikaan ollut. Taulukossa 4 on esitetty toisen mittauspäivän tulokset.

Taulukko 4. Kenttämittaukset 25.9.2024

Pisteen nimi	Syvyys pinnasta (m)	Lämpötila (°C)	pH	Sähkönjohtavuus (mS/m)	Happi (mg/l)
Piste1	0–1	13	6,7	4,2	9,84
Piste2	0–1	13	6,7	4,4	10,1
Piste3	0–1	13	6,7	4,4	9,75
Piste4	0–1	13	6,6	4,4	9,82
Piste5	0–1	12	6,0	4,5	8,04
Piste6	0–1	11,2	6,5	14,2	5,3
Piste7	5	11,7	6,3	4,6	>7 (virheellinen)
Piste8	5	12,6	6,6	4,4	9,67
Piste9	0–1	13,3	6,3	3,8	9,13
Piste10	5	12,9	6,2	3,8	9,09

Pisteet 1–5 olivat purku-uomien varrella, eikä tulokset ole mitenkään hälyttävät. Alustavien tulosten mukaan pelloilta ei tullut yksittäisiä pistekuormituslähteitä, jotka olisivat näkyneet sähkönjohtavuusarvoissa. Piste 5 jälkeen alkoi vesistö olla umpeenkasvanutta ja pisteen 6 kohdalla vesikasvillisuutta oli huomattavasti. Silmämääräisesti vedessä kasvoi muun muassa ulpukoita, uistinviitaa sekä vesiruttoa. Ennen eteläuomaa vedessä kasvoi myös pensaskasvustoa, joka peitti näkyvyyden uomalle (kuva 12). Vesikasveista pystyi päättämään lahden olevan rehevä, koska kyseiset lajit viihtyvät rehevissä järvissä. Pohja tuntui airolla tökkiessä kovalta ennen pistettä 6. Sen jälkeen pohja muuttui pehmeäksi, sekä pintaan nousi hajuja.

Pisteet 7,8 ja 10 olivat syvänteistä. Antureiden vaijerit olivat noin 5 m pitkiä ja anturit laskettiin vähän alle 5 metriin. Piste 7 happipitoisuus poikkeaa muista pisteillä tehdyistä mittauksista ja syynä voi olla virheellinen mittaus tai päivän aikana ollut tuulinen ja aallokoinen keli. Piste 7 happipitoisuus vastaa syvanne2 mittauspisteen 3 metrin lukemaan, joten voidaan olettaa anturin olleen lähempänä 4 metriä kuin 5 metriä. Myös pisteen 8 syvänteen pitoisuudet poikkeavat muissa tutkimuksissa, joten 25.9.2024 tehtyjen tutkimusten kanssa tulee huomioida epävarmuustekijät mittauksissa. Oli myös oletettu syvänteiden olevan noin 5 metriä syviä, vaikka todellisuudessa ne olivat yli 7 metriä.

Kenttämittauksissa ei ilmennyt veden kerrostumista kuten muissa mittauksissa. Pohjois-Onkilahden tila verrattuna Koivuselkään on melko samanlainen lahden poistouoman ympärystä lukuun ottamatta.



Kuva 12. Näkymä etelauomalle lahden perällä (Tikkanen 2024)

10 YHTEENVETO POHJOIS-ONKILAHDEN NYKYTILASTA

10.1 Pohjois-Onkilahden nykytila

Tavoitteena oli saada tietoa Pohjois-Onkilahden nykytilasta, ja mitkä kaikki tekijät sitä kuormittavat. Lisäksi tavoitteena oli laatia toimenpideohje vesistön tilan parantamiseen. Jos toimenpideohjetta ei pystyisi laatimaan tietojen perusteella, tulisi alueelle miettiä tarvittavat jatkotoimenpiteet, jotta toimenpideohje saataisiin tehtyä.

Nykytilaa tarkasteltiin lahden ominaispiirteiden, valuma-alueanalyysin, vesinäytteiden sekä kenttämittausten kautta. Lahden ominaispiirteitä tarkasteltiin tilavuuden, virtaaman ja viipymän kautta. Valuma-alueanalyysissä hyödynnettiin avoimia aineistoja sekä paikkatieto-ohjelmia. Lahden vesinäytetietoja kerättiin Hertta -palvelusta vuosilta 2017–2024. Myös tilaaja oli käynyt ottamassa alueella suppeat vesianalyysin touko- ja elokuussa 2024. Jo olemassa olevia tietoja täydennettiin kenttämittauksilla, jotta saataisiin tarkempaa alueellista tietoa esimerkiksi uomien virtaamista, veden kerrostumisesta sekä vedenlaadun vaihtelusta alueella.

Valuma-alueanalyysissä selvisi, että alueella on paljon korkeuseroja. Valuma-alue on myös melko suuri n. 30 km². Pohjois-Onkilahteen laskee yksi pääuoma, Myllypuro, joka laskee Pilkanjärvestä. Lisäksi lahteen laskee useampi pieni uoma, mutta sateettomina kausina uomat saattavat olla joko kokonaan tai osittain kuivia. Lahden eteläosassa on yksi uoma, joka yhdistää lahden Etelä-Onkilahteen Kesäkummun tien ali. Alueella on paljon ojitettuja peltoja. Peltojen uomat on muokattu osittain mutkitteluksi ja virtaamat vaihtelevat hyvinkin paljon. Valuma-alueen maaperä aiheuttaa paljon luonnollista eroosiota sekä tummavetisyyttä. Alueella on paljon soita, peltoja sekä maalajit ovat usein hiekkaa, hienoa hietaa, hiesua sekä savea. Näiden maalajien suodatuskyky on heikko ja maaines värjää helposti veden. Myös maapeite valuma-alueella vaikuttaa varsinkin ravinnepitoisuuksiin. Metsistä kulkeutuu paljon ravinteita uomiin ja peltoviljelysten lannoitteet kulkeutuvat myös vesistöön.

