

Opinnäytetyö (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

2021

Niklas Lindeman

MANNERVEDEN KUORMITUSSELVITYS

TURKU AMK 
TURKU UNIVERSITY OF
APPLIED SCIENCES

Niklas Lindeman

MANNERVEDEN KUORMITUSSELVITYS

Tämä opinnäytetyö on jatkoa Puhdas Mannervesi ry:n tilaamalle kuormitus selvitykselle, jonka päätekijänä tämän työn tekijä oli. Mannervesi on matala ja rehevöitynyt merenlahti Uudenkaupungin Pyhämään ja Pyhärannan kunnan välissä. Puhdas Mannervesi ry on alueen asukkaiden perustama vesiensuojeluyhdistys, jonka tarkoituksena on edistää Mannerveden vesiensuojelua, kunnostusta ja hoitoa.

Suomen ympäristökeskuksen mukaan Mannerveden vedenlaatu on luokiteltu tyydyttäväksi vuodesta 2013 lähtien. Näkösyvyys Mannervedellä on heikentynyt vuosien 1975 ja 2018 välillä noin kaksi metriä. Työn tarkoituksena on selvittää Mannerveden ulkoisen kuormituksen lähteet ja fosforin ja typen arvioitu kuormitus määrä. Lisäksi esitetään toimenpiteitä ja ratkaisuja, joilla kuormitusta on mahdollista vähentää.

Työssä on hyödynnetty paikkatietoaineistoja, maastohavaintoja, karttatutkimusta, vesinäytteiden tuloksia, KUSTAA-työkalua, joka on kuormituksen mallinnusta varten kehitetty työkalu, sekä VEMALA-mallia. Kustaa-työkalulla laskettiin seitsemän lähivaluma-alueen kuormitus ja VEMALA-mallilla yhden kaukovaluma-alueen kuormitus. Tutkimuksessa selvitettiin jokaisen lähivaluma-alueen maankäyttömuotojen pinta-ala ja kuormituslaskelmien avulla selvitettiin maankäyttömuotojen osuus kokonaiskuormituksesta. Lisäksi selvitettiin kuormituksen jakautuminen osavaluma-alueiden välillä.

Mannerveden valuma-alue kattaa noin 247 km². Alueesta noin 169 km² on metsää ja noin 40 km² peltoa. Tutkimuksessa selvisi, että suurin osa Mannerveden typpi- ja fosforikuormituksesta on peräisin maanviljelystä. Sekä typen, että fosforin kuormituksesta yli 70 % tulee kaukovaluma-alueelta. Tutkimuksen mukaan kohdennettuja toimenpiteitä kannattaa sijoittaa erityisesti peltojen välittömään läheisyyteen. Mannerveden valuma-alueelle suositeltavia vesiensuojelutoimia ovat muun muassa. kosteikot ja laskeutusaltaat.

ASIASANAT:

kuormitus selvitys, KUSTAA, merialue, paikkatieto, valuma-alue, VEMALA, vesiensuojelu.

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Energy and environmental engineering

2021 | 37 pages

Niklas Lindeman

THE LOAD SURVEY OF MANNERVESI

This thesis is based on a load survey ordered by Puhdas Mannervesi ry. Mannervesi is a shallow and eutrophicated sea bay between the municipalities of Pyhäranta and Pyhämaa. Puhdas Mannervesi ry is a water conservation organization founded by the locals and it aims to promote water conservation, restoration, and water management in the area.

According to the Finnish Environment Institute, the water quality of Mannervesi has been classified as moderate since 2013. Secchi depth has deteriorated approximately two meters over the years of 1975-2018. The aim of this thesis was to find out the external load sources and the amount of phosphorus and nitrogen loads. In addition, water management measures will be proposed to reduce the load.

For the purpose of this thesis, spatial information, field observations, map study, water sample results, the KUSTAA program and the VEMALA TOC model have been utilized. The KUSTAA program was used to calculate the load from seven catchment areas in the direct catchment of Mannervesi, and VEMALA TOC model to calculate the load from one distant catchment area. The surface area of different land uses was defined for each of the catchment areas in the immediate surroundings of Mannervesi. Then, using load calculations, the amount of load of different land uses in relation to the total load was researched. In addition, the distribution of the load was investigated between the catchment areas in the immediate surroundings of Mannervesi.

The catchment area of Mannervesi is around 247 km². Around 169 km² of the area is forest and around 40km² field. It was found that most of the phosphorus and nitrogen load of Mannervesi is due to agriculture. The distant catchment area causes over 70 per cent of the load for both phosphorus and nitrogen. According to the thesis results it was found that targeted water management measures should be directed particularly in the immediate surroundings of cultivated fields. Advisable water conservation measures include i.a. wetlands and settling ponds.

KEYWORDS:

Catchment area, KUSTAA, load survey, sea area, spatial information, VEMALA, water conservation.

SISÄLTÖ

| | |
|--|-----------|
| 1 JOHDANTO | 1 |
| 2 KUORMITUSSELVITYKSEN TOTEUTUS | 2 |
| 3 MANNERVESI | 4 |
| 4 MANNERVEDEN VALUMA-ALUE | 6 |
| 4.1 Mannerveden lähivaluma-alue | 6 |
| 4.2 Kaukovaluma-alue | 8 |
| 5 KUORMITUS | 9 |
| 5.1 Kuormituslähteet | 9 |
| 5.1.1 Maatalous | 9 |
| 5.1.2 Metsätalous | 9 |
| 5.1.3 Asutus | 10 |
| 5.1.4 Kalankasvatus | 10 |
| 5.1.5 Laskeuma | 12 |
| 5.1.6 Taustakuorma | 12 |
| 5.2 Mannerveden ravinnekuormitus | 12 |
| 6 TOIMENPIDESUOSITUKSET | 18 |
| 6.1 Yleiset toimenpidesuosituksset valuma-alueella | 18 |
| 6.1.1 Kosteikot ja laskeutusaltaat | 18 |
| 6.1.2 Säättösalaojitus | 19 |
| 6.1.3 Maanparannusaineet | 19 |
| 6.1.4 Suojakaistat ja suojavyöhykkeet | 20 |
| 6.1.5 Jätevedenpumppaamot | 22 |
| 6.1.6 Matonpesu | 23 |
| 6.2 Kohdennetut toimenpidekohteet | 24 |
| 6.2.1 Ahtialan allassarja | 24 |
| 6.2.2 Sillanojan kosteikko | 26 |
| 6.2.3 Kauhianpään laskeutusallas | 27 |
| 6.2.4 Pyhämaanperään laskeva pelto-oja | 28 |

| | |
|--------------------------------------|-----------|
| 6.2.5 Valkamanlahden kosteikko | 30 |
| 7 TULOSTEN TARKASTELU | 31 |
| 7.1 Tulosten luotettavuus | 31 |
| 7.2 Ihodenjoen kuormituksen vaikutus | 31 |
| 8 YHTEENVETO | 34 |
| LÄHTEET | 36 |

KUVAT

| | |
|--|----|
| Kuva 1. Pintavesien ekologinen tila 2019, SYKE. | 5 |
| Kuva 2. Mannerveden valuma-alue ulottuu pitkälle sisämaahan. Sisältää Maanmittauslaitoksen taustakartta-aineistoa 04/2020, SYKE Valuma-aluejako. | 6 |
| Kuva 3. Mannerveden osavaluma-alueet. Sisältää Maanmittauslaitoksen taustakartta-aineistoa 04/2021, SYKE Valuma-aluejako. | 7 |
| Kuva 4. Mannerveden kaukovaluma-alue muodostuu kookkaasta Ihodenjoen valuma-alueesta. Sisältää Maanmittauslaitoksen taustakartta-aineistoa 04/2020, SYKE Valuma-aluejako. | 8 |
| Kuva 5. Valuma-alueen uomaverkosto ja järvet. Uomaverkosto, Sisältää Maanmittauslaitoksen taustakartta-aineistoa 01/2021. Lähde: SYKE; Koko rantaviiva10-aineisto. | 21 |
| Kuva 6. Suojakaista Ihodenjoen varrella. | 21 |
| Kuva 7. Ylivuotoputken purku-uoma ja taustalla Mannervesi. | 22 |
| Kuva 8. Matonpesupaikan pesuvesien purkuputki, josta vedet imeytyvät ranta-alueen maaperään tai kulkeutuvat pinnanläheisessä kerroksessa Mannerveteen. | 23 |
| Kuva 9. Kohdennetut toimenpidekohteet. Sisältää Maanmittauslaitoksen taustakartta-aineistoa 04/2021. | 24 |
| Kuva 10. Ihodenjoen ja tienväliselle oja-osuudelle mahdollisten rakennettavien pienten laskeutusaltaiden tai lietekuoppien ketjun sijainti. Sisältää Maanmittauslaitoksen peruskartta-aineistoa 04/2020. | 25 |
| Kuva 11. Ojauomassa oleva levennys, josta laajentamalla tai matalalla pohjapadolla saisi muodostettua pienikokoisen laskeutusaltaan. | 25 |
| Kuva 12. Polttilantien eteläpuolella sijaitsevalle kohteelle ehdotettu kahdesta altaasta muodostuva vesiensuojelukosteikko. Indeksikartta: ©OpenStreetMap. | 26 |
| Kuva 13. Mahdollinen laskeutusaltaan ja pintavaluntakentän yhdistelmä. Indeksikartta: © OpenStreetMap | 27 |
| Kuva 14. Hakkuualue Kauhianpäässä, johon voisi sijoittaa laskeutusaltaan. Altaan jälkeistä ranta-aluetta voisi hyödyntää pintavaluntakenttänä. | 28 |
| Kuva 15. Pelto-oja laskee lähelle Pyhämaan Telakkarantaa. Pintavaluntakenttä hidastaisi veden kulkua ja auttaisi ravinteiden sitoutumisessa. Indeksikartta: © OpenStreetMap | 29 |

| | |
|---|----|
| Kuva 16. Pelto-oja Pyhämaanperällä juuri ennen mereen laskua. Oja on lähes kadonnut umpeen-kasvaneen pensaikon sisälle. | 29 |
| Kuva 17. Ojien varsille sijoittuvat kosteikot tulevat sitomaan ravinteita itseensä ennen ojien laskua Ihodenjokeen. Lähde: Google Satellite | 30 |

KUVIOT

| | |
|--|----|
| Kuvio 1. Koko valuma-alueen keskimääräinen fosforikuorma on yhteensä n. 5150 kg/vuosi. | 13 |
| Kuvio 2. Mannerveteen päätyvä keskimääräinen typpikuorma on yhteensä 115 000 kg/vuosi. | 14 |
| Kuvio 3. Suurin osa Mannerveden fosforikuormituksesta tulee Ihodenjoen valuma-alueelta. | 14 |
| Kuvio 4. Noin neljännes Mannerveden ulkoisesta typpikuormituksesta on peräisin lähivaluma-alueelta, Ihodenjoen kuljettaessa 75 % Mannerveden typpikuormasta. | 15 |
| Kuvio 5. Fosforikuormituksen jakautuminen lähteittäin lähivaluma-alueilla | 16 |
| Kuvio 6. Typpikuormituksen jakautuminen lähteittäin lähivaluma-alueille. | 17 |
| Kuvio 7. Ihodenjoen ja Mannerveden mittauspisteiden fosforitulokset vuosilta 1988 – 1995. | 32 |

TAULUKOT

| | |
|---|----|
| Taulukko 1. Typpipitoisuudet Mannerveden edustalla ja Mannerveden mittauspisteillä. | 3 |
| Taulukko 2. Fosforipitoisuudet Mannerveden edustalla ja Mannerveden mittauspisteillä. | 3 |
| Taulukko 3. Lähivaluma-alueen osavaluma-alueiden pinta-alat. | 7 |
| Taulukko 4. Kalankasvatuksesta aiheutunut fosforikuorma Mannervedellä vuosina 2006– 2018 (Turkki 2019). | 11 |
| Taulukko 5. Kalankasvatuksesta aiheutunut typpikuorma Mannervedellä vuosina 2006– 2018 (Turkki 2019). | 11 |
| Taulukko 6. Osavaluma-alueiden pinta-alaan suhteutetut kuormitukset typen ja fosforin osalta. | 16 |

1 JOHDANTO

Kuormitusselvityksen avulla saadaan selkeä ja ajantasainen käsitys Mannerveden ulkoisista kuormituslähteistä ja ravinnekuormituksesta. Selvitys kattaa Mannerveden valuma-alueen ja sitä on tarkoitettu hyödyntämään tulevaisuudessa Mannerveden tilan parantamiseen tähtäävien vesistökuunnostushankkeiden suunnittelussa.

Mannerveteen kohdistuva ravinnekuorma vaihtelee suuresti muun muassa vuosittaisten sääolosuhteiden mukaan (Maa- ja metsätalousministeriö, 2008, 9). Tässä työssä esitettävät kuormitustiedot kuvaavat niin sanotun keskimääräisen vuoden kuormitusta. Kuormituslaskelmat tehdään siis hyödyntäen keskiarvoja ja niissä ei huomioida yksittäisten vuosien vaihteluita. Selvityksen tavoitteena on luoda kokonaiskäsitys Mannerveden kuormituksen tasosta ja kuormituslähteistä vesiensuojelutoimenpiteiden optimaalisen kohdistamisen mahdollistamiseksi.

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Mannervedellä vaikuttava Puhdas Mannervesi ry. Sen ovat perustaneet alueen asukkaat keväällä 2019 ja sen tarkoituksena on edistää Mannerveden vesiensuojelua ja kunnostusta. Tilaustyönä tehtiin kuormitusselvitysraportti, jonka pohjalta tämä opinnäytetyö on johdettu. Tässä työssä kuormituksesta puhuttaessa tarkoitetaan ulkoista kuormitusta.

Työn tutkimuskysymyksiä ovat:

- Mitkä ovat Mannerveden kuormituksen lähteet? Mistä Mannerveden kuormitus koostuu?
- Kuinka luotettava laskennallinen malli on ja kuinka toimiva se on Mannerveden valuma-alueella?
- Vaikuttaako Ihodenjoen typpi- ja fosforikuormitus suoraan Mannerveden vedenlaatuun?

