Kirkkonummen Syväjärven kunnostussuunnitelma

Anne Liljendahl

Länsi-Uudenmaan
VESI ja YMPÄRISTÖ ry
Västra Nylands vatten och miljö rf

Raportti 721/2018

Laatija: Anne Liljendahl
Tarkastaja: Jaana Pönni
Hyväksyjä: Jaana Pönni
Hyväksytty: 12.11.2018

LÄNSI-UUDENMAAN VESI JA YMPÄRISTÖ RY, RAPORTTI 721/2018

Sisältö

1 Johdanto 5

2 Syväjärven veden laadun seuranta 7

3 Syväjärven rehevyys 8

4 Ravinnekuormitus 9

5 Kunnostusmenetelmät 11

5.1 Yleisiä järven kunnostusmenetelmiä matalille, reheville järville 11

5.1.1 Ulkoisen kuormituksen vähentämisen keinot 11

5.2 Sisäinen kuormitus 12

5.2.1 Sisäisen kuormituksen vähentämisen keinot 12

5.2.2 Hoitokalastuksen vaikuttavuus Syväjärvellä 13

6 Yhteenveto ja toimintasuunnitelma vuosille 2019–2027 14

6.1 Ulkoisen kuormituksen vähentäminen neuvonnalla ja hankkeilla 15

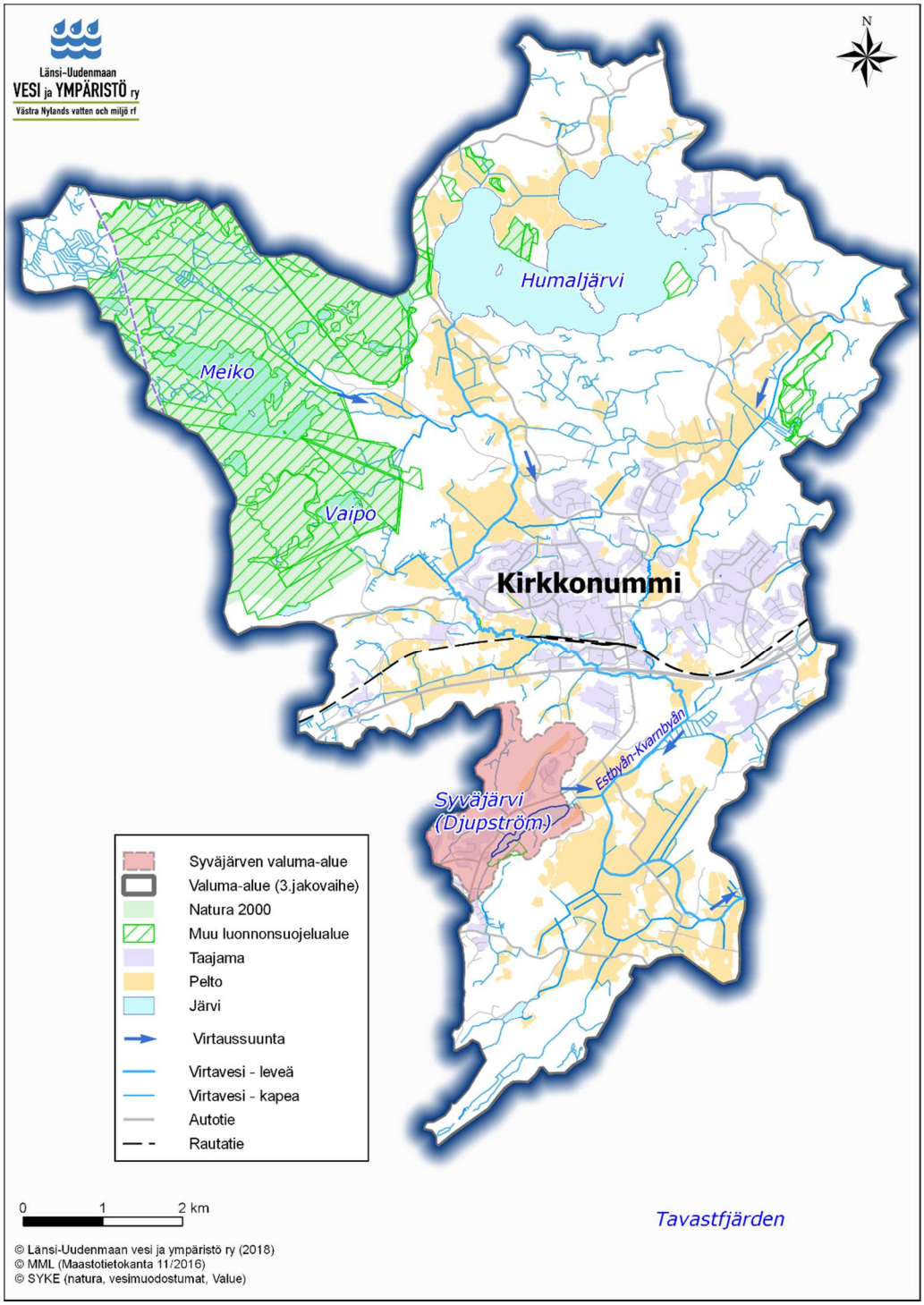
6.2 Hoitokalastussuunnitelma 15

6.3 Näytteenottosuunnitelma 16

Lähdeluettelo 16

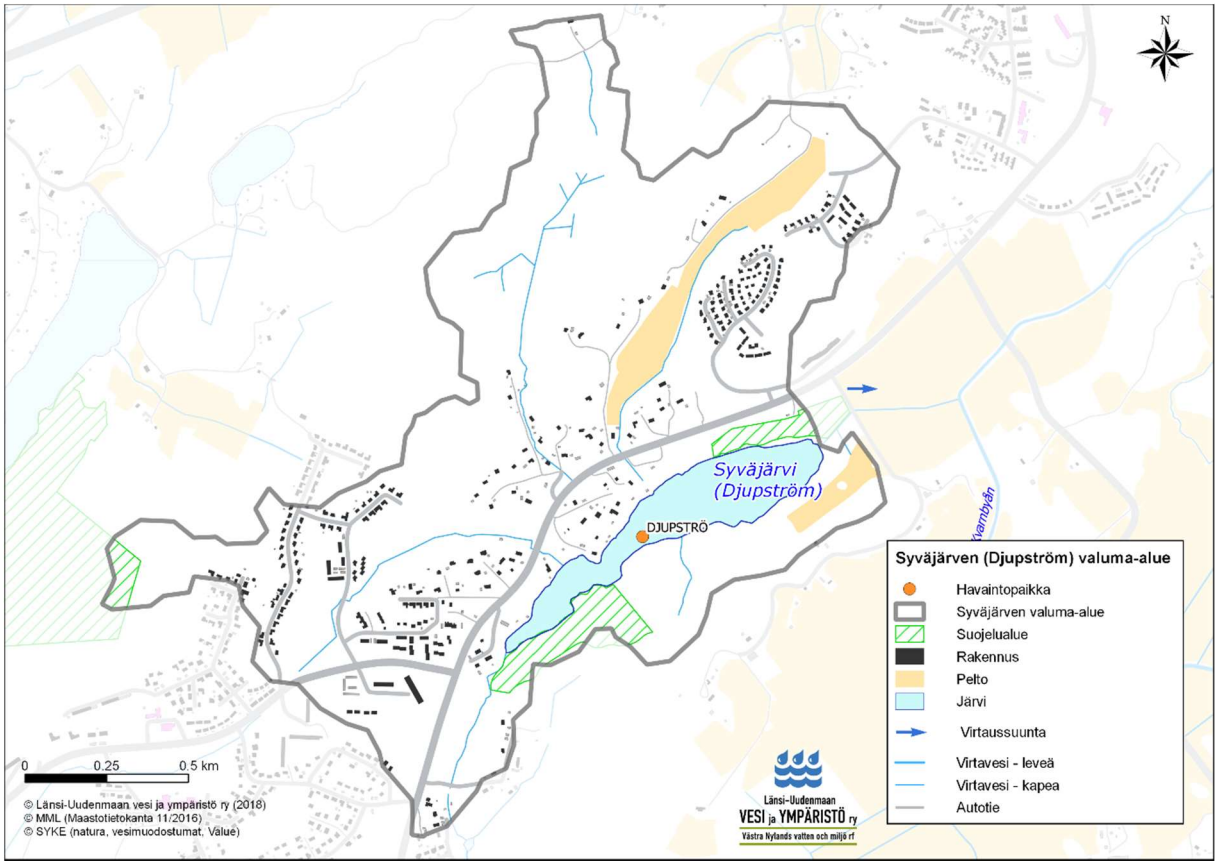
1 Johdanto

Syväjärvi (Djupström) Estbyån vesistöalueella (81.061) on matala ja rehevä järvi muutaman kilometrin päästä Kirkkonummen keskustasta etelään (kuva 1). Syväjärvi on latvajärvi, jonka vedet laskevat järven koillispäästä Hilabäckån ja Estbyån jokea pitkin mereen n. 8 km päässä Tavastfjärdenissä. Syväjärven perustila selvitettiin Kirkkonummen ja Uudenmaan ELY-keskuksen toimesta v. 2012 (Savola & Hagman 2012). Tällöin tehtiin myös kasvillisuuskartoitus ja verkkokoekalastus. Perustilan selvityksessä todettiin tarpeelliseksi selvittää laskennallisesti järveen tulevan kuormituksen määrä ja lähteet sekä muodostaa arvio sisäisestä kuormituksesta. Lisäksi esitettiin tarve kunnostussuunnitelman tekemisestä järven virkistyskäytön lisäämiseksi, sillä järven rannalla sijaitsee mm. suosittu uimaranta. Ympäristöhallinnon ekologisen tilan luokituksessa Syväjärvi ei ole ollut mukana.



