

KÄRKISTENOJAN VALUMA-ALUEEN JÄNIJÄRVEÄ RASITTAVAN KUORMITUKSEN PIENENTÄMINEN



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Kestävä kehitys, HAMK Forssa

Kevät 2021

Antti Polvinen

Tekijä	Antti Polvinen	Vuosi 2021
Työn nimi	Kärkistenojan valuma-alueen Jänijärveä rasittavan kuormituksen pienentäminen	
Ohjaaja	Sirpa Ojansuu	

TIIVISTELMÄ

Viimeaikaisissa tutkimuksissa on havaittu metsäojitettujen soiden ravinnekuormituksen olevan huomattavasti aiemmin arvioitua suurempaa ja kestävän aiempaa arviota kauemmin. Ravinnekuormitus saattaakin jäädä pysyvästi luonnontilaisia soita suuremmaksi ja jopa kasvaa tulevaisuudessa lisäten vesistöjen rehevöitymistä.

Tässä Jänijärven seudun suojeluyhdistys ry:n tilaamassa opinnäytetyössä etsittiin ratkaisuja Kärkistenojan valuma-alueen Jänijärveä rasittavan kuormituksen pienentämiseen, jotta järven tila jatkossa paranisi. Opinnäytetyö toteutettiin yhteistyössä sidosryhmien kanssa kvalitatiivisena tutkimuksena hyödyntäen olemassa olevaa tietoa ja maastokäynnin.

Kärkistenojan vesi on mittausten perusteella hapanta, erittäin humuspitoista ja ravinnepitoisuudet ovat korkeat. Olemassa olevat vesiensuojelurakenteet todettiin riittämättömiksi valuma-alueen kuormituksen pidättämiseen.

Kärkistenojaan toteutettavien pohjapadoin ja lisäksi riittävin laskeutusaltain ehkäistään eroosiota, tasataan virtaamia ja saadaan kiintoainesta ja ravinteita pidätettyä.

Laskeutusaltaiden toiminnan tehostamiseksi voidaan käyttää puurankanippuja ja Pajulanojan fosforisiepparin siirtämistä yhden Kärkistenojan laskeutusaltaan yhteyteen voisi harkita. Kärjensuon ennallistamisen vesistövaikutuksia tulisi selvittää tarkemmin.

Avainsanat rehevöityminen, ravinnekuormitus, turvemaat, metsätalous

Sivut 62 sivua

Author	Antti Polvinen	Year 2021
Subject	Reducing Ditch Kärkistenoja Catchment Areas Load to the Lake Jänijärvi	
Supervisor	Sirpa Ojansuu	

ABSTRACT

Recent studies have shown that the nutrient load from drained peatlands is significantly higher and lasts longer than previously estimated. In this case, the nutrient load may remain permanently higher than in natural peatlands and even increase in the future, increasing the eutrophication of waters. Therefore, in this thesis, commissioned by the Jänijärvi Regions Conservation Association, solutions were sought to reduce the ditch Kärkistenoja catchment areas load to the lake Jänijärvi, so that the ecological state of the lake would improve in the future.

The thesis was carried out in cooperation with stakeholders as a qualitative research, utilizing existing information and through field research. Kärkistenoja water is acidic, humus-rich and the nutrient concentrations are high. Existing water protection structures were found to be insufficient for retaining the catchment area load.

As a result, bottom dams and sedimentation ponds could prevent erosion, equalize flows and retain suspended solids and nutrients. Wood-based materials could be used to increase the operational efficiency of the sedimentation ponds and the transfer of the ditch Pajulanoja phosphorus catcher to one of the Kärkistenoja sedimentation ponds could be considered. Finally, it is recommended that the effects on the loading of the restoration of the peatland Kärjensuo should be studied in more detail.

Keywords eutrophication, nutrient load, peatlands, forestry

Pages 62 pages

Sisälllys

1	Johdanto	1
2	Vesistöt	2
2.1	Vesistöjen tila	3
2.2	Valuma-alueen kuormitus	5
2.2.1	Ulkoinen kuormitus	6
2.2.2	Sisäinen kuormitus	6
2.2.3	Rehevöityminen	7
2.2.4	Vesien tummuminen	8
2.2.5	Happamoituminen	8
2.2.6	Liettyminen	9
2.3	Rehevöitymisen ja tummumisen vaikutukset ravintoverkon kautta ihmiseen	10
2.4	Ilmastomuutoksen vaikutukset vesistöihin	10
2.5	Vedenlaadun mittarit	11
2.5.1	Veden lämpötila ja lämpötilakerrostuneisuus	11
2.5.2	Kokonaistyyppi	12
2.5.3	Kokonaisfosfori	12
2.5.4	Klorofylli-a	13
2.5.5	pH eli happamuus	13
2.5.6	Alkaliniteetti	14
2.5.7	Hapen kyllästysprosentti ja happipitoisuus	15
2.5.8	Kemiallinen hapenkulutus	15
2.5.9	Sähkönjohtavuus	16
2.5.10	Sameus	16
2.5.11	Veden väri	17
2.5.12	Rauta	17
2.5.13	Kiintoaineen määrä	18
2.6	Vesiensuojelu ja vesistöjen kunnostus	18
2.6.1	Ulkoisen kuormituksen pienentäminen	20
2.7	Vesiensuojelurakenteet	21
2.7.1	Laskeutusaltaat	21
2.7.2	Puumateriaalien käyttäminen ravinteiden pidättäjänä	22
2.7.3	Kosteikot	23
2.7.4	Uoman kiveäminen	23

2.7.5	Patorakenteet.....	24
2.7.6	Kaivu- ja perkauskatkok.....	25
2.7.7	Lietekuopat.....	25
2.7.8	Suojakaistat ja -vyöhykkeet.....	25
2.7.9	Kemiallinen saostus.....	26
2.7.10	Fosforisieppari.....	26
2.7.11	Valumavesien suodatus	26
2.7.12	Pintavalutuskentät	27
3	Suot.....	27
3.1	Suot ja metsätalous.....	28
3.1.1	Ojitukset	29
3.1.2	Taloudelliset hyödyt	30
3.1.3	Ilmastovaikutukset	30
3.1.4	Monimuotoisuusvaikutukset	31
3.1.5	Vesistövaikutukset	31
3.2	Soiden ennallistaminen.....	32
3.2.1	Ennallistamistoimenpiteet	33
4	Opinnäytetyö – Kärkistenojan valuma-alueen Jänijärveä rasittavan kuormituksen pienentäminen	33
4.1	Tutkimusmenetelmät.....	34
4.2	Tiedonkeruu ja menetelmät	34
4.3	Maastokäynnit	34
4.3.1	Katselmus tiistaina 4.5.2021	34
4.3.2	Katselmus tiistaina 18.5.2021	37
5	Kärkistenojan valuma-alue ja Jänijärvi	38
5.1	Jänijärvi	38
5.1.1	Jänijärven vedenlaatu	39
5.1.2	Jänijärveen laskevien uomien vedenlaatu	40
5.1.3	Vesialueen osakaskunta	42
5.1.4	Kalasto	42
5.1.5	Valuma-alue	43
5.2	Jänijärven Seudun Suojeluyhdistys	44
5.2.1	Jänijärven Seudun Suojeluyhdistyksen hankkeita	44
5.3	Kärkistenoja.....	44
5.3.1	Aiemmat mittaukset.....	45

5.3.2	Kärkistenojan valuma-alue.....	46
5.4	Kärjensuo	46
6	Tulokset	50
6.1	Johtopäätökset.....	50
6.2	Ratkaisuehdotukset	51
6.2.1	Laskeutusaltaat	51
6.2.2	Kärkistenojan kiveäminen muodostaen pohjapatoja/putouskynnyksiä.....	51
6.2.3	Pajulanojan fosforisiepparin siirtäminen Kärkistenojalle	53
6.2.4	Kärjensuon ennallistamisen vaikutusten selvittäminen	54
7	Yhteenveto ja pohdinta	54
	Lähteet.....	56

Kuvat, taulukot ja kaavat

Kuva 1.	Kärjensuon ja Jänijärven sijainti.....	2
Kuva 2.	Kärjensuo.	2
Kuva 3.	Suomen pintavesien ekologisen tilan arvio 2019.	4
Kuva 4.	Vasemmalla fosfori- ja oikealla typpipäästölähteet Suomessa 2019.	6
Kuva 5.	Laskeutusallas.	21
Kuva 6.	Rankanippujen käyttöä laskeutusaltaan yhteydessä.....	23
Kuva 7.	Maastokäynnillä 4.5.2021 kuvattujen laskeutusaltaiden sijainti kartalla.	36
Kuva 8.	Kärkistenojan laskeutusallas 1 kuvattuva ylävirtaan päin.	36
Kuva 9.	Laskeutusaltaat 2 ja 3.	37
Kuva 10.	Jänijärven syvyyskäyrät ja syvin kohta.....	39
Kuva 11.	Jänijärven valuma-alue.	43
Kuva 12.	Kärkistenoja laskee Jänijärveen.	45
Kuva 13.	Kärkistenojan valuma-alue.	46
Kuva 14.	Kärjensuon avo-osaa Kärkistenojan länsipuolella.	47
Kuva 15.	Vuoden 1960 kartassa Kärjensuolla ei ole juuri ojituksia. Turpeennostoalue merkittynä risuaitarasterilla suon luoteiskulmaan.....	48
Kuva 16.	Vuoden 1980 kartassa Kärjensuo on jo liki kauttaaltaan ojitettu. Kaksi erillistä turpeennostoaluetta merkittynä, joista toinen suon luoteis- ja toinen suon länsikulmassa.	48

Kuva 17. Vuoden 2015 kunnostusojitusta ja vanhaa melkein umpeenkasvanutta ojaa.	49
Kuva 18. Kärkistenojaa Räyskänmäentien ja ensimmäisen laskeutusaltaan välillä.	52
Kuva 19. Pohjakynnyksiä.	53
Kuva 20. Pohjapato.	53

Taulukko 1. Kokonaistyyppi.	12
Taulukko 2. Kokonaisfosfori.	13
Taulukko 3. Klorofylli-a.	13
Taulukko 4. Veden pH.	14
Taulukko 5. Alkaliniteetti.	14
Taulukko 6. Hapen kyllästysprosentti.	15
Taulukko 7. Kemiallinen hapenkulutus.	16
Taulukko 8. Sähkönjohtavuus.	16
Taulukko 9. Sameus.	17
Taulukko 10. Veden väri.	17
Taulukko 11. Rautapitoisuus.	18
Taulukko 12. Kiintoainespitoisuus.	18
Taulukko 13. Jänijärven vedenlaatu. Mittaukset 2011, 2017 ja 2018.	39
Taulukko 14. Jänijärven vedenlaatu. Mittaukset 2011, 2017 ja 2018.	41
Taulukko 15. Heinijoen ja Jänijärvestä laskevan Peräjoen näytteiden tulokset 2011-2019.	41
Taulukko 16. Jänijärven 2012 koekalastuksen tulokset.	42
Taulukko 17. Jänijärven istutukset 2000-2019.	43
Taulukko 18. Kärkiestenojan mittaukset 2006-2007.	45

1 Johdanto

Olen lapsesta asti viettänyt vapaa-aikani luonnossa liikkuen erityisenä kiinnostuksen kohteenani virtavedet. Kestävän kehityksen opintojen myötä ajatuksenani oli ensisijaisesti hyödyntää taustani puutarhuri-viherrakentajana ja siirtää työnkuvaani piharakenteiden parista luonnon helmaan. Toki vesiensuojelu on ollut opinnoissani myös mukana, esimerkiksi vesitekniikan ja luonnon monimuotoisuuden turvaamisen moduuleissa.

Ajatus vesiensuojeluun liittyvästä opinnäytetyöstä heräsi selvitellessäni mökkijärveemme laskevan joen ruoppausta, joka nähdäkseni meni toisin kuin sovittu ja herätti epäilyksen epätoivotuista vaikutuksista, niin ala- kuin yläpuoliseenkin vesistöön. Asiasta kirjelmöidessäni toivoin omaavani vankemman tietopohjan ruoppauksen mahdollisista vesistövaikutuksista, joten päätin syventyä aiheeseen tarkemmin aihetta sivuavan opinnäytetyön myötä.

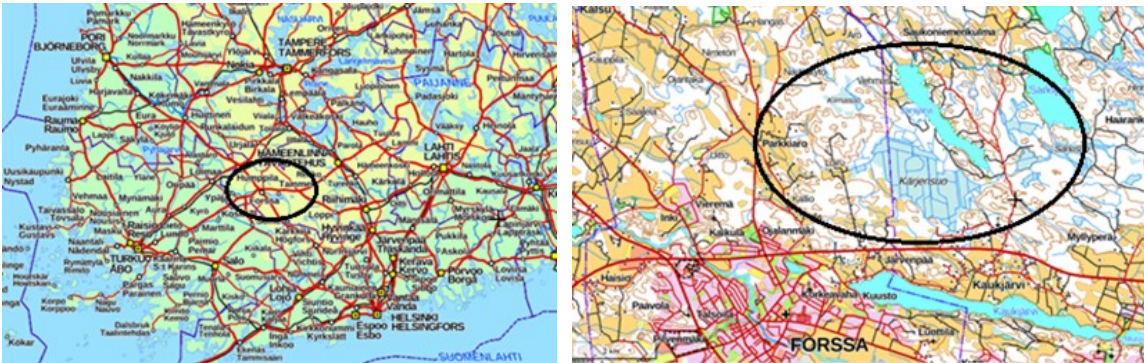
Keskustellessani opiskelutoverini kanssa vesiensuojeluasioista, kertoi hän huomanneensa Jänijärven Seudun Suojeluyhdistyksen etsivän opinnäytetyön tekijää selvittämään kuinka pienentää ojitetun suoalueen järveensä kohdistuvaa kuormitusta. Jänijärvi tai Kärjensuo eivät olleet itselleni alueena entuudestaan tuttuja, mutta jänijärveläisissä huolta aiheuttanut ojitusalueen järveänsä kuormittava vaikutus sitäkin tutumpi ja erityisen kiinnostava aihe. Sisälsihän se mahdollisuuden paneutua tarkemmin vesistökuormituksen lähteisiin, vaikutusmekanismeihin sekä eri toimenpiteisiin, joilla vesistöjä rasittavaa kuormitusta voisi pienentää. Aihe antoi myös mahdollisuuden syventää tietämystä ojitettujen turvemaiden ilmasto-, monimuotoisuus- sekä vesistövaikutuksista.

Opinnäytetyöni tavoitteena oli kartoittaa olemassa olevaa tietoa soveltaen, maastokäynnein sekä sidosryhmien ajatuksia kuunnellen toteuttamiskelpoisia vesiensuojelutoimia Kärkistenojan-Kärjensuon alueelle, jotta Jänijärveen kohdistuva rasitus pienenesi.

Tutkimuksellisen opinnäytetyöni tutkimuskysymykset olivat:

- Mitä vesistökuormitusta pienentäviä toimenpiteitä voi tehdä Kärjensuolla?
- Mitä vesistökuormitusta pienentäviä toimenpiteitä voi tehdä Kärkistenojalla?

Kuva 1. Kärjensuon ja Jänijärven sijainti (MML, 2021a).



Kuva 2. Kärjensuo (Polvinen, 2021).



2 Vesistöt

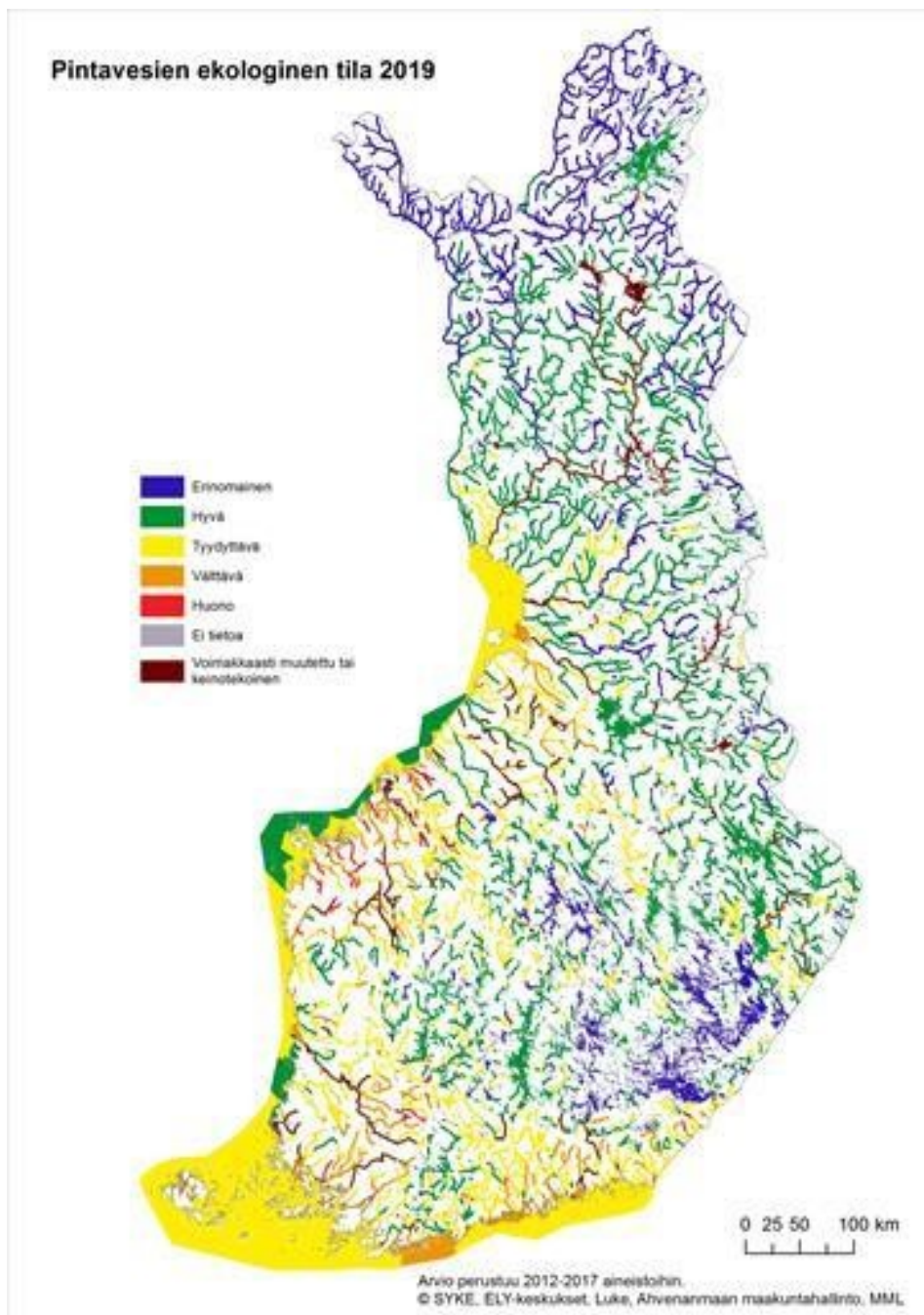
Suomessa – tuhansien järvien maassa, on noin 57 000 pinta-alaltaan yli hehtaarin (10 000 m²) kokoista järveä. Vähintään 500 neliömetrin kokoisia järviä löytyy noin 168 000. (MML, 2019) Sisävedet kattavat Suomen kokonaispinta-alasta noin 10 prosenttia. (Maa- ja metsätalousministeriö, 2020) Pintavesistöt, joiden rajana ovat korkeammat maaston kohdat, vedenjakajat, muodostuvat järvien ja jokien verkostoista. Isommat yli 200 neliökilometrin

suuruisen vesistöt on Suomessa jaettu 74 päävesistöalueeseen, joista suurimmat ovat Vuoksen, Kemijoen ja Kymijoen vesistöt. (Järvi-meriwiki, 2021)

2.1 Vesistöjen tila

Pintavesien ekologisesta tilasta tehdyn arvion perusteella Suomen järvien pinta-alasta 87 prosenttia ja jokivesistä 68 prosenttia on hyvässä tai erinomaisessa tilassa. Sisävesien osalta merkittävää muutosta vuodesta 2013 ei ole tapahtunut ja vaikka paikoin havaittiin lievää paranemista, on rehevöityminen edelleen suurimpana ongelmana. (SYKE, 2021a)

Kuva 3. Suomen pintavesien ekologisen tilan arvio 2019 (SYKE, 2021b).



Vesistöjen ekologista tilaa luokiteltaessa tarkastellaan ensisijaisesti biologisia laatutekijöitä. Kalojen, pohjaeläinten, vesikasvien, piilevien ja planktonlevien tilaa luokiteltavassa vesimuodostumassa verrataan sellaisiin olosuhteisiin, joissa ihmistoiminta ei ole vaikuttanut havaittavasti eliöstöön. Arvioinnissa huomioidaan myös veden laatutekijät (kokonaisravinteet, pH, näkösyvyys) ja hydromorfologiset tekijät (mm. keskimääräinen talvenalenema, vaellusesteet).