Pohjois-Onkilahti voidaan määrittää sulkeutuneeksi lahtialueeksi. Pohjois-Onkilahden ominaispiirteistä selvisi, että syvanne1 syvänteellä on merkittävä prosentuaalinen osuus koko lahden tilavuudesta (n 23 %). Muutoin keskisyvyys oli melko matala. Lahden eteläpäässä sijaitseva syvanne2 oli tilavuudeltaan paljon pienempi (n. 6 %) mutta vaikutti oleellisesti alueen virtaamiin. Todellisuudessa syvänteiden tilavuudet ovat suuremmat, koska laskuissa on käytetty Trafin syvännetietoja ja Hertan tiedoissa syvänteiden syvyys oli suurempi. Virtaamatiedot kerättiin silmämääräisesti siivikkoa apuna käyttäen, joten tuulella on ollut suuri vaikutus virtaamasuuntiin. Kuitenkin voidaan tehdä oletus, että Kumpusaaresta pohjoiseen virtaan kohti Koivuselkää ja Kumpusaaresta etelään virtaa kohti poistouomaa. Alueen viipymä teoreettisesti laskettuna oli noin 12 kk, jolloin veden vaihtuvuus on heikkoa. Keskimääräiseksi virtaamaksi saatiin kuitenkin noin 163 l/s.

Vesinäytteenotot kertoivat, että syvanne1 on rehevä. Vesi ei ole kovin kerrostunutta, mutta pohjan happitilanne on melko heikko. Syvänteen rautapitoisuudet ovat kuitenkin koholla vähähappisten olosuhteitten takia. Kuitenkin pohjan rautapitoisuudet voivat selittyä myös osittain alueelle valuvista humusvesistä. Syvanne2 puolestaan on erittäin rehevä ja todella heikossa kunnossa 3 metrin jälkeen. Pohjan vähähappisuus on vapauttanut muun muassa rautaa ja fosforia sedimentistä mikä on aiheuttanut sisäistä kuormitusta. Rautapitoisuudet ovat korkeat ja ottaen huomioon alueen luontaiset humusvedet rautaa on silti paljon. Pohjasta ei ole otettu sulfaattinäytteitä mutta voidaan olettaa, että

rauta on pelkistynyt rautasulfideiksi, koska olosuhteet ovat olleet suotuisat ja selkeää happikatoa on havaittavissa.

Tilaaajan tekemissä mittauksissa sekä kenttämittauksissa ei selvinnyt mitään hälyttävää mutta arvot viittaavat lievään rehevöitymiseen ja että valuma-alueelta tulee humusvesiä. Myllypuron virtaama on suurta, noin 100 l/s, mikä aiheuttaa tietysti kiintoaineen, typen ja fosforin kulkeutumista Pohjois-Onkilahteen. Sähkönjohtavuusarvot eivät juurikaan muutu tulouomissa ja itse järnessä. Valuma-alueen merkitys vesistön laatuun on kuitenkin suuri. Mittauksissa selvisi, että yhtenä ongelmakohtana voi pitää Kumpusaaren syvänteen jälkeistä matalikkoa, kun sähkönjohtavuus alkaa nousemaan sekä happitasot laskemaan. Maastokatselmuksella myös havainnointiin etelauoman olevan täysin tukossa, eli vesi ei pääse virtaamaan mistään. Rehevöityminen on aiheuttanut lahden umpeenkasvua mutta myös alueen virtaamattomuus ja happikato ovat edesauttaneet tilannetta.

10.2 Pohjois-Onkilahden tila verrattuna muuhun vesistöön

Onkiveden näytteenottopisteissä ei ollut kovin tuoreita tutkimustuloksia (Hertta), joten vedenlaadun vertailu jäi aika pieneksi. Kuitenkin Onkiveden alueelle vettä tuovan Nerkoonniemen veden väri (vuonna 2024) näyttäisi olevan tummempaa mitä Pohjois-Onkilahden väri on. Tämä kielisi siitä, että Koivuselältä ei juurikaan virtaa vettä Pohjois-Onkilahteen. Myös kenttämittausten tulokset tukevat virtaamatietoja ja vedenlaatua. Pohjois-Onkilahden ja Koivuselän verrokipisteissä vesi oli samantyyppistä. Jos Pohjois-Onkilahtea verrataan Etelä-Onkilahteen, on tilanne melko sama mutta Pohjois-Onkilahden syvänteissä on enemmän rautaa ja fosforia.

