

MÄNTSÄLÄN KILPIJÄRVEN VALUMA-ALUESELVITYS



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Forssa, Kestävä kehitys

Kevät, 2020

Jonna Alastalo

Kestävä kehitys
Forssa

| | | |
|---------------------|--|-------------------|
| Tekijä | Jonna Alastalo | Vuosi 2020 |
| Työn nimi | Mäntsälän Kilpijärven valuma-alue selvitys | |
| Työn ohjaaja | Rauni Varkia | |

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyössä tehtiin Mäntsälässä sijaitsevan Kilpijärven valuma-alue selvitys. Toimeksiantajana oli Keski-Uudenmaan ympäristökeskus. Kilpijärven ekologinen tila on tällä hetkellä huono. Järven tilan paraneminen edellyttää järveen valuma-alueelta tulevan kuormituksen vähentämistä. Jotta ravinnekuormitusta voidaan tehokkaasti vähentää, on selvitettävä eri osavalmu-alueilta tulevan kuormituksen määrä. Näin kunnostustoimenpiteet voidaan aloittaa eniten kuormittavilta alueilta.

Kuormituslaskelma tehtiin KUSTAA-työkalulla, jolla voidaan selvittää ulkoista kuormitusta ominaiskuormituslukujen avulla. Suurin ravinnekuormitus tulee Kilpijärven pohjoispuolella sijaitsevalta Ruonanojan valuma-alueelta, joka kattaa noin 40 % koko valuma-alueesta. Lähivaluma-alueelta sekä Kilpijärven eteläpuolella Kilpiniemeltä Hiidenlahteen laskevalta valuma-alueelta tulee seuraavaksi suurimmat ravinnekuormitukset. Maatalous on kuormittavin tekijä ja sen jälkeen yhdyskuntien jätevedet.

Kuormituksen vähentämiseksi suositellaan peltojen kasvukunnon parantamista esimerkiksi rakennekalkituksella tai peltoluonnon monimuotoisuutta ja kasvipeitteisyyttä lisäämällä. Tätä varten tarvitaan viljelijäyhteistyötä ja eri vaihtoehtojen esittämistä neuvonnan avulla. Viljelijäyhteistyön myötä voisi löytyä myös alueita kosteikoille tai tulvatasanteille. Ruonanojassa sijaitsevan laskeutusaltaan länsihaaran virtausta suositellaan hidastamaan, esimerkiksi sijoittamalla uppopuita, kunhan PuuMaVesi-hankkeessa on varmistunut niiden tehokkuus vesiensuojelumenetelmänä.

Avainsanat vesiensuojelu, ulkoinen kuormitus, kuormitusselvitys

Sivut 49 sivua, joista liitteitä 1 sivu

Degree Programme in Sustainable Development
Forssa

| | | |
|--------------------|---|------------------|
| Author | Jonna Alastalo | Year 2020 |
| Subject | Description of the Catchment of Lake Kilpijärvi in Mäntsälä | |
| Supervisors | Rauni Varkia | |

ABSTRACT

The purpose of this thesis was to describe the catchment area of the Lake Kilpijärvi in Mäntsälä. The commissioner was Keski-Uudenmaan ympäristökeskus (the Environment Centre of Central Uusimaa). In the field of water protection, the thesis was based on the current, poor ecological state of Kilpijärvi. In order to be able to improve the state of the lake, the nutrient load was meant to be decreased and therefore, the aim of the thesis was also to inform the commissioner about the amount of the nutrient load from the different sub-catchment areas of the lake so that the restoration measures could be started in the most critical areas.

The nutrient load was calculated with the KUSTAA tool, where the specific load estimates are used to determine the external load. The highest nutrient load emerged from the Ruonanoja catchment area in the north of the Lake Kilpijärvi, which covers about 40 % of the entire catchment area. The next largest nutrient loads appeared in the southern catchment area and the near-catchment area.

In conclusion, agriculture is the largest source of nutrient load followed by the communities. To reduce the agricultural load, it is recommended to improve the growing condition of the fields, for example by structural liming or by increasing the diversity and vegetation cover. This requires co-operation with farmers and the presentation of different options by sharing information and advice. With the co-operation of farmers, areas suitable for wetlands or floodplains along the entire course could be found. It is recommended to slow down the flow from the western branch of the sedimentation basin in Ruonanoja, for example by placing the submerged wood into the water as a water protection method, assuming that the proof of its efficiency within the on-going project PuuMaVesi by the Finnish Environment Institute on the subject is verified.

Keywords water protection, external loading, evaluation of the nutrient load

Pages 49 pages including appendices 1 page

SISÄLLYS

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | JOHDANTO..... | 1 |
| 2 | TUTKIMUKSEN TIETOPERUSTA..... | 2 |
| 2.1 | Pintavesien luokittelu..... | 2 |
| 2.2 | Runsasravinteinen järvi..... | 3 |
| 2.3 | Fosfori ja typpi..... | 4 |
| 2.4 | Ulkoinen kuormitus..... | 5 |
| 2.5 | Sisäinen kuormitus..... | 6 |
| 2.6 | Ilmastonmuutoksen vaikutukset vesistöissä..... | 6 |
| 2.7 | Maatalouden vesiensuojelu..... | 7 |
| 2.8 | Metsätalouden vesiensuojelu..... | 9 |
| 3 | KILPIJÄRVI..... | 10 |
| 3.1 | Maankäyttö valuma-alueella..... | 12 |
| 3.1.1 | Maatalous..... | 13 |
| 3.1.2 | Metsätalous..... | 14 |
| 3.1.3 | Asutuksen jätevedet..... | 14 |
| 3.2 | Kilpijärvellä tehdyt toimenpiteet, tutkimukset ja selvitykset..... | 15 |
| 3.3 | Kilpijärven vedenlaatu..... | 17 |
| 3.4 | Aiemmat laskelmat ulkoisesta kuormituksesta..... | 19 |
| 4 | AINEISTO JA MENETELMÄT..... | 20 |
| 4.1 | VEMALA..... | 21 |
| 4.2 | Osavaluma-alueiden määrittäminen..... | 21 |
| 4.3 | KUSTAA-työkalu..... | 22 |
| 4.4 | KUSTAA:n lähtötietojen kokoaminen..... | 23 |
| 4.5 | Maastokäynnit..... | 24 |
| 5 | TULOSTEN ESITTELY..... | 24 |
| 5.1 | Ulkoinen kuormitus VEMALA-aineiston mukaan..... | 24 |
| 5.2 | Ulkoinen kuormitus Kustaa-työkalulla laskettuna..... | 25 |
| 6 | TULOSTEN TARKASTELU..... | 27 |
| 6.1 | Tulosten luotettavuus..... | 30 |
| 6.2 | Toimenpide-ehdotukset..... | 31 |
| 7 | POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET..... | 34 |
| | LÄHTEET..... | 36 |

Liitteet

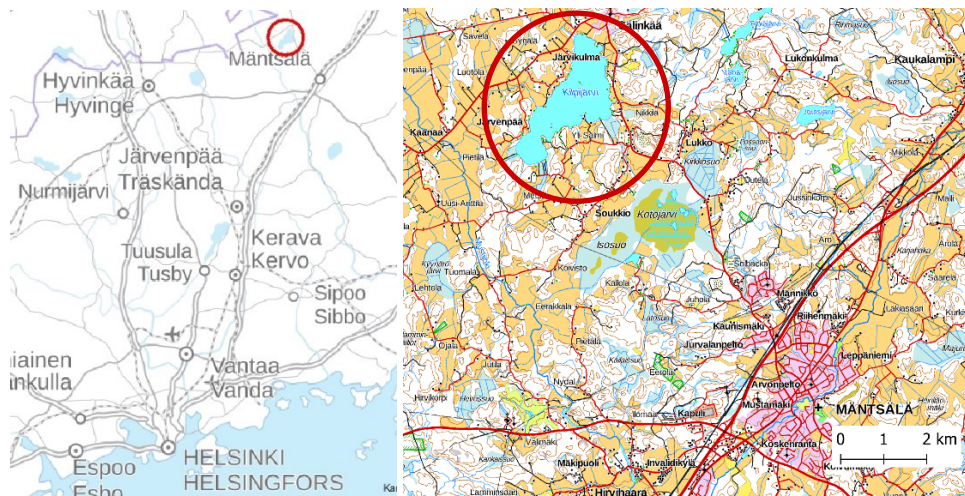
Liite 1 Runsasravinteisen järven lajeja

1 JOHDANTO

Vesiensuojelussa eletään ratkaisun aikoja, sillä EU:n vesipuitedirektiivin pyrkimyksenä on, että pintavesien ekologinen tila olisi luokaltaan vähintään hyvä vuoteen 2027 mennessä (Vesipolitiikan puitedirektiivi 2000/60/EY 4. artikla). Suomessa vesien tilaa pyritään kohentamaan mm. parhaillaan käynnissä olevan ympäristöministeriön hallinnoiman Veden vuoro – vesiensuojelun tehostamisohjelman 2019–2023 avulla. Tehostamisohjelman tavoitteina ovat mm. maataloudesta vesistöihin valuvien ravinteiden vähentäminen, vesistöjen kunnostaminen sekä tutkimuksen ja kehitystyön rahoittaminen. (Ympäristöministeriö, 2019)

Puustisen ym. (2019, s. 97) mukaan vesiensuojelussa tulee käyttää monia toimenpiteitä samanaikaisesti, jotta ilmastonmuutoksesta johtuvan sadannan ja valunnan nousun aiheuttama vesistökuormituksen kasvu ei huononna vesistöjen nykyistä tilaa. Vesistökuormitus on pitkäjänteistä työtä, joka sisältää niin alkutilan arvioinnin, kunnostustavoitteiden määrittämisen, kunnostussuunnitelman, kunnostustoteutuksen seurannan kuin kunnostuksen vaikutusten seurannan (Koljonen, Sammalkorpi, Vilmi & Hellsten, 2020, ss. 14–16).

Tässä opinnäytetyössä tehdään valuma-alue selvitys Kilpijärvelle, joka sijaitsee noin 9 km:n päässä Mäntsälän keskustasta Keski-Uudellamaalla (kuva 1). Kilpijärven ekologinen tila on laskenut vuoden 2019 luokituksessa välttävistä huonoksi. Ravinnekuormituksen vähentämiseksi tarvitaan tarkempaa tietoa kuormituksesta. Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää KUSTAA-työkalun avulla, mistä suurimmat ravinnekuormitukset tulevat sekä ehdottaa toimenpiteitä ravinnekuormituksen vähentämiseksi.



Kuva 1. Kilpijärven sijainti. Sisältää Maanmittauslaitoksen (2018a, 2018b) Taustakarttasarjan 09/2018 ja Maastokarttasarjan 09/2018 aineistoa.

Opinnäytetyön tilaajana on Keski-Uudenmaan ympäristökeskus, joka on Järvenpään, Keravan, Tuusulan, Mäntsälän ja Nurmijärven alueiden yhteinen ympäristönsuojelun ja ympäristöterveydenhuollon viranomaistehtäviä hoitava organisaatio. Opinnäytetyön toimeksiannon ja aiheen sain ensimmäisen harjoitteluni yhteydessä.

Järvikunnostuksen suunnittelussa on hyvä muistaa se, että järven luontaista tyyppiä ei pysty muuttamaan, vaan on pyrittävä siihen, että ihmis-toiminnan aikaansaamia muutoksia järven nykyisessä tilassa saadaan vähennettyä (Eloranta, 2005, ss. 16–17). Kilpijärvelle on tehty kunnostussuunnitelma vuonna 2008, mutta ehdotettujen kunnostusmenetelmien toteutumista ei ole seurattu kunnan ympäristöviranomaisten puolelta. Vuonna 2015 on selvitetty, mitä toimenpiteitä Kilpijärven valuma-alueella on tehty ja kenen toimesta. Kunnostustoimenpiteet ovat olleet melko hajanaisia. (Garcia, 2015, ss. 23–26) Vuonna 2005 valmistuneiden laskeutusaltaiden tehoa ei ole mitattu. Ei ole myöskään laskettu uomakohtaisesti, kuinka paljon ravinnekuormitusta tulee mistäkin osavaluma-alueesta. Opinnäytetyönä tehtävän valuma-aluesselvityksen myötä Keski-Uudenmaan ympäristökeskus voi ajantasaisin tiedoin viedä asiaa eteenpäin Mäntsälän kunnalle, jotta Kilpijärven tilan kohentamiseen tähtäävät valuma-alueelta tulevaa kuormitusta vähentävät toimenpiteet saadaan aloitettua.

Opinnäytetyön tutkimuskysymykset ovat seuraavat:

1. Kuinka paljon Kilpijärven valuma-alueen uomista tulee ravinnekuormitusta Kilpijärveen?
2. Mitä toimenpiteitä eniten kuormittaville alueille voidaan ehdottaa?

2 TUTKIMUKSEN TIETOPERUSTA

Opinnäytetyön teoriaosassa käsitellään järven ekologisen ja kemiallisen luokittelun kriteereitä, runsasravinteisen järven, jollainen Kilpijärvin on, ominaispiirteitä, ilmastonmuutoksen vaikutuksia ravinnekuormitukseen, järven sisäistä ja ulkoista kuormitusta ja maa- ja metsätalouden toimenpiteitä ulkoisen kuormituksen vähentämiseksi. Lisäksi tietoperustassa käsitellään Kilpijärven valuma-alueen perustietoja, kuten maankäyttöä ja Kilpijärvestä tehtyjä tutkimuksia, mittauksia ja selvityksiä sekä Kilpijärven vedenlaatua.

2.1 Pintavesien luokittelu

Pinta- ja pohjavesien luokittelusta määrätään laissa vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä (1299/2004), joka perustuu EU:n vuonna 2000 asettamaan Vesipolitiikan puitedirektiiviin (2000/60/EY). Lain tavoitteena

on pinta- ja pohjavesien tilan pysyminen ennallaan (pintavesissä erinomaisena tai hyvänä ja pohjavesissä hyvänä) tai vähintään hyvään tilaan saattaminen vuoteen 2015 mennessä tai tarvittaessa 2 seuraavalla toimintakaudella eli viimeistään vuoteen 2027 mennessä. Tavoitteita voidaan lieventää, jos vesimuodostuman tilan parantaminen ei ole mahdollista tai ympäristötavoitteiden saavuttaminen on teknisesti tai taloudellisesti kohtuutonta. ELY-keskus vastaa vesientilan luokittelusta. (Laki vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä 1299/2004, § 5, 8, 21, 25)

Pintavedet luokitellaan joko ekologisen tai kemiallisen tilan perusteella huonomman tilan mukaiseksi. Pintaveden ekologisessa luokituksessa on 5 luokkaa: erinomainen, hyvä, tyydyttävä, välttävä ja huono. Erinomaisessa ekologisessa tilassa ihmisen toiminta ei ole aiheuttanut muutosta veden tilaan ja huonossa ekologisessa tilassa ihmistoiminnan aiheuttama muutos on suurta. (Laki vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä 1299/2004, § 8) Ekologisen tilan luokittelussa tarkastellaan pääasiassa biologisia tekijöitä, mutta myös niitä tukevia hydrologis-morfologisia ja fysikaalis-kemiallisia tekijöitä (taulukko 1) (Valtioneuvoston asetus vesienhoidon järjestämisestä 1040/2006, § 12). Viimeisin luokitus tehtiin 2019 ja sitä ennen vuosina 2013 ja 2008 (Suomen ympäristökeskus, 2019b).

Taulukko 1. Ekologisen luokittelun tekijät (Valtioneuvoston asetus vesienhoidon järjestämisestä 1040/2006, § 9)

| Ekologisessa luokittelussa huomioituiden laatutekijät | |
|---|---|
| Biologiset tekijät: | kasviplankton, päällyys- ja makrolevät, muu vesikasvillisuus, pohjaeläimistö, kalasto |
| Hydrologis-morfologiset tekijät: | virtausolot, viipymä, veden korkeus, syvyysuhteet, pohjan ja rantavyöhykkeen rakenne ja yhteys pohjaveteen |
| Fysikaalis-kemialliset tekijät: | näkösyvyys, lämpö-, happi- ja ravinneolot, suolaisuus, happamoitumistilanne, vesiympäristölle kansallisesti määritetyt erityisesti vaaralliset ja haitalliset aineet (jos yhdenkin aineen ympäristölaatuunormi ylittyy, luokitellaan ekologinen tila korkeintaan tyydyttäväksi) |

Kemiallisen tilan luokittelussa tarkastellaan vesiympäristölle vaaralliseksi ja haitalliseksi aineeksi määriteltyjä aineita, joita ovat esimerkiksi bentseeni, elohopea ja -yhdisteet, lyijy- ja -yhdisteet sekä PAH-yhdisteet (Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista 1022/2006, liite 1c.). Mikäli yhdenkään aineen ympäristölaatuunormi ei ole ylittynyt, luokitellaan pintaveden kemiallinen tila hyväksi ja muussa tapauksessa hyvää huonommaksi tilaksi. Mikäli kemiallinen tila on hyvää huonompi, ekologinen tila ei voi olla hyvä. (Siimes, 2019, s. 102)

2.2 Runsasravinteinen järvi

Runsasravinteisia järviä (lyhenne Rr) sijaitsee Etelä- ja Lounais-Suomessa, Etelä-Hämeessä sekä Iisalmen seudulla savikkoalueilla tai kallio- ja

maaperältään runsasravinteisilla alueilla. Niille tyypillisiä ominaisuuksia ovat veden sameus, ravinteikkaus ja neutraalius tai emäksisyys, savi- tai hiesupohja sekä mataluus, ja kooltaan ne ovat usein joko pieniä tai keskikokoisia. Runsasravinteisiin järviin sisältyy myös kirkasvetisiä järviyyppejä, esimerkiksi Kittilän alueella sijaitsevat sahalehtijärvet. Varsinkin eteläisessä Suomessa sijaitsevat runsasravinteiset järvet ovat vesikasvilajistoltaan monipuolisia ja reheviä ja niiden rannoilla voi olla tiheitä ruovikoita tai rantapajukoita, harvemmin myös rantasaraikkoja. (Lammi ym., 2018, ss. 215–217) Liitteessä 1 (s. 44) on lueteltu runsasravinteisen järven lajistoa.

