



# KÖYLIÖNJÄRVI

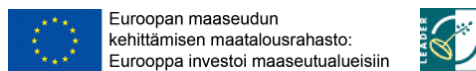
## Tila, kuormitus ja kunnostus

Anna Paloheimo

# KÖYLIÖNJÄRVI

## Tila, kuormitus ja kunnostus

Anna Paloheimo



Pyhäjärvi-instituutin julkaisuja

Sarja B nro 15

ISBN 978-952-9682-53-9 (nid.)

ISBN 978-952-9682-54-6 (pdf)

ISSN 0789-922X

EURA 2010

## Saatteeksi

Tämä julkaisu on tehty Pyhäjärvi-instituutissa ja idea sen syntymiseen lähti yhteistyöstä Köyliönjärven suojeluyhdistyksen kanssa. Julkaisu koottiin alun perin Pyhäjärvi-instituutin ”Vesiensuojelun ja vesistökuunnostuksen osaamispalvelut” -hankkeen puitteissa, joka oli EU:n tavoite 2 -ohjelman EAKR-hanke vuosina 2006–2007.

Julkaisua päivitettiin, täydennettiin uudella kuormituslaskelmalla ja se saatettiin painokuntoon Manner-Suomen maaseutuohjelman Leader-toimintalinjalta Pyhäjärvi-seutu ry:n kautta rahoitetussa hankkeessa ”Köyliönjärven ja -joen ulkoisen kuormituksen vähentäminen (KULKU)”. Hanke oli käynnissä 2008–2010.

Köyliönjärven parissa on tehty työtä eri tahojen toimesta jo hyvin pitkään ja sekä projekteissa että niiden puitteissa on julkaistu lukuisia selvityksiä ja raportteja. Moni arvokas tiedonjyvänä on ollut hajallaan tutkijoiden ja muiden järven parissa toimineiden ihmisten päissä ja pöytälaatikoissa. Tätä kaikkea tietoa on pyritty kokoamaan ja tiivistämään yksien kansien väliin ja tähän julkaisuun on koottu yhteen mahdollisimman paljon olemassa olevaa ja lisäksi ajankohtaista Köyliönjärveä koskevaa tietoa.

Julkaisusta on otettu pieni painos mm. koulujen ja kirjastojen käyttöön. Julkaisu on vapaasti ladattavissa Pyhäjärvi-instituutin www-sivuilta ja sen voi tulostaa omaan käyttöön.

Köyliönjärven suojelutyötä on tarpeen jatkaa. Tehtävien toimien on perustuttava tunnettuun tietoon ja toivonkin, että tämä julkaisu voi toimia perustietona myös mahdollisia tulevia toimenpiteitä suunniteltaessa.

Eurassa 30.6.2010

Anna Paloheimo

Asiantuntija, MMM

Pyhäjärvi-instituutti

## Sisällys:

Sisällys:.....	4
1 Köyliönjärven suojele- ja kunnostustyön historiaa.....	5
2 Köyliönjärvi.....	6
2.1 Morfologia ja hydrologia.....	6
2.1.1 Vedenpinnan korkeus.....	8
2.1.2 Valuma-alueen yleiskuvaus .....	9
2.1.3 Pohjavesialueet .....	10
2.1.4 Suojelutilanne ja järven tilan luokittelu .....	11
2.2 Fysikaalis-kemiallinen vedenlaatu .....	11
2.2.5 Happi ja lämpötila.....	11
2.2.6 Veden pH.....	12
2.2.7 Sameus .....	12
2.2.8 Johtokyky .....	13
2.2.9 Alkaliniteetti.....	13
2.2.10 Orgaaninen aines .....	13
2.2.11 Ionit .....	13
2.2.12 Metallit .....	14
2.2.13 Kokonaisfosfori.....	14
2.2.14 Kokonaistyyppi.....	16
2.2.15 Ravinnesuhteet.....	17
2.3 Kasviplankton ja klorofylli.....	17
2.3.1 Kasviplankton.....	17
2.3.2 Klorofylli- <i>a</i> .....	18
2.4 Eläinplankton ja pohjaeläimistö.....	19
2.5 Kalasto.....	20
2.5.1 Kalaston rakenne.....	20
2.5.2 Teho- ja poistokalastus ja sen vaikutukset.....	20
2.6 Sedimentin laatu .....	21
2.6.3 Köyliönjärven kehityshistoria sedimentin perusteella.....	22
2.7 Vesikasvillisuus.....	23
2.8 Kuormitus .....	23
2.8.1 Pistekuormitus.....	24
2.8.2 Kuormituksen tasetarkastelut.....	24
2.8.3 Kuormituksen alueellinen ja ajallinen jakautuminen.....	27
2.9 Muut ihmistoiminnan vaikutukset.....	29
2.10 Yhteenveto Köyliönjärven tilasta .....	30
3 Köyliönjärven kunnostus ja suojelelyön tulevaisuus.....	31

# 1 **Köyliönjärven suojele- ja kunnostustyön historiaa**

Köyliönjärvi on rehevä maatalousalueen järvi. Järven parissa on tehty merkittävää työtä ulkoisen kuormituksen vähentämiseksi ja ravintoketjukunnostuksen parissa jo 1990-luvun alusta alkaen.

Köyliön kunnan ympäristönsuojelulautakunnan aloitteesta käynnistyi vuonna 1990 Köyliönjärven suojeleprojehti hajakuormituksen vähentämiseksi. Projekti toimi vuosina 1990–1993. Projektin rahoittivat Turun ja Porin lääninhallitus ja Köyliön kunta. Projektin keskeisiä tavoitteita olivat: 1) Köyliönjärveen laskevien ojavesien virtaaman ja laadun seuranta sekä vesi- ja fosforitaseen laadinta hajakuormituksen suuruuden määrittämiseksi, 2) monikäyttöiset laskeutusaltaat (suunnittelu, toteutus ja testaus ojaperäisen kuormituksen vähentäjänä) 3) viljavuustutkimuskampanja ja maataloustuottajien informointi, 4) ravintoketjukunnostus ja tilaa seuraava tieteellinen tutkimushanke ja 5) hankkeesta sekä vesiensuojelun ja maatalouden rinnakkaisesta tiedottaminen (Hirvonen 1993).

Köyliönjärven suojeleprojektin (1990–93) tuloksena syntyi mm. vesi- ja fosforitaselaskelma (Wright 1993), opasvihkonen ”Köyliönjärven suojele ja hoito - Menetelmiä Köyliönjärven kuormituksen pienentämiseksi” (Hirvonen, toim. 1993) ja selvitys Köyliönjärven ravinnekierrosta ja pohjasedimentin laadusta (Itkonen 1993). Suojeleprojektissa aloitettiin myös tutkimukset särkikaloiden poistopyynnin vaikutuksista rehevöityneen järven kunnostuksessa (Sarvala ym. 1993). Vuonna 1993 ilmestyi myös Köyliönjärven kalastusalueen käyttö- ja hoitosuunnitelma (Hirvonen ja Helminen 1993). Poistopyyntisaalis, kalaston rakenne ja koko sekä joitakin vedenlaatumuuttujia vuosina 1992–1993 raportoitiin vuonna 1993 (Salonen 1993).

Vesiensuojele erikoiskasviviljelyssä -projekti (1994–96) käynnistyi helmikuussa 1994. Sen rahoittivat Köyliön kunta, Satakuntaliitto, Turun ja Porin lääninhallitus sekä Satakunnan maaseutuelinkeinopiiri. Lisäksi osaprojektien rahoitukseen osallistui useita eri tahoja. Projektin tavoitteet olivat yhtäläiset suojeleprojektin kanssa.

Vesiensuojele erikoiskasviviljelyssä -projektin tuloksena valmistui Köyliönjärven valuma-alueen fosforitaselaskelma (Helminen ja Wright 1995) ja se täydensi järvelle tehtyä aikaisempaa laskelmaa (Wright 1993). Projektissa valmistui myös valuma-alueen laskeutusaltaiden alustava sijaintisuunnitelma, joka on julkaistu loppuraportin yhteydessä (Hirvonen 1997).

Vuonna 2002 julkaistiin maanviljelysalueiden suojevyyhykkeiden yleissuunnitelma Köyliönjärven ja Köyliönjoen valuma-alueelle (Reko 2002). Alueelle on tehty myös maatalouden monivaikutteisten kosteikkojen ja luonnon monimuotoisuuden yleissuunnitelma (Härjämäki ym. 2008).

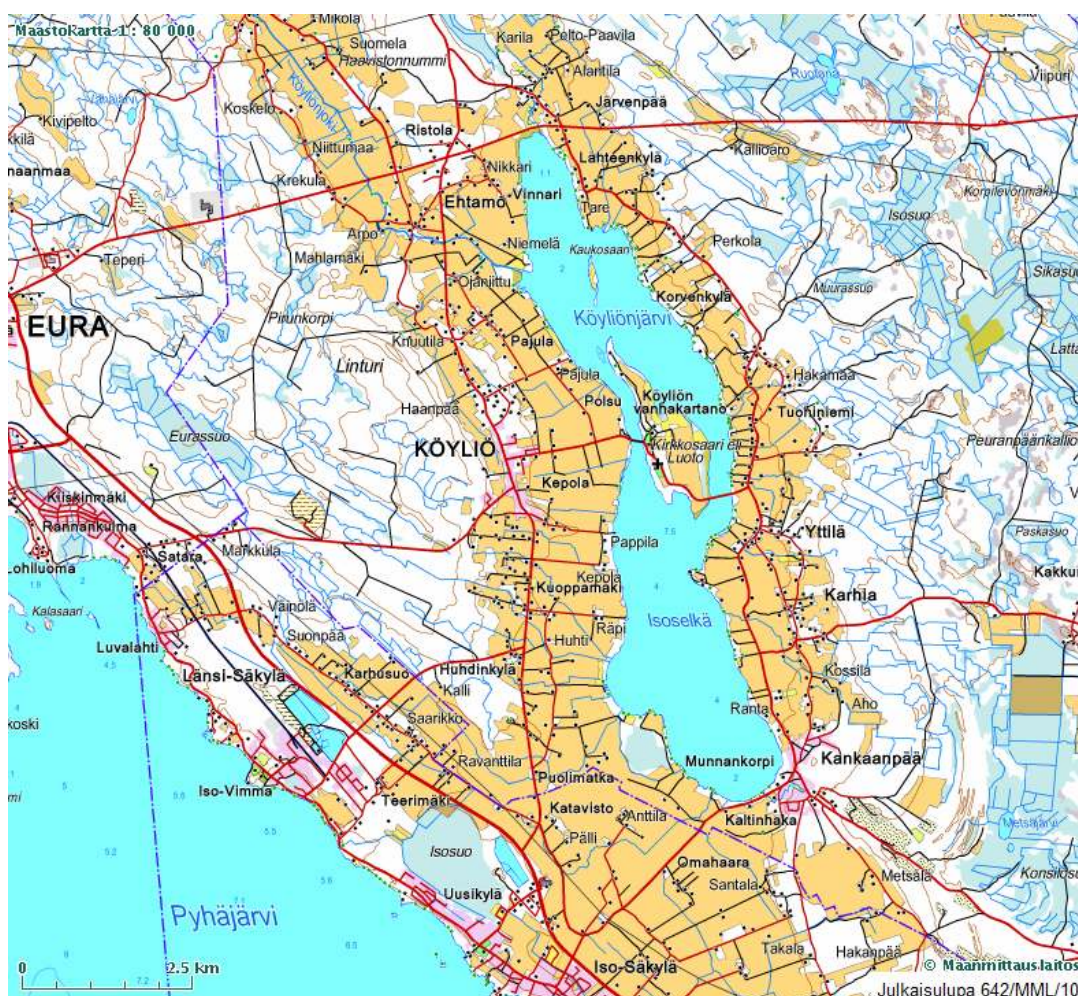
Köyliönjärven suojelelytyö sai jatkoa vuosina 2002–2005 toteutetulla Köyliönjärven kansallismaisema kuntoon! -hankkeella, jonka toteuttajana oli Köyliönjärven suojeleuyhdistys ry. (Hirvonen 2005). Hanketta rahoitettiin alueellisesta maaseutuohjelma ALMA:sta ja rahoituksen myönsi Satakunnan TE-keskus, muita rahoittajia olivat Köyliön kunta ja maataloustuottajien Köyliön yhdistys ry. Hankkeessa kampanjoitiin maatalouden ympäristötuen erityistukimuotojen hyödyntämiseksi vuosina 2003 ja 2004. Lisäksi jatkettiin särkikaloiden poistokalastusta sekä veden laadun ja järven ekologisen tilan seuranta (Sarvala ym. 2005). Ulkoisen kuormituksen suuruutta, muutoksia ja vaikutuksia selvittävä Köyliönjärven uusi ravinnetaselaskelma valmistui (Louhesto ja Helminen 2005).



Köyliönjärven hoitoon ja kunnostukseen liittyen on tehty ja julkaistu myös lukuisia tieteellisiä tutkimuksia. Ympäristöhallinnon tietokannassa on Köyliönjärven mittauspisteiltä vedenlaatutietoa 1960 -luvun alusta lähtien. Köyliönjärveltä kerättiin Suomen Akatemian rahoittaman kunnostustutkimuksen yhteydessä avovesikauden kattavaa vedenlaatuaineistoa vuosilta 1992–2001. Aineiston avulla on tarkasteltu mm. kesänaikaisen fosforitason nousun yhteyttä kerrostuneisuusoloihin ja veden pH-tasoon (Sarvala 2004). Köyliönjärven ravintoverkkoon ja sen kunnostukseen liittyviä tutkimuksia on julkaistu useissa tieteellisissä sarjoissa, tieteellisten tutkimusten viitteitä on koottu lähdeviitteiden yhteyteen.

## 2 Köyliönjärvi

### 2.1 Morfologia ja hydrologia

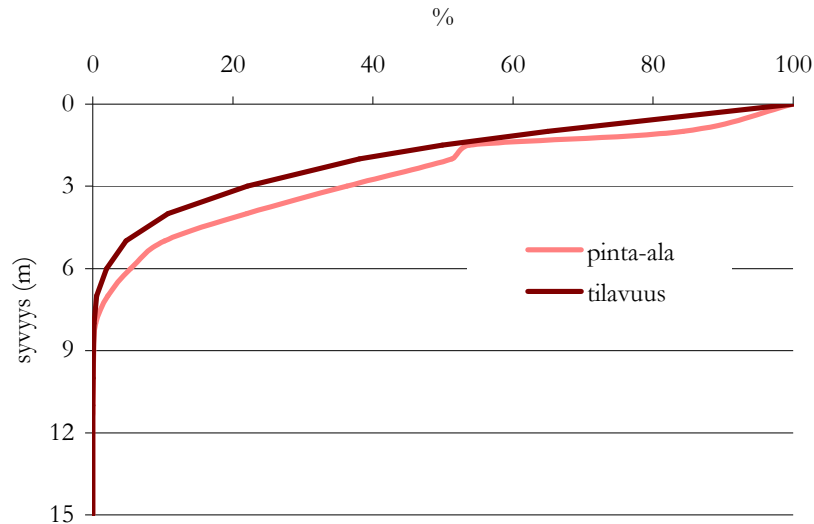


**Kuva 1 Köyliönjärven ympäristön yleiskartta**

Köyliönjärvi (vesistöaluetunnus 34.054.1.001) sijaitsee Köyliön kunnan alueella (Kuva 1) ja sen valuma-alue ulottuu paitsi Köyliön, myös Säkylän kunnan alueelle. Köyliönjärvi kuuluu Eurajoen - Lapinjoen vesistöalueeseen ja sen luoteisosasta vedet laskevat Köyliönjokea pitkin Eurajokeen ja edelleen Pohjanlahteen. Köyliönjärvi kuuluu Kokemäenjoen-Saaristomeren-Selkämeren vesienhoitoalueeseen.

Köyliönjärven pinta-ala on 12,5 km<sup>2</sup>, keskisyyvyys on 3 m ja suurin syvyys 12,8 m. Muodoltaan järvi on pitkulainen ja sen altaita erottaa järven keskellä sijaitseva

Kirkkosaari ja saaren kautta järven poikki kulkeva tie. Morfologialtaan Köyliönjärvi on pohjois-eteläsuunnassa kahteen osaan jakautunut matala allas (Kuva 2). Köyliönjärven pienialainen syvänealue sijaitsee Kirkkosaaren pohjoiskärjen länsipuolella Pölsunsalmen suulla. Saaria Köyliönjärvessä on kaikkiaan 5 ja niiden yhteenlaskettu pinta-ala on 146 ha.



**Kuva 2 Köyliönjärven hypsografiset käyrät**

Järven länsirannan ja Kirkkosaaren välissä on silta, kun taas itärannan ja Kirkkosaaren välinen salmi suljettiin tiepenkereellä vuonna 1955. Penkereen aiheuttamien vesistöhaittojen vähentämiseksi vuonna 1983 penkereeseen rakennettiin virtausaukko, johon asennettiin virtauspotkuri. Maasillan tilalle rakennetaan kesällä 2010 silta, joka laajentaa virtausaukkoa 20 metriin. Sillan rakentaminen mahdollistaa veden paremman virtauksen ja kulkemisen vesiteitse Kirkkosaaren itäpuolelta.