10.3 Epävarmuustekijät

Hydrologisina epävarmuustekijöinä voidaan pitää keskimääräisiä lukuja tilavuuden, virtaaman ja viipymän laskuissa. Tulokset eivät ole täysin paikkansa pitävät, koska Pohjois-Onkilahdesta ei ollut saatavilla eikä mitattavissa tarkkoja lukuja. Myös syvanne2 syvyys on jäänyt epäselväksi, kun kartassa max. syvyys on 5,6 m ja hertassa max. 8,3 m sekä syvanne1 syvyys kartassa on 5,8 m ja Hertassa 7,0 m. Hertta-palvelun tietoihin on merkitty joitakin laboratoriossa määritettyjä epävarmuustuloksia (\pm). Vaikka näytteenottajat ovat ammattilaisia, mittauksissa voi olla virheitä. Tilaaajan ottamissa näytteissä epävarmuustekijät ovat minimaaliset. Kuitenkin elokuussa 2024 pohjois-onkilahteen lask.1 kohdassa on virrannut runsaasti vettä, kuin taas kenttätutkimuksissa 23.9.2024 uoma on ollut melkein kuiva. Keväällä on ollut hyvin voimakkaat kevättulvat ja kesä on ollut hyvin kuiva, joten tuloksia on hankala verrata. Kenttämittauksissa on epävarmuustekijöitä siivikoinnissa sekä veneestä otetuissa näytesyvyyksissä. Siivikon siiven kierroksia ei saanut täysin laskettaa, koska virtaama oli niin suurta. Veneestä lasketut anturit saattoivat olla lähempänä 4 metriä kuin 5 metriä.

11 TOIMENPIDEOHJE

11.1 Kunnostusmenetelmät

Esitettyjen kunnostusmenetelmien valinta perustui Pohjois-Onkilahden nykytilaan opiskelijan näkökulmasta. Kunnostusmenetelmiä valittaessa otettiin huomioon valuma-alueen merkittävyys vesistön ulkoisessa kuormituksessa, ympäristövaikutukset muuhun Onkiveden vesistöön, alueen ominaispiirteet (mm. syvänteiden tilavuus ja sulkeutunut lahtialue) sekä toteutettavuus ja kustannus. Suurimpina ongelmakohtina nähtiin lahden eteläpään umpeenkasvu ja siitä johtuva heikko vedenvaihtuvuus sekä virtaama. Lisäksi syvänteen (syvanne2) sisäisen kierron häiriintyminen ja heikko happitaso ja niistä johtuvat ongelmat olivat merkittävä ongelmakohta. Järven sisäistä kuormitusta ei saisi hallintaan ilman ulkoisen kuormituksen vähentämistä, joten alueen valuma-aluekunnostuksella nähtiin olevan myös merkittävä rooli, jotta toimenpiteet olisivat pitkäkestoisia eikä väliaikaisia ratkaisuja. Seuraavilla toimenpiteillä voitaisiin parantaa pitkäkestoisesti Pohjois-Onkilahden vedenlaatua ekologisesti ja kestävästi:

Lahden umpeenkasvu ja heikko veden vaihtuvuus

Vaihtoehtoisina kunnostusmenetelminä on kasvuston haraaminen tai ruoppaus. Alueella kasvaa oletettavasti vesiruttoa, joka on vieraslaji ja haitallinen vesistön kunnolle. Vaihtoehtoisena ja hellävaraisempaan toimenpiteenä voitaisiin pitää vesikasvuston haraamista.

- Kasvuston haraaminen

Haraamisella on vähemmän vaikutuksia sedimenttiin ja vedenlaatuun, koska vaikutukset ovat vain hetkellisiä. Myös ekologiset vaikutukset jäävät pienemmiksi. Kuitenkin vieraslajin haraaminen täytyy toteuttaa useampaan otteeseen, jotta laji ei pääse lisääntymään kasvinosien jäänteistä. Haraaminen on myös kustannustehokkaampaa ruoppaukseen verrattuna.

- Ruoppaus

Umpeenkasvaneen lahtialueen ja Etelä-Onkiveteen johtavan uoman avaaminen ja mahdollinen syventäminen parantaisivat virtausta ja veden vaihtuvuutta lahden perällä. Tällä voisi olla positiivisia vaikutuksia happitilanteeseen sekä ravinteiden kulkeutumiseen suurempaan vesimassaa. Kuitenkin toimenpiteellä on ekologistia vaikutuksia eliöstöön sekä haitallisia vaikutuksia vedenlaatuun. Myös väliuoman virtaaman parantamisella voi olla negatiivisia vaikutuksia Etelä-Onkilahden vedenlaatuun, joka myös on kunnostuksen tarpeessa. Menetelmä ei myöskään olisi kustannustehokas.

Hapeton syvänteen syvanne2 on happiongelmaa ja voimakasta sisäistä kuormitusta

- Alusveden suodatus

Alusveden suodatus on tehokas keino parantaa veden laatua ja virtaamaa, koska se poistaa ravinteita, hapettaa pohjanläheisiä vesikerroksia, vähentää sedimentin ravinteiden vapautumista ja voi myös auttaa vähentämään kiintoaineen määrää. Alusveden suodatus voi nopeasti parantaa veden laatua ja virtaamaa, koska se poistaa suuria määriä ravinteita ja kiintoaineita. Pitkällä aikavälillä se voi vähentää ravinteiden kertymistä ja parantaa ekosysteemin kestävyyttä, jolloin vedenlaatu pysyy parempana. Suodatus myös parantaisi veden virtaamaa sulkeutuneella lahtialueella, jos esimerkiksi hiekkasuodatus ja kosteikko suunniteltaisiin lahden eteläosaan.

Valuma-aluekuormitus: valuma-alueen maaperä ja peltoviljely lisää ravinteiden määrää vesistöissä

- Kosteikko

Koska Pohjois-Onkilahden valuma-alueelta valuu vesistöön kiintoaine- ja ravinnepitoisia vesiä, olisi kosteikko kestävin ratkaisu vesien suodattamiseen. Kosteikko sitoisi typpeä, fosforia ja kiintoainetta sekä suodattaisi haitta-aineita. Kosteikko myös lisäisi alueen monimuotoisuutta sekä maisema-arvoa. Kosteikon voisi suunnitella esimerkiksi pohjois-onkilahteen lask1 uoman alueelle. ELY-keskuksesta löytyy aiheesta jo suunnitelmaa julkaisusta Maatalousalueen monivaikutteisten kosteikkojen ja luonnon monimuotoisuuden yleissuunnitelma, Onkiveden alue, 8/2010.