Runsasravinteiset järvet ovat kärsineet maa- ja metsätalouden sekä asutuksen ravinne- ja kiintoainekuormituksesta, vesi- ja rantarakentamisesta sekä kemiallisista haittavaikutuksista. Koska runsasravinteiset järvet ovat luontaista tilaansa rehevöityneempiä, on lajiston monimuotoisuus köyhtynyt. Vuoden 2013 ekologisessa luokituksessa lähes 90 % runsasravinteisistä järivistä oli hyvää huonommassa tilassa ja *Suomen luontotyyppien uhanalaisuus 2018 - Luontotyyppien punainen kirja* -arvioinnissa Etelä-Suomen luonnontilaiset runsasravinteiset järvet onkin luokiteltu erittäin uhanalaisiksi. Pohjois-Suomessa sijaitsevat järvet on luokiteltu silmälläpidettäviksi. (Lammi ym., 2018, ss. 215–217)

2.3 Fosfori ja typpi

Vesisade ja lumien sulaminen aiheuttavat pintavaluntaa, jolloin maa-ainesta irtoaa ja kulkeutuu veden mukana. Tätä kutsutaan vesieroosioksi. Eroosio on suurinta Etelä- ja Lounais-Suomen kaltevilla savipelloilla ja eniten sitä tapahtuu keväisin ja syksyisin. Maa-aineksen ja sen sisältämien ravinteiden kulkeutuminen pellosto pois paitsi köyhdyttää maaperää, myös huonontaa pintavesien tilaa ja vedenlaatua, ja esimerkiksi savikkoalueilla eroosioaines samentaa vesistöä. (Franti, 2016, ss. 169–171)

Vesien rehevöitymisestä puhuttaessa ongelmalliset ravinteet ovat fosfori ja typpi. Hartikaisen (2016, s. 187) mukaan pelloilta tulevan kokonaisfosforikuormituksen arvioidaan olevan keskimäärin $0,5\text{--}2\text{ kg ha}^{-1}$. Maa-ainekseen sitoutuneen fosforin määrä on suurempaa muokatuilta kuin kasvipeitteisiltä pelloilta tulevissa valumavesissä. Kasvipeitteisyys puolestaan lisää liukoisen fosforin määrää valumavesissä. (Hartikainen, 2016, s. 187) Fosfori on sisävesissä perustuotantoa rajoittava ravinne. Kun kokonaisfosforipitoisuus on yli $20\text{ }\mu\text{g/l}$, on järvi rehevä, kun se on yli $50\text{ }\mu\text{g/l}$, on järvi erittäin rehevä ja kun yli $100\text{ }\mu\text{g/l}$, niin järvi on ylirehevä. Erittäin rehevissä järvissä leväkukintoja esiintyy välillä, kun taas ylirehevissä järvissä niitä esiintyy usein. Järvien kerrostuneisuuden takia alusveden fosforipitoisuus on yleensä suurempi kuin pintaveden. Kun järvessä ei ole happiongelmaa, suuri osa fosforista sitoutuu pohjasedimenttiin. Fosfaatti ($\text{PO}_4\text{-P}$) eli liuenut epäorgaaninen fosfori menee tuotantokaudella suoraan levien käyttöön, joten sen pitoisuudet vedessä ovat matalat. Talvisin fosfaattipitoisuus voi rehevissä järvissä olla $20\text{--}50\text{ }\mu\text{g/l}$. (Oravainen, 1999, ss. 17–19)

Paasonen-Kivekkään (2016, s. 202) mukaan Vuorenmaa ym. (2002) ovat arvioineet, että Suomessa maataloudesta syntyvä keskimääräinen typpikuormitus on 15 kg ha^{-1} vuodessa. Hyväkuntoisilta kivennäismailta tulevasta kokonaistyppikuormituksesta suurin osa, 60–80 %, on nitraattia ($\text{NO}_3\text{-N}$). Hienojakoisilta maaperiltä tulee vähemmän typpikuormitusta kuin karkeammista maaperistä. (Paasonen-Kivekäs, 2016, s. 202) Pintaveden typpipitoisuus on korkeimmillaan talvella, jolloin perustuotanto on matalaa ja tuolloin suuri osa typestä on nitraattina. Alimmillaan typpipitoisuus on loppukesällä. Tuotantokaudella alhainen typpipitoisuus tarkoittaa, että järven levätuotanto on vilkasta. Maatalouspainotteisilla alueilla uoma- ja jokivesien typpipitoisuus on yleensä välillä 2 000–4 000 $\mu\text{g/l}$. Korkeimmillaan pitoisuudet ovat kevätylivalumassa ja runsassateisina aikoina. Asutuksen jätevesistä valuu vesistöön pääasiassa ammoniumtyyppiä ($\text{NH}_4\text{-N}$), joka voi aiheuttaa hapen kulutusta pitoisuuden noustessa yli 100 $\mu\text{g/l}$. (Oravainen, 1999, ss. 19–21)

2.4 Ulkoinen kuormitus

Ulkoisella kuormituksella tarkoitetaan valuma-alueelta vesistöön tulevaa ravinne- ja kiintoainekuormitusta. Kuormitus tulee piste- ja hajakuormituksena sekä luonnonhuuhtoutumana. Pistekuormitus on tietystä, määriteltävästä pisteestä, kuten teollisuudesta tai turvetuotannosta peräisin olevaa kuormitusta ja hajakuormitus kuormitusta, jonka lähtöpistettä ei voida tarkasti määrittää. Hajakuormitusta tulee maa- ja metsätaloudesta, haja-asutuksesta, hulevesistä sekä laskeumasta. (Sarvilinna & Sammal-korpi, 2010, ss. 10–11). Kuormitus ja luonnonhuuhtouma on suurinta maaperältään hienojakoisilla tai turvepohjaisilla valuma-alueilla. Luonnonhuuhtouma ei vaikuta järveen huonontavasti, sillä sitä tulee järveen, vaikka järvi olisi luonnontilainen. Sen sijaan hajakuormitus aiheuttaa järven tilaan muutoksia. Niin kauan kuin muutokset eivät ole heti todettavissa, järveen tulevan ulkoisen kuormituksen määrä on hyväksyttävä. (Elo-ranta, 2005, s. 24)

Vuonna 2018 Suomessa vesistöjen fosforipäästöistä (yht. 3 086 tn/a) 12 % tuli pistekuormituksesta, 79 % hajakuormituksesta ja 9 % laskeumasta. Typpipäästöistä (yht. 59 322 tn/a) puolestaan 24 % tuli pistekuormituksesta, 61 % hajakuormituksesta ja 15 % laskeumasta. Vuonna 2018 luonnonhuuhtoutumana tuli fosforia 1 600 tn ja tyyppiä 41 500 tn. Maatalouden osuus vesistöjen fosforikuormituksesta oli 58 % ja typpikuormituksesta 51 % ja metsätalouden osuus 8 % fosforikuormituksesta ja 6 % typpikuormituksesta. (Suomen ympäristökeskus, 2019d)

Uusimman tiedon mukaan metsistä ja soilta tulevan kuormituksen arvioidaan olevan aiemmin luultua suurempaa. MetsäVesi-hankkeen tulosten mukaan luonnonhuuhtouman ja metsätalouden kuormitus on tyyppiä osalta 44 600 tn/v, fosforin 1 760 tn/v ja orgaanisen hiilen osalta 1 840 000 tn/v. Metsätalouden osuus arvioitiin lähes kaksinkertaiseksi kuin aiemmin on arvioitu osuuksien ollessa seuraavat: typpi 16 % (7 300 tn/v), fosfori 25 %

(440 tn/a) ja orgaaninen hiili 4 % (78 000 tn/v) metsistä ja soilta tulevasta kokonaiskuormituksesta. (Finér ym., 2020, ss. 36–38) Meneillään olevassa Ojitettujen soiden kestävä käyttö -hankkeessa ravinteiden osuus arvioidaan vielä 1,5–2 kertaa korkeammiksi kuin MetsäVesi-hankkeessa (Niemi, 2020).

2.5 Sisäinen kuormitus

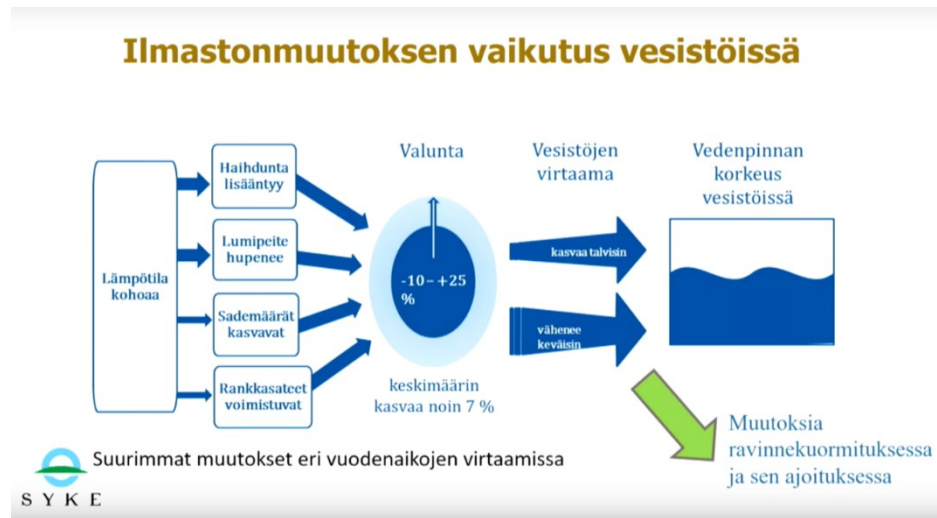
Järveen tulevia ravinteita sitoutuu pohjasedimenttiin, jolloin ne eivät ole enää kasviplanktonin tai vesikasvien käytettävissä. Sisäisessä kuormituksessa pohjasedimenttiin aiemmin sitoutunutta fosforia ja muita ravinteita kuitenkin vapautuu takaisin veteen, yleensä pohjan happikadon seurauksena, kun rehevöitymisestä johtuvan runsastuneen kasvimassan ja ulkoisena kuormituksena tulleen kiintoaineen hajotustoimintaan kuuluu pohjassa enemmän happea kuin sitä on vedessä saatavilla. Myös särkikalojen pohjan möyhminen eli bioturbaatio vapauttaa sedimentistä ravinteita. Ravinteiden vapautuminen lisää kasviplanktonin määrää ja runsastuttaa tiettyjä vesikasveja vähentäen kasviston monimuotoisuutta. Sisäisen kuormituksen myötä leväkukinnat lisääntyvät ja etenkin särkikalakannat kasvavat. (Eloranta, 2005, s. 25; Sarvilinna & Sammalkorpi, 2010, ss. 11–12) Kun päällysveden levätuotanto on voimakasta, pH nousee tasolle 9–10. Myös tällaisessa tilanteessa fosforia vapautuu pohjasedimentistä ja fosforipitoisuus nousee nopeasti 2–3 kertaa suuremmaksi. (Oravainen, 1999, s. 18)

Jos järven fosforipitoisuus ei laske tai se jopa kasvaa ulkoisen kuormituksen vähentämistoimenpiteiden jälkeen, on oletettavaa, että järven sisäinen kuormitus on voimistunut. Sisäistä kuormitusta voidaan korjata esimerkiksi järven hapetuksella, hoitokalastuksella tai vesikasvien niitolla (Eloranta, 2005, ss. 25–27). Lehtorannan ym. (2017, s. 16) mukaan fosforin vapautumis- ja sitoutumisprosesseja ja niihin vaikuttavia yhdisteitä ei tunneta tarpeeksi hyvin, joten kunnostustoimenpiteet sisäisen kuormituksen vähentämiseksi eivät siksi välttämättä toimi odotetulla tavalla.

2.6 Ilmastonmuutoksen vaikutukset vesistöissä

Ilmastonmuutoksen seurauksena lämpötila kohoaa Suomessa arviolta 3 ja talvella jopa 4 astetta. Haihdunta lisääntyy, lumiraja nousee pohjoisemmaksi, etelän lumettomat talvet lisääntyvät, sademäärät kasvavat ja rankkasateet voimistuvat. Myös kuivuus ja kuumuus lisääntyvät. Ääriolosuhteet siis lisääntyvät. Ilmastonmuutos vaikuttaa myös vesistöjen tilaan (kuva 2, s. 7). Valunnan arvioidaan kasvavan noin 7 prosenttia vuosina 2040–2069 verrattuna vuosiin 1971–2000. Etelä-Suomessa lauhojen ja vähälumisten talvien myötä kevättulvat vähenevät, kun taas talvi-, syys- ja rankkasadetulvat lisääntyvät. Virtaaman kasvu talvisin ja aleneminen kesäisin vaikuttavat siihen, että vedenkorkeudet vaihtelevat nykyistä enemmän. Talvivalunnan kasvaessa kasvaa myös ravinnekuormitus vesistöihin. Talven ravinnekuormitus kasvaa, kun taas kevään ravinnekuormitus voi

laskea. Etelä-Suomessa ravinnekuormitus kasvaa jopa yli 10 prosenttia. Pidemmät ja lämpimämmät kesät puolestaan lisäävät haihduntaa, mikä osaltaan lisää kuivuuden riskiä ja voi vaikuttaa pohjavesien muodostumiseen ja laatuun. (Veijalainen ym., 2012, ss. 21–22, 24, 92; Veijalainen, 2019)



Kuva 2. Muuttuvan ilmaston vaikutukset vesistöihin (Veijalainen, 2019).

2.7 Maatalouden vesiensuojelu

Manner-Suomen maaseudun kehittämissuunnitelman 2014–2020 eli Maaseutuohjelman toimenpiteiden avulla pyritään vähentämään maatalouden ravinne- ja kiintoainekuormitusta vesistöön. Maaseutuohjelmassa ympäristötoumukseen kuuluu lohkokohtaisesti muun muassa ravinteiden ja orgaanisten aineiden uudelleenkäyttö pellon lannoittamiseen, lietalan levittäminen peltoon sekä peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys ja monimuotoisuus eli esimerkiksi että pellolla kasvaa viljeltävän kasvin lisäksi kerääjäkasveja. Kosteikkojen hoito on maaseutuohjelmassa ympäristösopimuksen piirissä. (Yli-Viikari, 2019, s. 28) Maatalouden ympäristötoimenpiteiden ympäristö- ja kustannustehokkuus eli MYTTEHO-hankkeen loppuraportissa arvioitiin maaseutuohjelman ympäristötoimenpiteiden onnistumista ja parhaita vaihtoehtoja. Eroosion ja typpikuormituksen vähentämisessä toimivimmat toimenpiteet ovat suojavyöhykkeet, monivuotiset ympäristönurmet ja luonnonhoitopeltonurmet. Toimenpiteet lisäävät pellon orgaanista ainesta parantaen maaperän kasvukuntoa ja näin pelloilta lähtee salaoja- ja pintavalunnan mukana vähemmän kiintoainetta ja ravinteita. Toimenpiteet tosin lisäävät liukoisen fosforin kuormitusta, mutta hyöty on siltikin suurempi kokonaisfosforin vähentämisessä silloin, kun kasvipeitteisyyttä käytetään kyntämisen sijaan vesistöjen ja valtaojien viressä olevilla kaltevilla pelloilla. (Hyvönen ym., 2020, s. 44, 49)

Pellon rakennetta voidaan parantaa myös esimerkiksi rakennekalkituksen tai ravinnekuidun avulla. Rakennekalkituksessa savipelto käsitellään

kalkitusaineella, joka sisältää joko poltettua (CaO) tai sammutettua kalkkia (Ca(OH)₂). Suomessa rakennekalkitusta on tutkittu vielä melko vähän. Parhaillaan on meneillään Rakennekalkki maatalouden vesiensuojelukeinona (RAKENNEKALKKI) -hanke, jossa selvitetään muun muassa rakennekalkituksen vaikutuksia maaperään sekä optimaalista annostusta kullekin maalajille. (Suomen ympäristökeskus, 2019c) Ruotsissa Ulén ja Etana (2014) ovat tutkineet, että rakennekalkki parantaa savimaan mururakennetta ja että korkean savespitoisuuden omaavissa pelloissa (tutkimuksessa 60 % savesta ja 49 mg/kg fosforia) kalkitus vähentää maa-ainesfosforin huuhtoutumaa, kun taas matalamman savespitoisuuden (tutkimuksessa 26 %) ja korkean fosforin kyllästysasteen (143 mg/kg) omaavissa pelloissa kalkitus vähentää liukoisen fosforin huuhtoutumaa. Salonen (2019, ss. 49–50) on arvioinut opinnäytetyössään edellä mainitun ja kahden muun Ruotsissa tehdyn tutkimuksen (Svanbäck, Ulén & Etana, 2014 ja Ulén ym., 2018) tulosten perusteella, että jos Suomenlahteen valuvien jokien valuma-alueen kaikki savipellot käsiteltäisiin rakennekalkilla, fosforihuuhtouma vähenisi vähintään 17 % ja enintään 128 % HELCOMin (Itämeren suojelukomissio) fosforivähennystavoitteista.

Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistyksen RAKUVE-hankkeessa (Rakennekalkki ja ravinnekuitu – vaikutukset maatalouden vesiensuojelutoimina, 2019–2020) tutkitaan rakennekalkin lisäksi ravinnekuitua. Ravinnekuitu on metsätalouden sivutuotteista jalostettu maanparannusaine, jonka avulla maan eloperäistä ainesta saadaan lisättyä. RAKUVE-hankkeessa ravinnekuidun on havaittu vähentävän kiintoaine-, kokonaisfosfori- sekä kokonaistyyppipitoisuuksia, mutta liunneen fosforin määrään se ei ole vaikuttanut. (Valkama, 2019)

Suojakaistojen ja suojavyöhykkeiden avulla pyritään pysäyttämään ravinteiden ja kiintoaineen kulkeutumista vesistöön. Suojakaistan leveys on lainsäädännön mukaan 1 m, mutta mikäli tila on hakenut maaseutuohjelman ympäristökorvausta, on suojakaistan oltava 3 m. Suojavyöhykkeiden perustamisessa vesiensuojelun kannalta olennaista on sijoittaa ne valtaomien ja vesistöjen viereen. Vuosien 2014–2020 maaseutuohjelman tavoitteiden seurannassa ilmeni, että suojavyöhykkeitä on perustettu tavoitemäärän mukaisesti, mutta ne eivät aina olleet vesiensuojelun kannalta parhaissa paikoissa. Suojavyöhykkeille hyödyllisimpiä sijainteja on kartoitettu suojavyöhykkeiden yleissuunnitelmissa ja esimerkiksi Uudellamaalla vuonna 2015 vain 30 % sijaitti yleissuunnitelmissa suositelluilla alueilla. (Yli-Viikari & Aakkula, 2017, s. 49, 52)

Jo valunnan mukana lähteneitä kiintoaineita ja ravinteita pyritään pysäyttämään ennen järveä esimerkiksi kosteikolla, laskeutusaltaalla tai kaksitasouoman avulla. Laskeutusallas on uomaan padottu tai kaivettu leveämpi kohta, jossa tarkoituksena on veden virtausnopeutta hidastamalla saada kiintoaine laskeutumaan altaan pohjalle ennen altaan päättymistä. Tyypeä ja liuennutta fosforia laskeutusallas ei vähennä. Kosteikko puolestaan on kostean paikan kasvillisuutta ja vesikasvillisuutta kasvava, laskeutusallasta

laajempi alue, joka ainakin runsaan virtaamaan aikaan on veden peitossa. Kasvillisuuden ansiosta kosteikossa saadaan kiintoaineen lisäksi sidottua liuennutta fosforia ja typpeä. Parhaiten ravinteita saa sidottua sijoittamalla laskeutusallas ja kosteikko peräkkäin. Kosteikot myös lisäävät luonnon monimuotoisuutta. (Ruohtula, 1996, ss. 6–8) Myös tulvatasanne ja kaksitasouoma lisäävät monimuotoisuutta ja niiden avulla saadaan pelloilta tulevaa kiintoainetta vähennettyä. Siinä kasvava kasvillisuus sitoo myös liukoisia ravinteita. Tulvatasanne on uomassa oleva leveämpi ojaliuska, johon vesi mahtuu levittäytymään eikä se siten nouse pellolle asti. Kaksitasouoma koostuu itse uomasta ja uoman vierellä joko vain toisella tai molemmilla puolilla olevasta tulvatasanteesta. Kaksitasouoman suunnittelussa on tärkeää mitoittaa se siten, että uomassa on alivirtaamillakin riittävä virtausnopeus, jotta uoma ei liety. (Granholm ym., 2017, s. 22)

2.8 Metsätalouden vesiensuojelu

Metsätaloudessa eniten vesistökuormitusta aiheuttavat kunnostusojitus sekä maanmuokkausmenetelmät, joissa vettä johdetaan alueelta pois, suurimpana kuormittajana ojitusmätästys. Kiintoaine on merkittävin vesistökuormitusta aiheuttava aine sen orgaanisten osien hajoamisen kuluttaessa happea. Fosforia ja typpeä valuu sekä vesiliukoisena että kiintoaineeseen sitoutuneena. Kosteikot ja laskeutusallat soveltuvat myös metsätalouden vesiensuojelumenetelmäksi. Muita menetelmiä ovat esimerkiksi putkipato, jolla pyritään tasaamaan virtaaman muutoksia tulvahuipuina, pohjapato, jolla vaikutetaan veden virtausnopeuteen ja suojakaistat, jotka jätetään vesistön ja muokattavan maan väliin eroosiota pienentämään, maisemallisista syistä ja luonnon monimuotoisuutta ylläpitämään. Suojakaistojen maanpintaa ei saa rikkoa ja niiden on oltava leveydeltään vähintään 5 metriä, mutta kaltevissa ja maaperältään eroosioherkissä paikoissa mielellään enemmän. Pintavalutuskenttä on maanmuokkausalueen ja vesistön väliin jäävä alue, jossa uomasta tuleva vesi ohjataan jako-ojien kautta valumaan tasaisesti rikkoutumattomassa, tasaisessa maassa, jolloin kiintoaineita ja ravinteita pysähtyy pintavalutuskentälle. Kiintoaineen tehokkaammaksi pidättämiseksi ennen pintavalutuskenttää ja jako-ojia voi sijoittaa laskeutusallan. Kaivu- ja perkauskatkot ovat uomiin jätettäviä, vähintään 20 metrin pituisia kaivamattomia osuuksia, joiden tarkoituksena on ojittamattoman alueen toimiminen pintavalutuskentän tavoin. (Joensuu ym., 2012, ss. 14, 23–24, 56–57, 63–66)

Suomen ympäristökeskuksen Puupohjaisilla uusilla Materiaaleilla tehoa metsätalouden Vesiensuojeluun ja vesistökuormitukseen -hankkeessa (PuuMaVesi, 2018–2020) tutkitaan oppopuun käyttöä vesiensuojelumenetelmänä. Oppopuunippu laitetaan esimerkiksi laskeutusalltaaseen tai uomaan puhdistustehoa lisäämään. Puun pinnalle kasvaa sienirihmastoista, levistä, sinileivistä ja niiden eritteistä ja entsyymeistä koostuva päällyskasvusto. Eliöstö, kuten vesihyönteiset ja sammakon nuijapäät ja kalat syövät kertynyttä ainetta poistaen vedestä samalla ravinteita. Kasvu- ja suojaalustana olon lisäksi oppopuulla saadaan muutettua veden virtausoloja.

Alustavien tulosten mukaan uppopuun on todettu pidättävän kiintoainetta ja ravinteita. Uppopuu lisää vesistön monimuotoisuutta ja sitoo hiiltä. Jatkohankkeessa tutkitaan uppopuun toimivuutta kosteikoissa ja järvikunnostuksessa. (Vuori, 2020)

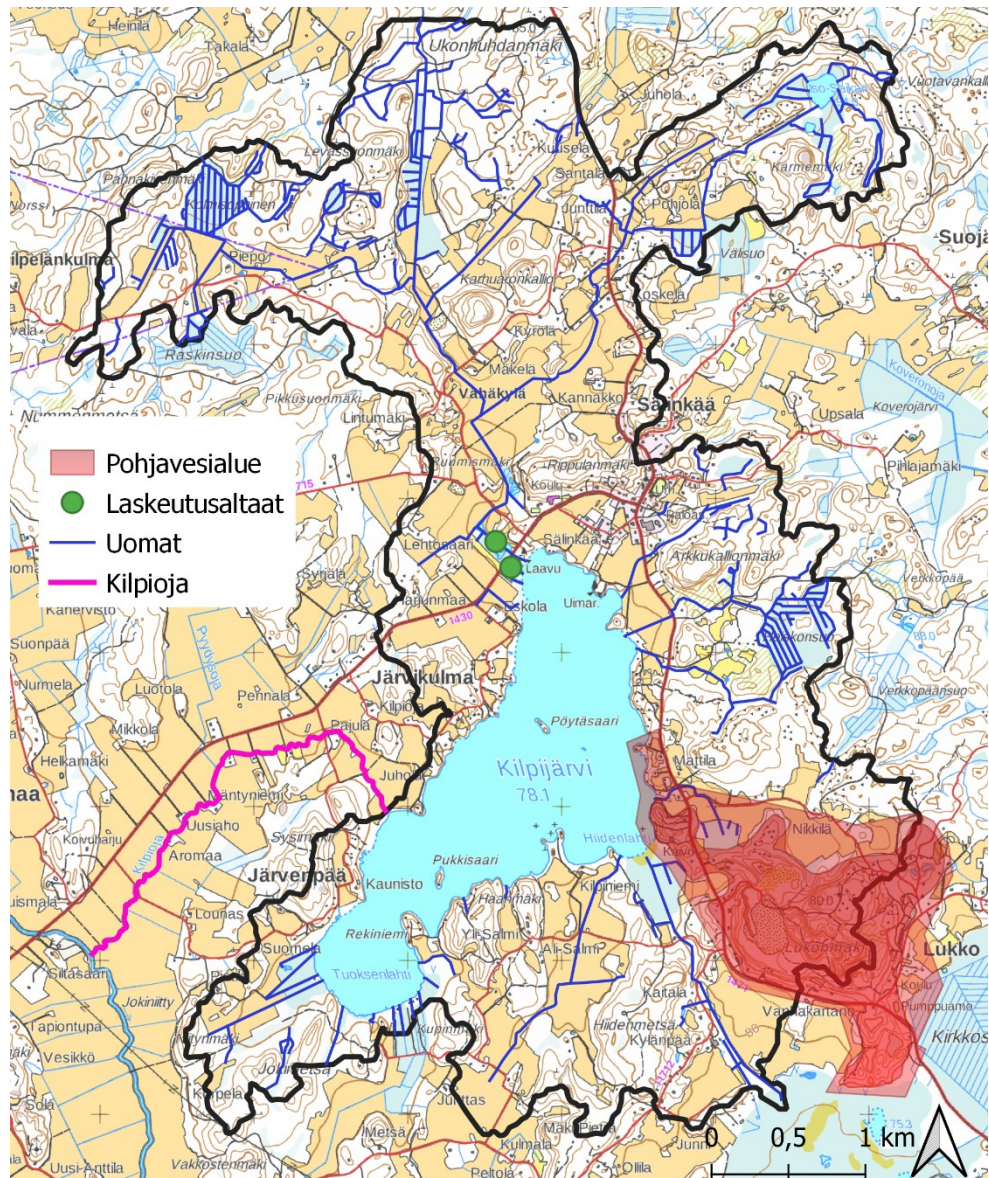
3 KILPIJÄRVI

Kilpijärvi (19.007.1.001) sijaitsee Mäntsälän kunnassa, noin 9 km:n päässä Mäntsälän keskustasta Sälinkääntien (tie 1471) varrella. Kilpijärven pohjoispuolella sijaitsee Sälinkään kylä, jossa myös Kilpijärven yleinen uimaranta ja veneranta sijaitsevat, ja järven eteläpuolella Soukkion kylä.

Kilpijärvi sijaitsee Kilpijoen valuma-alueella ja se kuuluu Kymijoen-Suomenlahden vesienhoitoalueeseen. Järven pinta-ala on 267,8 ha, keski-syvyys 1,78 m, suurin syvyys 2,38 m ja tilavuus 4 703 050 m³. Tyypiltään Kilpijärvi on runsasravinteinen järvi (Rr). (SYKEN avoimen tiedon palvelu / Hertta-tietokanta, n.d.) Veden viipymä on noin 11 kk (Suomen ympäristökeskus, n.d.c). Järnessä on kolme saarta: Pukkisaari, Pöytäsaari ja Pillikari. Tässä työssä Kilpijärven valuma-alue (kuva 3, s. 11) on määritetty Suomen metsäkeskuksen (2020d) Valuma-alueen määrittämis -työkalulla Suomen ympäristökeskuksen (n.d.b) VALUE -valuma-alueen rajaustyökalulla saatua valuma-alueen rajoja hyödyntäen. Erot valuma-alueiden rajauksissa tarkastettiin peruskartan perusteella.

Valuma-alueen koko on 21,3 km² ja ilman Kilpijärveä 18,6 km². Valuma-alueen kaakkoispuolella sijaitsee Lukon pohjavesialue, jonka luoteisosassa, n. 100 m:n päässä Kilpijärvestä sijaitsee Kilpijärven vedenotto (Ramboll Finland Oy, 2013, s. 15). Kilpijärven lähtöuoma, Kilpioja alkaa järven länsipuolelta ja laskee Mustijokeen. Kilpiojan alussa on v-pato. Kilpijärven pohjoispuolella on Ruonanojan laskeutusallas, joka koostuu pääaltaasta (pituus 300 m, leveys 10–40 m) ja hajoitusaltaasta (pituus 150 m, leveys 10–30 m), jossa on 3 venerannan viereen laskevaa poistouomaa. Laskeutusallat on esitetty kuvassa 4 (s. 12).

Kilpijärven tavoitetila tulisi saavuttaa vuoteen 2021 mennessä (Uudenmaan ELY-keskus, 2015, s. 103). Kilpijärven ekologinen tila on kuitenkin huonontunut entisestään. Vuoden 2019 luokituksessa, joka perustuu vuosien 2012–2017 aineistoihin, Kilpijärven ekologinen tila on huono (Ympäristöhallinto, 2019a). Edellisissä, vuosien 2008 ja 2013 luokituksissa ekologinen tila oli välttävä (Ympäristöhallinto, 2019b, 2019c).



Kuva 3. Kilpijärven valuma-alue. Sisältää Maanmittauslaitoksen (2018a) Maastokarttasarjan 09/2018 ja Suomen ympäristökeskuksen (2019a) Pohjavesialueet 11/2019 aineistoa.



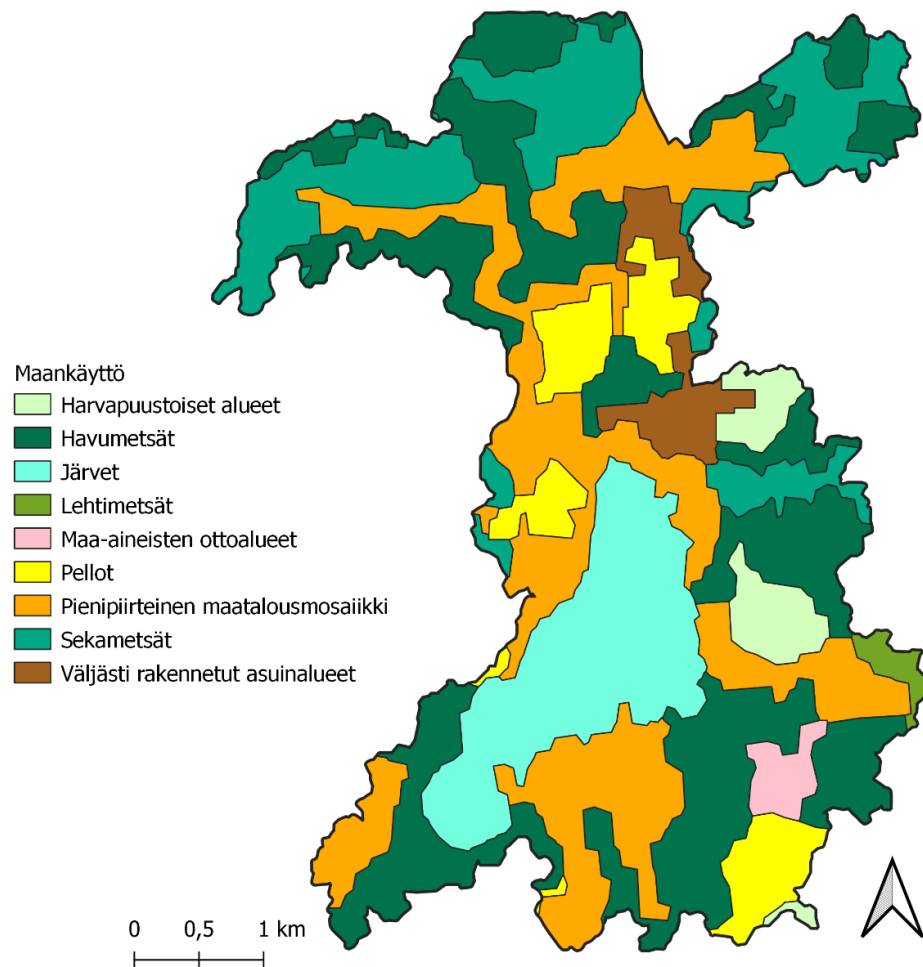
Kuva 4. Laskeutusaltaat maastokartassa ja ortokuvassa esitettynä (Maanmittauslaitos, n.d.).

3.1 Maankäyttö valuma-alueella

Kilpijärven valuma-alueesta suurin osa, 47 %, on metsää. Maatalousmaan osuus on myös suuri ollen 32 %. Vesistöjen osuus valuma-alueesta on 13 % ja Kilpijärven lisäksi valuma-alueella sijaitsee toinen järvi, 2 ha:n kokoinen Iso-Saikari, valuma-alueen koillisosassa. Valuma-alueen asutuskeskitymät sijaitsevat Kilpijärven pohjoispuolella Sälinkään ja Koskelan alueilla. Kilpijärven valuma-alueen maankäyttömuodot ovat tarkemmin eriteltynä taulukossa 2 ja esitetty kuvassa 5 (s. 13). Hiekkamoreeni (36 %), savi (28 %), kalliomaa (12 %), eloperäiset maalajit (8 %) ja hiesu (7 %) ovat yleisimmät pohjamaalajit. Pelloilla yleisin maalaji on savi.

Taulukko 2. Kilpijärven valuma-alueen maankäyttömuodot Corine 2018 -aineiston (Suomen ympäristökeskus, 2018) mukaan

| Maankäyttöluokka | Pinta-ala, ha | Osuus, % |
|------------------------------------|---------------|------------|
| Harvapuustoiset alueet | 74,1 | 3,5 |
| Havumetsät | 652,1 | 30,6 |
| Lehtimetsät | 15,7 | 0,7 |
| Sekametsät | 331,5 | 15,6 |
| Pellot | 152,4 | 7,2 |
| Pienipiirteinen maatalousmosaiikki | 531,6 | 24,9 |
| Vesistö | 269,3 | 12,6 |
| Väljästi rakennetut maa-alueet | 76 | 3,6 |
| Maa-ainesten ottoalueet | 28,4 | 1,3 |
| yhteensä | 2131,1 | 100 |



Kuva 5. Kilpijärven valuma-alueen maankäyttö Corine maanpeite 2018 -aineiston (Suomen ympäristökeskus, 2018) mukaan.

3.1.1 Maatalous

32 % valuma-alueesta on maatalousmaata. VEMALA-aineiston mukaan Kilpiojan valuma-alueella viljellyt yleisimmät kasvit ovat kevätvehnä, mallasohra, monivuotiset kuivaheinä-, säilörehu- ja tuorerehunurmet, kaura, sekä rehuohra (Suomen ympäristökeskus, n.d.c). Tässä työssä käytettiin VEMALA-aineiston tietoja viljelykasveista koko Kilpiojan valuma-alueelta, josta Kilpijärven valuma-alue kattaa noin 75 %. Valuma-alueella on 1 karjatila ja 6 hevostilaa.

Oksasen (1997) ja Sälinkään kyläsuunnitelman (1999) mukaan Kilpijärven pohjoispuolella Sälinkään kartanolla on ollut 1900-luvun alkuvuosikymmeniltä 1970-luvulle asti meijeritoimintaa, 1940-luvulle asti toiminut navetta sekä 1960-luvun vuosille asti toiminut suursikala. Alue on ollut aikoinaan merkittävä pistekuormituksen lähde eli Kilpijärven pohjasedimenttiin on kertynyt paljon ravinteita tuolta ajalta. (Linnasalo, 2004, s. 31, 45)

3.1.2 Metsätalous

Kilpijärven valuma-alueesta lähes puolet on metsää. Alueella on sekä kangas- että turvemetsää. Suomen metsäkeskuksen (2020c) metsävarakuviot-aineiston mukaan 213,6 hehtaaria eli noin 20 % metsästä on uudistuskypsää. Metsänkäyttöilmoitusten mukaan valuma-alueella on toteutettu tai toteutetaan lähivuosina sekä ensiharvennusta että harvennus- ja avohakkuuta, ja metsän uudistus on tapahtunut tai tapahtuu niin laikutuksena, kaurilaikutuksena, laikku- ja ojitusmätästyksenä kuin luontaisesti uudistamalla (Suomen metsäkeskus, 2020b).