2 KUORMITUSSELVITYKSEN TOTEUTUS

Kuormitusselvitys toteutettiin analysoimalla olemassa olevaa tietoa. Työssä käytettyjä tietoaineistoja ovat muun muassa SYKE:n pistekuormittajat, ympäristöhallinnon tietojärjestelmät/Vedenlaatu, Corine maankäyttöluokitus, Suomen metsäkeskuksen metsävarakuviot ja metsänkäyttö ilmoitukset, Kemera aineistot (Kemera eli kestävän metsätalouden rahoituslaki), METLA (Metsäntutkimuslaitos), kaukokartoitusaineisto, karjatalous (kunnat), peltoviljely (ilmakuvat ja SYKE:n tietokanta), turvetuotanto (maastotietokanta), haja-asutus (mökit, maastotietokanta), kalankasvatus (LSVY:n tarkkailututkimus) ja Rusle maa-aines huuhtoutumiskartta. Viemäriverkostotiedot on saatu kartta-aineistona kaupunkien vesilaitoksilta. Kuormitusarviot ja toimenpidesuosituksset perustuvat maankäyttötietoon, muuhun saatavilla olevaan kuormitusaineistoon sekä maastohavaintoihin. Kenttätutkimusta on tehty 9.6.2020, 13.7.2020, 12.9.2020 ja 12.10.2020.

Kuormitusarvion teossa käytetty KUSTAA-työkalua, joka on ominaiskuormitusmenetelmään perustuva laskentaohjelma. KUSTAA-työkalu sisältää tyypillisimmät typen, fosforin ja kiintoaineen haja- ja pistekuormitusta aiheuttavat maankäytön toimenpiteet, sekä muut kuormituslähteet (LUKE 2014). KUSTAA-työkalua on käytetty erityisesti pienehköjen valuma-alueiden kuormituksen arviointiin. VEMALA-malli on vesistöille tehty valtakunnallinen ravinnekuormitusmalli. Sen avulla on simuloitu ravinteiden kulkeutumista maalla, joissa ja järvissä (Huttunen, 2016).

Tässä opinnäytetyössä Mannerveden lähivaluma-alueen kuormitusarvio on laskettu hyödyntäen KUSTAA-työkalua. Ihodenjoen valuma-alueen kuormitusarvio on laskettu VEMALA-mallilla ja kalankasvatuksen kuormitustieto on Pyhämaan merialueen tarkkailututkimuksesta. Esitettävät toimenpidesuosituksset perustuvat kuormitusselvityksen tuloksiin, karttatarkasteluun sekä maastossa tehtyihin havaintoihin potentiaalisista toimenpidekohteista.

Tämän opinnäytetyön yhteydessä ei arvioida mereltä, virtausten mukana tulevaa kuormitusta. Mittauspisteiden tuloksia (taulukot 1 ja 2) vertailtaessa voidaan kuitenkin todeta, että typpi- ja fosforipitoisuudet ovat Mannerveden puolella korkeampia tai lähes yhtä suuria kuin avomeren puolella. Täten Mannerveden ja sen ulkopuolisen merialueen välisellä veden vaihtuvuudella voidaan olettaa olevan Mannerveden vedenlaatua parantava vaikutus (Turkki 2019).

Taulukko 1. Typpipitoisuudet Mannerveden edustalla ja Mannerveden mittauspisteillä.

| N | Truutinpauhan mittauspiste avomeren puolella ($\mu\text{g/l}$) | Kuusikartan mittauspiste Mannervedellä ($\mu\text{g/l}$) |
|----------|--|--|
| 3.7.2018 | 180 | 240 |
| 3.9.2018 | 236 | 280 |
| 8.7.2019 | 310 | 490 |
| 3.9.2019 | 350 | 390 |

Taulukko 2. Fosforipitoisuudet Mannerveden edustalla ja Mannerveden mittauspisteillä.

| P | Truutinpauhan mittauspiste avomeren puolella ($\mu\text{g/l}$) | Kuusikartan mittauspiste Mannervedellä ($\mu\text{g/l}$) |
|----------|--|--|
| 3.7.2018 | 18 | 29 |
| 3.9.2018 | 26 | 25 |
| 8.7.2019 | 19 | 28 |
| 3.9.2019 | 24 | 23 |

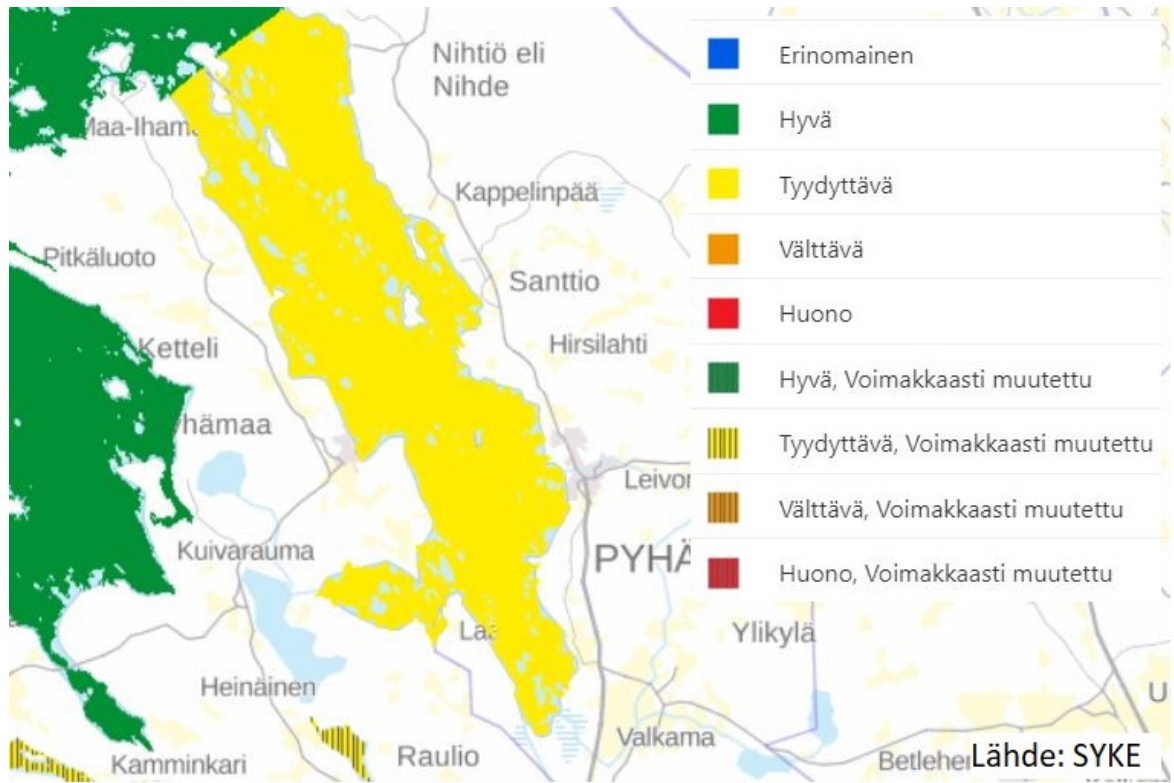
3 MANNERVESI

Mannervesi on matala merenlahti Selkämerellä, Uudenkaupungin Pyhämaan ja Pyhärannan kunnan välissä. Mannerveden alue kuuluu Selkämeren sisemmät rannikkovedet -rannikkovesityyppiin. Merialueen laajuus on noin 26 km². Mataluutensa takia Mannervedellä veden vaihtuvuus on vähäistä, mikä osaltaan on vaikuttanut alueen rehevöitymiseen. Mannervedellä virtaukset vaihtelevat veden korkeuden, tuulien ja Ihodenjoen virtaamien mukaisesti.

Mannerveden pohjukkaan laskee Ihodenjoki, jonka keskivirtaama on noin 1,5 m³/s (Avi, päätös 170/2015/2). Lisäksi alueelle laskee muita pieniä valtaoja, kuten Alhonoja ja Jonsuunperänjoki.

Suomen ympäristökeskuksen mukaan Mannerveden merialue on luokiteltu ekologiselta tilaltaan tyydyttäväksi vuodesta 2013 lähtien. Mannerveden edustalla oleva Selkämeren merialue on kuitenkin ekologiselta luokituksestaan hyvä. Mannervedellä rehevöityminen ilmenee runsaina sinileväesiintyminä, veden sameutumisenä sekä vesikasvien määrän lisääntymisenä. Mannervedellä sijaitsevilta Varsinais-Suomen ELY-keskuksen näytteenottopisteiltä saadun vedenlaatutiedon mukaan näkysyvyys on heikentynyt vuosien 1975 ja 2018 välillä noin 2 metriä ja fosforipitoisuus on noussut vuodesta 1977 vuoteen 2018 noin 8 µg/l (Ympäristöhallinnon tietojärjestelmät / Vedenlaatu).

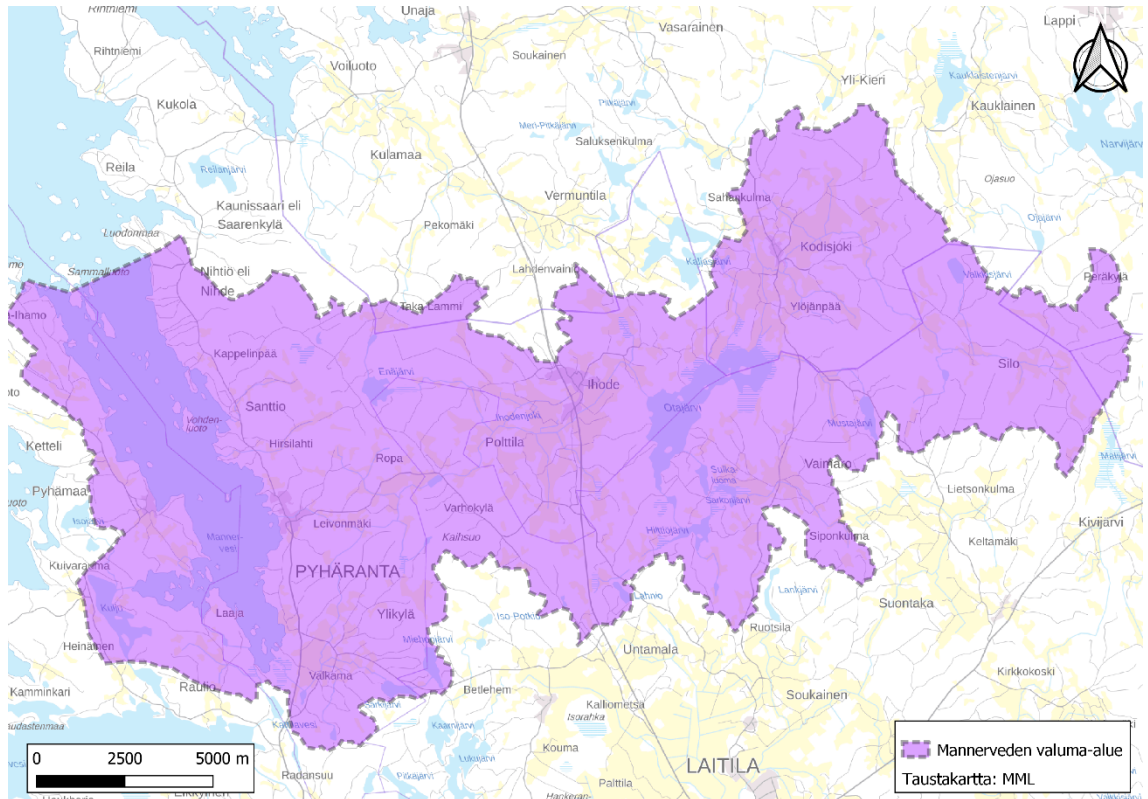
Vesipuidedirektiivin mukaiseen tavoitteeseen eli vesistön hyvään tilaan vuoteen 2015 mennessä ei Mannerveden kohdalla päästy, kuten kuvassa 1 on esitetty. Nykyisen vesipuidedirektiivin mukaan hyvä tila on saavutettava vuoteen 2027 mennessä.



Kuva 1. Pintavesien ekologinen tila 2019, SYKE.

4 MANNERVEDEN VALUMA-ALUE

Mannerveden valuma-alue on noin 273 km², josta merialueen osuus on noin 26 km². (Kuva 2). Valuma-alueella on noin 169 km² metsää ja 40 km² peltoa. Valuma-alueelle sijoittuu muutamia järviä, joista selvästi kookkain on Ihodenjoen osavaluma-alueelle sijoittuva Otajärvi.



Kuva 2. Mannerveden valuma-alue ulottuu pitkälle sisämaahan. Sisältää Maanmittauslaitoksen taustakartta-aineistoa 04/2020, SYKE Valuma-aluejako.