11.2 Jatkotoimenpiteet

Mikäli edellä mainittuja toimenpiteitä ei voida toteuttaa heti, tulee jatkossa:

- Suorittaa tarkemmat mittaukset raudan, sulfaatin pitoisuuksista sekä nykyinen happipitoisuus varsinkin syvässä kohdalla, koska näytteenottoja ei ollut suoritettu vuonna 2024.
- Laatia tarkempi virtausmallinnus Pohjois-Onkilahden alueen ja Etelä-Onkilahteen johtavan uoman vaikutusten ymmärtämiseksi.
- Suunnitella kosteikkoalue esimerkiksi pohjois-onkilahteen lask1 uoman alueelle vähentämään ulkoista kuormitusta. Lisäksi eteläpäätyyn tulee suunnitella hiekkasuodatus ja kosteikkoalue alusveden suodatusta varten sekä määrittää pumppauksessa tarvittavan pumpun teho.
- Kehittää pitkäaikainen seurantasuunnitelma vedenlaadun ja happitilanteen kehityksen seuraamiseksi.

Näiden toimenpiteiden avulla voidaan parantaa Pohjois-Onkilahden ekologista tilaa ja vähentää kuormitusta kestävämmällä tavalla.

12 JOHTOPÄÄTÖKSET

Nykytila-analyysin perusteella vesistön tilan parantaminen vaatii sekä valuma-aluekunnostusta että suoria järveen kohdistuvia toimenpiteitä. Yksittäinen kunnostusmenetelmä ei riitä, vaan tarvitaan ekologisesti kestävä yhdistelmä eri ratkaisuja.

Pohjois-Onkilahden suurimmat kuormitustekijät liittyvät valuma-alueen rakenteellisiin piirteisiin. Laaja valuma-alue, suuret korkeuserot ja heikkosuodatuskykyinen maaperä altistavat alueen eroosiolle ja ravinnevalumille. Lisäksi ojituksen ja laajat peltoviljelyalueet lisäävät ravinteiden huuhtoutumista vesistöön, mikä kiihdyttää rehevöitymistä. Järven pitkä viipymä ja heikko veden vaihtuvuus pahentavat tilannetta, erityisesti umpeenkasvaneella lahtialueella ja matalikoilla. Vesistö on luonnostaan hieman rehevä, mutta ulkoinen kuormitus on voimakasta, mikä häiritsee sen luonnollista tasapainoa.

Pohjois-Onkilahden kunnostus on monivaiheinen prosessi, jossa on huomioitava sekä ulkoinen että sisäinen kuormitus. Pelkästään järveen kohdistuvat toimenpiteet eivät ole pitkäkestoisia ilman valuma-alueen kunnostusta. Suurimmat ongelmat ovat syvanne2:n sisäinen kuormitus sekä eteläosan umpeenkasvu ja virtaamattomuus.

Kunnostusmenetelmät on valittu siten, että niiden haittavaikutukset ovat mahdollisimman pienet, ne ovat kustannustehokkaita ja toteuttamiskelpoisia sekä vaikuttavat pitkäaikaisesti. Suositellut toimenpiteet siis ovat vesikasvillisuuden haraaminen umpeenkasvun ja virtaaman parantamiseksi, alusveden suodatus syvänteen vedenlaadun parantamiseksi sekä kosteikon rakentaminen valuma-alueelta tulevan ravinnekuormituksen hillitsemiseksi.

Toimenpiteet tulee toteuttaa vaiheittain ja niiden vaikutuksia seurata pitkäjänteisesti. Jatkotutkimuksissa voidaan selvittää tarkemmin esimerkiksi pohjan sedimentin koostumus ja sulfaattipitoisuudet. Näillä toimilla voidaan parantaa Pohjois-Onkilahden vedenlaatua ja varmistaa sen ekologinen kestävyys pitkällä aikavälillä.

LÄHTEET

Työssä on käytetty seuraavasti tekoälyä: ChatGPT 2024. OpenAI. GPT-3.5. Käytetty kielentarkistukseen, tekstin tiivistämiseen ja ideointiin, joulukuu 2024. <https://chat.openai.com>

Asetus 23.11.2006/1022. Valtionneuvostonasetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2006/20061022?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=%282000%2F60%2F%20EY%29%20>. Viitattu 17.10.2024.

Asetus 30.11.2006/1040. Valtioneuvoston asetus vesienhoidon järjestämisestä. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2006/20061040?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=%282000%2F60%2F%20EY%29%20>. Viitattu 17.10.2024.

GTK n.d. Maankamara. Aineistot ja verkkopalvelut. <https://gtkdata.gtk.fi/maankamara/>. Viitattu 13.11.2024.

Haakana, H. 2018. Vesistöopas. Suomen luonnonsuojeluliitto. https://www.sll.fi/app/uploads/2018/08/vesisto_opas_netti_2018.pdf. Viitattu 24.11.2024.

Heinonen, P., Kettunen, I. ja Mäkelä, A. 2008. Vesistötietoa näytteenottajille. Ympäristöopas. Helsinki 2008, Suomen ympäristökeskus. Edita. https://www.syke.fi/fi-FI/Palvelut/Laatu_ja_laboratoriopalvelut/Ymparistonaytteenottajien_sertifiointipalvelu/Linkkeja_ohjeisiin#Sedimentti. Viitattu 16.10.2024.