Valuma-alueella sijaitsee 6 metsälain 10 §:n perusteella rauhoitettua erityisen arvokasta elinympäristöä: Kilpijärven eteläpuolella Haanmäen alueella sijaitsee pieni, 0,09 ha:n kokoinen kostea lehto, Soukkiontien alkupuolella Sälinkääntieltä tullessa puroalue ja noin 300 m:n päässä Heiskon-suolta pohjoiseen sijaitsee lehtomainen korpi. Lisäksi pohjoisosissa Iso-Saikurin lähistöllä sijaitsee Pikku-Saikuri, joka on alle 0,5 ha:n kokoinen lampi, sekä kaksi puroaluetta. (Suomen metsäkeskus, 2020a)

3.1.3 Asutuksen jätevedet

Kilpijärven valuma-alueella on yhteensä 215 asuinrakennusta ja 150 loma-asuntoa. Näiden lisäksi saarissa sijaitsee 2 loma-asuntoa, joita ei huomioida laskelmassa. 138 asuinrakennusta eli 64 % valuma-alueen asuinrakennuksista ja 39 loma-asuntoa eli 26 % loma-asunnoista sijaitsevat kunnallisen viemäri- ja vesijohtojärjestelmän alueella. (Maanmittauslaitos, 2019) Tässä selvityksessä on oletettu, että viemärialueella olevat kiinteistöt kuuluvat viemäriverkostoon, vaikka käytännössä kaikki eivät siihen luultavasti kuulu. Lukon pohjavesialueen luoteispäähän Sälinkääntien ja Kilpijärven väliin on suunnitteilla Kilpijärven viemärialue (Nivos Oy, n.d.). Suunnittelualueella sijaitsee 5 asuinrakennusta ja 18 loma-asuntoa.

Haja-asutuksen jätevesijärjestelmien kunnostaminen ajantasaisiksi tuli tehdä 31.10.2019 mennessä, mikäli asuin- tai lomarakennus sijaitsee pohjavesialueella tai enintään 100 metrin päässä vesistöstä tai merestä (Laki ympäristönsuojelulain muuttamisesta 19/2017). Kilpijärven valuma-alueella tämä koskee yhteensä 29 asuinrakennusta ja 86 loma-asuntoa (taulukko 3). Kun luvuista vähennetään jo oletetut viemäriverkostossa olevat rakennukset ja Kilpijärven viemäriin suunnittelun alueen rakennukset, niin 18 asuinrakennuksen ja 56 loma-asunnon jätevesijärjestelmät tulisi olla uusittu lainmukaiseksi, mikäli niissä ei ole vain kantovesi ja kuivakäymälä.

Taulukko 3. Alle 100 metrin päässä vesistöstä tai pohjavesialueella sijaitsevat asuinrakennukset ja loma-asunnot

| | Asuinrakennus | Loma-asunto |
|--|---------------|-------------|
| Viemäriverkostossa | 11 | 30 |
| Ajantasaiset jätevesijärjestelmät | 18 | 56 |
| Yhteensä | 29 | 86 |

Mäntsälän kunnan ympäristönsuojelumääräysten (2002) mukaisesti ranta-alueen raja voi tapauskohtaisesti ulottua 200 m:n päähän vesistöä. Ranta- ja pohjavesialueilla noudatetaan perustasoa tiukempaa puhdistusvaatimusta (Keski-Uudenmaan ympäristökeskus, n.d.a). Muiden alueiden osalta jätevesijärjestelmä tulee päivittää perustason puhdistusvaatimusten mukaiseksi, kun kiinteistöllä rakennetaan vesikäymälä tai vesi- ja viemärijärjestelmää uusitaan luvanvaraisella muutostyöllä tai tehdään korjaus- tai muutostyö, jossa tarvitaan rakennuslupaa (Laki ympäristönsuojelulain muuttamisesta 19/2017). Kallion ja Suikkasen (2019, s. 5) mukaan Suomessa siirtymäaikaan kuulumattomista 60 %:lla vakituisen asutuksen ja 14 %:lla vapaa-ajanasutuksen kiinteistöistä jätevesijärjestelmä ei ole kunnossa.

Haja-asetuksen kuormitusluku asukasta kohden vuorokaudessa on orgaaniselle aineelle (BKH₇) 50 g, kokonaisfosforille 2,2 g ja kokonaistypelle 14 g (Valtioneuvoston asetus talousjätevesien käsittelystä viemäriverkostojen ulkopuolisilla alueilla 157/2017 § 2). Perustason vaatimuksella puhdistusprosentti on orgaaniselle aineelle 80 %, fosforille 70 % ja typellä 30 % ja perustasoa tiukemmalla vaatimuksella orgaaniselle aineelle 90 %, fosforille 85 % ja typelle 40 %. (Ympäristönsuojelulaki 527/2014 § 154b; Valtioneuvoston asetus talousjätevesien käsittelystä viemäriverkostojen ulkopuolisilla alueilla 157/2017 § 4)

3.2 Kilpijärvellä tehdyt toimenpiteet, tutkimukset ja selvitykset

Kilpijärven tutkimuksia, näytteenottoja ja selvityksiä on esitetty taulukossa 4 (s. 16). Mittavin vesiensuojelutoimenpide on ollut laskeutusaltaiden rakentaminen Ruonanojan suulle vuosina 2004–2005. Kilpijärvellä on tehty vuonna 2008 kunnostussuunnitelma, jossa ehdotettiin mm. seuraavat toimenpiteet: suojavyöhykkeiden perustaminen Hiidenlinnan sivulta kulkevan valtaojan varteen sekä Lukonmäen pohjavesialueella sijaitseville Nikkiläntien peltoaukealle ja muille Lukonmäen reunapelloille, kosteikon perustaminen Hiidensuolle, yksittäisten puiden ja pensaiden istuttaminen suojavyöhykkeille, uoman mutkaisuuden ja syvyysuhteiden lisääminen, ravintoketjukunnostus, hapetus sekä vesikasvien poistamista (Hagman ym., 2008, ss. 125–128).

Kilpijärven vesiensuojelutoimenpiteet ovat olleet pienen porukan talkoiden varassa. Sälinkäällä venerannasta niitetään vuosittain noin 1 hehtaarin alueella, jossa on runsasta lummekasvustoa. Hoitokalastuksia ei muutama vuoteen ole tehty. Myöskään hapetusta ei moneen talveen ole ollut. Talkooporukan ikääntyminen on ollut syynä kunnostustoimenpiteiden harvenemiseen. Laskeutusaltaille ei ole tehty muuta sen jälkeen, kun ne rakennettiin, kuin ryteikön poistamista niiden vierestä. (T. Havula, henkilökohtainen tiedonanto, 23.3.2020 & 14.4.2020) Soukkion kylän puolella, Kilpijärven eteläpäässä on tänä vuonna suunnitelmassa niittää vesikasveja Haanmäen ja Rekiniemen väliin jäävästä pohjukasta sekä Rekiniemestä Tuoksenlahteen päin (P. Salmi, henkilökohtainen tiedonanto,

23.3.2020). Järveen istutetaan joka toinen vuosi kuhaa (M. Kuisma, henkilökohtainen tiedonanto, 23.3.2020).

Taulukko 4. Kilpijärvellä tehtyjä tutkimuksia, näytteenottoa ja selvityksiä

| Vuosi | Aihe, tekijä(t), nimi | Tulokset/Tietoja |
|-------|---|---|
| 1991 | Vedenlaatu Sedimentti Helsingin yliopisto/Limnologian ja ympäristönsuojelulaitos. Mäntsälän järvi-tutkimus. Limnologian ohjattu tutkimus 1991. | Tutkimuksessa analysoitiin vedenlaatutietoja ja sedimenttiä. Järven tilavuudesta 61,3 % sijaitsee 0–1 metrin syvyydessä, 24,2 % vedestä 1–1,5 metrin syvyydessä ja 24,6 % 1,5–2 metrin syvyydessä. Tutkimuksen mukaan Kilpijärven pohjasedimentin pinta on vesipitoisuudeltaan suurta hyvin pehmeää liejua. Sedimentissä havaittiin 7 cm:n syvyydessä hieman muutoksia hiilen ja typen pitoisuuksissa verrattuna yläpuoliseen sedimenttiin. (ss. 46–49) |
| 2008 | Kunnostussuunnitelma ja -tavoitteet Hagman, A.-M., Serenius, K. & Rajajärvi, S. Mäntsälän järvien kunnostuksen yleissuunnitelma. | Kilpijärven tavoitteiksi määriteltiin kunnostussuunnitelmassa kokonaisfosforin osalta n. 40 µg/l ja klorofyllin osalta ≤ 30 µg/l. Särkikalojen osuuden tavoitteeksi määriteltiin alle 60 prosenttia kaikista kaloista. Ulkoisen kuormituksen vähentämistavoite oli 550 kg. Talviajan happipitoisuuden tavoitteeksi määriteltiin yli 4 mg/l. Kunnostussuunnitelmassa kaloja esitettiin poistettavaksi yli 130 kg/ha vuodessa. (ss. 123–124, 127) |
| 2008 | Kunnostustarpeen arviointi Marttunen, M., Sarmalkorpi, I., Hagman, A.-M., Lehtoranta, V., Serenius, K., Harjula, H. & Vääriskoski, J. (2008). Monitavoitearviointi järvikunnostushankkeiden vertailussa – Menetelmien kuvaus ja testaus Mäntsälän ja Uudenmaan järvillä. | Selvityksessä tarkasteltiin käyttöpainetta arvioiden Mäntsälän järvien kunnostustarvetta. Kilpijärvi arviointiin suurimmassa kunnostustarpeessa olevaksi järveksi Mäntsälässä sen heikon tilan ja melko suuren käyttöpaineen vuoksi (s. 34). |
| 2012 | Piilevärekonstruktio-tutkimus Mäkinen, J., Tammelin, M. & Kauppila, T. (2012). Luonnonhuuhtouman arviointi Etelä-Suomen savikkoalueilla. | Piilevärekonstruktio-tutkimuksessa selvisi, että Kilpijärven luontainen fosforipitoisuus ilman ihmistoiminnan vaikutusta olisi 35 µg/l eli Kilpijärvi on luontaisesti rehevä järvi. Tutkimuksessa Kilpijärven järven pohjasta otettiin mäntäkairalla 2 metrin pituinen sedimenttinäyte, josta määritettiin muun muassa sedimentin ylä- ja alasyvyyden iät sekä kiintoaineksen luontainen kertymänopeus näytteenottokohdassa (s. 28). |
| 2014 | Ahventen elohopeapitoisuus Uudenmaan ELY-keskus (SYKE:n avoimen tiedon palvelu / Hertta-tietokanta, n.d). Ahventen elohopeapitoisuuden seuranta Uudellamaalla 2010–2014. | Kilpijärven ahvenista mitattiin elohopeapitoisuuksia vuonna 2014. Näytteenä oli 7 ahventa, joissa pienin elohopeapitoisuus oli 0,14 mg/kg ja suurin 0,27 mg/kg. Elintarvikkeena käytettävän kalan elohopeapitoisuuden yläraja on 0,5 mg/kg kalan tuorepainoa kohti (hauella 1 mg/kg tp) laskettuna (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, 2019). |

jatkuu

jatkuu

| | | |
|--------------------------------|--|--|
| 2015 | Kilpijärvellä tehtyjen toimenpiteiden ja kunnostajien kartoitus Garcia, L. (2015). Kat-saus Mäntsälän järvien tilaan ja kunnostukseen | Selvityksessä tarkasteltiin Kilpijärvellä tehtyjä toimenpiteitä, järven kunnostuksesta vastaavat tahot ja järven ekologista tilaa. Vuosina 2010–2011 Kilpijärvellä tehtiin Ympäristökasvatuksesta käytännön toimiin -hankkeeseen liittyen kunnostustoimenpiteitä, kuten hoitokalastusta talkoovoimin ja vesiruton nuottausta. Hoitokalastusta oli tehty lähes vuosittain, mutta tarkempaa tietoa saaliista ei ollut kerätty. Saaliin määräksi arvioitiin 1000–1500 kg/a. Kilpijärvellä on tehty koekalastus vuonna 2001. Vesikasvien niitto oli tehty vuosittain Kilpijärven pohjoispäässä Sälinkään kylällä sijaitsevassa venerannassa. Kilpijärveä on hapetettu useana talvena ilmastuspumpulla, mutta hapetuksen riittävyttä ei ole selvitetty. Garcian selvityksessä järviaktiivit kertoivat levähaittojen vähentyneen ja järven talven happitilanteen parantuneen aiemmista vuosista. (ss. 23–26) |
| (1969,) 2004, 2007, 2010, 2013 | Haitallisten sinilevien osuus Uudenmaan ELY-keskus (SYKEN avoimen tiedon palvelu / Hertta-tietokanta, n.d.) Kasviplanktonlajiston tutkimus. | Kilpijärvestä on tutkittu kasviplanktonlajistoa ensimmäisen kerran vuonna 1969, ja tuolloin haitallisten sinilevien osuus oli 94,6 %. Myöhemmin kasviplanktonlajistoa on tutkittu vuosina 2004, 2007, 2010 ja 2013 Kilpijärven keskiosasta sekä vuonna 2016 Pillikarin näytteenottopisteestä Uudenmaan ELY-keskuksen toimesta. Haitallisten sinilevien osuus on vaihdellut paljon ollen 77,3 % vuonna 2004, 41,7 % vuonna 2007, 5,8 % vuonna 2010, 26,7 % vuonna 2013 ja 53,5 % vuonna 2016. |
| 2010 - 2019 | Uimaveden laatu Keski-Uudenmaan ympäristökeskus (n.d.b). Kilpijärven uimaveden laadun seuranta. | Kilpijärven uimaveden laadun seurannassa silmämääräisessä leväarvioinnissa levää on havaittu runsaasti heinäkuussa 2015. Saman vuoden kesäkuun ja elokuun näytteiden otossa havaittiin vähän levää. Muina kesinä vuosina 2010–2019 uimaveden laadun seurannassa levää ei joko ole havaittu tai sitä on ollut vähän. Kilpijärven uimaveden laatu on ollut hyvä vuosina 2010–2019. <i>Escherichia colin</i> ja enterokokkien määrät ovat olleet vähäisiä. |

3.3 Kilpijärven vedenlaatu

Kilpijärven vedenlaatua on mitattu ensimmäisen kerran vuonna 1961. 1960–1980-luvuilla mittauksia on tehty vuosina 1962, 1970, 1973 ja 1986. Vuodesta 1994 vesinäytteitä on otettu vuosittain vuoteen 2007 asti ja tämän jälkeen näytteitä on otettu kolmen tai kuuden vuoden välein vuosina 2010, 2013 ja 2018. (SYKEN avoimen tiedon palvelu / Hertta-tietokanta, n.d.) Kilpijärven vedenlaatua on alettu seuraamaan tiheämmin ja seuraavat vesinäytteet otetaan toukokuussa 2020.

Taulukossa 5 (s. 18) on koottuna Kilpijärven vedenlaatua kuvaavia muuttujia 1 metrin syvyydestä pinnalta alkaen vuodesta 2001, josta lähtien on saatavilla melko hyvin kesä- ja talvihavaintoja. Kesäaikaiset tulokset ovat kuukausilta touko-syyskuu (2001–2007, 2010, 2013 ja 2018) ja vesianalyysijä oli yhteensä 15 kpl. Talviaikaiset tulokset ovat helmi-huhtikuulta (2001–2007 ja 2013) yhteensä 8 näytekerasta. Näytteet on otettu Kilpijärven keskiosan manuaalisesta mittauspisteestä. Kilpijärvellä näytteitä on otettu ajoittain myös muista näytteenottopisteistä, mutta keskiosalta

otetut näytteet ovat laajimmin ja pisimpään edustettuja, joten ainoastaan niiden tulokset on huomioitu tässä.

Taulukko 5. Kilpijärven vedenlaatutiedot 2001–2018 sekä niiden luokitukset (SYKE:n avoimen tiedon palvelu / Hertta-tietokanta, n.d.; Suomen ympäristökeskus, n.d.a.; Oravainen, 1999, ss. 4, 17–21)

| | KESÄ | | TALVI | | Pitoisuus | Luokitus |
|---|------------|---------------|------------|---------------|--|--|
| | Keski-arvo | Vaihteluväli | Keski-arvo | Vaihteluväli | | |
| Alkaliniteetti, mmol/l | 0,582 | 0,498 - 0,657 | 0,841 | 0,644 - 0,872 | > 0,2 mmol/l | Hyvä |
| Hapen kyllästyssaste, kyll. % | 114,6 | 94 - 148 | 23 | 0 - 76 | 85 - 110 % | Erinomainen |
| | | | | | 80 - 110 % | Hyvä |
| | | | | | 70 - 80 % ja 110 - 120 % | Tyydyttävä |
| | | | | | 40 - 70 % ja 120 - 150 % | Välttävä |
| | | | | | 0 ja > 150 % | Huono |
| Happi, liukoinen mg/l | 10,4 | 8,2 - 12,3 | 3,15 | 0 - 10,5 | 8 - 9 mg/l | Kesäisin (18 - 20 °C) |
| | | | | | 12 - 13 mg/l | Talvisin päällysvedessä (0,5 – 1,0 °C) |
| | | | | | | Heikoimmillaan maalisi- ja elokuussa |
| Ammoniumtyppinä µg/l | 3 | 1 - 8 | 858 | 100 - 1800 | 10 - 30 µg/l | Päällysveden pitoisuus |
| | | | | | > 100 µg/l | jätevesikuormitus tai vähähappiset olosuhteet |
| Fosfaatti fosforina µg/l | 4 | 1 - 8 | 5 | 1 - 17 | | Tuotantokautena hyvin matala, koska levät käyttävät hyödykseen |
| | | | | | 5 - 10 µg/l, Rehevät järvet 20 - 50 µg/l | Talvella |
| Kemiallinen hapen kulutus CODMn mg/l | 21 | 17 - 36 | 15 | 12 - 20 | 10 - 20 mg/l | Keskihumuksinen |
| | | | | | > 20 mg/l | Runsahumuksinen |
| Kokonaisfosfori µg/l | 84 | 58 - 115 | 28 | 19 - 39 | 10 - 20 µg/l | Lievästi rehevä |
| | | | | | 20 - 50 µg/l | Rehevä |
| | | | | | 50 - 100 µg/l | Erittäin rehevä |
| | | | | | > 100 µg/l | Ylirehevä |
| Kokonaisytyppi µg/l | 1780 | 1400 - 2900 | 2413 | 2000 - 3200 | 600 - 1500 µg/l | Rehevä |
| | | | | | > 1500 µg/l | Erittäin rehevä |

jatkuu

jatkuu

| | | | | | | |
|--|-----|---------------|------|----------------|-------------------------------|--|
| Nitraatti-nitriittityppi $\mu\text{g/l}$ | 3,7 | 1 - 21 | 439 | 1 - 869 | alle 5 $\mu\text{g/l}$ | Aktiivinen levä- tuotanto |
| | | | | | 500 - 1000 $\mu\text{g/l}$ | Talvella |
| pH | 9 | 7,5 - 10 | 6,6 | 6,5 - 6,8 | pH 6,5 - 6,8 | Lievästi hapan, tyypillinen arvo Suomen vesis- töissä |
| | | | | | pH 8 - 10 | Leväkukintoa |
| Rauta $\mu\text{g/l}$ | 494 | 260 - 1300 | 717 | 490 - 980 | 500 - 1000 $\mu\text{g/l}$ | Sisävedet |
| Sameus FNU | 24 | 16 - 50 | 3,9 | 2,1 - 6,4 | 1 - 5 FTU | Lievästi samea |
| | | | | | > 5 FTU | Silminnähden samea |
| Sähkönjoh- tokyky mS/m | 9,7 | 6,9 - 11 | 13,9 | 10,9 - 17,3 | 5 - 10 mS/m | Sisävedet |
| | | | | | | Jätevedet ja pel- tolannoitus li- säävät suolojen määrää. |
| Väri-luku mg Pt/l | 87 | 42 - 150 | 84 | 40 - 140 | 40 - 100 mgPt/l | Humuspitoinen |
| | | | | | > 100 mgPt/l | Erittäin humus- pitoinen |
| Klorofylli-a | 94 | 44 - 180 | | | > 40 $\mu\text{g/l}$ | Erittäin rehevä |

Tarkasteluun otettujen vesianalyysitulosten kokonaisfosforipitoisuuden kesän keskiarvo on 84 $\mu\text{g/l}$, joka viittaa erittäin rehevään järveen. Mäkisen, Tammelinin ja Kauppilan (2012, s. 28) piilevärekonstruktio tutkimuksen mukaan Kilpijärven luontainen fosforipitoisuus ilman ihmistoiminnan vaikutusta olisi 35 $\mu\text{g/l}$ eli Kilpijärvi on luontaisesti rehevä järvi. Veden fosforipitoisuus on kuitenkin nykyään yli kaksinkertainen kuin mitä se luonnontilaisena olisi. Ammoniumtypen ollessa yli 100 $\mu\text{g/l}$ on järvessä vähähappiset olosuhteet. Kilpijärvellä ammoniumtyppi on ollut talvisin 100–1 800 $\mu\text{g/l}$. Kilpijärven pH on ollut kesäisin välillä 7,5–10. Kun pH-arvo on välillä 8–10, esiintyy järvessä leväkukintoa.