Pintavedet ovat lisäksi luontaisilta ominaisuuksiltaan erilaisia, joten ne on tyypitelty ominaisuuksiensa mukaan samankaltaisiin ryhmiin ja kullekin ryhmälle on määritelty vertailuolot ja oma luokitteluasteikkonsa. (SYKE, 2020a) Sisävesien osalta tyypittelyssä huomioon otettavia tekijöitä on valuma-alueen maaperä, vesistön koko, syvyys ja viipymä. (SYKE, 2020b)

EU:n ja Suomen tavoitteena on vesien hyvä ekologinen tila ja tätä huonommassa tilassa olevat vesistöt tulee lain mukaan saada hyvään tilaan vuoteen 2027 mennessä. Vesistön hyvä ekologinen tila tarkoittaa, että kalojen, pohjaeläinten, vesikasvien sekä päälyys- ja planktonlevien lajistossa ja esiintymisessä näkyy korkeintaan vähäisiä ihmisen toiminnasta aiheutuneita muutoksia. (Hämeen ELY-keskus, 2021)

Kanta-Hämeessä luokitelluista järvistä 58 prosenttia oli pintavesien ekologiselta tilaltaan hyviä tai erinomaisia. Erinomaiseksi luokiteltuja järviä löytyi Kanta-Hämeestä paljon. Tammelasta erinomaisiksi luokiteltiin useat järviylängön järvet ja hyvään laatuluokkaan mm. Liesjärvi. Monet Kanta-Hämeen tyydyttävään tai välttävään tilaan arvioidut vesistöt sijaitsevat maatalouden ympäröiminä tai asutus- ja teollisuusjätevesien rasittamina. Tyydyttävään laatuluokkaan arvioitiin Tammelasta Pyhäjärvi. Myös Loimijoki on arvioitu tyydyttävään laatuluokkaan. Hajakuormituksen lisäksi Hämeen vesistöjä ovat historian mittaan kuormittaneet ja rehevöittäneet puhdistamattomat asutuksen ja teollisuuden jätevedet. Hajakuormitus, yhdyskuntajätevedet, vesistöjen perkaushistoria ja vaellusesteet heikentävät edelleen Hämeen pintavesien tilaa. Monissa vesistöissä ravinnekuormitus aiheuttaa leväongelmia, happikatoa, vesikasvillisuuden runsastumista ja kalakantojen muuttumista. (Hämeen ELY-keskus, 2019)

2.2 Valuma-alueen kuormitus

Järven on sanottu olevan heijastus sen valuma-alueesta. Suureksi osin järviemme ongelmat liittyvätkin valuma-alueelta tulevaan ulkoiseen kuormitukseen, kun valumavedet kulkiessaan erilaisten ympäristöjen läpi huuhtovat mukaansa järviä rehevöittäviä epäpuhtauksia. Ravinnekuormituksen (typpi ja fosfori) ja kiintoainekuormituksen lisäksi järviä kuormittavat esimerkiksi torjunta-aineet ja suolistoperäiset bakteerit. (Simola & Jutila, 2006, s. 6)

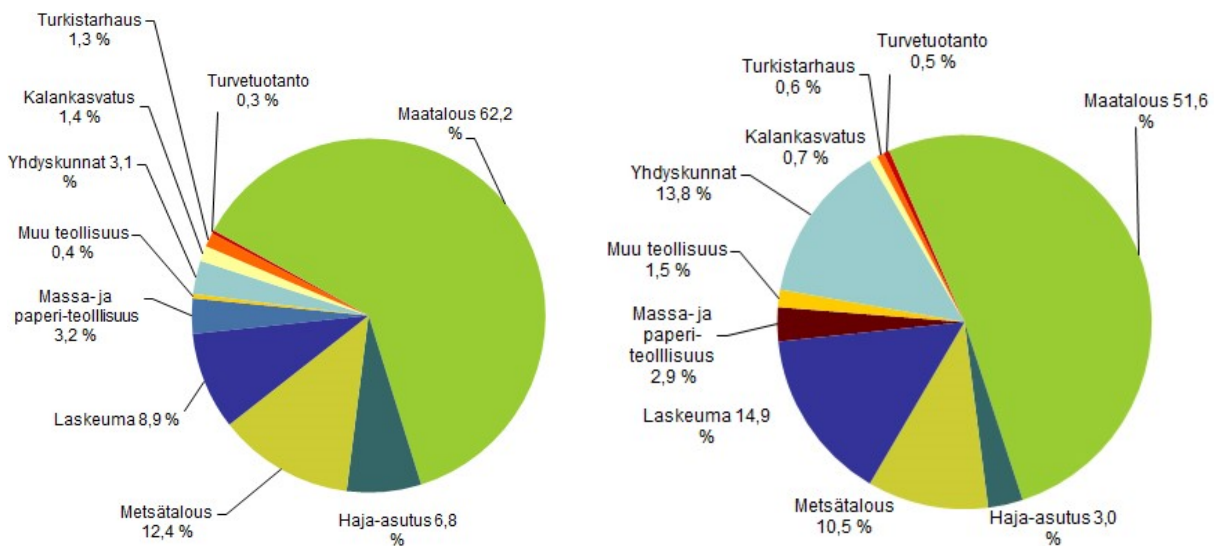
Vesistökuormitus jakautuu sisäiseen ja ulkoiseen kuormitukseen. Ulkoinen kuormitus tulee järveen luonnonhuuhtoumana, valuma-alueelta yleensä mitattavissa olevana pistekuormituksena

tunnetusta lähteestä tai hajakuormituksena esimerkiksi maatalouden aiheuttamana tai ilman kautta laskeumana. Sisäinen kuormitus on esimerkiksi sedimentistä vapautuvaa ainekiertoa ja vaikuttaa usein merkittävästi leväongelmaisissa järvissä. (Penttinen & Niinimäki, 2008)

2.2.1 Ulkoinen kuormitus

Ulkoinen kuormitus rehevöittävien aineiden, typen ja fosforin osalta, heikentää laaja-alaisimmin Suomen vesien tilaa. Ihmisen aiheuttamasta kokonaiskuormituksesta yli kolme neljäsosaa on fosforin ja yli puolet typen hajakuormitusta. Näiden osalta ihmisen aiheuttama kuormitus ylittää selvästi luonnonhuuhtouman. Vesien tilaa heikentää lisäksi paikallisesti eri toiminnoista lähtöisin olevat orgaanisten aineiden sekä metallien ja muiden epäorgaanisten aineiden päästöt. Ojitukset ja maan muokkaaminen kivennäis- ja turvemaidella aiheuttaa lisäksi mm. kiintoaineen huuhtoutumista vesistöihin. (SYKE, 2020c)

Kuva 4. Vasemmalla fosfori- ja oikealla typpipäästölähteet Suomessa 2019. (SYKE, 2020d)



2.2.2 Sisäinen kuormitus

Ulkoinen kuormitus tuo järveen ravinteita, mikä lisää levätuotantoa ja rehevöittää järveä. Suomen sisävesissä fosfori on yleensä levätuotantoa rajoittava tekijä, joten vaikka muita ravinteita olisi riittävästi, niin niukka fosforin saanti estää levätuotannon kasvun. Jos fosforia on riittävästi, pääsee levätuotanto kasvamaan. Fosforin ollessa planktonlevien niukoin resurssi sisävesissä säätelee se näin ollen rehevöitymistä. Kuollessaan levät vajoavat pohjaan, jossa niiden

hajoamisprosessi kuluttaa hapen syvemmistä vesikerroksista. Pohjalle kertynyt fosfori taas liukenee hapettomissa oloissa takaisin veteen ja levien käyttöön. Tätä ravinteiden vapautumista pohjasta kutsutaan sisäiseksi kuormitukseksi. (Keskitalo, 2017, ss. 134–135) Luontaisesti pääosin kuolleesta kasvi- ja eläinplanktonista koostuva sedimenttikerros kasvaa alle yhden millimetrin vuodessa, mutta rehevöityneessä järvessä vuotuinen kasvu voi olla 10–30 millimetriä. (Penttinen & Niinimäki, 2017, s. 96) Happitilanne vaikuttaa olennaisesti fosforin käyttäytymiseen järvessä. Keskikesän ja talven kerrostuneen veden aikana alusveteen ei pääse hapetta, joten etenkin syvänteissä hajotustoiminta saattaa johtaa hapettomuuteen, jolloin sedimenttiin varastoitunut fosfori pääsee kemiallisten reaktioiden seurauksena vapautumaan takaisin veteen. (Karjalainen, 2004, s. 39) Viime aikoina alusveden happikadon keskeistä roolia fosforin vapautumisessa on kuitenkin kyseenalaistettu ja AQUADIGM-hankkeen selvityksissä osoittautui, että 56 järveä käsittäneen aineistonsa perusteella 63 prosenttia pohjasedimentistä vapautuvasta fosforista olikin peräisin hapellisilta alueilta. (Keskitalo, 2017, ss. 135–137)

2.2.3 Rehevöityminen

Rehevöitymisen aiheuttaa tavallisimmin lisääntynyt ravinnekuormitus, joka johtaa suotuisissa olosuhteissa perustuotannon kasvuun vesiekosysteemissä. Ravinnemäärien kasvaessa voi rehevöitymistä kuitenkin rajoittaa kylmyys, happamuus, valon tai tilan puute sekä perustuotantoa hyödyntävät kasvinsyöjät. Suomessa on myös verrattain paljon pieniä ja matalia järviä, jotka ovat erityisen herkkiä rehevöitymiselle. Rehevöitymisen seurauksena vesikasvillisuus runsastuu, kasviplanktonin määrä lisääntyy ja näitä saattaa seurata mm. runsaat leväkukinnot. (Lyytimäki & Hakala, 2008, ss. 46–47)

Rehevöitymisestä seuraa tyypillisesti erinäisiä muutoksia vesiekosysteemissä. Lisääntyneen tuotannon myötä lisääntynyt sedimentaatio heikentää veden laatua etenkin happipitoisuuden ja pH:n osalta. Rehevöityneestä vesistöstä häviävät mm. lohikalat ja myös peto-saaliskalasuhde vääristyy, kun petokalat eivät saa enää pidettyä mm. särkikalakantoja kurissa. Pohjaeläinten osalta rehevöitymisen alkuvaiheessa niin yksilömäärä kuin biomassassa kasvavat lajikirjon hiljalleen kaventuessa. Happipitoisuuden laskiessa kaventuu lajikirjo edelleen, kunnes pohjan muuttuessa hapettomaksi häviävät viimeisetkin pohjaeläimet ja pohja muuttuu kuolleeksi. Rehevöitymisen mittarina voidaan käyttää a-klorofyllin eli kasviplanktonin viheraineen pitoisuutta vesistössä. Lisääntynyt kasviplanktonin määrä näkyy ihmisille viimeistään näkyvinä sinileväkukintoina, useiden

näistä sinilevälajeista ollessa myrkyllisiä ihmisen lisäksi muillekin eliöille. Kasviplanktonia syöville eläinplanktoneille sinilevät aiheuttavat myös vaikeuksia. Rehevöitymisestä seuraavat runsaat kalakannat muuttavat lisäksi eläinplanktonlajistoa syömällä kasviplanktonia tehokkaasti laiduntavia suuria lajeja, jolloin jäljelle jääneet pienet lajit eivät saa laidunnettua kasviplanktonia tarpeeksi tehokkaasti tämän johtaessa sedimentaation kasvuun. Rehevöitymisen seurauksena on myös tyypillistä, että vesistön kasvillisuus muuttuu runsaammaksi ja tiheämmäksi. (Penttinen & Niinimäki, 2010, ss. 92–95)

2.2.4 Vesien tummuminen

Kolmannes Suomen pinta-alasta on turvemaata ja metsä-pinta-alastamme noin neljännes ojitettua suota. Tämä näkyy vesistöissämme, jotka toki ovat luonnostaankin monesti tummavetisiä, mutta viime vuosikymmeninä tummuneet entisestään. Tummuminen johtuu ensisijaisesti valuma-alueelta järviin huuhtoutuvasta eloperäisestä aineesta, humuksesta. Humuksen huuhtoutumista vesistöihin kiihdyttävät metsätaloudelliset toimenpiteet turvemaidella sekä turvetuotanto. Vesipuidedirektiivin mukaiset seurannat keskittyvät lähinnä rehevöitymistä kuvaaviin muuttujiin, jolloin humuskuormituksen aiheuttamia muutoksia jää havainnoimatta. Humuskuormituksen vaikutuksia vesistöihin on liuenneesta orgaanisesta hiilestä johtuva tummuminen ja tästä seuraava valaistuksen, lämpötilojen sekä happiolosuhteiden muutos. Nämä taas vaikuttavat edelleen vesistöissä tapahtuviin fysikaalisiin, kemiallisiin ja biologisiin prosesseihin. (SYKE, 2020e)

2.2.5 Happamoituminen

Fossiilisten polttoaineiden käytön aiheuttamaa happamoitumista havaittiin 1960-luvulla. Fossiilisten polttoaineiden käyttö tuotti rikin ja typen oksideja, jotka ilman kosteuden kanssa reagoidessaan muodostivat happoja, jotka sateiden mukana valuivat vesistöihin. Kun veden puskurikyky, joka voidaan selvittää mittaamalla veden alkaliniteetti, ylittyy alkaa veden pH-arvo laskea. Polttoaineiden ja polttotekniikoiden kehittyessä ilmakulkeuman aiheuttama happamoituminen on vähentynyt jo 1990-luvulla. (Penttinen & Niinimäki, 2010, ss. 101–102)

Jääkauden jälkeen Itämeren alueelle muodostuivat happamat sulfaattimaat, jotka nykyään ovat maankohoamisen myötä merenpinnan yläpuolella. Kun tällaisilla alueilla kaivetaan esimerkiksi ojitusten yhteydessä alkaa sulfidia sisältävä maa kuivumisen myötä hapettumaan ja reaktioissa

muodostuu rikkihappoa, joka veden happamoittamisen ohella liuottaa maaperästä myrkyllisiä metalleja. Huomioitavaa on, että varsinainen happamoituminen käynnistyy vasta ihmistoiminnan seurauksena. Happamuus ja metallit rasittavat vesistöjä etenkin runsaiden sateiden ja kevään sulamisvesien aikana aiheuttaen pahimmillaan eliöstöille tappavat olosuhteet. (SYKE, 2020f)

Myös humuskuormituksella voi olla happamoittava vaikutus vesistöön. Humuksen sisältämät orgaaniset hapot voivat alentaa vesistön alkaliniteettia. Humuskuormitus voi alentaa myös järven pH-arvoa, mutta jo sen aiheuttama alkaliniteetin alenema nostaa kuormituksen alaisen vesistön happamoitumisriskiä. Vesistön happamoituessa sen veden väri yleensä kirkastuu, kun osa humuksesta saostuu happamassa vedessä. (Palviainen & Finér, 2013, s. 30)

Happamoituminen vaikeuttaa kalojen, esimerkiksi lohikalat, särki ja muttu, lisääntymistä, kun pH laskee kuuteen. Lisääntymisen häiriytyessä kalaston rakenne muuttuu nuorten ikäluokkien puuttuessa painottumaan kookkaisiin vanhoihin yksilöihin. Happamoituminen aiheuttaa ongelmia myös kalkkikuoreen suojautuville eliöille, kun kalkkiyhdisteet liukenevat happamaan veteen. Veden pH:n laskiessa kuuteen synnyttää ongelmia niin ravuille, simpukoille kuin kotiloillekin. Happamoituminen muuttaa myös kasvi- ja eläinplanktonkantojen lajikoostumusta. Viimeistään pH:n laskiessa neljään on kaikki korkeampi elämä vesistössä kuollut. (Penttinen & Niinimäki, 2010, ss. 102–103)

2.2.6 Liettyminen

Vesistöjen pohjien liettymistä erityisesti virtavesissä aiheuttaa kiintoainekuormitus, joka syntyy valuma-alueen maaperän muokkauksesta ja ojituksista maa- ja metsätalouden sekä turvetuotannon tarpeisiin. Virtaus saattaa myös irrottaa uomasta maa-ainesta ja kiintoainekuormitusta aiheuttaa myös uomien perkaukset. Kiintoainetta kasautuu pohjalle, kun virran voimakkuus ei enää jaksaa kuljettaa ainesta, erityisesti hidasvirtaisiin paikkoihin, mutta hienojakoisen kiintoaineen on havaittu kertyvän myös koskien pohjille. Liettyminen vaikuttaa kasvillisuuteen, aiheuttaa umpeenkasvua, muuttaa saatavilla olevan ravinnon kautta pohjaeliöstön koostumusta, ja lopulta vaikutukset ravintoverkossa näkyvät alueen kalastossa. Liettyminen vaikeuttaa myös kalojen lisääntymistä, kun liettyvät kutusoraikot tukehduttavat mätimunia, eivätkä kuoriutuneetkaan poikaset selviydy sameassa vedessä. (SYKE, 2020g)

2.3 Rehevöitymisen ja tummumisen vaikutukset ravintoverkon kautta ihmiseen

TERLA-hankkeessa selvitettiin fosforikuormituksen aiheuttaman rehevöitymisen sekä humuskuormituksen aiheuttaman vesien tummenemisen vaikutuksia vesistöjen ravintoverkkojen laatuun ja edelleen ihmisten terveyteen. Kalat ovat ihmisen terveydelle tärkeiden omega-3 rasvahappojen lähde, mutta eivät itse juuri valmista näitä EPA- ja DHA-rasvahappoja vaan kyseiset rasvahapot ovat kasviplanktonlevien tuottamia ja kulkeutuvat ravintoverkossa eläinplanktonin kautta kaloihin. Levistä parhaimmat rasvahapon tuottajat viihtyvät parhaiten niukkaravinteisissa ja kirkkaissa vesissä, joten rehevöityminen ja humuksen aiheuttama tummuminen muuttavat leväyhteisöjä rasvahappotuotannon kannalta epäedulliseksi. (SYKE, 2017a)

Omega-3-rasvahappojen pitoisuuksia kaloissa verrattiin erityyppisten järvien välillä. Selvisi, että rehevöityneistä järvistä tulisi syödä 2,5 kertainen määrä kalaa ja tummavetisistä järvistä 1,5 kertainen määrä kalaa saadakseen saman verran omega-3-rasvahappoja kuin kirkasvetisten järvien kaloista. Lisäksi humuskuormitus aiheuttaa myös haitallisen elohopean kertymistä kaloihin ja tummavetisten järvien kaloissa elohopeapitoisuudet saattoivat ylittää raja-arvon 0,5 milligrammaa elohopeaa muikku- tai ahvenkiloa kohden. Tutkimuksessa myös vertailtiin terveysvaikutteisten yhdisteiden kertymistä ihmisiin vertaillen kirkas- ja tummavetisten järvien kalaa syöviä ihmisiä. Erot olivat merkittäviä. Vaikka elohopeaa siirtyi myös kirkasvetisten järvien kaloja syöviin ihmisiin, niin elohopean määrä veressä ylitti raja-arvon 97 prosentilla tummavetisten järvien kalaa syöneissä ihmisissä. Omega-3-rasvahappojen saantia verratessa selvisi, että kirkasvetisten järvien kalaa syöneet saivat enemmän EPA-rasvahappoa, kun taas DHAn osalta merkittävää eroa ei tutkimuksessa tullut ilmi, joka saattoi tosin osittain johtua siitä, että tummavetisten järvien vertailuryhmäläiset olivat syöneet myös muualta hankittua kalaa. (Keskitalo, 2017, ss. 156–158)

2.4 Ilmastonmuutoksen vaikutukset vesistöihin

Ilmaston ennustetun lämpenemisen myötä, ilman lämpötilan noustessa Suomessa keskimäärin 3-6 astetta vuosisadan loppuun mennessä, myös kasvukausi pitenee ja nämä yhdessä lisäävät perustuotantoa vesiekosysteemeissä. Ilmaston muuttuessa myös sateisuuden ennustetaan Suomessa lisääntyvän 12-20 prosenttia, joka lisää ravinteiden huuhtoutumista vesistöihin erityisesti leutoina talvina, kun maa ei ole roudassa, eikä kasvipeite sido ravinteita. Lisääntyvä perustuotanto taas lisää pohjalle kertyvän orgaanisen aineksen määrää lisäten hapenkulutusta ja

muuttaen pohjaeliöyhteisöjen koostumusta lajikirjon tyypillisesti harventuessa. Ilmaston lämpeneminen myös aikaistaa vesistön kevätkiertoa, myöhästyttää syyskiertoa ja näin ollen kesäkerrostuneisuuden aika pidentyy. Tämä yhdistettynä lisääntyvään perustuotantoon aiheuttaa pohjan happitilanteen huonontumista entisestään ja johtaa pitkiinkin hapettomiin olosuhteisiin. Pohjan hapettomuus taas vapauttaa sinne varastoituneita ravinteita voimistaen sisäistä kuormitusta, joka edelleen kiihdyttää rehevöitymistä. (Ilmasto-opas, n.d.)