Tulovirtaama on keskimäärin  $1,3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  ja tulovirtaaman kuukausittaisten keskiarvojen vaihteluväli  $0,2\text{--}2,6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  (Reko 2002). Köyliönjoen lähtövirtaama Köyliönjärvestä on puolestaan keskimäärin  $0,93 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  (Meisalmi 2006). Vuoden 2005 keskivedenkorkeuden (N60 + 40,74 m) ja menovirtaaman perusteella arvioituna viipymä on noin 436 vuorokautta (Meisalmi 2006).

Köyliönjärven jäätyminen ja jäiden sulamisen ajankohtia on kerätty paikallisten asukkaiden toimesta (Taulukko 1).

**Taulukko 1 Köyliönjärven jääpeitteen muodostuminen ja sulaminen vuosina 1981–2010 (Lassi Kauko 2010)**

talvi	jäätyminen	sulaminen	talvi	jäätyminen	sulaminen
1981/82		26.4.	1995/96	4.–6.11, 8.11	5.5.
1982/83	6.12	23.4.	1996/97	14.12	24.–26.4.
1983/84	13.11	30.4–1.5.	1997/98	27.–31.10, 4.–13.11, 27.11	24.4.
1984/85	16.–25.11, 12.12	14.5.	1998/99	14.11	19.–20.4.
1985/86	18.11	30.4.	1999/00	20.–29.11	25.4.
1986/87	7.12	2.5.	2000/01	24.12	19.–23.4.
1987/88	9.11, 23.11	3.5.	2001/02	23.11	14.–18.4.
1988/89	31.10	9-12.4	2002/03	19.10	30.4.
1989/90	24.11	28.–29.3	2003/04	22.–26.10, 8.12	19.4.
1990/91	22.11	10.–11.4	2004/05	19.11	15.–17.4.
1991/92	20.–24.11, 7.12	27.–30.4.	2005/06	20.–23.11, 9.12	30.4.–2.5.
1992/93	27.11	21.4.	2006/07	12.–16.1, 19.1.	5.–6.4.
1993/94	23.11	28.4.	2007/08	22.1.	7.4.
1994/95	11.11	23.–25.4.	2008/09	25.12.	23.4.
			2009/10	14.12.	25.4.

### 2.1.1 Vedenpinnan korkeus

Köyliönjärven pinnankorkeus on aiheuttanut keskustelua kautta aikain. V. Salmi kirjassaan Köyliön pitäjän historia vuodelta 1905 kertoo Köyliönjärven pinnan aiheuttamasta harmista: ”Kun Köyliön kartanon omistaja viime vuosisadan alussa asettui vakinaisesti asumaan Köyliöön, alkoi tämän kartanon laajoilla alueilla vireä edistyksen tuuli puhaltaa ja siitä tuntui vaikutuksia kautta pitäjän. Uusia maita avattiin viljelykselle ja vanhoja koetettiin parantaa. Tässä tuli myös huomatuksi, että Köyliönjärven vesi alkoi seisoa korkeammalla, mikä oli luonnollinen seuraus siitä, että viljelysmaitten laajentumisen ja ojituksen kautta lisääntyi vedentulo. Joki ei enää tarpeellisen nopeasti niellyt lisääntyviä vesijoukkoja.”

Köyliönjärven ensimmäinen tiedossa oleva vedenlasku toteutettiin vuonna 1820. A.R. Cedercreutz ehdotti ensimmäisen kerran joen perkaamista vuonna 1813. Perkaustyöt päätettiin aloittaa ja sen kustannukset kattaa manttaalien mukaan. Järven pintaa ei saanut tuolloin laskea ”yli puolen kynnärän”. Perkaus kesti kauan ja vuonna 1819 palkattiin työntekijöitä hoitamaan työ loppuun, se ei kuitenkaan valmistunut. Vuonna 1820 hyväksyttiin uusi, Kepolan omistaja arkkiateri von Bonsdorffin ehdotus työn loppuun suorittamisesta. Työ tehtiin helmikuusta 1820 alkaen työruoduissa siten, että kultakin puolelta manttaalilta tehtiin 1 miehen päivätyö ja koko manttaalilta 1 juhdan päivätyö.

Tästä jo 20 vuoden kuluttua vuonna 1842 sekä suurten katovuosien aikana tulvien havaittiin taas tekevän vahinkoa. Pitäjän kokouksessa päätettiin tehdä hakemus perkausten aloittamisesta uudelleen. Hakemuksessa pyydettiin keisarilliselta joenperkausvirastolta sopivaa työnjohtajaa, jota ei kuitenkaan saatu. Katovuosien tulvien aikaan v. 1866 päätettiin esittää hallitukselle, että joen perkaus tehtäisiin hätäaputyönä, ”koska korkean esivallan avulla on ennenkin tätä jokea perattu”. Apua ei tälläkään kertaa saanut ja joki jäi perkaamatta.

Kepolan kartanon omistaja Kaarlo Ruuanheimo, tilallinen August E. Vähätalo Yttälästä ja Vanhankartanon metsänvartija Kaarlo L. Lilius jättivät vuonna 1933 maaherralle anomuksen järven pinnan laskemisesta apulaismaanviljelysinsinööri Yrjö Reino Saarisen tekemän suunnitelman pohjalta. Vesistötoimikunnan päätöstä vuonna 1934 seurasi valitusmenettely, jossa laskusuunnitelmasta valitti 28 köyliöläistä tilallista. Vesistötoimikunta antoi laskuun kuitenkin luvan 13.11.1934 ja



korkein hallinto-oikeus hylkäsi valitukset ja vahvisti luvan järven pinnan laskuun 4.3.1935. (Lassi Kauko, henk. koht. tiedonanto 2.5.2007, Helminen 1994)

Köyliönjärven veden pintaa laskettiin toisen kerran vuosina 1938–40 toteutetulla lasku-uoman perkauksella. Vedenpinnan laskun on arvioitu olleen noin 70–90 cm, jolloin rantaviiva siirtyi keskimäärin 44 m. Kokonaismaa-ala lisääntyi tuolloin yli 300 ha ja viljelysala ranta-alueilla noin 150 ha. Laskun seurauksena tuli lisämaata noin 50 maanomistajalle (Lassi Kauko, henk. koht. tiedonanto 2.5.2007, Helminen 1994).

Ensimmäisen perkauksen jäljiltä jääneitä kynnyksiä joen yläosasta poistettiin kesällä 1982 Köyliönjoen perkausyhtiön toimesta. Perkauksen jälkeen alivedenkorkeudet laskivat ja Turun vesipiirin vuonna 1983 antamien ohjeiden mukaisesti Ehtamoon Salattimentien sillan yläpuolelle rakennettiin pohjapato. Pohjapato sijaitsee Köyliönjoessa noin 1,6 km:n päässä järven luusuasta.

Perkauksen ja pohjapadon rakentamisen jälkeen kesä-elokuun vedenpinnan korkeudet ovat olleet noin 8 cm aikaisempaa alempana. Huhti-toukokuun korkeudet ovat puolestaan nousseet lähes 9 cm (Helminen 1994). Vuosien väliset keskimääräiset vedenpinnan korkeudet ovat olleet vakaampia kuin aikaisemmin, mutta eri kuukausien välillä erot ovat kasvaneet. Köyliönjärven vedenpinnan muutokset eivät ratkaisevasti ole muuttaneet viipymää tai kerrostuneisuusoloja järvessä, muutoksilla voi kuitenkin olla merkittäviäkin vaikutuksia tuottavassa kerroksessa ja rantavyöhykkeessä (Helminen 1994).

Nykyisellään Köyliönjärvelle ei ole määritelty lainvoimaista vedenkorkeutta. Kesäaikaisia n. 10–15 cm korkeampia alivedenkorkeuksia on kokeiltu 2000-luvulla ja noston vaikutukset Köyliönjärven säännöstelyn, kansallismaiseman ja virkistyskäytön kannalta ovat olleet positiiviset (Pyhäjärvisuon ympäristötoimisto 2005). Alija keskivedenkorkeuden vakiinnuttamisesta korkeammalle on laadittu Köyliönjärven vedenpinnan nostosuunnitelma (Meisalmi 2006) ja lupahakemus Länsi-Suomen ympäristölupavirastoon (Reko, J. suullinen tiedonanto 11.12.2006). Lupa vedenpinnan nostamiseksi on saatu, mutta luvasta on valitettu.

## 2.1.2 Valuma-alueen yleiskuvaus

Osa Köyliönjärven vedestä on lähdevettä ja peräisin Kuninkaanlähteestä ja Säskylänharjun reuna-alueilta alkavista ojista. Valuma-alueen ala on 123,71 km<sup>2</sup>, josta peltoala on 39,33 km<sup>2</sup> (31,6 %), metsäala 52,17 km<sup>2</sup> (41,9 %) ja suoala 19,49 km<sup>2</sup> (15,7 %).

Järveen laskee valuma-alueelta kaikkiaan 26 ojaa. Suurimpia ojaia ovat Säskylän peltoalueilta laskeva Ketelinoja (22 % valuma-alueesta) ja järven pohjoispäässä järveen laskeva Mustaoja (17 %). Järveen laskevien 26 ojan valuma-alueiden yhteenlaskettu pinta-ala on 115,18 km<sup>2</sup>, josta peltoa on vajaa kolmannes eli 28,2 % (Wright 1993).

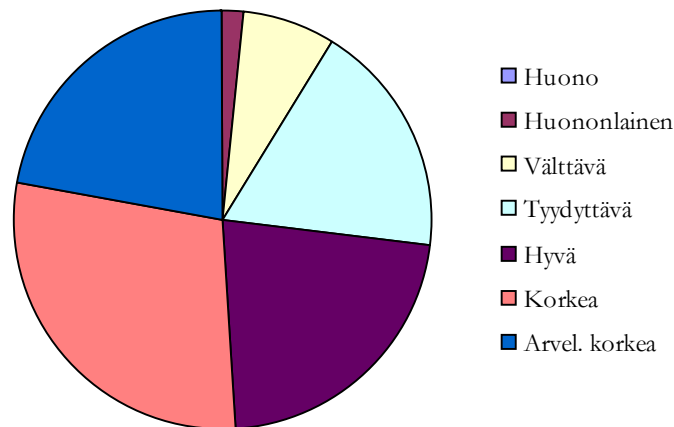
Valuma-alueesta 101 km<sup>2</sup> (79 %) on Köyliön kunnan ja 27 km<sup>2</sup> (21 %) Säskylän kunnan alueella. Säskylän kunnan alueella peltoprosentti on 57,5 % ja Köyliön kunnan alueella tätä alhaisempi (Wright 1993).

Pinnanmuodoiltaan valuma-alue on varsin tasainen tai hieman ojiin ja järveen viettävää. Köyliön-järven pinta on noin 40 metriä merenpinnan yläpuolella. Alueen maaperä on vaihtelevaa ja alueella esiintyy moreenia, hiekkaa ja hietaa. Tutkituista Köyliön kunnan peltomaanäytteistä valtaosa (89,6 %) oli karkeita kivennäismaalaje-

ja; karkeaa ja hienoa hietaa sekä hietamoreenia (Viljavuuspalvelu Oy 2007). Myös savea ja hiesua esiintyy viljelyalueilla mm. Köyliönjärven itäpuolella sekä Ketelinon latvoilla Säkylässä (Reko 2002). Eloperäisiä viljelysmaita on Köyliön kunnan alueella noin 6 % (Viljavuuspalvelu oy 2007) ja osuus on selvästi alhaisempi kuin Satakunnassa keskimäärin (Hirvonen ja Helminen 1993).

Köyliönjärven valuma-alueen peltomaiden ravinteisuus on korkea. Peltomaan ravinteisuutta ja kasvukuntoa voidaan määrittää viljavuustutkimuksella. Tutkituista maanäytteistä sekä Köyliön että Säkyllän kuntien alueella suuri osa kuului arveluttavan korkeaan tai korkeaan viljavuusluokkaan (Kuva 3). Viljavuuspalvelun julkisten tilastojen perusteella ravinteisuus on kuitenkin laskemaan päin.

Köyliön kunnan alueella fosforipitoisuus oli vuosina 2001–05 korkea tai arveluttavan korkea n. 58 % tutkituista peltomaanäytteistä, vuosina 2006–09 vastaavasti 51 %. Keskimääräinen fosforipitoisuus karkeilla kivennäismailla oli samalla aikajaksolla laskenut 40 mg l<sup>-1</sup>:sta 35,2 mg l<sup>-1</sup>:aan (12 %).



**Kuva 3 Köyliön kunnan alueelta otettujen viljavuusnäytteiden fosforipitoisuus viljavuusluokittain vuosina 2006–2009 (Lähde: viljavuuspalvelu Oy 2010)**

### 2.1.3 Pohjavesialueet

Köyliönjärven valuma-alueella on kaksi pohjavesialuetta. Yttilänottassa sijaitseva Yttilän pohjavesi-alue on luokiteltu vedenhankintaa varten tärkeäksi pohjavesialueeksi (luokka I). Alue liittyy Säkyllän harjujaksoon ja sen korkein lakiosa kohoaa noin 10–12 metriä Köyliönjärven vedenpinnan yläpuolelle. Alueen kokonaispinta-ala on noin 0,34 km<sup>2</sup> ja muodostumisalueen pinta-ala noin 0,07 km<sup>2</sup>. Pohjavesialueen antoisuus on noin 2000 m<sup>3</sup> d<sup>-1</sup> ja siellä on pohjavedenottamo. Osa vedenotantomolta saatavasta pohjavedestä voi olla rantaimetyntynyt ja osa voi kulkeutua Säkyllänharjusta (Hertta; POVET-tietojärjestelmä 26.5.2010).

Köyliön Kirkkosaaren pohjavesialue on puolestaan luokiteltu vedenhankintaan soveltuvaksi pohjavesialueeksi (luokka II) ja sen antoisuus on 250 m<sup>3</sup> d<sup>-1</sup>. Alueen kokonaispinta-ala on noin 0,82 km<sup>2</sup> ja muodostumisalueen pinta-ala noin 0,47 km<sup>2</sup>. Maaperältään hiekkaa oleva Kirkkosaari on samaa harjujaksoa kuin Säkyllänharju ja Yttilä. Kirkkosaari kohoaa harjuselänteen kohdalla noin 15–20 metriä Köyliönjärven pintaa ylemmäksi. Pohjavesi virtaa kohti järveä. Vedenhankinnan kannalta alue on tyydyttävä ja Köyliönjärven vedenlaatu on huomioitava mahdollisen vedenoton

yhteydessä, koska rantaimetyymistä saattaa tapahtua (Hertta; POVET-tietojärjestelmä 26.5.2010).

#### **2.1.4 Suojelutilanne ja järven tilan luokittelu**

Osa Köyliönjärvestä kuuluu Köyliönjärvi nimiseen Natura 2000 -alueeseen (FI0200032). Alueella on 7 luontodirektiivin liitteen I luontotyyppiä eli ns. SCI-alueita (Sites of Community Structure), joista 1 on priorisoitu. Tämän lisäksi alueella on kolmetoista lintudirektiivin liitteen I lintulajia, joten alue on ns. SPA-alue (Special Protection Area). Alueella elää myös luontodirektiivin liitteen II lajeista liito-orava ja viitasammakko. Natura-alue muodostuu kolmesta osasta ja sen ala on 303 ha.

Suuri osa Köyliönjärven valuma-alueesta sekä Köyliönjoen yläosa Tuiskulaan saakka kuuluu valtakunnallisesti arvokkaaseen maisema-alueeseen, Köyliönjärven kansallismaisemaan. Köyliönjärvi kuuluu valtakunnalliseen lintuvesien suojeluohjelmaan. Näiden ohella se yhdessä Pyhäjärven lintualueiden kanssa on tunnistettu kansainvälisesti merkittäväksi ns. IBA-alueeksi, sama alue on nimetty Suomen tärkeisiin lintualueisiin (ns. FINIBA-alueet, Leivo ym. 2001).

Köyliönjärvi on luokiteltu aiemmin käyttökelpoisuudeltaan luokkaan huono mm. korkeista ravinnepitoisuuksista, veden sameudesta ja toistuvista sinileväkukinnoista johtuen. Nykyisin vesistöt luokitellaan ekologisin perustein ja niiden tilaa verrataan tyyppin mukaiseen luonnontilaan. Köyliönjärven järviyppi luokitusjärjestelmässä on RrRk eli runsasravinteiset ja runsaskalkkiset järvet ja sen ekologinen tila on luokiteltu huonoksi (Satakunnan pintavesien toimenpideohjelma vuoteen 2015).

Köyliönjärven ei arvioida saavuttavan hyvää ekologista tilaa vuoteen 2015 mennessä kunnostustoimenpiteistä huolimatta. Järveen kohdistuneen ja yhä kohdistuvan voimakkaan ihmistoiminnan vaikutuksen ja sisäisen kuormituksen perusteella on Köyliönjärvelle esitetty vesipuitteidirektiivin toimeenpanossa alempi tilatavoite, sillä arvioiden mukaan Köyliönjärven ei ole mahdollista saavuttaa hyvää ekologista tilaa kohtuullisin kustannuksin ja käytössä olevien menetelmien ja toimenpiteiden avulla (Satakunnan pintavesien toimenpideohjelma vuoteen 2015).

