

Kuva: Juha Bergdahl

Espoon ympäristökeskuksen monistesarja 5/2006

ESPOON PITKÄJÄRVEN JA LIPPAJÄRVEN KUNNOSTUSSUUNNITELMA

Hannu Salo

Arja Palomäki

Jyväskylän yliopisto,
Ympäristöntutkimuskeskus, tutkimusraportti 106/2006

Espoon ympäristökeskus
Espoo 2006

Sisällysluettelo

1. Johdanto.....	1
2. Kunnostuksen tausta ja päämäärä	2
2.1 Hankkeen tausta	2
2.2. Päämäärä.....	3
3 Kunnostusalue.....	4
3.1 Järvien ominaisuudet ja veden laatu.....	4
3.1.1 Pitkäjärvi.....	4
3.1.2 Lippajärvi	4
3.2 Kuormitus	5
3.2.1 Pitkäjärvi.....	5
3.2.2 Lippajärvi	8
4. Kunnostus ja sen tavoitteet	9
4.1 Kunnostustoimet	9
4.2. Järvien sisäiset kunnostuskeinot	10
5. Kunnostussuunnitelma	14
5.1. Pitkäjärvi.....	14
5.1.1. Valuma-alueella tehtävät toimenpiteet	14
5.1.2. Järvellä toteutettavat kunnostustoimet.....	15
5.1.3. Muut toimenpiteet.....	17
5.1.4. Seuranta ja tutkimus	17
5.1.5. Toimenpiteet ja aikataulu.....	18
5.2. Lippajärvi.....	19
5.2.1. Valuma-alueella tehtävät toimenpiteet	19
5.2.2. Järvellä toteutettavat kunnostustoimet.....	19
5.2.3. Muut toimenpiteet.....	21
5.2.4. Seuranta ja tutkimus	22
5.2.5. Toimenpiteet ja aikataulu.....	23
Yhteenveto.....	24
Kirjallisuus	25

1. Johdanto

Espoon Pitkäjärvi ja Lippajärvi sijaitsevat Espoonjoen vesistöalueella Espoon kaupungin länsiosassa. Järviin kohdistuu kova virkistyskäyttöpaine ja ne ovat merkittävä osa alueen maisemaa. Järvien veden laadulla ja ekologisella tilalla on merkitystä järvien lähistön asukkaille. Järvet voivat myös tulevaisuudessa olla asukkaiden virkistätymisalue, jos niiden tilaa pystytään parantamaan. Mikäli järvien tila entisestään heikkenee, järvien kunto voi muodostua asuinalueiden viihtyvyyttä ja arvoa heikentäväksi tekijäksi.

Pitkäjärvi ja Lippajärvi sekä niiden valuma-alueet sijaitsevat kolmen tiheästi asutun ja väkiluvultaan suurenevan kaupungin Espoon, Kauniaisten ja Vantaan alueilla. Järvet ovat keskellä asutusta, ja järvien tuntumaan rakennetaan uusia asuntoja ja asuntoalueita. Järvien kunnostus vaatiikin kaupunkien yhteistyötä, koska järvien kannalta merkityksellisimmät toimet tehdään aina niiden valuma-alueella. Järvien veden laatu määräytyy niiden valuma-alueilla tehdyistä toimenpiteistä ja valuma-alueen maankäytöstä. Järvien tilan kehitys riippuu kaavoituksesta ja ympäristönsuojelutoimista, jotka tehdään järvien ympärillä.

Pitkäjärvelle ja Lippajärvelle on tehty useita kunnostussuunnitelmia viimeisen kolmenkymmenen vuoden aikana. Järvien tila on ollut huolestuttava jo pitkään, ja järvien hoitotoimet on aloitettu 1970-luvulla ja niitä on jatkettu vaihtelevasti nykypäivään asti. Toimilla on pystytty hidastamaan järvien tilan heikkenemistä ja osittain myös se pysäyttämään. Järvien tila on kuitenkin edelleen heikko ja se heikkenee, jos uusia kunnostustoimia ei tehdä.

Tämän suunnitelman tavoitteena on Pitkäjärven ja Lippajärven tilan parantaminen niin, että järviä ja niiden rantoja voidaan tulevaisuudessakin käyttää virkistätymiseen. Pitkällä tähtäimellä kunnostus- ja vesiensuojelutoimien päämääränä on järvien hyvä ekologinen tila.

Suunnitelma jakautuu kahteen osaan. Ensiksi tarkastellaan järvien kunnostuksen taustaa ja päämäärää yleisellä tasolla. Toisessa osassa kuvataan kunnostustoimet, joita tarvitaan, jotta järvien kunto ei enää heikkenisi ja toimet, jotka ovat välttämättömiä järvien tilan parantamiseksi. Kunnostussuosituksia ja –toimenpiteitä ovat siis kaksitasoisia: mikä on välttämätöntä, jotta tilanne ei heikkene ja mikä tarpeellista, jos järvien tilaa halutaan parantaa.

2. Kunnostuksen tausta ja päämäärä

2.1 Hankkeen tausta

Pitkäjärven ja Lippajärven ongelmana ovat olleet rehevöityminen ja sen seurauksena hap-pikadot ja sinilevien massakukinnat. Molemmissa järvissä rehevöitymistä aiheuttavat ha-jakuormitus ja järvien sisäinen kuormitus. Järvien heikko tila haittaa niiden ja järvien ran-tojen virkistyskäyttöä. Järvien veden laadun parantamiseksi onkin tehty lukuisia suunni-telmia, joita on toteutettu tai osittain toteutettu viimeisen kolmenkymmenen vuoden aika-na.

Järvien heikko kunto on ollut paikallisten asukkaiden ja viranomaisten huolena jo pitkään. Järvien tilaa on seurattu 1960-luvun lopusta ja suunnitelmia järvien tilan parantamiseksi on jo tehty 1970-luvun alussa. Vuonna 1971 tehdyssä suunnitelmassa todetaan, että Pitkä-järveen tulee jatkuvasti jätevesiä niin paljon, ettei järveen kohdistuvilla toimenpiteillä sitä voida kunnostaa, vaan ainoastaan hidastaa ja parhaimmassakin tapauksessa pysäyttää jär-ven pilaantumisen. Tilanne on hyvin samankaltainen nyt kuin se oli yli 30 vuotta sitten.

Pitkäjärven kunnostus aloitettiin 1970-luvun puolivälissä, jolloin käynnistettiin järven il-mastus. Sitä jatkettiin vuoteen 1987 asti, jonka jälkeen ilmastuksessa pidettiin noin 10 vuoden tauko. Ilmastus aloitettiin uudelleen vuonna 1999. Vuosina 2001 ja 2002 järvellä toteutettiin tehokalastushanke, jolla pyrittiin vähentämään järven sisäistä kuormitusta.

Lippajärven kunnostus aloitettiin myös 1970-luvulla, jolloin juoksutettiin järven alusvettä pois tavoitteena parantaa alusveden happitilannetta. Järven hapettaminen aloitettiin vuonna 1986. Ensimmäinen varsinainen kunnostussuunnitelma valmistui vuonna 1986, ja sen ta-voitteena oli nostaa järven käyttökelpoisuusluokka välttävästä tyydyttäväksi. Seuraava suunnitelma valmistui 13 vuotta myöhemmin. Siinä korostetaan ulkoisen kuormituksen vähentämisen merkitystä järven tilan kehityksen kannalta. Hoitokalastusta, jonka tavoit-teena on ollut särkikalakantojen harventaminen, on tehty vuosina 1994–1997 sekä vuosina 2001–2004.

Pitkäjärven ja Lippajärven sekä niiden valuma-alueilla tehdyt kunnostustoimet eivät ole tuottaneet toivottua tulosta, ja järvien tila on edelleen huono. Tästä syystä on nyt laa-dittu molemmille järville uusi kunnostussuunnitelma. Suunnitelma sisältää myös esityksen järvien ja niihin laskevien purojen ja jokien veden laadun seurannasta.

2.2. Päämäärä

Pitkäjärvi ja Lippajärvi ranta-alueineen muodostavat tärkeän virkistysalueen. Tästä syystä kunnostustoimien yksi keskeinen päämäärä on järvien virkistyskäyttöarvon parantaminen. Järvien tilan heikkeneminen johtaa suuriin ja toistuviin sinilevien massakukintoihin. Tämä kehitys johtaa järvien virkistyskäyttöarvon alenemiseen. Sinileväkukinnat haittaavat myös rantojen käyttöä ja voivat estää esimerkiksi uimisen kokonaan. Tämä heikentää asukkaiden viihtyvyyttä, alentaa asuntojen arvoa ja alueen imagoa.