Hinsdale, J. 2018. How road salt harms the environment. Columbia climate school 11.12.2018, artikkeli. <https://news.climate.columbia.edu/2018/12/11/road-salt-harms-environment/>. Viitattu 12.10.2024.

Järvi-Wiki 2014. Itämeri-sanakirja. <https://www.jarviwiki.fi/wiki/It%C3%A4meri-sanakirja>. Viitattu 14.10.2024.

Kittilä, A. n.d. Impeller current meter. Mini Closure, Institute of Geophysics. <https://mineclosure.gtk.fi/impeller-current-meter/>. Viitattu 17.10.2024.

Kontio, T. ja Kontio, V. 2023. Onkiveden kunnostuksen yleissuunnitelma. Hankesuunnitelma. Savo-Karjalan vesiensuojeluyhdistys ry 29.11.2023. Viitattu 12.10.2024.

Koski-Vähälä, J. 2012. Kehitys kehittyä, toivottavasti myös vesien tila kohentuu. Pääkirjoitus. Aquarius Suomen Vesiensuojeluyhdistysten Liitto ry:n tiedotuslehti 1/2012. Forssa Print. https://vesiensuojelu.fi/wp-content/uploads/2018/04/Aquarius_1_2012.pdf. Viitattu 17.10.2024.

Laki vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä 30.12.2004/1299. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2004/20041299?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=%282000%2F60%2F%20EY%29%20>. Viitattu 17.10.2024.

Lakso, E. ja Ulvi, T. 2005. Järvien kunnostus. Helsinki. Edita. <http://hdl.handle.net/10138/41746>. Viitattu 14.10.2024.

Luonnonsuojelulaki 5.1.2023/9. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2023/20230009?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=%282000%2F60%2F%20EY%29%20>. Viitattu 17.10.2024.

Maanmittauslaitos. Karttapaikka. Verkkopalvelu. <https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/>. Viitattu 2.2.2025.

Oravainen, R. 1999. Vesistötulosten tulkinta -opasvihkonen. Tampere. <https://kvvy.fi/wp-content/uploads/2015/10/opasvihkonen.pdf>. Viitattu 12.10.2024.

Peda.net n.d. Oppimateriaalit. Tilavuuden laskeminen. <https://peda.net/oppimateriaalit/e-oppi/peruskoulut/mikkeli/ry22/arkisto/rkm/ma/6-luokka2/57/2kpac25b>. Viitattu 24.11.2024.

Räsänen, T. 2023. Ympäristöalan kenttä- ja laboratoriotyöt. Luento ja opetusmateriaali. Virtaamamittaukset. Savonia-ammattikorkeakoulu 25.9.2023. Viitattu 17.10.2024.

Savo-Karjalan Vesienpuojeluyhdistys ry n.d. Onkivesi. Verkkopulkaisu. <https://www.iisalmenreitti.fi/jarvet-ja-joet/onkivesi/>. Viitattu 12.10.2024.

Savo-Karjalan Vesienpuojeluyhdistys ry n.d. Onkivesihanke. Verkkopulkaisu. <https://skvsy.fi/hanke/yleissuunnitelma-onkiveden-kunnostus/>. Viitattu 12.10.2024.

ScalgoLive -työkalu. Käytetty valuma-alueen mallintamiseen sekä maaperätietoihin. <https://scalgo.com/fi/>.

SKVSY n.d. Vesien tummuminen. <https://skvsy.fi/toiminta/vesien-tummuminen/>. Viitattu 20.1.2025.

Soinne, H. 2020. Hiilen varastoituminen savimailla ja sen merkitys maan kasvukunnolle. Varsinais-suomalaisen maatalouden ilmastoseminaari 4.2.2020, Luonnonvarakeskus. https://varsinais-suomi.mtk.fi/documents/197812/0/Turku_200204_Soinne.pdf/2a3045e8-b4ab-4c5f-aa67-f0ef72ad7e98?t=1581335822824

Suomen ympäristökeskus 2020. Alusveden poiston uuden menetelmän valtakunnallista soveltuvuutta kartoitettu VESIKUJA -hankkeessa. Uutinen 15.10.2020. [https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Uutiskirjeet/Vesistokunnostusverkosto/Alusveden_poiston_uuden_menetelman_valta\(58933\)](https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Uutiskirjeet/Vesistokunnostusverkosto/Alusveden_poiston_uuden_menetelman_valta(58933)). Viitattu 11.12.2024.

Suomen ympäristökeskus 2020. Sulfaattikuormitus voi vaarantaa vesistöjen tilan. Tiedote 3.9.2020. [https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Sulfaattikuormitus_voi_vaarantaa_vesisto\(58407\)](https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Sulfaattikuormitus_voi_vaarantaa_vesisto(58407)). Viitattu 12.10.2024.

Suomen ympäristökeskus 2021. Vedenlaatututkimukset virtaavasta vedestä Horiba-kenttämittarilla 2021. YouTube-videopalvelu, julkaistu 2021. <https://www.youtube.com/watch?v=9qRcvMi8U7I&list=PLqbGx2iTj0UAmQTKxfr1Aos9g3Lt9-RFc&index=16>. Viitattu 17.10.2024.

Vakkilainen, P. n.d. Hydrologinen kierto. Aalto yliopisto. PDF-tiedosto. file:///C:/Users/elina/Downloads/Lisamateriaali%20-%20Hydrologisen%20kierron%20laskentamenetelma%CC%88t.pdf. Viitattu 16.10.2024.