3.4 Aiemmat laskelmat ulkoisesta kuormituksesta

Taulukossa 6 (s. 20) on esitetty Hagmanin ym. (2008, s. 122) vuoden 2007 laskelma Kilpijärveen tulevasta ulkoisesta fosfori- ja typpikuormituksesta. Tuolloin fosforin kokonaismääräksi arvioitiin 759 kg/a ja typen kokonaismääräksi 13 496 kg/a. Kuormituslaskelma tehtiin tarkentamalla VEPS-mallia fosforin ja typen ominaiskuormituslukuja Mäntsälän kunnalta saatujen tietojen, mm. eläinten lukumäärästä, valuma-alueen karttatarkastelun ja metsänhoitoyhdistykseltä tehdyistä metsänhoitotoimenpiteistä saadun tiedon avulla. (Hagman ym., 2008, ss. 87–89)

Taulukko 6. Vuonna 2007 arvioidut Kilpijärveen tulevat fosfori- ja typpimäärät (kg/a) (Hagman ym., 2008, s. 122)

| | Fosfori, kg | Typpi, kg |
|-----------------------------|--------------------|------------------|
| Peltoviljely | 460 | 6 520 |
| Metsätalous | 8 | 132 |
| Hulevesi | 1 | 59 |
| Haja- ja loma-asutus | 116 | 1 506 |
| Pistekuormitus | 0 | 0 |
| Turvetuotanto | 0 | 0 |
| Karjatalous | 52 | 345 |
| Laskeuma | 3 | 1 508 |
| Luonnonhuuhtouma | 119 | 3 426 |
| Yhteensä | 759 | 13 496 |

Henrikssonin ja Myllyvirran (1991, s. 5) mukaan Kilpijärven vuotuinen las kennallinen kokonaiskuormitus oli vuonna 1991 eli vajaa kolmekymmentä vuotta sitten fosforin osalta noin 1 100 kg ja typen osalta 13 300 kg. Las kelmat perustuvat ominaiskuormituslukuihin.

4 AINEISTO JA MENETELMÄT

Ulkoista kuormitusta arvioitiin maankäytön ominaiskuormituslukujen perusteella KUSTAA-työkalulla. Kuormituksia verrattiin SYKEN VEMALA-aineistoihin Kilpijärven valuma-alueelta. Valuma-alue määritettiin VALUE-työkalua ja Suomen metsäkeskuksen valuma-alueen määrittäminen -työkalua apuna käyttäen. Osavaluma-alueiden tarkastelulla pyrittiin selvittämään, mistä suurin ulkoinen kuormitus on peräisin. Karttatarkastelua tehtiin sekä QGIS-paikkatieto-ohjelmistolla, joka on avoimen lähdekoodin ohjelmisto, että ArcMap-paikkatieto-ohjelmistolla. ArcMap on ESRIn (Environmental Systems Research Institute) ArcGis-paikkatieto-ohjelmiston sovellus. Kun kuormittavimmat osavaluma-alueet olivat selvillä, ehdotettiin kunnostustoimenpiteitä ulkoisen kuormituksen vähentämiseksi.

Lisäksi Kilpijärvellä oli tarkoitus suorittaa muutamia näytteenottokertoja, joissa olisi otettu vesinäytteet laskeutusaltaita ennen ja jälkeen sekä läh töuomasta eli Kilpiojasta. Uomista ei ole saatavilla aiempaa mittaustietoa, eikä esimerkiksi vuonna 2005 valmistuneiden laskeutusaltaiden toimivuudesta ole tietoa. Uomanäytteenotto kuitenkin jäi pois tästä opinnäyte työstä, koska maaliskuu ja huhtikuun alku olivat vähäsateisia, eikä sopivia näytteenottopäiviä siksi ilmaantunut.

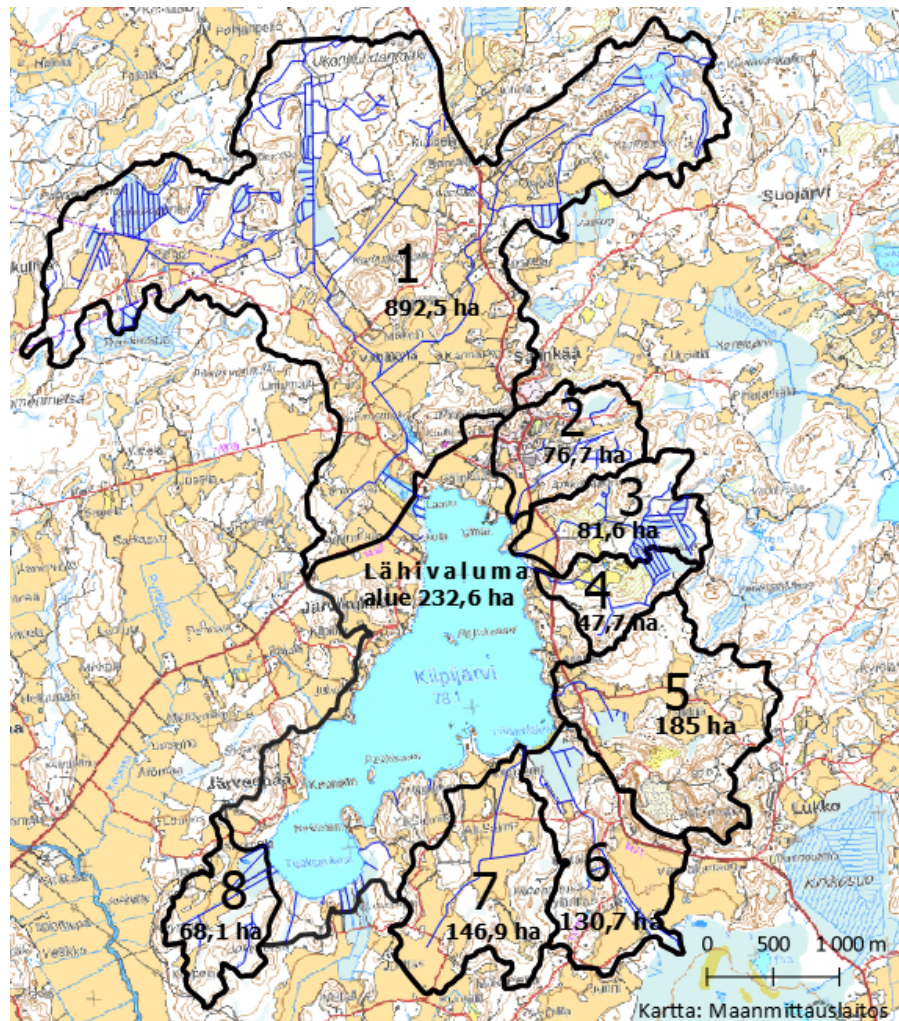
4.1 VEMALA

Opinnäytetyöhön koottiin VEMALAN tietoja Kilpijärven valuma-alueen ulkoisesta kuormituksesta fosforin ja typen osalta. Kun VEMALAN kuormitustiedot saatiin selville, voitiin KUSTAA-työkalulla saatuja tietoja verrata niihin tulosten luotettavuutta arvioidessa.

VEMALA on Suomen ympäristökeskuksessa kehitetty vesistöjen ravinnekuormitusmalli, joka laskee reaaliaikaisen maa-alueilta syntyvän ravinnekuormituksen eli pelloilta ja metsistä tulevan fosforin, typen ja kiintoaineen sekä pistekuormituksen, haja-asutuksesta tulevan kuormituksen ja laskeuman. Lisäksi malli laskee, kuinka kuormitus etenee vesistössä. VEMALA-malli tekee myös skenaarioita ilmastonmuutoksen vaikutuksista, maankäytön ja viljelytoimenpiteiden muutoksista, piste- ja hajakuormitusten muutoksista sekä kuormitusmuutosten vaikutuksista niin yksittäisen järven, vesistön kuin Itämereen päätyvän kuormituksen kannalta. (Huttunen ym., 2019)

4.2 Osavaluma-alueiden määrittäminen

Osavaluma-alueet selvitettiin sekä Suomen metsäkeskuksen Valuma-alueen määrittämis-työkalua että Suomen ympäristökeskuksen VALUE – valuma-alueen rajaustyökalua apuna käyttäen. Suomen metsäkeskuksen Valuma-alueen määrittämis-työkalulla saadaan selville kunkin uoman valuma-alue. Sivustolta saatu tiedosto osavaluma-alueista georeferoitiin ja digitointiin paikkatieto-ohjelmassa. Metsäkeskuksen työkalu määrittelee valuma-alueen pienemmäksi jättäen sen ulkopuolella esimerkiksi Heiskonsuolta kaakkoon päin olevan Verkkopäänsuon, joka uomien virtaussuunnan mukaan ei kuulu valuma-alueeseen. Asiaa ei kuitenkaan ole varmistettu maastossa. Kuvassa 6 (s. 22) on esitetty Kilpijärven valuma-alueen osavaluma-alueet. Kaikkien uomien osalta valuma-alueet eivät määrittäneet Metsäkeskuksen Valuma-alueen määrittämis-työkalulla oikein, ja näiden valuma-alueiden rajoja on muokattu vielä maaston muotoja tutkimalla. Esimerkiksi osavaluma-alueilla 2 ja 4 työkalu määritteli uoman toisen uoman valuma-alueeseen kuuluvaksi.



Kuva 6. Kälviälampi valuma-alueen osavaluma-alueet. Sisältää Maanmittauslaitoksen (2018a) Maastokarttasarjan 09/2018 aineistoa.

4.3 KUSTAA-työkalu

KUSTAA-työkalu on Metsäntutkimuslaitoksen (nyk. Luonnonvarakeskus), Suomen ympäristökeskuksen ja Helsingin Yliopiston Maataloustieteiden laitosten kehittämä työkalu vesistökuormituksen selvittämiseen. Se on Microsoft Excel-taulukkopohjaan integroitu laskentaohjelma, jonka avulla voi laskea vesistöjen potentiaalisen ulkoisen kuormituksen määrän. KUSTAA-työkalussa on valmiiksi taustakuormitusluvut kiintoaineelle, kokonaistypelle ja kokonaisfosforille sekä ominaiskuormitusluvut haja- ja piste-kuormituslähteille. Lisäksi työkalulla saadaan suora laskeuma vesistöön. Laskentaohjelmaan syötetään lähtötiedoiksi valuma-alueen pinta-ala, vesistöjen pinta-ala, vuosittainen maa- ja metsätaloustoimenpiteiden pinta-ala ja pistekuormituslähteiden yksikkömäärät, kuten pinta-ala tai eläinmäärä. Työkalussa käytetyt ominaiskuormitusluvut on saatu Suomessa tehtyjen ja julkaistujen tutkimusten ja selvityksien tuloksia hyödyksi käyttäen. Koska ominaiskuormitusluvut on saatu melko lyhytaikaisten kenttäkokeiden tuloksista, liittyy ominaiskuormituslukujen paikkansapitävyyteen epävarmuutta. Esimerkiksi sääolosuhteet ovat voineet olla kenttäkokeen

aikana poikkeukselliset. KUSTAA-työkalulla saadut tulokset antavat kuitenkin suuntaa antavan arvion valuma-alueen ulkoisesta kuormituksesta. (Launiainen ym., 2014, ss. 6, 9, 13, 29–30; Luonnonvarakeskus, 2014)

4.4 KUSTAA:n lähtötietojen kokoaminen

KUSTAA-työkalu tarvitsee lähtötiedoikseen metsätaloudessa tehdyt toimenpiteet ojituksen, lannoituksen ja uudistushakkuun ja maanmuokkauksen osalta viimeiseltä 10 vuodelta. Opinnäytetyössä tehdyssä laskelmassa on käytetty Suomen metsäkeskuksen metsänkäyttöilmoitus-paikkatietoaineistoa, jossa edellä mainituista on saatavilla uudistushakkuutiedot, joiden pohjalta laskelma tehtiin. Metsänkäyttöilmoituksen voi tehdä aikaisintaan 3 vuotta ennen hakkuuta (Metsälaki 1093/1996 § 14), joten metsänkäyttöilmoitusten perusteella ei pysty tarkkaan tietämään hakkuuvuotta. Laskelmaan hakkuut on merkattu tehdyksi ilmoitusvuonna. Ojitusta ja lannoitusta laskelmassa ei ole huomioitu.

Peltoviljelyn osalta laskelmaa varten on käytetty Sentinel Hub Playground -satelliitista (Sinergise, 2020) tallennettuja Agriculture ja Vegetation Index -filtteröityjä 20.3.2020 päivän kuvia. Kuvat georeferoitiin paikkatieto-ohjelmaan ja niiden avulla merkattiin Kilpijärven valuma-aluerajoilla leikatun Maaseutuviraston (2016) vuoden 2016 Peltolohkorekisterin paikkatietoaineistoon, onko peltolohko kynnetty, sängellä (talviaikainen kasvipeite) vai nurmella. Arviointi tapahtui silmämääräisesti. Jos näytti, että lohkoilla on kahta eri muokausmenetelmää, on kunkin pinta-ala laskettu jakamalla kokonaispinta-ala kahdella. Kustaassa peltoviljelyn laskelmat on eritelty syyskyntöön, syysviljaan, kultivointiin, kevennettyyn sänkimuokkaukseen, talviaikaiseen sänkipeitteeseen, syysviljan suorakylvöön, kevätviljan suorakylvöön, pysyvään nurmipeitteeseen, viherkesantoon ja avokesantoon, mutta tässä opinnäytetyössä on huomioitu vain kyntö, talviaikainen kasvipeite ja nurmi. Nurmipinta-alat merkattiin laskelmassa kohtaan ”pysyvä nurmipeite”. Kaikilla osavaluma-alueilla käytettiin kaltevuutta 1,5–3 % ja maalajina sitä, mitä osavaluma-alueiden pelloilla oli eniten eli osavaluma-alueilla 1–5, 7, 8 ja lähivaluma-alueella savea ja osavaluma-alueella 6 hiesua. Karjatalouden eläinten lukumäärät on saatu tilalliselta.

Asuinrakennusten ja loma-asuntojen määrät on saatu Maanmittauslaitoksen 12/2019 Maastotietokannasta (2019). Viemärialueella olevat kiinteistöt selvitettiin entisen Vesiosuuskunnan Sälinkään (nyk. Nivos Vesi ja Lämpö Oy) ja Nivos Vesi ja Lämpö Oy:n toiminta-aluekartoista, joista osa oli valmiiksi paikkatietona ja osa georeferoitiin ja digitoitiin. Alle 100 metrin päässä vesistöistä ja pohjavesialueilta sijaitsevat asuinrakennukset ja loma-asunnot selvitettiin paikkatieto-ohjelmalla. Viemäriin oletetusti kuuluvat asuin- ja lomarakennukset merkattiin laskelmassa kohtaan ”Taajama-asutus, jätevedet puhdistettu”, viemäriin kuulumattomat asuinrakennukset kohtaan ”Haja-asutus, jätevesiasetuksen minimitaso” ja alle 100 m päässä vesistöistä tai pohjavesialueella sijaitsevat lomarakennukset kohtaan ”Kesämökit (rannalla)”. Yli 100 m päässä vesistöistä sijaitsevia

lomarakennuksia ei laskelmassa ole huomioitu. Suomen virallisen tilaston (n.d.) Paavo – Postinumeroalueittainen avoin tieto -paikkatietoaineiston mukaan Sälinkään postinumeroalueen (04740) asuntokuntien keskikoko on 2,4 henkilöä, ja laskelmat on tehty tällä luvulla. Loma-asuntojen asukasta ja oleskeluvuorokaudet ovat peräisin Mökkibarometri 2016 -selvityksestä (FCG Finnish Consulting Group Oy, 2016, ss. 27, 30), jonka mukaan kesämökillä vietetään vuodessa 79 vuorokautta ja mökkeilijöitä on keskimäärin 4 henkilöä mökkiä kohden.

Metsätiedot ovat vuosilta 2010–2019, kun taas viljely- ja asukastiedoiksi laitettiin laskelmaan joka vuodelle samat tiedot yksityiskohtaisempien tietojen puuttuessa.

4.5 Maastokäynnit

Ensimmäinen käynti Kilpijärvellä suoritettiin 27.9.2019 ollessani Keski-Uudenmaan ympäristökeskuksessa harjoittelussa. Tuolloin arvioitiin kasvillisuutta ja tutustuttiin laskeutusaltaisiin ja lähiympäristöön. Hajoitusaltaan haaroista kasvillisuus oli runsainta itähaarassa, jossa oli myös rehevyyttä ilmentävää limaskaa. Sekä laskeutusaltaassa että hajoitusaltaassa esiintyi runsaasti palpakkoa, ulpukkaa ja vitjoja. Uomassa ennen laskeutusallasta esiintyi hyvin runsaasti vesiruttoa ainakin tarkistetun noin 200 metrin verran.