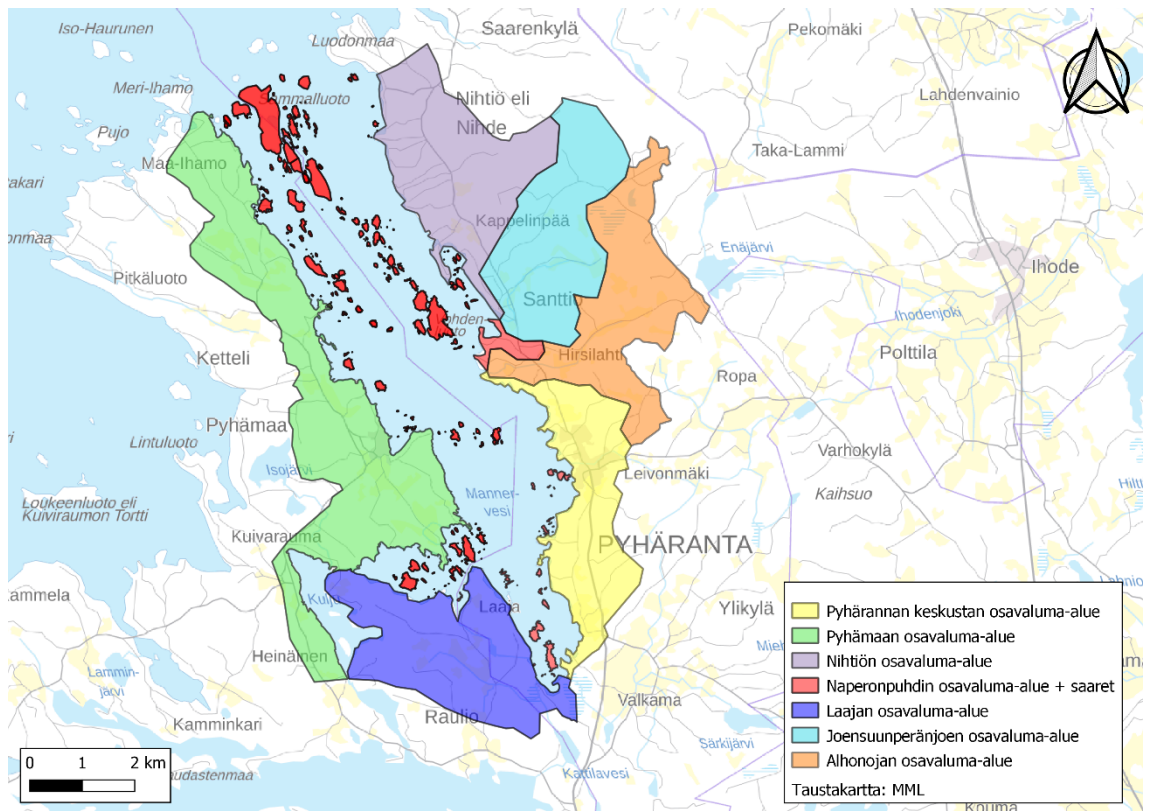
4.1 Mannerveden lähivaluma-alue

Lähivaluma-alue eli alue, jolta valumavedet laskevat suoraan tai pienten ojien kautta Mannerveteen kattaa noin 54 km². Lähivaluma-alueen osuus Mannerveden koko valuma-alueesta on vain 22 %. Lähivaluma-alueelta muodostuvalla kuormituksella on vain rajoitetusti mahdollisuuksia pidättäytyä esimerkiksi laskeuttamalla muiden vesistöjen pohjalle. Täten lähivaluma-alueelle ja erityisesti vesialueelle tai välittömäsi ranta-alueelle sijoittuvalla kuormittavalla toiminnalla voi olla suhteessa suurempi merkitys Mannerveden tilaan, kuin kaukovaluma-alueen reunoille sijoittuvilla kuormittajilla.

Taulukko 3. Lähivaluma-alueen osavaluma-alueiden pinta-alat.

| Pyhämaan osavaluma-alue | Nihtiön osavaluma-alue | Laajan osavaluma-alue | Alhonojan osavaluma-alue | Joensuunperäjoen osavaluma-alue | Pyhärannan keskustan osavaluma-alue | Naperonpuhdin osavaluma-alue + saaret |
|-------------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| 1470 ha | 790 ha | 789 ha | 758 ha | 719 ha | 632 ha | 261 ha |

Mannerveden lähivaluma-alue muodostuu seitsemästä osavaluma-alueesta. (Kuva 3 ja taulukko 3.) Viiden osavaluma-alueen rajausta on Suomen ympäristökeskuksen määrittysten mukainen. Pyhämaan osavaluma-alue on mallinnettu QGIS-ohjelmiston SAGA-työkalulla, joka perustuu hydrologiseen algoritmiin. Laajan osavaluma-alueen rajausta on korjattu paikan päällä tehtyjen selvitysten ja havaintojen perusteella. Tässä työssä Mannervedellä sijaitsevat saaret on yhdistetty Naperonpuhdin osavaluma-alueeseen.

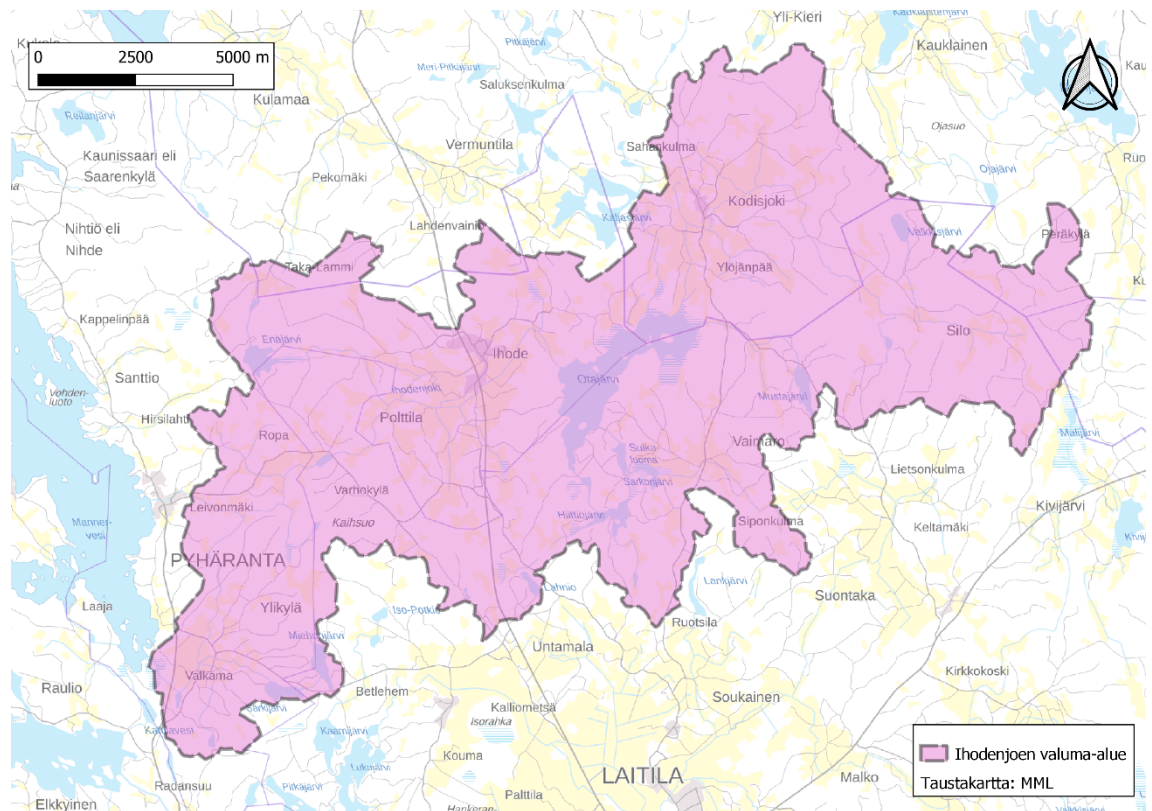


Kuva 3. Mannerveden osavaluma-alueet. Sisältää Maanmittauslaitoksen taustakartta-aineistoa 04/2021, SYKE Valuma-aluejako.

4.2 Kaukovaluma-alue

Mannerveteen laskevan Ihodenjoen valuma-alue on alueen pinta-alallisesti suurin yksittäinen Mannerveden osavaluma-alue (kuva 4) ja muodostaa Mannerveden kaukovaluma-alueen. Se ulottuu Pyhärannan, Uudenkaupungin, Rauman, Laitilan ja Euran alueille ja sen pinta-ala on noin 192 km². Valuma-alueesta metsää on noin 134 km² ja peltoa on noin 34 km². Ihodenjoen valuma-alueella on myös järviä, joista suurin on Otajärvi.

Ihodenjoen valuma-alue yhdistyy Mannerveteen sen kaakkoisosassa, jossa Ihodenjoki laskee mereen. Ihodenjoen keskivirtaama on noin 1,5 m³/s (Avi, päätös 170/2015/2).



Kuva 4. Mannerveden kaukovaluma-alue muodostuu kookkaasta Ihodenjoen valuma-alueesta. Sisältää Maanmittauslaitoksen taustakartta-aineistoa 04/2020, SYKE Valuma-aluejako.

5 KUORMITUS

5.1 Kuormituslähteet

Tässä työssä esitettävät kuormitusarviot koskevat vesistöön kohdistuvaa ulkoista typpi- ja fosforikuormitusta. Ulkoinen kuormitus koostuu valumavesien kuljettamista ravinteista, kiintoaineksesta, laskeumasta, sekä pistekuormittajista (Ulvi & Lakso 2005, 25). Mannerveden mahdollisen sisäisen kuormituksen eli sedimenttipohjilta tapahtuvan ravinteiden uudelleen vapautumisen arvioiminen vaatisi pidempiaikaisia ja laajoja tutkimuksia.

5.1.1 Maatalous

Maataloudesta aiheutuva vesistökuormitus muodostuu peltoviljelystä ja karjataloudesta. Mannervedellä suurin osa kuormituksesta aiheutuu kuitenkin peltoviljelystä. Suurin osa pelloista aiheutuvasta ravinnekuormituksesta tapahtuu kasvukauden ulkopuolella suurien sademäärien ja lumen sulamisen yhteydessä. Täten syksyisin tehtävät toimenpiteet, kuten kyntäminen tai vaihtoehtoisesti pellon pitäminen kasvipeitteisenä ympärivuotisesti, vaikuttavat merkittävästi siihen, kuinka paljon ravinnehuuhtoumaa tapahtuu. Maatalouden vesistökuormituksella on suuri vuosivaihtelu, joka johtuu sääolosuhteista ja hydrologisista tekijöistä. Kuormituksen määrään vaikuttaa myös pellon maalaji, kaltevuus ja saajituksen kunto (Aakkula & Manninen & Nurro 2010).

5.1.2 Metsätalous

Metsätaloudesta aiheutuva kuormitus syntyy metsätaloustoimenpiteiden aiheuttamasta valunnan ja eroosion lisääntymisestä, jotka taas aiheuttavat ravinteiden huuhtoutumista vesistöihin. Eniten vesistökuormitusta metsätaloudessa aiheuttavat metsänuudistamis- hakkuut, lannoitus ja kunnostusojitus. Metsissä tehtävien toimenpiteiden vaikutus on suurinta ensimmäisinä vuosina toimenpiteistä. Kuormituksen on arvioitu kestävän tyypillisesti 2–10 vuotta toimenpiteestä riippuen. Uusien tulosten mukaan kuormitus jatkuu kuitenkin tätä pidempään (Finér ym. 2020).

Tässä työssä käytetyt metsätalouden toimenpiteet on otettu metsänkayttöilmoituksista, jolloin ilmoittajalla on 3 vuotta aikaa aloittaa hakkuu. Laskelmissa metsätyöt on sijoitettu aina sille vuodelle, jolloin ne on ilmoitettu.

5.1.3 Asutus

Asutuksesta muodostuva ravinnekuormitus koostuu pääosin jätevesistä. Jäteveden oikealla käsittelyllä pystytään parantamaan erityisesti oman lähiympäristön laatua. Jätevesien riittävällä puhdistamisella hidastetaan vesistöjen rehevöitymistä, parannetaan vesien hygieenisestä laatua ja estetään pohjavesien pilaantumista. (Launiainen ym. 2014, 21.)

Kuormitusta lisää myös yhdyskuntien asfaltoidut pinnat. Läpäisemättömät pinnat lisäävät virtaamapiikkejä, eikä ravinteilla ja muilla haitta-aineilla ole mahdollisuutta sitoutua mihinkään, vaan ne kulkeutuvat helposti hulevesien mukana vesistöihin.

Mannerveden valuma-alueelle sijoittuu niin haja-asutusta, taajama- kuin mökkiasutusta. Viemäriverkoston ulkopuolisten kiinteistöjen jätevesistä Mannervedelle aiheutuva kuormitus vaihtelee jäteveden määrän, käsittelyjärjestelmän sekä vesistöön olevan etäisyyden mukaan. Ravinnekuormituksen lisäksi käsittelemättömät jätevedet aiheuttavat riskin vesistön hygieeniselle laadulle. Tämän työn laskuissa on käytetty Uudenkaupungin Vedeltä ja Pyhärannan vesihuoltolaitokselta saatuja tietoja viemäriverkoston kattavuudesta.

5.1.4 Kalankasvatus

Mannerveden alueella on 3 kalankasvatusallasta. Kasvatusaltaat ovat verkkoaltaita ja niiden päästötarkkailua ei voida tehdä tulevan ja lähtevän vedenlaadun ja määrän tarkkailuna kuten maalaitoksilla, vaan päästötarkkailu tehdään ainetaselaskelmien avulla (Turkki 2019).