Kuva 1. Syväjärven sijainti Estbyån valuma-alueella.

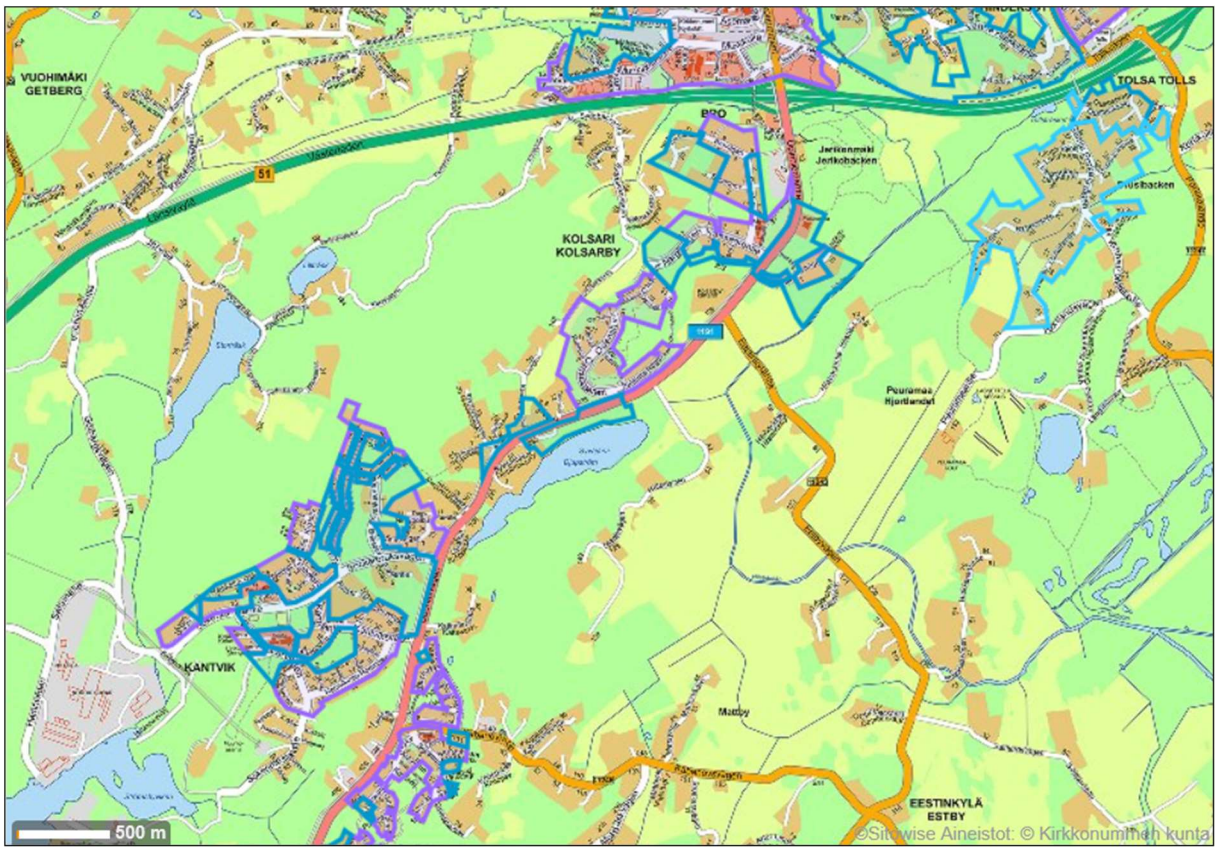
Syväjärven valuma-alue on pienehkö, pääosin metsäistä taajama- ja haja-asutusaluetta peltojen osuuden ollessa suhteellisen pieni (kuva 2). Valuma-alueen maasto on etupäässä melko alavaa ja sen maaperässä on savialueita, kallioita sekä niiden välisten hiekka- ja turvepitoisten maiden mosaiikkia (Pimenoff ym. 2014). Ympärivuotinen vanha omakotitaloasutus levittäytyy väljästi eri puolille aluetta, kun taas uusi asuinalue on tiiviisti rakennettua. Kunnan viemäriverkosto kattaa suuren osan valuma-alueen asuinalueista (kuva 3). Yleisin elinympäristötyyppi valuma-alueella on kangasmetsät, jotka ovat pääosin metsätalouskäytössä. Syväjärven vesi on ympäröivästä metsäisestä ja saviperäisestä valuma-alueesta johtuen runsasravinteista, rusehtavaa ja sameaa.



Kuva 2. Syväjärven valuma-alue.

Syväjärvi on matala järvi, suurimman syvyyden ollessa 3,6 m ja keskisyvyyden 1,7 m. Järvi on tuulille altis, eikä se lämpötilakerrostu kesän aikana. Järveen laskee muutamia suurempia puroja ja ojia. Hemängsbäcken-puro laskee järven soiseen lounaispäähän. Sen lisäksi järven länsirannalle laskee toinen puro. Suosittu uimaranta sijaitsee järven pohjoisrannalle ja sen viereen laskee sekä Stormossen suoalueelta että Långkärrin peltoalueelta vetensä keräävä oja. Vastarannalta laskee lehtomaiselta metsäalueelta puro. Syväjärven rannoilla sijaitsee kaksi luonnonsuojelualuetta.

Syväjärven valuma-alueella tehdyn luontoselvityksen mukaan paikallisesti erittäin arvokkaaksi suoksi on luokiteltu kostea rantaluhta järven etelärannalla sekä Hemängsbäckenin puron rannalla sijaitsevat luhdat ja saniaiskorvet (Pimenoff ym. 2014). Samaan luokkaan kuuluvat myös puustoltaan monipuoliset metsät sekä kosteita saniaisia kasvavat lehdot ja tuoreet lehdot järven etelärannalla. Metsä- ja suoalueilta Syväjärvi saa rusehtavan värinsä, vaikkei se olekaan täysin tyypillinen humusjärvi hieman korkeamman pH:nsa ansiosta.



Kuva 3. Kirkkonummen vesihuollon toiminta-alueet Syväjärven (keskellä) alueella. Turkoosi rajaus on vesi- ja viemäriverkosto, lila rajaus hulevesiverkosto.

2 Syväjärven veden laadun seuranta

Syväjärven veden laatua on seurattu Kirkkonummen kunnan toimesta säännöllisesti v. 1970 lähtien. Vesinäytteet on haettu kahdesti vuodessa, talvella ja kesällä. Aiemmin näytteitä otettiin vuosittain, mutta 90-luvun lopulta näihin päiviin näytteenotto on tapahtunut parillisina vuosina. Lisäksi uimarannan veden hygieenistä laatua seurataan Espoon seudun ympäristöterveyden toimesta kesän aikana parin viikon välein. Kirkkonummen kunnan seurannassa mukana olevista järvistä tutkitaan ravinnekuormituksesta ja rehevyydestä kertovia tekijöitä (taulukko 1). Seurannan on 80-luvun lopusta lähtien toteuttanut Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry, jossa vesinäytteenotosta vastaa sertifioitu näytteenottaja. Näytteet on analysoitu Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry:n vesilaboratoriossa, joka on FINAS-akkreditointipalvelun akkreditoima testauslaboratorio T147, akkreditointivaatimus SFS-EN ISO/IEC 17025: 2005. Akkreditoituun pätevyysalueeseen sisältyvä toiminta on nähtävissä verkkosivuilta www.finas.fi. Laboratorio voi tarvittaessa lähettää näytteen tutkittavaksi hyväksymälleen alihankkijalle, jonka tuloksista laboratorio vastaa. Vedenlaatutulokset siirretään ympäristöhallinnon PIVET-tietokantaan.