## **2.2 Fysikaalis-kemiallinen vedenlaatu**

#### **2.2.5 Happi ja lämpötila**

Köyliönjärvellä on havaittu vesimassan keskilämpötilan nousseen 1960 -luvulta alkaen (Itkonen ja Olander 1997). Tämän on arveltu olevan seurausta ilmaston yleisestä lämpenemisestä sekä pienemmästä järveen perkoloituvien viileiden pohjavesien määrästä (Itkonen ja Olander 1997 ja Lerman ym. 1995 artikkelissa Itkonen ja Olander 1997).

Matalassa ja rehevässä järvessä, kuten Köyliönjärvessä alusveden tilavuus on pieni. Köyliönjärvi kerrostuu talvisin ja kesäisin lämpötilaerojen mukaisesti, kerrostuneisuus varsinkin kesäaikaan purkautuu helposti mm. tuulen vaikutuksen vuoksi ja kerrostuneisuusolot voivat vaihdella jopa muutaman viikon välein. Lämmin päällysvesi kerrostuu pinnalle lämpimän ja tyyneen sääjakson koittaessa. Alusvesi lämpenee nopeasti pienen tilavuutensa vuoksi, tällöin hajotus lisääntyy ja happipitoisuus alenee. Päällys- ja alusveden lämpötila- ja tiheyserot ja kerrostuneisuuden sta-

biilisuus alenevat ja järvi herkistyy täyskierrolle. Tuulinen sää tai viileän sääjakson aikainen päällysveden viileneminen voi aloittaa täyskierron. Ilman lämmitessä ja tyynellä säällä järvi kerrostuu helposti uudelleen.

Kerrostuneisuuden aikaan happitilanne alusvedessä heikkenee nopeasti ja voi jopa kulua loppuun. Kun pohjan happitilanne heikkenee, siihen sitoutunutta fosforia alkaa liueta veteen. Päällysvedessä puolestaan voimakas perustuotanto aiheuttaa hapen ylikyllästystä kesäaikaan kesä-elokuussa.

Köyliönjärven happitilannetta selvitettiin perinpohjaisesti vuosina 2003–2004 Köyliönjärven kansallismaisema kuntoon -hankkeen yhteydessä. Silloin pohdittiin olisi-ko hapettamisesta apua järven tilan parantamisessa.

Hapetuksen mahdollisuuksien selvittelyn yhteydessä todettiin, että Köyliönjärven matalilla alueilla merkittävin ravinteiden kuljettaja on eroosio ja vedessä lähinnä pH:n muutosten vuoksi tapahtuva sisäinen kuormitus. Hieman syvemmillä alueilla ravinteet päätyvät veteen joko resuspension (mm. kalojen aiheuttama) tai suoran liukenemisen kautta. Välisyvyyksissä ravinteiden vapautumista säätelevät vuoroin happipitoisuus ja vuoroin veden pH. Ainoastaan pienialaisen syvänteen alueella happipitoisuus on todennäköisesti merkittävin ravinteiden vapautumista säätelevä tekijä. (Saarijärvi ja Lappalainen 2003)

## **2.2.6 Veden pH**

Veden pH-arvo nousee etenkin voimakkaan yhteyttämisen seurauksena kesäaikaan varsin korkeaksi. Veden pH-arvoa on mitattu 1960-luvun alkupuolelta alkaen ja alhaisimmillaan se on ollut marraskuussa 1961, jolloin se oli noin 5,8 (5,7–5,9). Korkein pH havaittiin puolestaan elokuussa 2002, jolloin se oli 9,6. Köyliönjärven pH on noussut vuosikymmenten aikana. 1960-luvulla se oli keskimäärin 6,96 ja 2000-luvulla toistaiseksi 7,95.

Korkeat pH:t ovat tyypillisiä sinileväkukintojen aikana, sillä levät käyttävät loppuun kaiken hiilidioksidin ja bikarbonaatin ja järven puskurisysteemi häiriintyy. Veden pH voi nousta myös kun rautasulfidia muodostuu sedimentissä.

Yleisesti ottaen suomalaiset järvet ovat lievästi happamia ja niiden pH-arvo on noin 6,5–6,8. Vesien eliöstö on sopeutunut elämään pH-alueella 6,0–8,0, joten Köyliönjärvellä veden pH voi ajoittain nousta eliöiden kannalta haitallisen korkeaksi. Korkeaksi nouseva pH voi myös lisätä pohjasedimenttiin sitoutuneen fosforin liukoisuutta, sillä raudan hydroksidien fosforinsitomiskyky heikkenee.

Köyliönjärvellä on havaittu veden pH:n ja kokonaisfosforipitoisuuksien laajaa ja nopearytmistä heilahtelua. Veden pH:n noustessa fosforipitoisuus kasvaa, mikä viittaa sisäiseen kuormitukseen (Sarvala 2004).

## **2.2.7 Sameus**

Veden sameus koostuu vedessä olevista pienistä hiukkasista, kuten kasviplanktonista, savimineraaleista ja kuolleesta orgaanisesta aineksesta. Köyliönjärvellä sameuden vaihtelut ja vuoden korkeimmat sameusarvot ovat kasvaneet 1990- ja 2000 -luvuilla johtuen leväkukinnoista ja eroosion vaikutuksesta.

Korkeimmat sameusarvot on havaittu loppukesän näytteissä, johtuen leväsamenuksesta. Talviaikaiset sameusarvot ovat olleet n. 2–10 FNU, kun kesän lopulla ar-

vot ovat olleet yli 25 FNU, jopa 56 FNU (25.8.2005). Lievästi samean veden sameus on 1–5 FNU ja tällöin sameus ei vielä ole selvästi silmin nähtävää. Jokivedet ovat yleensä järviä sameampia, koska eroosio on voimakkaampaa, kevättulvien aikaan jokien vedet voivat olla erittäin sameita (jopa 100 FNU).

### 2.2.8 Johtokyky

Sähkönjohtavuus mittaa vedessä olevien liuenneiden suolojen määrää. Suuri arvo kertoo korkeasta suolapitoisuudesta. Sisävesissä sähkönjohtavuutta lisäävät lähinnä natrium, kalium, kalsium, magnesium (kationeja) sekä kloridit ja sulfaattit (anioneja). Köyliönjärvellä sähkönjohtavuus on vaihdellut 1960-luvulta alkaen n. 13–17 mS m<sup>-1</sup> ja kuvastaa siten suurta määrää liuenneita ioneja.

Suomalaisissa järvivesissä sähkönjohtavuuden arvot ovat yleensä 5–10 mS m<sup>-1</sup>. Voimakkaasti viljellyillä alueilla sähkönjohtavuus on luokkaa 15–20 mS m<sup>-1</sup>, joten Köyliönjärven suuri johtokyky on seurausta valuma-alueen viljelystä. Suolojen määrää lisäävät peltolannoituksen lisäksi jätevedet (jäteveden sähkönjohtavuus 50–100 mS m<sup>-1</sup>). Vertailun vuoksi jokivesien johtokyky on yleensä 15–20 mS m<sup>-1</sup> ja murtoveden 1000–1200 mS m<sup>-1</sup>.

### 2.2.9 Alkaliniteetti

Alkaliniteetti kertoo veden kyvystä neutraloida happoja, puhutaan myös hapon sitomiskyvystä. Tärkein alkaliniteettiin vaikuttava tekijä on veden karbonaattisysteemi (CO<sub>2</sub>, HCO<sub>3</sub><sup>2-</sup> ja CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>), mutta myös muut emäksiset aineet muodostavat siitä osan. Köyliönjärvellä alkaliniteetti on huomattavan korkea ja on 2000-luvulla vaihdellut välillä 0,580–1,8 mmol l<sup>-1</sup>. Rehevissä järvissä happamoituminen ei ole yleensä ongelma, näin ei ole myöskään Köyliönjärvessä. Järven puskurikyky on hyvä kun se on yli 0,2 mmol l<sup>-1</sup>, joten Köyliönjärven puskurikyky on jopa huomattavan korkea.

### 2.2.10 Orgaaninen aines

Veden hapettavien orgaanisten yhdisteiden (pääasiassa humuksen) määrää kuvaava kemiallinen hapenkulutus on 1960-luvulta alkaen vaihdellut n. 5–14 mg l<sup>-1</sup>. Tämä ei kerro erityisen suuresta hapettavien aineiden määrästä. Niin ikään humuksen määrää kuvaava veden väriluku on ollut varsin alhainen (n. 40–70 mg l<sup>-1</sup> Pt) ja noussut vain keväisin maaliskuussa ajoittain korkeaksi (sulamisvesien vaikutus). Orgaanisen aineksen määrän perustaso määräytyy kullekin järvelle sen valuma-alueen suopinta-alan mukaan, eikä Köyliönjärvi ole luokiteltavissa humusjärveksi.

### 2.2.11 Ionit

Veden kationeihin luetaan kalsium (2+), magnesium (2+), kalium (+) ja natrium (+). Tärkeimmät anionit ovat kloridi, sulfaatti ja epäorgaaninen hiili. Pääkationeista magnesium, natrium ja kalium ja anioneista kloridi ovat kemiallisilta ominaisuuksiltaan varsin ”rauhallisia”, eivätkä niiden pitoisuudet juurikaan vaihtele järven biologisen muutosten mukaan. Kalsium puolestaan on varsin reaktiivinen alkuaineioni ja sen pitoisuudet voivat vaihdella paljonkin paikallisesti ja ajallisesti.

Veden kovuus määritellään kalsiumin ja magnesiumin summan pitoisuuden perusteella. Köyliönjärven vesi on pehmeää, sillä sen yhteenlaskettu kalsiumin ja magne-

siumin pitoisuus on noin 0,7 mmol l<sup>-1</sup>. Tämä vastaa ns. saksalaisen kovuusasteikon arvoa 4 °dH, mikä on hieman suurempi kuin suomalaisissa luonnonvesissä keskimäärin.

Klorideja pidetään yleensä likaantumisen indikaattoreina, sillä ne huuhtoutuvat helposti pinta- ja pohjavesiin. Klorideja liukenee luontaisesti maaperän rapautuvasta kiviaineksesta, lisäksi asumajätevesien likaamissa vesistöissä kloridipitoisuus on korkea ja teiden reunat ovat yleensä kloridipitoisia tiesuolan käytön seurauksena. Kloridipitoisuus Köyliönjärvessä on ollut noin 10 mg l<sup>-1</sup>, kloorin maun voi tunnistaa vedestä kun pitoisuus ylittää 200 mg l<sup>-1</sup>.

Epäorgaaninen hiili kytkeytyy läheisesti makeiden vesien metaboliaan ja edelleen orgaanisen hiilen kiertoon, sen pitoisuudet vedessä siis vaihtelevat vuodenaikojen sekä biologisten, fysikaalisten ja kemiallisten olojen mukaan.

Sulfaatti puolestaan liittyy mikrobikiertoon, lisäksi sulfaattipitoisuuteen vedessä vaikuttavat maaperän rikkipitoiset sulfidimineraalit ja rikin ilmalaskeuma. Sulfaatin pitoisuuksia Köyliönjärvessä on mitattu vain vähän. Tuoreimmista näytteistä elokuussa 2005 sulfaattipitoisuus oli noin 16 ja maaliskuussa 2006 noin 26 mg l<sup>-1</sup>.

## 2.2.12 Metallit

Luonnonvesien metalleja ovat rauta, mangaani, alumiini sekä myös haitalliset metallit, kuten elohopea, kadmium ja kromi. Sekä mangaanin että raudan pitoisuudet ovat ajoittain varsin korkeita pohjanläheisissä vesikerroksissa. Tämä on liitännäinen pohjan heikon happitilanteen jaksoihin, jolloin molempia metalleja vapautuu sedimentistä veteen. Rauta on tärkeä fosforin kierron kannalta ja hapellisissa oloissa se kykenee sitomaan fosforia sedimenttiin. Muiden metallien pitoisuuksia ei ole juurikaan mitattu Köyliönjärvellä.

## 2.2.13 Kokonaisfosfori

Fosforipitoisuus on erittäin tärkeä veden rehevyyden arvioinnissa. Se on yleensä myös perustuotannon minimitekijä suomalaisissa järvissä. Kokonaisfosforipitoisuuden perusteella määritellään yleensä järven rehevyystaso, sillä se ilmaisee järven tuotantopotentialin. Vesinäytteen kokonaisfosforin analyysissä mukaan tulee liukoisten yhdisteiden lisäksi kaikki partikkeleihin (bakteeri-, kasvi- ja eläinplankton) sitoutunut fosfori.

Luonnontilaisten karujen vesien kokonaisfosforipitoisuus on alle 10 µg l<sup>-1</sup>. Karuissa humusvesissä luonnollinen taso on hieman suurempi (10–15 µg l<sup>-1</sup>). Lievästi rehevien vesien fosforipitoisuus on välillä 10–20 µg l<sup>-1</sup>. Fosforipitoisuuden ollessa 20 µg l<sup>-1</sup> levätuotanto on selvästi lisääntynyt karuihin järviin verrattuna. Tuotannon lisääntyminen näkyy myös alusveden happivajeen kasvuna ja veden lievänä samentumisena. Järvi on rehevä, jos sen fosforipitoisuus on yli 20 µg l<sup>-1</sup>. Leväkukinta on todennäköistä fosforipitoisuuden saavuttaessa tason 50 µg l<sup>-1</sup> ja yli 50 µg l<sup>-1</sup> sisältävät vedet luokitellaan jo erittäin reheviksi. Ylirehevien järvien fosforipitoisuus nousee yli 100 µg l<sup>-1</sup>. Näissä leväsamennus on jatkuvaa ja sinileväkukinta säännöllistä.

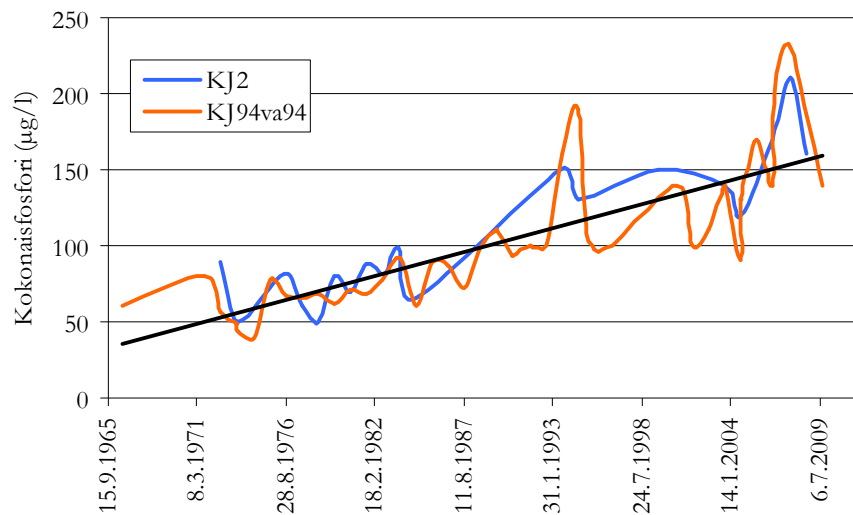
Köyliönjärvellä elokuinen veden fosforipitoisuus oli 1960- ja 1970-luvuilla n. 60 µg l<sup>-1</sup>. 1980-luvun alusta 1990-luvun puoliväliin pitoisuustaso nousi jyrkästi, jonka jälkeen (vuosina 2000–2007) vuoden keskimääräinen fosforipitoisuus on ollut 113 µg



l-1. Pitoisuuden nousu heijastelee ulkoisen kuormituksen nousua vastaavalla ajanjaksolla. (Sarvala ym. 2005)

Köyliönjärvi on erittäin runsasravinteinen (eutrofinen) järvi ja sen veden kokonaisfosforipitoisuudet voivat olla jopa 240 µg l<sup>-1</sup>. Kokonaisfosforipitoisuudet ovat nousseet jo kahdenkymmenen vuoden ajan pitkäaikaisesta kunnostustyöstä huolimatta (Kuva 4). Järven sisäinen kuormitus säätelee veden kokonaisfosforin vuodenaikaista vaihtelua.

Fosforipitoisuudella on päällysvedessä selvä vuodenaikaisvaihtelu siten, että pitoisuudet ovat talvella alhaisempia kuin kesällä. Talvella päällysvedessä ei ole fosforia käyttävää kasviplanktonia, joten fosfori sitoutuu kiintoaineeseen ja sedimentoituu pohjalle. Kesällä kasviplankton sitoo fosforia tuottavaan kerrokseen, jossa ravinteet kiertävät tehokkaasti. Elävä biomassa pitää siis kesäisin ravinnetason talvista suurempana. Myös vinoutunut särkikalavaltainen kalasto ja kesänaikaiset metaanikonvektiot sedimentistä voivat pitää rehevyyttä yllä ravinteiden kiertoa tehostamalla.