Vanajavesikeskus n.d. Vedenlaatuopas. Esite. https://www.vanajavesi.fi/2018/wp-content/uploads/2014/02/vvk_vedenlaatuopas_vedos_191213.pdf. Viitattu 12.10.2024.

Vesi.fi 2019. Miksi vesi on ruskeaa? Suomen ympäristökeskus 2.12.2019. <https://www.vesi.fi/vesitieto/miksi-vesi-on-ruskeaa/>. Viitattu 24.11.2024.

Vesi.fi 2021. Ilmastonmuutos lisää vesistöjen kuormitusta. Suomen ympäristökeskus 19.1.2021. <https://www.vesi.fi/vesitieto/ilmastonmuutos-lisaa-vesistöjen-kuormitusta/>. Viitattu 24.11.2024.

Vesi.fi 2021. Valuma-alueen kunnostus. Suomen ympäristökeskus, vesistöjen kunnostus ja hoito 20.9.2024. <https://www.vesi.fi/vesitieto/valuma-alueen-kunnostus/>. Viitattu 14.10.2024.

Vesi.fi 2022. Vesien ekologinen ja kemiallinen tila. Suomen ympäristökeskus, vesitieto 7.6.2022. <https://www.vesi.fi/vesitieto/vesien-ekologinen-ja-kemiallinen-tila/>. Viitattu 14.10.2024.

Vesi.fi n.d. Orgaaninen hiili. <https://www.vesi.fi/sanasto/orgaaninen-hiili/>. Viitattu 14.10.2024.

Vesijärvi n.d. Artikkelijä VESIKUJA -hankkeesta Alusveden suodatus puhdistaa vesiä, mutta syntyvän ravinnesakan hyötykäyttö vaatii kehittämistä. <https://vesijarvi.fi/2020/10/27/alusveden-suodatus-puhdistaa-vesia-mutta-syntyvan-ravinnesakan-hyotykaytto-vaatii-kehittamista/>. Viitattu 11.12.2024.

Vesilaki 27.5.2011/587. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110587?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=%282000%2F60%2F%20EY%29%20>. Viitattu 17.10.2024.

Vesilinnien vesiensuojeluyhdistys ry 2018. Uutinen Miten eroon harmillisista uposkasveista? 13.8.2018. <https://veves.fi/miten-eroon-harmillisista-uposkasveista/>. Viitattu 11.12.2024.

Ympäristöministeriö n.d. Ympäristöministeriön hallinnonalan lait, asetukset ja ohjeet. <https://ym.fi/ympariston-pilaantumisen-ehkaiseminen/lainsaadanto>. Viitattu 30.10.2024.

Ympäristönsuojelulaki 27.6.2014/527. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=%282000%2F60%2F%20EY%29%20>. Viitattu 17.10.2024.

LIITE 1: LASKUT

Tilavuus

$$V_{jarvi} = A_{jarvi} * keskisyvyys \quad (1)$$

- V_{jarvi} = järven tilavuus (m^3)
- A_{jarvi} = järven pinta-ala, josta on vähennetty saarien pinta-ala (m^2)
- $keskisyvyys$ = järven syvyystietojen summa jaettuna niiden lukumäärällä (m)

$$V_{jarvi} = 1105000 \text{ m} * \left(\frac{2,7 \text{ m} + 5,5 \text{ m} + 5,8 \text{ m} + 5,5 \text{ m} + 2 \text{ m} + 1,8 \text{ m} + 1,5 \text{ m} + 3,5 \text{ m} + 5,6 \text{ m}}{9} \right)$$

$$= 4199000 \text{ m}^3$$

Virtaama

$$Q_{ka} = \frac{V_{valunta} * A_{valuma-alue}}{t} \quad (2)$$

- Q_{ka} = keskimääräinen virtaama (m^3/s)
- $V_{valunta}$ = keskimääräinen valunta (m)
- $A_{valuma-alue}$ = valuma-alueen pinta-ala (m^2)
- t = aika sekunteina vuorokaudessa

$$Q_{ka} = \frac{0,3 \text{ m} * 14330000 \text{ m}^2}{31536000 \text{ s}} = 0,136 \text{ m}^3/\text{s}$$

Viipymä

$$t_{viipymä} = \frac{V_{jarvi}}{Q_{ka}} \quad (3)$$

- $t_{viipymä}$ = viipymä (s)

$$t_{viipymä} = \frac{4199000 \text{ m}^3}{0,136 \text{ m}^3/\text{s}} = 30875000 \text{ s}$$

Siivikointi1

$$V_{virta} = k * n + D \quad (4)$$

- V_{virta} = virtausnopeus (m/s)
- k = siiven hydraulinen nousu (tämä on vakio = 0,2591 m)
- n = siiven kierros määrä (krt/s)
- D = siivikkovakio (tämä on vakio = 0,005)

$$V_{virta1} = 0,2591 \text{ m} * \left(\frac{80}{60 \text{ s}} \right) + 0,005 = 0,35047 \text{ m/s}$$

$$V_{virta2} = 0,2591 \text{ m} * \left(\frac{60}{60 \text{ s}} \right) + 0,005 = 0,2641 \text{ m/s}$$

$$V_{virta3} = 0,2591 \text{ m} * \left(\frac{55}{60 \text{ s}} \right) + 0,005 = 0,24251 \text{ m/s}$$

$$V_{virta3} = 0,2591 \text{ m} * \left(\frac{20}{60 \text{ s}} \right) + 0,005 = 0,09137 \text{ m/s}$$