Järven historiassa näkyy v. 1976–1978 jakso, jolloin pH putosi poikkeuksellisen alas ja vesi kirkastui samalla. Tällöin esiintyi myös kalakuolemia. Syytä pH:n laskulle ei tiedetä, mutta todennäköisesti valuma-alueelta on tullut jotain hapanta ainetta veteen. Samoin satunnaisesti on ollut 80-luvulla tilanteita, jolloin järveen näyttäisi joutuneen jätevesiä, minkä voi päätellä erittäin korkeista ammoniumpitoisuuksista ja sähkönjohtokyvyn lisääntymisestä. Myös bakteerimäärät olivat tällöin olleet korkeita. Viime vuosikymmeninä ei poikkeuksellisia tilanteita ole esiintynyt.

Taulukko 1. Asioita, joita Syväjärven vedestä seurataan.

	Mistä on kyse?	Mihin liittyy?
Happipitoisuus	Veteen liuenneen hapen määrä	Veden happipitoisuus on esim. pohjan eliöille ja kaloille elintärkeä asia. Happi estää sedimentin ravinteita vapautumasta veteen.
Kokonaisfosfori ja fosfaattifosfori	Kasveille välttämätön ravinne, sisävesissä (järvet, joet) yleensä levien kasvua rajoittava tekijä	Fosforia päätyy vesiin pelloilta, metsistä, hulevesistä, haja-asutuksen jätevesistä, jätevesistä sekä vapautuu ns. sisäisenä kuormituksena pohjaan varastoituneesta fosforista.
Kokonaistyppi, nitraatti-nitriitttyppi ja ammoniumtyppi	Kasveille välttämätön ravinne, merivedessä usein levien kasvua rajoittava tekijä, liukoisessa muodossa leville käyttökelpoista	Typpeä päätyy vesiin pintavaluntana pelloilta, metsistä, hulevesistä, haja-asutuksen jätevesistä, puhdistetuistakin jätevesistä, ilmalaskeumana.
Klorofylli-*a*:n pitoisuus	Vedessä olevien planktonlevien sisältämän klorofyllin eli lehtivihreän määrä vedessä.	Kertoo planktonlevien mm. sinilevien määrästä vedessä.
Sähkönjohtavuus	Liuenneiden suolojen määrä vedessä	Jätevesikuormitus ja lannoitteet lisäävät sähkönjohtavuutta, kuten myös maantiesuolaus.
pH	Luonnonvesissä maaperän koostumus määrää veden happamuuden	Suuret poikkeamat yleensä pistemäisestä happo- tai emäskuormituksesta, kiivas levätuotanto voi nostaa pH:ta.
Väriluku	Veteen liuenneet värilliset aineet, esim. humus ja rauta	Tyypillisesti väriluku on korkea humusvesissä, jolloin valuma-alueelta tulevat humusaineet värjäävät veden ruskeaksi.

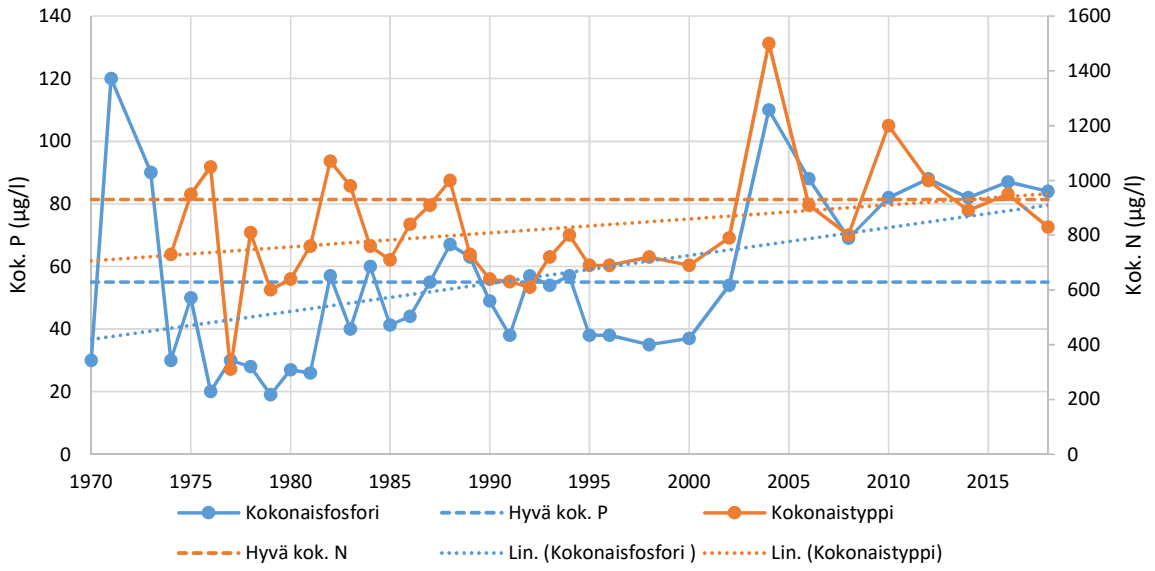
3 Syväjärven rehevyys

Ravinnekuormituksen aiheuttama rehevöityminen on Suomen sisä- ja rannikkovesien merkittävin ongelma. Rehevöityminen näkyy mm. leväsamentumisena ja näkösyvyyden pienenemisenä, verkkojen limoittumisena, aiempaa runsaampina sinileväkukintoina sekä särkikalakantojen voimistumisena häiriten näin sekä vesien virkistyskäyttöä, käyttöä talousvetenä että ammatti- ja vapaa-ajankalastusta. Tärkeimmät rehevöitymistä aiheuttavat ravinteet ovat fosfori ja typpi. Näistä fosfori on yleensä levien kasvua rajoittava tekijä järvi- ja virtavesissä, kun taas typen saatavuus rajoittaa kasvua merialueilla.

Ympäristöhallinnon luokituksessa Syväjärven kaltaiset runsasravinteiset (Rr) järvet luokitellaan fysikaalis-kemiallisilta olosuhteiltaan hyviksi, jos kokonaistyppipitoisuus on alle 930 µg/l ja kokonaisfosforipitoisuus alle 55 µg/l. Syväjärvessä typen osalta tämä raja on useimmiten saavutettu muutamia poikkeusvuosia lukuun ottamatta (kuva 3). Fosforipitoisuus on myös ollut alle rajan tai lähellä sitä muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta aina 2000-luvun alkuun saakka (kuva 4).

Lähes koko 2000-luvun Syväjärven fosforipitoisuus on ollut n. 80–90 µg/l, mutta typpipitoisuus on pysynyt ennallaan. Kokonaisfosforin määrä on noussut vuosien mittaan enemmän kuin typen määrä (kuva 4). Tästä seuraa se, että typpeä on vedessä suhteessa fosforiin vähän levien käytössä. On esitetty, että kokonaistypen (TN) ja kokonaisfosforin (TP) suhteen ollessa alle 20, sinilevät saavat kilpailuedun, sillä sinilevät voivat hyödyntää myös ilmakehän typpeä toisin kuin muut kasviplanktonryhmät (Wetzel 2000). Syväjärvellä TN/TP suhde on ollut alle 20 muutamaa poikkeusvuotta lukuun ottamatta 80-luvun alusta lähtien. Sinileväkukintojen ehkäisyssä olisikin tärkeää panostaa erityisesti Syväjärveen tulevan fosforikuormituksen ja järven sisäisen fosforikuormituksen vähentämiseen, jotta TN/TP suhde saataisiin nousemaan ja näin vähennettäisiin sinilevien kilpailuetua muihin, vaarattomiin leviin nähden.

Syväjärven kokonaisfosforipitoisuus myös nousee kesän mittaan ja on korkeampi pohjan läheisessä kuin pinnan läheisessä vedessä. Molemmat seikat viittaavat järven runsaaseen sisäiseen kuormitukseen. Viime vuosina näytteitä on tosin otettu vain kaksi kertaa vuodessa, talvella ja loppukesästä. Jotta sisäistä kuormitusta voitaisiin arvioida, olisi ravinnenäytteet otettava useamman kerran kesän aikana.



Kuva 4. Syväjärven ravinnepitoisuudet 1970–2018. Katkoviivat kuvaavat saman tyyppisten järvien (Rr, runsasravinteiset järvet) hyvää veden laadun tasoa. Lisäksi kuvassa on lineaariset trendiviivat, jotka osoittavat, että fosforipitoisuus on noussut nopeammin kuin typpipitoisuus.