2.5 Vedenlaadun mittarit

Vedenlaatua seuraamalla saadaan tietoa vesistön tilasta ja vedenlaadussa tapahtuvien muutosten perusteella nähdään mihin suuntaan vesistön tila on kehittymässä. Monet vesistön lajit ovat sopeutuneet elämään juuri tietyntylaisissa olosuhteissa, joten muutokset vedenlaadussa muuttavat myös vesistön lajistoa. Vedenlaatua seuraamalla saadaan myös tärkeää tietoa vesistökunnostusten tuloksista. Vedenlaadun muutoksista osa on luonnollisia esimerkiksi vuodenaikojen välillä, joten näytteitä tarvitaan eri vuodenaajoilta ja eri vuosilta, jotta päästään selville pidemmällä aikavälillä tapahtuneista muutoksista. (SYKE, 2020h)

2.5.1 Veden lämpötila ja lämpötilakerrostuneisuus

Veden lämpötila mitataan yleensä aina, kun otetaan vesinäytteitä. Lämpötilamittauksilla selvitetään järven lämpötilakerrostuneisuutta ja lisäksi lämpötila-arvo tarvitaan veden happikyllästysasteen laskemiseksi. Lämpökerrostuneisuustilanne on oleellinen järven happitalouden ja alusveden analyysiarvojen tulkinnassa. (Oravainen, 1999, s. 1)

Suomen järvissä tapahtuu vuosittain kaksi täyskiertoa. Kevät- ja syyskierron aikaan vesimassa on kerrostumatonta eli lämpötila on sama pinnasta pohjaan, sekä tasalaatuista - esimerkiksi happitilanne hyvä koko vesimassassa. Talvella ja kesällä vesi on kerrostunutta johtuen veden fysikaalisista ominaisuuksista veden ollessa raskainta 4 °C lämpötilassa. Talvella kylmempi vesi on pinnalla ja lämpimämpi pohjassa, kesällä taas kylmempi vesi on pohjassa. Kun alusvesi jää kerrostuneisuuden myötä eristyksiin päällysvedestä alkaa sen happitilanne heikentyä aiheuttaen mahdollisesti happivajetta, jonka suuruus riippuu mm. järven rehevyydestä. Täyskierron aikana

tuulet sekoittavat koko vesimassan ja alusvesi saa happitäydennystä sikäli, kun happivajetta on kerrostuneisuuden aikana syntynyt. Matalissa järvissä kesäkerrostuneisuutta ei välttämättä synny ollenkaan, jos tuulet onnistuvat sekoittamaan koko vesimassan. (Oravainen, 1999, ss. 1–4)

2.5.2 Kokonaistyyppi

Rehevöitymisen kannalta kokonaistyyppi on fosforin ohella tärkeä ravinne. Kokonaistyyppi muodostuu eloperäiseen aineeseen sitoutuneesta tyypestä sekä liuenneessa muodossa olevasta tyypestä (ammonium- nitriitti- ja nitraattityppi). Kokonaistyyppipitoisuudet vaihtelevat huomattavasti sadannasta riippuen. Pienten virtaamien aikaan ravinnekuormituksen vaikutus on suuri, kun pitoisuuksien laimentuminen on vähäistä ja perustuotanto voimakasta.

Typpikuormitusta aiheuttavat maa- ja metsätalous, turvetuotanto ja jätevedet. (Varsinais-Suomen ELY-keskus, n.d.; Ympäristöhallinto, n.d.)

Taulukko 1. Kokonaistyyppi (Varsinais-Suomen ELY-keskus, n.d.).

Pitoisuus (mikrogrammaa per litra):	Luokitus:
< 400 µg/l	Karu
400-600 µg/l	Lievästi rehevä
600-1500 µg/l	Rehevä
> 1500 µg/l	Erittäin rehevä

2.5.3 Kokonaisfosfori

Fosforipitoisuus kertoo paljon vesistön rehevyydestä ja sen seuranta onkin keskeistä vedenlaadun seurannassa, koska yhdessä typen kanssa ne ovat tärkein perustuotantoa rajoittava ravinne ja näin ollen, jos niitä päätyy vesistöön liikaa, johtaa se vesistön rehevöitymiseen. Fosforikuormitus valuma-alueelta vaihtelee vuodenaikojen ja sadannan mukaan suurestikin. Kokonaisfosfori ilmentää kaikkea vedessä olevaa fosforia, sisältäen kuolleisiin ja eläviin eliöihin ja maahiukkasiin sitoutuneen fosforin sekä liuenneessa muodossa olevan fosforin. Fosforikuormitusta syntyy luonnonhuuhtoutumana fosforipitoisista kivistä rapautumalla, maa- ja metsätaloudesta sekä

asutuksen, teollisuuden, kalankasvatuksen ja turveteollisuuden jätevesistä. (Varsinais-Suomen ELY-keskus, n.d.; Ympäristöhallinto, n.d.)

Taulukko 2. Kokonaisfosfori (Ympäristöhallinto, n.d.).

Pitoisuus (mikrogrammaa per litra):	Luokitus:
< 15 µg/l	Karu
15-25 µg/l	Lievästi rehevä
25-100 µg/l	Rehevä
> 1500 µg/l	Erittäin rehevä

2.5.4 Klorofylli-a

Klorofylli-a kuvaa lehtivihreällisten planktonlevien määrää vedessä ja näin suoraan järven rehevyytensä. Levämassan vaihdellessa paljon riippuen säätökijöistä tarvitsee määrittäminen tehdä useampaan kertaan (vähintään 3 kertaa) kesäkuukausien aikana. (Oravainen, 1999, s. 23)

Taulukko 3. Klorofylli-a (Ympäristöhallinto, n.d.).

Pitoisuus (mikrogrammaa per litra):	Luokitus:
< 3 µg/l	Karu
3-7 µg/l	Lievästi rehevä
7-40 µg/l	Rehevä
> 40 µg/l	Erittäin rehevä

2.5.5 pH eli happamuus

Vesielistö on sopeutunut elämään pH-alueella 6,0-8,0. Normaali veden pH on lähellä neutraalia eli 7, mutta luontaisesta humuskuormituksesta johtuen Suomen vesistöjen pH on yleisesti lievästi hapanta 6,5-6,8. Talviaikaan veden pH on tavallisesti hivenen alhaisempi kuin kesällä. Kesäaikainen levätuotanto nostaa tavallisesti lievästi pölyveden pH-arvoa, hyvin voimakkaan sinilevien

kukinnan nostaessa pH:n jopa välille 8-10. Hajotustoiminnan tuloksena vapautuva hiilidioksidi taas laskee alusveden pH-arvoa. Hapan laskeuma sekä lumen sulamisvedet saattavat myös laskea myös pH-arvoa. Vesistöissä vallitseva puskurisysteemi torjuu happamoitumista. (Oravainen, 1999, ss. 12–13; Ympäristöhallinto, n.d.)

Taulukko 4. Veden pH (Ympäristöhallinto, n.d.).

pH-arvo:	Luokitus:
> 7	emäksinen
7	neutraali
< 7	hapan
6,5-6,8	lievästi hapan, Suomen vesistöille tyypillinen arvo
6-8	vesieliöstö sopeutunut elämään tällä tasolla
< 5,5	särjen ja lohikalojen lisääntyminen häiriintyy

2.5.6 Alkaliniteetti

Alkaliniteetti eli haponsitomiskyky mittaa veden kykyä vastustaa pH:n muutosta, kun veteen lisätään happoa. Vesistön puskurikykyyn vaikuttaa pitkälti valuma-alue: karut ja kallioiset valuma-alueet ovat tyypillisiä happamoituville järville, kun taas valuma-alueen peltovaltaisuus pienentää happamoitumisriskiä. Vesistön happamuuden kehitystä seurattaessa on tärkeää seurata alkaliniteetin muutoksia, koska se antaa luotettavamman kuvan happamuuskehityksestä kuin satunnaisesti vaihteleva pH-arvo. Lisäksi happamoituminen näkyy ensimmäiseksi alkaliniteetin laskuna. Puskurikyvyn ollessa huono on vesistö vaarassa happamoitua esimerkiksi sulamisvesien aikana. (Oravainen, 1999, ss. 13–14; Ympäristöhallinto, n.d.)

Taulukko 5. Alkaliniteetti (Ympäristöhallinto, n.d.).

Alkaliniteetti (millimoolia per litra):	Puskurikyky:
> 0,2 mmol/l	Hyvä

0,1-0,2 mmol/l	Tyydyttävä
0,05-0,1 mmol/l	Välttävä
0,01-0,05 mmol/l	Huono
< 0,01 mmol/l	Loppunut

2.5.7 Hapen kyllästysprosentti ja happipitoisuus

Hapen kyllästysprosentti kuvaa sitä määrää mitattua happea prosentteina siitä määrästä, jonka vesi voi kyseisessä lämpötilassa enimmillään sisältää happea. Kylmä vesi voi sisältää enemmän happea ja kylmään veteen myös liukenee ilmakehästä enemmän happea kuin lämpimään. Happipitoisuus ilmoitetaan mikrogrammoina per litra ja hyvä happipitoisuus kertoo vesistön hyvästä kunnosta. (Oravainen, 1999, ss. 4–8; Ympäristöhallinto n.d.)

Taulukko 6. Hapen kyllästysprosentti (Ympäristöhallinto, n.d.).

Hapen kyllästysprosentti:	Luokitus:
85-110 %	Erinomainen
80-110 %	Hyvä
70-80 ja 110-120 %	Tyydyttävä
40-70 ja 120-150 %	Välttävä
0 ja > 150 %	Huono

2.5.8 Kemiallinen hapenkulutus

Kemiallisella hapenkulutuksella (CODMn) kuvataan veden sisältämien kemiallisesti hapettuvien orgaanisten aineiden määrää eli veden sisältämää eloperäistä ainetta, esimerkiksi humusta, jätevettä, karjatalouden päästöjä tai luonnonhuuhtoumaa. Mitatut CODMn-arvot vaihtelevat valumaolojen mukaan ja vesistön perustaso määräytyy valuma-alueen suopinta-alan mukaan. Kun ojitukset olivat vilkkaimmillaan nousivat CODMn-arvot voimakkaasti ja vaikka tilanne on sittemmin

tasaantunut saatiin monet järvet ojituksilla heikkoon kuntoon. (Oravainen, 1999, ss. 15–16; Ympäristöhallinto, n.d.)

Taulukko 7. Kemiallinen hapenkulutus (Ympäristöhallinto, n.d.).

CODMn-arvo:	Luokitus:
< 4 mg/l	Niukkahumuksinen
4-10 mg/l	Vähähumuksinen
10-20 mg/l	Keskihumuksinen
> 20 mg/l	Runsashumuksinen

2.5.9 Sähkönjohtavuus

Sähkönjohtavuudella mitataan veteen liuenneiden suolojen määrää, suuren arvon kertoessa korkeasta suolapitoisuudesta. Sähkönjohtavuutta lisäävät esimerkiksi natrium, kalium, kalsium, magnesium sekä kloridit ja sulfaatit. Suolojen määrää vesistöissä lisäävät esimerkiksi jätevedet ja peltoviljelylannoitteet. (Ympäristöhallinto, n.d.)

Taulukko 8. Sähkönjohtavuus (Ympäristöhallinto, n.d.).

Sähkönjohtavuus (millisiemensia per metri):	Luokitus:
< 5 mS/m	alhainen johtokyky
5-10 mS/m	sisävedet
50-100 mS/m	jätevedet

2.5.10 Sameus

Sameus kuvaa veden sameutta ja se vaihtelee voimakkaasti vuodenaikojen ja sadannan mukaan. Voimakkaamman eroosion takia jokivedet ovat usein järvivesiä sameampia, etenkin kevättulvien

aikaan. Järvivesissä leväsamennus saattaa aiheuttaa kesäaikaista päällysveden sameutumista. (Oravainen, 1999, ss. 8–9.; Ympäristöhallinto, n.d.)

Taulukko 9. Sameus (Ympäristöhallinto, n.d.).

Sameus (Formazin Turbidity Units):	Luokitus:
< 1 FTU	Kirkas
1-5 FTU	Lievästi samea
> 5 FTU	Silminnähdyn samea

2.5.11 Veden väri

Veden väri kuvastaa veden ruskeutta, lähinnä vesistöjemme humuspitoisuutta. Vesi on yleisesti sitä ruskeampaa, mitä suurempi osuus vesistön valuma-alueen pinta-alasta on suota, soiden ojitusten lisätessä veden ruskeutta entisestään. Vesistön värissä on vaihtelua valumaoloista riippuen ja oletettavasti ultraviolettisäteilyn hajottaessa humusta saattaa vesi kirkastua kesäisin. Veden väriä verrataan platina-asteikkoon värikiekon avulla. (Oravainen, 1999, ss. 14–15)

Taulukko 10. Veden väri (Ympäristöhallinto, n.d.).

Veden väriarvo:	Luokitus:
< 15 mgPt/l	Väritön
20-40 mgPt/l	Lievästi humuspitoinen
40-100 mgPt/l	Humuspitoinen
> 100 mgPt/l	Erittäin humuspitoinen

2.5.12 Rauta

Raudan olomuoto on riippuvainen veden happamuudesta sekä happipitoisuudesta, ja sitä on vedessä liuenneena, saostumana tai humukseen sitoutuneena. Jos vesi on happipitoista, niin rauta

sitoo fosforia vaikuttaen näin vesistön rehevyyteen. Rautapitoisuuteen vaikuttaa valuma-alue ja rautapitoisuus on yleensä suurta suovaltaisilla alueilla. (Ympäristöhallinto, n.d.)

Taulukko 11. Rautapitoisuus (Ympäristöhallinto, n.d.).

Rautapitoisuus (mikrogrammaa per litra):	Luokitus:
< 200 µg/l	Talousvesi
500-1000 µg/l	Sisävedet
1000-2000 µg/l	Suovaltaiset valuma-alueet

2.5.13 Kiintoaineen määrä

Kiintoainespitoisuutta eli vedessä olevan hiukkasmaisen aineen määrää lisäävät esimerkiksi jätevedet, levät tai eroosion kuljettama aines. Jokivesien kiintoainepitoisuus vaihtelee voimakkaasti ollen suurimmillaan kevättulvien ja kovien syyssateiden aikaan. (Ympäristöhallinto, n.d.)

Taulukko 12. Kiintoainespitoisuus (Ympäristöhallinto, n.d.).

Kiintoaineen määrä (milligrammaa per litra):	Luokitus:
< 1 mg/l	Kirkas
1-3 mg/l	Avovesiaika
< 25 mg/l	Ei haittaa kalastolle

2.6 Vesiensuojelu ja vesistöjen kunnostus

Vesiensuojelu alkoi kehittyä Suomessa 1960-luvulla. Vesilaki astui voimaan huhtikuussa 1962 ja laissa kiellettiin esimerkiksi sulkemasta, muuttamasta ja pilaamasta vesiä ilman lupaa. Vuodesta

1931 asti keskeytyksissä olleet vesien laadun ja vesistöjen tilan seurannat alkoivat myös uudestaan. (Penttinen & Niinimäki, 2010, s. 146)

Nykyään vesiensuojelun tavoitteet on määritetty EU-tasolla vesipuitedirektiivillä, jonka tavoitteena on vesiensuojelun kehittäminen, vesistöjen tilan heikkenemisen estäminen ja pinta- ja pohjavesien vähintään hyvä ekologinen tila vuoteen 2015 (jatkettu vuoteen 2027) mennessä ja Suomessa valtioneuvoston periaatepäätöksellä, ympäristönsuojelulailla ja vesilailla. Lisäksi vesistöjä ja niiden luontotyyppejä suojellaan myös luonnonsuojelulain nojalla. (Penttinen & Niinimäki, 2010, s. 148)

Vesipuitedirektiivin velvoittamana Suomikin on määritellyt vesistöalueensa ja jakanut ne seitsemään vesipiiriin, joita Suomessa kutsutaan vesienhoitoalueiksi. Vesienhoitoalueet ovat selvittäneet esimerkiksi vesistöjensä ominaispiirteet ja ihmistoiminnan vaikutukset vesistöön ja näiden selvitysten pohjalta on laadittu jokaiselle vesienhoitoalueelle toimenpideohjelmat, joita toteuttamalla annetut ympäristötavoitteet voidaan saavuttaa. (Penttinen & Niinimäki, 2010, ss. 149–151)

Vesienhoidon vastuullisina viranomaisina toimivat ELY-keskukset, jotka selvittävät ja seuraavat alueellaan vesistöjen tilaa, arvioivat ihmistoiminnan vesistövaikutuksia sekä laativat vesien ekologisen tilan luokittelun. ELY-keskukset laatimia toimenpideohjelmia seuraamalla pyritään toteuttamaan vesienhoidon tavoitteita. ELY-keskukset myös koordinoivat alueellisia yhteistyöryhmiä ja järjestävät kuulemisia joissa pääsee osallistumaan vesienhoidon suunnitteluun. (SYKE, 2017b)

Vesitaloushankkeiden lupa-asioita säännellään vesilaissa. Tällaisia ovat esimerkiksi sillat, padot, vesistön säännöstely, ojitus sekä veden ottaminen. Lupahakemus osoitetaan hankealueen aluehallintovirastolle, jonka päätöksestä voi valittaa Vaasan hallinto-oikeuteen ja edelleen korkeimpaan hallinto-oikeuteen valitusluvan saatuaan. (SYKE, 2020i)

Vesilain mukaisten lupien ja lupamääräysten noudattamisen valvonnasta vastaavat ELY-keskukset ja kuntien ympäristönsuojeluviranomaiset. (SYKE, 2019)

Alueelliset vesiensuojeluyhdistykset tekevät myös merkittävää vesienhoitotyötä tavoitteenaan saada kunnat, kaupungit, kansalaisjärjestöt ja toiminnanharjoittajat toimimaan puhtaampien

vesien puolesta. 1960-luvulta alkaen perustettujen vesiensuojeluyhdistyksen ansiosta vesien tilaa onkin saatu parannettua. Alueellisia, mm. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys, edustaa suhteessa valtionvaltaan ja muihin julkisiin yhteisöihin Suomen Vesiensuojeluyhdistysten Liitto ry. (Suomen Vesiensuojeluyhdistysten Liitto ry, n.d.)

Vapaaehtoistoiminta ja paikalliset vesiensuojeluyhdistykset tekevät myös paljon vesistöjen tilan parantamiseksi. Avainroolissa ovat vesialueen omistajat, vakituiset- ja vapaa-ajan asukkaat, kalastajat sekä ELY-keskukset. Paikallinen yhteistyö on tärkeää kunnostushankkeiden onnistumiseksi. Aktiivinen toimiminen vesistön ekologisen tilan hyväksi lisää lähiympäristön viihtyisyyttä, vesistön virkistyskäyttömahdollisuuksia sekä nostaa rantakiinteistöjen arvoa. (SYKE, 2021c)

2.6.1 Ulkoisen kuormituksen pienentäminen

Vesistöjen kunnostusta suunnitellessa on syytä siirtää katse niiden valuma-alueelle. Ulkoinen kuormitus valuma-alueelta tuo uomien kautta järveen ravinteita ja kiintoainesta. Jotta tätä kuormitusta pystytään vähentämään, on päämääränä estää kuormituksen syntyä sekä pidättää mahdollinen kuormitus lähelle sen syntypaikkaa. Kuormitusta voidaan vähentää maa- ja metsätaloudessa esimerkiksi toteuttamalla uomien kunnossapitoperkauksia pyrkien mahdollisimman pieneen vesistökuormitukseen. Metsätalouden osalta tulisi arvioida tarkkaan kannattaako ojia ylipäättään perata ja toteuttaa vain puuston kasvun kannalta välttämättömimmät ojien perkuut. Maatalouden kuormitusta pienentää esimerkiksi lannoitteiden oikea-aikainen ja -määräinen käyttö, säätösalaajitukset sekä kevennetyt maanmuokkausmenetelmät. Syntyvää kuormitusta voidaan vähentää erilaisin vesiensuojelukeinoin ja -rakentein. Maa- ja metsätalouden kiintoaine- ja ravinnekuormitusta voidaan vähentää perustamalla kosteikkoja, laskeutusaltaita, suojavyöhykkeitä ja pintavalutuskenttiä. Erilaisin patoratkaisuin taas saadaan pidätettyä kiintoainetta sekä hallittua virtaamia estäen eroosiota. (SYKE, 2020j)

2.7 Vesiensuojelurakenteet

2.7.1 Laskeutusaltaat

Laskeutusallas on uoman yhteyteen kaivamalla tai patoamalla toteutettu allas, jonka pohjalle veden virtausnopeuden hiljentyessä laskeutuu kiintoainetta ja siihen sitoutuneita ravinteita. Mitä pidempi on veden viipymä altaassa, sitä hienojakoisempaa ainetta ehtii sedimentoitua altaan pohjalle. Laskeutusaltaan mitoituksen perusteena voidaan käyttää tietyn maalajitteen hiukkaskokoa tai altaaseen tulevan lietteen arvioitua määrää ja sen varastointiin tarvittavaa tilavuutta ja allas suositellaan rakennettavaksi lähelle kuormituksen lähdeä. Avovesipintaisen laskeutusaltaan vesisyvyyden vähimmäissuositus on 0,5 metriä, tavanomaisen syvyyden ollessa 1-2 metriä. Altaan rakentamisen patoamisratkaisusta käytetään yleisesti maarakenteisia kiinteitä pohjapatoja. Rakentamisvaiheen jälkeen tulee vielä muistaa seurata altaan täyttymistä, ettei sinne aiemmin sedimentoitunut kiintoaine pääse huuhtoutumaan takaisin vesistöön. Vesiensuojelun ohella laskeutusaltaan elävöittävät maisemaa ja niillä on luonnon monimuotoisuutta edistäviä vaikutuksia. (Joensuu ym., 2013, ss. 22–24; Simola & Jutila, 2006, ss. 9, 11)

Kuva 5. Laskeutusallas (Joensuu ym., 2013)



Laskeutusaltaan mitoituksen osalta Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio antaa ohjeeksi allaspinta-alaa 3-8 m² per valuma-aluehehtaari ja altaan lietetilavuutta 2-5 m³ per valuma-aluehehtaari. Laskeutusaltaan muodon suositellaan olevan pitkänomainen, leveyden ja pituuden suhteen ollessa välillä 1:3-1:7. Laskeutusaltaan yläpuolisen valuma-alueen koko saisi olla enimmillään 40-50 hehtaaria. (Joensuu ym., 2013, ss. 22–24, 70–72)

2.7.2 Puumateriaalien käyttäminen ravinteiden pidättäjänä

Puupohjaisilla uusilla materiaaleilla tehoa metsätalouden vesiensuojeluun ja vesistökunnostuksiin -hankkeessa, joka käynnistyi vuonna 2018, tutkittiin puupohjaisten materiaalien tehoa vesistökuormituksen pienentäjänä sekä monimuotoisuuden lisääjänä. Hankkeen pohjalta todettiin puuaineksen käyttämisen vesiensuojelurakenteissa voivan tehostaa merkittävästi ravinteiden talteenottoa, ehkäistä vesistöhaittoja ja samalla lisäävän elinympäristöjen monimuotoisuutta hyödyttäen vesiluontotyyppien ja kalakantojen tilaa. Uppopuisten rakenteiden pinnalle todettiin kehittyvän päällyskasvusto sitä hyödyntävine pohjaeliöineen, jotka vähensivät veden ravinne-, humus- ja metallipitoisuuksia. Puumateriaalien käytön laskeutusaltaiden yhteydessä todettiin alentavan veden kiintoaineksen, kemiallisen hapenkulutuksen, ravinteiden ja orgaanisen hiilen pitoisuuksia. Päällyskasvuston ja eliöyhteisön muodostuminen oli voimakkaampaa havupuilla. (Vuori, ym., 2021, ss. 26, 32)

Huomionarvoista puupohjaisten materiaalien käytössä laskeutusaltaiden toiminnan tehostajana oli näiden kyky pidättää myös liukoista fosfaattifosforia ja liukoista hiiltä. (Palos, 2019)

Kuva 6. Rankanippujen käyttöä laskeutusaltaan yhteydessä. (Keskinen, n.d.)