Kunnostustoimet on jaettu tässä suunnitelmassa kahteen ryhmään. Ensimmäisen ryhmän muodostavat toimet, joilla järvien tila voidaan pitää nykyisellä tasolla. Toimilla siis pyritään estämään järvien tilan heikentyminen. Nämä ovat toimia, jotka tulee toteuttaa tai aloittaa niiden toteuttaminen välittömästi. Ne kohdistuvat järviin ja niiden valuma-alueille, mutta toimenpiteiden laajuus ei riitä järvien tilan kohentamiseen.

Toisen ryhmän muodostavat toimet, joiden avulla järvien tilaa voidaan parantaa. Ne kohdistuvat ensisijassa järvien valuma-alueille ja vaativat onnistuakseen viranomaisten yhteistyötä Espoossa ja myös eri kaupungeissa. Ne vaativat myös valuma-alueella maatalojen ja muiden ravinnekuormittajien sitoutumista ravinnekuormituksensa vähentämiseen. Ravinnekuormituksen oleellisen vähentämisen lisäksi järvien tilan parantaminen vaatii tehokkaita toimia järvien sisäkuormituksen pysäyttämiseksi. Näiden toimien kustannukset ovat selvästi suuremmat kuin järvien tilan ylläpitoon vaadittavien toimien kulut.

Pitkäjärven ja Lippajärven kunnostuksen päämääränä pitkällä aikavälillä on järvien tilan parantaminen niin, että se vastaa hyvää ekologista tilaa. Tähän päämäärään sisältyy järven virkistyskäyttöarvon parantaminen.

Kunnostussuunnitelma on myös jaettu kahteen aikajaksoon. Ensimmäinen jakso sisältää vuodet 2007–2011 eli neljä vuotta. Tämän ajanjakson aikana pyritään pysäyttämään järvien tilan heikkeneminen ja tekemään lisäselvityksiä, joita tarvitaan laajempien ja tehokkaampien toimenpiteiden toteuttamiseksi. Vuosina 2012–2017, toisen jakson aikana, pyritään saavuttamaan suunnitelman varsinainen päämäärä.

Aikajakso	Tavoite	Mittari
2007–2011	Järvien tilan heikkenemisen estäminen	Järvien kunto ei heikkene vuosien 2004-2006 tasosta
2011–2017	Järvien tilan parantaminen päämääränä hyvä ekologinen tila	Järvien kunto vastaa niiden tilaa ennen teho- maanviljelyn aloittamista

Keskeisin kysymys järvien tilan kehityksen kannalta on, mitä tehdään niiden valuma-alueilla. Toimet, joita tehdään itse järvissä, ovat toissijaisia ja ne täydentävät valuma-alueella tehtäviä ympäristönsuojelutoimia. Koska järvet ja niiden valuma-alueet sijaitsevat kolmen kaupungin Espoon, Kauniaisten ja Vantaan alueilla, järvien kunnostus ja hoito edellyttää kaupunkien ja kaupunkilaisten yhteistyötä.

3 Kunnostusalue

3.1 Järvien ominaisuudet ja veden laatu

3.1.1 Pitkäjärvi

Espoon Pitkäjärvi kuuluu Espoonjoen valuma-alueeseen (81.020). Pitkäjärven valuma-alueen pinta-ala on 67,2 km² ja järvisyys 3,9 %. Vesi tulee Pitkäjärveen pääasiassa muutamien purojen kautta, joista merkittävimmät ovat Vanhankartanonpuro, Hämeen kylänpuro ja Lippajärvenpuro. Pitkäjärvestä vedet laskevat Kvarnbyåhon ja Glimasanin kautta Espoonjokeen ja siitä edelleen Espoonlahteen.

Pitkäjärvi on matala. Sen keskisyvyys on vain 2,9 metriä ja suurin syvyys 6,3 metriä. Järven pinta-ala on 174 hehtaaria ja tilavuus 3,87 milj. m³. Järvi jakautuu kolmeen osaan: eteläosa on rehevöitynyt ja osaksi umpeenkasvanut, keskiosa on hieman syvempi alue, ja järven pohjoisosa on matala ja kapea. Järvi on noin 5,2 km pitkä ja leveimmältä kohdaltaan noin kilometrin levyinen.

Järven ongelma on rehevöityminen ja sen seurauksena happikadot ja sinilevien massakukinnat. Rehevöitymistä ja järven perustuotannon tasoa kuvaava klorofyllipitoisuus on erittäin suuri. Samoin veden fosforipitoisuus on korkea. Rehevöitymistä aiheuttaa hajakuormitus ja järven sisäinen kuormitus.

Pitkäjärvi on runsasravinteinen, normaalisateisina vuosina lievästi ruskeavetinen järvi, jonka kiintoaine- ja sameusarvot ovat useimmiten varsin korkeita. Suuret ravinnepitoisuudet pitävät yllä voimakasta planktonlevätuotantoa, jota korkea a-klorofyllipitoisuus ilmentää. Sinileväkukinnat ovat olleet tavallinen ilmiö.

Pitkäjärvi kerrostuu luonnostaan heikosti kesäaikana. Siitä huolimatta lämpimimpinä jaksoina vesi kerrostuu sen verran, että alusveden happitilanne on ollut ajoittain huono. Päälyllyksessä taas on ollut hapen ylikyllästystä johtuen suuresta levätuotannosta. Samasta syystä päälyllyksveden pH-arvo saattaa nousta selvästi kesäaikana.

3.1.2 Lippajärvi

Lippajärvi kuuluu Espoonjoen vesistöalueeseen ja sen vedet laskevat Pitkäjärveen. Järveen laskee kolme puroa 6,7 km² laajalta valuma-alueelta. Lippajärven pinta-ala on 57 hehtaaria, ja se on matala järvi: sen suurin syvyys on vain 4,5 metriä ja keskisyvyys on 2,3 metriä. Järven veden korkeutta on säännöstelty vuodesta 1972 lähtien.

Lippajärvi on ennen viemäri- ja vesienpuhdistusjärjestelmän rakentamista rehevöitynyt pahoin lähinnä asutuksen jätevesien vaikutuksesta. 1960-luvun puolivälissä suurin osa asutuksesta liitettiin viemärintijärjestelmään ja 1970-luvulta alkaen järveä on alettu kunnostaa. Rehevyydestä johtuvat haitat ovat siitä huolimatta edelleen ilmeisiä. Lippajärven keskeinen ongelma on kuormittunut pohjasedimentti. Sedimentin suuri hapenkulutus aiheuttaa happivajetta kerrostuneisuuskausina sekä talvella että kesällä. Mataluutensa vuoksi

Lippajärvi ei kerrostu pysyvästi kesäisin, vaan tuulet sekoittavat vesimassan jopa useita kertoja kesän aikana. Lyhyinäkin kerrostuneisuuskausina alusveden happipitoisuus heikkenee nopeasti nopeuttaen fosforin liukenemistä sedimentistä. Tuulisilla jaksoilla vesimassa sekoittuu ja sedimentistä vapautuneet ravinteet päätyvät tuottavaan vesikerrokseen edesauttaen leväkukintojen syntymistä (Heitto & Saarijärvi 2005b).

Lippajärvi on veden laadultaan varsin samankaltainen kuin Pitkäjärvi, mutta veden väri on hieman vaaleampi, eli vedessä on vähemmän humusta. Järvi on rehevä ravinne- ja klorofyllipitoisuuksien perusteella tarkasteltuna. Pohjasedimentissä on edelleen runsaasti happea kuluttavaa ainesta. Sinileväongelmat ovat tavallisia Lippajärvessäkin.

Klorofyllipitoisuudella on ollut tapana kasvaa loppukesää kohti, mikä viittaa sisäisen kuormituksen merkittävään osuuteen rehevyytason säätelijänä. pH-arvo saattaa nousta voimakkaan tuotannon seurauksena sellaiselle tasolle, että fosforia alkaa liueta sedimentistä, mikä osaltaan voimistaa sisäistä kuormitusta.

3.2 Kuormitus

3.2.1 Pitkäjärvi

Pitkäjärvelle on tehty hajakuormitus selvitys vuonna 1999 (Halme & Heitto 1999). Selvityksessä kuormitusta arvioitiin sekä ominaiskuormitusarvojen että Pitkäjärveen laskevista puroista tehtyjen ravinneanalyysien avulla (taulukot 1 ja 2). Pitkäjärvellä ei ole varsinaisia pistekuormituslähteitä, sillä pistekuormittajat ovat liittyneet kunnalliseen viemäriverkkoon.

Taulukko 1. Pitkäjärven ominaiskuormiin perustuva hajakuormitusarvio vuodelta 1999.

Kuormituslähde	Fosfori		Typpi	
	kg/v	%	kg/v	%
Peltoviljely	800	46	8000	28
Haja-asutus	190	11	840	3
Metsätalous	77	4	1400	5
Luonnonhuuhtouma	650	37	16200	56
Laskeuma	42	2	2260	8
Yhteensä	1760		28700	

Eri tavoin arvioidut typpikuormat olivat lähes yhtä suuret, mutta pitoisuuksien ja virtaamien avulla laskettu fosforikuorma oli huomattavasti suurempi kuin ominaiskuormien avulla laskettu fosforikuorma.