4 Ravinnekuormitus

Syväjärven ravinnekuormitusta tarkasteltiin ympäristöhallinnon VEMALA-mallin uusimman version V.5U:n avulla (Huttunen ym. 2016). VEMALA-malli sisältää fosforin, typen ja kiintoaineen huuhtoutumisen pelloilta ja metsistä, pistekuormituksesta, haja-asutuksesta ja laskeumasta. Laskelmissa kuormituksen eteneminen ja pidättyminen vesistöissä mallinnetaan WSFS hydrologisella-ennustemallijärjestelmällä. Lisäksi mallin käytössä on Vihma-työkalu peltojen kuormituksen ja Icecream-malli peltojen ravinnekierron laskemiseksi sekä typpimalli VEMALA-N, jolla arvioidaan typen prosessit (mm. denitrifikaatio) pelloilla ja metsässä. Malliin kertyy kaiken aikaa suuret määrät havaittuja pitoisuuksia järvistä ja uomista sekä virtaamamittauksia virtavesistä. Mallin pistekuormitukset sisältävät valvonta- ja kuormitustietojärjestelmästä ilmoitetut pistekuormittajat. Hulevesien, luonnonhuuhtouman ja metsätalouden huuhtouman kuormitusarviot perustuvat ympäristöhallinnon VEPS-järjestelmään. VEMALA-malli laskee valitulle alueelle jokaiselle päivälle oman reaaliaikaisen kuormituksen edellä mainittujen valuma-alueen tietojen perusteella huomioiden mm. sääolot ja virtaaman. Malli kalibroituu mitattujen ja ympäristöhallinnon tietojärjestelmään (OIVA) tallennettujen pitoisuuksien mukaan. Syväjärven kuormituslaskelmissa VEMALA-mallin avulla pitoisuuksien keskimääräinen virhe oli 2,35 % (ero havaitun pitoisuuden ja simuloidun välillä) ja keskimääräinen virhe kuormassa 7,29 %. Keskimääräinen virhe on yleensä suurempi suurien virtaamien aikaan ja pienempi kesäkuukausina, jolloin virtaama on pieni.

Uusi VEMALA:n versio ottaa paremmin huomioon haja-asutuksen määrän sekä metsätalouden eri kuormituslähteet. Haja-asutuksen osalta tosin voi olla, että tiedot eivät ole ajan tasalla, mikäli viemäriverkostoon liittyneiden kiinteistöjen omistajat eivät ole tehneet muutosilmoitusta viemäriin liittymisestään rakennus- ja huoneistorekisteriin (RHR), josta malli hakee haja-asutuksen tiedot. Malli laskee haja-asutuksen jätevesikuormituksen vuoden 2015 RHR-tietojen mukaan. Tällöin viemäriverkoston ulkopuolella asuvia haja-asukkaita on RHR:n tietojen mukaan ollut Syväjärven valuma-alueella 232 henkilöä. Kuormituslaskelmissa on otettu huomioon kiinteistön sijainti suhteessa järveen tai lähimpään ojaan, joka laskee järveen sekä matkalle sitoutuvat ravinteet. Loma-asuntoja RHR:n tietojen mukaan on ollut valuma-alueella 3 kpl viemäriverkoston ulkopuolella.

Järven ulkoisen fosforikuormituksen sietokykyä tarkastellaan usein Vollenweiderin kaavalla (Vollenweider 1975). Mallin mukaan järven sallittava ulkoinen fosforikuormitus (*Pa*) voidaan laskea hydraulisen pintakuorman Q/A, jossa Q on järveen tuleva vesimäärä (m^3/a) ja A järven pinta-ala (m^2), avulla:

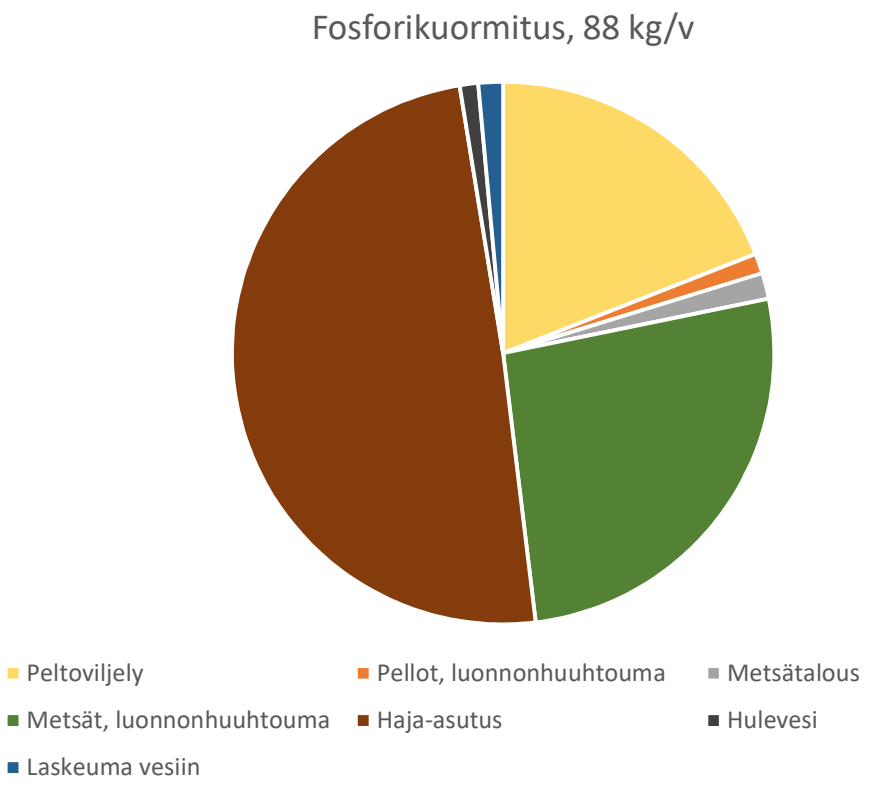
$$Pa = 0{,}055 \times Q/A^{0{,}635}$$

Ns. kriittinen kuorma (*Pv*) taas lasketaan kaavalla:

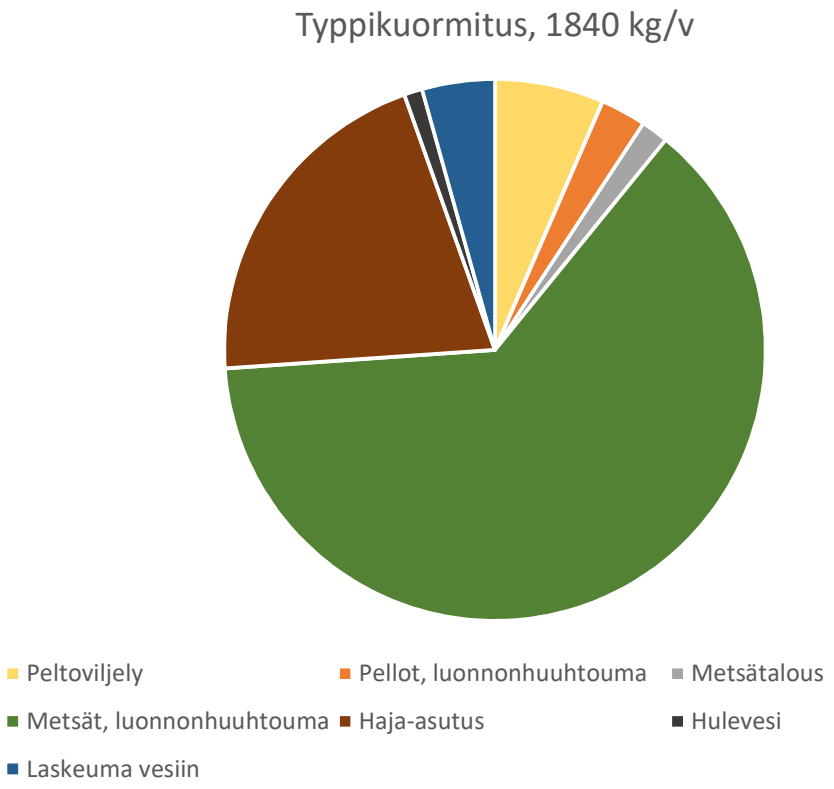
$$Pv = 0{,}174 \times Q/A^{0{,}469}$$

Kriittisen rajan ylittäessä ovat järven kunnostustoimet ensisijaisesti kohdistettava ulkoisen kuormituksen vähentämiseen. Syväjärven ylin sallittu fosforikuormitus Vollenweiderin mallin mukaan on 53 kg/v ja kriittinen kuormitus 103 kg/v. VEMALA-mallin mukaan laskettu Syväjärven vuosittainen fosforikuormitus on 88 kg/v (kuva 5). Kuormitus jää kriittisen rajan alle, mutta ylittää sallitun vuosittaisen fosforikuormituksen määrän. Puolet Syväjärveen tulevasta fosforista johtuu VEMALA-mallin mukaan haja-asutuksesta. Metsistä tuleva luonnonhuuhtouma oli seuraavaksi merkittävin fosforin lähde ennen peltoviljelyä. Pienemmässä roolissa ovat hulevedet ja ilman kautta tuleva laskeuma vesiin.