2.7.3 Kosteikot

Kosteikkoja perustetaan ensisijaisesti puhdistamaan valumavesiä ravinteita pidättämällä, mutta lisäksi ne tasaavat virtaamia ehkäisten tulvahaittoja ja eroosiota, tarjoavat elinympäristön monille eläimille sekä monipuolistavat maisemaa. Kosteikko on vesistön osa, joka on pääosin veden peitossa ja jossa on tyypillistä vesi- ja kosteikkokasvillisuutta. Kosteikkoja perustetaan joko patoamalla tai kaivamalla yleensä notkoihin, painanteisiin tai tulva-alueille, jotka ovat jo luonnostaankin kosteita. (SYKE, 2021d)

2.7.4 Uoman kiveäminen

Kiveämällä ja liekopuita käyttämällä voidaan pienentää veden kiintoaine-, ravinne- ja rautapitoisuuksia. (Harjula, 2004, ss. 178–181) Kiveämällä saadaan lisättyä uoman vedensyvyys ja virtaaman nopeuden vaihtelua ja kuormituksen pienenemisen ohella myös lisättyä monimuotoisuutta kivien tarjotessa kasvualustan leville ja vesisammalille. Uoman kiveäminen tarjoaa myös elinympäristön kaloille ja muille vesieliöille. (SYKE, 2020k)

2.7.5 Patorakenteet

Pohjapadot ja -kynnykset

Pohjapadoilla ja -kynnyksillä voi muodostaa kosteikkoja, nostaa yläpuolista vedenkorkeutta sekä pidättää kiintoainetta ja ehkäistä eroosiota virtaamaa hidastamalla. Pohjapadot ja -kynnykset mahdollistavat myös kalojen kulkemisen – parhaassa tapauksessa tarjoten niille kutupaikkoja sekä luovat lisää elinmahdollisuuksia pieneliöstölle. Luonnonmukainen ja hyvin maisemaan sulautuva pato rakennetaan luonnonkivestä ja sorasta ja muistuttaa luonnollista koskea tai virtapaikkaa. Myös puuta voidaan käyttää pohjapatoa tai -kynnyksiä rakentaessa. (SYKE, 2020l)

V-pato

V-pato on v-aukkoinen pato, joka soveltuu pienehköihin kohteisiin. Pato voidaan toteuttaa esimerkiksi vesivanerista, joka upotetaan uomassa maan sisään ja tuetaan tarvittaessa kivillä, jotta pato kestää myös tulvavirtaamat. Vesivanerin v-aukkoon voidaan lisäksi tehdä mitta-asteikko, jos virtaamaa halutaan seurata. (Joensuu ym., 2013, s. 29)

Putkipato

Putkipato soveltuu ojitusalueille virtaamahuippujen tasaamiseen ja se näin ollen estää kiintoainekuormitusta ehkäisemällä eroosiota. Tierumpua muistuttavat putkipadon tavoitteena on pidättää hetkellisesti tulvahuippujen aikana vettä ojitusalueella, jotta virtaamat pysyvät maltillisina. (Joensuu ym., 2013, ss. 25–28)

Settipato

Settipato mahdollistaa vedenpinnan korkeuden säätämisen virtausolojen mukaan. Se soveltuu esimerkiksi laskeutusaltaan yhteyteen tehostaen altaan kiintoaineen pidätystä. Settipato on yleensä rummun yhteyteen liitetty kehikko, johon voi pinota päällekkäisiä lankkuja halutun vedenpinnankorkeuden ja virtaaman saavuttamiseksi. Huomioitavaa on, että kyseinen patomalli ei sovellu kohteisiin, jossa kalan kulku on mahdollista. (Joensuu ym., 2013, s. 28)

Munkki

Munkki on patopenkereeseen upotettava vedenpinnan korkeuden säätämiseen tarkoitettu säätökaivo. Kaivon sisällä olevan levyn korkeutta mekaanisesti säätämällä asetetaan haluttu vedenkorkeus. Tulvimisen varalta patopenkereeseen suositellaan asennettavaksi lisäksi tulvaputket. (Joensuu ym., 2013, s. 29)

2.7.6 Kaivu- ja perkauskatkot

Ojitusten aiheuttamaa kiintoainekuormaa voidaan vähentää jättämällä sopiviin kohtiin kaivu- tai perkauskatkoja. Kaivukatkot ovat kaivamatta jätettäviä ojan kohtia, joissa maanpinta jätetään koskemattomaksi ja ne toimivat kuin pieninä pintavalutuskenttinä. Tällaisen kaivukatkon pituus voi olla muutamasta kymmenestä metristä muutamaan metriin, kunhan pituus on riittävä, jottei kaivukatkon muodostama kynnyks pääse tulvavirtaaman aikana huuhtoutumaan pois. Perkauskatkot ovat vanhoja ojia perattaessa jätettyjä perkaamattomia osuuksia, joissa ojan pohjalle jätetty kasvillisuus hidastaa virtaamaa ja suodattaa sen läpi virtaavan veden epäpuhtauksia. (Joensuu ym., 2013, s. 19)

2.7.7 Lietekuopat

Lietekuoppia käytetään kaivuuvaiheisen kuormituksen pienentämiseksi. Ojiin kaivetaan syvennyksiä eli lietekuoppia vähintään 100 metrin välein ja ne pidättävät hyvin pohjakulkeumana liikkuvaa karkeaa kiintoainetta. Lietekuoppien tilavuus on kuutiosta kahteen, eikä niitä yleensä tyhjennetä myöhemmin. Lietekuopan toimintaa voi tehostaa jättämällä suoraan lietekuopan perään kaivukatkon. (Joensuu ym., 2013, s. 20)

2.7.8 Suojakaistat ja -vyöhykkeet

Viljelemättä jätetyt maakaistaleet vähentävät pelloilta vesistöön päätyviä ravinteita ja kiintoainesta. Erityisen tarpeellisia suojavyöhykkeet ovat jyrkillä, vesistöön rajautuvilla pelloilla ja tulvimiselle alttiilla maa-alueilla. Suojavyöhykkeellä tulee olla pysyvä kasvillisuus ja sitä voidaan hoitaa myös laiduntamalla, ellei tälle ole vesiensuojelullista estettä. Suojavyöhykkeet tarjoavat eläimille ravintoa sekä pesimis- ja suojapaikkoja ja näin lisäävät luonnon monimuotoisuutta. (Simola & Jutila, 2006, s. 8)

Metsätaloudessa suojakaistoja käytetään esimerkiksi hakkuiden aiheuttamien kiintoaine- ja ravinnehuuhtoumien vähentämiseen. Vesiensuojelun lisäksi suojakaistoilla on suotuisa vaikutus luonnon monimuotoisuuteen sekä tärkeä merkitys metsänkäsittelyalueen maisemavaikutusten pehmentäjänä. (Joensuu ym., 2013, s. 18)

2.7.9 Kemiallinen saostus

Fosforia voidaan vähentää myös kemiallisesti saostamalla levittämällä veteen tai sedimenttiin saostuskemikaalia. Parhaimmillaan kemikaaleilla aikaan saatu reaktiivinen kerros pohjan pinnalla sitoo sedimentistä veteen pyrkivää liuennutta fosforia vuosikausia. Kemiallista saostusta voidaan käyttää myös virtavesissä ja tällöin saostuskemikaalin kanssa reagoinut liuennut fosfori muodostaa fosfaattisakkaa, joka laskeutuu pohjaan ja erotetaan esimerkiksi selkeyttämällä se laskeutusaltaaseen tai kosteikkoon. (Penttinen & Niinimäki, 2010, s. 261; Simola & Jutila, 2006, ss. 10–11)

2.7.10 Fosforisieppari

Fosforisieppareita käytetään valumavesien puhdistamiseen moninaisissa kohteissa niin turvetuotannon kuin maatalouden rasittamilla uomilla. Fosforisiepparien tavoitteena on saostaa virtavedestä fosforia kemiallisen yhdisteen avulla. Yleisimmin käytetään saostuskemikaalina raemuotoista rautayhdiste ferrisulfaattia, jota käytetään fosforin saostamiseen myös jätevedenpuhdistamoilla. Fosforisiepparin yhteyteen rakennetaan yleensä myös laskeutusallas, jotta saostunut fosfori saadaan poistettua esimerkiksi imuruoppaamalla. Fosforisiepparin toiminnan optimoimiseksi voi olla tarpeen myös rakentaa V-pato virtaamaa tasaamaan. Fosforisiepparilla saadaan vähennettyä myös typpikuormitusta. (Granholm, ym., 2017, ss. 32–33)

2.7.11 Valumavesien suodatus

Ojavesien kiintoaine- ja fosforikuormitusta voidaan vähentää myös suodattamalla vettä karkean maa-aineksen ja kalkin seoksen läpi ns. kalkkisuodinojissa. (Simola & Jutila, 2006, ss. 9–10)

2.7.12 Pintavalutuskentät

Pintavalutuksessa ojaverkoston vedet ohjataan kulkemaan jonkin matkaa pitkin maan pintaa. Pintavalutuksella saadaan vähennettyä kasviravinteiden huuhtoutumista sekä pidätettyä ojitusten yhteydessä vapautuvaa hienoa mineraalimaa-ainesta. Pintavalutuskentän yläpuolelle rakennettu laskeutusallas tehostaa pintavalutuskentän toimintaa. Pintavalutuskentälle tuleva vesi pyritään jakamaan tasaisesti koko alueelle ja parhaiten toimiva kenttä on mahdollisimman luonnontilainen ja paksuturpeinen, tasalaatuinen suo. Runsas kosteikkokasvillisuus pintavalutuskentällä sitoo tehokkaasti ravinteita. Kiintoaineen osalta pintavalutuskentällä on mahdollisuus vähentää kuormitusta 70-90 prosentilla. (Harjula, 2004, s. ss. 178–179)

3 Suot

Suomi on maailman soisin maa ja aikoinaan noin kolmannes Suomesta eli 10 miljoonaa hehtaaria on ollut suota. Suomessa on ollut suotuisat olosuhteet soistumiselle, kun jääkauden muovaamana maasto on tasaista, joka hidastaa valuntaa ja ilmasto on humidi eli vettä sataa enemmän kuin sitä viileyden takia ehtii haihtua. Suokasvillisuus on Suomessa monimuotoisempaa kuin missään muualla vastaavan kokoisilla alueilla. Suokasvillisuus kattaa neljäsosan kasvilajeistamme ja suot ovat myös linnustollemme tärkeitä yli kolmasosan linnuistamme tarvitessa soita ainakin jossain elämänsä vaiheessa. (Lyytimäki & Hakala, 2008, s. 177)

Yli 10 miljoonaa hehtaaria maastamme kattaneista soista on jäljellä ojittamattomina noin 4 miljoonaa hehtaaria. Pääosin nämä jäljellä olevat luonnontilaiset suot sijaitseva Pohjois-Suomessa. Vuoden 2018 Suomen luontotyyppien uhanalaisuusarvioinnissa suokasvillisuus luokiteltiin 50 suotyyppiin, joista yli puolet arvioitiin uhanalaisiksi ja lisäksi viidennes silmälläpidettäväksi. Erityisesti Etelä-Suomen suoluontotyyppien tilan arvioitiin lähes poikkeuksetta heikkenevän tulevaisuudessa johtuen ojitusten ja muun maankäytön aiheuttamista vesitaloushäiriöistä sekä metsätaloustoimenpiteistä. (SYKE, 2020m)

Suomessa suo voidaan määritellä eri tavoin – mm. kasvitieteellisenä, ekologisena, geologisena, maataloudellisena tai metsätaloudellisena käsitteenä. Kasvitieteellisesti suo on määritelty kasvupaikaksi, jolla vallitsee turvetta muodostava ja kerryttävä kasviyhteiskunta. Ekologisesti suo taas määritellään kostean yleisilmaston ylläpitämäksi ekosysteemiksi, jossa pohjavedenpinnan

taso on lähellä maanpintaa ja hajoava orgaaninen aines ainakin osittain kerrostuu turpeeksi. Geologinen suon määritelmä on suokasvien hitaan maatumisen seurauksena syntynyt yli 30 senttimetriä paksu turvekerrostuma. (Päivänen, 2007, s. 16)

Erilaisiksi suon syntyntavoiksi johtaen suoekosysteemin käynnistymiseen on määritelty vesistön umpeenkasvu, jolloin vesistö muuttuu suoksi, metsämaan soistuminen, joko pohjaveden tai ylempänä olevan suon vesien vaikutuksesta sekä primaari soistuminen, kun vedestä paljastuva maa soistuu heti vedestä paljastumisen yhteydessä. Suo voi syntyä myös tulvamaiden soistuessa, mutta tämä on oloissamme vähäistä. (Päivänen, 2007, s. 27)

Käytännön luokituksessa suot on jaettu kolmeen päätyyppiryhmään – korpi, räme ja avosuo, joka edelleen jaettuna lettoihin ja nevoihin. Kuivempien kasvupaikkojen korprien ja rämeiden kasvillisuus on mätäspintakasvillisuutta, korprien ollessa puustoltaan kuusi- ja rämeiden mäntyvaltaisia. Pääsääntöisesti puuttomien avosoiden kasvillisuus on märkyyden ja vähähappisuuden johdosta välipinta- ja painannekasvillisuutta. (Laine ym., 2012, s. 9)

Metsäojitetut suot on jaettu kuivatusvaiheen mukaisesti ojikko-, muuttuma- ja turvekankaisiin, joista ojikat ovat vielä nuoria tai muutoin suokasvillisuudeltaan vielä jokseenkin alkuperäisen kaltaisia. Muuttumilla puuston kasvu on jo selvästi elpynyt ja turvekankailla kasvillisuuden katsotaan muuttuneen suokasvillisuudesta selvästi poikkeavaan kangasmetsäkasvillisuutta muistuttavaan koostumukseen. (Laine ym., 2012, s. 93)

Luonnontilaisten soiden tarjoamia ekosysteemipalveluja ovat esimerkiksi säätelypalveluista hiilen sidonta, veden puhdistus ja varastointi, tuotantopalveluista marjat ja riista sekä kulttuuripalveluista ulkoilu- ja virkistyskäyttö. Tällaisten soiden suojeleminen sekä yleisesti suoluonnon tilan parantaminen turvaa tärkeiden ekosysteemipalvelujen toiminnan, ylläpitää luonnon monimuotoisuutta, hillitsee ilmastonmuutosta sekä auttaa alapuolisen vesistön tilan parantamista. (SYKE, 2020m)

3.1 Suot ja metsätalous

Soiden metsätaloudellinen merkitys noteerattiin Suomessa jo viime vuosisadan alussa. Varhain perustettiin myös Metsätieteellisen koelaitoksen suontutkimusosasto (1928). 1930 yliopistollinen

maatalous- ja metsäopetuksen kehittämiskomitea kiinnitti huomiota mietinnössään suometsänhoitoon - tarkemmin metsien suojaamiseen soistumiselta, soiden kuivaamiseen metsänkasvatuksen tarpeisiin sekä ojitettujen soiden metsänhoitoon. (Päivänen, 2007, s. 11)

Ensimmäinen suometsätieteen oppikirja julkaistiin 1930. Keskeistä tuolloin oli soiden metsätaloudellisen ojituskelpoisuuden määrittäminen sekä ojitussuunnitelmien laatiminen. Tuolloin ojitukset toteutettiin vielä valtaosin miestyövaltaisina menetelmin. 1960-luvulla ojituksissa oli jo siirrytty koneellisiin menetelmiin. Tällöin oli saatavilla myös kattavampia tutkimustuloksia aiemmilta metsäojituskohteilta ja pystyttiin arvioimaan paremmin eri kohteiden soveltuvuutta ojituksiin. Ojitusten vaikutukset metsänkasvuun alkoivat konkretisoitua ja samalla havaittiin ojitusalueiden vesitalouden vaativan vuosien kuluessa kunnostustoimenpiteitä. (Päivänen, 2007, ss. 12–13)

1990-luvulta alkaen on alettu kiinnittämään huomiota tarkemmin soiden ojitusten monimuotoisuusvaikutuksiin. Niin suometsien hoidossa kuin puun korjaamisessa on pyritty siirtymään luonnonarvot huomioon ottaviin toimintatapoihin. Luontoarvojen lisäksi soiden hiilitase ja ihmistoiminnan vaikutuksen siihen on noussut ilmastonmuutoskeskustelun myötä esille. (Päivänen, 2007, s. 13)

3.1.1 Ojitukset

Soiden ojitukset käynnistyivät puuntuotannon lisäämiseksi viime vuosisadan alussa. Kiivaimmillaan ojitukset olivat 1960- ja 1970-luvuilla, jatkuen aina 1990-luvulle asti. Soita on kuivattu myös maanviljelyn ja turvetuotannon tarpeisiin, mutta suurin osa ojituksista on toteutettu metsätalouden tarpeisiin. Maankuivatusta varten toteutetut ojitukset ovat muuttaneet Suomen suoluontoa eniten ja jäljellä olevien soidemme pinta-alasta yli puolet on ojitettu. Viimeaikaisissa tutkimuksissa on lisäksi havaittu, että luonnontilaisia soita ympäröivien ojitusten etävaikutus heikentää myös näiden ojittamattomien soiden tilaa vakavammin kuin mitä aiemmin on luultu. (SYKE, 2020n)

Ojituksilla on tavoiteltu pohjaveden pinnan alentamista, juuriston ilmatilan kasvattamista ja puuston kasvun lisäämistä. Ojitusvauhtia kiihdytti aikoinaan koneellistumisen lisäksi myös valtion tuet metsätalouden rahoitusohjelmin, joilla tavoiteltiin metsien tuottavuuden kasvua. Valtion tuet

uudisojituksille lakkasivat 1990-luvulla, mutta on tukenut kunnostusojituksia vuoden 1996 jälkeen vanhojen ojien ylläpitämiseksi. (Palviainen & Finér, 2013, s. 5)

3.1.2 Taloudelliset hyödyt

Arvioiden mukaan entisillä soilla kasvavien metsien puuston arvo on noin 11 miljardia euroa. Ojitusalueiden puuvaranto kattaa noin neljänneksen koko Suomen puuvaroista. (Yle, 2020)