Toinen maastokäynti suoritettiin 5.3.2020. 4.4.2020 Suoritettiin tutustuminen valuma-alueeseen, lähinnä autolla kiertäen. 14.4.2020 tavattiin Kilpijärven kunnostustoimissa aktiivisesti mukava oleva kyläläinen, joka kertoi järven ja alueen vesiensuojelutoimenpiteistä. Tuolloin kuvattiin myös kehitysehdotuskohteita.

5 TULOSTEN ESITTELY

Opinnäytetyön 1. tutkimuskysymyksenä oli selvittää, kuinka paljon ravinnekuormitusta kultakin osavaluma-alueelta tulee Kilpijärveen. Tässä luvussa esitetään VEMALA-aineiston tulokset valuma-alueen fosfori- ja typpikuormituksesta sekä KUSTAA-laskelmalla saadut tulokset osavaluma-alueiden fosfori- ja typpikuormituksesta.

5.1 Ulkoinen kuormitus VEMALA-aineiston mukaan

VEMALA-aineiston mukaan Kilpijärven veden viipymä on 326 vrk eli 10,7 kk. Veden lähtövirtaama on 0,169 m³/s. Kilpijärveen tulee fosforikuormitusta 652 kg/a ja lähtökuormitus on puolestaan 368 kg/a eli Kilpijärveen jää vuosittain fosforia 284 kg. Suurin fosforikuorma, 351 kg/a, tulee viljelyiltä pelloilta. Kilpijärveen tuleva typpikuorma on 14 540 kg/a, josta suurin

osa tulee peltoviljelystä (8 420 kg/a) ja luonnonhuuhtoutumana (4 470 kg/a). Taulukossa 7 on eriteltynä nykyiset fosfori- ja typpikuormat Kilpijärveen sekä skenaariot vuosille 2020–2029 joko nykyisillä toimenpiteillä tai maatalouden kuormitusvähennyksillä.

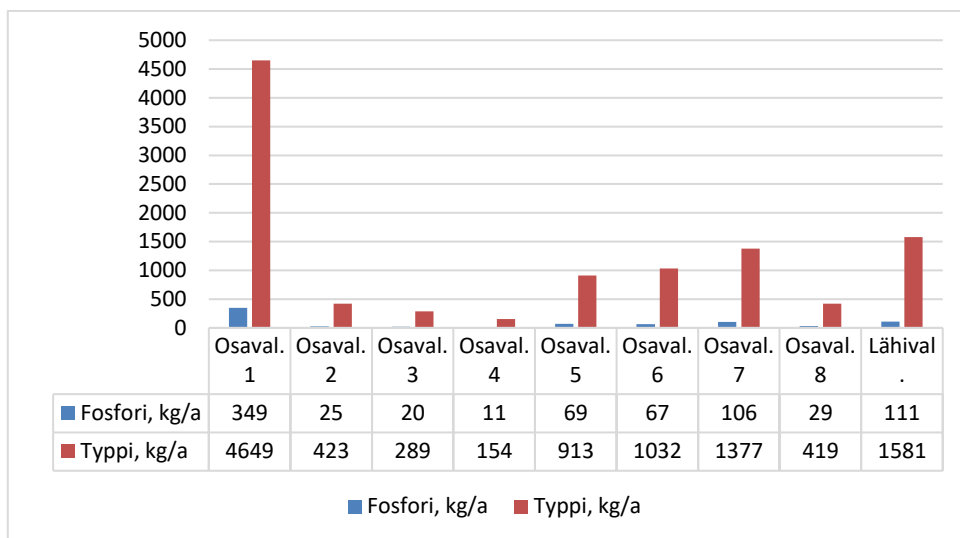
Taulukko 7. Kilpijärveen tuleva fosfori- ja typpikuorma (keskiarvo ajalta 15.4.2012 - 15.4.2020) ja skenaariot vuosille 2020–2029 nykyisillä tai maatalouden kuormitusvähennyksillä VEMALAN mukaan (Suomen ympäristökeskus, n.d.c)

| | FOSFORI, kg/a | | | TYPPI, 1000 kg/a | | |
|-----------------------------|---------------|---|--|------------------|---|--|
| | Tuleva kuorma | Skenaario 2020-29 nykyisillä toimenpiteillä | Skenaario 2020-29 maatalouden kuormitusvähennyksillä | Tuleva kuorma | Skenaario 2020-29 nykyisillä toimenpiteillä | Skenaario 2020-29 maatalouden kuormitusvähennyksillä |
| peltoviljely | 350,65 | 457,57 | 237,68 | 8,42 | 9,63 | 7,11 |
| metsätalous hakkuut | 8,14 | 12,23 | 12,27 | 0,18 | 0,28 | 0,28 |
| metsätalous kunnostusojitus | 0,14 | 0,18 | 0,18 | - | - | - |
| metsätalous lannoitus | 0,26 | 0,33 | 0,33 | 0,01 | 0,02 | 0,02 |
| metsät muu ihmistoiminta | 1,3 | 1,16 | 1,11 | 0,1 | 0,08 | 0,08 |
| metsät luonnonhuuhtouma | 156,91 | 248,01 | 243,89 | 3,48 | 4,47 | 4,44 |
| vakituinen haja-asutus | 96,33 | 96,75 | 97,39 | 0,88 | 0,88 | 0,89 |
| loma-asunnot | 17,83 | 17,9 | 18,02 | 0,14 | 0,14 | 0,14 |
| hulevesi | 0,85 | 0,79 | 0,79 | 0,05 | 0,04 | 0,04 |
| laskeuma vesiin | 19,61 | 18,17 | 18,17 | 1,28 | 1,03 | 1,03 |
| piste-kuorma | - | - | - | - | - | - |
| YHT | 652,02 | 853,09 | 629,83 | 14,54 | 16,57 | 14,03 |

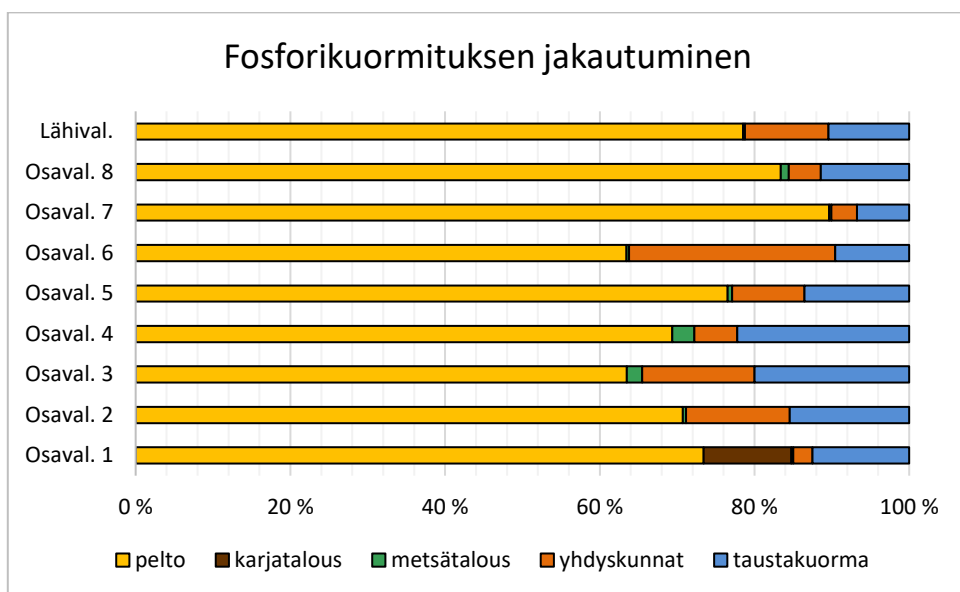
5.2 Ulkoinen kuormitus Kustaa-työkälulla laskettuna

Kustaa-ohjelmalla laskettu ulkoinen kuormitus osavaluma-alueilta ja lähivaluma-alueelta on esitetty kuvassa 7 (s. 26). Suurimmat ravinnekuormitukset tulevat osavaluma-alueelta 1 (P 349 kg/a, N 4 649 kg), lähivaluma-alueelta (P 111 kg/a, N 1 581 kg/a) ja osavaluma-alueelta 7 (P 106 kg/a, N 1 377 kg/a). Koko valuma-alueen fosforikuormitus on laskelmien mukaan

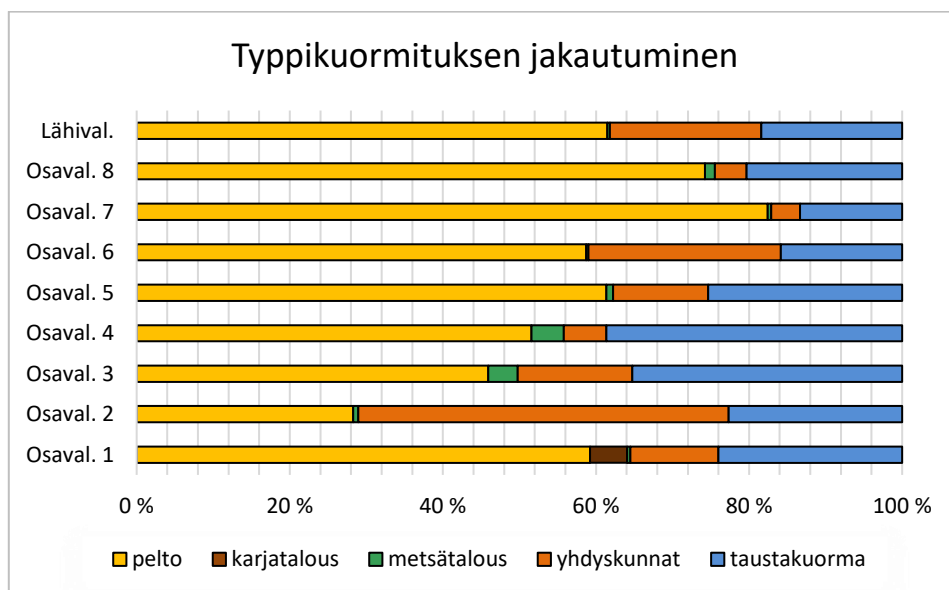
785 kg vuodessa ja typpikuormitus 10 836 kg vuodessa. Fosfori- ja typpi-kuormituksen jakautuminen osavaluma-alueittain on esitetty kuvissa 8 ja 9 (s. 27).



Kuva 7. Kilpijärven valuma-alueen fosfori- ja typpikuormitus osavaluma-alueittain KUSTAA-työkalulla laskettuna.



Kuva 8. Fosforikuormituksen jakautuminen osavaluma-alueittain.

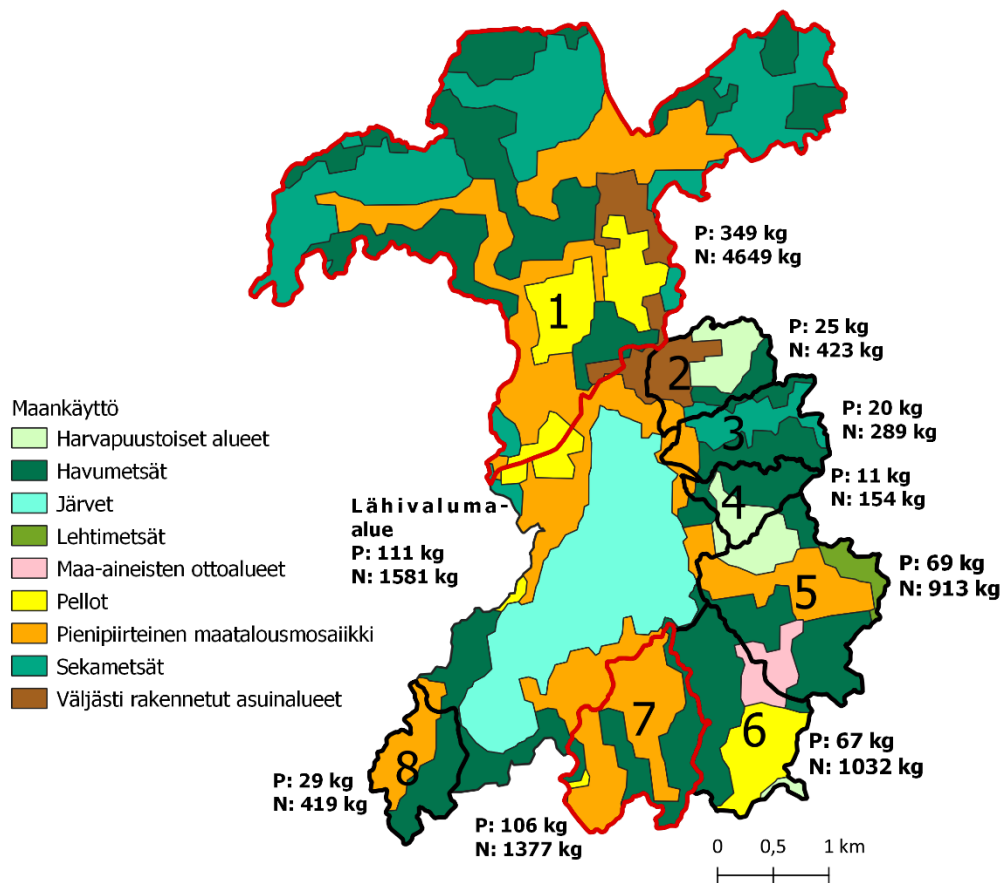


Kuva 9. Typpikuormituksen jakautuminen osavalmu-alueittain.

6 TULOSTEN TARKASTELU

KUSTAA-laskelman mukaan suurimmat ravinnekuormitukset tulevat osavalmu-alueelta 1 eli Ruonanojan valuma-alueelta ja osavalmu-alueelta 7 Kilpijärven eteläpäästä Kilpiniemestä Hiidenlahteen laskevan uoman varrelta sekä lähivaluma-alueelta (kuva 10, s. 28). Corine 2018 -aineistoa tarkastellessa voidaan todeta kaikilla näillä alueilla olevan paljon peltoja.

Alle 100 metrin päässä vesistöä ja pohjavesialueella olevien kiinteistöjen jätevesijärjestelmien uusiminen tuli tehdä 31.10.2019 mennessä, ja Mäntsälässä noudatetaan tiukempaa puhdistustehoa eli puhdistusteho kiintoaineen osalta on vähintään 90 %, kokonaisfosforin osalta vähintään 85 % ja typen osalta vähintään 40 %. Suurimpien kuormitusalueiden osalta asia ei ole ajankohtainen, sillä osavalmu-alueella 1 Ruonanojan uoman loppupään lähistöllä, ennen laskeutusaltaita sijaitsevat 2 asuinrakennusta kuuluvat jo viemäriverkoston. Suurin osa alueen kiinteistöistä sijaitsee viemäriverkoston alueella eli yhdyskuntien jätevesikuormitus on oikein hoidettu. Myöskään kiinteistöt, jotka sijaitsevat osavalmu-alueella 7, eivät sijaitse alle 100 m:n päässä vesistöä tai pohjavesialueella. Sen sijaan lähivaluma-alueella on Kilpijärven viemäriverkoston rakentamisen jälkeen noin 50 mökkiä, jotka eivät kuulu viemäriin, ja näiden kuormituspäästöjen osalta on merkittävää, että jätevesijärjestelmät ovat määräysten mukaiset. Puhdistusvaatimukset eivät koske mökkejä, joissa on vain kantovesi ja kuivakäymälä. Lähivaluma-alueella alle 100 m:n päässä vesistöä sijaitsee myös muutamia viemäriverkoston kuulumattomia asuinrakennuksia.



Kuva 10. Kuormittavimmilla osavaluma-alueilla (punaisella) on paljon maatalousmaata Corine 2018 -aineiston (Suomen ympäristökeskus, 2018) mukaan.

Viemäriverkoston ulkopuolella olevien asuinrakennusten ravinnekuormitukset laskettiin KUSTAA-työkalulla peruspuhdistustasolla, koska oletettiin, että osalla hajajätevesijärjestelmän puhdistustaso jää alle perustason ja osalla puhdistustaso on perustasoa korkeampi. Todellisuudessa alle 100 m:n päässä vesistöstä ja pohjavesialueella sijaitsevilla kiinteistöillä tulee noudattaa Mäntsälän ympäristönsuojelumääräysten mukaisesti tiukempaa puhdistustasoa. Valuma-alueella tällaisia, viemäriverkostoon kuulumattomia kiinteistöjä sijaitsee osavaluma-alueilla 5 ja 6 sekä lähivaluma-alueella. Taulukossa 8 (s. 29) on esitetty asuinrakennusten ravinnekuormituksen väheneminen, jos alle 100 m:n päässä vesistöstä ja pohjavesialueella olevissa kiinteistöissä noudatetaan tiukempaa puhdistustasoa ja jos Kilpijärven suunnitellun viemärialueen kiinteistöt ovat viemäriverkostossa. Fosforin osalta vähennys on 14,2 % ja typen osalta 0,4 %. Laskelmissa viemäriverkoston alueella olevissa loma-asunnoissa oletetaan olevan vesikäymälä, kun taas laskelman ”Kesämökkit (rannalla)” -kohtaan merkittyjen mökkien varustelutasona on kuivakäymälä ja kantovesi. Täsmällisempien ravinnekuormituksen vähenemistietojen saamiseksi tulisi tietää, millainen loma-asunto on varustelutasoltaan.

Taulukko 8. Yhdyskuntien fosforin ja typen kuormitus KUSTAA-laskelmissa käytetyllä peruspuhdistustasolla ja tiukemmalla puhdistustasolla

| Osavaluma-alue | Fosfori, kg/a | | Typpi, kg/a | |
|-----------------|---------------|------------------------|-------------|------------------------|
| | Nykyinen | Tiukempi puhdistustaso | Nykyinen | Tiukempi puhdistustaso |
| 1 | 8,6 | 8,6 | 535,7 | 535,7 |
| 2 | 3,3 | 3,3 | 204,9 | 204,9 |
| 3 | 2,9 | 2,9 | 43,3 | 43,3 |
| 4 | 0,6 | 0,6 | 8,6 | 8,6 |
| 5 | 7,9 | 4,8 | 113,5 | 103,8 |
| 6 | 17,6 | 15,3 | 259,3 | 249,3 |
| 7 | 3,5 | 3,5 | 51,6 | 51,6 |
| 8 | 1,2 | 1,2 | 17,2 | 17,2 |
| Lähivaluma-alue | 13,3 | 10,3 | 312,7 | 327,1 |
| Yhteensä | 58,7 | 50,5 | 1546,7 | 1541,3 |

KUSTAA-laskelman ja VEMALAn yhdyskunnista tulevaa jätevesikuormitusta verratessa voidaan todeta VEMALAn fosforikuormitustulosten olevan lähes kaksinkertaiset KUSTAA-laskelmalla saatuihin tuloksiin (taulukko 9). Sen sijaan typpikuormitus on KUSTAAlla laskettuna korkeampi.