Järveen tuleva fosforin kokonaiskuorma voidaan arvioida myös järven keskimääräisen fosforipitoisuuden, virtaaman ja järven tilavuuden avulla (Frisk 1979). Laskelma tehtiin vuosien 2001–2005 keskimääräisen fosforipitoisuuden ja Lepsämänjoen virtaamien avulla lasketun virtaaman perusteella. Fosforin vuosikuormaksi saatiin 2960 kg (8,1 kg/vrk). Tässä luvussa on mukana myös sisäinen kuormitus.

Taulukko 2. Pitkäjärven osa-valuma-alueilta tuleva ravinnekuorma vuonna 1999 purojen ravinnepitoisuuksien ja virtaamien perusteella.

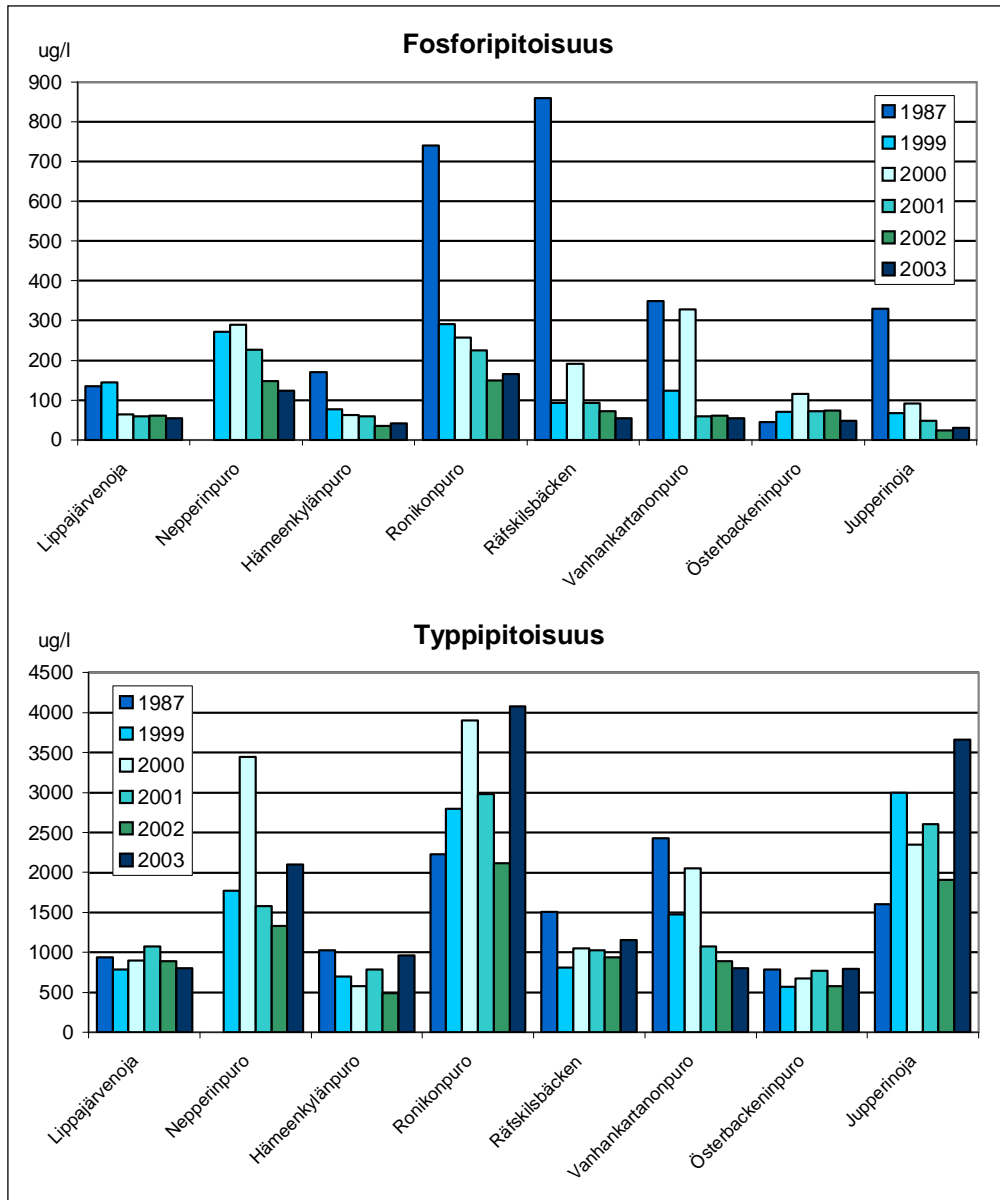
Osavaluma-alue	Fosfori		Typpi	
	kg/v	%	kg/v	%
Vanhankartanonpuro	840	32	9600	37
Hämeenkyllänpuro	1170	45	11600	45
Lippajärvenpuro	180	7	1600	6
Österbackeninpuro	40	2	470	2
Ronikonpuro	150	6	770	3
Nepperinpuro ja Räfskilsbäcken	36	1	290	1
Lähivaluma-alue	180	7	1590	6
Yhteensä	2600		25900	

Järven fosforinkuormitussietoa voidaan arvioida esimerkiksi vuosivirtaaman ja tilavuuden avulla (Vollenweider & Dillon 1974). Alempi sietoraja (ns. sallittava kuorma) ilmaisee kuormitustasoa, jonka alittava kuorma ei aiheuta vesistössä rehevöitymisilmiöitä. Alemman ja ylemmän sietorajan (ns. vaarallinen kuormitus) välille sijoittuva kuorma aiheuttaa jo rehevöitymistä, mutta järvi ei vaadi jatkuvaa hoitoa. Ylemmän sietorajan ylittävä kuorma johtaa rehevöitymiseen, sisäiseen kuormitukseen ja jatkuvan hoidon tarpeeseen. Pitkäjärven sallittava kuorma on noin 520 kg fosforia vuodessa (1,4 kg/vrk) ja vaarallinen kuorma noin 1050 kg vuodessa (2,9 kg/vrk). Nykyinen fosforikuorma ylittää vaarallisen kuormituksen laskentatavasta riippuen 2-3 – kertaisesti.

Pitkäjärveen laskevien purojen ravinnepitoisuuksia on mitattu huhti-lokakuun välisenä aikana vuosina 1987 ja 1999–2003. Mittausten mukaan useimpien purojen keskimääräinen fosforipitoisuus on pienentynyt merkittävästi (kuva 1), ja suurin vähennys tapahtui vuosien 1987 ja 1999 välillä. Typpipitoisuus sen sijaan on pienentynyt selvästi vain Vanhankartanonpurossa. Ronikonpurossa ja Jupperinojassa se on jopa kasvanut.

Purojen valuma-alueet ovat pinta-alaltaan erikokoisia, joten pitoisuuksien muutoksista ei voida suoraan päätellä kuormituksen muutosta. Fosfori- ja typpipitoisuudet painotettiin valuma-alueiden pinta-aloilla, jotta saataisiin käsitys kuormituksen muutoksen tasosta. Painotus tehtiin seuraavasti: keskimääräinen pitoisuus kerrottiin valuma-alueen pinta-alalla ja jaettiin valuma-alueiden yhteenlasketulla pinta-alalla. Valuma-alueiden pinta-alat (yhteensä 60,8 km²) ovat seuraavat:

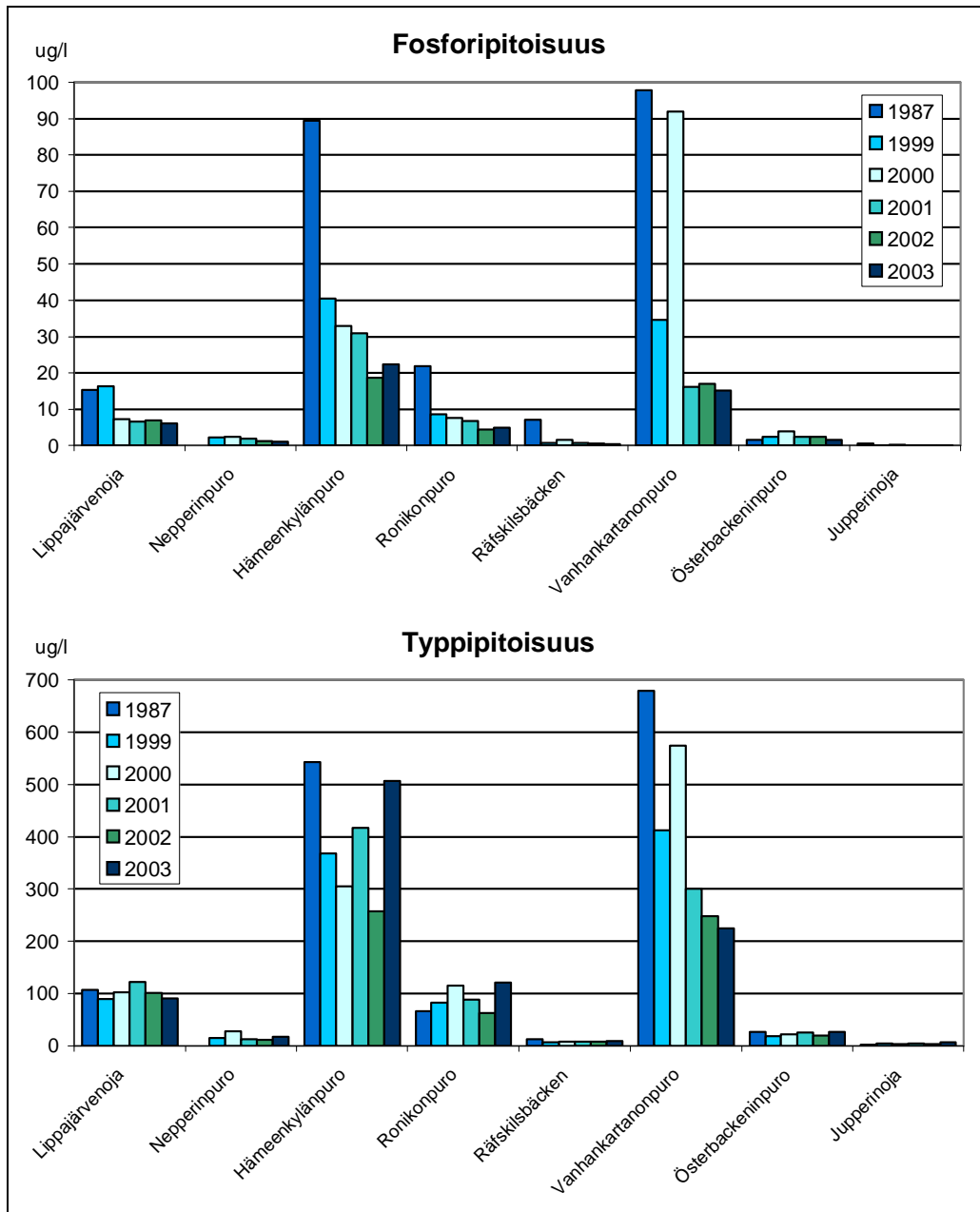
Valuma-alue	Pinta-ala	Valuma-alue	Pinta-ala
Lippajärvenoja	6,9 km ²	Räfskilsbäcken	0,5 km ²
Nepperinpuro	0,5 km ²	Vanhankartanonpuro	17 km ²
Hämeenkyllänpuro	32 km ²	Österbacken	2,0 km ²
Ronikonpuro	1,8 km ²	Jupperinoja	0,1 km ²
Lippajärvenpuro	6,9 km ²		



Kuva 1. Pitkäjärven laskevien purojen keskimääräinen fosfori- ja typpipitoisuus vuosina 1987 ja 1999–2003.

Valuma-alueen koolla painotettujen pitoisuuksien perusteella Pitkäjärven fosforikuormitus näyttää pienentyneen huomattavasti vuoden 1987 jälkeen. Suurimmalta osavaluma-alueelta Hämeenylänpuron kautta virtaavan veden pitoisuus on pienentynyt noin neljäsosaan ja toiseksi suurimmalta valuma-alueelta Vanhankartanonpuron kautta tulevan veden pitoisuus noin kuudesosaan vuonna 1987 vallinneesta tasosta. Lippajärvestä tulevan veden pitoisuus on samoin pienentynyt noin puoleen (kuva 2). Pienemmillä valuma-alueilla on vähäinen merkitys järven kokonaiskuormituksen kannalta.

Typpipitoisuus on pienentynyt alle puoleen Vanhankartanonpurossa, mutta muilla merkittävämmillä valuma-alueilla typpipitoisuudessa ei ole nähtävissä selkeää muutosta.



Kuva 2. Pitkäjärveen laskevien purojen valuma-alueen pinta-alueella painotettu keskimääräinen fosfori- ja typpipitoisuus vuosina 1987 ja 1999–2003. Huomaa, että pitoisuudet ovat suhteellisia eivätkä absoluuttisia.

3.2.2 Lippajärvi

Lippajärvellä ei ole tehty varsinaisia hajakuormitusselvityksiä. Valuma-alueella ei ole piste-kuormittajia, ja maatalous on hävinnyt kaupungistumisen myötä. Asutus on liitetty viemäriverkkoon. Lippajärven kuormitus muodostuu näin ollen luonnonkuormasta, rakennetuilta alueilta kertyvien valumavesien sisältämästä kuormasta sekä laskeumasta. Lippajärven alueelle on tehty vuonna 2000 hulevesiselvitys, jossa on arvioitu rakennetulta alueelta tuleva ravinnekuorma sekä annettu suositukset huleveden käsittelemiseksi (Järvenpää & Piispa 2000).

Lippajärven fosforin kokonaiskuormaksi saadaan 660 kg/v (1,8 kg/vrk), kun käytetään laskelman perustana Lippajärven keskimääräistä fosforipitoisuutta, keskivirtaamaa ja tilavuutta (Frisk 1979). Lippajärven sallittava kuorma on 82 kg/v (0,22 kg/vrk) ja vaarallinen kuorma 200 kg/v (0,55 kg/vrk). Nykyinen fosforikuorma on yli kolminkertainen ylempään sietorajaan verrattuna.

4. Kunnostus ja sen tavoitteet

4.1 Kunnostustoimet

Järven kunnostukseen ryhdytään yleensä silloin, kun vesialueen yleistä tai käyttömuoto-kohtaista (esim. kalastus, virkistys tai vedenhankinta) arvoa halutaan nostaa. Useimmiten tavoitteena on virkistyskäyttöarvon parantaminen. Ihanteellista monikäyttöjärveä voidaan luonnehtia vaikkapa seuraavasti:

- vesi on kirkasta ja puhdasta
- levähaittoja ei ole
- kalasto on monipuolinen ja kalastettavaksi sopivia petokaloja on runsaasti
- vesikasvillisuutta on riittävästi, mutta ei liikaa, ja sopivissa paikoissa
- järvessä on uimarannaksi sopivia hyviä rantoja

Yleisesti järvien kunnostuksen keskeisin toimenpide on ulkoisen kuormituksen vähentäminen. Peruseriaate on, että vesistön sisäisiä kunnostusmenetelmiä kannattaa ryhtyä käyttämään vasta, kun ulkoista kuormitusta on voitu merkittävästi vähentää. Muuten sisäisten kunnostustoimien vaikutus jää lyhytaikaiseksi tai tehottomaksi. Kunnostustoimissa keskitytään fosforikuorman pienentämiseen, koska fosfori on suomalaisissa järvissä levätuotantoa rajoittava ravinne.

Järven sisäisissä kunnostusmenetelmissä pyritään vaikuttamaan fosforin kiertoon ja tervehdyttämään sedimenttiä niin, että se sitoisi fosforia. Sisäisen kuormituksen vähentämiseksi on useita menetelmiä.

Seuraavaksi esitellään lyhyesti sisäiseen kuormitukseen vaikuttavat mahdolliset keinot, joita voidaan käyttää Pitkäjärven ja Lippajärven kunnostuksessa. Kunnostuskeinojen joukossa on kuvattu myös toimenpiteitä, joita ei suositella toteutettavaksi. Menetelmät on kuitenkin kuvattu, koska jälkepäin voi keskustelussa nousta esille uusia menetelmiä.

4.2. Järvien sisäiset kunnostuskeinot

1. Fosforin kemiallinen saostaminen

Järven laajojen leväkukintojen syynä on runsas ravinteiden määrä. Ravinteita, erityisesti fosforia, voidaan poistaa vedestä, ja siihen on olemassa limnologiset ja tekniset perusteet. Fosforin poisto vedestä on suhteellisen yksinkertainen toimi ja sen vaikutukset näkyvät varsin nopeasti.

Jätevesistä on poistettu fosforia tehokkaasti jo pitkään. Järvissä toteutettu fosforin poistomenetelmä onkin kopioitu jätevesien puhdistuslaitoksista, ja siinä käytetään erilaisia kemikaaleja, mm. alumiinisulfaattia, natriumaluminaattia tai alumiinikloridia, sitomaan ja saostamaan liukoista fosforia. Osa saostuskemikaaleista on rautayhdisteitä (ferro- ja ferri-sulfaatti, rautakloridi tai rautakloridisulfaatti), joiden teho perustuu rautahydroksidiyhdisteiden kykyyn adsorboida fosforia.