Ojitettujen soiden puuvarannon on arvioitu kasvaneen 60 vuodessa yli puolella ja vuotuisen kasvun noin 10 miljoonasta kuutiometristä 25 miljoonaan kuutiometriin. Suometsien metsätaloudellinen merkitys kasvaa edelleen, kun ojitusalueiden osuus metsien hakkuumahdollisuuksista nousee noin neljännekseen. (Palviainen & Finér, 2013, s. 5)

3.1.3 Ilmastovaikutukset

Luonnontilaisilla soilla on merkittävä rooli ilmaston lämpenemistä hillitsemässä, kun keskeistä on etenkin olemassa olevien hiilivarantojen pysyvyys sekä hiilinielujen toiminnan vahvistaminen. Luonnontilaiset suot ovat merkittävä hiilivarasto – Suomessa maaperän hiilivarastosta 2/3 on sitoutuneena turvemaihin. Turpeen hiilivarastot ovat esimerkiksi puuston kokonaisbiomassaan verrattuna kuusinkertaiset. Luonnontilaiset suot myös sitovat hiiltä – Suomessa arviolta 3 megatonnia hiilidioksidia vuodessa. (GTK, 2019)

Ilmastonmuutoksen vaikutukset luonnontilaisiin soihin liittyvät mm. sadannan ja lämpenemisen aiheuttamiin muutoksiin suon vesitaloudessa. Jos lämpeneminen painottuu talviaikaan ja sadanta lisääntyy, pysyvät suot märkinä ja arvioiden mukaan lähes ennallaan. Jos taas suot kuivuvat kuivien ja lämpimien kesien seurauksena, niin märkien soiden ekosysteemit muuttuvat oleellisesti lämpenemisen edelleen korostaessa muutosta. Näin avosuot muuttuisivat hiljalleen puustoisiksi suoluonnon monimuotoisuuden samalla huvetessa. Soiden kasvihuonekaasutaseisiin kuivuminen aiheuttaa muutoksia - esimerkiksi turvemaiden hajoamisesta seuraa hiilidioksidipäästöjä, mutta toisaalta metaanipäästöt pienenevät sekä lisääntyvä puuston ja kasvillisuuden kasvu sitoo hiiltä. (Luke, n.d.-a)

Ilmastonmuutokseen taas vaikuttaa ihmistoiminta ja soiden osalta metsäojitukset. Metsäojituksilla on käänteinen vaikutus luonnontilaisten suoekosysteemien turvetta kerryttävään ja hiiltä sitovaan toimintaan ja näin suon kuivuessa alkaa turve hapellisiin olosuhteisiin joutuessa hajota ja siihen varastoitunut hiili vapautua ilmakehään. Metsäojituksilla tavoiteltu kuivuminen luo toisaalta otollisemmat olosuhteet puuston kasvulle ja tämä yhdessä muun kasvillisuuden lisääntyneen kasvun myötä sitoo hiiltä, mutta ongelmaksi muodostuu metsätaloustyön myötä puuston lyhytaikaiseksi jäävä hiilivarasto, joka Suomen puunkäytössä on noin 5 vuotta. Verrattuna turvekerroksen sisältämän hiilen hävikkiä ja puuston sitomaa hiiltä havaitaan metsäojitusten muuttavan useat suotyyppit hiilinieluista hiilen lähteiksi. Muiden kasvihuonekaasujen osalta metsäojitusten myötä metaanipäästöt vähenevät, mutta typpioksiduulipäästöt lisääntyvät etenkin rehevillä kasvupaikoilla. (Toopakka & Sulkava, n.d., ss. 3–6)

3.1.4 Monimuotoisuusvaikutukset

Soiden ojittaminen on muuttanut oleellisesti maisemaa, kun monimuotoiset suoalueet ovat muuttuneet peitteiseksi metsäksi. Tästä ovat hyötynneet lähinnä kangasmaiden metsälajit ja jotkin ojitusalueet voivat ollakin arvokkaita metsäluonnon lajistolle, suoluonnon lajiston ollessa kärsijänä. Luonnontilaisten soiden lajistosta ei löydy sellaista suoluontoon erikoistunutta lajia, joka olisi ojitusten kuivatuksesta hyötynyt. Eniten ovatkin kärsineet avoimeen maastoon tai märkiin olosuhteisiin sopeutuneet rehevien soiden lajit. (Luke, n.d.-b)

Suomessa suot ovat elinympäristönä yksi eniten heikentyneistä ja niiden lajisto köyhtyy edelleen. Uhanalaisia lajeja niillä elää 120 - esimerkiksi linnuista riekko ja suokukko, kasveista suoneidonvaippa ja lettorikko ja perhosista suovenhokas ja kirjopapurikko. Soiden luontotyypeistä noin puolet on uhanalaisia koko maassa ja merkittävin syy uhanalaistumiseen on metsätalouden ojitukset. (Ympäristöministeriö, n.d.)

3.1.5 Vesistövaikutukset

Uudisojitusten todettiin lisänneen kyseisen valuma-alueen ojituksen jälkeistä vuosivaluntaa etenkin märemmillä soilla sekä lisänneen valuntahuippuja. Ojituksen myötä vauhtiin päässeeseen puuston kasvun todettiin kuitenkin palauttaneen valunnan ojitusta edeltävälle tasolle tai pienentäneen sitä, kun ojituksesta oli kulunut 15-20 vuotta ja myös valuntahuiput olivat

tasaantuneet. Kunnostusojitusten vaikutus valuntaan taas riippunee puuston kasvusta, joten runsaspuustoisella suolla valuntaa ei tule suuria muutoksia. (Nieminen & Ahti, 2000, s. 321)

Ojitukset ovat kuormittaneet vesistöjä erityisesti kiintoaineen osalta, joka on aiheuttanut vesien samentumista, liettymistä ja mataloitumista. Lisäksi kiintoaineen eloperäisen aineen hajoaminen kuluttaa vesistöissä happea. Vesistöjä rehevöittävät typpi ja fosfori kulkeutuvat myös kiintoaineeseen sitoutuneena, mutta myös liuenneina yhdisteinä. (Palviainen & Finér, 2013, s. 6)

Viimeaikaiset tutkimukset ovat osoittaneet, että ojitetuilta suoalueilta huuhtoutuu ravinteita vesistöihin enemmän kuin on luultu ja lisäksi ravinnepitoisuudet ovat sitä suuremmat, mitä kauemmin soiden ojituksista on aikaa. Tutkimuksissa havaittiin, että 50-60 vuotta vanhojen ojitusaluiden valumavesien typpi- ja fosforipitoisuudet olivat 2-3 kertaa suuremmat kuin 20-30 vuotta vanhojen ojitusaluiden. Todennäköisimmin ravinnekuormituksen lisääntyminen aiheutuu turpeen maatumisen etenemisestä, joka muuttaa ravinteita helppoliukoisempaan muotoon ja tämän lisäksi turpeen alttiimmaksi eroosiolle. (Luke, 2017)

Viime aikoina on kiinnitetty myös huomiota humuskuormitukseen. Humus on veteen liuenneita eloperäisiä orgaanisia aineita, joiden myötä vesi on ruskeankeltaista. Vesistöissä humus vaikuttaa mm. veden lämpötilaan, väriin, valaistukseen, perustuotantoon, ravintoketjuihin, happamuuteen, ravinteisuuteen sekä metallien ja muiden ympäristölle haitallisten aineiden kulkeutumiseen ja myrkyllisyyteen. Humuksen huuhtoutuminen suolta vesistöön saattaa pienentää myös suon hiilivarastoa ja lisätä kasvihuonekaasujen vapautumista vesistöistä ilmakehään. (Palviainen & Finér, 2013, ss. 6–7)

3.2 Soiden ennallistaminen

Soiden ennallistamisella pyritään palauttamaan ihmistoiminnan muuttamien suoekosysteemien rakenne ja toiminta luonnontilaisten kaltaisiksi. Hydrologian ohjatessa suon rakenteen ja lajiston muotoutumista lähtee ennallistaminen suon vesitalouden palauttamisesta luonnontilaista vastaavaksi nostamalla suovedenpinta luontaista vastaavalle tasolle sekä palauttamalla veden kulku luontaisille reiteilleen. Hydrologian palautumisen myötä mahdollistuu myös kasvillisuuden elpyminen. Esimerkiksi rahkasammalet ovat avainlajeja, joiden palautuminen on ehdotonta turpeen kertymisen sekä edelleen muiden suon toimintojen ja eliöyhteisöjen palautumiselle.

Soiden ennallistamisella tavoitellaan myös ilmastonmuutoksen hillitsemistä ehkäisemällä ojitettujen turvemaiden hiilivuotoa, valumavesien laadun parantamista palauttamalla suon vedenpidätys- ja suodatusominaisuudet sekä maiseman ennallistamiseen ja luonnon virkistyskäyttöön liittyviä hyötyjä. (Aapala, ym., 2013, ss. 19–21)

3.2.1 Ennallistamistoimenpiteet

Soiden ennallistamismenetelminä on käytetty ojien täyttämistä tai patoamista, jotta suon hydrologiaa saadaan muutettua luonnontilaisen kaltaiseksi. Ennallistamistoimenpiteenä myös suolle kasvanutta puustoa poistetaan, jotta ne eivät pääse kuivattamaan suota haihduttavan vaikutuksensa vuoksi. Poikkeuksena tähän, alun perin runsaspuustoisten korpisoiden puusto säästetään ennallistamisen yhteydessä ja osa säästetyistä puista kuolee vedenpinnan noustessa ja muodostaa lahopuuta sitä tarvitseville lajeille. Suot palautuvat ennallistamisen myötä hitaasti, mutta seurantojen perusteella ennallistaminen parantaa suoluontotyyppien tilaa ja edustavuutta. (Metsähallitus, n.d.)

4 Opinnäytetyö – Kärkistenojan valuma-alueen Jänijärveä rasittavan kuormituksen pienentäminen

Tämän opinnäytetyö on tilannut Jänijärven seudun suojeluyhdistys ry., joka on jo vuodesta 1991 toiminut Jänijärven ympäristön tilan puolesta, niin jätehuoltoa järjestäen kuin erityisesti Jänijärven ekologisen tilan parantamiseen keskittyen. Suojeluyhdistyksessä oli todettu tarve selvittää, kuinka pienentää ojitetun Kärjensuon Jänijärveä rasittavaa kuormitusta, huomioiden viimeaikaisissa tutkimuksissa ilmi tullut ojitusalueiden aiempia oletuksia suurempi ravinnekuormitus. Opinnäytetyöstä sovittiin ja samalla jaettiin ajatuksiamme alkavaa työtä kohtaan etäpalaverissa 18.1.2021, jossa olivat läsnä suojeluyhdistyksen puolelta puheenjohtaja Jan Löfstedt ja taloudenhoitaja Esko Lepänkoski, opinnäytetyön ohjaaja Sirpa Ojansuu ja opinnäytetyön tekijä Antti Polvinen.

4.1 Tutkimusmenetelmät

Tämän tutkimuksellisen opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää olemassa olevaa tietoa hyväksi käyttäen, sidosryhmien kanssa yhteistyössä toimien ja maastokäynnein kuinka pienentää Kärkistenojan valuma-alueen Jänijärveä rasittavaa kuormitusta. Tutkimuskysymykseni olivat:

- Mitä vesistökuormitusta pienentäviä toimenpiteitä voi tehdä Kärjensuolla?
- Mitä vesistökuormitusta pienentäviä toimenpiteitä voi tehdä Kärkistenojalla?

4.2 Tiedonkeruu ja menetelmät

Opinnäytetyöni teoriapohjaa varten tutustuin vesiensuojeluun ja soiden ennallistamiseen kirjallisuuteen tutustuen sekä netistä tietoa keräten. Tutkimusalueen osalta hain tarkempaa tietoa ja mittaustuloksia viranomaispalveluita hyödyntäen sekä Jänijärven seudun suojeluyhdistyksen nettisivuilleen koostamia tietoja hyväksi käyttäen. Apunani oli myös HAMKin opiskelijaryhmän tutkimusalueelta koostamat raportit.

Sidosryhmiin, mm. ELY-keskus, Metsäkeskus, KVVY sekä Hämeen kalatalouskeskus, olin yhteydessä sähköpostitse tai puhelimitse aiheesta ajatuksia vaihtaen. Ennen tarkentavia maastokäyntejä hain tietoa tutkimusalueesta paikkatietopalveluita hyväksi käyttäen.

4.3 Maastokäynnit

4.3.1 Katselmus tiistaina 4.5.2021

Tapasimme Jänijärven seudun suojeluyhdistyksen väen (3hlöä) kanssa sovitusti aamupäivällä Kärkistenojan siltarummun luona. Kiersimme yhteistuumin muutaman kilometrin lenkin alkaen Kärkistenojalta ja jatkuen Kärjensuon kautta Suontakan ojitetulle peltoalueelle, josta teitä pitkin takaisin Kärkistenojalle.

Kärkistenojan virtaama oli katselmuspäivänä varsin maltillinen, mutta yhdistysväen mukaan virtaama yltyy valuntahuippujen aikaan melkoiseksi. Kärkistenojan vesi oli ruskeaa ja virtasi osittain kivisessä, noin metrin levyisessä uomassa. Siltarummulta ylävirtaan, noin 200 metrin

päässä siltarummulta oli suojeystyksen noin 20 vuotta sitten toteuttama laskeutusallas, jonka toteutuksen totesimme olevan ei toivottu, koska allas oli kaivettu uoman sivuun ja uoma pääsi virtaamaan suoraan laskeutusaltaan toista sivua myötäillen.

Toinen laskeutusallas löytyi Kärkistenojan risteyksen lännestä laskevasta haarasta juuri ennen uomien risteystä ja kolmas Suontakan peltoalueen läpi laskevasta uomasta.

Kärjensuon ojista vanhojen todettiin kasvaneen liki umpeen niiltä osin, kun reitillemme osui ja vuoden 2015 ojituslohkon ojien todettiin olevan edelleen auki, emmekä näkemiltämme osin havainneet tällä ojustolla tehdyn vesiensuojelurakenteita, esimerkiksi perkauskatkoja.

Kärjensuolla puuston kasvu on ollut ojituksista huolimatta hidasta ja katselmuksenkin aikaan vedenpinta oli hyvin lähellä suon pintaa, joten kumisaappaat olivat tarpeen.

Katselmuksella Kärjensuolla tuli linnuista näkyville muutama pyy, kurkia ja metso sekä perhosista suruvaippa, neitoperhonen, sitruunaperhonen ja nokkosperhonen.

Katselmuksen jälkeen kävin vielä yksinään katselemassa Kärkistenojan aluetta tarkemmin ja seurasin myös Kärkistenojaan etelästä laskevaa haaraa kolmisen sataa metriä.

Oli ollut yhdistysväen kanssa jo aiemmin puheissa erään maanomistajan esille nostama ajatus riistakosteikosta, mutta täsmällinen paikka ei ollut itselleni selvillä. Omalla kierroksellani maastoa tarkastellessani näytti mielestäni Kärkistenojan risteyksen seutu, etenkin risteyksestä länteen päin, otolliselle mahdollista kosteikkoa suunniteltaessa. Alue on jo ennestään kostea ja kasvaa mm. mesiangervoa, osmankäämiä ja pajukkoa. Käynnin jälkeen asiasta tarkemmin soitellessa selvisi, että riistakosteikkoa oli kaavailtu Räyskänmäentien varressa olevan ”riistapellon” yhteyteen.

Kuva 7. Maastokäynnillä 4.5.2021 kuvattujen laskeutusaltaiden sijainti kartalla (MML, 2021b).



Kuva 8. Kärkistenojan laskeutusallas 1 kuvattuva ylävirtaan päin (Polvinen, 2021).



Kuva 9. Laskeutusaltaat 2 ja 3 (Polvinen, 2021).



4.3.2 Katselmus tiistaina 18.5.2021

Kokoonnuimme Jänijärven seudun suojeluyhdistyksen väen sekä Metsäkeskuksen asiantuntijan kanssa iltapäiväksi katsastamaan ja keskustelemaan Kärkistenojan valuma-alueen vaikutuksista Jänijärveen ja mitä vesiensuojelurakenteita alueelle olisi mahdollista toteuttaa.

Aloitimme maastokatselmuksen Kärkistenojan siltarummulta ja jaoimme ajatuksiamme Kärkistenojaan kiveämällä toteutettavista pohjapatojen sarjasta. Ensimmäisen laskeutusaltaan totesimme edelleen epäonnistuneesti toteutetuksi, kun uoma kulkee suoraan vain laskeutusallasta

sivuten. Kyseinen laskeutusallas oli kuulemma kertaalleen tyhjennetty, mutta sinne ei ollut kuulemma juuri mitään kertynyt – kertoo siis sekin, ettei laskeutusallas toimi toivotulla tavalla.

Juuri ennen Kärkistenojan haaraumaa todettiin otollinen paikka toteuttaa tarpeellisen kokoinen uusi laskeutusallas. Lännestä laskevan uoman lopussa oleva laskeutusallas todettiin myös toteutukseltaan vajavaiseksi – liian pieni kiintoaineen pidättämiseksi, kuten muutkin tarkastetut laskeutusaltaat ja tämänkin laskeutusaltaan alapäästä puuttui pohjakynnys.

Seuraavaksi tarkastelimme hieman ehdottamaani kosteikon paikkaa, mutta asiantuntijan mukaan valuma-alueen koko vaatisi isomman kosteikkoalan ja kosteikko taas jatkuvaa hoitoa, jotta vesiensuojelulliset tavoitteet täyttyisivät. Mahdollisuus jonkinlaiseksi tulvatasanteeksi kuitenkin todettiin.

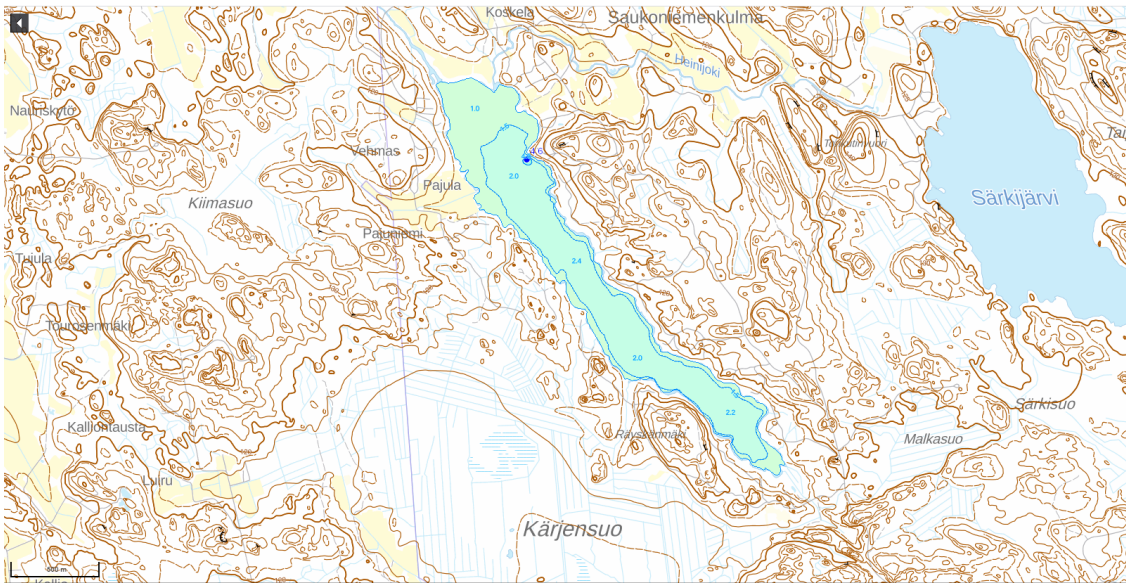
Jatkoimme matkaamme uomaa pitkin luoteeseen kohti Suontakan entistä peltoaluetta ja sivusimme keskustelussa suon ennallistamisen mahdollisesti lisäävää vesistökuormitusta. Sellaiset virranhallintarakenteet, jotka eivät vaikuta yläpuolisen alueen kasvukauden aikaiseen vesitalouteen heikentävästi todettiin toteuttamiskelpoisiksi.

5 Kärkistenojan valuma-alue ja Jänijärvi

5.1 Jänijärvi

Jänijärvi sijaitsee Tammelan kunnan pohjoisosassa lähellä Forssan rajaa Kanta-Hämeessä. Se on pinta-alaltaan noin 83 hehtaarinen, pitkänomainen järvi, jonka pituus on noin 3 kilometriä ja leveys 0,2-1 kilometriä. Järvi on matala, keskisyvyydeltään noin 1,5 metriä ja sen syvin kohta (4,6m) sijaitsee järven koilliskulmassa. Peräjokeen rakennetulla pohjapadolla toteutetun vedennostohankkeen jälkeisessä Hämeen ELY-keskuksen seurannassa Jänijärven keskivedenkorkeus on ollut 110,07 mpy. Jänijärven pohjoispäähän laskee Heinijärvestä Heinijoki. Jänijärvestä edelleen Loimijokeen laskee Peräjoki, niin ikään järven pohjoispäästä, joten pitkänomaisessa järvessä veden vaihtuvuus on pientä. Jänijärvi on merkittävä virkistyskohde Forssan seudun asukkaille. Kesämökkejä järvelle on rakennettu toista sataa, joten sen rannat ovatkin lähes täyteen rakennetut. (Jänijärven Seudun Suojeluyhdistys ry., n.d.-a; Paikkatietoikkuna, n.d.)