Kun virtausnopeus on saatu laskettua, mittaussektorin virtaama saadaan laskettua kaavalla:

$$Q_{\text{sektori}} = V_{\text{virta}} \times A_{\text{sektori}} \quad (5)$$

- $Q_{\text{sektori}} = \text{virtaama (m}^3/\text{s)}$
- $A_{\text{sektori}} = \text{mittaussektorin pinta-ala (m}^2\text{)}$

$$Q_{\text{sektori1}} = 0,35047 \frac{\text{m}}{\text{s}} * (0,2 \text{ m} * 0,25 \text{ m}) = 0,0175 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{sektori2}} = 0,2641 \frac{\text{m}}{\text{s}} * (0,25 \text{ m} * 0,25 \text{ m}) = 0,0165 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{sektori3}} = 0,24251 \frac{\text{m}}{\text{s}} * (0,3 \text{ m} * 0,25 \text{ m}) = 0,0182 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{sektori4}} = 0,09137 \frac{\text{m}}{\text{s}} * (0,3 \text{ m} * 0,25 \text{ m}) = 0,0069 \text{ m}^3/\text{s}$$

Uoman virtaama saadaan siis määritettyä, kun kaikkien mittaussektoreiden tulokset summataan:

$$Q_{\text{tot}} = \sum w_i \times d_i \times v_i \quad (6)$$

- $Q_{\text{tot}} = \text{uoman virtaama (m}^3/\text{s)}$
- $w_i = \text{siivikointisektorin leveys (m)}$
- $d_i = \text{siivikointisektorin syvyys (m)}$
- $v_i = \text{veden virtausnopeus mittaussektorissa (m/s)}$

$$Q_{\text{tot}} = 0,0175 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} + 0,0165 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} + 0,0182 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} + 0,0069 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 0,0591 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Siivikointi2

$$V_{\text{virta}} = k \times n + D \quad (4)$$

$$V_{\text{virta1}} = 0,2591 \text{ m} * \left(\frac{60}{60 \text{ s}} \right) + 0,005 = 0,2641 \text{ m/s}$$

$$V_{\text{virta2}} = 0,2591 \text{ m} * \left(\frac{55}{60 \text{ s}} \right) + 0,005 = 0,2423 \text{ m/s}$$

$$V_{\text{virta3}} = 0,2591 \text{ m} * \left(\frac{65}{60 \text{ s}} \right) + 0,005 = 0,2857 \text{ m/s}$$

$$V_{\text{virta3}} = 0,2591 \text{ m} * \left(\frac{62}{60 \text{ s}} \right) + 0,005 = 0,2727 \text{ m/s}$$

$$Q_{\text{sektori}} = V_{\text{virta}} \times A_{\text{sektori}} \quad (5)$$

$$Q_{\text{sektori1}} = 0,2641 \frac{m}{s} * (0,5 m * 0,25 m) = 0,0330 m^3/s$$

$$Q_{\text{sektori2}} = 0,2423 \frac{m}{s} * (0,5 m * 0,25 m) = 0,0303 m^3/s$$

$$Q_{\text{sektori3}} = 0,2857 \frac{m}{s} * (0,5 m * 0,25 m) = 0,0357 m^3/s$$

$$Q_{\text{sektori4}} = 0,2727 \frac{m}{s} * (0,5 m * 0,25 m) = 0,0341 m^3/s$$

$$Q_{\text{tot}} = \sum w_i \times d_i \times v_i \quad (6)$$

$$Q_{\text{tot}} = 0,0330 \frac{m^3}{s} + 0,0303 \frac{m^3}{s} + 0,0357 \frac{m^3}{s} + 0,0341 \frac{m^3}{s} = 0,1001 \frac{m^3}{s}$$

LIITE 2: NÄYTTEENOTTOPAIKKOJEN KOORDINAATIT (TM35-FIN)

N	E	NIMI
7030033	511450	koivujoki2
7030596	510591	koivujoki3
7030613	510587	siivikointi1
7028750	510445	myllyjoki2
7028784	510187	siivikointi2
7025716	510775	etelauoma
7028856	511557	piste1
7028387	511020	piste2
7027695	510768	piste3
7026927	510496	piste4
7025827	510713	piste5
7025754	510778	piste6
7026050	510706	piste7
7027278	510827	piste8
7029395	511925	piste9
7029395	511925	piste10
7027710	510953	syvanne1
7026404	510658	syvanne2
7030120	511200	koivujoki1
7028451	510692	myllyjoki1
7027838	510633	pohjois-onkilahteen lask1

LIITE 3: TALVIKUUKAUSIEN LÄMPÖTILAT SYVANNE1

Talvikuukausien lämpötilat (°C) 2017–2024 pisteessä syvanne1 (Hertta)

Pvm	1 m	3 m	<5 m
16.3.2017	1,4	4,1	5,3
4.3.2019	0,6	2,8	4,3
2.4.2024	0,9	1,4	3,7

LIITE 4: KESÄKUUKAUSIEN LÄMPÖTILAT SYVANNE1

Kesäkuukausien lämpötilat (°C) 2017–2024 pisteessä syvanne1(Hertta)

Pvm	1 m	3 m	<5 m
8.8.2017	17,4	17,3	13,9
13.8.2019	17,4	16,6	15,3
4.9.2024	18,0	17,5	17,0