Typpikuormituksen kokonaismäärä Syväjärveen VEMALA-mallin mukaan on 1840 kg/v (kuva 6). Typen osalta suurin kuormitus, 63 %, johtuu metsistä tulevasta luonnonhuuhtoumasta. Haja-asutuksen osuus on n. 20 % typpikuormituksesta. Peltoviljelyn osuus jää alle kymmeneen prosenttiin.



Kuva 5. Syväjärven keskimääräinen fosforikuormitus ja kuormituslähteet v. 2008–2017 VEMALA-mallin mukaan.



Kuva 6. Syväjärven keskimääräinen typpikuormitus ja kuormituslähteet v. 2008–2017 VEMALA-mallin mukaan.

5 Kunnostusmenetelmät

Syväjärveä ei ole tähän mennessä juurikaan kunnostettu. Vesikasveja on 1990-luvulla niitetty ajoittain järven virkistyskäytön parantamiseksi. Niittämällä on pyritty lisäämään veden vaihtuvuutta ja estämään järven umpeen kasvamista. Rehevissä järvissä usein käytettyä ravintoverkkokunnostusta eli yleisimmin hoitokalastusta ei ole myöskään Syväjärvessä tehty.

5.1 Yleisiä järven kunnostusmenetelmiä matalille, reheville järville

Järven kunnostuksessa menetelmät valitaan asetettujen tavoitteiden perusteella. Yleensä rehevissä, matalissa järvissä koetaan ongelmaksi sinileväkukinnat sekä uintia, veneilyä ja kalastusta haittaavan runsas vesikasvillisuuden määrä. Virkistyskalastusta voi myös haitata mm. kalaston särkikalavaltaistuminen, kalakuolemat ja pyydysten limoittuminen. Yleensä rehevän järven kunnostuksen tavoite onkin estää sinileväkukintoja ja lisätä virkistyskäytön mahdollisuuksia. Menetelmän valinnassa on hyvä miettiä myös käytettävissä olevia resursseja. Usein parhaaseen lopputulokseen päästään yhdistelemällä erilaisia järven valuma-alueella ja järvessä itsessään tapahtuvia kunnostusmenetelmiä (Sarvilinna & Sammalkorpi 2010).

5.1.1 Ulkoisen kuormituksen vähentämisen keinot

Ihmistoiminnasta johtuvia ravinnekuormituksia pyritään vähentämään saattamalla valuma-alue lähemmäs alkuperäistä tilaansa. Täydellinen ennallistaminen on harvoin mahdollista ja myös luonnontilaisilta metsiltä valuu ravinteita vesistöihin. Ulkoiseen kuormitukseen voidaan kuitenkin puuttua esim. hidastamalla veden kulkua järveen erilaisilla kosteikkomaisilla rakenteilla, laskeutusaltailla tai kunnostamalla uomia mutkittelevammiksi. Toimiakseen kuormitusta vähentävästi kosteikon on oltava oikein suunniteltu, rakennettu ja hoidettu. Lisäksi sen on oltava riittävän laaja. Pahimmillaan kosteikko voi jopa lisätä ravinnekuormitusta, joten suunnittelun ja hoidon tärkeyttä ei voi liikaa korostaa.

Peltoviljelyssä ravinnekuormitusta vesistöön voidaan tehokkaasti vähentää suojavyöhykkeillä, monipuolistamalla viljelykiertoja, lisäämällä talviaikaista kasvipeitteisyyttä, käyttämällä oikein mitoitettuja lannoitusmääriä sekä pitämällä huolta maan rakenteesta lisäämällä ja ylläpitämällä peltomaan orgaanista ainesta. Viljelijöiden

neuvonta on tehokkain keino näiden käytäntöjen yleistymiseen. Samoin neuvonta on hyvä menetelmä haja-asutuksen jätevesien hallintaan saamiseksi. Haja-asutuksen jätevesien oikeanlainen käsittely on ensi arvoisen tärkeää alueilla, joilla viemäriverkosto ei ole kaikkien saatavilla. Paras tapa haja-asutuksen ravinnekuorman vähentämiseksi olisi toki viemäriverkoston laajentaminen ja kiinteistön omistajien kannustaminen siihen liittymiseen.

Ulkoisen kuormituksen vähentäminen Syväjärvellä

Ulkoinen kuormitus Syväjärveen on vähentynyt valuma-alueella tapahtuneiden muutosten vuoksi. Peltopinta-ala on pienentynyt ja viljelytavat kehittyneet ympäristöystävällisemmiksi viimeisten vuosikymmenten aikana, tosin lisääntyneet sateet ja leudot talvet ovat lisänneet valumia järveen pelloilta ja metsistä. Viemäriverkoston kehittyminen valuma-alueella on ollut merkittävä parannus ulkoiseen kuormitukseen. Syväjärven ulkoinen kuormitus on edelleen fosforin osalta runsasta, joskin alle kriittisen rajan, mikä tarkoittaa sitä, että järven tilaa on mahdollista parantaa järvessä tehtävien hoitotoimenpiteiden avulla. Haja-asutuksen jätevesien oikeanlainen käsittely ja viemäriverkoston laajentaminen vähentää tehokkaimmin Syväjärven ulkoista kuormitusta, mutta ulkoista kuormitusta suurempi ongelma Syväjärvellä on sisäinen kuormitus.

5.2 Sisäinen kuormitus

Sisäisellä kuormituksella tarkoitetaan sitä, kun järven pohjaan sedimentoituneet ravinteet vapautuvat uudestaan levien käyttöön. Sisäistä kuormitusta syntyy etenkin hapettomissa oloissa, kun veteen liuenneen hapen loppuessa sedimentin rauta pelkistyy ja siihen sitoutunut fosfori liukenee veteen (Wetzel 2000). Jos fosforirikas alusvesi sekoittuu esim. tuulen, pohjaa penkovien kalojen tai muun turbulenssin kuten kevät- tai syystäyskiertojen takia päällysveteen, lisääntyy myös levien käytettävissä olevan fosforin määrä ja levätuotanto kiihtyy aiheuttaen leväkukintoja.

Rehevöityminen aiheuttaa järvissä pohjan läheisiä happikatoja lisääntyneen tuotannon aiheuttaman hajotustoiminnan kiihtymisen kautta. Järvissä happikato on talven aikana melko tavallista, sillä jääpeite estää hapen liukenemista veteen ilmasta ja toisaalta yhteyttäminen, joka toisi veteen happea, on hyvin vähäistä pimeyden ja veden alhaisen lämpötilan vuoksi. Kesänaikaista hapettomuutta syntyy rehevissä järvissä usein kiihkeän levätuotannon aikaan myös matalilla alueilla. Pitää myös muistaa, että hyvissäkin happiolosuhteissa pohjasedimentin sisällä on aina hapettomat olosuhteet ja ravinteita vapautuu sedimentin huokosveteen, josta ravinteet siirtyvät ylemmäs veteen myös jo pelkästään diffuusion vuoksi. Matalassa, kerrostumattomassa järvessä ravinteikas vesi siirtyy alusvedestä pinnan lähelle levien käyttöön tuulen sekoittaessa vettä.

Ravinteiden vapautumista sedimentistä aiheuttaa hapettomuuden lisäksi myös esim. pH:n nousu. Korkeita pH-lukuja esiintyy kesällä levätuotannon tai vesikasvien tuotannon ollessa voimakkaammillaan ja tällöin pohjan kiintoaineeseen sitoutunutta fosforia vapautuu kasvien – levien ja vesikasvien – käyttöön. Järvi pyrkii näin lannoittamaan itse itseään. Pohjaa penkovat kalat tai muu sedimenttiä pöllyttävä toiminta (tuuli, virtaus) nostaa kiintoainesta tuottavaan kerrokseen, jolloin kiintoainekseen sitoutuneet ravinteet voivat vapautua lähellä leväkasvustoa.