Fosforin saostuksen kustannukset ovat noin 1300 – 1500 euroa vesihehtaaria kohti.

Kemiallinen saostus sopii pieniin alle 40 hehtaarin mataliin järviin, joissa on suhteellisen pitkä viipymä. Vaikka menetelmän vaikutukset näkyvät järvessä nopeasti, vaikutuksen kesto saattaa jäädä lyhytaikaiseksi. Järven uusintakäsittely on usein tarpeen muutaman vuoden kuluttua.

Menetelmään liittyy haittoja, jotka estävät sen käytön useissa rehevöityneissä järvissä. Ravinteiden saostuksessa käytetyt kemikaalit ovat myrkyllisiä useille eliöille. Kemikaalit voivat aiheuttaa kalakuolemia.

Menetelmää ei suositella käytettäväksi Pitkäjärvessä ja Lippajärvessä. Ravinteiden saostuksella ei saavuteta järvissä kuin hyvin lyhytaikainen vedenlaadun muutos. Menetelmä on haitallinen vesieliöille ja varsinkin kaloille, joten sen käyttö virkistyskalastusjärvissä ei ole suositeltavaa.

2. Sedimentin fysikaalinen ja kemiallinen käsittely

Hapettoman ja huonokuntoisen sedimentin tilaa voidaan parantaa erilaisilla fysikaalisilla ja kemiallisilla hoitomenetelmillä. Hoitomenetelmien vaikutus perustuu joko siihen, että ne 1) sitovat sedimentissä olevaa liukoista fosforia, joka muuten vapautuisi veteen, 2) yhdisteistä vapautuu sedimentin pintakerrokseen happea, jonka ansiosta fosfori sitoutuu uudelleen rautayhdisteisiin (happikalkki), ja 3) eristetään pilaantunut sedimentti vesimassasta (esim. savipeitto).

Kemiallisia hoitoja on kokeiltu esimerkiksi järvissä, joissa hapetonta ja pilaantunutta sedimenttiä on niin paljon, ettei hapetus, tehokalastus tai muu kunnostusmenetelmä riitä lopettamaan sisäistä kuormitusta.

Rautakipsikäsittely on yksi lupaavimpia menetelmiä ja se soveltuu parhaiten hyvin rehevien kerrostuvien, pienien ja ehkä myös keskisuurten järvien kunnostukseen. Kipsikäsittely vaikuttaa lähinnä kolmella tavalla. Kipsi muodostaa sedimentin pinnalle eräänlaisen suojakalvon, joka vähentää kaasujen (metaanin) kuplintaa ja resuspensiota. Kipsi muodostaa

fosforin kanssa kalsiumfosfaattimineraaleja ja parantaa sedimentin fosforin sidontakykyä. Kipsi edistää orgaanisen aineksen mineralisoitumista ja sulfaattia pelkistävien bakteerien aktiivisuutta, kohentaa hapetus-pelkistys -tilannetta ja estää metaanin tuotantoa.

Menetelmän kustannukset ovat annostuksella 50 t/ha noin 2 500 euroa/ha. Materiaalin kuljetus- ja levityskustannukset ovat paikasta riippuen noin 1 000 euroa/ha. Käsiteltävä alue tulisi rajata tarkasti ennen kipsausta. Tätä varten on suoritettava sedimenttitutkimus, jonka kustannukset ovat 1 000 - 4 000 euroa.

Sedimentin fysikaalista ja kemiallista käsittelyä voidaan harkita toteutettavaksi Lippajärvellä, mikäli muilla kunnostustoimilla ei saavuteta tavoitteita. Pitkäjärvellä muut sisäisen kuormituksen vähentämiseen tähtäävät toimenpiteet johtavat todennäköisemmin tulokseen. Lippajärven sedimentti on huonompikuntoinen kuin Pitkäjärven, ja Lippajärvi on myös pinta-alaltaan Pitkäjärveä pienempi.

3. Alusveden hapetus

Järvien rehevöitymisen seurauksena perustuotanto kasvaa, minkä seurauksena edelleen hajotustoiminta kiihtyy. Hajotustoiminta kuluttaa alusveden happivaroja ja etenkin talvella, jolloin veteen ei pääse liukenemaan ilmasta happea, happivarasto saattaa kulua loppuun. Alusvedessä voi esiintyä happivajausta tai – katoa myös loppukesällä, kun veden lämpötilakerrostuneisuudesta johtuva veden tiheys ero estää happipitoisen päällysveden sekoittumisen alusveteen. Alusveden happipitoisuuden pienenemisen seurauksena sedimenttiin sitoutunut fosfori alkaa liueta takaisin veteen, ja varsinaisen happikadon vallitessa tapahtuva hajotus tuottaa monille eliöille myrkyllistä yhdisteitä kuten rikkivetyä.

Matalissa, rehevissä järvissä, jotka ovat tuulille alttiita, ei yleensä muodostu lämpötilakerrostuneisuutta kesällä. Tällaisissa järvissä happikatoja tapahtuu yleensä loppupalvella, mutta avovesikautena veden sekoittuminen ylläpitää hyvää happitilannetta koko vesikerroksessa. Syvissä järvissä on kesäisin lämpötilakerrostuneisuutta, jolloin niissä alusveden happipitoisuus pienenee loppukesällä. Veden sekoittuminen syksyllä parantaa pohjan läheisen vesikerroksen happitilannetta hetkeksi, mutta loppupalvella alusveden happivarasto on usein kulunut loppuun.

Järven veden hapetuksen ajatuksena on turvata happea käyttävien hajottajaeliöiden hapensaanti ja hajotuskyky ja estää fosforin liukeneminen sedimentistä takaisin veteen. Yleisimmin Suomessa käytetty veden hapetusmenetelmä on johtaa hapekasta pintavettä alusveteen. Tavallisesti päällysveden johtamiseen käytetään Mixox-kierrätyshapetuslaitetta.

Yksikkökustannukset ovat yleensä ilmanpuhallusta käytävissä hapettimissa 0,1 - 0,4 euroa happikiloa kohden ja kierrätyshapetuksessa 0,05 - 0,2 euroa/kg. Järven pinta-alaan suhteuttaen hapettamisen vuosikulut ovat normaalisti 40 - 200 euroa/ha.

Alusveden hapetus on Pitkäjärvellä ja Lippajärvellä hyvin soveltuva kunnostusmenetelmä. Lippajärvellä voidaan harkita myös talviaikaista hapetusta sedimentin tervehtymisen nopeuttamiseksi.

4. Ravintoketjukurkunnostus

Ravinnekuormitus lisää järven perustuotantoa ja levien määrää, mikä näkyy yleensä voimakkaana leväkukintoina järvien pinnalla. Ravinnekuormituksen seurauksena myös eläinplanktonin ja kalojen määrä ja lajisto muuttuu. Särkikalorien määrä ja osuus kalastossa suurenee ja petokalojen osuus pienenee. Kun kalasto särkikalavaltaistuu ja kalaston määrä moninkertaistuu, ravintoketjusta voi tulla merkittävä järven rehevöitymisen ylläpitäjä. Tiheä kalasto laidunaa tehokkaasti eläinplanktonia, mikä heikentää eläinplanktonin tekemää kasviplanktonin laidunnusta. Pohjalla ruokailevat särkikalat ja lahnat siirtävät ravinteita sedimentistä veteen. Lisäksi kalojen ulosteiden mukana veteen erittyy leville käyttökelpoisia ravinteita. Kalatiheys vaikuttaa siis ravinnepitoisuuksiin, -suhteisiin ja ravinteiden kiertonopeuteen. Ravintoketjukurkunnostuksella pyritään vaikuttamaan järven eliöstöön siten, että sen rakenteessa tapahtuu sellaisia muutoksia, jotka vähentävät järven sisäistä kuormitusta ja parantavat järven tilaa.

Rehevöityneen järven kalasto on aina särkikalavaltainen. Särkikalat eivät ole rehevöitymisen syy vaan seuraus liian suuresta ravinnekuormituksesta. Särkikalorien kalastamisella ei pystytä järven tilaa muuttamaan pysyvästi paremmaksi, mutta onnistuneella tehokalastuksella voidaan nopeuttaa järven toipumista.

Ravintoketjukurkunnostus tehdään yleensä tehokalastuksen avulla. Tehokalastuksella voidaan vaikuttaa järven tilaan, mutta tämän edellytyksenä on, että ulkoista kuormitusta on ensiksi selvästi pienennetty. Tehokalastuksella ei voida poistaa rehevöitymisen alkuperäistä syytä, mutta sillä voidaan suotuisissa oloissa nopeuttaa järven toipumista. Tehokalastamalla pyritään vähentämään särkikalorien ja joskus myös pienten ahventen määrää. Tehokalastuksessa aina pyritään pienentämään selvästi kalaston määrää. Kalastuksessa tarvitaan tehokkaat, tehokalastukseen soveltuvat pyydykset sekä ammattitaitoiset kalastajat.