Kuva 10. Jänijärven syvyysskäyrät ja syvin kohta (Paikkatietoikkuna, n.d.).



5.1.1 Jänijärven vedenlaatu

Lammin biologinen asema on selvittänyt Jänijärven, yläpuolisen Heinijärven sekä näihin laskevien jokien ja ojien vedenlaatua vuosina 2011, 2017, 2018 ja 2019. Myös paikalliset suojeluyhdistykset ovat seuranneet alueen vesistöjen tilaa sekä toimineet aktiivisesti vesien tilan parantamiseksi mm. pyrkien vähentämään valuma-alueilta tulevaa kuormitusta erilaisin toimenpitein. Jänijärven osalta uusimmissa vuoden 2018 mittauksissa ei havaittu oleellista eroa vuosien 2011 ja 2017 mittauksiin ja Jänijärvi on luokiteltavissa ravinne- ja klorofyllipitoisuuksien mukaan reheväksi ja käyttökelpoisuusluokituksestaan välttäväksi. Alusveden talviaikaisen huonon happitilanteen havaittiin nostaneen hieman alusveden fosfaattipitoisuuksia. (Tulonen, 2019)

Taulukko 13. Jänijärven vedenlaatu. Mittaukset 2011, 2017 ja 2018 (Tulonen, 2019).

Aika	Syvyys m	Lämpötila °C	Happi mg/l	pH	Alkaliteetti mmol/l	Sähkönjohtavuus µS/cm/25°C	N/NH ₄ mg/m ³	P/PO ₄ mg/m ³	N/NO ₂ +NO ₃ mg/m ³	kok. N mg/m ³	kok. P mg/m ³	Klorofylli a mg/m ³
11.8.2011	1,0	19,2	8,1	6,5	0,15	44	7	2	13	869	61	22
11.8.2011	2,0	18,9	7,8	6,6	0,13	44	5	2	13	820	59	30
20.3.2017	0,5	2,9	14,8	6,2	0,11	43	71	6	275	990	44	
20.3.2017	2,0	3,1	3,2	6,1	0,18	57	17	16	322	1015	47	
8.8.2017	0,5	17,9	8,3	6,5	0,13	45	13	4	3	768	44	42
8.8.2017	2,0	17,7	8,1	6,6	0,13	45	13	4	4	877	72	
20.3.2018	0,5	0,6	11,9	5,5	0,09	46	99	9	177	1012	35	
20.3.2018	2,0	3,1	3,7	5,5	0,11	50	51	16	244	1096	42	
7.8.2018	0,5	21,6	7,9	6,3	0,11	41	8	5	< 10	845	74	24
7.8.2018	2,0	21,3	7,8	6,3	0,11	42	8	5	< 10	930	63	

5.1.2 Jänijärveen laskevien uomien vedenlaatu

Lammin biologinen asema on selvittänyt Jänijärveen laskevien uomien vedenlaatua vuosina 2017-2019. Heinijoen fosforipitoisuuksien todettiin olevan korkeimmillaan kesällä otetuissa näytteissä ja yleisesti Heinijoen ravinnepitoisuuksien olevan enimmäkseen samalla tasolla verrattuna Jänijärvestä edelleen laskevan Peräjokeen. Pajulanojasta näytteet otettiin fosforinsaostuslaitteen yläpuolelta läheltä metsänrajaa sekä alapuolelta keskeltä laidunta. Fosforinsaostuslaitteen ei havaittu vähentävän fosforia ja fosforipitoisuudet nousivat ojan virratessa laitumen läpi. Kärjensuon valumavedet laskevat Jänijärveen Kolisevanojan, yhden nimettömän ojan sekä Kärkistenojan kautta, jonka vesi oli näytteissä suoalueille tyypillisesti hapanta, sen fosfaattipitoisuus oli korkeahko ja se oli orgaanisen aineksen tummentamaa. Elokuussa 2018 Pajulanoja Kärkistenoja olivat kuivia. (Tulonen, 2017; Tulonen, 2019)

Uomien kokonaisfosforikuormitusta arvioitiin näytteitä ottaessa keskimääräisen uoman leveyden, syvyyden, virtausnopeuden ja kokonaisfosforipitoisuuden perusteella. Kärkistenojan keskimääräinen kokonaisfosforikuormitus oli 0,7 kg P/vrk, ollen korkeimmillaan elokuussa 2017 noin 2,4 kg P/vrk. Pajulanojan kokonaisfosforikuormitus fosforinsaostuslaitteen alapuolisella mittauspisteellä oli 0,1 kg P/vrk, ollen korkeimmillaan maksimivirtauksen aikaan lokakuussa 2017 1,5 kg P/vrk. Heinijoen osalta arvioitu keskimääräinen fosforikuormitus oli 2017 3,7 kg P/vrk, pienen virtaaman vuonna 2018 1,7 kg P/vrk ja huhtikuussa 2019 3,5 kg P/vrk. Pajulanojan osalta todettiin fosforinsaostuslaitteen alapuolisen laidunmaan aiheuttama kuormitus ja mahdollisuus parantaa fosforisaostajan tehokkuutta sekä pidättää laidunmaalta valuvia ravinteita perustamalla kosteikko lähelle järveä. Kärkistenojan osalta todettiin merkittävä kuormitus etenkin korkeiden virtaamien aikaan ja suositeltiin laskeutusaltaan rakentamista suoalueen ja järven väliin. (Tulonen, 2019)

Taulukko 14. Jänijärven vedenlaatu. Mittaukset 2011, 2017 ja 2018 (Tulonen, 2019).

Havaintopiste	Pvm	Virtaus m/s	Veden korkeus cm	pH	Väriluku (410 nm) mg Pt/l	P/PO ₄ mg/m ³	kok. P mg/m ³	kok. N mg/m ³	Kiintoaine mg/l	TOC mg/m ³
Kärkistenoja	20.3.2017	0,29	14	5,0	486	24	70	1950	4,7	55
Kärkistenoja	8.8.2017	1,04	54	4,5	704	43	107	1552	9,6	76
Kärkistenoja	10.10.2017	1,00	21	4,2	591	25	70	1605	5,4	71
Kärkistenoja	18.4.2018	1,42	15	4,9	300	10	47	1277	4,4	34
Kärkistenoja	7.8.2018	0,00	0							
Kärkistenoja	7.11.2018	0,51	5	5,6	654	36	94	1340	5,5	64
Kärkistenoja	2.4.2019	1,21	18	4,5	383	14	39	1169	1,9	51
Pajulanoja alapuoli*	20.3.2017	0,12	9	4,8	406	23	87	1352	11,1	43
Pajulanoja alapuoli*	8.8.2017	0,21	17	4,4	734	34	101	1715	20,2	74
Pajulanoja alapuoli*	10.10.2017	0,18	30	5,7	574	110	189	1630	20,6	56
Pajulanoja	7.8.2018	0,00	0							
Pajulanoja yläpuoli	7.11.2018	0,03	13			6	27			
Pajulanoja alapuoli	7.11.2018	0,08	12			24	75			
Pajulanoja yläpuoli	2.4.2019	0,37	14	4,5	283	9	24	1211	2,6	37
Pajulanoja alapuoli	2.4.2019	0,12	20	5,2	292	24	55	1363	3,3	36

*virtausnopeus ja uoman syvyys mitattu ennen siepparia (yläpuoli).

Taulukko 15. Heinijoen ja Jänijärvestä laskevan Peräjoen näytteiden tulokset 2011-2019 (Tulonen, 2019).

Havaintopiste	Aika	Virtaus m/s	Veden korkeus m	pH	Väriluku (410 nm) mg Pt/l	P/PO ₄ mg/m ³	kok. P mg/m ³	kok. N mg/m ³	Kiintoaine mg/l	TOC mg/m ³
Heinijoki	5.5.2011	0,39	0,55	5,9	295	3	26	900	10,4	23
Heinijoki	10.8.2011	0,04		6,1	224	6	50	776	13,3	18
Heinijoki	5.10.2011	0,12	0,21	6,7	323	7	49	967	13,4	24
Heinijoki	20.3.2017	0,27	0,50	6,2	158	8	36	1099	3,6	20
Heinijoki	8.8.2017	0,17	0,40	6,1	276	14	62	1300	8,0	28
Heinijoki	10.10.2017	0,82	0,45	5,9	314	16	63	1430	9,8	31
Heinijoki	18.4.2018	0,84	0,50	5,9	240	5	32	1270	9,6	24
Heinijoki	7.8.2018	0,13	0,20	6,2	200	18	61	967	4,8	22
Heinijoki	7.11.2018	0,31	0,13	6,4	186	7	34	848	4,7	20
Heinijoki	2.4.2019	0,73	0,40	6,0	192	6	35	1310	6,0	22
Peräjoki	10.8.2011			6,0	239	1	55	893	11,0	20
Peräjoki	5.10.2011			6,6	242	4	41	777	7,7	19
Peräjoki*	14.8.2013			6,3			42	854	10,9	
Peräjoki*	14.10.2013			6,2			64	727	30,8	
Peräjoki*	4.11.2013			6,3			63	1108	15,0	
Peräjoki	20.3.2017	0,06		6,2	151	21	74	1166	6,8	19
Peräjoki	8.8.2017	0,08	1,00	6,4	165	6	58	936	12,2	19
Peräjoki	10.10.2017	0,21	1,20	6,2	273	11	63	1130	8,8	25
Peräjoki	18.4.2018	0,19	1,40	5,9	233	7	38	1211	6,8	23
Peräjoki	7.8.2018	0,02	0,85	6,1	203	12	55	978	4,8	22
Peräjoki	7.11.2018	0,02	1,00	6,4	177	8	44	846	6,0	18

* padon kohdalta otettu näyte

5.1.3 Vesialueen osakaskunta

Jänijärvi kuuluu Kaukjärven osakaskuntaan. Osakaskunnan vesialue kattaa 155,45 hehtaaria sisältäen Jänijärven lisäksi osat Kaukjärvessä ja Heinijoessa ja siihen kuuluu myös yhteinen vesijättöalue. Osakaskunta toimii alueellaan myös kalastuslaissa (286/82) tarkoitettuna kalastuskuntana. (Kaukjärven osakaskunta, 2009)

5.1.4 Kalasto

Jänijärvellä on aikanaan toteutettu ravintoverkkokunnostus kalamassaa poistaen tavoitteena kalakannan ja veden laadun parantaminen. Vuoden 2012 koekalastuksessa saaliiksi saatuja kalalajeja oli kahdeksan (ahven, hauki, kuha, särki, kiiski, salakka, pasuri ja lahna). Lukumääräisesti eniten saatiin saaliiksi ahvenia ja lahnan saalisosuuden ollessa vähäinen sisällytettiin lahnasaalis taulukoissa pasurisaaliiseen. Petokalojen osuus saaliin kokonaismassasta oli 31.3 % ja Jänijärven kalaston peto-saalis suhde oli hyvällä tasolla. Koekalastuksen perusteella järven kalaston todettiin vaikuttavan terveelle eikä hoitopyynnille nähty tarvetta. Koekalastuksessa Jänijärven yksikkösaaliiksi (g/verkko/yö) saatiin 1389,7 g. Rajana kannattavalle ravintoverkkokunnostukselle, jotta toimenpiteellä saataisiin parannettua järven tilaa, pidetään yleisesti Etelä-Suomen järvillä yksikkösaalista 2000 g/verkko/yö. Kalastusta suositeltiin suoritettavan jatkossa monipuolisesti sisältäen myös särkikaloiden pyyntiä. (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy, 2013)

Taulukko 16. Jänijärven 2012 koekalastuksen tulokset (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy, 2013).

Laji	Kokonaissaalis (kpl)	Yksikkösaalis (kpl/verkko/yö)	Kokonaissaalis (g)	Keskipaino (g)	Yksikkösaalis (g/verkko/yö)
Ahven	356	35,6	5019	14,1	501,9
Hauki	3	0,3	1355	451,7	135,5
Kuha	4	0,4	341	85,3	34,1
Särki	189	18,9	4089	21,6	408,9
Kiiski	20	2	198	9,9	19,8
Salakka	24	2,4	500	20,8	50
Pasuri	36	3,6	2395	66,5	239,5
Yhteensä	632	63,2	13897	22	1389,7

Kaukjärven osakaskunta koekalasti Jänijärvellä elokuussa 2019 tarkoituksenaan selvittää oliko järvestä syntynyt kuhan poikasia. Muikkuverkoilla toteutetussa koekalastuksessa ei saatu saaliiksi tavoiteltuja edelliskesän poikasia ja tarkoituksena olikin toistaa koekalastus vielä uudestaan myöhemmin syksyllä. Koekalastuksessa muikkuverkkoihin (solmuväli 12 ja 19) tarttui tavoiteltuja vanhempien kuhien lisäksi ahvenia, kiiski sekä särkikaloja. Kuhia Jänijärveen on istutettu toisinaan ja vuonna 2019 ennätysmäärä 4000 kpl. (Kaukjärven osakaskunta, 2019)

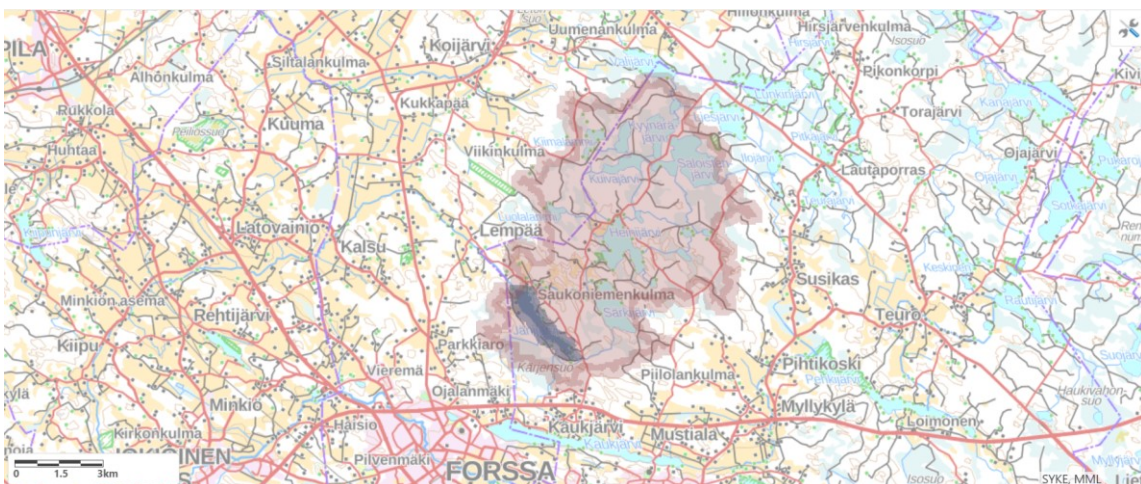
Taulukko 17. Jänijärven istutukset 2000-2019 (Hämeen ELY-keskus, n.d.).

Istutuspäivä	Laji	Ikä	Kpl
4.5.2001	Kirjolohi	Kaksivuotias	100
11.9.2005	Kuha	Yksikesäinen	400
31.8.2014	Kuha	Yksikesäinen	1500
19.8.2017	Kuha	Esikesäinen	1900
7.8.2019	Kuha	Yksikesäinen	4000
26.9.2002	Täpläräpu	Istutettu sukukypsiä, ikää ei tunneta	500
6.6.2006	Täpläräpu	Yksivuotias	450
30.7.2008	Täpläräpu	Istutettu sukukypsiä, ikää ei tunneta	340
13.9.2013	Täpläräpu	Istutettu sukukypsiä, ikää ei tunneta	714

5.1.5 Valuma-alue

Jänijärven valuma-alue on pinta-alaltaan noin 5900 hehtaaria. Valuma-alueesta maatalousmaata on noin 3 %, metsää yli 80 %. Järvet kattavat valuma-alueen pinta-alasta 12 %. (Haimakainen, ym., 2018, s. 2)

Kuva 11. Jänijärven valuma-alue (SYKE n.d.).



5.2 Jänijärven Seudun Suojeluyhdistys

Yhdistys on perustettu kesäkuussa 1991 nimellä Jänijärven seudun asukasyhdistys.

Perustamiskokouksen pöytäkirjaan uuden yhdistyksen tavoitteeksi kirjattiin ”Jänijärven seudun asukkaiden ja loma-asukkaiden elinympäristön pitäminen rauhallisena ja viihtyisänä”. Yhdistyksen perustamisen aikaan uhkana oli lähistölle suunnitelmassa ollut, mutta lopulta rakentamatta jäänyt ampumarata. Ampumaradan vastustamisen lisäksi yhdistyksen intresseissä oli Jänijärven veden laadun ja pinnan korkeuden tarkastelu. Jänijärven tilaan liittyvä seuranta ja toimenpiteet ovat edelleenkin yhdistyksen toiminnan keskiössä. Vuonna 2005 yhdistys rekisteröitiin yhdistysrekisteriin nimellä Jänijärven seudun suojeluyhdistys ry. Vesistöasioiden lisäksi yhdistys on ollut aktiivinen alueen jätehuollon kuntoon saattamisessa ja alueen jätehuoltoa pyöriikin nyt ympärivuotisesti yhdistyksen järjestämänä. (Jänijärven Seudun Suojeluyhdistys ry., 2016)

5.2.1 Jänijärven Seudun Suojeluyhdistyksen hankkeita

Yhdistys on 2000-luvulla toteuttanut yhteistyössä seudun muiden toimijoiden kanssa useita EU-rahoitteisia vesiensuojeluhankkeita. Ensimmäiseksi vuosina 2006-2008 toteutettiin Tammelan järvien ja kalaston tutkimus- ja kunnostushanke, sen jälkeen 2009-2012 Luoteis-Tammelan vesistöjen kunnostus ja vedenkorkeuden noston suunnittelu sekä 2011-2015 Pohjois-Tammelan vesistöjen hallinta- ja virkistyskäyttömahdollisuuksien parantamishanke. Vuosien varrella Jänijärven veden laadun parantamiseksi on lisäksi niitetty kortteita, suoritettu koekalastuksia, valmisteltu tulvatasanteiden rakentamista ja tehty ruoppauksia. (Jänijärven Seudun Suojeluyhdistys ry., 2016)

5.3 Kärkistenoja

Kärkistenoja laskee Jänijärveen järven lännen/lounaan puoleiselta rannalta Räyskänmäen pohjoispuolelta. Kärkistenojan valuma-alue on kooltaan 366,25 hehtaaria. Lammin biologisen aseman mittauksissa Kärkistenojan veden on todettu olleen suoalueille tyypillisesti hapanta ja orgaanisen aineksen tummentamaa. Ravinnepitoisuudet etenkin fosfaattifosforipitoisuudet ovat ojassa olleet korkeita. (Tulonen, 2017) Kärkistenojan Jänijärveä kuormittava vaikutus onkin merkittävä etenkin korkeiden virtaamien aikana. (Tulonen, 2019)

Kuva 12. Kärkistenoja laskee Jänijärveen (Polvinen, 2021).