LIITE 5: TALVIKUUKAUSIEN SÄHKÖNJOHTAVUUDET SYVANNE1

Talvikuukausien sähkönjohtavuudet (mS/m) 2017–2024 pisteessä syvanne1 (Hertta)

Pvm	1 m	<5 m
16.3.2017	5,1	9,8
4.3.2019	4,8	8,4
2.4.2024	6,1	6,6

LIITE 6: KESÄKUUKAUSIEN SÄHKÖNJOHTAVUUDET SYVANNE1

Kesäkuukausien sähkönjohtavuudet (mS/m) 2017–2024 pisteessä syvanne1 (Hertta)

Pvm	1 m	<5 m
8.8.2017	4,2	6,9
13.8.2019	4,8	5,3
4.9.2024	4,0	4,3

LIITE 7: TALVIKUUKAUSIEN RAUTAPITOISUUDET SYVANNE1

Talvikuukausien rautapitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) 2017–2024 pisteessä syvanne1 (Hertta)

Pvm	1 m	<5 m
16.3.2017	1400	2900
4.3.2019	1100	6700
2.4.2024	1400	1500

LIITE 8: KESÄKUUKAUSIEN RAUTAPITOISUUDET SYVANNE1

Kesäkuukausien rautapitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) 2017–2024 pisteessä syvanne1 (Hertta)

Pvm	1 m	<5 m
8.8.2017	1000	6100
13.8.2019	890	1100
4.9.2024	760	980

LIITE 9: MAALISKUU 2019 SYVANNE2

Maaliskuun 2019 syvanne2 tulokset (Hertta)

	1 m	3 m	<7 m
Lämpötila ($^{\circ}\text{C}$)	0,6	2,5	3,2
Happikylläisyys (%)	54	58	8
Sähkönjohtavuus (mS/m)	5,2	5,0	7,7
pH	6,6	6,6	6,6
Kokonaistyyppi ($\mu\text{g/l}$)	790	710	1400
Kokonaisfosfori ($\mu\text{g/l}$)	41	36	130
Rauta ($\mu\text{g/l}$)	780	670	5000

LIITE 10: LOKAKUU 2019 SYVANNE2

Lokakuun 2019 syvanne2 tulokset (Hertta)

	1 m	3 m	<7 m
Lämpötila (°C)	17,0	16,6	6,9
Happikylläisyys (%)	86	86	2
Sähkönjohtavuus (mS/m)	4,8	4,8	7,9
pH	7	7,1	6,8
Kokonaistyppe (µg/l)	840	740	1600
Kokonaisfosfori (µg/l)	59	60	46
Rauta (µg/l)	870	910	5100
Klorofylli-a (µg/l)	35		

LIITE 11: TOUKOKUU 2024 KOIVUJOKI1, MYLLYJOKI1 JA POHJOIS-ONKILAHTEN LASK1

Toukokuun 2024 tulokset pisteistä Koivujoki1, Myllyjoki1 ja Pohjois-Onkilahteen lask1.

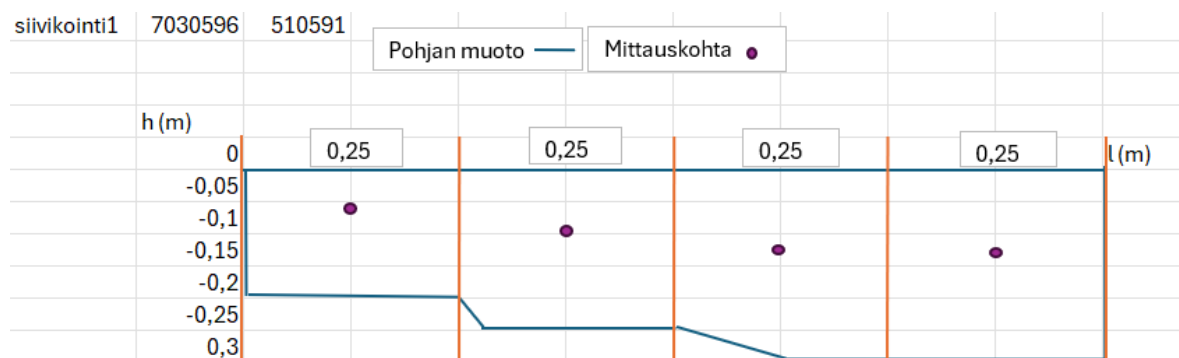
	Koivujoki 1	Myllyjoki 1	Pohjois-Onkilahteen lask1
Lämpötila (°C)	10,1	14,6	10,8
Kokonaistyppe (µg/l)	1000	630	550
Kokonaisfosfori (µg/l)	35	30	38
Kiintoaine (mg/l)	8,0	5,8	3,6
TOC (mg/l)	13,0	12,0	7,7

LIITE 12: ELOKUU 2024 KOIVUJOKI1, MYLLYJOKI1 JA POHJOIS-ONKILAHTEN LASK1

Elokuun 2024 tulokset pisteistä Koivujoki1, Myllyjoki1 ja Pohjois-Onkilahteen lask1.

	Koivujoki1	Myllyjoki1	Pohjois-Onkilahteen lask1
Lämpötila (°C)	14,8	16,8	12,8
Kokonaistyppe (µg/l)	700	560	450
Kokonaisfosfori (µg/l)	43	69	84
Kiintoaine (mg/l)	2,0	13,0	4,6
TOC (mg/l)	8,6	11,0	9,1

LIITE 13: SIIVIKOINTI1 UOMAN SYVYYSPROFIILI



LIITE 14: SIIVIKOINTI2 UOMAN SYVYYSPROFIILI