5.2.1 Sisäisen kuormituksen vähentämisen keinot

Sisäistä kuormitusta voidaan vähentää joko 1) estämällä fosforin vapautuminen pohjasta tai 2) poistamalla järveen kertynyttä fosforia. Käytettyjä menetelmiä ovat hapetus, kemikaalikäsittely, sedimentin poisto ja hoitokalastus. Vesikasveja poistamalle ei järvestä saada sinne kertynyttä fosforia pois ja toisaalta kasveilla on tärkeä sedimenttiä ja ravinteita sitova rooli vesiekosysteemissä. Ruoppaus taas on kallis ja tehoton fosforin poistomenetelmä, sillä suuri osa fosforista rehevässä järvessä on yleensä huokosvedessä, eikä sitoutuneena kiintoainekseen. Ruoppaamisen ongelma on myös läjityspaikojen järjestäminen siten, että liete ei valu takaisin järveen. Muitakin järven sisäiseen kuormitukseen kohdistuvia menetelmiä on, mutta toistaiseksi ne ovat vielä Suomessa pilotointivaiheessa ja niiden käyttöä yleisesti vesiensuojelussa rajoittaa tieteellisen tutkimuksen puute menetelmien toimivuudesta luonnonvesissä.

Hapettomuuden aiheuttamaa fosforin vapautumista on jo vuosikymmeniä pyritty Suomessakin estämään hapettamalla tai ilmastamalla järvien syvänteitä (Cooke ym. 2005). Matalassa, hyvin sekoittuvassa järvessä ei hapettamisella kuitenkaan pystytä sisäistä kuormitusta vähentämään, vaan hapettamisella voi olla jopa sisäistä kuormi-

tusta lisäävä vaikutus. Hapetus aiheuttaa sedimentin sekoittumista ja kierrosta jo poistuneiden ravinteiden palaamista veteen levien käyttöön, kuten esim. Tuusulanjärvellä on tutkimusten mukaan tapahtunut (Horppila ym. 2017).

Fosforin vapautumista voidaan myös pyrkiä estämään sitomalle se pysyvästi – tai pikemminkin pitkäaikaisesti – sedimenttiin kemikaalien avulla. Viime vuosina yleisimmin käytetty menetelmä on polyalumiinikloridin levittäminen veteen, jolloin alumiinikloridi saostaa fosforin pohjalle pois levien käytöstä. Menetelmää on käytetty mm. Littoistenjärvellä, jossa se aiheutti huomattavan suuren, joskin ohimenevän kirkastumisen (Heikkilä & Vepsäläinen 2017). Menetelmän yhtenä haittana on pH:n lasku, joka saattaa aiheuttaa kalakuolemia. Alumiinikloridikäsittely ei myöskään ole lopullinen järven kunnostuskeino, sillä vähitellen vuosien mittaan fosforia alkaa taas vapautua sedimentistä, ellei sedimenttiä poisteta esim. ruoppaamalla. Kemikaalikäsittely ja sen jälkeinen hoito ruoppauksineen on äärimmäinen, erittäin rehevän järven kunnostusmenetelmä, johon ryhdytään ja johon saa luvankin vasta kun muita menetelmiä on kokeiltu ja todettu toimimattomiksi.

Hoitokalastuksella pyritään järven kertynyttä fosforimäärää poistamaan kalojen myötä, mutta hoitokalastus vaikuttaa sisäiseen kuormitukseen myös usealla muulla tavalla (Sammalkorpi & Horppila 2005). Valikoiden kalastamalla pyritään muokkaamaan järven ravintoverkkoa siten, että rehevöitymisen myötä runsastuneiden planktonsyöjä- ja pohjaeläinsyöjäkalojen määrää saadaan vähennettyä. Särkikalat käyttävät tyypillisesti ravinnokseen eläinplanktonia, joka taas laiduntaa kasviplanktonia. Jos planktonsyöjäkaloja on paljon saalistamassa eläinplanktonia, niin sen määrä ei riitä pitämään kasviplanktonbiomassaa kurissa, jolloin muodostuu leväkukintoja. Osa kaloista taas (isommat särkikalat, mm. lahnat ja suutarit sekä pienet ahvenkalat) pöyhivät sedimenttiä etsiessään pohjaeläimiä ravinnokseen vapauttaen näin sedimentoitunutta ainesta takaisin veteen, mikä lisää sisäistä kuormitusta. Hoitokalastuksessa kalojen myötä poistuu myös pysyvästi osa järveen tulleesta fosforista ja typestä. Ravintoverkon rakennetta voidaan tehostaa hoitokalastuksen lisäksi petokalaistutuksin, jolloin runsas petokalakanta estää särki- ja muiden saaliskalojen kannan liiallisen kasvun.

Sisäisen kuormituksen vähentäminen Syväjärvellä

Hapettamista edes talvisaikaan ei voi suositella matalle Syväjärvelle, vaan on löydettävä muita keinoja saada sedimentoitunut fosfori pysymään sitoutuneena ja toisaalta vähentää järvessä olevaa fosforimäärää (Horppila ym. 2017). Kemikaalikäsittely on liian raju toimenpide kokeiltavaksi ensimmäisenä hoitotoimena. Syväjärven runsas ja särkikalavaltainen kalasto viittaa siihen, että kalaston rakennetta korjaamalla ja toisaalta kalabiomassaa poistamalla voitaisiin vaikuttaa veden laatuun positiivisesti.

5.2.2 Hoitokalastuksen vaikuttavuus Syväjärvellä

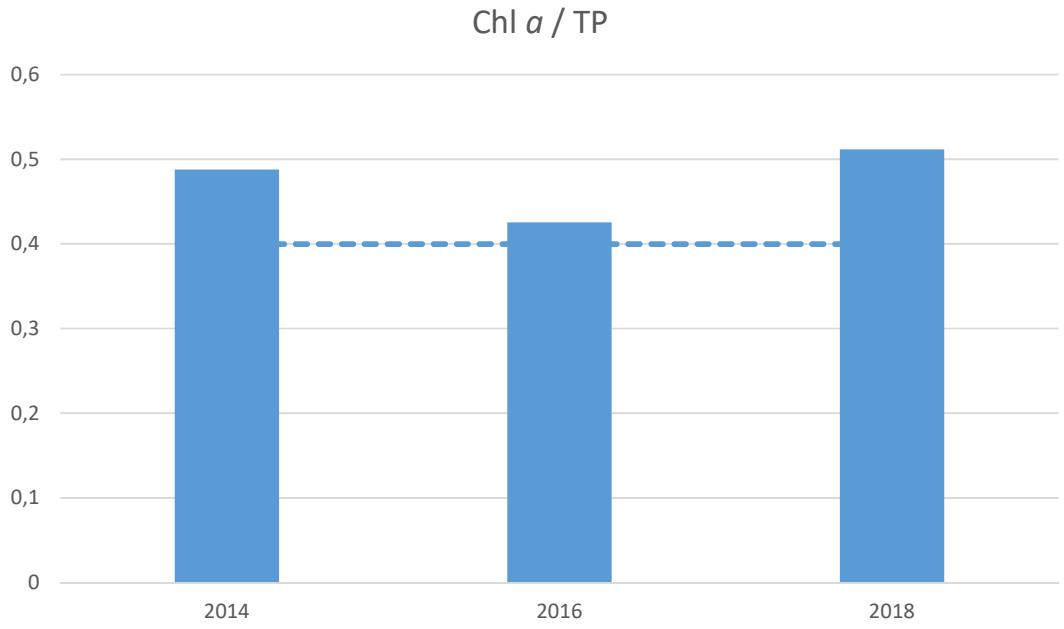
Parantaakseen järven veden laatua hoitokalastuksen täytyy olla tarpeeksi tehokasta. Sekä kansainvälisissä että suomalaisissa tutkimuksissa on todettu, että vain silloin kun poistettu kalamäärä järven pinta-alaa kohden on ollut tarpeeksi suuri, on hoitokalastuksella saatu vähennettyä järven kokonaisfosforipitoisuutta (Jeppesen & Sammalkorpi 2002). Riittävän saalismäärän voi laskea kaavalla:

$$y = 16{,}9 \times x^{0{,}61}$$

jossa *y* on saalismäärä (kg/ha) ja *x* on kokonaisfosforipitoisuus (µg/l) (Jeppesen & Sammalkorpi 2002). Syväjärven kokonaisfosforipitoisuuksilla laskettuna poistettava kalabiomassa pitäisi olla n. 250 kg/ha ainakin hoitokalastuksen ensimmäisinä vuosina. Syväjärven pinta-ala on n. 15 ha. Poistettavan kalan kokonaissaalis tulisi olla siis 3750 kg vuosittain, jotta veden laadussa olisi odotettavissa muutoksia.