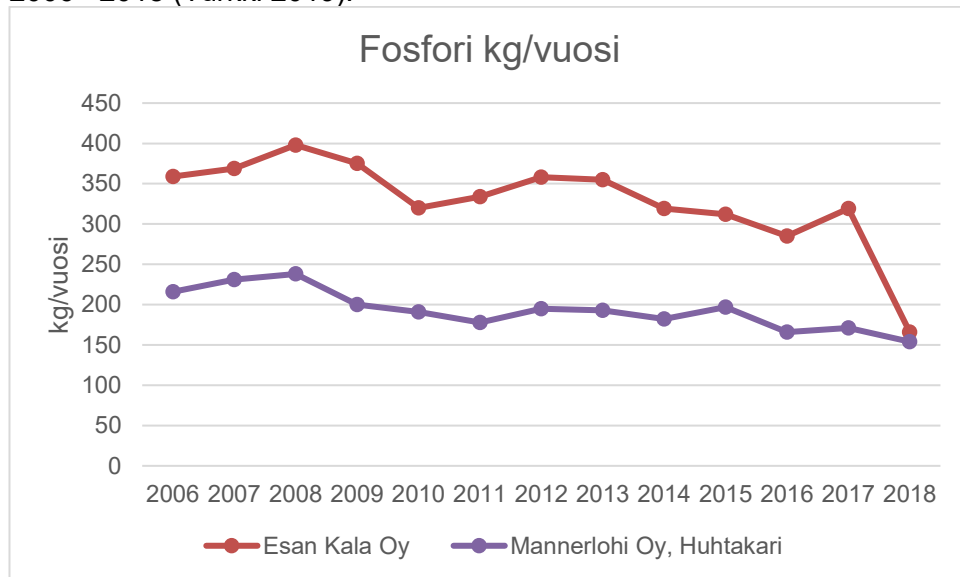
Toisin sanoen:

- Fosforipäästö (kg) = rehun fosfori (kg) – kalojen lisäkasvun fosfori (kg)
- Typpipäästö (kg) = rehun typpi (kg) – kalojen lisäkasvun typpi (kg)

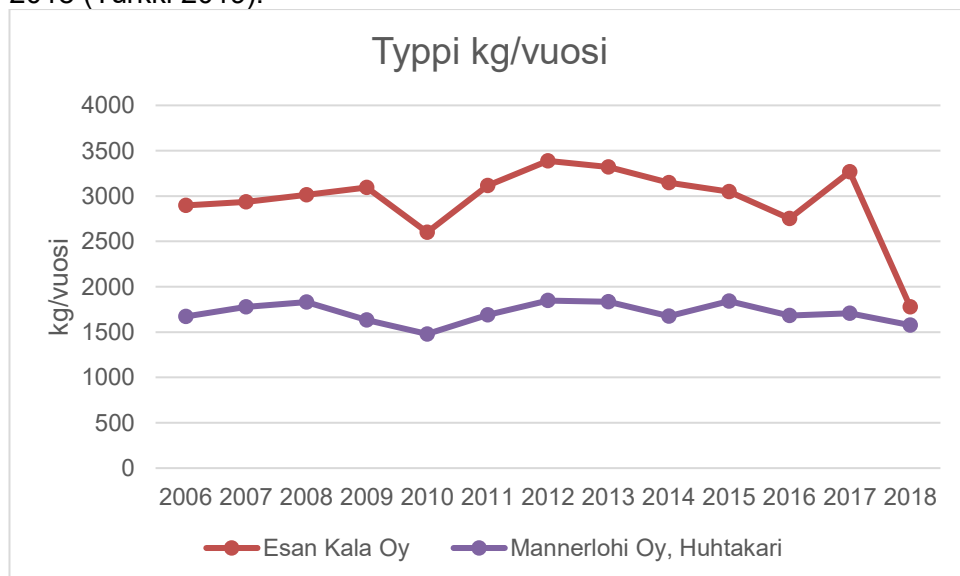
Kalojen lisäkasvuun sitoutuvien ravinteiden pitoisuuksina käytetään 0,40 % fosforia ja 2,75 % typpeä perkaamattoman kalan tuorepainosta. Ominaispäästöarvot lasketaan jakamalla päästömäärä kalojen vuotuisella lisäkasvulla. (Turkki 2019.)

Taulukoissa 4 ja 5 on esitetty Mannerveden merialueella olevien kalankasvatamoiden vuotuinen kuormitus typen ja fosforin osalta vuosien 2006 ja 2018 välillä.

Taulukko 4. Kalankasvatuksesta aiheutunut fosforikuorma Mannervedellä vuosina 2006–2018 (Turkki 2019).



Taulukko 5. Kalankasvatuksesta aiheutunut typpikuorma Mannervedellä vuosina 2006–2018 (Turkki 2019).



Kalankasvatuksen kuormitusvaikutukset voidaan olettaa olevan paikallisesti suurempia, kuin miltä niiden osuus kokonaiskuormituksesta näyttää. Mannerveden

kokonaiskuormitukseen niiden vaikutus on arviolta noin 10 %. Kalankasvatus päättyy Mannervedellä vuoden 2020 loppuun mennessä. Tämän jälkeen alueella jatketaan kalojen säilytystä, mutta kasvatustoiminta loppuu kokonaan.

5.1.5 Laskeuma

Laskeuma tarkoittaa suoraan vesialueille ilmasta laskeutuvaa kuormitusta. Ilmasta tulevat kuiva- ja märkälasseuma vaikuttavat koko valuma-alueen typpi- ja fosfori kuormitukseen. Yleensä laskeuman osuus vesistöjen fosforikuormituksesta on varsin pieni. Hyvin pienen valuma-alueen omaavilla vesistöillä voi laskeuma muodostaa merkittävän osan vesistön typpikuormituksesta. Laskeuman mukana tulevaan kuormitukseen on käytännössä mahdotonta vaikuttaa paikallisin toimin ja tyypillisesti sitä parempi on vesistön tila, mitä suurempi osuus kokonaiskuormituksesta muodostuu laskeumasta ja taustakuormasta. (Launiainen ym. 2014.)

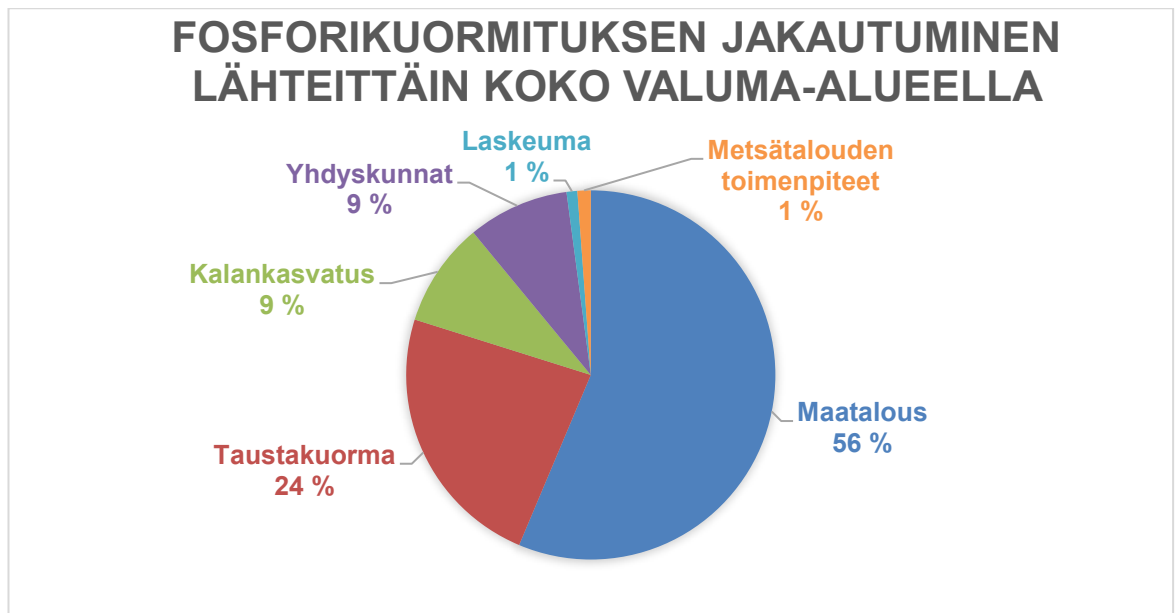
5.1.6 Taustakuorma

Taustakuormitus on kuormitusta, joka tulee luonnontilaisilta maa-alueilta. Myös luonnonhuuhtoumaksi kutsuttu taustakuorma tulee vesistöihin aina, riippumatta ihmisen toimista alueella. (Mattsson ym. 2003). Mannerveden valuma-alueella suurin osa luonnonhuuhtouman kuormituksesta tulee metsistä, sillä valtaosa valuma-alueen pinta-alasta on metsää.

5.2 Mannerveden ravinnekuormitus

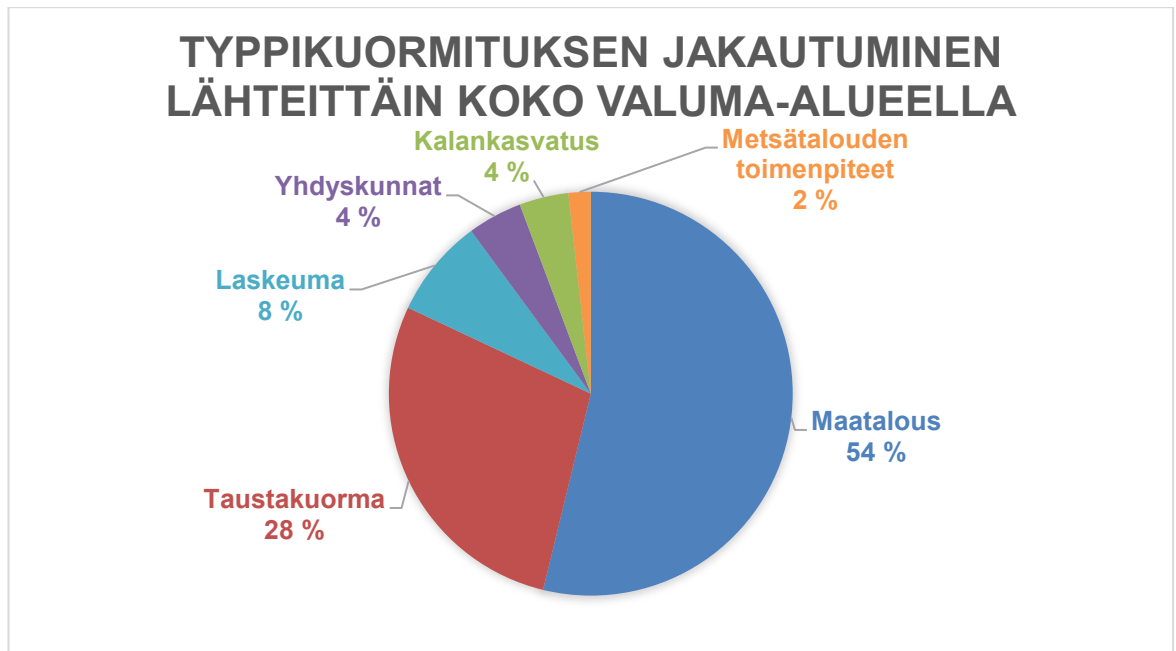
Kuvioissa 1 ja 2 on yhdistetty kuormitustietoja lähivaluma-alueen osalta KUSTAA:sta ja kaukovaluma-alueen osalta VEMALA:sta. KUSTAA-työkalun avulla lasketut vuotuiset kuormituskeskiarvot ovat viimeisen 10 vuoden keskiarvo ja VEMALAN tiedot ovat keskiarvo vuosilta 2012-2019. KUSTAA:han syötetyt lähtötiedot on saatu eri avoimista lähteistä kuten esimerkiksi MML ja Metsäkeskus. VEMALA-malli on Suomen ympäristökeskuksessa kehitetty malli, joka hyödyntää laskelmissa erilaisista lähteistä kerättyä tietoa. Kuormitustiedot VEMALA-järjestelmästä on irrotanut ja tätä työtä varten luovuttanut Markus Huttunen (2020).

Kuviossa 1 on esitetty fosforikuormituksen jakautuminen lähteittäin. Keskimääräinen fosforikuorma Mannervedelle on noin 5 150 kg vuodessa. Fosforikuormasta yli puolet on maataloudesta aiheutuvaa kuormitusta. Taustakuorman osuus on melko suuri, sillä valuma-alueen pinta-alasta suurin osa on metsää, josta suurin osa taustakuormasta tulee. Sekä kalankasvatus, että yhdyskunnat tuottavat hieman alle 500 kg vuodessa fosforia, mikä vastaa noin 9 % fosforikuormasta.



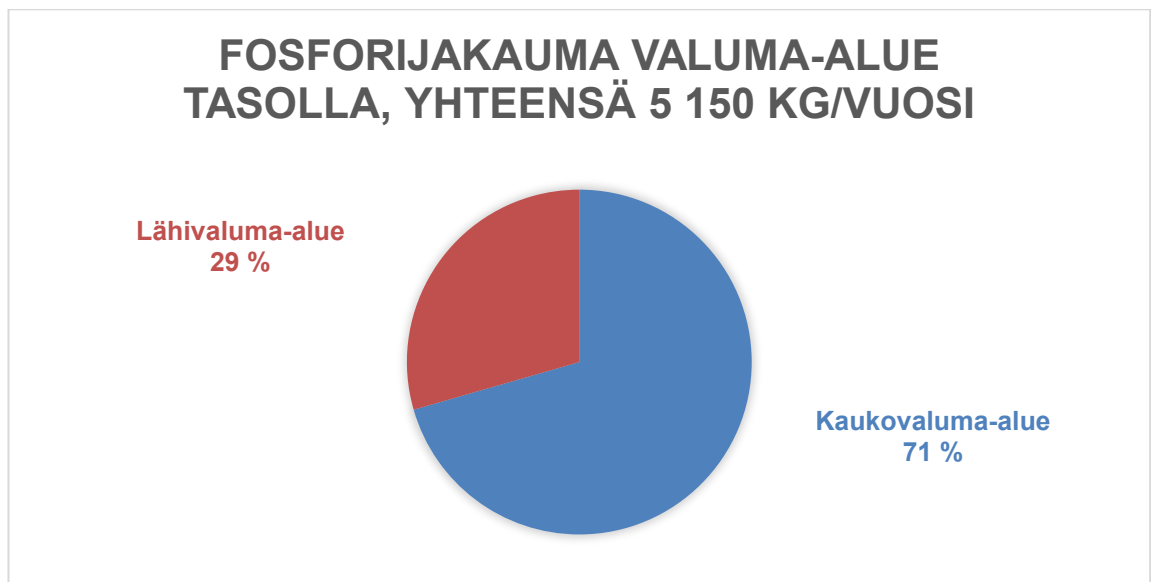
Kuvio 1. Koko valuma-alueen keskimääräinen fosforikuorma on yhteensä n. 5 150 kg/vuosi.

Mannerveteen kohdistuva typpekuormitus on noin 115 000 kg/vuodessa. (Kuvio 2). Maatalous tuottaa kuormituksesta 54 % ja taustakuorma 28 %. Laskeuma kattaa 8 % ja siitä lähes kaikki kuormitus kohdistuu suoraan Mannerveteen. Yhdyskunnat ja kalankasvatus tuottavat 4 % ja metsätalouden toimenpiteet 2 % typpekuormituksesta.