**Kuva 4 Elokuisten kokonaisfosforipitoisuuksien kehitys Köyliönjärven kahdella eri näytepisteellä 1 metrin syvyydellä (Hertta -tietokanta 2010).**

Järven suurimmat fosforivarastot sijaitsevat pohjasedimentissä. Sedimentin pinnan ja veden väliset prosessit ovat tärkeitä veden fosforipitoisuuden säätelijöitä ja fosforin vapautumiseen ja pidättymiseen sedimentistä vaikuttavat:

- sedimentin laatu ja siten kyky pidättää fosforia,
- sedimentin yläpuolisen veden laatu ja
- eliöstö, joka toiminnallaan vaikuttaa veden ja sedimentin väliseen tasapainotilaan.

Veden sisältämä happi kykenee pitämään ainoastaan sedimentin pinnan ylimmät senttimetrit hapellisena diffundoitumalla sedimenttiin. Sedimentin fosfori on pääosin epäorgaanista apatiittifosforia tai fosfaattina sitoutuneena savimineraalien pinnoille. Osa fosforista muodostaa komplekseja rauta- ja alumiinihydroksidien kanssa.

Veden happitilanne ja pH vaikuttavat oleellisesti järven fosforin kiertoon. Hapen loppuessa järven syvänteistä fosforipitoisuudet kohoavat alusvedessä voimakkaasti,

kun syvänteen sedimenttiin sitoutunutta fosforia alkaa vapautua. Fosforipitoisuudet voivat nousta myös kun päällysveden levien voimakas yhteyttäminen nostaa pH-tasoa. Korkean pH:n (> 8,5) vaikutuksesta raudan hydroksidien fosforinsitomiskyky heikkenee ja fosforia voi vapautua myös ylemmistä sedimenteistä. Järviveden fosforisisältö saattaa lyhyessä ajassa kesäaikana 2–3 -kertaistua. Happitilanteella ei ole pH:n noustessa oleellista merkitystä.

On esitetty, että Köyliönjärven matalilla alueilla merkittävin ravinteiden kuljettaja on tuulieroosio ja edelleen lähinnä pH:n vaikutuksesta tapahtuva sisäinen kuormitus. Hieman syvemmillä alueilla ravinteet kulkeutuvat sedimentistä veteen joko resuspension (ml. kalojen aiheuttama) tai suoran liukenemisen kautta. Välisyyvyksissä ravinteiden vapautumista säätelevät vaihtelevasti sekä happipitoisuus että veden pH. Syvänealueilla (syvyys yli 7 m) happipitoisuus lienee merkittävin ravinteiden vapautumista säätelevä tekijä (Saarijärvi ja Lappalainen 2003).

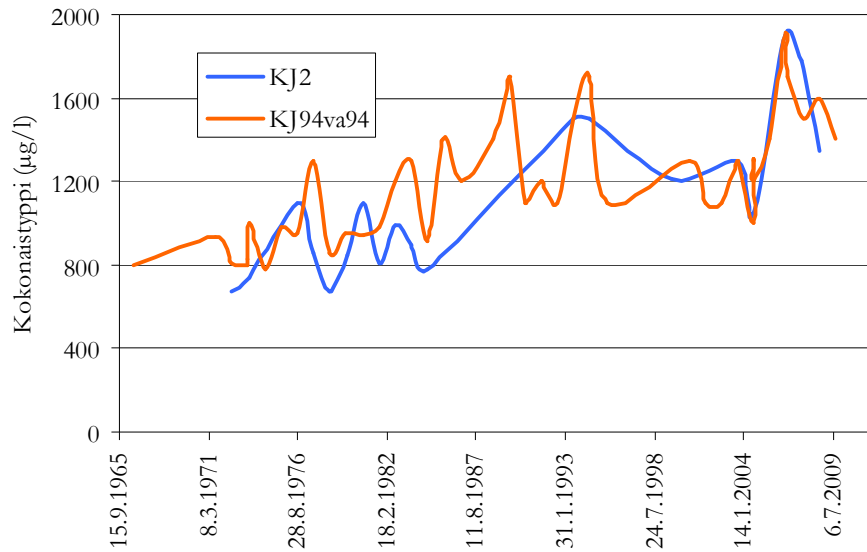
#### **2.2.14 Kokonaistyyppi**

Kokonaistyyppi ilmoittaa veden kokonaistyyppipitoisuuden. Siihen sisältyvät kaikki eri typen esiintymismuodot, kuten orgaaninen typpi ja epäorgaaniset muodot. Nitraatin, nitriitin ja ammoniumin pitoisuudet voidaan mitata myös erikseen. Vesistöihin tulee tyyppiä jätevesien, valumavesien ja sadevesien mukana. Valuma-alueen peltovaltaisuus lisää myös typpikuormitusta.

Luonnontilaisten kirkkaiden vesien typpipitoisuus on 200–500 µg l<sup>-1</sup>. Humusvesissä taso on hiukan korkeampi 400–800 µg l<sup>-1</sup>. Runsaasti viljellyillä alueilla joki- ja oja-vesien typpipitoisuudet ovat 2000–4000 µg l<sup>-1</sup>, joskus jopa yli 5000 µg l<sup>-1</sup>. Maksimipitoisuudet ajoittuvat kevätylivalumaan ja runsassateisiin kausiin.

Typpipitoisuus vaihtelee luontaisesti siten, että alhaisimmat arvot sattuvat loppukesään ja korkeimmat talvikauteen. Kesällä on vallalla tuotanto, joka kuluttaa typpivarastoja. Talvella typen käyttö on vähäistä, jolloin pitoisuustaso pysyy korkeampana. Kokonaistyyppipitoisuuden on havaittu jopa kaksinkertaistuvan, kun kasviplanktonlajistoon ilmaantuu kesän sukkessiossa ilmakehän tyyppiä sitovia sinilevälajeja, kuten *Anabaena* spp. ja *Aphanizomenon* spp. (Vuorio 1993). Tämä ns. loppukesän typpipiikki on havaittavissa Köyliönjärven aineistossa.

Köyliönjärven kokonaistyyppipitoisuudet ovat nousseet fosforipitoisuuksien tavoin viimeisten vuosikymmenien aikana. Kokonaistyyppipitoisuus heinäkuussa on ollut noin 1200 µg l<sup>-1</sup>, mutta on aika ajoin noussut yli 1600 µg l<sup>-1</sup>:aan (Kuva 5). Typpipitoisuuden perusteella ei voida suoraan määritellä järven rehevyystasoa, mutta typen ja sen eri muotojen pitoisuuksien tuntemisella on merkitystä typpi/fosfori -suhteen ja tuotantoa rajoittavien tekijöiden tarkastelussa.



**Kuva 5 Elokuisten kokonaistyyppipitoisuuksien kehitys Köyliönjärven kahdella eri näytepisteellä 1 metrin syvyydellä (Hertta -tietokanta 2010).**

## 2.2.15 Ravinnesuhteet

Kasviplankton ja makrofytyt eli varsinaiset vesikasvit sisältävät typpeä ja fosforia keskimäärin massasuhteessa 7,2 : 1, vastaava moolisuhte on 16 : 1 (Wetzel 2001). Typen ja fosforin suhde (N:P -suhde) 1 m:n syvyydellä pisteellä Köyliönjärvi 2 on ollut aikasarjoissa keskimäärin 25, pisteellä Köyliönjärvi 8 keskimäärin 32 ja pisteellä Köyliönjärvi 94 va94 keskimäärin 32. Keväällä maaliskuussa järvessä on suhteessa enemmän typpeä (N:P >40) kuin syksyllä elo-syyskuussa (N:P <20). Kun ravinnesuhde on yli 17, fosforia pidetään perustuotantoa yksin rajoittavana ravinteena. Ravinnesuhteiden perusteella Köyliönjärvi on ympärivuotisesti fosforirajoitteinen.

On todettu, että rehevimät, voimakkaasti ulkoisesti tai sisäisesti fosforikuormitetut järvet (kuten Köyliönjärvi) ovat kasvukauden aikana ajoittain typpirajoitteisia. Tällaisissa järvissä typpirajoitteisuus voi osaltaan johtaa haitalliseksi koettujen sinileväkukintojen runsastumiseen (Pietiläinen ja Räike 1999). Tämä johtuu joidenkin sinilevälajien kyvystä sitoa ilmakehän typpeä ja varastoida fosforia.

## 2.3 Kasviplankton ja klorofylli

### 2.3.1 Kasviplankton

Kasviplanktonin runsaus ja voimakkaat kesäaikaiset kukinnat ovat Köyliönjärvien perusongelmia. Massiivinen kasviplanktonkukinta voi muuttaa järven leväpuuroksi jo juhannuksen tienoilla ja kukinta kestää pitkälle syksyyn. Voimakkaat kukinnat rajoittavat järven virkistys- ja muuta käyttöä, kuten käyttöä viljelyksillä kasteluvetenä.

Köyliönjärven kasviplanktonlajisto on hyvin monipuolinen, kesällä 1992 havaittiin 370 taksonia ja kesällä 1993 357 taksonia. Suurimmat leväryhmät olivat sekä pohjois- että eteläselällä sinilevät, piilevät ja viherlevät (Vuorio 1993). Syanobakteerien (l. sinilevien) osuus kasviplanktonin kokonaisbiomassasta on ollut noin puolet.

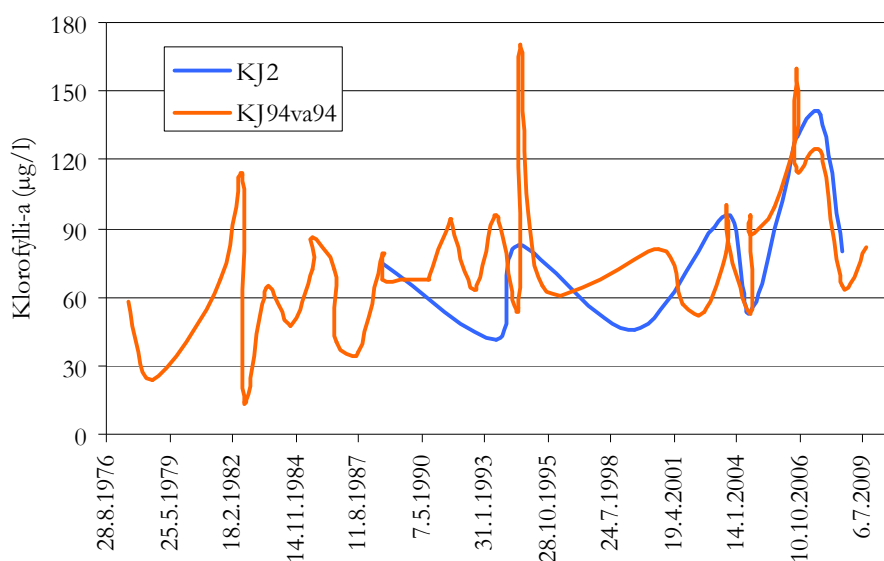
Kasviplanktonissa runsain laji on ollut *Microcystis*, joka on hyytelövaipan peittämä syanobakteerisuku. Suvussa on sekä myrkyttömiä, että myrkyllisiä lajeja. Sukuun kuuluu etenkin maksatoksisia, mutta myös hermotoksisia lajeja. On osoitettu, että hyytelövaippa estää *Daphnia*-vesikirppuja käyttämästä *Microcystis*:ta tehokkaasti ravinnoksi ja näin eläinplankton ei kykene estämään syanobakteerien voimakasta kukintaa. (Sarvala ym. 2005)

Kasviplanktonin kokonaisbiomassa nousi 1970- ja 1980-lukujen aikana kohtuullisen rehevältä tasolta ylirehevälle tasolle. Kasviplanktonin tuorebiomassat ovat 1990- ja 2000-luvuilla vaihdelleet välillä n. 12–37 g m<sup>-3</sup>. Biomanipulaatiojakson aikana 1990-luvulla syanobakteerien määrä kääntyi laskuun, mutta vuosina 1998 ja 2000 syanobakteereita oli enemmän kuin koskaan aikaisemmin. Syanobakteerien määrä on vaihdellut eri vuosien välillä paljon ja on havaittu, että runsassateisina vuosina kukinnat ovat runsaimpia. Alku- ja keskikesän tilanne on ollut tarkastelu- ja loppupuolella kohtuullinen, ongelmallisinta aikaa on ollut loppukesä. (Sarvala ym. 2005)

Kesien 1992 ja 1993 aikana biomassahuippuja havaittiin toukokuun lopussa, jolloin järvissä normaali keväinen piileväkukinta muodosti suuren osan biomassasta. Biomassahuipussa oli mukana myös sinileviä ja kultaleviä. Toinen biomassahuippu osui heinä-elokuun vaihteeseen, jolloin piilevien ja sinilevien lisäksi kolmanneksi suurin leväryhmä olivat viherlevät. Kevään biomassahuipun romahtamisen aikaan pintakukintaa muodostavien sinilevien kelluvat lautat muodostuivat. Levälautat pysyivät koko kesän, joskin niiden lajisto muuttui kesän aikana. (Vuorio 1993)

### 2.3.2 Klorofylli-a

Klorofylli-a:n määrä mittaa lehtivihreällisten planktonlevien runsautta vedessä. Tulos on suoraan verrannollinen levämäärään ja siten järven rehevyytasoon. Karuissa vesissä klorofylli-a:n määrä on alle 4 µg l<sup>-1</sup>. Rehevissä vesissä määrät ovat luokkaa 10–20 µg l<sup>-1</sup> ja ylirehevissä yli 50 µg l<sup>-1</sup>. Klorofyllimäärytyksiä tehdään avovesikaudella. Köyliönjärvellä elokuun klorofyllipitoisuudet ovat olleet 60–100 µg l<sup>-1</sup> ja viittaavat siis ylirehevyyteen (Kuva 6).



**Kuva 6 Elokuun klorofyllipitoisuudet Köyliönjärvellä (Hertta-järjestelmä 2010)**

Klorofyllitason kehitys on seurannut fosforimäärän kehitystä kuitenkin niin, että klorofyllin nousu taittui aikaisemmin, poistokalastuksen alettua. Klorofylliä on huomattavan paljon fosforipitoisuuteen verrattuna, mikä kertoo siitä, että poistokalastuksella ei ole pystytty vaikuttamaan ravintoverkon rakenteeseen niin paljon, että sillä olisi merkittäviä vedenlaatuvaikutuksia. Klorofyllitaso suhteessa kokonaisfosforiin on kuitenkin ollut hieman parempi vuosina 1998–2004 kuin vuosina 1977–1997. (Sarvala ym. 2005)

Suomalaisille rehevöityneille järville on tyypillistä, että klorofyllin ja fosforin suhde on lähellä sitä kansainvälisessä vertailussa havaittua tasoa, jossa vesikirppujen levämassaan kohdistuva laidunnus on heikko ja tehokas kalastus voi johtaa klorofylli/fosfori -suhteen pienenemiseen.

## 2.4 Eläinplankton ja pohjaeläimistö

Vuosina 1992–1993 särkikalojen poistopyynnin merkitystä selvittäneen tutkimushankkeen yhteydessä tutkittiin myös eläinplanktonlajistoa ja sen kehittymistä kesän aikana (Sarvala ym. 1993). Köyliönjärven eläinplanktonin havaittiin olevan lajistoltaan varsin niukka ja vastaavan varsin paljon läheisen mesotrofisen Pyhäjärven lajistoa. Lajistossa on kolme reheville järville tyypillistä äyriäistä (*Daphnia cucullata*, *Cyclops vicinus*, *Thermocyclops crassus*), joita ei tavata Pyhäjärvestä, mutta lajit eivät olleet erityisen runsaita. Rehevyyteen viittaa myös se, että *Bosmina longispina* puuttui kokonaan. Köyliönjärven vesikirput olivat myös yleisesti kooltaan pienikokoisia.

Eteläselän eläinplanktonin kokonaisbiomassa oli selvästi pohjoisellää suurempi. *Bosmina coregoni* oli runsaimmillaan kesäkuun lopulla, puuttui lähes kokonaan heinäkuun lopulla ja elokuun alussa ja runsastui uudelleen syksyä kohti. *Chydorus sphaericus* oli runsas loppukesällä ja syyskesällä vallitsevaksi äyriäislajiksi tuli *Mesocyclops leuckarti*. Calanoida-hankajalkaisia (*Eudiaptomus graciloides*) oli hyvin vähän. Ensimmäisen tehopyynnin jälkeen lajiston kehittymisessä nähtiin joitakin pieniä muutoksia (Saarikari 1993 ja Sarvala ym. 1993).

Äyriäisplanktonin kokonaisbiomassa ja erityisesti isojen vesikirppujen ja keijuhankajalkaisten määrä lisääntyi ensimmäisen biomanipulaatiojakson aikana (vuosina 1992–1999). Veden laadun kannalta ”hyvien” äyriäisten biomassa oli suurimmillaan vuonna 1999, jonka jälkeen äyriäisplanktonin kokonaisbiomassa ja isojen kirppujen määrä oli selvästi laskenut, mikä viittaa tiheään planktonia syövään kalakantaan. Keijuhankajalkaisten biomassa on jatkanut kasvuaan 2000-luvun alkuvuosina. Ne eivät kuitenkaan pysty yksin parantamaan veden laatua, sillä ne eivät ole kovin tehokkaita kasviplanktonin laiduntajia. (Sarvala ym. 2005)

Pohjaeliöstöstä *Chironomus plumosus* -surviaissääsken toukka on runsas joka puolella järveä (Itkonen 1993). Surviaissääsken yksilömäärät pohjasedimentissä ovat tippuneet noin puoleen (40:stä 20:een yksilöön grammassa kuivattua sedimenttiä) vuosien 1945–1994 välillä. Surviais-sääskiyhteisö on rehevöitymisen myötä muuttunut yksipuolisempaan suuntaan (*Chironomus plumosus*-*Microchironomus tener* -yhteisö). Molemmat vallitsevat suvut ovat eutrofisen ympäristön lajeja ja kestävät alhaisia happipitoisuuksia ja jopa ajoittaista hapettomuutta. (Itkonen ja Olander 1997).