Tehokalastuksen kustannukset määritellään yleensä joko saaliin tai pyyntivuorokausien perusteella. Saalin perusteella kustannukset ovat noin 0,6 euroa/kg ja pyyntivuorokauden perusteella 30–50 euroa pyydyksen koentakertaa kohden.

Tehokalastus voidaan toteuttaa Pitkäjärvellä ja Lippajärvellä. Menetelmä soveltuu erityisesti Lippajärvelle, mutta myös Pitkäjärvellä kannattaa tehokalastaa. Pitkäjärvellä kalastus vaatii erityisen hyvin tehokalastukseen soveltuvia pyydyksiä ja ammattitaitoa.

5. Kasvillisuuden poisto

Järven vesikasvillisuus on monen eri tekijän yhteisvaikutuksen tulos. Tärkeimpiä kasvillisuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat rannan muoto, pohjan laatu ja veden ravinteisuus. Rannan mataluus ja suojaisuus edesauttavat kasvillisuuden leviämistä. Rehevissä järvissä suojaisiin lahtiin kertyy runsaasti kuollutta kasvimassaa ja hienojakoista ainesta, joka ei huuhtoudu pois aallokon mukana. Matalien, suojaisten lahtien ja rantojen umpeenkasvu voi olla nopeaa rehevöityneissä järvissä. Jokien suualueille kulkeutuu hienojakoista maa-ainesta, joka mataloittaa jokisuuta. Näin on käynyt esimerkiksi Pitkäjärvellä.

Vesien suurkasvien kasvustot voidaan niittää ja korjata sato, jolloin järvestä poistuu huomattava määrä ravinteita. Kasvillisuuden ruoppauksella voidaan poistaa myös juuristo, jolloin vaikutusaika on pidempi. Toisaalta matalissa järvissä makrofyttikasvusto toimii valuma-alueelta tulevien ravinteiden sitojana sekä vähentää pohjalietteen resuspensiota.

Kasvillisuutta voidaan poistaa pienessä mittakaavassa Pitkäjärvellä, jos se on tarpeen virkistyskäytön kannalta. Laajamittaista kasvillisuuden poistoa pitää välttää.

Niiton kustannukset ovat tällä hetkellä noin 330 €/ha, mihin sisältyy niitto isolla niittokoneella, maalle kuormaus ja läjitys. Esimerkiksi 25 metrin levyisen uoman niitto maksaa noin 1 €/metri. Jos niitto tehdään talkootyönä esimerkiksi vesiniittoon soveltuvilla viikateilla, kustannukset jäävät huomattavastikin pienemmiksi.

6. Laimentaminen ja virtaaman lisäys

Niukkaravinteisen, hapekkaan veden ohjaaminen parantaa järven happitilannetta ja vähentää (laimentaa) ravinnepitoisuuksia ja voi joissakin tapauksissa parantaa fosforin sitoutumista sedimenttiin. Vettä voidaan joko pumpata tai ohjata kanavoimalla muulta vesistöalueelta.

Menetelmä ei tule kyseeseen Pitkäjärvellä ja Lippajärvellä, sillä riittävän hyvälaatuista vettä ei ole saatavilla lähistöllä.

7. Sedimentin poisto

Pienissä kohteissa sedimentin poisto on yksi suositeltavimmista menetelmistä. Kalleutensa takia se ei kuitenkaan sovellu isompiin kohteisiin. Nykyisin on kehitetty tehokasta imu-ruoppauskalustoa, joilla sedimentti voidaan ruopata tarkoin rajatulta syvyydeltä. Ongelmaksi voi muodostua haitta-aineita sisältävän sedimentin läjitys ja/tai sen puhdistuskäsittely.

Sedimentin poistoa ei suositella ensisijaisena kunnostustoimenpiteenä Pitkäjärvelle ja Lippajärvelle korkeiden kustannusten ja läjitysongelmien vuoksi. Etenkin Lippajärven sedimentti saattaa sisältää myös haitallisia aineita.

5. Kunnostussuunnitelma

5.1. Pitkäjärvi

5.1.1. Valuma-alueella tehtävät toimenpiteet

Pitkäjärven ulkoiset kuormituslähteet on kartoitettu varsin hyvin hajakuormitus selvityksin (Halme & Heitto 1999, Järvenpää & Piispa 2000), ja järveen laskevien purojen veden laatua on seurattu melko tiheästi vuosina 1999–2003. Hajakuormituksen vähentämismahdollisuuksia on käsitelty aiemmissa tutkimuksissa (Keto 1998, LT-konsultit 1999, Järvenpää & Piispa 2000), ja Espoonjoen valuma-alueelle on tehty peltojen suojavaohtyöhykkeiden yleissuunnitelma (Penttilä 2001).

On oleellista saada *ulkoista fosforikuormaa vähennettyä ylemmän sietorajan alapuolelle*. Jos ulkoinen kuormitus jatkuu entisellään, ei itse järvestä tehtävillä kunnostustoimilla saavuteta pysyvää tulosta. Vuosina 1999–2003 tehdyn pureurannan tulosten perusteella tulisi laskea järveen tuleva kuorma eri vuosina, jotta saadaan selville hajakuormituksen nykytaso ja vuosittainen vaihtelu. On selvää, että *Pitkäjärven ulkoista kuormitusta ei tule päästää kasvamaan nykyisestä*, ja hajakuormitusta on pyrittävä edelleen pienentämään.

Kuormituksen vähentämisessä on kiinnitettävä erityistä huomiota fosforikuormaan. Pitkäjärven liukoisten ravinteiden mittaukset osoittavat, että joko typpi tai fosfori saattaa olla leväkasvua rajoittava ravinne. Kun levien käytettävissä oleva typpi kuuluu loppuun, saavat tietyt sinilevät siitä kilpailuedun, koska ne pystyvät sitomaan ja käyttämään kasvuun ilmakehän typpiä, erityisesti jos fosforia on vedessä runsaasti. Kasviplanktonmääritysten mukaan sinilevät ovat runsastuneet voimakkaasti silloin, kun liukoinen typpi on ollut vähissä. Sinileväkukintojen välttämiseksi fosforikuorman vähentäminen on siis välttämätöntä. Sinileväkukinnat ovat eniten virkistyskäyttöä haittaava rehevöitymisestä johtuva tekijä.

Pitkäjärven suurimmat hajakuormituslähteet ovat peltoviljely ja haja-asutus. *Peltoviljelyn kuormituksen vähentämiseksi on käytettävä kaikki kyseeseen tulevat keinot*. Viljelijöitä on rohkaistava maatalouden erityisympäristötukisopimusten tekemiseen. Tässä on toimitettava yhteistyössä maatalouden etu- ja neuvontajärjestöjen sekä alueellisen ympäristökeskuksen kanssa.

Ulkoisen kuormituksen pienentäminen	Maatalouden ympäristötukisopimukset Maatalouden neuvontatyön tehostaminen	Ulkonainen kuormitus vähenee tasolle alle 1000 kg/vuosi
-------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------

Haja-asutuksen viemärointiä on edelleen jatkettava siltä osin kuin talouksia vielä on viemäriverkon ulkopuolella. Vuonna 2004 voimaan tullut Valtioneuvoston asetus talousjätevesien käsittelystä vesihuoltolaitosten viemäriverkostojen ulkopuolisilla alueilla (542/2003) edellyttää uusien kiinteistöjen tehostettua jätevedenkäsittelyä, ja vanhojenkin

kiinteistöjen on otettava käyttöön asetuksen vaatimusten mukaiset käsittelymenetelmät 10 vuoden kuluessa eli vuoden 2013 aikana. Asetuksen vaatimuksena on vähentää talousjätevesien orgaanisesta aineesta 90 %, fosforista vähintään 85 % ja kokonaistypestä vähintään 40 % verrattuna käsittelemättömän jäteveden kuormitukseen. Kunnan rakennusvalvonta- ja ympäristönsuojeluviranomaiset ja alueelliset ympäristökeskukset valvovat asetuksen noudattamista. Siirtymäajan kuluessa viemäriverkkoon liittymättömien kiinteistöjen aiheuttama hajakuorma tulee pieneneään.

Taajamamaisen asutuksen laajetessa hulevesien aiheuttaman kuormituksen osuus kasvaa. Pitkäjärven valuma-alueella tulisi tehdä vastaava *hulevesikartoitus* kuin Lippajärvellä on tehty (Järvenpää & Piispa 2000). Samaisessa raportissa on esitetty myös hulevesien käsittelymenetelmiä, joita tulee soveltaa Pitkäjärvenkin valuma-alueella. Uusien rakennettavien alueiden suunnittelussa on otettava alusta lähtien huomioon *hulevesien käsittely*.