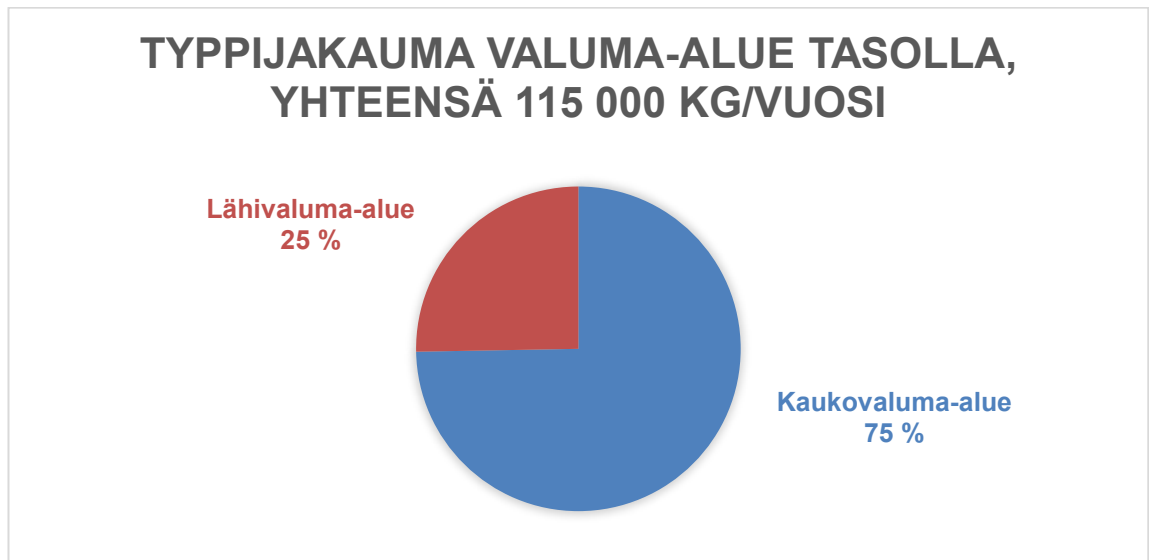


Kuvio 2. Mannerveteen päätyvä keskimääräinen typpikuorma on yhteensä 115 000 kg/vuosi.

Typpikuormituksesta noin 71 % ja fosforikuormituksesta noin 75 % tulee Ihodenjoen valuma-alueelta. (Kuviot 3 ja 4).



Kuvio 3. Suurin osa Mannerveden fosforikuormituksesta tulee Ihodenjoen valuma-alueelta.



Kuvio 4. Noin neljännes Mannerveden ulkoisesta typpikuormituksesta on peräisin lähivaluma-alueelta, Ihodenjoen kuljettaessa 75 % Mannerveden typpikuormasta.

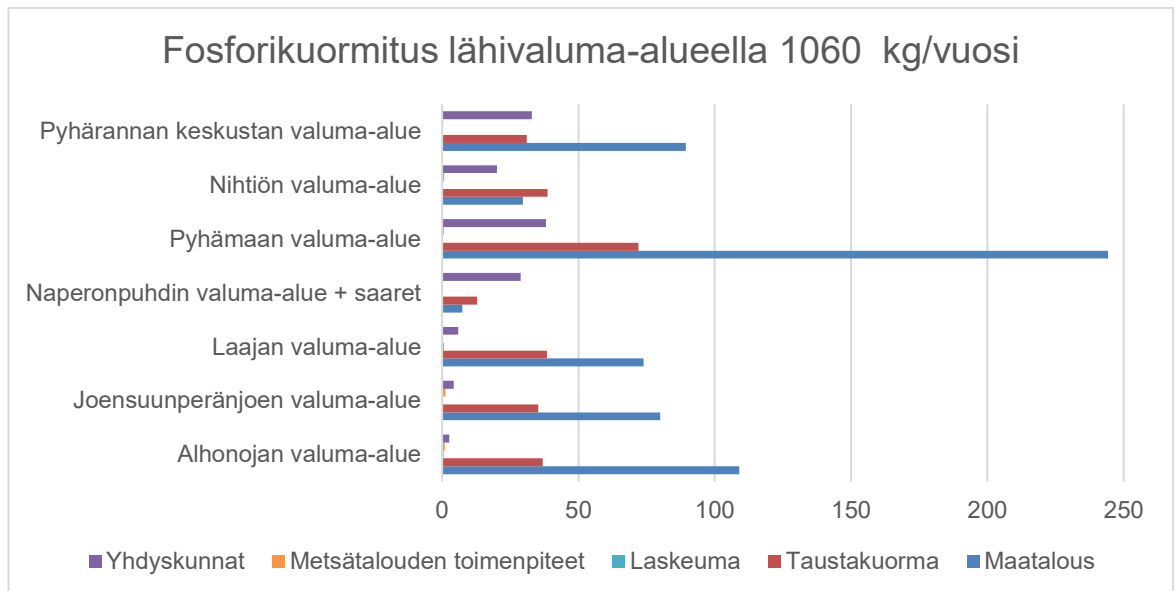
Kuormituksen alueelliseen jakautumiseen vaikuttaa luonnollisesti eri osavaluma-alueiden koko. Suurin kuormitus Mannerveteen tulee kookkaalta Ihodenjoen valuma-alueelta. Vaikka lähivaluma-alueen suhteellinen osuus Mannerveden kokonaiskuormituksesta ei ole kovin suuri, sillä on merkitystä Mannerveden tilalle.

Suhteuttaessa kuormitusluvut osavaluma-alueiden pinta-alaan, on Pyhärannan keskustan osavaluma-alue suurin fosforin kuormittaja ja Pyhämaan osavaluma-alue suurin typen kuormittaja. (Taulukko 6). Toimenpiteiden kohdentaminen on suositeltavaa tehdä alueille, joilla suhteellinen kuormitus on suurta.

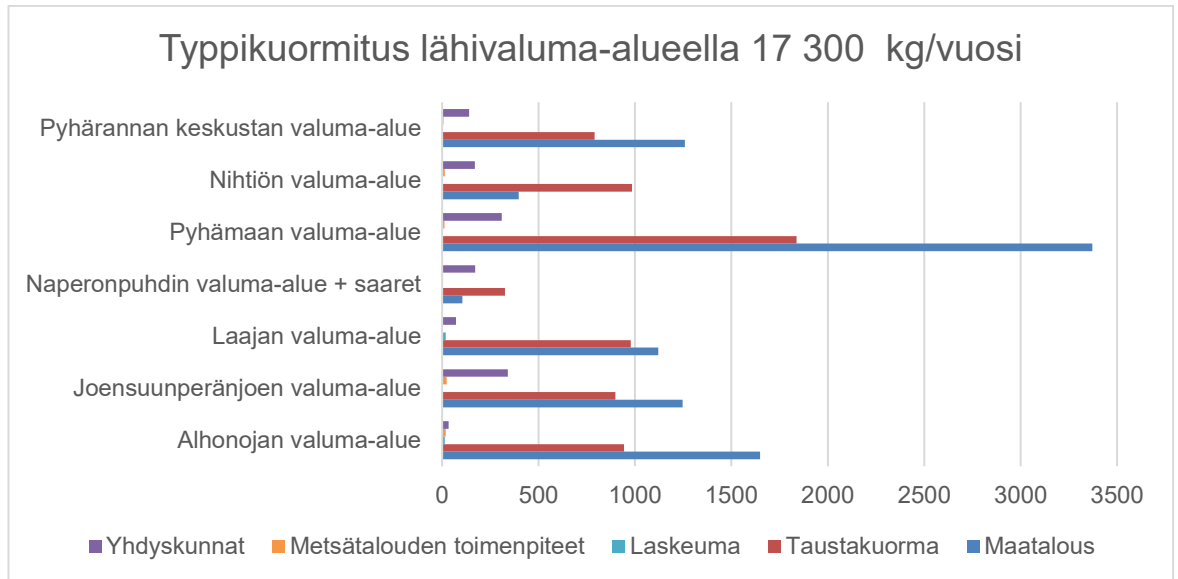
Taulukko 6. Osavaluma-alueiden pinta-alaan suhteutetut kuormitukset typen ja fosforin osalta.

| Valuma-alue | Pinta-ala (ha) | Osuus lähivaluma-alueesta | Typpi (kg/ha) | Fosfori (kg/ha) |
|---------------------------------------|----------------|---------------------------|---------------|-----------------|
| Pyhämaan osavaluma-alue | 1470 | 27 % | 3,78 | 0,24 |
| Nihtiön osavaluma-alue | 790 | 15 % | 1,99 | 0,11 |
| Laajan osavaluma-alue | 789 | 15 % | 2,78 | 0,15 |
| Alhonojan osavaluma-alue | 758 | 14 % | 3,51 | 0,20 |
| Joensuunperäjoen osavaluma-alue | 719 | 13 % | 3,49 | 0,17 |
| Pyhärannan keskustan osavaluma-alue | 632 | 12 % | 3,47 | 0,29 |
| Naperonpuhdin osavaluma-alue + saaret | 261 | 5 % | 2,32 | 0,19 |

Lähivaluma-alueelle sijoittuvien osavaluma-alueiden kuormitus vaihtelee niiden koon ja niille sijoittuvan ihmistoiminnan mukaan. (Kuviot 5 ja 6). Pyhämaan osavaluma-alue on lähivaluma-alueen osavaluma-alueista kookkain ja täten myös suurin kuormittaja, sekä typen että fosforin osalta. Pyhämaan osavaluma-alueella maatalous on selvästi suurin yksittäinen typen ja fosforin kuormituslähde. Maatalous on myös selvästi suurin kuormittaja koko lähivaluma-alueella.



Kuvio 5. Fosforikuormituksen jakautuminen lähteittäin lähivaluma-alueilla



Kuvio 6. Typpikuormituksen jakautuminen lähteittäin lähivaluma-alueille.

6 TOIMENPIDESUOSITUKSET

Suosittelut toimenpiteet on jaettu yleisiin toimenpidesuosituksiin ja kohdennettuihin toimenpidesuosituksiin. Yleiset toimenpidesuositukset koskevat koko Mannerveden valuma-aluetta. On oletettavaa, että kohdennetut toimenpiteet ovat mahdollisia myös muissa kohteissa, mutta paikkojen löytäminen vaatii lisää tutkimista.

6.1 Yleiset toimenpidesuositukset valuma-alueella

Yleisillä toimenpidesuosituksilla voidaan vaikuttaa Mannerveden vesistökuormitukseen ja niitä tulisi ottaa käyttöön mahdollisimman laajalti. Joissakin tapauksissa toimien tarkempi sijoittaminen ja mitoittaminen vaativat tarkempia tutkimuksia kuin mitä tämän työn puitteissa on ollut mahdollista tehdä.

6.1.1 Kosteikot ja laskeutusaltaat

Maatalouden vesiensuojelua voidaan edistää monin tavoin. Ravinteet tulee ensisijaisesti pyrkiä hyödyntämään ja pidättämään pelloilla, mutta maa-alueilta huuhtoutuu aina jonkin verran kuormitusta myös vesistöihin. Ravinteita ja eroosioainesta sisältäviä valumavesiä voidaan pyrkiä puhdistamaan muun muassa erilaisissa kosteikoissa. (Hagelberg ym. 2012, 2-3.)

Kosteikkojen rakentaminen on yksi keino vähentää maatalouden ravinnekuormitusta vesistöihin ja lisätä luonnon ja maiseman monimuotoisuutta. Kosteikko hidastaa veden virtausta, jolloin veden mukana kulkeutuvat ravinteita sisältävät maahiukkaset sedimentoituvat sen pohjalle. Kosteikon pohjasedimentissä elävät mikrobit puolestaan muuttavat veden typpiyhdisteitä takaisin typpikaasuksi. Kosteikko tarjoaa sopivan elinympäristön useille eläinlajeille kuten monille linnuille ja pikkunisäkkäille. (Kaasinen 2013, 2.)

Kosteikko on ojan, puron tai muun vesistön osa tai alue, joka on suuren osan vuodesta veden peitossa ja muunkin ajan pysyy kosteana ja jossa on vesi- ja kosteikkokasvillisuutta (Hagelberg ym. 2012, 2-3). Kosteikot ovat luonnonmukainen keino pidättää kiintoainesta ja ravinteita. Ne tasaavat uomien virtaamia ja parantavat niiden itsepuhdistuskykyä (Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu 2014).

Kosteikkoja pienempiä vaihtoehtoja ovat lasketusaltaat, lietekuopat ja lietetaskut. Ne ovat uomiin tai niiden yhteyteen rakennettavia syvennyksiä tai levennyksiä, joiden tarkoitus on pidättää kiintoainesta ja siihen sitoutuneita ravinteita. Ne kannattaa rakentaa uoman hitaasti virtaaville osuuksille, sellaisiin paikkoihin, joista ne on helppo tyhjentää. (Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu 2014.)

Mannerveden valuma-alueen pellot ovat pääasiallisesti alavia, mistä johtuen eroosion riski on keskimääräistä pienempi. Tämä voi osaltaan vähentää ojavesien kiintoainepitoisuuksia. Liukoisten ravinteiden pidättämiseksi olisi suositeltavaa hyödyntää kosteikkoja, joissa kasvillisuus voi pidättää valumavesien liukoisia ravinteita. Kosteikot ovat tilaa vaativia toimenpiteitä, joten soveltuvia sijoituspaikkoja saattaa olla hankala löytää.

6.1.2 Säätosalaojitus

Suuri osa pelloilta tulevasta ravinnekuormituksesta aiheutuu salaojien toimimattomuudesta. Huonon salaojituksen seurauksena pintavalunta lisääntyy, jolloin ravinteet pääsevät helpommin karkaamaan valumavesien mukana vesistöihin. (Mavi 2009.)

Säätosalaojituksella pelloilta salaojiin tulevaa valumaveden määrää pystytään säätelemään salaojaverkostoon asennettujen säätökaivojen avulla. Säätökaivoihin sijoitettavat padotuslaitteet pidättävät vettä salaojiin, jolloin pohjaveden korkeutta voidaan pitää korkeammalla kuin tavallisessa salaojituksessa. Pidättämällä valumavesiä pellolla voidaan vähentää ravinteiden huuhtoutumista, turvata kasvien veden saantia, sekä estää happamien valumavesien muodostumista mahdollisilla sulfaattimailla. (Mavi 2009.)

Happamilla sulfaattimailla tarkoitetaan sellaisia alueita, joissa maaperän kerroksissa esiintyy vanhan merenpohjan rikkipitoisia sedimenttejä. Kuivuessaan ne aiheuttavat maaperän ja vesistöjen happamoitumista. Happamoitumisen estämiseksi sulfidikerros tulisi pitää pohjaveden kyllästämänä, jolloin sulfidikerros ei pääse hapettumaan. (Ajosenpää ym. 2019, 6-10.)