## 2.5 Kalasto

### 2.5.1 Kalaston rakenne

Köyliönjärvestä on tavattu 1980-luvulla seuraavia kalalajeja: ahven, ankerias, hauki, järvitaimen, karppi, kiiski, kirjolohi, kolmipiikki, kuha, kuore, lahna, made, pasuri, puronierä, ruutana, salakka, siika, suutari, särki ja särkikalojen risteymiä. Lisäksi Köyliönjärvessä ja Köyliönjoessa elää elinvoimainen rapukanta (Hirvonen ja Helminen 1993).

Kalastoa hallitsevat särkikalat, mikä on tyypillistä lauhkean vyöhykkeen reheville järville. Etenkin särkikanta on ylitheä ja kahden ensimmäisen elinvuotensa jälkeen hidaskasvuinen. Petokalat (hauki, kuha, iso ahven) eivät pysty saalistuksellaan horjuttamaan särkikalavaltaisuutta kannan rakenteessa. Petokalojen biomassan suhde planktonia ja pohjaeläimiä syövien kalojen biomassaan on nuottasaaliiden perusteella 0,02, kun särkikalojen kurissa pitämisen kannalta optimaalinen suhde olisi 0,28–0,66 (Hirvonen ja Helminen 1993).

Köyliönjärven tuorein koekalastus on tehty vuonna 2006. Koekalastus toteutettiin Nordic-yleiskatsausverkoilla, joita on ollut järvessä yhteensä 40 kpl suhteutettuna syvyyden pinta-alaan. Tuoreimman koekalastuksen perusteella kalakannan koko on arviolta 300 kg ha<sup>-1</sup> ja sen valtalajeina ovat särki, ahven ja lahna (Louhesto, suullinen tiedonanto 31.1.2007).

Kalat ovat kasvaneet Köyliönjärvessä nopeammin kuin muissa Suomen järvissä. Kesänaikainen biomassan kasvu on ollut jopa yli 60 %. Tärkein selittäjä näyttäisi olevan sääolojen vaikutus kevät-kutuisten kalojen kannanvaihteluun. Vuosien 2002 ja 2003 lämpiminä kesinä eteläisen Suomen järvissä syntyneiden kevätkutuisien kalojen (etenkin ahven ja särki) vuosiluokat olivat yleisesti poikkeuksellisen vahvat (Helminen ja Louhesto 2005).

### 2.5.2 Teho- ja poistokalastus ja sen vaikutukset

Köyliönjärvellä on toteutettu poisto- ja hoitokalastusta jo vuodesta 1992 lähtien (Taulukko 2). Vuosina 1992–2006 järvestä on nuottaamalla poistettu runsas miljoona kiloa kalaa. Poistokalastuksen myötä Köyliönjärven kalabiomassa on vähentynyt tasolta 170–250 kg ha<sup>-1</sup> (v. 1991–92) tasolle 40–90 kg ha<sup>-1</sup> (1996–98), mutta tämän jälkeen palautunut jälleen arviolta tasolle 300 kg ha<sup>-1</sup> (Helminen ja Louhesto 2005).

Köyliönjärvellä kalan tuotantopotentiaali on erittäin suuri, ja perinteisin keinoin toteutetun hoitokalastuksen on havaittu olevan varsin tehontonta, sillä poistettu kalakanta korvautuu nopeasti uudella. Tehokkaalla poistokalastuksella aikaansaadulla kalakannan harvenemisella on kuitenkin ollut vaikutuksia myös eläinplanktonyhteisön rakenteeseen.



**Taulukko 2 Köyliönjärvellä toteutetut poistokalastukset.**

VUOSI	T KG	KG/HA
1992	71	57
1993	67	54
1994	99	79
1995	51	41
1996	136	109
1997	20	16
1998	72	58
1999	67	54
2000	44	35
2001	16	13
2002	42	34
2003	170	112
2004	183	146
2005	35	28
2006	38	30

## 2.6 Sedimentin laatu

Köyliönjärven pohjasedimentin laatua on selvitetty 1990-luvun alkupuolella (Itkonen 1993, Itkonen 1997, Itkonen ja Olander 1997). Köyliönjärven luonnontilaiseksi sedimentaationopeudeksi akkumulaatiopohjilla on arvioitu 2,5 mm a<sup>-1</sup>, mutta 1990-luvun alkupuolella sen arvioitiin olevan luontaista huomattavasti suurempi, 10–11 mm a<sup>-1</sup>. Sedimentaationopeus on kasvanut 1930-luvulta alkaen ja sen on arvioitu olevan seurausta lisääntyneestä valuma-alueen eroosiosta ja tuotannon kasvusta.

Sulfidiesiintymien perusteella sedimentin happiongelmat ovat alkaneet noin 1940-luvulla. Rautasulfidiesiintymät eri osissa Köyliönjärveä kuvaavat tietynlaisen orgaanisen kuormituksen ja rikin saatavuuden lisääntymistä 1930–60 -luvuilla. Sedimentin alhainen hiilen ja typen suhde (C:N) kuvastaa voimakasta autoktonista eli järven omaa tuotantoa.

Kirkkosaaren ja länsirannan välisellä syvännealueella virtaukset ovat voimakkaita ja sedimentaatio on epätäydellistä, alueen pohja on luokiteltavissa transportaatio- eli kulkeutumispohjaksi. Eroosiopohjaa on kapeilla vyöhykkeillä rannoilla ja laajemmin Kirkkosaaren itäpuolisella alueella. Akkumulaatio- eli kertymispohjaa on laajalla alueella eteläisellä altaalla ja pienellä alueella pohjoisaltaalla Kaukosaaren itäpuolella.

Sedimentin tyyppiä Köyliönjärvellä on luonnehdittu siltistä liejua (siLj) ja paikoitellen myös hiekkaiseksi luokiteltua siltistä liejua tai liejua tai liejuista hiekkaa. Pinta-sedimentin kokonaisfosforipitoisuus oli keskimäärin 1,5 mg g<sup>-1</sup> ka. ja syvänteessä 2,4 mg g<sup>-1</sup> ka. Havaitut pitoisuudet ovat samaa luokkaa muiden rehevien suomalaisten järvien kanssa.

Kokonaisfosforista 0,26 % oli labiilissa muodossa, 12,5 % rauta- ja alumiiniyhdisteisiin sitoutuneina eli noin 13 % kokonaisfosforista on heikosti sitoutunutta. Labiilin fosforin osuus on tutkimuksen analyysitarkkuuden rajoilla, mutta samaa luokkaa kuin aikaisemmissa tutkimuksissa. Rauta- ja alumiiniyhdisteisiin sitoutuneen fosforin osuus on puolestaan samaa luokkaa kuin esimerkiksi Vihdin Enäjärvässä, mutta

huomattavasti alhaisempi kuin Tuusulanjärvessä (37 %) tai läheisessä Pyhäjärvessä (32 %). Labiilissa muodossa oleva fosfori on suoraan leville käyttökelpoista ja siksi sen osuus on merkittävä järven perustuotannon kannalta.

Rauta- ja alumiiniyhdisteisiin sitoutunut fosfori lähtee helposti liikkeelle happitilanteen, hapetus-pelkistysolojen ja veden pH:n muuttuessa, myös lämpötila vaikuttaa. Korkeassa pH:ssa fosfaattifosforia ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) sitovien alumiinin, raudan ja mangaanin oksidien sekä humuksen pintavaraus muuttuu positiivisesta negatiiviseksi ja fosforia vapautuu. Mm. jätevedet lisäävät heikosti sitoutuneen fosforin määrää, joka usein lasketaan sisäistä kuormitusta aiheuttavan fosforin määräksi. Tutkimuksen perusteella sisäisen kuormituksen maksimimäärä Köyliönjärvessä olisi  $10,2 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1} \text{ P}$ , tämä saadaan oletuksella, että hetkellinen herkkäliikkeisen fosforin varasto vastaa vuotuista sisäistä kuormitusta. Herkkäliikkeisen fosforivarannon kokonaisuusmäärä sedimentissä on erittäin suuri verrattuna esimerkiksi vesimassassa olevaan fosforimäärään.

Kokonaisfosforista 22,4 % oli apatiittifosforina eli kalsiumiin sitoutuneena. Vihdin Enäjärvessä määrä on noin 10–25 % ja Tuusulanjärvessä noin 8 %, Säkylän Pyhäjärvessä määrä on 38 %. Voimistuva eroosio lisää apatiittisen fosforin määrää ja sen lisääntyvä osuus sedimentissä voi olla seurausta esimerkiksi peltojen raivauksesta valuma-alueella. Apatiittifosfori voi toimia levien fosforin lähteenä vasta kemiallisen liukenemisen jälkeen, mitä tapahtuu hyvin vähän.

Köyliönjärven kokonaisfosforista 65,5 % on sitoutuneena orgaaniseen ainekseen ja fraktiota pidetään vaikealiukoisena. Sedimentin orgaaninen aines on peräisin joko valuma-alueelta metsä- ja suo-alueilta tai järven omasta perustuotannosta. Humusjärvissä ja järvien dystrofisessa vaiheessa orgaaniseen ainekseen sitoutunut fosfori voi rajoittaa levien tuotantoa. Humus kompleksoi myös raudan- ja alumiinin yhdisteitä, joihin on sitoutuneena fosforia. Helpoliukoisten ravinteiden huuhtoutumisen aiheuttama perustuotannon kasvu lisää orgaaniseen ainekseen sitoutuneen fosforin määrää (Boström 1984 ja Engström ja Swain 1986 artikkelissa Itkonen 1993), mutta myös tehostaa hajotusta ja ravinteiden kiertoa. Orgaanisen fosforin vapautumiseen vaikuttavat mineralisaation nopeus ja vapautuminen elävistä soluista.

Tuulen partikkelimaista fosforia resuspendoivan vaikutuksen ei uskota olevan kovin merkittävä mekanismi Köyliönjärven sisäisessä kuormituksessa. Sen sijaan pohjavirtaukset ja bioturbaatio (*Chironomus plumosus*, särkikalasto) voivat olla keskeisiä fosforin siirtomekanismeja. Koska pintasedimentin orgaaninen aines on lähinnä alloktonista (C:N -suhteen perusteella), on valuma-alueelta tulevien ravinteiden kiertäminen eliöstön käyttöön Köyliönjärvessä erittäin tehokasta.

Rauta- ja alumiiniyhdisteiden määrä on Köyliönjärven sedimentissä varsin alhainen, joten sen luontainen fosforinpidätyskyky on huono. Syynä tehokkaaseen ravinteiden kiertoon järvessä voi olla myös se, että ulkoisen kuormituksen ravinteet ovat suurelta osin liukoisessa muodossa ja helposti eliöiden käytettävissä.

### 2.6.3 **Köyliönjärven kehityshistoria sedimentin perusteella**

Järven pohjasedimenttiin kerääntyneen aineksen perusteella voidaan tehdä päätelmiä järven historiallisesta kehityksestä. Köyliönjärven sedimentin tutkimuksissa on havaittu merkkejä etenkin vedenpinnan laskun vaikutuksesta ja mm. rehevöitymiskehitys näkyy selkeästi.

Veden lasku on aikanaan lisännyt merkittävästi kiintoaineksen kuormaa. Piin ja raudan määrä suhteessa fosforiin pienenivät sedimentin profiilissa pintaa (nykypäivää) kohden.

Sedimentissä näkyy myös biologista alkuperää olevan piin (BSi), fosforin eri fraktioiden ja sulfidien määrän lisääntyminen. Rehevöitymiskehitystä kuvastaa myös lisääntynyt metaanikonvektioiden esiintyminen. Merkit löyhän sedimentin viimeaikaisesta kaasunmuodostuksesta ja nykykesien voimakkaat metaanikonvektiot korostavat kaasujen merkitystä sisäisessä kuormituksessa (Itkonen 1997).

## 2.7 Vesikasvillisuus

Reheville järville voidaan esittää kahta vaihtoehtoista tasapainotilaa. Järvellä dominoi joko vesikasvien muodostama makrofyttikasvillisuus tai kasviplankton. Köyliönjärvi kuuluu kasviplanktonin dominoiviin järviekosysteemeihin, sillä sen kesäiset leväkukinnat pitävät makrofyttikasvillisuuden vähäisenä ja lajistoltaan yksipuolisena mm. varjostamalla ja samentamalla vettä.

Kasviplanktonin dominoimissa järvissä ei pääse kehittymään eläinplanktonyhteisölle tärkeitä suojapaikkoja, jossa tehokkaasti suodattavat isot vesikirppuyksilöt pääsivät kehittymään ilman kalojen predaatiopainetta ja tämän jälkeen pitämään suodattamalla kasviplanktonyhteisöä kurissa.

Köyliönjärveltä ei ollut käytettävissä varsinaista kasvillisuuskarttaa. Köyliönjärven Natura-alueen kuvauksessa on joitain mainintoja myös vesikasvillisuudesta (Valtion ympäristöhallinto 2006a, Oja, J. ja Oja, S. 2006). Kuvauksen ja järven tyypin perusteella voidaan sanoa, että vesikasvien elomuodoista uposlehtinen kasvillisuus ja pohjaruusukskeiset kasvit puuttuvat Köyliönjärveltä lähes kokonaan. Sen sijaan vesi- ja rantakasvillisuutta hallitsee pintakellujat, irtokellujat ja ilmaversoiset vesikasvit.

Varsinkin järven pohjoispää on vesikasvillisuudeltaan rehevä. Siellä kasvaa runsaana mm. järviruoko, ulpukka, uistinvita, vesirutto, leveäosmankäämi, tylppälehti- ja ahvenvita sekä pikkulimaska. Lisäksi rannoilla kasvaa haarapalpakko, kurjenmiekkä ja vesikuusi. Puhtaiden vesien lajeista putkilokasvit puuttuvat lähes kokonaan ja sammalista ainoastaan isonäkingsammalta on pohjoispäässä laajahko kasvusto.

Köyliönjärven länsirannalla on luusuaan syntynyt laajahko ruovikko, pensaikko ja niittyalue. Kirkkosaaren eteläosan itärannalla on leveähkö ruovikkoalue, joka vähitellen muuttuu osin laidunnuksessa olevan rantaniityn kautta lehtipuuvalliseksi hakamaaksi ja lehdoksi. Kirkkosaaren eteläosassa Uitamonnienellä on kostea heinävaltainen rantaniitty, joka vaihettuu rehevän veden kasvillisuudeksi.

## 2.8 Kuormitus

Köyliönjärvi on luontaisesti rehevä järvi. Se sijaitsee alueella, jolla maaperä on luontaisesti viljavaa ja ravinteikasta. Ravinnerikkaan maaperän johdosta myös valuma-alueella on taajaan viljeltyä ja järven ympäristö onkin yksi maamme tehokkaimmin viljellyistä alueista. Köyliönjärven ulkoinen kuormitus on ollut ja on erittäin voimakasta johtuen intensiivisestä riviviljelykasveihin painottuneesta peltoviljelystä valuma-alueella. Pitkään jatkunut järven sietokyvyn ylittävä ulkoinen kuormitus ruokkii voimakasta sisäistä kuormitusta. Sisäinen kuormitus tarkoittaa pohjaan aikojen kuluessa varastoituneiden ravinteiden vapautumista eliöiden käyttöön. Ilman ulkoisen

kuormituksen merkittävää vähentämistä, ei järven sisäiseen kuormitukseen puutumisella voi olla pitkäkestoisia vaikutuksia.

Köyliönjärven valuma-alueen asukasluvun on arvioitu olevan noin 3300 ja näiden lisäksi ranta-alueilla on noin 200 kesämökkiä (Itkonen ja Olander 1997). Noin 1000 asukkaan jätevedet johdetaan viemäriverkkoon ja loput ovat haja-asutuksen jätevesien käsittelyn piirissä (Taimi, henk. koht. tiedonanto 8.5.2007).

Valtaosa Köyliönjärven kuormituksesta tulee hajakuormituksena ja sen suuruutta voidaan arvioida ominaiskuormituslukujen avulla käyttäen hyväksi mm. oijen vedenlaatutietoja, sadanta- ja virtaamatietoja sekä alueen maankäyttötietoja.

### **2.8.1 Pistekuormitus**

Vedenpinnan laskun on arvioitu lisänneen järven ranta-alueen eli litoraalivyöhykkeen resuspensiota (ravinteiden vapautuminen sedimentistä) ja siten veden ravintekuormaa. Myös valuma-alueen raivaus viljelymaaksi sekä metsätalouskäyttöön on lisännyt eroosiota ja vaikuttanut osaltaan rehevöitymiskehitykseen.