Taulukko 9. Yhdyskuntien fosfori- ja typpikuormat hehtaaria kohden KUSTAA:n ja VEMALAn mukaan

| | Fosfori, kg/ha/a | Typpi, kg/ha/a |
|---------------|------------------|----------------|
| KUSTAA | 0,030 | 0,831 |
| VEMALA | 0,055 | 0,495 |

Kun KUSTAA-työkalulla vertaa tilannetta, jossa 20 % osavaluma-alueen 1 nykyisin kynnetyistä peltoalasta olisi talvella kasvipeitteinen, tulos on, että valuma-alueen kokonaisfosforikuormitus vähenisi nykyisestä 349 kg:sta 1,8 kg:aa eli ei merkittävästi. Sen sijaan kiintoaine vähenisi lähes 4 500 kg:aa, joka tosin on nykyisestä kiintoainemäärästä vain 3,2 %, mutta määrällisesti se on kuitenkin merkittävä vähennys.

Suurimmat erot eri laskelmissa tulevat peltoviljelystä (taulukko 10, s. 30). KUSTAAlla laskettuna viljelyn osuus kokonaisfosforikuormituksesta on 76 %, kun sen osuus VEMALAssa on 54 % ja Hagmanin ym. (2008, s. 122) laskelmissa 61 %. Typen osalta peltoviljelyn osuus kokonaiskuormituksesta on KUSTAAlla laskettuna 62 %, VEMALAssa 58 % ja Hagmanin ym. laskelmissa 48 %.

Taulukko 10. Peltoviljelyn osuus ravinnekuormituksen kokonaismäärästä

| | P, yht. kg/a | P, Pellot kg/a | P, Pellot / P, yht. | N, yht. kg/a | N, Pellot kg/a | N, Pellot / N, yht. |
|-----------------------------|-----------------|-------------------|------------------------|-----------------|-------------------|------------------------|
| KUSTAA | 785 | 593 | 76 % | 10 836 | 6 668 | 62 % |
| VEMALA | 652 | 350 | 54 % | 14 540 | 8 420 | 58 % |
| Hagman, ym. 2008 | 759 | 460 | 61 % | 13 496 | 6 520 | 48 % |

Taulukossa 11 on esitetty fosforin ja typen kuormitus hehtaaria kohden Kustaa-laskelmalla laskettuna sekä VEMALAn tulosten ja Hagmanin ym. (2008, s. 122) laskelman mukaan. Verratessa KUSTAA-laskelman tuloksia fosforin osalta VEMALasta saatuihin tuloksiin voidaan todeta, että VEMALAn kuormitusmäärät ovat pienempiä kuin KUSTAA-laskelmassa saatiin. Hagmanin, ym. vuoden 2008 tehdyssä kuormituslaskelmassa fosforipitoisuudet ovat sen sijaan samansuuntaisia KUSTAA-laskelman tuloksen kanssa. Sen sijaan typen osuus on KUSTAA-laskelmassa molempia laskelmia alhaisemmalla tasolla. KUSTAA-laskelman tulokset ovat koko valuma-alueen osalta samansuuntaisia kuin muut laskelmat, joten laskelmia voidaan pitää suuntaa antavina myös osavaluma-alueiden kuormitusten määrää arvioitaessa.

Taulukko 11. KUSTAA:n tuloksien vertaaminen aiempiin laskelmiin

| | Valuma-alueen pinta-ala, ha | FOSFORI, kg/a | FOSFORI, kg/ha/a | TYPPI, kg/a | TYPPI, kg/ha/a |
|-----------------------------|-----------------------------|---------------|------------------|-------------|----------------|
| KUSTAA | 1 862 | 785 | 0,42 | 10 836 | 5,82 |
| VEMALA | 2 060 | 652 | 0,32 | 14 540 | 7,06 |
| Hagman, ym. 2008 | 1 820 | 759 | 0,42 | 13 496 | 7,42 |

6.1 Tulosten luotettavuus

KUSTAA-laskelman tuloksia tarkastellessa täytyy huomioida epävarmuustekijät. Valuma-alueiden rajoja ei ole tarkastettu maastossa. Kaikissa muissa lähtötiedoissa kuin metsähakkuutiedoissa laitettiin joka vuodelle sama luku. Kaikkien osavaluma-alueiden laskelmassa tehtiin oletus, että peltojen kaltevuus on 1,5–3 %. Näin ei todellisuudessa ole, vaan valuma-alueella on niin jyrkempiä kuin loivempiakin peltolohkoja. Laskelmassa suurena epävarmuustekijänä on peltojen maanmuokkaustavan tulkinta silmämääräisesti satelliittikuvien perusteella. On mahdollista, että joissakin paikoissa esimerkiksi nurmi olikin oikeasti sänkeä tai toisinpäin. Myös jako kynnettyyn, sänkeen ja nurmeen voi olla liian yleistävä. KUSTAAlla laskettuna metsätalouden laskelmissa ei huomioitu kunnostusojitusta eikä lannoitusta. Niiden kuormitukset eivät kuitenkaan ole suuria, sillä VEMALAn tulosten mukaan lannoituksen ja kunnostusojituksen osuudet olivat

yhteensä 5 % metsähakkuun kuormituksesta. Yhdyskunnan kuormitusta laskiessa puolestaan oletettiin, että kaikki viemäriverkoston alueella sijaitsevat kiinteistöt kuuluvat viemäriin. Lisäksi oletettiin, että kaikki valuma-alueella sijaitsevat asuin- ja lomarakennukset ovat käytössä. Kuitenkin, tällä tasolla arvioidessa suurimpia ravinnekuormitusten alueita tiedot lienevät tarpeeksi luotettavat.

Tuloksien luotettavuuteen vaikuttaa myös laskelmissa käytetyt tausta-aineistot. KUSTAA-laskelmat tehtiin työkaluun kootuilla ominaiskuormituslukuilla. Myös VEMALAn tuloksiin liittyy epävarmuustekijöitä. VEMALAn mallinnus perustuu ominaiskuormituslukujen lisäksi järvien ja ojien näydetuloksiin – mitä vähemmän niitä on, sitä epäluotettavampi tulos on.

6.2 Toimenpide-ehdotukset

KUSTAA-laskelman ja aiempien laskelmien mukaan Kilpijärven valuma-alueella huomattavasti suurin ulkoista kuormitusta aiheuttava tekijä on maatalous ja sen jälkeen yhdyskunnat. Metsätalouden osuuden ollessa pieni, fosforin osalta Kustaa-laskelmissa suurimmillaan 3 % osavaluma-alueella 4, ei tässä opinnäytetyössä ehdoteta vesiensuojelumenetelmiä metsätalouden kuormituksen vähentämiseksi. Metsänhoidossa suositellaan kuitenkin ympäristöhaittojen minimointia esimerkiksi Tapion Metsänhoidon suositukset talousmetsän luonnonhoitoon -työoppaan ohjeistuksen mukaan.

Maatalouden ravinne- ja kiintoainekuormituksen vähentäminen alkaa pelloilta. Maan kasvukuntoa eli sen koostumusta kohentamalla kiintoaine pysyy paremmin pellolla. Talviaikainen kasvipeitteisyys sitoo kiintoainetta ja ravinteita kasvukauden ulkopuolella, eikä sitä valu vesistöön niin paljon kuin kynnetyltä pellolta. Koska valuma-alueen peltoala on suuri, suositellaan viljelijäneuvontaan panostamista, jotta vesistöystävällisemmät maanmuokkausmenetelmät saataisiin entistä laajempaan käyttöön. Suositellaan myös selvittämään, mikä maanparannusaineista (rakennekalkitus, ravinnekuitu tai muu vastaava) soveltuisi parhaiten valuma-alueen pelloille ja ehdottamaan sitä viljelijöille. Viljelijäyhteistyön myötä voitaisiin keskustella viljelijöiden kanssa mahdollisuudesta muokata uomat luonnonmukaisemmiksi tai kaksitasouomiksi tai ainakin lisätä uomiin tulvatasanteita. Tällä hetkellä peratut uomalinjat ovat hyvin suoria (kuva 11, s. 32). Myös mahdollisista kosteikon paikoista voisi maanomistajilta saada ehdotuksia. Vuonna 2001 tehdyssä Suojavyöhykkeiden ja maisemanhoidon yleissuunnitelma Mustijoen vesistöalueelle Mäntsälässä -raportissa Kilpijärven valuma-alueella suojavyöhykkeitä suositeltiin Vähäkylän rinnepelloille (Hagman ym., 2008, s. 126). Niitä suositellaan edelleen perustettavaksi.



Kuva 11. Kilpijärven valuma-alueella sijaitsevan pellon suora uoma (Kuva: Jonna Alastalo, 2020).

Tässä opinnäytetyössä oli tarkoitus ottaa vesinäytteet ennen laskeutuslatasta ja sen jälkeen, mutta sateettomuuden vuoksi näytteenotto jäi. Laskeutuslatasta kyläaktiivin kanssa keskustellessa ilmeni, että itähaara ja keskimäinen haara ovat lähes umpeutuneet ja vesi virtaa järveen länsihaarasta. Kuvassa 12 on näkymä länsihaarasta järvelle ja kuvassa 13 (s. 33) näkymä itähaarasta järvelle. Jatkossa laskeutuslataan jälkeiset vesinäytteet kannattaa siis ottaa länsihaarasta. Lisäksi, virtausta voitaisiin hidastaa esimerkiksi laittamalla itähaaraan uppotukkeja, kuten PuuMaVesi-hankkeessa. Samalla sinne saataisiin lisää kasvillisuutta ravinteita sitomaan. PuuMaVesi-hankkeen tuloksien julkaisua kannattaa siis odottaa ja jos tulokset ovat lupaavia, niin ryhtyä toimenpiteisiin Kilpijärven valuma-alueella.



Kuva 12. Laskeutuslataan hajoituslataan länsihaara 14.4.2020 (Kuva: Jonna Alastalo, 2020).



Kuva 13. Laskeutusaltaan hajoitusaltan itähaara 4.4.2020 (Kuva: Jonna Alastalo, 2020).

Laskeutusaltaan päältäan alusta noin 230 metrin päässä yläjuoksulle päin sijaitsee vanhoja padottuja altaita (kuva 14). 27.9.2019 maastokäynnin perusteella altaat eivät ole aktiivisessa käytössä, vaan ennemmin unohdetut (kuva 15, s. 34). Maanomistajan kiinnostusta altaan kunnostamiselle suositellaan tarkastamaan sekä selvittämään altaan historiaa. Alueesta voitaisiin kunnostaa kosteikko, jonka kautta Ruonanojan vesi virtaisi ennen laskeutusaltaita. Kosteikko tehostaisi kiintoaineen ja ravinteiden pidätystä, parantaisi paikan viihtyvyyttä ja lisäisi luonnon monimuotoisuutta. Varsinkin mikäli ylempänä valuma-alueella ei löydy kiinnostusta tai sopivia paikkoja kosteikoille, voisi tämä olla hyvä sijainti.



Kuva 14. Vanhojen altaiden sijainti (Maanmittauslaitos, n.d.).



Kuva 15. Näkymä vanhalle altaalle (Kuva: Jonna Alastalo, 2019).

7 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön tutkimuskysymyksinä olivat osavaluma-aluekohtaisten ravinnekuormitusten selvittäminen sekä toimenpiteiden ehdottaminen eniten kuormittavilla osavaluma-alueille. Opinnäytetyössä saatiin KUSTAA-työkalulla laskettuna vastaus kunkin osavaluma-alueen ravinnekuormituksesta. Työkalulla saadut tiedot ravinnekuormituksesta olivat samansuuntaisia kuin aiemmat tutkimustulokset, joten laskelmia voinee pitää onnistuneina. Eniten kuormittaville alueille ehdotettiin toimenpiteitä, joskin konkreettisten toimenpiteiden ehdottaminen koettiin hankalaksi, sillä esimerkiksi kosteikon perustamisesta tai uoman mutkaisuuden lisäämisestä tulisi keskustella suoraan maanomistajien kanssa.

Opinnäytetyön tekeminen lisäsi tekijän tietämystä maa- ja metsätalouden vesiensuojelusta, järven tilan seuraamiseen käytettävistä vedenlaatutekijöistä sekä paikkatietoaineistojen käytön mahdollisuuksista valuma-aluekartoituksen tietojen keräämiseen. Lisäksi opinnäytetyön kirjoittaminen opetti ajankäytön suunnittelun ja organisoinnin tärkeydestä projektimaisessa työskentelyssä. Järven ekologisen tilan kohentamisen toimenpiteiden suunnittelun pohjaksi tehty valuma-aluekartoitus liittyy vahvasti kestävän kehityksen ekologiseen ulottuvuuteen. Ekologista kestävyyttä on luonnon monimuotoisuuden turvaaminen, ekosysteemien säilymisen varmistaminen sekä ihmistoiminnan mukauttaminen luonnon kestävyys (Valtioneuvoston kanslia, n.d.).

Tämän valuma-alue selvityksen tavoitteena oli saada tietoa kuormittavimmista osavaluma-alueista. Tulosten pohjalta toimeksiantaja voi suunnitella tarkempia toimenpiteitä aluksi eniten kuormittaville osavaluma-alueille ja näin saada kunnostustoimet käyntiin. Jatkotutkimusaiheena opinnäytetyössä saaduille osavaluma-aluekohtaisille ravinnekuormitusmäärille on

selvittää tarkemmin eri kunnostustoimenpiteiden vaikutus ravinnekuormituksen vähenemiseen ja laskea, millä menetelmillä kuormitusta saataisiin vähennettyä tarpeeksi. On hyvä muistaa, että toimenpiteet pelkästään ulkoisen kuormituksen vähentämiseksi eivät usein ole riittäviä, vaan samaan aikaan tarvitaan sisäistä kuormitusta vähentäviä kunnostustoimenpiteitä, kuten hoitokalastusta.

LÄHTEET

Eloranta, P. (2005). Järvien kunnostuksen limnologiset perusteet. Teoksessa T. Ulvi & E. Lakso (toim.) *Järvien kunnostus*. Helsinki: Edita & Suomen ympäristökeskus, ss. 13–28.

FCG Finnish Consulting Group Oy (2016). *Mökkibarometri 2016*. Haettu 29.3.2020 osoitteesta <https://mmm.fi/documents/1410837/1880296/Mokkibarometri+2016/7b69ab48-5859-4b55-8dc2-5514cdfa6000>

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. Haettu 7.2.2020 osoitteesta <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-826-7>

Franti, T. (2016). Eroosio ja kiintoaineen kulkeutuminen. Teoksessa M. Paasonen-Kivekäs, R. Peltomaa, P. Vakkilainen & H. Äijö (toim.) *Maan vesi- ja ravinnetalous. Ojitus, kastelu ja ympäristö*. Helsinki: Salaojayhdistys ry., ss. 169–182. Haettu 14.5.2020 osoitteesta https://salaojayhdistys.fi/wp-content/uploads/2016/05/web_maanvesijaravinnetalous_B5_2016.pdf

Garcia, L. (2015). *Katsaus Mäntsälän järvien tilaan ja kunnostukseen*. Kehittämistehtävä. Maaseudun vesitalouden erityisasiantuntija -täydennyskoulutus. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Haettu 14.2.2020 osoitteesta <https://docplayer.fi/47400612-Katsaus-mantsalan-jarvien-tilaan-ja-kunnostukseen.html>

Granhalm, K., Lundström, E., Äijö, H., Ortamala, M., Manninen-Johansen, S. & Mäkelä, S. (2017). *Menetelmiä ravinteiden ja veden pidättämiseksi osana kokonaisvaltaista pellonkuivatusta – soveltuvuus, vaikutus ja tietotarpeet*. Haettu 19.4.2020 osoitteesta <https://www.ym.fi/download/noname/%7B1AB267AE-809F-4F40-928A-26DC7058C4E3%7D/136111>

Hagman, A.-M., Serenius, K. & Rajajärvi, S. (2008). *Mäntsälän järvien kunnostuksen yleissuunnitelma*. Uudenmaan ympäristökeskuksen raportteja 3/2008. Haettu 31.1.2020 osoitteesta https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10138/44867/UUDra_3_2008.pdf?sequence=1

Hartikainen, H. (2016). Fosfori. Teoksessa M. Paasonen-Kivekäs, R. Peltomaa, P. Vakkilainen & H. Äijö (toim.) *Maan vesi- ja ravinnetalous. Ojitus, kastelu ja ympäristö*. Helsinki: Salaojayhdistys ry., ss. 182–190. Haettu

14.5.2020 osoitteesta https://salaojayhdistys.fi/wp-content/uploads/2016/05/web_maanvesijaravinnetalous_B5_2016.pdf

Helsingin yliopisto (1991). *Mäntsälän järvitutkimus. Limnologian ohjattu tutkimus 1991*. Limnologian ja ympäristönsuojelulaitos/Limnologian osasto.

Henriksson, M. & Myllyvirta, T. (1991). *Mäntsälän kunnan järvi-inventointi 1991*. Itä-Uudenmaan ja Porvoonjoen vesien- ja ilmansuojeluyhdistys r.y.

Huttunen, M., Huttunen, I., Korppoo, M., Vento, T., Rousi, T. & Vehviläinen, B. (2019). SYKE-WSFS-DEMALA - Koko Suomen kattava kuormituslaskenta. Koulutusmateriaali. DEMALA-koulutus 13.2.2019, Suomen ympäristökeskus.