Vaikka kokonaisfosforipitoisuus ei heti hoitokalastuksella laskisikaan, kalastuksen vaikutus voi näkyä veden laadussa siten, että samalla kokonaisfosforimäärällä järvessä esiintyy vähemmän kasviplanktonia, kun niitä laiduntavaa eläinplanktonia on paljon kalojen vähäisemmän saalistuksen vuoksi. Onnistuneen hoitokalastuksen vaikutuksen pitäisi siis näkyä järvessä veden kirkastumisena ja näkösyvyyden paranemisena (Jeppesen & Sammalkorpi 2002). Kun levää laiduntavia isoja vesikirppuja on paljon, niin klorofylli *a*:n pitoisuus, joka kuvaa kasviplanktonin määrää vedessä, voi olla suhteellisen pieni, vaikka fosforipitoisuus olisikin korkea. On esitetty, että klorofylli – fosfori –suhteen ollessa yli 0,4 eläinplankton ei ole pystynyt kontrolloimaan kasviplanktonin määrää (Jeppesen & Sammalkorpi 2002).

Syväjärvessä klorofylli *a*:n ja fosforin suhde on v. 2014–2018 ollut hieman korkeampi kuin 0,4 (kuva 7). Tämä viittaa siihen, että eläinplankton ei pysty kontrolloimaan levän määrää. Aiemmilta vuosilta ei ole valitettavasti saatavilla klorofylli *a*:n pitoisuuksia. Myöskään eläinplanktontutkimuksia ei ole Syväjärvessä tehty. Sen sijaan perustilaselvityksessä v. 2012 tehtiin verkkokoekalastus kalaston rakenteen selvittämiseksi. Syväjärven kalasto oli erittäin särkikalavaltainen (Savola & Hagman 2012). Vaikka petokaloja havaittiinkin melko runsaasti, vaikutti siltä, että järven pienikokoiset petokalat eivät pysty käyttämään isokokoisia lahnoja, ruutanoita ja suutareita ravinnokseen. Koekalastuksessa havaitut yksikkösaaliit olivat myös korkeat verrattuna muiden vastaavan rehevyystason järvien saaliisiin. Syväjärven runsas särkikalavaltainen kalasto lisää myös järven sisäistä kuormitusta pöyhimällä sedimenttiä ja vapauttaen näin sinne varastoitunutta fosforia veteen.



Kuva 7. Syväjärven klorofylli *a*:n (Chl *a*) pitoisuuden ja kokonaisfosforin (TP) suhde v. 2014, 2016 ja 2018.

6 Yhteenveto ja toimintasuunnitelma vuosille 2019–2027

Yhteenvetona voidaan todeta Syväjärven ulkoisen fosforikuormituksen olevan korkea, mutta kuitenkin kriittisen rajan alapuolella, jolloin järven veden laatuun voidaan vaikuttaa sisäistä kuormitusta hillitsemällä. Samaan aikaan täytyy toki huolehtia, ettei ulkoinen kuormitus pääse kasvamaan ja että sitä vähennetään määrätietoisesti edelleen. Tärkeää on myös huolehtia, että haja-asutuksen tiedot ovat RHR:ssä ajan tasalla, jottei VEMALA-malli yliarvioi siitä johtuvaa kuormitusta. Kun haja-asutuksen todellinen määrä on selvillä, myös jätevesineuvonnan suuntaaminen oikeisiin kohteisiin on helppoa.

Koska Syväjärvellä ei ole aiemmin juurikaan tehty kunnostus- ja hoitotoimenpiteitä, kannattaa ensin kokeilla hoitokalastusta, joka oikein toteutettuna Syväjärven kaltaisissa pienissä, suhteellisen vähäisen ulkoisen kuormituksen kohteena olevissa järvissä on osoittautunut hyväksi menetelmäksi (Sammalkorpi & Horppila 2005).

Vesikasvien niittoa ei voida pitää varsinaisena kunnostusmenetelmänä, mutta mikäli runsas kasvillisuus haittaa oleellisesti järven virkistyskäyttöä, voidaan niittoja toteuttaa maltillisesti jatkossakin. Tulee pitää mielessä, että kasveilla on myös tärkeä merkitys sedimentin paikalleen sitojana. Jos kasvit poistetaan, pohja on alttiimpi tuulen sekoittavalle vaikutukselle, jolloin kiintoainesta sekoittuu veteen aiheuttaen veden samentumista ja ravinteita vapautuu levien käyttöön. Vesikasvillisuus ovat tärkeitä myös petokalojen esim. hauen saalistusreviirinä ja kutualueina. Jos niittoja toteutetaan, tehdään ennemmin käytäviä ja kulkureittejä kasvustoon kuin niitetään isoja yhtenäisiä alueita.

Järven kunnostus on pitkäjänteistä työtä ja veden ladussa näkyviä tuloksia on odotettavissa aikaisintaan muutaman vuoden päästä kunnostuksen aloittamisesta. Määrätietoisella ja suunnitelmallisella työllä voidaan kuitenkin saavuttaa Syväjärvellä hyvä veden laatu ja virkistyskäyttöarvo vuoteen 2027 mennessä (kuva 8).

6.1 Ulkoisen kuormituksen vähentäminen neuvonnalla ja hankkeilla

Haja-asutuksen jätevesien oikeanlainen käsittely sekä viemäriverkoston laajentaminen ja siihen liittymään kannustaminen on tehokas keino vähentää ulkoista ravinnekuormitusta. Haja-asutuksen jätevesineuvontaa voidaan tehdä esim. LUVY:n LINKKI-hankkeen puitteissa niille kiinteistöille, jotka eivät ole viemäriverkoston toiminta-alueella. Viemäriverkostoon liittymisen kampanjointi voisi olla sopiva keino saada loputkin toiminta-alueella asuvat liittymään verkostoon. LINKKI-hankkeen puitteissa on myös mahdollista kerätä ja tarkistaa RHR:n tietojen oikeellisuus. Tämä olisi hyvä tehdä jo v. 2019, jotta tiedot ovat ajan tasalla ja järjestelmät kunnossa jätevesiasetuksen määräaikaan 31.10.2019 mennessä.

Peltoviljelyssä nykyaikaiset vesistöystävälliset toimintatavat kuten suojavyöhykkeet, maaperän kasvukyvystä huolehtiminen, talviaikainen kasvipeitteisyys sekä veden vaivaamien peltojen salaojitus tai luonnonmukainen kuivatus ovat suositeltavia keinoja taistella ravinnekuormitusta vastaan. Näistä menetelmistä viljelijöitä voi kannustaa hankkimaan tietoa esim. Länsi-Uudenmaan maatalousaiheisten hankkeiden tilaisuuksista. Mm. Siuntiojoki 2030 –hanke ja Hiidenveden kunnostus –hanke järjestävät tilaisuuksia yhteistyökumppaneidensa (mm. Pro Agria, WWF ja BSAG) kanssa. Tietoa saa LUVY:n hankevastaavilta.

Metsätalouden toimenpiteet kuten ojien kunnostukset, hakkuut ja metsien lannoitus voivat tuoda erittäin suuren, useita vuosia toimenpiteen jälkeenkin jatkuvan ravinnekuorman järveen. Myös ojitetuilta soilta saattaa tulla huomattava määrä ravinteita sateisina vuosina. Metsien suojelualueet Syväjärven rannoilla auttavat metsätalouden toimenpiteistä johtuvan kuormituksen estämiseen, sillä suojelualueilla ei luonnollisestikaan tehdä metsätaloustoimia. Sen sijaan luonnonhuuhtoumaan on vaikea puuttua. Metsien ja metsätalouden vesistövaikutuksista on myös alkamassa Länsi-Uudellamaalla hanke, jonka puitteissa myös luonnonhuuhtouman ravinnepäästöjä voidaan tarkastella ja keinoja niiden vähentämiseen etsiä. Tästäkin saa tietoa LUVY:n hankevastaavilta.

6.2 Hoitokalastussuunnitelma

Syväjärven kalasto on särkikalavaltainen ja hyvin runsas. Lisäksi klorofylli *a*:n ja kokonaisfosforin suhde viittaa siihen, ettei eläinplankton pysty kontrolloimaan kasviplanktonin määrää, mikä johtunee siihen kohdistuvasta kalojen saalistuksesta. Kalastoon kuuluu myös pohjaa penkovia ja sedimenttiä pöllyttäviä isokokoisia särkikaloja, jotka lisäävät ravinteiden kulkeutumista takaisin veteen levien käyttöön. Toisinaan selkärangattomat pedot voivat estää hoitokalastamalla tehtävän ravintoketjukunnostuksen vaikutukset (Liljendahl-Nurminen 2006). Syväjärvi on niin matala, että eniten ravintoketjukunnostuksia haitannut sulkasääsken toukka ei pysty niissä muodostamaan ylisuurta populaatiota, joten sen puolesta estettä hoitokalastukselle ei ole. Syväjärvelle suositeltava sisäisen kuormituksen vähentämismenetelmä onkin hoitokalastus.