6.1.3 Maanparannusaineet

Suomessa on tutkittu peltojen kipsikäsitteilyä viimeisen 10 vuoden ajan ja siitä saadut tulokset osoittavat sen sopivan hyvin vesiensuojelukeinoksi. Kipsikäsitteily sitoo fosforia maaperään, jolloin huuhtoumat pellolta vähenevät. (Ollikainen ym. 2018.) Kipsikäsitteily

voisi olla tehokas keino Ihodenjoen ympärillä, Otajärven ja Mannerveden välisellä alueella.

Rakennekalkki ja maanparannuskuidut ovat maanparannusaineita, joilla pyritään parantamaan maan koostumusta ja vähentämään eroosiota. Suomessa näiden tehosta ei vielä ole kattavaa tutkimusnäyttöä, vaan menetelmien tutkimus ja testaus ovat vielä kesken. (Salonen 2019, 39.)

6.1.4 Suojakaistat ja suojavyöhykkeet

Suojakaistat ovat viljelemättömiä, pysyvän kasvillisuuden peittämiä kaistoja ja alueita, jotka jäävät pellon tai rakennetun alueen ja vesistön tai ison ojan väliin. Suojakaistojen tarkoituksena on vähentää ravinteiden ja torjunta-aineiden kulkeutumista vesistöihin, sekä vähentää eroosio-ongelmia. Suojakaistoja tulisi jättää myös avohakkuiden ja vesistöjen, sekä isojen ojien väliin. (Ympäristöhallinto 2020.)

Vesistöjen ja suurempien ojien varsille suositellaan jätettäväksi vähintään 3 metrin suojakaistat (kuva 5). Mahdollisilla jyrkemmillä pelloilla tulisi harkita suojakaistaa leveämmän suojavyöhykkeen käyttöönottoa. (Ympäristöhallinto 2020.) Kuvassa 6 on 3 metriä leveä suojakaista pellon ja Ihodenjoen välissä.

6.1.5 Jätevedenpumppaamot

Viemäriverkoston ja keskitetyn jäteveden käsittelyn avulla vähennetään jätevesistä aiheutuvaa vesistökuormitusta. Jätevedenpumppaamot ovat tärkeä osa viemäriverkostoa. Ainakin yhdellä alueen pumppaamolla on ollut ylivuotoja ja se johtunee väärin mitoitetusta pumppaamosta. Kuvassa 7 ylivuotoputken purku-uoma ja taustalla Mannervesi.

Kenttätöiden yhteydessä (9.6.2020) havaittiin pintaan noussut, paineviemäriä muistuttava putki Pyhärannan Camping-alueen läheisyydessä. Sen korjaaminen on erittäin tärkeää, sillä putken hajoaminen johtaisi suureen ravinnepäästöön ja muodostaisi terveysuhan alueelle. Lisäksi rikkoontuessaan paineviemäriin korjaus tulee olemaan kallista. Alueen asukkaat ovat tehneet muitakin havaintoja pintaan nousseista putkista Mannerveden alueella.

Valuma-alueella on vesilaitoksen tietojen mukaan sattunut 2 ylivuotoa. Ensimmäinen on tapahtunut Santtiassa 22.1.2020, jossa ohjaussulakkeen palamisen johdosta vesistöön on päässyt 300-400 m³ jätevettä. Toinen on tapahtunut Ihoden jätevedenpuhdistamolla 10.2.2020, jolloin sähkökatkoksen johdosta jätevesiä joutui Ihodenjokeen noin 260 m³.

Suosituksena on varmistaa alueen viemäriverkoston siirtopumppaamoiden mitoitus ja toimivuus sekä merenalaisten putkien kunto ja sijainti.



Kuva 7. Ylivuotoputken purku-uoma ja taustalla Mannervesi. Kuva: Antti Kaseva.

6.1.6 Matonpesu

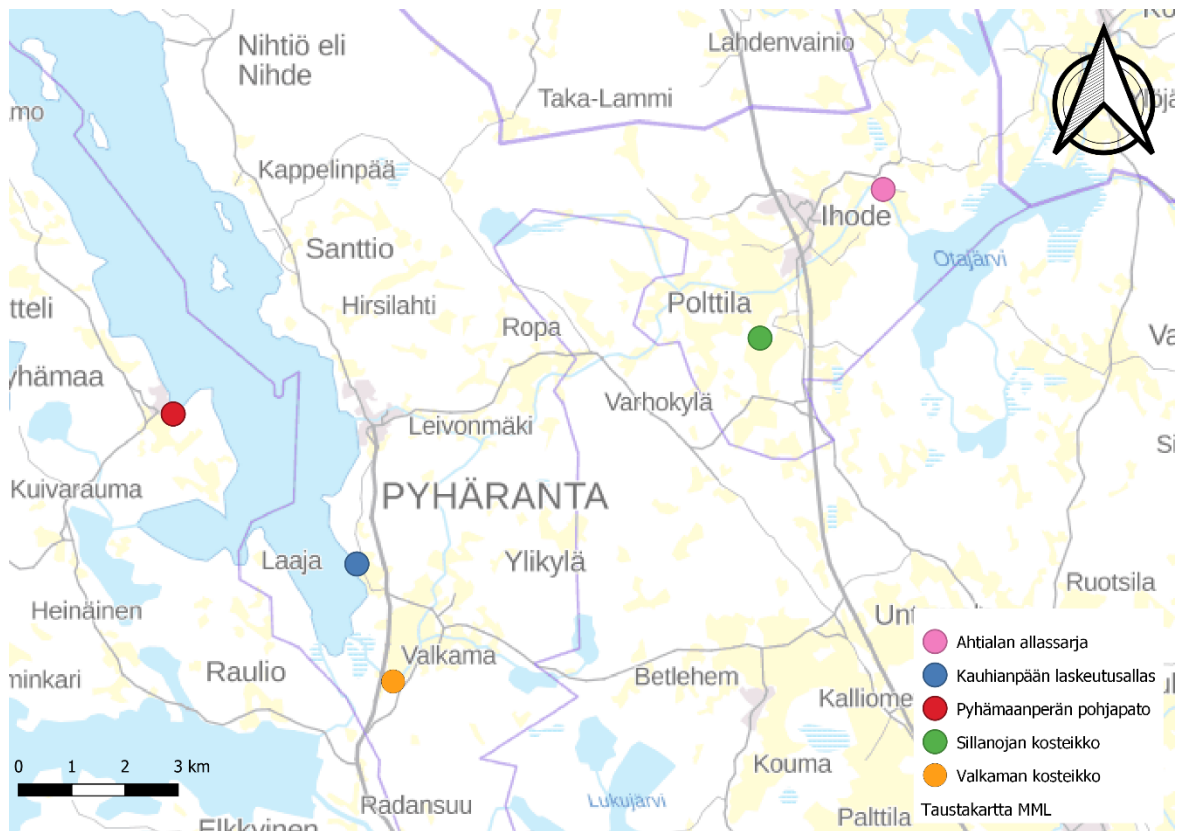
Matonpesua on syytä välttää laitureilla ja vesistöjen välittömässä läheisyydessä. Virallisten matonpesupaikkojen tulee kuulua viemäriverkostoon tai niiden vedet pitää muutoin käsitellä ennen vesistöön päästämistä. Matonpesupaikkojen sijoittaminen kauemmas vesistöistä antaisi mahdollisesti ympäristöön purettavien pesuvesien sisältämille ravinteille enemmän aikaa sitoutua maahan. Kuvassa 8 on Pyhärannan campingalueen läheisyydessä sijaitsevan matonpesupaikan poistovesiputki. Putken päästä matkaa Mannervedelle on vain noin 30 metriä.



Kuva 8. Matonpesupaikan pesuvesien purkuputki, josta vedet imeytyvät ranta-alueen maaperään tai kulkeutuvat pinnanläheisessä kerroksessa Mannerveteen. Kuva: Antti Kaseva.

6.2 Kohdennetut toimenpidekohteet

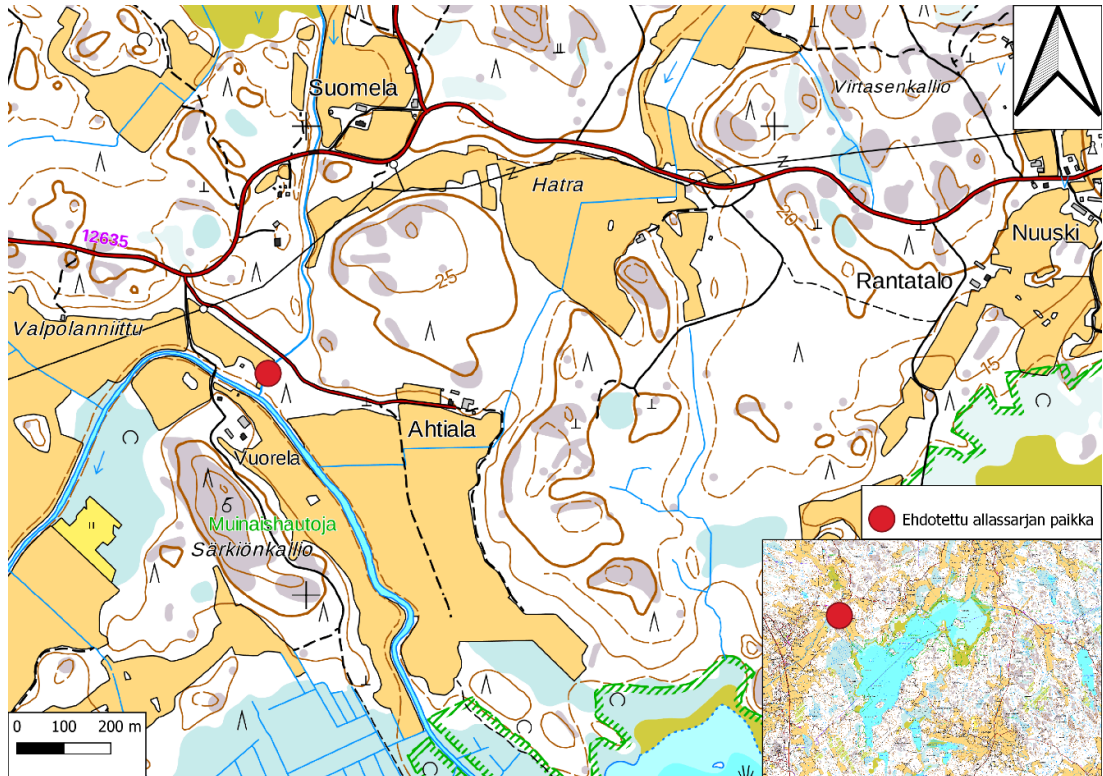
Kohdissa 6.2.1–6.2.5 esitetään kohdennettuja toimenpiteitä kuormituksen vähentämiseksi. Toimenpidekohteet on nimetty sijoituspaikan mukaisesti. Kohteet on sijoitettu Otajärven länsipuolelle (kuva 9), jotta niiden vaikutus Mannerveteen olisi mahdollisimman tehokas.



Kuva 9. Kohdennetut toimenpidekohteet. Sisältää Maanmittauslaitoksen taustakartta-aineistoa 04/2021.

6.2.1 Ahtialan allassarja

Otajärven purkupisteen lähistöllä sijaitsevaan Ihodenjoen sivuhaaraan (kuva 10) voitaisiin rakentaa kolmen laskeutusaltan sarja. Oja tulee pelloilta ja aikoinaan kuivatulta järveltä. Allassarjalla veden kulkua pystyttäisiin hidastamaan, minkä seurauksena ravinteille ja kiintoaineille jäisi enemmän aikaa laskeutua pohjaan ja jäädä sinne. Alueella on jo yksi muokattu allas (kuva 11), jota voisi laajentaa ja käyttää osana allassarjaa.



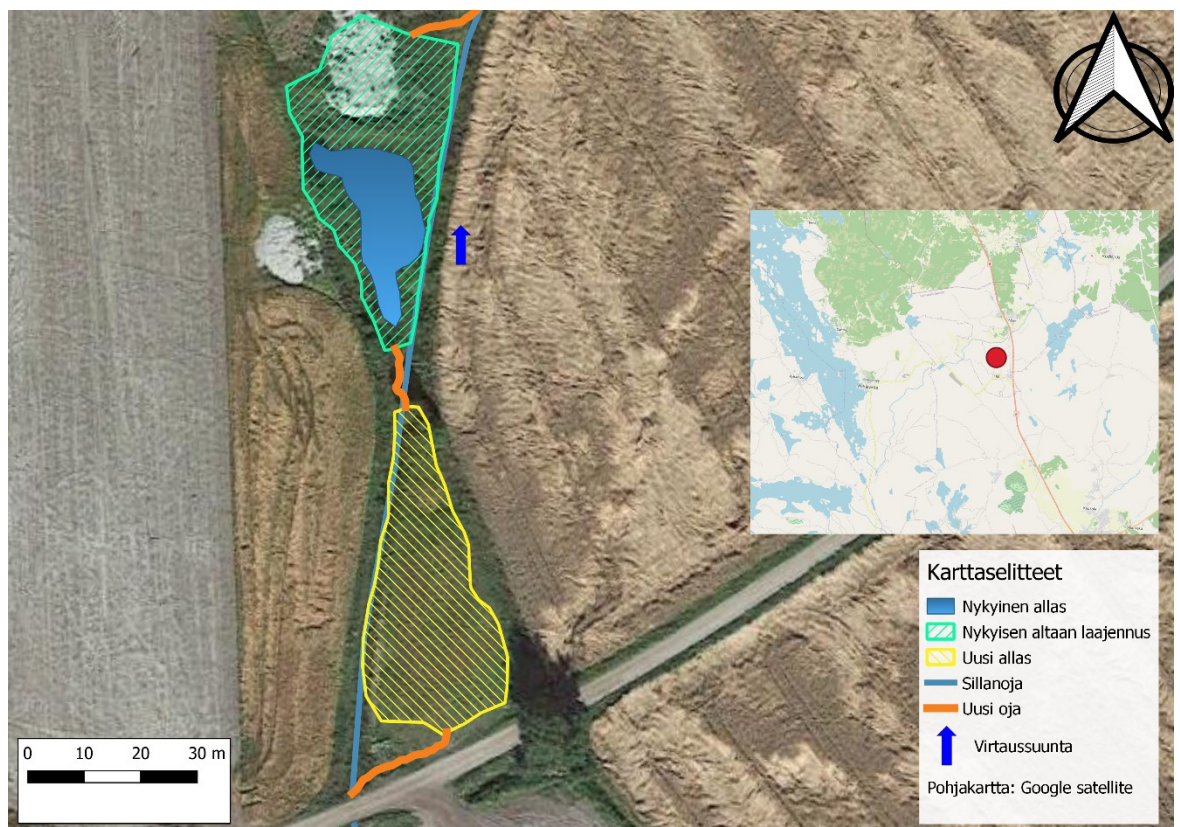
Kuva 10. Ihodenjoen ja tienväliselle oja-osuudelle mahdollisten rakennettavien pienten laskeutusaltaiden tai lietekuoppien ketjun sijainti. Sisältää Maanmittauslaitoksen peruskartta-aineistoa 04/2020.