Hyvönen, T., Heliölä, J., Koikkalainen, K., Kuussaari, M., Lemola, R., Miettinen, A., Rankinen, K., Regina, K. & Turtola, E. (2020). *Maatalouden ympäristötoimenpiteiden ympäristö- ja kustannustehokkuus (MYTTEHO): loppuraportti*. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 12/2020. Luonnonvarakeskus. Helsinki. Haettu 12.4.2020 osoitteesta https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/545599/luke_luobio_12_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Joensuu, S., Hynninen, P., Heikkinen, K., Tenhola, T., Saari, P., Kauppila, M., Leinonen, A., Ripatti, H., Jämsén, J., Nilsson, S. & Vuollekoski, M. (2012). *Metsätalouden vesiensuojelu - Metsätalouden vesiensuojelukouluuttajan aineisto*. Haettu 15.4.2020 osoitteesta https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/metsatalouden_vesiensuojelu_kouluuttajan_aineisto.pdf

Kallio, J. & Suikkanen, J. (2019). Muistio haja-asutusalueiden jätevedenkäsittelyn toimeenpanon alueellisesta tilanteesta 2019. Haettu 10.4.2020 osoitteesta <https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B4B2C6DDE-A31E-4F31-825D-FDFB6D6F0A0F%7D/147799>

Karonen, M., Mäntyselkä, A., Lankiniemi, V., Nylander, E., Lehto, K. & Jallava, L. (toim.) (2016). *Uudenmaan vesienhoidon toimenpideohjelman vuosille 2016–2021*. Raportteja 134/2015. Uudenmaan ELY-keskus. Haettu 10.2.2020 osoitteesta <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-314-352-4>

Keski-Uudenmaan ympäristökeskus (n.d.a). Jätevesi. Haettu 14.5.2020 osoitteesta https://www.keskiuudenmaanymparistokeskus.fi/sivu.tpl?sivu_id=2045

Keski-Uudenmaan ympäristökeskus (n.d.b). Uimaveden vedenlaadun seurannan testausseulokset 2010–2019.

Koljonen, S., Sammalkorpi, I., Vilmi, A. & Hellsten, S. (2020). *Vesistökuunnostusten seurantojen toteuttaminen*. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. Haettu 14.5.2020 osoitteesta https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/314485/SYKEra_13_2020_Vesistokunnostukset.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Laki vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä 1299/2004. Haettu 4.3.2020 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2004/20041299>

Laki ympäristönsuojelulain muuttamisesta 19/2017. Haettu 19.3.2020 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170019>

Lammi, A., Kokko, A., Kuoppala, M., Aroviita, J., Ilmonen, J., Jormola, J., Karonen, M., Kotanen, J., Luotonen, H., Muotka, T., Mykrä, H., Rintanen, T., Sojakka, P., Teeriaho, J., Teppo, A., Toivonen, H., Urho, L. & Vuori, K.-M. (2018). *Sisävedet ja rannat. Suomen luontotyyppien uhanalaisuus 2018: Luontotyyppien punainen kirja, Osa 2: Luontotyyppien kuvaukset*, ss. 185–320. Haettu 20.2.2020 osoitteesta <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4819-4>

Launiainen, S., Sarkkola, S., Laurén, A., Puustinen, M., Tattari, S., Mattsson, T., Piirainen, S., Heinonen, J., Alakukku, L. & Finér, L. (2014). *KUSTAA –työkalu valuma-alueen vesistökuormituksen laskentaan*. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 33/2014. Haettu 5.2.2020 osoitteesta https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/144108/SYKEra_33_2014.pdf?sequence=1

Lehtoranta, J., Taskinen, A., Ekholm, P. & Malve, O. (2017) Fosforin vapautuminen sedimentistä veteen osana järven hengitystä ja ainekiertoja. *Vesitalous* 5/17, ss. 16–21. Haettu 9.4.2020 osoitteesta https://www.vesitalous.fi/wp-content/uploads/2017/10/Vesitalous_05_2017_netti.pdf

Linnasalo, K. (2004). *Sälinkään kylän maisemanhoito- ja maankäyttösuunnitelma*. Haettu 30.3.2020 osoitteesta <https://digi.kirjastot.fi/files/original/c40ac0eca1cf65353032797452018b8e.pdf>

Luonnonvarakeskus (2014). *KUSTAA-työkalu valuma-alueen vesistökuormituksen laskentaan*. Haettu 5.2.2020 osoitteesta <http://www.metla.fi/metinfo/kustaa/index.htm>

Maanmittauslaitos (n.d.). Paikkatietoikkuna. Haettu 23.3.2020 osoitteesta <https://kartta.paikkatietoikkuna.fi/>

Maanmittauslaitos (2018a). Avoimien aineistojen tiedostopalvelu. Peruskarttarasteri, Maastokarttasarja, 09/2018. Haettu 17.2.2020 osoitteesta <https://tiedostopalvelu.maanmittauslaitos.fi/tp/kartta>

Maanmittauslaitos (2018b). Avoimien aineistojen tiedostopalvelu. Taustakarttasarja, 09/2018. Haettu 17.2.2020 osoitteesta <https://tiedostopalvelu.maanmittauslaitos.fi/tp/kartta>

Maanmittauslaitos (2019). Avoimien aineistojen tiedostopalvelu. Maastotietokanta, 12/2019. Haettu 6.3.2020 osoitteesta <https://tiedostopalvelu.maanmittauslaitos.fi/tp/kartta>

Maaseutuvirasto (2016). Peltolohkorekisteri 2016 -paikkatietoaineisto. PaITuli - Paikkatietoja tutkimukseen ja opetukseen. Haettu 25.3.2020 osoitteesta https://avaa.tdata.fi/web/paituli/latauspalvelu?data_id=mavi_pele_5k_2012_shape_ykj

Marttunen, M., Sammalkorpi, I., Hagman, A.-M., Lehtoranta, V., Serenius, K., Harjula, H. & Vääriskoski, J. (2008). *Monitavoitearviointi järvikunnostushankkeiden vertailussa. Menetelmän kuvaus ja testaus Mäntsälän ja Uudenmaan järvillä*. Suomen ympäristökeskus. Helsinki: Edita Prima Oy.

Metsälaki 1093/1996. Haettu 6.4.2020 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1996/19961093>

Mäkinen, J., Tammelin, M. & Kauppila, T. (2012). Luonnonhuuhtouman arviointi Etelä-Suomen savikkoalueilla. *Vesitalous* 4/12. ss. 27–29. Haettu 13.2.2020 osoitteesta https://www.vesitalous.fi/wp-content/uploads/2013/04/VT1204_lowres.pdf

Mäntsälän kunnan ympäristönsuojelumääräykset (2002). Haettu 31.5.2020 osoitteesta <https://www.mantsala.fi/tiedostot/palvelut/kaavoitus-ja-rakennusvalvonta/ymparistonsuojelumaaraykset.pdf>

Nieminen, M. (2020). Metsäojitettujen soiden ravinnekuormitus. Metsätalouden vesistövaikutukset ja uppopuurakenteiden käyttö vesiensuojelun tehostamisessa -seminaari 30.1.2020. *Suomen ympäristökeskus*. Haettu 15.4.2020 osoitteesta <https://enchant.fi/syke/metsatalouden-vesistovaikutukset>

Nivos Oy (n.d.). Vesihuoltoverkoston toiminta-alueet Mäntsälässä, Pornaisissa ja Pukkilassa. Haettu 31.5.2020 osoitteesta <https://www.nivos.fi/vesi/vesihuoltoverkoston-toiminta-alueet>

Oravainen, R. (1999). Vesistötulosten tulkinta -opasvihkonen. Haettu 1.4.2020 osoitteesta <https://kvvy.fi/wp-content/uploads/2015/10/opasvihkonen.pdf>

Paasonen-Kivekäs, M. (2016). Typpi. Teoksessa M. Paasonen-Kivekäs, R. Peltomaa, P. Vakkilainen & H. Äijö (toim.) *Maan vesi- ja ravinnetalous. Ojitus, kastelu ja ympäristö*. Helsinki: Salaojajyhdistys ry., ss. 191–204. Haettu

14.5.2020 osoitteesta https://salaojayhdistys.fi/wp-content/uploads/2016/05/web_maanvesijaravinnetalous_B5_2016.pdf

Puustinen, M., Tattari, S., Väisänen, S., Virkajärvi, P., Rätty, M., Järvenranta, K., Koskiaho, J., Röman, E., Sammalkorpi, I., Uusitalo, R., Lemola, R., Uusi-Kämppä, J., Lepistö, A., Hjerppe, T., Riihimäki, J. & Ruuhijärvi, J. (2019). *Ra-vinteiden kierrätys alkutuotannossa ja sen vaikutukset vesien tilaan. Kier-toVesi-hankkeen loppuraportti*. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 22/2019. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. Haettu 14.5.2020 osoitteesta <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/304956>

Ramboll Finland Oy (2013). Mäntsälän pohjavesialueiden suojelusuunnitelma. Haettu 14.5.2020 osoitteesta https://www.keskiuudenmaanymparistokeskus.fi/sivu.tpl? sivu_id=7367

Ruhtula, J. (toim.) (1996). *Kosteikkojen ja laskeutusaltaiden suunnittelu*. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. Haettu 16.4.2020 osoitteesta https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/158378/SYKEmo_n_11.pdf?sequence=4

Salonen, M. (2019). *Rakennekalkituksen mahdollisuudet Etelä-Suomen savipeltojen fosforikuormituksen vähentäjänä*. Opinnäytetyö. Energia- ja ympäristötekniikka. Turku AMK. Haettu 23.4.2020 osoitteesta <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2019122627897>

Sarvilinna, A. & Sammalkorpi, I. (2010). *Rehevoityneen järven kunnostus ja hoito*. Haettu 6.2.2020 osoitteesta https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38819/YO_2010_Rehevoityneen_jarven_kunnostus_ja_hoito.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Siimes, K. (2019). Kemiällisen tilan luokittelu. Teoksessa J., Aroviita, S., Mitikka & S., Vienonen (toim.) *Pintavesien tilan luokittelu ja arviointiperusteet vesienhoidon kolmannella kaudella*. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 37/2019. Helsinki: Suomen ympäristökeskus, ss. 102–106. Haettu 4.3.2020 osoitteesta <http://hdl.handle.net/10138/306745>

Sinergise (2020). Sentinel Hub Playground. Haettu 25.3.2020 osoitteesta https://apps.sentinel-hub.com/sentinel-playground/?source=S2&lat=60.697930054300286&lng=25.208473205566406&zoom=14&pre-set=4_AGRICULTURE&layers=B01,B02,B03&maxcc=63&gain=1.0&gamma=1.0&time=2019-09-01%7C2020-03-23&atmFilter=&showDates=false

Suomen metsäkeskus (2020a). Paikkatietoaineistot. Aineistopakettit. Erityisen tärkeät elinympäristökuviot. Haettu 23.3.2020 osoitteesta <https://www.metsaan.fi/paikkatietoaineistot>

Suomen metsäkeskus (2020b). Paikkatietoaineistot. Aineistopaketit. Metsänkäyttöilmoitukset. Haettu 17.3.2020 osoitteesta <https://www.metsaan.fi/paikkatietoaineistot>

Suomen metsäkeskus (2020c). Paikkatietoaineistot. Aineistopaketit. Metsävarakuviot. Haettu 23.3.2020 osoitteesta <https://www.metsaan.fi/paikkatietoaineistot>

Suomen metsäkeskus (2020d). Valuma-alueen määrittäminen -työkalu. Haettu 4.2.2020 osoitteesta <https://metsakeskus.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=4ab572bdb631439d82f8aa8e0284f663>

Suomen virallinen tilasto (n.d.). Paavo - Postinumeroalueittainen avoin tieto -paikkatietoaineisto. Haettu 29.3.2020 osoitteesta <http://www.stat.fi/org/avoindata/paikkatietoaineistot/paavo.html>

Suomen ympäristökeskus (2018). Ladattavat paikkatietoaineistot. Corine maanpeite 2018 25 ha. Haettu 12.2.2020 osoitteesta https://www.syke.fi/fi-FI/Avoin_tieto/Paikkatietoaineistot/Ladattavat_paikkatietoaineistot

Suomen ympäristökeskus (2019a). Ladattavat paikkatietoaineistot. Pohjavesialueet, 11/2019. Haettu 12.2.2020 osoitteesta https://www.syke.fi/fi-FI/Avoin_tieto/Paikkatietoaineistot/Ladattavat_paikkatietoaineistot

Suomen ympäristökeskus (2019b). Pintavesien luokittelun periaatteet. Haettu 20.4.2020 osoitteesta https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Pintavesien_tila/Pintavesien_luokittelu

Suomen ympäristökeskus (2019c). Rakennekalkki maatalouden vesiensuojelukeinona (RAKENNEKALKKI). Haettu 12.4.2020 osoitteesta [https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus_kehittaminen/Tutkimus_ja_kehittamishankkeet/Hankkeet/Rakennekalkki_maatalouden_vesiensuojelukeinona_RAKENNEKALKKI/Rakennekalkki_maatalouden_vesiensuojelukeinona\(53646\)](https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus_kehittaminen/Tutkimus_ja_kehittamishankkeet/Hankkeet/Rakennekalkki_maatalouden_vesiensuojelukeinona_RAKENNEKALKKI/Rakennekalkki_maatalouden_vesiensuojelukeinona(53646))

Suomen ympäristökeskus (2019d). Vesistöjen kuormitus ja luonnonhuuhtouma. Haettu 24.3.2020 osoitteesta https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Vesistojen_kuormitus_ja_luonnon_huuhtouma

Suomen ympäristökeskus (n.d.a). LIITE 3 Vedenlaatuoluokituksen raja-arvot ja lähteet.

Suomen ympäristökeskus (n.d.b). VALUE – valuma-alueen rajaustyökalu. Haettu 4.2.2020 osoitteesta <http://paikkatieto.ymparisto.fi/value/>

Suomen ympäristökeskus (n.d.c). Vedenlaadun ja ravinnekuormituksen mallinnus- ja arviointijärjestelmä VEMALA.

SYKE:n avoimen tiedon palvelu / Hertta-tietokanta (n.d.).

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos (2019). Metyylielohopea. Haettu 14.2.2020 osoitteesta <https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/ymparisto-myrykyt/metyylielohopea>

Ulén, B. & Etana, A. (2014). Phosphorus leaching from clay soils can be counteracted by structure liming. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil and Plant Science*. 64/5, ss. 425-433. Haettu 20.4.2020 osoitteesta <http://dx.doi.org/10.1080/09064710.2014.920043>

Valkama, P. (2019). Kuidun vaikutusten mittaaminen hankkeessa. Haettu 12.4.2020 osoitteesta <https://www.slideshare.net/LukeFinland/pasi-valkama-kuidun-vaikutusten-mittaaminen-hankkeessa>

Valtioneuvoston asetus talousjätevesien käsittelystä viemäriverkostojen ulkopuolisilla alueilla 157/2017. Haettu 14.4.2020 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2017/20170157>

Valtioneuvoston asetus vesienhoidon järjestämisestä 1040/2006. Haettu 10.3.2020 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2006/20061040>

Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista 1022/2006. Haettu 23.3.2020 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2006/20061022>

Valtioneuvoston kanslia (n.d.). Mitä on kestävä kehitys? Haettu 13.5.2020 osoitteesta <https://kestavakehitys.fi/kestava-kehitys>

Veijalainen, N. (2019). Muuttuvan ilmaston vaikutukset vesistöihin. Vesistökuunnostusverkoston vuosiseminaari 2019, 12.6.2019. Suomen ympäristökeskus. Haettu 3.3.2020 osoitteesta https://www.youtube.com/watch?v=EMjptOL-SiRQ&list=PLaNHxh80_8Zrsb1kjbMdBZM4Zz6ZqYD2J&index=3

Veijalainen, N., Jakkila, J., Nurmi, T., Vehviläinen, B., Marttunen, M. & Aaltonen, J. (2012). *Suomen vesivarat ja ilmastonmuutos – vaikutukset ja muutoksiin sopeutuminen*. WaterAdapt-projektin loppuraportti. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. Haettu 3.3.2020 osoitteesta https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38789/SY16_2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Vesipolitiikan puitedirektiivi 2000/60/EY. Haettu 26.2.2020 osoitteesta <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=celex:32000L0060>

Vuori, K.-M. (2020). PuuMaVesi: uppopuuston vesienhoidollinen teoria- tausta ja käytännön toimivuus. Metsätalouden vesistövaikutukset ja uppopuurakenteiden käyttö vesiensuojelun tehostamisessa -seminaari 30.1.2020. Haettu 15.4.2020 osoitteesta <https://enchant.fi/syke/metsatalouden-vesistovaikutukset>

Yli-Viikari, A. (toim.) (2019). *Maaseutuohjelman (2014–2020) ympäristöarviointi*. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 63/2019. Luonnonvarakeskus. Helsinki. Haettu 13.4.2020 osoitteesta https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/544713/luke-luobio_63_2019.pdf?sequence=5&isAllowed=y

Yli-Viikari, A. & Aakkula, J. (toim.) (2017). *Maaseutuohjelman ympäristöarviointi*. Manner-Suomen maaseudun kehittämissuunnitelma 2014–2020 Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 54/2017. Haettu 4.4.2020 osoitteesta http://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/540249/luke-luobio_54_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ympäristöhallinto (2019a). Pintavesien ekologinen ja kemiallinen tila. Haettu 26.2.2020 osoitteesta https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Pintavesien_tila

Ympäristöhallinto (2019b). Pintavesien ekologinen ja kemiallinen tila. Pintavesien ekologinen ja kemiallinen tila 1. luokituskaudella. Haettu 26.2.2020 osoitteesta https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Pintavesien_tila

Ympäristöhallinto (2019c). Pintavesien ekologinen ja kemiallinen tila. Pintavesien ekologinen ja kemiallinen tila 2. luokituskaudella. Haettu 26.2.2020 osoitteesta https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Pintavesien_tila

Ympäristöministeriö (2019). Veden vuoro – vesiensuojelun tehostamissuunnitelma. Haettu 14.5.2020 osoitteesta https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Luonto/Itameri_ja_merensuojelu/Ohjelmat_ja_strategiat/Vesiensuojelun_tehostamissuunnitelma

Ympäristönsuojelulaki 527/2014. Haettu 16.4.2020 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527?search%5Btipe%5D=pika&search%5Bpika%5D=ymp%3%A4rist%3%B6nsuojelulaki#L16>

RUNSASRAVINTEISEN JÄRVEN LAJEJA

| | |
|--------------|--|
| Kasvillisuus | Luonnehtijalajit: isopalpakko, isolimaska, kapeaosman-käämi, sarjarimpi, sahalehti, kihkuraärviä, isolumme, kilpukka Lisäksi ratamosarpio, isoulpukka, rantapalpakko, järviruoko, järvikaisla, viiltosara, rantaluikka, pikkulimaska, uinstinvita, tylppälehtivita, pikkuvita |
| Kalat | ahven, hauki, kiiski, kuha, kuore, made, särki, usein muikku sekä eteläisessä Suomessa myös lahna, pasuri, ruutana, sorva, sulkava ja suutari |
| Linnut | silkkiiukku, tavi, heinätavi, lapasorsa, sinisorsa, punasotka, nokikana, mustakurkku-uikku, luhtakana, luhtahuitti, pikkulokki, naurulokki, ruskosuohaukka, kaulushaikara, haapana, laulujoutsen sekä ruovikossa kurki, pajusirkku, ruokokerttunen ja rytikerttunen. |

(Lammi ym., 2018, ss. 215–216)