5.3.1 Aiemmat mittaukset

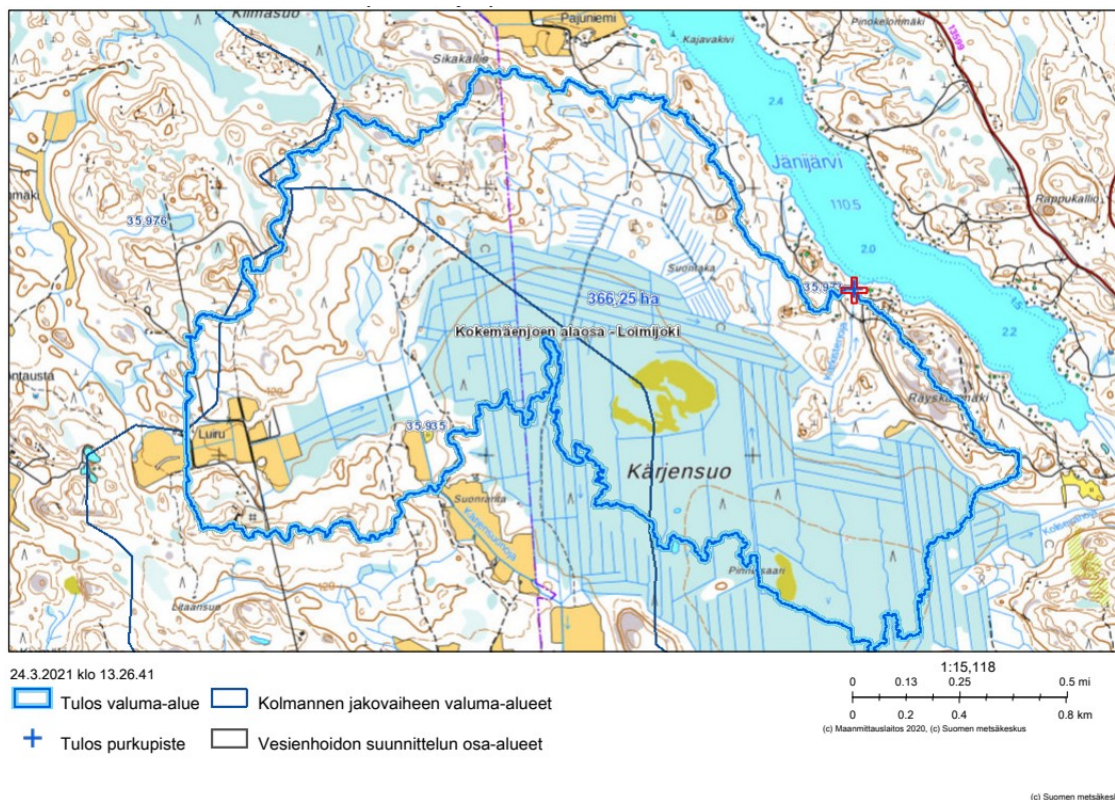
Kärkistenojan vedenlaatua tarkkailtiin Hämeen ympäristökeskuksen Tammelan Jänijärven kuormitusseuranta -hankkeessa vuosina 2006 ja 2007. Hankkeen tavoitteena oli Kärkistenojan osalta selvittää kuormituksen laatua sekä arvioida valuma-aluekunnostusten tarvetta ja laatua. Kärkistenojan mittaustulokset löytyivät viranomaisten tietokannasta, mutta valitettavasti hankkeen loppuraporttia tai tarkempia tietoja valuma-aluekunnostuksen tarpeen arvioinnista en löytänyt. (Horppila, 2007, s. 65)

Taulukko 18. Kärkiestenojan mittaukset 2006-2007 (Haimakainen, ym., 2018).

Kärkistenojan virtaama + ravinne- ja kiintoainekuormitus							
pvm	virtaama l/s	fosforipitoisuus g/m ³	fosforikuormitus kg/d	typpipitoisuus g/m ³	typpikuormitus kg/d	kiintoainepitoisuus g/m ³	kiintoainekuormitus kg/d
27.4.2006	52	0,058	0,26	1,5	2,59	5,2	23,36
18.10.2006	0,2	0,12	0,002	1,1	0,19	2,9	0,05
15.3.2007	13,9	0,064	0,076	2,0	2,40	5,1	6,12
3.5.2007	11,6	0,040	0,040	0,950	0,952	2,6	2,60

5.3.2 Kärkistenojan valuma-alue

Kuva 13. Kärkistenojan valuma-alue (Metsäkeskus, n.d.).



Kärkistenojan valuma-alue on 366 hehtaaria. Noin puolet valuma-alueesta kattaa lähes kauttaaltaan ojitettu Kärjensuo.

5.4 Kärjensuo

Jänijärven lounaispuolella, Tammelan ja Forssan rajalla, sijaitsee Kärjensuo. Suon pinta on korkeudessa 112-118 mpy ja suon pinta viettää keskustasta reunoille päin. Suon vedet poistuvat useammasta kohtaa, merkittävimmin lasku-uomina Jänijärveen laskeva Kärkistenoja ja Kaukjärveen laskeva Kärjensuonoja. Suo rajoittuu kallio- ja moreenialueisiin, mutta paikoin myös savialueisiin ja hiekkaiseen harjuun. Suon pohjamaalajit ovat savi (91 %) ja moreeni (9 %). Geologian tutkimuskeskuksen raportissa Kärjensuon pinta-alaksi mainitaan 242 hehtaaria. Kärjensuossa mainitaan olevan turvetta yhteensä 11,54 milj. suo-m³ ja suurimmaksi turvekerroksen paksuudeksi oli suon keskiosassa mitattu 7,6 metriä. Kärjensuo on alkanut kehittyä

järven umpeenkasvun seurauksena ja ympäröivän mineraalimaan soistuminen on myöhemmin laajentanut suoaluetta. (Stén, 1998, ss. 21–22)

Kuva 14. Kärjensuon avo-osaa Kärkistenojan länsipuolella (Polvinen, 2021).

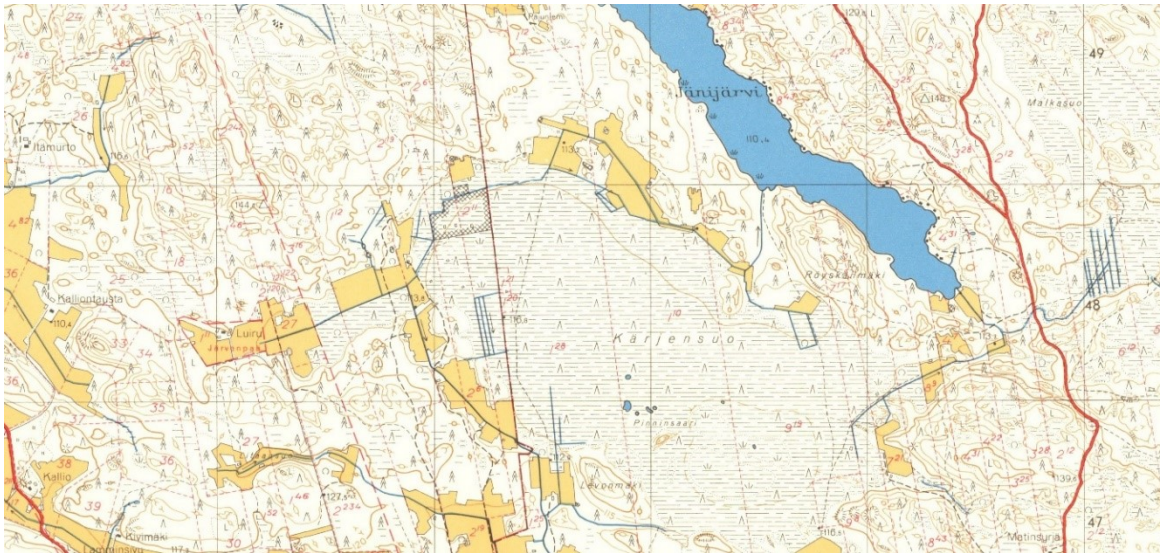


Vuoden 2010 Hämeen-Liiton tilaamassa inventoinnissa selvitettiin Kanta-Hämeen alueen suokasvillisuutta. Kyseisessä selvityksessä Kärjensuon pinta-alaksi mainitaan 183,5 hehtaaria. Itä- ja eteläosilta Kärjensuo on mäntyvaltaista puolukkaturvekangasta (Vtkg2), jossa kenttäkerroksen valtalajeina kasvaa suopursu ja juolukka, pohjakerroksen ollessa seinäsammalvaltainen. Suon länsi- ja pohjoisosien kasvillisuus on varputurvekangasta (Vrtkg), jossa kenttäkerros on vuoroin isovarpu- tai tupasvillalvaltainen, pohjakerros seinäsammalvaltainen. Vuoden 2010 inventoinnissa todetaan Kärjensuon pohjois- ja eteläosissa hiljattain toteutetun täydennys- ja kunnostusojituksia. Ojituksista huolimatta, harvempaan ojitetulla suon keskiosalla vedenpinnan todetaan säilyneen lähes ennallaan ja keskiosan säilyneen muutoinkin suurelta osin luonnontilaisen kaltaisena. Suon keskiosan kasvillisuus on osin keidasrämeen ojikkoja (KeRoj), nevaosaltaan kuljunevaa (KuN), paikoin ombrotrofista lyhytkorsinevaa (omLkn) ja rämeosaltaan kanervarahka (KaRR)- ja kanervavaltaista isovarpurämettä (VIR). (Juutilainen, 2010, ss. 39–40)

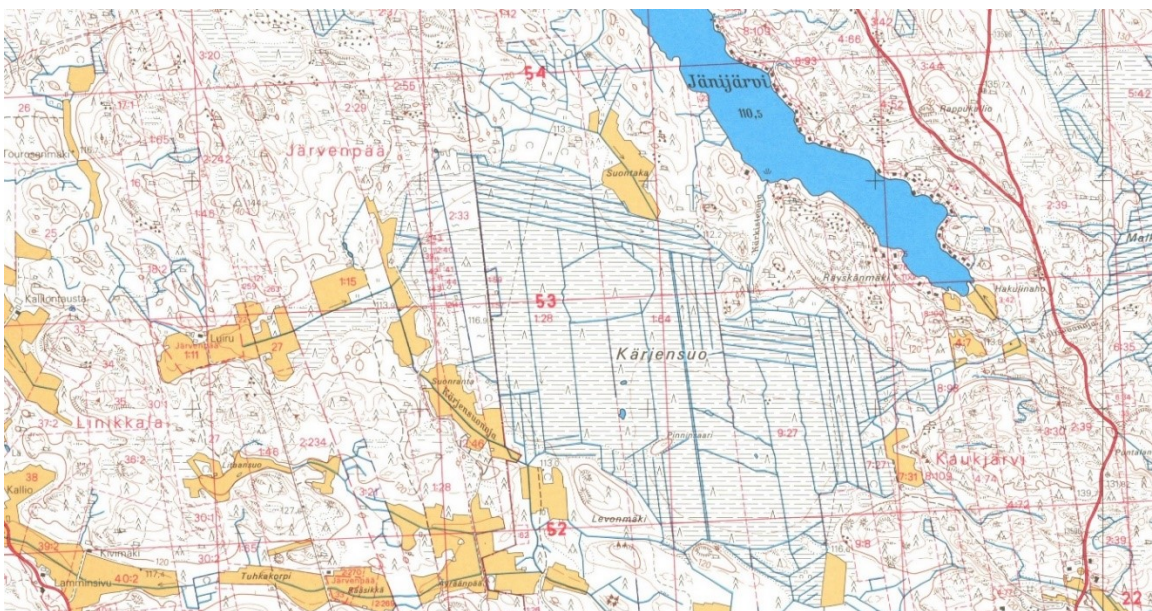
Kärjensuon länsireunalla on vanhoja turpeennostoalueita ja sieltä on aikoinaan nostettu runsaasti rahkaturvetta kuivikekäyttöön. (Stén, 1998, ss. 21–22). Geologian tutkimuskeskuksen vuoden 1998 raportissa Kärjensuo todetaan olevan tiheään ojitettu ja ojitetun alueen osuuden suon pinta-alasta olevan 82 % ja luonnontilaisen alueen 18 %. (Stén, 1998, s. 39) Vuoden 2010

suokasvillisuusinventoinnissa Kärjensuo huomioitiin potentiaalisena ennallistamiskohteena. (Juutilainen, 2010, s. 40)

Kuva 15. Vuoden 1960 kartassa Kärjensuolla ei ole juuri ojituksia. Turpeennostoalue merkittynä risuaitarasterilla suon luoteiskulmaan (Maanmittaushallitus, 1960).



Kuva 16. Vuoden 1980 kartassa Kärjensuo on jo liki kauttaaltaan ojitettu. Kaksi erillistä turpeennostoaluetta merkittynä, joista toinen suon luoteis- ja toinen suon länsikulmassa (Maanmittaushallitus, 1980).



Kärjensuon viimeisimmät kunnostusojitukset oli tarkoitus toteuttaa vuonna 2017, mutta Jänijärven seudun suojeluyhdistyksen aktiivisen toiminnan ansiosta tästä kunnostusojitushankkeesta vetäydyttiin. Kunnostusojituksia on Kärjensuolla kuitenkin toteutettu ainakin vuonna 2015. (Jänijärven seudun suojeluyhdistys, n.d.-b)

Kuva 17. Vuoden 2015 kunnostusojitusta ja vanhaa melkein umpeenkasvanutta ojaa (Polvinen, 2021).



Hämeen ympäristökeskuksen Tammelan metsäojituksen vesiensuojelusuunnitelmaan on kirjattuna kunnostusojitushanke Kärjensuolle, joka kattoi noin 40,5 hehtaaria ja ojastoa noin 11,3 kilometriä. Kunnostusojitushanke suunniteltiin toteutettavaksi talvikaivuna aloittaen kahden laskeutusaltaan kaivamisella. Vesiensuojelurakenteista alueelle oli kirjattuna lietekuopat ojien alkuihin, viisi laskeutusallasta, joista suurin 300 m³ ja lisäksi sopiviin kohtiin tuli jättää kaivukatkoja. (Jänijärven seudun suojeluyhdistys, n.d.-b)

Kunnostusojitusten osalta oli lisäksi sovittu Metsäkeskuksen kanssa lisätoimenpiteinä syksyllä 2006 toteutettavaksi 3-4 kpl kivikynnyksiä Kärkistenojaan, havusuodattimien käyttö kaivuaikana, kaivukatkoja, A-ojaston vesien johtaminen laskeutusaltaan kautta ja lietekuopat sarkaojiin 100

metrin välein. Näistä Kärkistenojan kivikatkot oli jo aiheesta sovittaessa toteutettu. (Jänijärven seudun suojeluyhdistys, n.d.-b)

6 Tulokset

6.1 Johtopäätökset

Kärkistenojasta 2006-2007 ja 2017-2019 otettujen näytteiden perusteella ei ravinnekuormituksen osalta ole tapahtunut näytteenottojen välillä pienenemistä. Kokonaisfosforin osalta mittaustulosten keskiarvoissa ei ollut juuri eroa näytteenottojen välillä ja kokonaistypessä oli pientä kasvua myöhemmissä mittauksissa. Näillä tiedon voisi olettaa ravinnekuormituksen pysyttelevän jatkossakin vähintään samalla tasolla, jos ei mitään vesiensuojelurakenteita valuma-alueelle toteuteta. Tähän lisänä vielä tuoreet tutkimustiedot, joiden mukaan ravinnehuuhtoumat vanhoilta ojitusalueilta näyttäisivät ajan myötä kasvavan.

Positiivisena seikkana voisi nostaa esiin Jänijärven seudun suojeluyhdistyksen vuoden 2017 kunnostusojitusten torppaamisen Jänijärveä lähimpänä olevalla Kärjensuon ojituslohkolla. Toisaalta taas vuoden 2015 kunnostusojituslohkolla ei maastokäynnillä näyttänyt toteutetun vesiensuojelurakenteita, esimerkiksi lietekuoppia tai perkuukatkoja.

Maastokäynneillä selvisi myös Kärkistenojaan toteutettujen laskeutusaltaiden nykytiedon valossa vesiensuojelurakenteina epäonnistunut toteutus. Olemassa olevat laskeutusaltaat olivat mitoitukseltaan liian pieniä, jotta kiintoaines ehtisi niissä toivotusti laskeutumaan, laskeutusaltaista puuttuivat myös purkupään pohjakynnykset ja lähimpänä Jänijärveä oleva laskeutusallas oli lisäksi muodoltaan sellainen, että virta vain sivusi sitä. Tämän Jänijärveä lähimpänä olevan laskeutusaltaan toimimattomuutta korostaa sekin, ettei sinne ollut kertynyt juuri mitään, kun sitä kertaalleen tyhjennettiin.

Viimeisimpien mittausten perusteella Jänijärvi on luokiteltavissa ravinne- ja klorofyllipitoisuuksien mukaan reheväksi ja käyttökelpoisuusluokitukseltaan välttäväksi. Veden vaihtuvuus järvestä on pientä, koska pitkänomaisen järven sekä tulo- että laskujoki sijaitsevat järven luoteis-

/pohjoispäässä. Kärjensuon järveä rasittava kuormitus taas painottuu juuri eteläiseen osaan järveä.

6.2 Ratkaisuehdotukset

6.2.1 Laskeutusaltaat

Maastokäynneillä tarkastetut olemassa olevat laskeutusaltaat todettiin toteutukseltaan vaillinaiseksi, jotta ne toimisivat vesiensuojelurakenteina toivotulla tavalla. Lähtökohtaisesti nykyiset laskeutusaltaat olivat liian pieniä hidastaakseen virtaa tarpeeksi, jotta virran mukana liikkuva kiintoaines kerkeäisi laskeutumaan. Altaiden purkupäästä puuttuivat myös pohjakynnykset.

Olemassa olevat laskeutusaltaat tulisi uudistaa siten, että ne täyttävät toiminnalleen asetetut tavoitteet. Vanhojen laskeutusaltaiden uusimisen lisäksi on arvioitava, tarvitseeko lisäksi toteuttaa uusia laskeutusaltaita valuma-alueen pinta-ala ja tulvahuippujen virtaamat huomioiden. Valuma-alueen koko, noin 266 hehtaaria, huomioiden uusien laskeutusaltaiden tarve näyttäisi ilmeiseltä, koska yhden laskeutusaltaan yläpuolisen valuma-alueen maksimikooksi on Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion vesiensuojeluoppaassa määritelty 40-50 hehtaaria.

Niin vanhoja laskeutusaltaita uudistaessa, kuin uusia laskeutusaltaita toteuttaessa, tulee tarkastella mahdollisuutta puurakenteiden käyttöön laskeutusaltaissa. Sen lisäksi, että puurakenteilla on saatu tehostettua laskeutusaltaiden toimintaa kiintoaine- ja kokonaisravinnemäärien osalta, on huomattava näiden kyky pidättää myös liukoisessa muodossa olevaa fosfaattifosforia sekä vähentää humuskuormitusta.

6.2.2 Kärkistenojan kiveäminen muodostaen pohjapatoja/putouskynnyksiä

Kärkistenoja on noin metrin levyinen osittain kivinen uoma, jonne on jo aiemmin tehty kivikynnyksiä. Osana ongelman ratkaisua voisi Kärkistenojaa sopivin paikoin kivetä muodostaen pohjapatoja. Näin saataisiin hillittyä veden virtausnopeutta ja näin ehkäisten eroosiota sekä pidättäen kiintoainesta. Sopivin pohjapadoin toteutettuna saadaan Kärkistenojan vettä myös hapetettua.

Kuva 18. Kärkistenojaa Räyskänmäentien ja ensimmäisen laskeutusaltaan välillä (Polvinen, 2021).



Kivillä toteutettaville pohjapadoille sopivimmat paikat löytyvät Jänijärven ja Kärskistenojan ensimmäisen laskeutusaltaan väliltä jatkuen laskeutusaltaalta vielä noin 100 metriä ylöspäin. Kalataloudellisen näkökulman liittäminen Kärkistenojan kiveämiseen olisi kiinnostavaa, mutta näillä vedenlaatutiedoin ei kovin rohkaisevaa, koska viimeisimpien mittausten perusteella Kärkistenojan vesi on liian hapanta ja suojeluyhdistyksen muistikuvien mukaan Kärkistenojalta ei tutkimuksissa löytynyt kaloja, rapuja tai simpukoita. Pohjapadot kuitenkin mahdollistavat kalojen kulkemisen Kärkistenojassa, jos vedenlaatu tulevaisuudessa antaa tälle mahdollisuuden.

Kuva 19. Pohjakynnyksiä (Tuusulanjärvi, n.d.).



Kuva 20. Pohjapato (Väisänen, n.d.).



Jänijärven seudun suojeluyhdistyksen toiminnan ollessa aktiivista herää myös ajatus Kärkistenojan kiveämällä toteutettavan pohjapatosarjan toteuttamisesta suunnitelman pohjalta talkootyönä.

6.2.3 Pajulanojan fosforisievepparin siirtäminen Kärkistenojalle

Laskeutusaltaita suunniteltaessa voisi ottaa mukaan suunnitelmiin Pajulanojan fosforisievepparin siirtämisen Kärkistenojalle logistiikan kannalta sopivan laskeutusaltaan yhteyteen, jotta fosforisievepparin ylläpito ja saostuneen fosforin poistaminen olisi helppo toteuttaa. Helposti saavutettavan Räyskämäentien siltarummun yhteyteen ei nähtävästi ole mahdollista toteuttaa

mitoitukseltaan riittävää laskeutusallasta, vaan fosforisieppari on vietävä kauemmas tiestä. Fosforin saostamisen lisäksi fosforisiepparilla saadaan pienennettyä myös kiintoaine- ja typpikuormia.

6.2.4 Kärjensuon ennallistamisen vaikutusten selvittäminen

Vuoden 2010 suokasvillisuusinventoinnissa Kärjensuo mainittiin potentiaalisena ennallistamiskohteena. Suon luontaisenkaltaisen vesitalouden palauttamisen toivottuja vaikutuksia ovat esimerkiksi suolajiston taantumisen pysäyttäminen ja suoekosysteemien toiminnan turvaaminen.

Suon ennallistamisella tavoitellaan myös sen vedenpidätys- ja suodatusominaisuuksien palauttamista, mutta vesistökuormitusta ajatellen on huomioitava, että toivotut ominaisuudet palautuvat vasta pidemmän ajan kuluessa ja ennallistamista saattaa seurata alkuun aiempaa suuremmat ravinnehuuhtoumat.