Historiallisesti merkittäviä kuormittajia ovat olleet meijeri (vuosina 1913–74) ja sokeritehdas, joka rakennettiin 1953 ja kuormitti jätevesillään järveä aina 1960-luvun puoliväliin saakka. Myös kalanviljelylaitos on kuormittanut toiminnallaan järveä, mutta pitkällä aikavälillä kuormituksessa on todettavissa selvä lasku (Paakkinen 2007).

Merkittävimmät Köyliönjärven pistekuormittajat nykyään ovat Köyliön kunnan Kankaanpään (asukasvastineluku l. avl 303) jätevedenpuhdistamo ja Köyliön kalanviljely Oy, jotka ovat yhteistarkkailun piirissä (Paakkinen 2007). Kankaanpään jätevedenpuhdistamon toiminnalle ei ole asetettu varsinaisia lupaehtoja ja sen puhdistusteho onkin ollut samaa tasoa kuin saman kokoluokan jätevedenpuhdistamoilla yleensä (P ja BHK > 90 %). Kankaanpään puhdistamolle johdetut jätevedet johdetaan tulevaisuudessa siirtoviemäriä myöten Säkylän puhdistamolle, joten sen aiheuttama kuormitus Köyliönjärveen lakkaa siirtoviemäriin käyttöönoton myötä.

Kepolan jätevedenpuhdistamon kuormitus on vaihdellut jonkin verran vielä 2000-luvullakin, mutta pääosin lupaehdot ovat täyttyneet. Kepolan puhdistamon kuormitus kohdistuu Marketanojan kautta Köyliönjokeen.

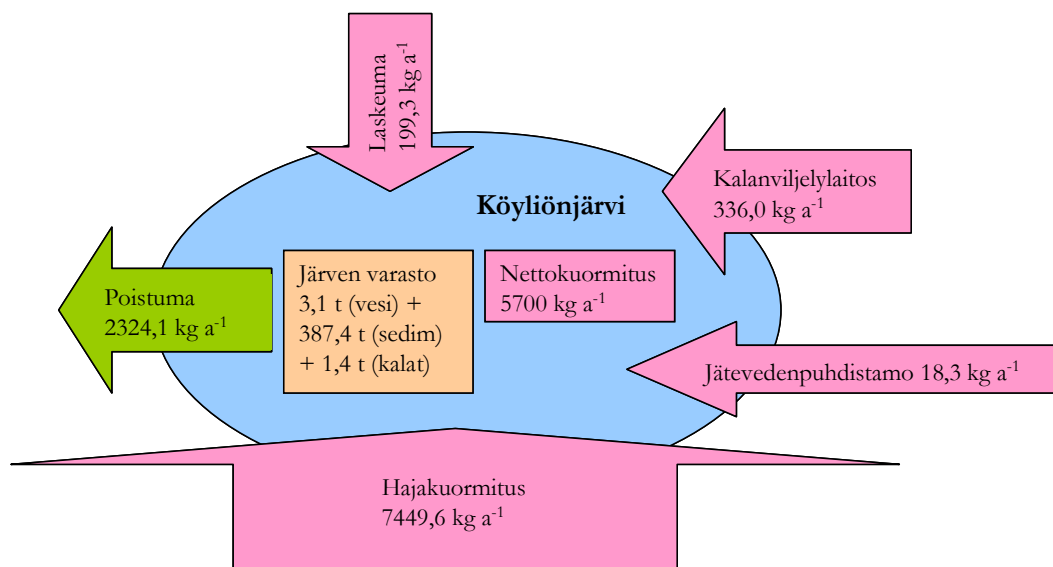
Köyliön kalanviljely Oy saa lupapäätöksen mukaan johtaa vesistöön enintään 80 kg fosforia vuodessa ja typpeä enintään 800 kg vuodessa. Tarkkailun perusteella toteutunut kuormitus on 2000-luvulla jäänyt pienemmäksi kuin lupamääräykset sallivat. Köyliön kalanviljely Oy on lopettanut toimintansa ja näin ollen myös sen aiheuttama kuormitus lakkaa. Kokonaisuutena pistekuormituksen taso on laskenut oleellisesti vuosien 2002–2006 aikana. (Paakkinen 2007) ja käytännössä loppuu kokonaan lähivuosina.

### **2.8.2 Kuormituksen tasetarkastelut**

Köyliönjärveen kohdistuvan ulkoisen fosfori- ja kiintoainekuormituksen arvioimiseksi järvelle ja sen valuma-alueelle on laskettu vesi- ja fosforitase. Vuonna 1993 tehdyn Köyliönjärven vesi- ja fosfori-taseen (Wright 1993) perusteella Köyliönjär-

ven suurin kuormittaja on valuma-alueen hajakuormitus (7,5 t a<sup>-1</sup> P). Vesitaseen laskelmassa huomioitiin sadanta, haihdunta sekä meno- ja tulovirtaama.

Fosforitaseessa puolestaan huomioitiin laskeuma, pistekuormituslähteet, laskennallinen virtaama-tietoihin sekä fosforipitoisuuksiin ja toisaalta peltoprosenttiin tukeutuvaan malliyhtälöön perustuva hajakuormitus, sedimentin, kalabiomassan ja vesimassan fosforimäärät ja lisäksi tarkasteltiin kalaston potentiaalista vaikutusta fosforin liikkeisiin. Fosforitase on esitetty kuvana (Kuva 7). Fosforikuormitusta verrattiin Vollenweiderin kriittiseen kuormitukseen (1216–1548 kg a<sup>-1</sup>) ja sen todettiin olevan yli viisinkertainen.

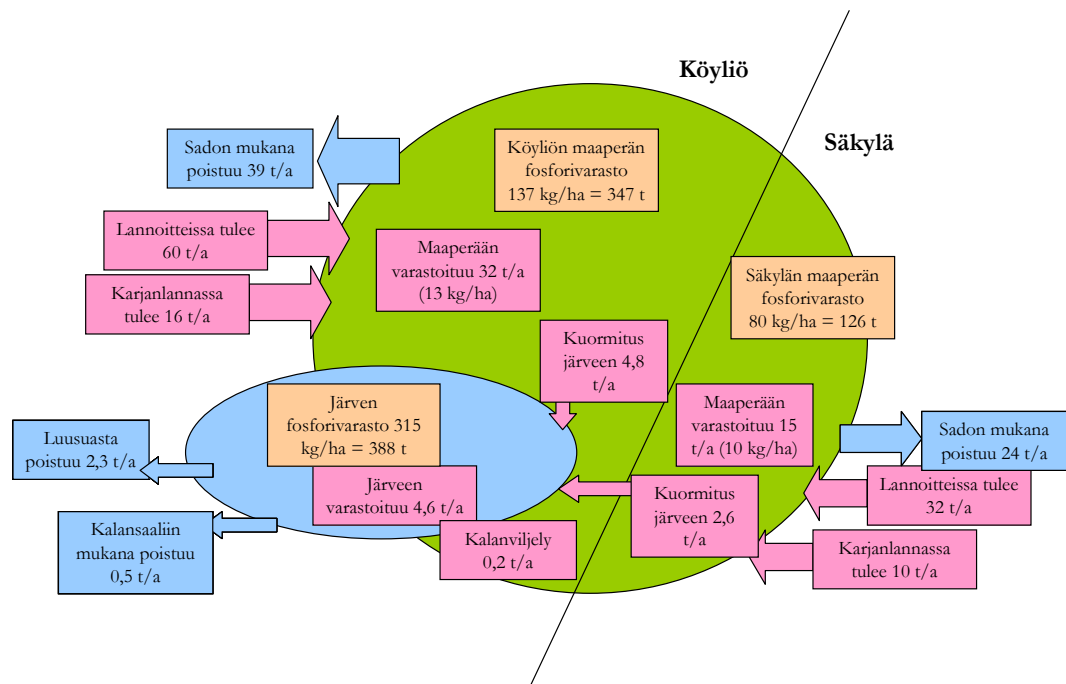


**Kuva 7 Köyliönjärven fosforitase vuonna 1991 (Piirretty Wright 1993 pohjalta).**

Vuonna 1995 julkaistiin Köyliönjärven valuma-alueen fosforitaselaskelma perustuen tutkimusaineistoon vuosilta 1990–94 (Helminen ja Wright 1995) (Kuva 8). Työ on jatkoa edelliselle Köyliönjärven vesi- ja fosforitaselaskelmalle ja siinä laskettiin valuma-alueelle tulevan (lannoitteet), sieltä poistuvan (sato, valumat) ja maaperään varastoituvan fosforin määrä. Laskelmassa käytettiin hyväksi ojavesien ravinne- ja virtaamamittauksia, viljavuustutkimuksia, lannoite- (ml. karjanlanta), sato- yms. tilastoja ja kirjallisuutta.

Fosforilannoituksen määräksi arvioitiin Köyliön kunnan alueella 24 kg ha<sup>-1</sup> (60 t a<sup>-1</sup>) ja Säskylän kunnan alueella 20,5 kg ha<sup>-1</sup> (32 t a<sup>-1</sup>). Sadon mukana vuosittain poistuvan fosforin määrä oli selvästi lisättyä lannoitusmäärää pienempi. Köyliön kunnan alueella peltojen fosforiluku eli helpoliukoisen fosforin määrä oli 45,8 mg l<sup>-1</sup> (137,4 kg ha<sup>-1</sup>) ja Säskylän alueella 26,8 mg l<sup>-1</sup> (80,4 kg ha<sup>-1</sup>).

Osavaluma-alueiden tarkastelu osoitti suuren vaihtelun valuma-alueen sisällä. Pitkään erikoiskasviviljelyssä olleiden peltojen fosforikyllästeisyys oli jopa 4-5 -kertainen verrattuna muussa käytössä olleeseen peltomaahan. Erikoiskasveille, kuten sokerijuurikkaalle ja perunalle suositellut lannoitusmäärät ovat huomattavan suuria ja ne aiheuttavat merkittävän riskin fosforin huuhtoutumiselle vesistöihin.



**Kuva 8 Köyliönjärven valuma-alueen fosforitase. (Piiirretty Helminen ja Wright 1995 pohjalta)**

Köyliönjärven fosforikuormituksen tarkastelu on tehty koskien vuosia 1991–2003 (Louhesto ja Helminen 2005). Tarkastelussa käytettiin ympäristöhallinnon VEPS-kuormitusmallia ja sitä verrattiin virtaamatietoja apuna käyttävään simulaatiomalliin. Molempien mallien perusteella aikaisempien fosforitaseiden arviot vaikuttavat yliarvioiduilta. Simulaatiomallin todetaan antavan realistisemmän kuvan Köyliönjärven kuormitusmuutoksesta, sillä hydrologiset olot vaikuttavat voimakkaasti fosforin liukenemiseen maaperästä vesistöön.

Simulaatiomallin mukaan Köyliönjärven ulkoinen kuormitus on ollut vuonna 1991 noin  $4300 \text{ kg a}^{-1}$ . Tämä on huomattavasti alhaisempi arvio kuin aiemmissa tarkasteluissa esitetyt arviot. Simulaatiomallin mukaan vuonna 2003 ulkoinen kuormitus oli enää noin  $1600 \text{ kg a}^{-1}$ . Merkittävin väheneminen on tapahtunut maataloudesta peräisin olevasta kuormituksesta, mikä on laskenut  $2100 \text{ kg}$ :sta  $700 \text{ kg}$ :n. Kuormituksen väheneminen johtuu ensisijaisesti kuivien vuosien vaikutuksesta. Normaalitason vuodet todennäköisesti palauttavat kuormituksen korkeammalle tasolle.

Mittaustietojen perusteella sekä ojien, että valuma-alueen peltojen fosforipitoisuudet ovat nousseet. Ojavesien fosforipitoisuuksien keskiarvot ovat n. 17 % suuremmat vuosina 2003–2004 kuin vuonna 1991. Valuma-alueen peltojen fosforipitoisuudet olivat nousseet selkeästi 10 vuoden takaisesta (Taulukko 3). Viljavuuspalvelun tietojen mukaan vuosina 2001–2005 peltomaan pitoisuudet ovat kuitenkin olleet vain hieman korkeampia kuin vuosina 1989–1993.

**Taulukko 3 Köyliönjärven valuma-alueen peltojen fosforipitoisuuksien (mg/l) keskiarvot vuosina 1989–1993, 1999–2003 ja 2001–2005**

	1989–1993 1)	1999–2003 1)	2001–2005 2)
Köyliö	36,5	47,5	38,5
Säkyliä	28,2	45,0	32,3
Maakunta	16	-	15,9

Lähteet: 1) Louhesto ja Helminen 2005, 2) Viljavuuspalvelu oy 2007

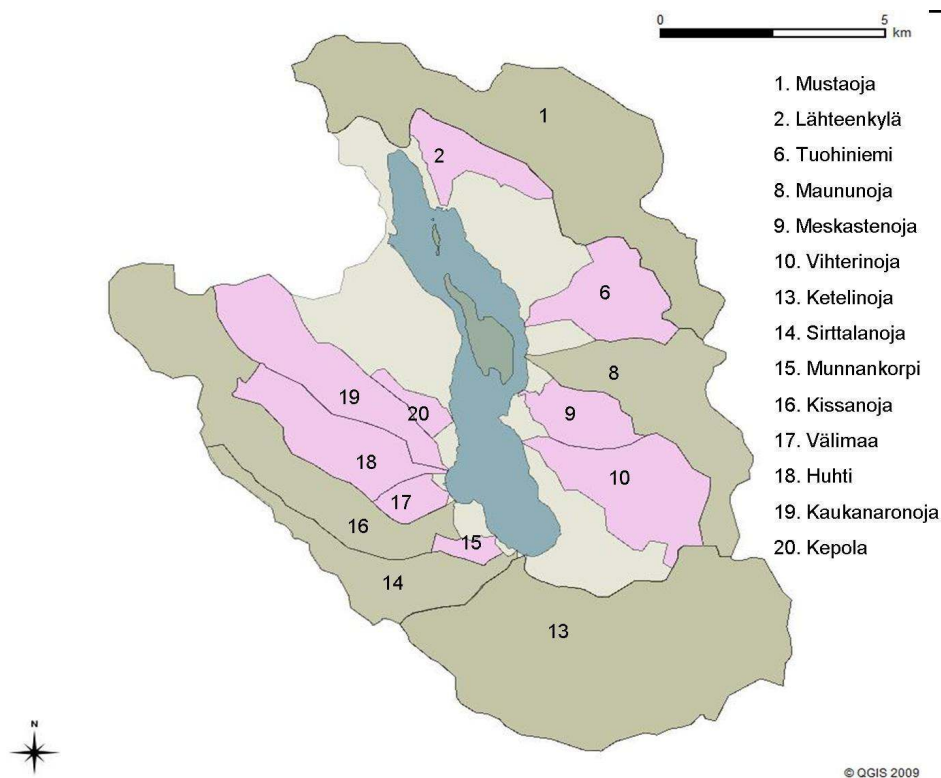


Fosforitasetarkastelun lisäksi tarkasteltiin valuma-alueen ojen kuormitusta mittamalla ojen virtaamat, kokonaisfosfori- ja kiintoainepitoisuudet. Fosforipitoisuuden ja kiintoaineen suhteena määritettävän kuormitusindeksin avulla voidaan arvioida ojen suhteellista kuormittavuutta. Kuormitusindeksi oli suurin Kaukanaranojassa (105), Meskastenojassa (75) sekä Sirttalanojassa (70) ja Palsussa (70). Kun kuormitusindeksi kerrottiin virtaamalla, saatiin esille virtaaman vaikutus kuormitusindeksiin ja tällöin korkeat kuormitusarvot havaittiin Ketelinojassa, Sirttalanojassa, Mustaojassa, Kaukaranojassa, Maununojassa ja Tuohiniemessä.

Vollenweiderin kriittiseen kuormitukseen (1216–1548 kg a<sup>-1</sup>) (Wright 1993) verrattuna ulkoinen kuormitus on edelleen moninkertainen järven sietokykyyn verrattuna. Tutkimuksen (Louhesto ja Helminen 2005) perusteella erityistä huomiota tulisi kohdistaa ojen valuma-alueille, joissa virtaaman vaikutus kuormitusindeksiin on suuri. Lisäksi pyrkimyksiä viljelymaiden fosforipitoisuuden alentamiseen tulisi jatkaa koko Köyliönjärven valuma-alueella.

### 2.8.3 Kuormituksen alueellinen ja ajallinen jakautuminen

Valuma-alueen ravinnekuormituksen ajallista ja alueellista jakautumista selvitettiin syyskuusta 2008 elokuuhun 2009 välisenä aikana Köyliönjärven ja -joen ulkoisen kuormituksen vähentäminen (KULKU)-hankkeessa ottamalla vesinäytteitä Köyliönjärveen ja -jokeen laskevista ojista (Kuva 9). Analyysituloksia yhdistettiin ympäristöhallinnon virtaamamallinnustietoihin. Tarkka kuvaus kuormituslaskelman toteutuksesta ja ojakohtaiset tulokset on koottu kuormitusraporttiin (Paloheimo 2010).