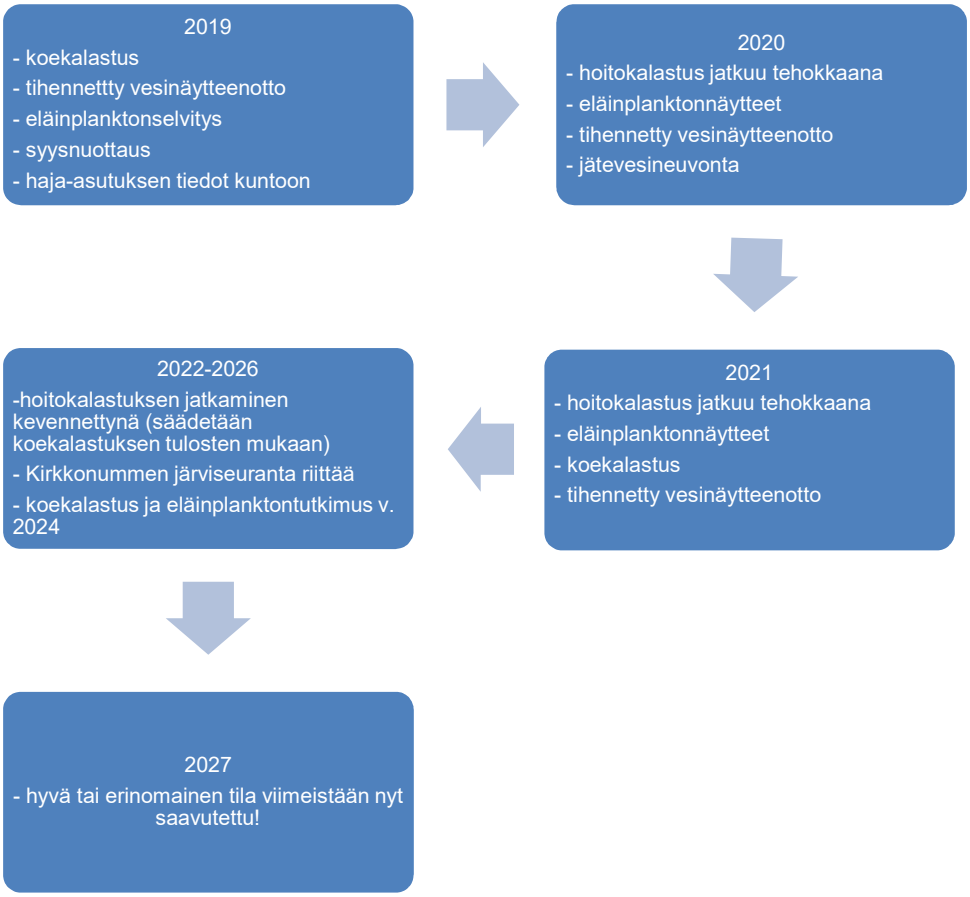
Ennen hoitokalastuksen aloittamista kalaston rakenne tulee selvittää koekalastuksella. Suositeltava menetelmä on verkkokoekalastus NORDIC-yleiskatsausverkoilla. Koekalastus tehdään kesällä ennen hoitokalastuksen aloittamista. Hoitokalastaus voidaan aloittaa koekalastuksen jälkeisenä syksynä esim. syysnuottauksella. Syväjärven hoitokalastuksen tavoitesaalis tulisi olla kolmena ensimmäisenä vuonna n. 3750 kg/v. Hoitokalastussaaliista tulee raportoida kokonaissaalisbiomassa ja biomassa lajeittain. Lisäksi hoitokalastussaaliista otetaan otanta, josta mitataan ja punnitaan valtalajit, esim. 20 kpl kutakin lajia.

Hoitokalastuksen tukena voidaan tehdä petokalaistutuksia. Istutettavista lajeista ja määristä voidaan tehdä päätös koekalastuksen jälkeen, kun on nähty mikä on järven kalaston rakenne tällä hetkellä.

Jotta hoitokalastuksen vaikuttavuutta voidaan arvioida, täytyy veden laatua, näkösyvyyttä, kalastoa ja eläinplanktonia seurata seurantaohjelman mukaan.

6.3 Näytteenottosuunnitelma

Ennen hoitokalastuksen aloittamista Syväjärven veden laadun seurantaa täytyy tihentää. Talvella riittää yksi näytteenotto, mutta kesällä vesinäytteet tulisi ottaa tihennetysti kesäkuun puolivälistä syyskuun alkuun. Näytteet otetaan tällöin kaksi kertaa kuukaudessa esim. viikoilla: 25, 27, 29, 31, 33, 35, 37 (yht. 7 näytteenottokertaa). Näytteenottosyvyydet ovat: 0-2 m, 1 m, 2 m ja 3 m. Tarvittavat vesianalyysit näillä tehostetuilla kerroilla ovat: happipitoisuus, lämpötila, pH, kokonaisfosfori, fosfaattifosfori, kokonaistyppi, nitraatti-nitriittityppi, ammoniumtyppi, klorofylli-*a*, sameus, sähkönjohtokyky ja väriluku. Samalla mitataan näkösyvyys. Syvyydestä 0-2 m otetaan vain klorofylli-*a*:n näyte. Kesäkuukausina kerran kuukaudessa otetaan myös eläinplanktonnäyte vesinäytteenoton yhteydessä. Eläinplanktonnäyte otetaan kokoomana vesipatsaasta 0-3 m nostamalla Limnos-noutimella vettä saavin, josta suodatetaan 15 l vettä eläinplanktonhaavin (seulakoko 50 µm) läpi. Näytteet säilötään 70 % etanoliin. Eläinplanktonin lajisto määritetään ja *Daphnia*- ja *Bosmina*-vesikirppujen pituus mitataan (*Daphnia*: pituus silmästä peräpiikin tyveen asti, *Bosmina*: kuoren pituudesta, piikki pois lukien). Eläinplanktonnäytteenotolla voidaan tutkia vaikuttaako kalojen poisto eläinplanktonin biomassaan ja keskimääräiseen kokoon (Sammalkorpi & Horppila 2005).



Kuva 8. Syväjärven kunnostuksen ja hoidon aikataulu v. 2019–2027.

Lähdeluettelo

Heikkilä J. & Vepsäläinen M. 2017. $AlCl_3$-treatment of eutrophic Lake Littoistenjärvi: Background and interim results. SYKE SEDIMENTTISEMINAARI -Lake restoration using aluminium salts: recent advances, results, and potential hurdles, Helsinki, 5.6.2017.

Horppila, J. Holmroos, H., Niemistö, J. Massa, I, Nygren, N., Schönach, P, Tapio, P. & Tammeorg, O. 2017. Variations of internal phosphorus loading and water quality in a hypertrophic lake during 40 years of different management efforts. Ecologiacal Engineering 103: 264-274.

Jeppesen, E. & Sammalkorpi, I. 2002. Lakes. Julkaisussa: Davy, A.J. & Perrow, M.R. (toim.) Handbook of ecological restoration. Vol. II. Restoration in practice. Cambridge University Press: 297–324.

Liljendahl-Nurminen, A. 2006. Invertebrate predation and trophic cascades in a pelagic food web. Väitöskirja. Helsingin yliopisto.

Pimenoff, S., Luoto, A. ja Koskinen, J. 2014. Läntinen kuntakeskus, Pikkalanlahti, Kantvik ja Pippuri Luontoselvitys 2012 – 2013. Luontotieto Keiron Oy.

Sammalkorpi, I. & Horppila, J. 2005. Ravintoketjukunnostus. Kirjassa: Ulvi, T. & Laakso, E. (toim.) Järvien kunnostus. Ympäristöopas 114. Suomen ympäristökeskus. s. 169–190.

Sarvilinna, A. & Sammalkorpi, I. 2010. Rehevöityneen järven kunnostus ja hoito. Suomen ympäristökeskus, Ympärstöopas 2010. 64 s.

Savola, P. & Hagman A-M. 2012. Kirkkonummen Syväjärven perustila – Kirkkonummen kuntakohtainen järvikunnostusohjelma.

SYKE 2018. Pintavesien ekologinen ja kemiallinen tila, www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Pintavesien_tila

Vollenweider, R.A. 1975. Input-Output Models, with special reference to the phosphorus loading concept in limnology. Schweiz. Z. Hydrol. 37: 53-84.

Wetzel, R. G. 2000. Limnology. Harcourt College Publishers.