Kuva 11. Ojauomassa oleva levennys, josta laajentamalla tai matalalla pohjapadolla saisi muodostettua pienikokoisen laskeutusaltaan. Kuva: Juha Niemi.

6.2.2 Sillanojan kosteikko

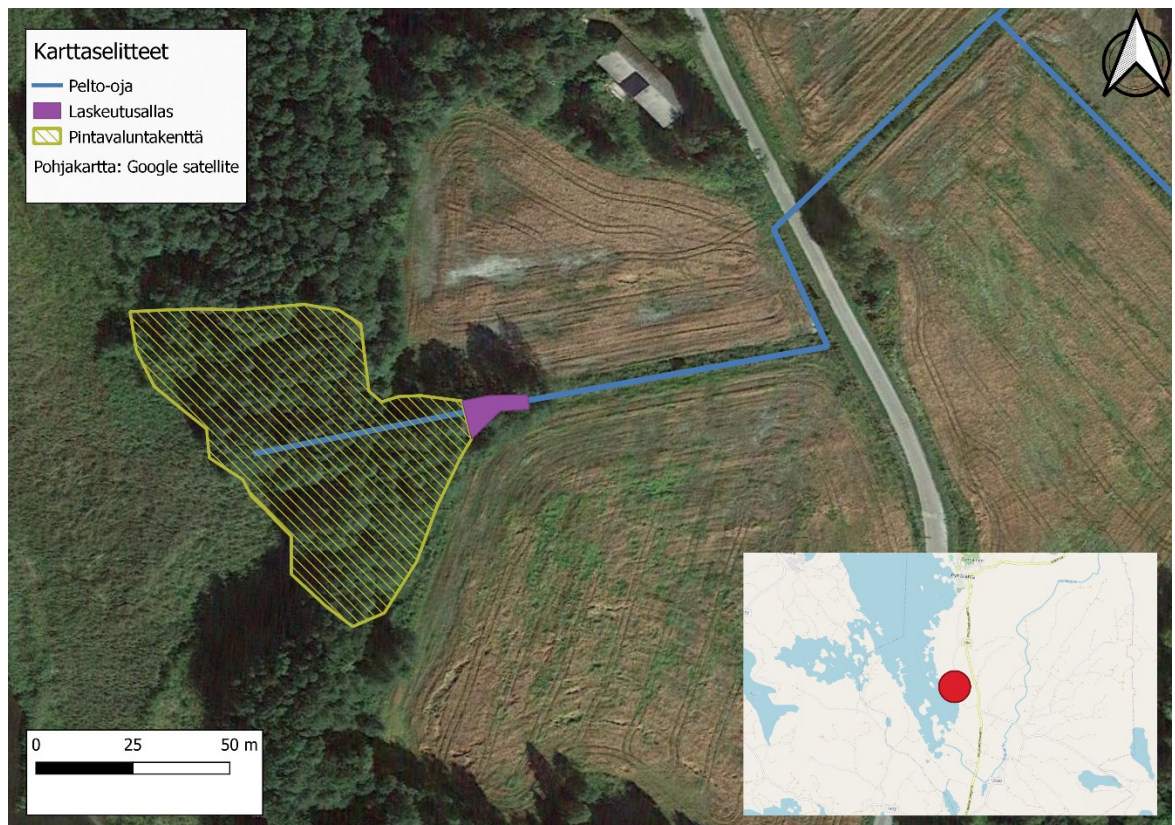
Sillanojaan olisi mahdollista rakentaa kosteikko. Polttilantietä ympäröivän peltoalueen keskellä sijaitsee vesiallas. Sen välittömässä läheisyydessä on viljelemätön alue. Laajentamalla allasta ja tekemällä altaisiin erilaisia hidasteita kuten esimerkiksi saarekkeita, saataisiin aikaan kosteikko, joka sitoisi itseensä ravinteita ja kiintoainetta. Laajentamalla nykyistä allasta ja kaivamalla toisen altaan eteläpuoleiselle viljelemättömälle alueelle saataisiin kohteeseen muodostettua kahdesta altaasta muodostuva vesiensuojelukosteikko. (Kuva 12). Yhdistämällä nykyinen allas uuteen altaaseen ei kuitenkaan saavuteta kosteikolle suositeltua 2 % osuutta valuma-alueesta, mutta kosteikolla voidaan silti pidättää ojavedestä kiintoainesta ja ravinteita pienempien virtaamien aikana. Kosteikkoalueen levittäminen nykyisin viljelykäytössä olevalle maalle mahdollistaisi 2 % täyttymisen. Uutta allasta voisi myös käyttää kasteluun, jolloin osa ravinteista saataisiin palautettua pelloille.



Kuva 12. Polttilantien eteläpuolella sijaitsevalle kohteelle ehdotettu kahdesta altaasta muodostuva vesiensuojelukosteikko. Indeksikartta: © OpenStreetMap.

6.2.3 Kauhianpään laskeutusallas

Mereen laskevan ojan valuma-alue on noin 156 ha. Ojasuun lähetyvillä aivan rannassa on tehty hakkuita. (Kuva 14). Ojaan on mahdollista rakentaa laskeutusaltaan ja pintavaluntakentän yhdistelmä. (Kuva 13). Vesi kannattaisi ohjata ensin laskeutusaltaaseen, josta se johdettaisiin pinta-valutus kentän läpi mereen. Pintavaluntakentän koko tulisi suositusten mukaan olla 0,5 %-2 % valuma-alueesta. Alueelle voisi olla hyvä tehdä myös patoja veden levittämiseksi koko alueelle. Ilman pelloille menemistä alueella olisi mahdollista saavuttaa maksimissaan 0,5 % valuma-alueesta oleva pintavaluntakenttä. Virtaamasäätöä käyttämällä pintavaluntakentän koko voi tarvittaessa olla pienempi kuin 0,5 % valuma-alueesta.



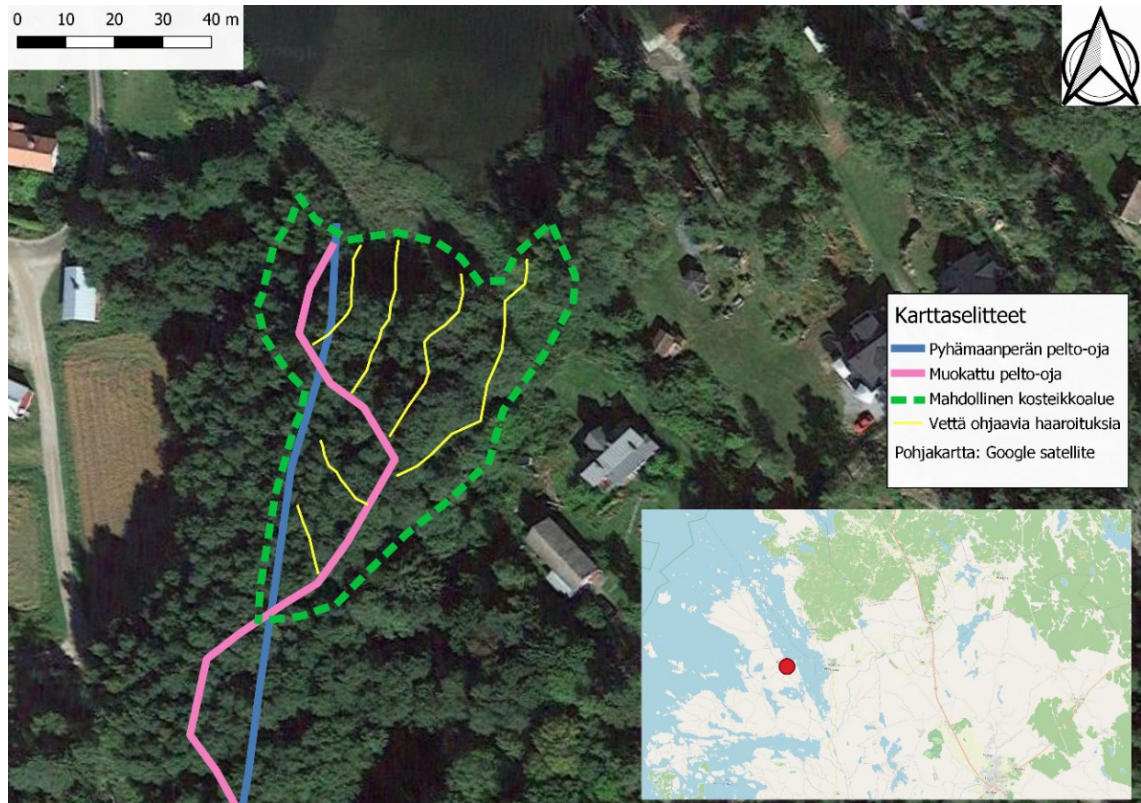
Kuva 13. Mahdollinen laskeutusaltaan ja pintavaluntakentän yhdistelmä. Indeksikartta: © OpenStreetMap



Kuva 14. Hakkuualue Kauhianpäässä, johon voisi sijoittaa laskeutusaltan. Altaan jälkeistä ranta-
aluetta voisi hyödyntää pintavaluntakenttänä. Kuva: Antti Kaseva.

6.2.4 Pyhämaanperään laskeva pelto-oja

Pelto-ojan viimeinen osuus ennen mereen laskua on hyvin tiheää pensaikkoa ja metsikköä. (Kuva 16). Ojaan suositellaan rakennettavaksi hidasteita, kuten esimerkiksi mutkia tai pohjapato. (Kartta 10). Myös pintavaluntakenttä tai kosteikko voisivat olla mahdollisia toimenpiteitä. Virtauksen hidastamisella saataisiin aikaan ravinteiden ja kiintoaineen sitoutumista maalle ja vähennettäisiin täten Mannerveteen kohdistuvaa kuormitusta.



Kuva 15. Pelto-oja laskee lähelle Pyhämaan Telakkarantaa. Pintavaluntakenttä hidastaisi veden kulkua ja auttaisi ravinteiden sitoutumisessa. Indeksikartta: © OpenStreetMap

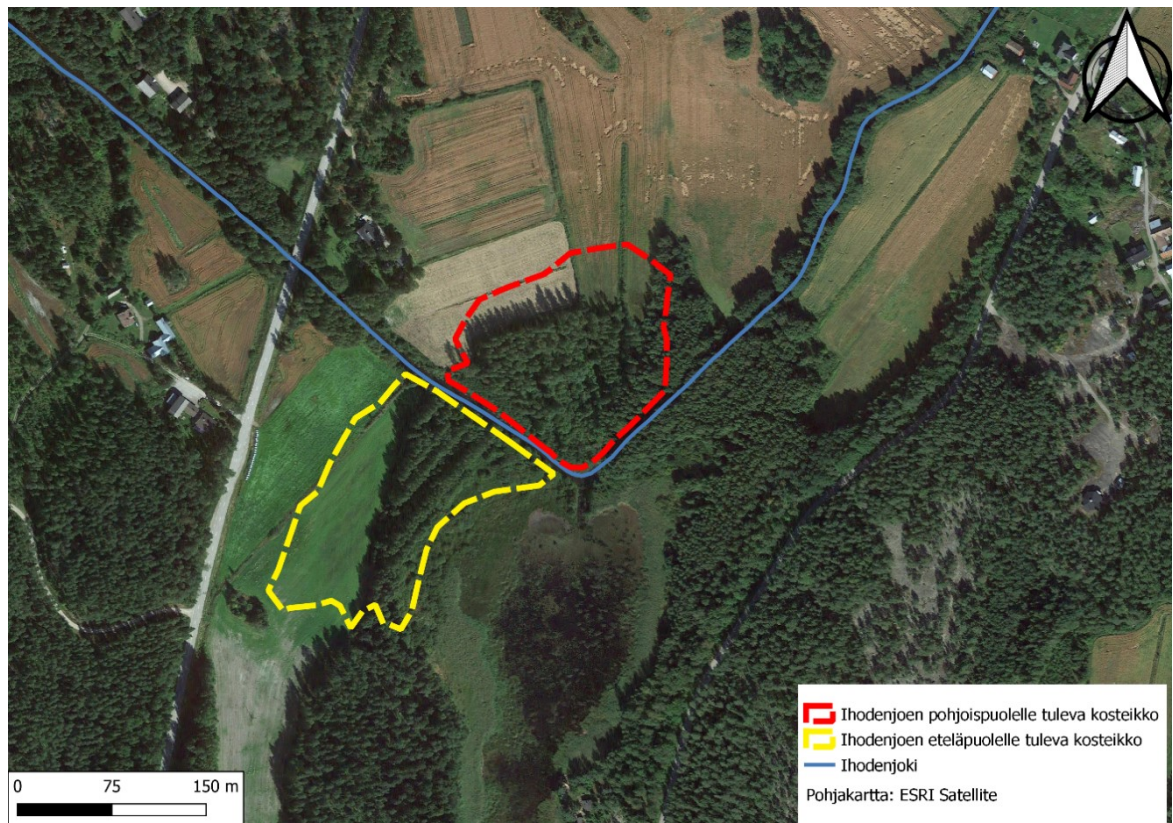


Kuva 16. Pelto-oja Pyhämaanperällä juuri ennen mereen laskua. Oja on lähes kadonnut umpeenkasvaneen pensaikon sisälle. Kuva: Juha Niemi.