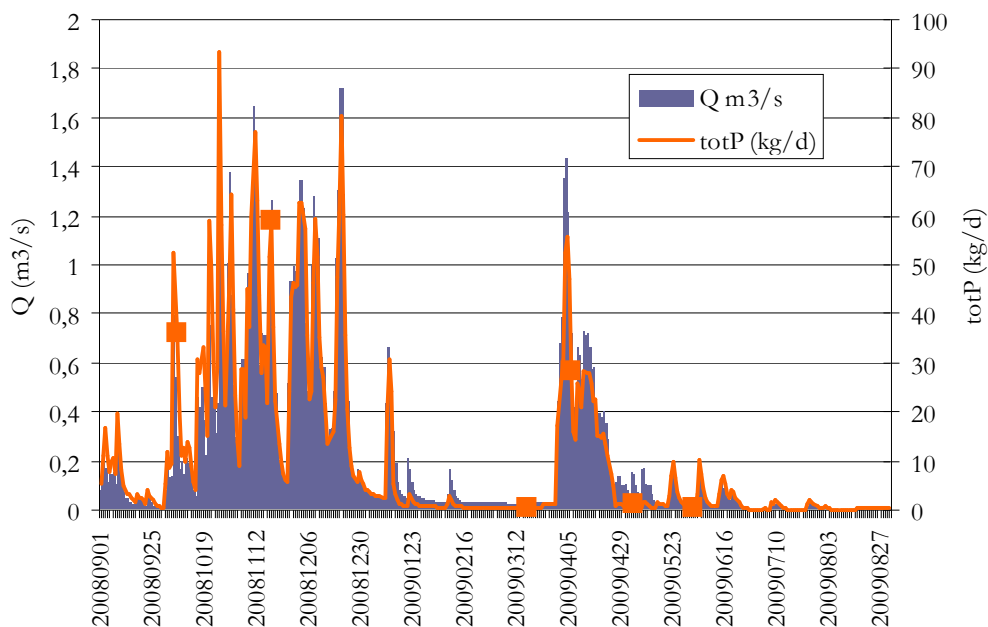


**Kuva 9** Tarkastelussa mukana olleet Köyliönjärveen laskevat valuma-alueet. Ruskeilta alueilta otettiin vesinäytteet 6 kertaa ja violeiteilta 2 kertaa.

Kuormitustarkastelun viidestä isoimmasta Köyliönjärveen laskevasta ojasta kolme (Ketelinoja, Kissanoja ja Sirttalanoja) oli selkeästi maatalouden ja kaksi (Mustaoja ja Maununoja) metsätalouden vaikutuspiirissä olevaa ojaa. Kaikkien tarkasteltujen ojien valuma-alueilla on myös haja-asutusta, joiden eri tehokkuuksilla käsiteltyjä jätevesiä johdetaan myös ojiin. Tuloksista ei voida suoraan sanoa, mikä on eri kuormittajien osuus kokonaiskuormituksesta. Rehevöitymisen kannalta tämä ei kuitenkaan ole tärkeintä.

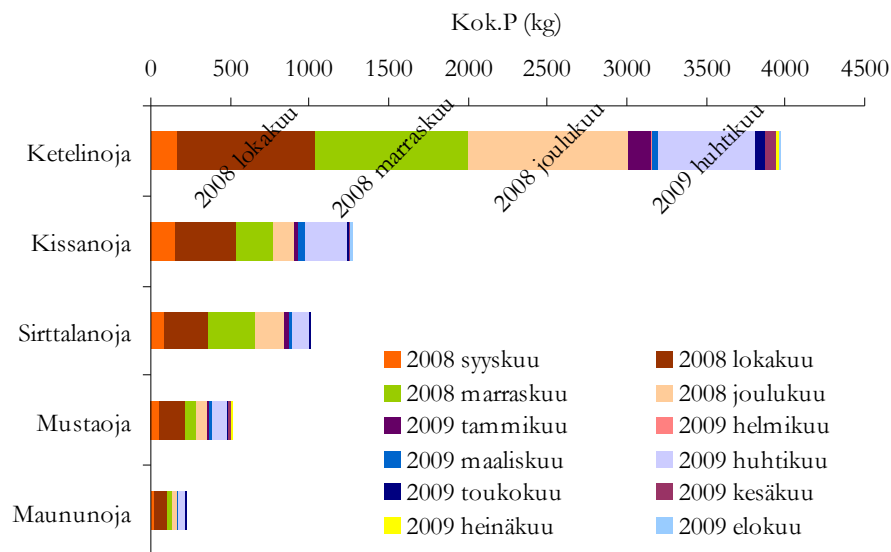
Kuormituslaskennan mukaan viiden intensiivisimmin seuratun osavaluma-alueen yhteenlaskettu kokonaisfosforin kuormitus on noin 7000 kg a<sup>-1</sup> P ja kokonaistypen 70 t a<sup>-1</sup> N. Tämä sisältää Ketelinojan, Sirttalanojan, Kissanojan, Mustaojan ja Maununojan tuoman kuormituksen, mikä kattaa noin 68 % (7542 ha) koko Köyliönjärven valuma-alueesta (11117 ha). Yhdeksän pienemmän ojan tuoma laskennallinen kuormitus on noin 530 kg a<sup>-1</sup> P ja 24 t a<sup>-1</sup> N. Nämä ojat kattavat Köyliönjärven valuma-alueesta 23 % (2590 ha).

Suurin osa typen, fosforin ja kiintoaineen vuotuisesta kokonaiskuormituksesta tulee syksyn ja kevään korkeiden virtaamien aikaan. Suurten virtaamien aikaan syksyllä havaittiin myös valumavesien korkeimmat ravinnepitoisuudet (Kuva 10), mikä on erityisen hankalaa kuormituksen hallintaa ajatellen. Noin kolme neljäsosaa koko vuoden fosforikuormituksesta tuli tässä tutkimuksessa loka-joulukuun välisenä aikana. Kasvukauden aikana puolestaan virtaamat olivat hyvin alhaisia ja kasvukauden aikainen kuormitus vastaa noin viittä prosenttia koko vuoden kuormituksesta.



**Kuva 10 Ketelinojan kokonaisfosforikuormitus ja virtaama. Näytteenottoajankohdat on kuvattu isoin oranssein neliöin.**

Köyliönjärveen laskevista ojista viiden suurimman ojan kuormitus vastaa yli 90 % järveen tulevasta kuormituksesta (Kuva 11).



**Kuva 11 Kokonaisfosforikuormituksen (kg/a P) jakautuminen suurimpien ojien ja kuukausien välillä**

Tässä tutkimuksessa saatiin vuosittaiseksi kokonaiskuormitukseksi 8880 kg a<sup>-1</sup> P ja 112 t a<sup>-1</sup> N. Vuotuinen fosforikuormitus oli noin 0,72 kg ha<sup>-1</sup> ja typpikuormitus 9,04 kg ha<sup>-1</sup>. Fosfori osalta tämä on enemmän kuin mitä on aiemmin arvioitu. Tyypin kokonaiskuormitusta ei ole aiemmin tarkasteltu.

Louhesto ja Helminen arvioivat Köyliönjärven kuormitusta VEPS-vesistömallin ja virtaaman simulaation avulla. VEPS hyödyntää valuma-alueen maankäyttötietoja ja keskimääräisiä ominaiskuormituslukuja, laskelmassa Louhesto ja Helminen tarkensivat näitä näytteenotoilla ja simuloituilla virtaamatiedoilla.

Nyt laskettu kuormitus on merkittävästi aikaisemmin laskettua suurempi todennäköisesti siksi, että tässä laskelmassa on huomioitu tarkemmin virtaaman vaikutus ja kuormitusarvot perustuvat vesinäytteisiin. Tarkastelujakso oli tässä tutkimuksessa myös etenkin syksyn osalta huomattavan vetinen, mikä nostaa kokonaiskuormitusta merkittävästi.

Järven sietokykyä siihen kohdistuvaa kuormitusta vastaan voidaan kuvata esimerkiksi Vollenweiderin yhtälöllä. Köyliönjärven kriittiseksi kuormitukseksi on laskettu 1216–1548 kg a<sup>-1</sup> P, mikä tarkoittaa, että Köyliönjärven kokaisen kuormituksen järvi kestää rehevöitymättä. Tässä tutkimuksessa laskettu kokonaiskuormitus on 5-7 -kertainen kriittiseen kuormitukseen nähden. Korkean kuormituksen seuraukset ovat todettavissa järvellä joka vuosi.

## 2.9 Muut ihmistoiminnan vaikutukset

Köyliönjärven ja sen valuma-alueen hydrologiaan ovat vaikuttaneet monet ihmisen toiminnot. Yksi suuri virtausoloihin ja edelleen kuormitukseen vaikuttava tekijä on viljelyksien kastelu. Ojitukset, salaojat ja kasteluveden otto vaikuttavat veden liikkeisiin maassa. Liiallinen maan märkyys ja huonosti toimivat salaojat lisäävät eroosiota ja siten myös ravinteiden valumia vesistöön.

Ihminen on toiminnallaan vaikuttanut Köyliönjärven tilaan myös rakentamalla maasillan ja myöhemmin vähentänyt sen haittavaikutuksia lisäämällä siihen silta-

rummun ja edelleen parantamalla veden virtausta virtausaukon kautta erityisen potkurin avulla. Virtauksien parantamiseksi maasiltaa ollaan muuttamassa sillaksi, jolloin virtausaukko tulee olemaan 20 metriä.

Matalalla järvellä virkistyskäyttöön liittyvä veneily voi lisätä pohjasedimentin pölyämistä. Veneiden potkurien virtaukset lisäävät veden liikettä, pitävät vettä hapellisena, mutta voivat myös sekoittaa löyhää pohjasedimenttiä veteen ja vapauttaa näin pohjan ravinteita tuottavaan kerrokseen ja samentaa vettä. Veneilyn merkitys pohjan sekoittajana on kuitenkin pieni tuulen vaikutukseen verrattuna.

## **2.10 Yhteenveto Köyliönjärven tilasta**

Köyliönjärvi on kooltaan 12,5 km<sup>2</sup> ja on näin ollen varsin suuri suomalaiseksi järveksi. Yli 10 km<sup>2</sup>:n kokoisia järviä on noin 0,6 % koko Suomen yli 1 ha:n järvistä.

Köyliönjärven vedenlaatu on ylireheville vesille tyypillinen. Korkeat kesäaikaiset fosforipitoisuudet ja sameusarvot sekä varsin korkea ja kasvukauden aikana nouseva pH kuvastavat voimakasta levätuotantoa. Morfologialtaan matalana ja tasapohjaisena järvi ei kerrostu pysyvästi lämpötilan eikä happipitoisuuden mukaan. Pysyvän kerrostuneisuuden puuttuminen pitää sedimentin pinnan hapellisena suurimman osan vuodesta ja ehkäisee hapen vähyden aiheuttamaa sisäistä kuormitusta.

Järvellä havaitaan kuitenkin voimakasta sisäistä kuormitusta ja merkittävänä syynä tähän on ajoittainen veden pH:n nousu, vesimassan sekoittuminen ja hetkelliset hapettomat olosuhteet.

Korkeat ravinnepitoisuudet sekä sähkönjohtavuuden, alkaliniteetin ja sameuden arvot kertovat voimakkaasta valuma-alueen peltoviljelystä. Valuma-alueella on myös jonkin verran turvetuotanto-alueita, mutta niiden valumavedet eivät merkittävästi ole vaikuttaneet Köyliönjärven veden laatuun. Valumavesillä voi kuitenkin olla paikallista merkitystä.

Köyliönjärven vedenlaadun pitkät aikasarjat kertovat järven rehevöitymiskehityksestä. Rehevöityminen on lähtenyt liikkeelle peltomaan raivauksista ja vuosien 1938–1940 vedenpinnan laskusta. Vedenpinnan laskua on seurannut intensiivinen valuma-alueen peltoviljely. Myös muut jo luonnostaankin viljavan maan muokkaustoimet ovat lisänneet ulkoista kuormitusta ja kiihdyttäneet rehevöitymiskehitystä.

Tutkimuksissa on todettu, että Köyliönjärvi on ollut koko historiansa ajan rehevä (mm. Itkonen ja Olander 1997). Jo 1950-luvulla tiedostettiin Köyliönjärven olevan voimakkaasti sisäkuormitteinen. Tämä yhdistettynä mm. kalanviljelylaitoksen, soke-ritehtaan, meijerin ja jätevedenpuhdistamon pistekuormitukseen, valuma-alueen lannoitteiden käytön lisääntymiseen ja peruna- sekä sokerijuurikasviljelmien voimakkaaseen lannoitukseen ovat johtaneet nykyiseen ylirehevään eli hypertrofiseen järven tilaan. Viimeisenä silauksena lienee ollut myös pohjaveden pumppauksen aloittaminen vuonna 1969, mikä on vähentänyt pohjaveden perkoloitumista järveen.

Köyliönjärvi on rehevänä järvenä tyypillisen särkikalavaltainen. Massiivisen lisääntymispotentiaalin omaava kalakanta koostuu pääosin planktivorikalaloista. Niiden pääasiallinen ravinto on eläinplankton ja etenkin eläinplanktonin suurikokoisimmat lajit.

Köyliönjärven vesikirput ovat kooltaan erittäin pieniä muihin lounaissuomalaisiin järviin verrattuna. Isoja vesikirppuja, jotka puolestaan ovat tehokkaita kasviplanktonin laiduntajia, ei Köyliönjärven lajistossa ole paljoakaan. Eläinplanktonin keskikoon on havaittu kasvaneen kun poistokalastus on ollut tehokkaimmillaan. Kalakanta palautuu poistokalastuksen jälkeen kuitenkin nopeasti ennalleen ja sitä myöten eläinplanktonin keskikoko pienenee jälleen.

Vedenlaadun kannalta eläinplanktoniyhteisön rakenne on heikko. Eläinplanktoniin kohdistuu suuri laidunnuspaine ja kasvillisuuden tarjoamia suojapaikkoja on vähän. Tehokkaita suodattajia ei ole, minkä vuoksi kasviplanktoniin kohdistuva laidunnuspaine heikko. Köyliönjärven liukoisten ravinteiden määrä on suuri ja sen vuoksi kasviplankton kasvaa tehokkaasti ja järvi on rehevä.

Liukoisia (ja suoraan leville käyttökelpoisia) ravinteita järvessä voidaan rajoittaa paitsi hillitsemällä ulkoista kuormitusta, myös sitomalla ylimääräisiä ravinteita esimerkiksi makrofyyttikasvillisuuteen. Kasvillisuus sitoo ravinteita ja löyhää pohjaa ja tarjoaa lisäksi eläinplanktonille suojapaikkoja kalojen aiheuttamalta saalistuspaineelta.

### **3 Köyliönjärven kunnostus ja suojelutyön tulevaisuus**

Järven kunnostuksen tavoitteet määräytyvät järven tilan, arvojen ja käyttötarpeiden mukaan. Kunnostuksella voidaan edistää paitsi virkistyksellisiä, myös maisemallisia ja luonnonsuojelullisia arvoja. Köyliönjärven alue kuuluu osin Natura 2000 -verkostoon ja kuuluu siis luonnonsuojelullisesti tärkeisiin kohteisiin. Järvestä on rehevöitymisen myötä kehittynyt merkittävä vesilintualue ja järven poikki kulkee kaakko-luodesuuntainen harjusaarten jono. Köyliönjärven ympäristö on myös nimetty arvokkaaksi suomalaiseksi kansallismaisemaksi. Kansallismaisemalla on voimakas symboliarvo ja sillä on yleisesti tunnustettu merkitys kansallisessa kulttuurissa, historiassa tai luontokuvassa.

Köyliönjärven kunnostuksessa tulee panostaa voimakkaasti ulkoisen fosforikuormituksen pienentämiseen. Etenkin kuormituksen liukoisten ravinteiden poistoon tulee panostaa, sillä niiden on todettu ylläpitävän ravinteiden nopeaa kiertoa Köyliönjärvestä (Itkonen 1993). Järvessä jo oleva fosforimäärä on niin suuri, että se ylläpitää vielä pitkään voimakasta sisäistä kuormitusta. Ilman ulkoisen kuormituksen vähentämistä ei ole mahdollista saavuttaa ravinnepitoisuuksien alentumista järvessä. Köyliönjärvi on luontaisestikin rehevä järvi, joten sen kunnostamisella ei tulekaan tavoitella karun järven piirteitä.

Tulevaisuudessa Köyliönjärven suojelussa on panostettava leudontuvien talvien myötä entistä enemmän kasvukauden ulkopuolella toimiviin menetelmiin. Viljelymaan rakenteesta on huolehdittava niin, että sen eroosioherkkyys olisi alhainen ja vedensitomiskyky tulva-aikoina olisi mahdollisimman hyvä.

Vesistökuormituksen vähentämisessä on keskityttävä ensi sijassa tulvahuippujen tuoman kuormituksen leikkaamiseen. Vesinäytteiden ja kuormitusarvion perusteella suurimmat kuormitusvähennykset saadaan, kun toimet kohdistetaan juurikkaan korjuun aloittamisesta routaantumisen väliseen aikaan. Tällöin erittäin runsasravinteiset pellot ovat paljaana ja sateet huuhtovat valtaosan vuotuisesta ravinnekuormasta Köyliönjärveen.