Ilmastonmuutosta torjuttaessa soiden ennallistamisella tavoitellaan hiilivuodon pysäyttämistä ja suoekosysteemien palautumista hiilinieluiksi. Alkuvaiheessa suon vedenpinnan nosto lisää metaanipäästöjä ja ilmastonmuutoksenkin osalta toivotut vaikutukset toteutuvat vasta pitkällä aikavälillä.

Kärkistenojan Jänijärveä rasittava kuormitus on kuitenkin suurilta osin seurausta Kärjensuon ojituksista ja vaikka Kärkistenojalle toteutettaisiin vesiensuojelurakenteita, eivät ne poista kuormituksen lähdettä.

7 Yhteenveto ja pohdinta

Suomi on elänyt metsästä ja valitettavasti tämä näkyy nyt ikävällä tavalla vesistöissämme. Viimeistään nyt on kuitenkin herätty toimimaan metsätaloustoimista vesiekosysteemeille aiheutuneiden haitallisten vaikutusten korjaamiseen. Perattuja koskia ja ojitettuja soita on ennallistettu ja metsätalouden vesiensuojeluun on panostettu. Ilmastonmuutos- ja monimuotoisuuskeskustelu pitävät aiheen varmasti keskustelussa jatkossakin.

Soita metsätalouden tarpeisiin ojittamalla on aiheutettu vesistö- ja ilmastopäästöt, joiden korjaaminen ennallistamalla ei välttämättä enää palautakaan suon toimintaa näiltä osin toivotun kaltaiseksi ja varsinkin ennallistamisen alkuvaiheessa niin vesi- kuin ilmastopäästöt todennäköisesti kasvavat.

Jänijärven tapauksessa Kärjensuolta tuleva kuormitus jatkuu, mutta sen määrään päästään vaikuttamaan ottamalla vesistövaikutukset huomioon tulevia metsätaloustoimia suunniteltaessa sekä toteuttamalla toimivia vesiensuojelurakenteita Kärkistenojaan. Toiveita herättävää on, että alueen maanomistajista on löytynyt kiinnostuneita niin suon ennallistamiseen kuin vesiensuojelurakenteiden toteuttamiseen. Kärkistenojan alue siirtyykin Metsäkeskuksen toimesta vesiensuojelurakenteiden osalta suunnittelun alle näillä näkymin vuonna 2022 ja mahdollisten vesiensuojelurakenteiden toteuttaminen olisi vuorossa 2024.

Uusista vesiensuojeluratkaisuista voisi ottaa tarkastelun alle biohiilen mahdollisuudet metsätalouden valumavesien käsittelyssä etenkin humuskuormituksen osalta. Ehkä tästä voisi harkita seuraavaa yhteistyömahdollisuutta Jänijärven seudun suojeluyhdistyksen ja HAMKin välille.

Lähteet

Aapala, K., Rehell, S., Similä, M. & Haapalehto T. (2013). Ennallistamisen tarve ja tavoitteet.

Teoksessa Aapala, K., Similä, M. & Penttinen, J. (toim.), *Ojitettujen soiden ennallistamisopas* (ss. 19-40). Metsähallitus.

<https://julkaisut.metsa.fi/assets/pdf/lp/Bsaria/b188-1.pdf>

FCG Suunnittelu ja tekniikka. (2013). Koekalastus seitsemällä Tammelan järvellä.

http://www.janijarvi.fi/Tammelan%20koekalastus%20raportti_7jarvea.pdf

Granholm, 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.

<https://www.ym.fi/download/noname/%7B1AB267AE-809F-4F40-928A-26DC7058C4E3%7D/136111>

Haimakainen, A., Lönnholtz, A., Rissanen, J. & Viljamaa, L. (2018) Kärjensuo ja uomat. HAMK

Harjula, H. (2004). Metsätalouden vesistöhaittojen pienentäminen. Teoksessa: M. Walls & M.

Rönkä (toim.). Edita.

Horppila, P. (2007). Ympäristön tilan seurantaohjelma 2007. Hämeen ympäristökeskuksen raportteja 3/2007.

https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/45323/HAMra_3_2007.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Hämeen ELY-keskus. (n.d.). Jänijärven istutukset 2000-2019.

Hämeen ELY-keskus. (2019). Pintavesien ekologinen tila – Häme. [https://www.ymparisto.fi/fi-](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Pintavesien_tila/Pintavesien_ekologinen_tila_Hame(27001))

[FI/Vesi/Pintavesien_tila/Pintavesien_ekologinen_tila_Hame\(27001\)](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Pintavesien_tila/Pintavesien_ekologinen_tila_Hame(27001))

Ilmasto-opas. (n.d.). Suomen sisävesien tulevaisuus. [https://ilmasto-](https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/vaiikutukset/-/artikkeli/728e8e9e-685f-4d3f-9245-bf7279c6e7eb/sisavedet.html)

[opas.fi/fi/ilmastonmuutos/vaiikutukset/-/artikkeli/728e8e9e-685f-4d3f-9245-bf7279c6e7eb/sisavedet.html](https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/vaiikutukset/-/artikkeli/728e8e9e-685f-4d3f-9245-bf7279c6e7eb/sisavedet.html)

Joensuu, S., Kauppila, M., Lindén, M. & Tenhola, T. (2013). Hyvän metsänhoidon suositukset –

Vesiensuojelu. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisuja.

Joensuu, S., Kauppila, M., Lindén, M. & Tenhola, T. (2013). *Laskeutusallas* [kuva]. Hyvän

metsänhoidon suositukset – Vesiensuojelu. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisuja.

Juutilainen, K. (2010). Suokasvillisuusselvitys Kanta-Häme 2010. [https://docplayer.fi/15033174-](https://docplayer.fi/15033174-Suokasvillisuusselvitys-kanta-hame-2010-katja-juutilainen.html)

[Suokasvillisuusselvitys-kanta-hame-2010-katja-juutilainen.html](https://docplayer.fi/15033174-Suokasvillisuusselvitys-kanta-hame-2010-katja-juutilainen.html)

Jänijärven Seudun Suojeluyhdistys ry. (n.d.-a). Etusivu. <http://www.janijarvi.fi/index.html>

Jänijärven Seudun Suojeluyhdistys ry. (n.d.-b). Yhdistyksen arkistot

Jänijärven Seudun Suojeluyhdistys ry. (2016). Jänijärven seudun suojeluyhdistys ry. – jo 25 vuotta yhdessä toimien vastuuta järvestä ja seudusta! <http://www.janijarvi.fi/Janijarvi%2025v.pdf>

Järvi-meriwiki. (2021). Suomen päävesistöt.

https://www.jarviwiki.fi/wiki/Suomen_p%C3%A4%C3%A4vesist%C3%B6t

Karjalainen, H. (2004). Järven pohjan elämää. Teoksessa: M. Walls & M. Rönkä (toim.). Edita.

Kaukjärven osakaskunta. (2009). Yhteisen vesialueen osakaskunnan säännöt.

<http://www.janijarvi.fi/Kaukjarven%20ok%20saannot%201.pdf>

Kaukjärven osakaskunta. (2019). Koekalastus Jänijärvellä 27.8.2019.

<http://www.janijarvi.fi/2019%20koekalastus.pdf>

Keskinen, E. (n.d.). *Rankanippujen käyttöä laskeutusaltaan yhteydessä* [kuva].

<https://www.syke.fi/hankkeet/PuuMaVesi>

Keskitalo, J. (2017). Rajaton vesi, rajalliset vesivarat. Gaudeamus.

Laine, J., Vasander, H., Hotanen, J-P., Nousiainen, H., Saarinen, M. & Penttilä, T. (2012). Suotyypit ja turvekankaat – opas kasvupaikkojen tunnistamiseen. Metsäkustannus.

Luke. (2017). Soiden ojittaminen näkyy vesistöissä yhä enemmän.

<https://www.luke.fi/uutinen/soiden-oiittaminen-nakyy-vesistoissa-ya-enemman/>

Luke. (n.d.-a). Suot ja ilmasto. <https://www.luke.fi/tietoa-luonnonvaroista/metsa/metsat-ja-ilmastonmuutos/soiden-erityinen-kasvihuonevaikutus/>

Luke. (n.d.-b). Soiden monimuotoisuus ja virkistyskäyttö. <https://www.luke.fi/tietoa-luonnonvaroista/metsa/suometsat/soiden-monimuotoisuus-ja-virkistyskaytto/>

Lyytimäki, J. & Hakala, H. (2008). Ympäristön tila ja suojelu Suomessa. Gaudeamus.

Maa- ja metsätalousministeriö. (2020). Vesistöt. <https://mmm.fi/vesistot>

Maanmittaushallitus. (1960). *Vuoden 1960 kartassa Kärjensuolla ei ole juuri ojituksia.*

Turpeennostoalue merkittynä risuaitarasterilla suon luoteiskulmaan [kartta]. Tammela.

Peruskartta 1:20 000

Maanmittaushallitus. (1980). *Vuoden 1980 kartassa Kärjensuo on jo liki kauttaaltaan ojitettu. Kaksi erillistä turpeennostoaluetta merkittynä, joista toinen suon luoteis- ja toinen suon länsikulmassa* [kartta]. Tammela. Peruskartta 1:20 000

Metsäkeskus. (n.d.) *Kärkistenojan valuma-alue* [kartta].

<https://metsakeskus.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=7780901202ba492ba347a2f8d663fe0b>

Metsähallitus. (n.d.). Soiden ennallistamisen tavoitteena palauttaa ojitettu suo luonnontilaiseksi.

<https://www.metsa.fi/luonto-ja-kulttuuriperinto/ennallistaminen/suot/>

MML. (2019). Suomi, 57 000 – 168 000 järven maa.

<https://www.maanmittauslaitos.fi/ajankohtaista/suomi-57-000-168-000-jarven-maa>

MML. (2021a). *Kärjensuon ja Jänijärven sijainti* [kartta].

<https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/>

MML. (2021b). *Maastokäynnillä 4.5.2021 kuvattujen laskeutusaltaiden sijainti kartalla* [kartta].

<https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/>

Nieminen, M. & Ahti, E. (2000). Soiden metsätalouskäytön vesistövaikutukset. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2000. <https://www.metsatieteenaikakauskirja.fi/pdf/article6020.pdf>

Oravainen, R. (1999). VESISTÖTULOSTEN TULKINTA -OPASVIHKONEN. KVVY. <https://kvvy.fi/wp-content/uploads/2015/10/opasvihkonen.pdf>

Paikkatietoikkuna. (n.d.). *Jönijärven syvyyskäyrät ja syvin kohta* [kartta].

<https://kartta.paikkatietoikkuna.fi/>

Palos, M. (2019). Uppopuu todella puhdistaa metsätalouden valumavesiä!

<https://blog.hamk.fi/ojatkuntoon/uppopuu-todella-puhdistaa-metsatalouden-valumavesia/>

Palviaine, M. & Finér, L. (2013). Kunnostusojien vaikutus vesistöjen humuskuormitukseen.

<https://docplayer.fi/19805628-Kunnostusojituksen-vaikutus-v-esistojen-humuskuormitukseen-marjo-palviainen-ja-leena-finer.html>

Penttinen, K. & Niinimäki, J. (2010). Vesiensuojelun perusteet ja vesistöjen kunnostus. Opetushallitus.

Päivänen, J. (2007). Suot ja suometsät – järkevän käytön perusteet. Metsäkustannus.

Simola, A. & Jutila, H. (2006). Valumavesien käsittelymenetelmät Kanta-Hämeen järvet kestäväan kehitykseen -hankkeessa. Hämeenlinnan seudullisen ympäristötoimen julkaisuja 9. Hämeenlinnan seudullinen ympäristötoimi, JÄRKI-hanke.

Stén, C-G. (1998). Tammelan suot ja turpeen käyttökelpoisuus osa 1.

http://tupa.gtk.fi/raportti/turve/ttr_314.pdf

Suomen Vesiensuojeluyhdistysten Liitto ry. (n.d.). Tavoitteena puhtaat vedet.

<https://vesiensuojelu.fi/>

SYKE. (2017a). Ravintoverkon laatu vaikuttaa ihmisen terveyteen. [https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Uutiskirjeet/Vesistokunnostusverkosto/Ravintoverkon laatu vaikuttaa ihmisen te\(43088\)](https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Uutiskirjeet/Vesistokunnostusverkosto/Ravintoverkon_laatu_vaikuttaa_ihmisen_terveysta(43088))

SYKE. (2017b). Vesienhoito ELY-keskuksissa. [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesiensuojelu/Vesienhoidon suunnittelu ja yhteisty/Vesienhoito ELYkeskuksissa](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesiensuojelu/Vesienhoidon_suunnittelu_ja_yhteisty/Vesienhoito_ELYkeskuksissa)

SYKE. (2019). Vesilupien valvonta. <https://www.ymparisto.fi/fi-filupa/Valvonta>

SYKE. (2020a). Pintavesien luokittelun periaatteet. [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Pintavesien tila/Pintavesien luokittelu](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Pintavesien_tila/Pintavesien_luokittelu)

SYKE. (2020b). Pintavesien tyypittely. [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Pintavesien tila/Pintavesien tyypittely](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Pintavesien_tila/Pintavesien_tyypittely)

SYKE. (2020c). Vesistöjen kuormitus ja luonnon huuhtouma. [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat ja tilastot/Vesistojen kuormitus ja luonnon huuhtouma/Vesistojen kuormitus ja luonnon huuhtouma\(9542\)](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Vesistojen_kuormitus_ja_luonnon_huuhtouma/Vesistojen_kuormitus_ja_luonnon_huuhtouma(9542))

SYKE. (2020d). *Vasemmalla Fosfori- ja oikealla typpipäästölähteet Suomessa 2019* [kuva]. [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat ja tilastot/Vesistojen kuormitus ja luonnon huuhtouma/Vesistojen kuormitus ja luonnon huuhtouma\(9542\)](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Vesistojen_kuormitus_ja_luonnon_huuhtouma/Vesistojen_kuormitus_ja_luonnon_huuhtouma(9542))

SYKE. (2020e). HUMI etsii vesistöjen humuskuormituksen mittareita. [https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Uutiskirjeet/Vesistokunnostusverkosto/HUMI etsii vesistojen humuskuormituksen \(56447\)](https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Uutiskirjeet/Vesistokunnostusverkosto/HUMI etsii vesistojen_humuskuormituksen_(56447))

SYKE. (2020f). Happamoituminen. [https://www.ymparisto.fi/fi-fi/vesi/vesistojen kunnostus/virtavesien kunnostus/Kunnostustarvetta aiheuttavia tekijöitä/Happamoituminen](https://www.ymparisto.fi/fi-fi/vesi/vesistojen_kunnostus/virtavesien_kunnostus/Kunnostustarvetta aiheuttavia tekijöitä/Happamoituminen)

SYKE. (2020g). Eroosio ja liettyminen. [https://www.ymparisto.fi/fi-fi/vesi/vesistojen kunnostus/virtavesien kunnostus/Kunnostustarvetta aiheuttavia tekijöitä/Eroosio ja liettyminen](https://www.ymparisto.fi/fi-fi/vesi/vesistojen_kunnostus/virtavesien_kunnostus/Kunnostustarvetta aiheuttavia tekijöitä/Eroosio_ja_liettyminen)

- SYKE. (2020h). Vedenlaadun seuranta. https://www.ymparisto.fi/fi-fi/vesi/vesistöjen_kunnostus/Pienvesien_kunnostus/Pienvesien_kunnostamisen_toteutuksen_ja_sen_vaikutusten_seuraaminen/Vedenlaadun_seuranta
- SYKE. (2020i). Vesilain mukainen lupa eli vesilupa. https://www.ymparisto.fi/fi-fi/asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/Luvat_ilmoitukset_ja_rekisterointi/Vesilupa
- SYKE. (2020j). Ulkoisen kuormituksen vähentäminen. https://www.ymparisto.fi/fi-fi/vesi/Vesistöjen_kunnostus/Valumaalueen_kunnostus/Ulkoisen_kuormituksen_vahentaminen
- SYKE. (2020k). Toimenpiteitä purojen kunnostamiseen. https://www.ymparisto.fi/fi-fi/vesi/vesistöjen_kunnostus/Pienvesien_kunnostus/Purojen_kunnostus/Kunnostuksen_toteutus/Toimenpiteita_purojen_kunnostamiseen
- SYKE. (2020l). Pohjapadot ja -kynnykset. https://www.ymparisto.fi/fi-fi/vesi/vesien_kaytto/maankuivatus_ja_ojitus/luonnonmukainen_peruskuivatus/Pohjapadot_ja_kynnykset
- SYKE. (2020m). Suot. https://www.ymparisto.fi/fi-fi/luonto/luontotyytit/luontotyyppien_uhanalaisuus/Suot
- SYKE. (2020n). Uhkat ja uhanalaistumisen syyt. https://www.ymparisto.fi/fi-fi/luonto/luontotyytit/luontotyyppien_uhanalaisuus/Suot/Uhanalaistumisen_syyt_ja_uhkat
- SYKE. (2021a). Pintavesien ekologinen ja kemiallinen tila. <https://www.ymparisto.fi/pintavesientila>
- SYKE. (2021b). *Suomen pintavesien ekologisen tilan arvio 2019* [kuva].
<https://www.ymparisto.fi/pintavesientila>
- SYKE. (2021c). Vesistöjen kunnostus ja hoito. https://www.ymparisto.fi/fi-fi/vesi/Vesistöjen_kunnostus
- SYKE. (2021d). Kosteikot. https://www.ymparisto.fi/fi-fi/vesi/Vesien_kaytto/Maankuivatus_ja_ojitus/Luonnonmukainen_peruskuivatus/Monivaihtoehtoiset_kosteikot
- SYKE. (n.d.). VALUE – Valuma-alueen rajaustyökalu KM10.
<http://paikkatieto.ymparisto.fi/value?runWorkflow=CatchmentFromId&jarviUomaId=2005072526032>

- Toopakka, L. & Sulkava, R. (n.d.) Ilmastovaikutukset sekä monimuotoisuus ja vedet metsäoijitettujen soiden ennallistamisessa. <https://hiiliporssi.fi/wp-content/uploads/2020/02/Hiilip%C3%B6rssi-taustaselvitys.pdf>
- Tulonen, T. (2017). Tammelan Jäni- ja Heinijärven vedenlaatuselvitys 2018-2019 [tutkimusaineisto]. <http://www.janijarvi.fi/2017%20j%20vedenlaatuselvitys.pdf>
- Tulonen, T. (2019). Tammelan Jäni- ja Heinijärven vedenlaatuselvitys 2018-2019 [tutkimusaineisto]. <http://www.janijarvi.fi/Jani-%20ja%20Heinijarven%20vedenlaatuselvitys%202018-2019.pdf>
- Tulonen, T. (2019). *Heinijoen ja Jänijärvestä laskevan Peräjoen näytteiden tulokset 2011-2019* [kuva]. <http://www.janijarvi.fi/Jani-%20ja%20Heinijarven%20vedenlaatuselvitys%202018-2019.pdf>
- Tulonen, T. (2019). *Jänijärven vedenlaatu. Mittaukset 2011, 2017 ja 2018* [kuva]. <http://www.janijarvi.fi/Jani-%20ja%20Heinijarven%20vedenlaatuselvitys%202018-2019.pdf>
- Tulonen, T. (2019). *Kärkistenojan ja Pajulanojan näytteiden tulokset 2017-2019* [kuva]. <http://www.janijarvi.fi/Jani-%20ja%20Heinijarven%20vedenlaatuselvitys%202018-2019.pdf>
- Tuusulanjärvi. (n.d.). *Pohjakynnyksiä* [kuva]. <https://www.tuusulanjarvi.org/>
- Varsinais-Suomen ELY-keskus. (n.d.) Tietoa mitattavista muuttujista. <http://www.i2.ymparisto.fi/i2/vesimittari/muuttujat.html>
- Vuori, K-M., Leppänen, M., Koljonen, S., Jämsén, J., Vaso, A., Keskinen, E., Hämäläinen, H., Nieminen, M., Huotari, E. & Soimasuo, J. (2021). Puupohjaisilla uusilla materiaaleilla tehoa metsätalouden vesiensuojeluun ja vesistökuunnostuksiin. PuuMaVesi-hankkeen loppuraportti. SYKE. <https://www.syke.fi/download/noname/%7B4D2E4C08-E611-47D7-8444-4C984F32EB57%7D/165953>
- Väisänen, P. (n.d.). *Pohjapato* [kuva]. <https://metsanhoidonsuosituks.fi/fi/toimenpiteet/virtaamanhallinta-ja-patorakenteet-vesiensuojelussa/toteutus>
- Yle. (2020). Suomessa luotiin valtava ongelma, jonka korjaamiseen menee vuosisatoja: soista tehtiin metsää vuosia, koska sen ilmastovaikutuksia ei tajuttu. <https://yle.fi/uutiset/3-11157959>

Ympäristöhallinto. (n.d.). LIITE 3 Vedenlaatuluokituksen raja-arvot ja lähteet.

<https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B8A7Cacb5-3A30-4443-8470-E612AEBCF5FA%7D/91995>

Ympäristöministeriö. (n.d.). Soiden suojeleminen ja ennallistaminen. <https://ym.fi/soiden-suojeleminen-ennallistaminen>