Hulevesikuormitus	Hulevesikartoitus Hulevesien käsittelyn suunnittelu	Hulevesien ravinnepitoisuudet eivät ylitä merkittävästi rakentamattomalta alueelta valuvan veden pitoisuuksia
-------------------	--------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------

5.1.2. Järvellä toteutettavat kunnostustoimet

Purovesien mittaustulosten perusteella Pitkäjärven ulkoinen fosforikuorma näyttää pienentyneen vuoden 1987 jälkeen. Kuorman pieneminen ei kuitenkaan näy vielä Pitkäjärven päällysveden fosforipitoisuuksissa, sillä järven sisäinen kuormitus pitää yllä korkeaa fosforipitoisuutta. Ilmiö on tyypillinen rehevälle järvelle, jonka sedimenttiä on pitkään ylikuormitettu.

Pitkäjärveä on hapetettu talvisin vuodesta 1997, mutta vaikka hapetus pitää alusveden happilisenä, se ei veden kylmyyden vuoksi riitä purkamaan kuormittuneeseen pohjasedimenttiin kertynyttä suurta hapenkulutuspotentiaalia. Vuodesta 1999 alkaen Pitkäjärveä onkin kesäisin hapetettu tehostetusti. Vesimassa on pidetty kierrossa lähes koko kesän, jolloin happivajeeseen johtavia kerrostuneisuusjaksoja ei ole syntynyt. Kesäinen hapetus myös purkaa sedimentin hapenkulutuspotentiaalia, jolloin sedimentti vähitellen tervehtyy (Heitto & Saarijärvi 2005a).

Hapetuksen ansiosta talviaikainen alusveden happitilanne on parantunut sikäli, että happipitoisuus säilyy nyt kohtuullisena pidemmälle talveen. Kesäaikainen happitilanne on kohentunut talviaikaista selvemmin, sillä hapen kyllästysaste on pohjan lähelläkin pysynyt yli 40 prosentissa. Päällysveden ja alusveden välinen fosforipitoisuuksien ero on pienentynyt 2000-luvulla, kun pohjasta liukenevan fosforin määrä on vähentynyt.

Hapetusta tulee jatkaa vähintään nykyisellä teholla, jotta saavutetut tulokset säilyvät. Sedimentin kunnan paraneminen kestää vähintäänkin useita vuosia. Hapetusta ei tule lopettaa, ennen kuin ulkoinen fosforikuorma on saatu pienentymään ylemmän sietorajan alle ja sedimentin hapenkulutuspotentiaalia vähennettyä ratkaisevasti.

Happi-tilanteen parantaminen	Hapetus	Alusvedessä ei esiinny hapetomuutta; fosforin liukeneminen pohjalietteestä on vähäistä
------------------------------	---------	----------------------------------------------------------------------------------------

Pitkäjärven ravintoverkkokunnostuksella, joka tehdään tehokalastamalla, voidaan vaikuttaa kalaston rakenteeseen ja määrään ja sitä kautta järven tilaan. Pitkäjärven tehokalastus on normaalia tehokalastusta vaikeampaa, koska järvestä puuttuu syväne tai muita alueita, jonne särkikalat keräytyisivät. Tämän vuoksi tehokalastuksessa on käytettävä tiheästä havaksesta tehtyjä tehokalastukseen soveltuvia rysiä, joilla pystytään lähes katkaisemaan järvi osa-alueisiin.

Tehokalastukseen tulee palkata ammattikalastajat, joilla on kokemusta tehokalastuksesta ja ennen kaikkea tehokalastukseen soveltuvat pyydykset. Tehokalastusta tulee tehdä kolmena peräkkäisenä vuotena kahden jakson ajan. Kokonaissaaliin tulee olla noin 120 kiloa hehtaaria kohti. Tehokalastuksen onnistumista tulee arvioida seuraamalla yksikkösaaliin muutoksia. Tehokalastuksen yksikkösaaliin tulee pienentyä kalastuksen kuluessa selvästi. Kalastuksen onnistumista tulee seurata myös verkkokoekalastusten avulla. Koeverkkopyynnin saaliin tulee muuttua tehokalastuksen seurauksena.

Kalaston rakenteen muuttaminen	Tehokalastus	Kokonaissaalis vähintään 120 kg/ha kolmen peräkkäisen kalastusvuoden aikana. Tehokalastuksen yksikkösaalis pienenee vähintään 50 % ja koeverkkopyynneissä havaitaan yksikkösaalin pienentyminen
--------------------------------	--------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tehokalastuksen kustannukset ovat noin 0,60 euroa kalakiloa kohti. Tämä tarkoittaa, että kalastuskustannus on vähintään 12 500 euroa. Kahtena ensimmäisenä vuotena kalastuspalkkio voidaan sitoa saadun saaliin määrään ja viimeisenä kalastusvuotena pyyntivuorokausien määrään. Jos tehokalastus onnistuu, kolmantena kalastusvuotena saaliin tulisi olla selvästi edellisvuosia pienempi ja palkkion perustana pyyntivuorokausien määrä on silloin parempi kuin saalis. Kalastuskustannuksen lisäksi kuluja aiheutuu saaliin käsittelystä ja kuljetuksesta.

Kasvillisuuden poistoon on suhtauduttava varovasti. Vesikasvillisuus sitoo valuma-alueelta tulevia ravinteita, toimii eläinplanktonin suojapaikkana ja vähentää pohjalietteen sekoittumista vesimassaan. Raju vesikasvillisuuden vähentäminen voi johtaa entisestään lisääntyvään levähaittaan, kun vapautuvat ravinteet ovat planktonlevien käytössä. Vesikasvillisuutta voidaan poistaa sen verran, kuin virkistyskäytön kannalta on välttämätöntä.

5.1.3. Muut toimenpiteet

Pitkjärven kunnostus vaatii Espoon kaupungin pitkäjärjenteistä sitoutumista kunnostushankkeeseen. Järvien kunnostuksen onnistuminen vaatii ympäristötoimen, kaavoituksesta ja maankäytöstä vastaavien virka- ja luottamusmiesten yhteistyötä. **Kunnostaminen vaatii rahoitusta useiksi vuosiksi.** Lisäksi hanke vaatii määrätietoista ja johdettua toimintaa. Näistä syistä johtuen hanke- tai projektivastuu Pitkjärven ja Lippjärven kunnostuksesta olisi annettava yhdelle ympäristöviraston virkamiehelle.

Pitkjärven ja Lippjärven valuma-alueesta merkittävä osa on naapurikaupunkien alueilla. Tämä tarkoittaa, että Espoon maankäyttömuodot tai Espoossa toteutetut ympäristöhankkeet eivät yksinomaan vaikuta järvien tilaan. Kaupunkien välinen yhteistyö on välttämätöntä, jos järvien ulkoista kuormitusta halutaan pienentää. Pitkjärven kehityksen kannalta on tärkeää yhteistyö Vantaan kaupungin virkamiesten kanssa. Yksi suositeltava keino on säännöllisesti muutaman kerran vuodessa pitää kokouksia naapurikuntien virkamiehiä ja keskustella yhteisistä ympäristöasioista. Yksi niistä on vesistöjen kuormitukseen ja tilaan liittyvät ongelmat, joita ei voida ratkaista yhden kunnan tai kaupungin rajojen sisällä.

Tärkeä osa järvien kunnostushanketta on **tiedotus ja yhteistyö** osakaskuntien ja järvien lähiasukkaiden kanssa. Osakaskunnat ovat luonteva yhteistyökumppani, koska niiden vastuulla on kalaston hoito ja kalastuksen järjestäminen. Tehokalastuksesta ja muista toimista on tarpeen sopia osakaskuntien kanssa. Järvien lähiseutujen asukkaille on tiedotettava kunnostushankkeesta varsinkin, kun tehdään näkyviä tai näyttäviä toimia kuten tehokalastuksia.

Ympäristötiedon lisääminen	Tiedotus	Järvien lähiasukkaat tuntevat järvet, niiden tarjoamat virkistys- ja kalastusmahdollisuudet
----------------------------	----------	---------------------------------------------------------------------------------------------

5.1.4. Seuranta ja tutkimus

Pitkjärven veden laadun ja kalaston seuranta toteutetaan seuraavasti:

1. *Happitilanne:* Pitkjärven syvänteen happitilanteen kehittymistä seurataan vuosittain kevättalvella ja keski- ja loppukesällä vuosien 2001–2005 tapaan.
2. *Järven veden laatu:* Veden laatua tarkkaillaan vuosittain syvänteestä otettavin vertikaalinäyttein maalisi- ja elokuussa. Näytteistä tulee analysoida hapen lisäksi typpi- ja fosforipitoisuus, kemiallinen hapenkulutus, kiintoaine, väri, sähkönjohtavuus ja pH.
3. *Puroseuranta:* Purojen ravinnekuormien kehittymistä seurataan vuosien 1999–2003 tapaan kolmen vuoden välein toteutettavalla näytteenotolla. Kuormien laskemiseksi virtaamat on joko mitattava tai arvioitava vastaavan valuma-alueen mitattujen virtaamien avulla.