Kesällä ja vähävetiseen aikaan toimivat altaat vähentävät vähän vuotuista kokonaiskuormitusta. Altailla voi kuitenkin olla merkittävä arvo kasteluvesialtaina tai maisemallisesti. Kasteluveden laatu on aiheuttanut ongelmia Köyliönjärven huonon vedenlaadun vuoksi (mm. ESIVESI -esiselvityshanke). Altaita voi kuitenkin ajatella Köyliönjärvelläkin perustettavaksi luontaisiin kohteisiin, joita ei kannata viljellä vetymishaittojen vuoksi.

Köyliönjärven tilan parantaminen kestää kauan. Yksittäisen hankkeen toimet eivät todennäköisesti näy lyhyellä aikajänteellä järven tilassa, mikä tuo haasteita kunnostushankkeiden yleiselle hyväksyttävyydelle.

Köyliönjärven kunnostus- ja suojelutyö perustuu tulevaisuudessa järven parissa toimivien rakentamaan visioon:

Köyliönjärvi on vetovoimainen kansallismaisema ja luontokohde, jota hyödynnetään monimuotoisesti virkistys- ja -talouskäyttöön



## Lähteet

- Helminen, H. 1994. Muistio Köyliönjärven vedenpinnan korkeuden muutoksista. Turku 18.4.1994. 3 s. + kuvat (6 s.)
- Helminen, H. ja Wright, J. 1995. Köyliönjärven valuma-alueen fosforitaselaskelma perustuen tutkimusaineistoon vuosilta 1990–94. Tutkimuslause. Vastuullinen johtaja apulaisprofessori Jouko Sarvala. Turun yliopiston biologian laitos. 13 s.
- Helminen, H. ja Louhesto, P. 2005. Köyliönjärven kalasto ja tila v. 2005. Muistio 4.10.2005. 2 s.
- Hirvonen A. 2005. Köyliönjärven kansallismaisema kuntoon! Kunnostushanke 2001–2005. Loppuraportti. Köyliönjärven suojeluyhdistys. 24.4.2005
- Hirvonen A. 1997. Vesiensuojelu erikoiskasviviljelyssä -projekti 1994-96. Loppuraportti. Köyliön kunta ja Satakuntaliitto, Turun ja Porin lääninhallitus, Satakunnan maaseutuelinkeinopiiri. 19 s. + liitteet
- Hirvonen, A. 1993. Köyliönjärven suojeluprojekti 1990-93. Loppuraportti. 27 s. + liitteet.
- Hirvonen, A. (toim.) 1993. Köyliönjärven suojeluprojekti. Köyliönjärven suojelu ja hoito - Menetelmiä Köyliönjärven kuormituksen pienentämiseksi. Köyliönjärven suojeluprojekti, Köyliön kunta. ISBN 951-96880-0-5. 23 s.
- Hirvonen, A ja Helminen, H. 1993. Köyliönjärven kalastusalueen käyttö- ja hoitosuunnitelma. Köyliönjärven kalastusalue. 34 s.
- Itkonen, A. 1993 Köyliönjärven ravinnekierto ja pohjasedimentin laatu. Geocenter raportti no. 8. Turun yliopisto. Maaperägeologian osasto. 25 s.
- Härjämäki, K. Myllyoja, I. ja Karhunen, A. 2008. Maatalouden monivaikutteisten kosteikkojen ja luonnon monimuotoisuuden yleissuunnittelu, Pyhäjärvisuoto. Lounais-Suomen ympäristökeskuksen raportteja 13/2008. ISBN 978-952-00-3096-0. Julkaisu on saatavissa myös internetissä: [www.ymparisto.fi/julkaisut](http://www.ymparisto.fi/julkaisut)
- Itkonen, A. 1997. Past trophic responses of boreal shield lakes and the Baltic Sea to geological, climatic and anthropogenic inputs as inferred from sediment geochemistry. Turun yliopiston julkaisuja Sarja A II. Osa 103. Biologica - Geographica - Geologia. Turun yliopisto. Turku ISBN 951-29-1050-0. 53 s. + artikkeliliitteet.
- Itkonen, A ja Olander, H. 1997. The origin of the hypertrophic state of a shallow boreal shield lake. *Boreal Environment Research* 2(2):183-198.
- Kipinä, S. 2006. Eurajoen-Lapinjoen vesienhoidon suunnittelu. Hoito-ohjelman luonnos. 1.12.2006. 27 s.
- Leivo, M., Asanti, T., Koskimies, P., Lammi, E., Lampolahti, J., Lehtiniemi, T., Mikkola-Roos, M. ja Virolainen, E. 17.8.2001. Suomen tärkeät lintualueet FINIBA. <http://www.birdlife.fi/suojelu/paikat/finiba/finiba-johdanto.shtml>
- Louhesto, P. ja Helminen H. 2005(?). Köyliönjärven ulkoinen kuormitus ja peltojen fosforipitoisuus edelleen korkea. 6 s.

Meisalmi, T. 2006. Köyliönjärven vedenpinnan nostosuunnitelma. Köyliö. Suunnittelutoimisto Tapio Meisalmi. 11.8.2006, Tampere. 22s. + liitteet.

Oja, J. ja Oja S. 2006. Luonnonsuojelulain 65§:n mukainen esiarvio Köyliönjärven vedenpinnan nostamisen vaikutuksista Köyliönjärvi (FI0200032) nimiseen Natura-2000 alueeseen. Suomen Luontotieto Oy 33/2006. 13 s. + liitteet.

Paakkinen, M. 2007. Köyliönjärven yhteistarkkailu vuonna 2006. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry. Kirje nro 348. 25 s. + liitteet 12 s.

Paloheimo, A. 2010. Kuormituslaskennan tulokset. Köyliönjärven ja -joen ulkoisen kuormituksen vähentäminen (KULKU). 23 s. (pdf-julkaisu, ladattavissa osoitteesta [www.pyhajarvi-instituutti.fi](http://www.pyhajarvi-instituutti.fi))

Pietiläinen, O-P ja Räike, A. 1999. Typpi ja fosfori Suomen sisävesien minimiravinteina. Suomen ympäristö 313. ympäristönsuojelu, 64 s. ISBN 952-11-0503-8.

Pyhäjärvisuodun ympäristötoimisto. 2005. Köyliönjärven ali- ja keskivedenkorkeuden noston suunnittelu. 3 s.

Reko, J. 2002. Maanviljelysalueiden suojavyöhykkeiden yleissuunnitelma - Köyliönjärven ja Köyliönjoen valuma-alue. Lounais-Suomen ympäristökeskuksen moniste 17/2002. Lounais-Suomen ympäristökeskus. ISBN 952-5288-85-4. 40 s.

Rosenlew, C. ja Oravuo, K. 2003. Puhdasta kasteluvettä hapettamalla - hankesuunnitelma. 30.5.2003. Köyliön vanhakartano 3 s.

Saarijärvi, E. 2004a. Köyliönjärven happi- ja kerrostuneisuustilanne kesällä 2003. Vesi-Eko Oy. 7.1.2004. 8 s.

Saarijärvi, E. 2004b. Köyliönjärven hapetuskokeilu kesällä 2004. Vesi-Eko Oy. 5.3.2004.2 s.

Saarijärvi, E. ja Lappalainen, K. M. 2003. Köyliönjärven happitilanteen parantamissuunnitelma. Kuopio 14.3.2003. 18 s.

Saarikari, V. 1993. Köyliönjärven eläinplankton vuosina 1992 ja 1993. 2 s. + 6 kuvaa.

Salminen, V. 1905. Köyliön pitäjän historia. Kuvilla ja kartoilla varustettu. 2. painos. Sensuurin hyväksymä 10 p. lokakuuta 1905. Oy Länsi-Suomen kirjapaino Rauma 1969.

Salonen, S. 1993. Poistopyyntisaalis, kalaston rakenne ja koko, sekä näkösyvyys ja veden lämpötila 1992–93. 3 s. + kuvat 7 s.

Sarvala, J. 2004. Köyliönjärven fosforitason kesäaikaisen nousun yhteys kerrostuneisuusoloihin ja veden pH -tasoon. Vuosien 1991–2001 mittausaineistoon perustuva tarkastelu. Muistio 12.4.2004.

Sarvala J. ja työryhmä. 2005. Köyliönjärven veden laadun ja ekologisen tilan kehitys 1991–2004. Turun yliopiston biologian laitos. Turku. 20.1.2005. 15 s.

Sarvala, J., Helminen, H., Saarikari, V., Salonen, S., Vuorio, K. ja Hirvonen, A. 1993. Särkikalojen poistopyynnin merkitys rehevöityneen järven kunnostamisessa. Raportti esitutkimusvuodelta 1992. Turun yliopiston biologian laitos. Turku. 32 s.

Satakunnan pintavesien toimenpideohjelma vuoteen 2015 (27.11.2009) 166 s.  
www-julkaisu: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=112399&lan=fi>

Ulvi, T. ja Lakso, E. (toim.) 2005. Järvien kunnostus. Ympäristöopas 114. Suomen ympäristökeskus. 336 s. ISBN 951-37-4337-3.

Valtion ympäristöhallinto. 2006. Natura-alueet - Köyliönjärvi.  
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=15680&lan=fi>. Lounais-Suomen ympäristökeskus. Päivitetty 18.3.2004. Viitattu 28.11.2006.

Valtion ympäristöhallinto. 2006. Suojavyöhykkeiden hoitokortti.  
<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=57346&lan=fi>. pdf-tiedosto 4 s.

Viljavuuspalvelu Oy. 2007. [www.tuloslaari.fi](http://www.tuloslaari.fi) -> Tilastotiedot

Vuorio, K. 1993. Köyliönjärven kasviplanktonsekä kokonaistyyppi, kokonaisfosfori ja a-klorofylli avovesikausina 1992 ja 1993. 2s. + liitteet 5 s.

VTT 2005. Järvien kunnostuksen menetelmät. Hapetuslaitteiden laboratorio- ja kenttäkokeet. Sassi, J. ja Keto, A. VTT tiedotteita 2307. 88 s. + liitteet 56 s. ISBN 951-38-6736-6 (pdf)

Wetzel, R.G. 2001. Limnology - Lake and River Ecosystems. Third edition. Academic Press. ISBN 0-12-744760-1. 1006 s.

Wright, J. 1993. Köyliönjärven vesi- ja fosforitase v. 1991. Tutkimuksen vastuullinen johtaja Jouko Sarvala. Turun yliopiston biologian laitos. 23 s.

#### **Muita Köyliönjärveen liittyviä julkaisuja:**

Hirvonen, A. 1991. Maatalouden aiheuttaman ulkoisen kuormituksen vähentäminen. Ympäristö ja terveys 22(7): 491-496.

Hirvonen, A.T. 1994. Can multiuse ponds reduce the phosphorus transport to lakes in agricultural areas? Verh. Int. Ver. Limnol. 25:1322-1323.

Hirvonen, A. 1995. Köyliönjärven kunnostus. Teoksessa Lehtinen, H. (toim.). Ympäristön tila Satakunnassa. Suomen ympäristökeskus. Helsinki ss. 92-94. ISBN 951-570-051-5.

Hirvonen, A. ja Salonen, S. 1995. The first stage in restoring Lake Köyliönjärvi by fish removal. Vesitalous 3: 11-17.

Hirvonen, A., Helminen, H. ja Salonen, V-P. 1996. Can a multiuse pond reduce the phosphorus and suspended solids transported to lakes in agricultural areas? Vesitalous. 3: 2-5.

Kurkilahhti, M. ja Ruuhijärvi, J. 1996. Fish stock monitoring with gill nets improves with correct planning. Vesitalous. 37(2):22-25.

Mäkinen, J. 2003. Time-transgressive deposits of repeated depositional sequences within interlobate glaciofluvial (esker) sediments in Köyliö, SW Finland. Sedimentology 50 (2): 327-xx.

Rintanen, T. 1996. Changes in the flora and vegetation of 113 Finnish lakes during 40 years. Ann. Bot. Fennici 33:101-122.

- Salonen, S., Helminen, H. ja Sarvala, J. 1996. Feasibility of controlling coarse fish populations through pikeperch (*Stizostedion lucioperca*) stocking in Lake Köyliönjärvi, SW Finland. *Ann. Zool. Fennici* 33: 451-457.
- Sarvala, J., Helminen, H., Hirvonen, A. ja Salonen, S. 1994. Köyliönjärven tehokaslastus vähentänyt kalakannan puoleen. *Suomen kalastuslehti* 101(3):8-11.
- Sarvala, J., Helminen, H., Hirvonen, A. ja Salonen, S. 1995. Effects of cyprinid fish reduction on water quality of Lake Koeylioensaari. *Vesitalous* 3: 15-17.
- Sarvala, J., Helminen, H., Saarikari, V., Salonen, S ja Vuorio K. 1998. Relations between planktivorous fish abundance, zooplankton and phytoplankton in three lakes of differing productivity. *Hydrobiologia* 363: 81-95.
- Sarvala, J., Ventelä, A-M., Helminen, H., Hirvonen, A., Saarikari, V., Salonen, S., Sydänoja, A. ja Vuorio, K. 2000. Restoration of the eutrophicated Köyliönjärvi (SW Finland) through fish removal: whole-lake vs. mesocosm experiences. *Boreal Environment Research* 5(1):39-52.
- Tarvainen, M., Sarvala, J. ja Helminen H. 2002. The role of phosphorus release by roach (*Rutilus rutilus* (L.)) in the water quality changes of a biomanipulated lake. *Freshwater biology* 47 (12): 2325-xx
- Turkia, J. ja Lepistö, L. 1999. Size variations of planktonic *Aulacoseira* Thwaites (Diatomae) in water and in sediment from Finnish lakes of varying trophic state. *Journal of Plankton Research* 21: 757-770.
- Ventelä, A-M., Saarikari, V. ja Vuorio, K. 1998. Vertical and seasonal distributions of micro-organisms, zooplankton and phytoplankton in a eutrophic lake. *Hydrobiologia* 363: 229-240.
- Ventelä, A-M., Wiackowski K., Moilanen M., Saarikari V., Vuorio K. ja Sarvala J. 2002. *Freshwater Biology* 47(10): 1807-1819. Vuorio, K. 1993. Köyliönjärven kasviplankton, kokonaistyyppi, kokonaisfosfori ja a-klorofylli avovesikaudella 1992 ja 1993. 2 s. + kuvat 5 s.
- Vuorio, K., Meili, M. ja Sarvala, J. 2006. Taxon-specific variation in the stable isotopic signatures ( $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$ ) of lake phytoplankton. *Freshwater Biology* 51(5):807 - xx
- Wiackowski, K., Ventelä, A-M., Moilanen, M., Saarikari, V., Vuorio, K ja Sarvala, J. 2001. What factors control planktonic ciliates during summer in a highly eutrophic lake? *Hydrobiologia* 443 (1-3): 43-57.
- Wright, J., Helminen, H. ja Hirvonen, A. 1993. The gauntlet of Lake Koeylioensaari: External phosphorus load. *Vesitalous* 34(5): 29-33.

## **KÖYLIÖNJÄRVI – Tila, kuormitus ja kunnostus**

Tämä julkaisu on tehty Pyhäjärvi-instituutissa ja idea sen syntymiseen lähti yhteistyöstä Köyliönjärven suojeluyhdistyksen kanssa. Julkaisu koottiin alun perin Pyhäjärvi-instituutin ”Vesiensuojelun ja vesistökuunnostuksen osaamispalvelut” -hankkeen puitteissa, joka oli EU:n tavoite 2 -ohjelman EAKR-hanke vuosina 2006–2007.

Julkaisua päivitettiin, täydennettiin uudella kuormituslaskelmalla ja se saatettiin painokuntoon Manner-Suomen maaseutuohjelman Leader-toimintalinjalta Pyhäjärviseu-  
tu ry:n kautta rahoitetussa hankkeessa ”Köyliönjärven ja -joen ulkoisen kuormituksen vähentäminen (KULKU)”. Hanke oli käynnissä 2008–2010.

Köyliönjärven parissa on tehty työtä eri tahojen toimesta jo hyvin pitkään ja sekä projekteissa että niiden puitteissa on julkaistu lukuisia selvityksiä ja raportteja. Moni arvokas tiedonjyvänen on ollut hajallaan tutkijoiden ja muiden järven parissa toimineiden ihmisten päissä ja pöytälaatikoissa. Tätä kaikkea tietoa on pyritty kokoamaan ja tiivistämään yksien kansien väliin ja tähän julkaisuun on koottu yhteen mahdollisimman paljon olemassa olevaa ja lisäksi ajankohtaista Köyliönjärveä koskevaa tietoa.

Julkaisu on vapaasti ladattavissa pdf-muodossa Pyhäjärvi-instituutin www-sivuilta ([www.pyhajarvi-instituutti.fi](http://www.pyhajarvi-instituutti.fi)) ja sen voi tulostaa omaan käyttöön.

ISBN 978-952-9682-53-9 (nid.)

ISBN 978-952-9682-54-6 (pdf)

ISSN 0789-922X



*Pyhäjärviseu-  
tu*



Euroopan maaseudun  
kehittämisen maatalousrahasto:  
Eurooppa investoi maaseutualueisiin



---

**Pyhäjärvi-instituutti**

Sepäntie 7, FIN-27500 Kauttua. Puh. (02) 838 0600, Fax (02) 866 5160

[www.pyhajarvi-instituutti.fi](http://www.pyhajarvi-instituutti.fi)