6.2.5 Valkamanlahden kosteikko

Edellä esitettyjen uusien toimenpidesuosittelujen lisäksi Valkamanlahden alueelle (kuva 17) on suunniteltu kosteikkoratkaisu osana *Kotikosteikko*-hanketta. Kosteikkoalue sijaitsee noin 1,3 km päässä paikasta, jossa Ihodenjoki laskee Mannerveteen. Kosteikoilla saadaan hidastettua oijen virtausta, jolloin ravinteita saadaan sidottua ennen laskua Ihodenjokeen. Vesiensuojelutavoitteiden lisäksi kosteikko tukee alueen luonnon monimuotoisuutta.

Ihodenjoen eteläpuolisen kosteikon pinta-ala on noin 2,1 hehtaaria ja valuma-alue tälle kosteikolle on noin 9,8 hehtaaria. Pohjoispuolen kosteikko on pinta-alaltaan noin 2,1 hehtaaria ja sen valuma-alue on noin 19,8 hehtaaria. Kosteikkojen pinta-alan suhde niiden valuma-alueeseen on siis todella hyvä. Suurten virtaamien aikaan Ihodenjoen pinta tulee todennäköisesti nousemaan kosteikoihin, jolloin kosteikot toimivat osaltaan Ihodenjoen virtaamien tasaajina. Tämä voi kuitenkin heikentää kosteikkojen puhdistustehoa, kun kosteikkoihin tulevat vesimäärät moninkertaistuvat.



Kuva 17. Oijen varsille sijoittuvat kosteikot tulevat sitomaan ravinteita itseensä ennen oijen laskua Ihodenjokeen. Lähde: Google Satellite

7 TULOSTEN TARKASTELU

7.1 Tulosten luotettavuus

Menetelmän suurin epävarmuus kohdistuu ominaiskuormituslukujen paikalliseen ja ajalliseen edustavuuteen. Arvot perustuvat lyhytaikaisiin ja paikallisiin tutkimuksiin ja niiden yleistettävyyden onkin kyseenalaista. Lisäksi KUSTAA-malli ei huomioi ravinteiden pidentymisprosesseja vesistöissä. Tämä ei ole suuri ongelma tämän tutkimuksen valuma-alueella, sillä alueella ei ole suuria vesistöjä. Kuormituslaskuihin on liitetty epävarmuustarkastelu, jonka avulla epävarmuutta pystytään vähentämään. ”Epävarmuusarviossa oletetaan, että kunkin ominaiskuormitusluvun ja kuormittajan määrän jakauma noudattaa normaalijakaumaa ja syöttötietoina annettavien minimi- ja maksimiarvojen vaihteluväli sisältää 95 % hajonnasta” Launiainen ym. (2014, 31). Epävarmuustarkastelu parantaa tulosten tulkittavuutta erityisesti kuormittajien keskinäisten merkittävyyksien arvoja tarkasteltaessa.

VEMALA on laaja mallinnusjärjestelmä, joka sopii hyvin isojen alueiden kuormituksen selvittämiseen. VEMALA:n tuloksia on vertailtu muihin malleihin ja pitoisuus mittauksiin. Täten voimme olettaa sen olevan luotettava lähde, varsinkin suuruusluokka-arvoissa. Tämän työn arvot on saatu Suomen ympäristökeskuksen Markus Huttuselta (2020).

Tuloksia tarkastellessa on hyvä muistaa, että arvoja ei kannata tarkastella tarkkoina lukuarvoina, vaan suuruusluokka-arvoina. Tässä tutkimuksessa KUSTAA:lla lasketut valuma-alueet olivat 1470 hehtaarin ja 261 hehtaarin välillä. Alueiden suhteellisen pienen koko mahdollisti tarkkojen maankäyttöluokkien syöttämisen KUSTAA-malliin, jolloin tuloksien epävarmuus saatiin minimoitua. Näin ollen tuloksien voidaan sanoa olevan luotettavia suuruusluokka-arvoina ja lukuarvot ovat suuntaa antavia.

7.2 Ihodenjoen kuormituksen vaikutus

Tämän työn tuloksien perusteella Ihodenjoen valuma-alue on suurin Mannerveden kuormittaja, kuten kuvioista 3 ja 4 voidaan huomata. Kyseinen valuma-alue yhdistyy Mannerveteen ainoastaan Ihodenjoen kautta, jolloin sen kuormitus vaikuttaa suoraan Mannerveteen. Mannerveden vedenlaadun mittausasemilta (kartta 12) on olemassa

Vertailun toteutuksessa haasteellisinta oli se, että vertailukelpoisia tuloksia ei ollut saatavilla. Vertailukelpoisia tuloksia ovat sellaiset tulokset, joissa näytteenottoaika olisi eri vuosina samana ajankohtana ja näytteenotto ja määrittystekniikat olisivat samanlaiset. Tuloksia on määrällisesti olemassa kohtalaisesti, mutta niiden ajankohdat aiheuttivat haasteita. Vertailukelpoisia tuloksia löytyikin vain fosforille. Olemassa olevien tutkimustulosten perusteella tulee mielikuva siitä, että Ihodenjoen kuormitus vaikuttaa suoraan Mannerveden laatuun. On kuitenkin todettava, että tuloksia on liian vähän siihen, että tulosta voitaisiin pitää luotettavana. On kuitenkin hyvin todennäköistä, että Mannerveden pohjukkaan laskeva Ihodenjoki vaikuttaa eteenkin suurien virtaamien aikana suoraan Mannerveden laatuun heikentävästi.

8 YHTEENVETO

Mannerveden valuma-alueen maankäyttö, maaperä ja vuosittaiset sääolosuhteet vaikuttavat ulkoisen kuormituksen määrään. Valuma-alueesta yli 60 % on metsää ja noin 15 % peltoa. Tulevaisuudessa ilmastonmuutos tulee lisäämään alueen sademääriä ja täten myös ravinnehuuhtoumia, mistä johtuen tehdyt vesiensuojelutoimenpiteet ovat entistäkin tärkeämmässä roolissa Mannerveden suojelussa.

Saatujen tulosten mukaan Mannerveden kuormitus tulee maataloudesta, metsätaloudesta, yhdyskunnista, kalankasvatuksesta, laskeumasta ja taustakuormasta. Laskelmien mukaan yli puolet typpi- ja fosforipäästöstä johtuu maataloudesta. Tehtyjen laskelmien mukaan maatalous on suurin yksittäinen Mannerveden kuormittaja. Yli puolet fosforin sekä typen kuormituksesta on laskelmien mukaan peräisin maataloudesta. Toiseksi suurin kuormittaja on taustakuorma, johon ihmistoiminnalla on vaikeaa vaikuttaa. Sen osuus typpi- ja fosforikuormituksessa on noin neljännes. Kuormituslähteiden vaikutus vaihtelee kuitenkin osavaluma-alue tasolla, varsinkin vähemmän kuormitusta aiheuttavien kuormittajien kohdalla.

Luvussa 5 todettiin, että Mannerveden typpi- ja fosforikuormituksesta yli 70 % tulee Ihodenjoen valuma-alueelta. Lähivaluma-alueelta muodostuvalla kuormituksella voi kuitenkin olla prosenttiosuuttaan suurempi merkitys esimerkiksi Mannerveteen purkavien ojien edustan alueelliseen vedenlaatuun. Lähivaluma-alueelta tulevilla ravinteilla on lyhyempi matka Mannerveteen, eikä ravinteilla ole mahdollisuutta pidäytyä muihin vesistöihin ennen päätymistä Mannerveteen.

Ihodenjoen ollessa suurin yksittäinen Mannerveden kuormittaja, vesienhoitotoimenpiteissä tulisi huomioida erityisesti Ihodenjoesta tulevan kuormituksen vähentäminen. Tähän tarkoitukseen on jo vireillä olevia toimenpiteitä, joista yksi on Puhdas Mannervesi ry:n rakenteilla olevat kosteikot Ihodenjoen alaosassa. Toteutuessaan tässä työssä ehdotetut toimenpiteet tulevat vähentämään Mannerveteen kohdistuvaa typpi- ja fosforikuormitusta.

Tämän työn tekovaiheessa Puhdas Mannervesi ry alkoi ottamaan vesinäytteitä Mannervedestä, Ihodenjoesta, sekä alueen valtaojista. Näitä tuloksia tutkittiin opinnäytetyötä tehtäessä, mutta niiden vähyys johti siihen, että niiden käyttö jäi vielä tässä vaiheessa

hyvin vähäiseksi. Tulevaisuudessa olisikin hyödyllistä selvittää Ihodenjoen ja muiden valtaojien kuormituksen suoraa vaikutusta Mannerveteen. Olisi myös hyödyllistä tutkia, miten kalankasvatuksen vaihtuminen kalojen säilytykseen vaikuttaa Mannerveden vedenlaatuun.

LÄHTEET

Aakkula, J., Manninen, T. & Nurro, M. (toim.). 2010. Maatalouden ympäristötuen vaikuttavuuden seurantatutkimus (MYTVAS 3) – Väliraportti. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 1/2010, s 145.

Ajosenpää Terhi, Laine Kimmo, Kaseva Antti, Niemi Jussi ja Mononen Markus, 2019. Toimenpidesuosituksia happamien sulfaattimaiden haittojen vähentämiseksi Sirppujoen valuma-alueella, s 6-10.

Alasalmi, H., Attila, J., Aura, R., Ekholm, P., Haikonen, J., Helttunen, S., Hjerppe, T., Huttunen, I., Huttunen, M., Jaakkola, E., Kaitala, S., Kallio, K., Kauppila, P., Kervinen, M., Kirjalainen, S., Koponen, S., Korppoo, M., Koskiaho, J., Kotamäki, N., Kuosa, H., Lindholm, M., Malve, O., Manninen Johansen, S., Marttunen, M., Mykrä, M., Mäkelä, S., Mäkinen, H., Pyhälä, T., Saastamoinen, J., Seppälä, E., Seppänen, V., Silvennoinen, M., Taskinen, A., Tattari, S., Vehviläinen, B. & Väisänen Sari (toim) 2013. Mallit avuksi vesienhoidonsuunnitteluun – GisBloom pilottialueilla s. 17.

Finér, L., Lepistö, A., Karlsson, K., Räike, A., Tattari, S., Huttunen, M., Härkönen, L., Joensuu, S., Kortelainen, P., Mattsson, T., Piirainen, S., Sarkkola, S., Sallantausta, T. & Ukonmaanaho, L. 2020. Metsistä ja soilta tuleva vesistökuormitus 2020, MetsäVesi-hankkeen loppuraportti. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2020, 6.

Hagelberg, E., Karhunen, A., Kulmala, A., Larsson, R. & Lundström, E. 2012, Käytännön kosteikkosuunnittelu, TEHO-hankkeen julkaisuja 1/2012, 4.painos, s 2-3.

Kaasinen, S. 2013, KRUUSILAN KOSTEIKKO – YHTEISTYÖN TULOS, TEHO Plus-hankkeen julkaisuja 6/2013, s 2.

Launiainen Samuli, Sarkkola Sakari, Laurén Ari, Puustinen Markku, Tattari Sirkka, Mattsson Tuija, Piirainen Sirpa, Heinonen Jaakko, Alakukku Laura ja Finér Leena, 2014. KUSTAA-työkalu valuma-alueen vesistökuormituksen laskentaan. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 16 ja 29-33.

Lehtonen Ilari, Venäläinen Ari & Gregow Hilppa, 2020. Ilmastonmuutoksen vaikutukset Suomessa metsänhoidon näkökulmasta, Ilmatieteenlaitos, 18.

Maa- ja metsätalousministeriö, 2008. Maatalouden ravinnekuormitus ja sen tehokkaat vähentämistoimenpiteet loppuraportti, s. 16-17.

Maanmittauslaitos. (30.6.2020). Haettu osoitteesta <https://www.maanmittauslaitos.fi/avoindata-lisenssi-versio1>

Mattsson, T., Finér, L., Kortelainen, P. & Sallantausta, T. 2003. Brook water quality and background leaching from unmanaged forested catchments in Finland. Water, Air and Soil Pollution 147, s 275–297.

Ollikainen, M., Ekholm, P., Punttila, E., Ala-Harja, V., Riihimäki, J., Purola, S., Kosenius., A-K & Iho, A. 2018. Peltojen kipsikäsittely maatalouden vesiensuojelukeinona, s 3.

Peltomaa, R. Säättösaloajituksen, säättökastelun tai kuivatusvesien kierrätyksen hoitotoimenpiteet, Maaseutuvirasto 2009.

Salonen Maija, 2019. Rakennekalkituksen mahdollisuudet Etelä-Suomen savipeltojen fosforikuormituksen vähentäjänä, s 39.

Turkki, H. Pyhämaan merialueen tarkkailututkimus, vuosiraportti 2018, Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy, 2019.

Ulvi, T. & Laakso, E. 2005. Järvien kunnostus. Suomen ympäristökeskus, ympäristöopas 114. Helsinki: Edita.

Varsinais-Suomen Ely-keskus, Jätevesien käsittely haja-asutusalueella, 2018.

Vesikartta – vesien tila: Viitattu (20.7.2020) www.paikkatieto.ymparisto.fi

Ympäristöhallinto 2017. Laskeutusaltaat, lietekuopat ja -taskut. Sisällöstä vastaa Ympäristöministeriö ja Suomen ympäristökeskus. Viitattu 17.7.2020 https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesien_kaytto/Maankuivatus_ja_ojitus/Luonnonmukainen_peruskuivatus/Laskeutusaltaat

Ympäristöhallinto, 2020. Suojakaistat ja vyöhykkeet. Sisällöstä vastaa Ympäristöministeriö ja Suomen ympäristökeskus. Viitattu 2.8.2020. https://www.ymparisto.fi/fi-fi/vesi/vesien_kaytto/maankuivatus_ja_ojitus/luonnonmukainen_peruskuivatus/Suojakaistat_ja_vyohykkeet