4. *Ravinteet, a-klorofylli ja kasviplankton:* Näytteet kokonais- ja liukoisten ravinteiden sekä klorofyllianalyysejä varten otetaan 0-2 metrin kokoomanäytteenä kuusi kertaa kasvukauden aikana. Kasviplanktonnäytteet otetaan vastaavasti heinä-, elo- ja syyskuussa.
5. *Eläinplankton:* Eläinplanktonnäytteet otetaan Pitkäjärvestä kokoomanäytteenä 0 – metri pohjasta. Analysointi ja käsittely toteutetaan samalla tavalla kuin vuoden 2000 eläinplanktonitutkimuksessa vertailtavuuden varmistamiseksi. Tutkimuksen tarkoituksena on seurata tehokalastuksen vaikutusta eläinplanktonin lajistoon ja kokojakumaan. Tutkimus tehdään ennen kutakin tehokalastusjaksoa ja sen päätyttyä (2008, 2012, 2014 ja 2018).
6. *Kalastoseuranta:* Koekalastukset tehdään vuotta ennen tehokalastuksen aloittamista ja vuoden tehokalastuksen päättymisen jälkeen. Koekalastus tehdään Nordic-yleiskatsausverkoilla niin, että verkkovuorokausia on 13 – 15 kappaletta. Tuloksista pitää ilmoittaa vähintään kokonaissaalis ja yksikkösaalis lajeittain sekä lukumääränä että massana. Lisäksi tulee ilmoittaa keskipituus ja – paino lajeittain ja pituusluokkajakauma 1 cm:n pituusluokittain runsaimmille lajeille.
7. *Raportointi:* Veden laatu- ja planktonseurannan tulokset kootaan vuosittain yhtenäiseksi raportiksi. Kalastoseurannasta tehdään raportit välittömästi koekalastusten jälkeen.

5.1.5. Toimenpiteet ja aikataulu

Pääosa Pitkäjärven kunnostushankkeeseen liittyvistä toimista on Espoon kaupungin ympäristöviranomaisen vastuulla. Ympäristöviranomaisen lisäksi merkittävä rooli järven kunnostuksessa on myös teknisestä toimesta ja kaavoituksesta vastaavilla viranomaisilla. Kaikkia toimenpiteitä ei Espoon kaupunki tai sen ympäristöviranomainen voi tehdä. Osa tehtävistä on ympäristöviranomaisen toimivallan tai toimialueen ulkopuolella, mutta ympäristöviranomainen voi olla aloitteellinen ja tukea toimillaan järven tilan parantamiseen liittyviä aloitteita ja hankkeita.

Toimenpide	Toteutusaika	Kustannus
<i>Ulkoisen kuormituksen pienentäminen</i>		
○ Maatalouden vesiensuojelutoimet	2007 - jatkuva	
○ Viemäroinnin laajentaminen ja viemäriverkon kunnossapito	2007- jatkuva	
○ Hulevesikartoitus	2007–2008	
○ Hulevesien käsittely	Tarvittaessa kartoituksen jälkeen	
<i>Sisäisen kuormituksen pienentäminen</i>		
○ Hapetus	2007 – jatkuva	noin 10 000 euroa/vuosi
○ Tehokalastus	2008–2011, 2015–2017	noin 15 000 euroa/jakso
Muut toimenpiteet		
○ Tiedotus	Vuosittain	

Tärkein toimenpide on pienentää ulkoista kuormitusta. Maatalousyrityksillä ja maanviljelijöillä on vastuu ravinnekuormituksen pienentämisestä. Avainasemassa on myös maatalouden neuvontajärjestö. Viemäröinnin parantaminen ja vastuu hulevesien käsittelystä kuuluu tekniselle toimelle.

Järven sisäiseen kuormitukseen vaikuttavien toimien toteuttaminen kuuluu ympäristövirastolle, jossa on tietotaitoa vastaavista hankkeista.

5.2. Lippajärvi

5.2.1. Valuma-alueella tehtävät toimenpiteet

Lippajärvellä on tärkeää saada *ulkoista fosforikuormaa vähennettyä ylemmän sietorajan alapuolelle*. Jos ulkoinen kuormitus jatkuu entisellään, ei itse järvessä tehtävillä kunnostustoimilla saavuteta pysyvää tulosta. On pidettävä mielessä, että Lippajärvellä tehtävät kuormituksen vähentämistoimenpiteet vaikuttavat suoraan myös Pitkäjärven kokonaiskuormitukseen.

Lippajärveen laskevien purojen veden laatua on seurattu vuosina 2001-2003. Tulokset tulisi hyödyntää laskemalla Lippajärveen purojen kautta tuleva ravinnekuorma. Lisäksi tulisi arvioida Lippajärven kokonaiskuormitus.

Lippajärven tärkein kuormittava tekijä on nykyisin hule- ja sulamisvedet. Vuoden 1999 kunnostussuunnitelman mukaan hulevesien osuus oli vuonna 1986 noin 35 % kokonaiskuormasta, mutta se on nykyisin suurempi, koska viemäröimättömän asutuksen osuus on pienentynyt silloisesta 20 %:sta lähes nolnaan.

Hulevesien käsittelymenetelmiä on esitetty vuonna 2000 ilmestyneessä raportissa (Järvenpää & Piispa 2000); *ne tulee soveltaa käytäntöön*. Raportissa on esitelty hulevesien käsittelymenetelmiä (altaat, kosteikot, imeytys, suodatus ja avouomat) ja arvioitu niiden soveltuvuutta meikäläisiin ilmasto-olosuhteisiin. Hulevesien käsittelylle on annettu sekä yleiset koko Lippajärven valuma-aluetta koskevat suositukset että valuma-aluekohtaiset suositukset.

5.2.2. Järvellä toteutettavat kunnostustoimet

Lippajärveä on hapetettu kesästä 2001 alkaen Mixox-hapetuskierrätysmenetelmällä. Tarkoituksena on murtaa kesäkerrostuneisuus ennen huonohappisen tilanteen syntymistä. Oleellista menetelmässä on päällysveden pumppaaminen pohjan pinnalle, jolloin myös aiwan pohjanläheinen vesikerros joutuu täyskiertoon ja alttiiksi happitäydennykselle. Talvi-

sin Lippajärveä ei ole hapetettu, koska siitä aiheutuvat suurehkot avannot voivat järven keskeisen sijainnin huomioon ottaen olla riski jäällä kulkijoille. Kesäaikaista Mixox-hapetusta on jatkettu myöhään syksyyn jäätymisen myöhäistämiseksi, järven vesimassan viilentämiseksi ja happisisällön lisäämiseksi. Jäiden tullessa hapetin on pysäytetty (Heitto & Saarijärvi 2005b).

Lippajärven kesäinen happitilanne on parantunut vuosina 2001–2005 aiempina vuosina vallinneeseen tilanteeseen verrattuna. Alusveden hapenkyllästysaste on pysynyt yli 40 prosentissa, kun se esimerkiksi vuosina 1999–2000 laski ajoittain lähelle nollaa. Talviaikainen happitilanne on samoin hieman parantunut, vaikka pohjan lähellä pitoisuudet ovat loppupalvella edelleen varsin pieniä. Lippajärvenkään ravinnetasoissa ei ole havaittavissa pienentymistä viime vuosina, mutta klorofyllipitoisuuden huippuarvot ovat jossain määrin taittuneet.

Lippajärven kesäaikaista hapetusta tulee jatkaa edelleen useita vuosia. Ilman hapetusta järven happitilanne heikkenee ja talvisin ja mahdollisesti myös loppukesäisin alusveden happivarannot kuluvat loppuun. Tästä on seurauksena happikato ja fosforin liukeneminen sedimentistä veteen, mikä entisestään rehevöittää järveä. Lippajärven pohjaliete on sedimenttitutkimuksen mukaan huonommassa kunnossa kuin Pitkäjärven ja sisäinen kuormitus näyttää olevan voimakkaampaa.

Tästä syystä ***on syytä harkita myös talviaikaista hapetusta,*** koska se nopeuttaisi sedimentin tervehtymistä. Tähän saakka talvihapetuksesta on luovuttu avanto-ongelman vuoksi. On mahdollista kokonaan vaihtaa menetelmä kierrätysvapetuksesta (Mixox) ilmastukseen (Visiox-laite), jolloin heikon jään alue laitteen ympärillä jää hyvin pieneksi. Menetelmällä on kuitenkin haittapuolensa: laitteen teho on huomattavasti pienempi ja kustannukset tulevat 2-3 -kertaa suuremmiksi kuin Mixox-hapetuksella. Menetelmän vaihtamisen mahdollisuudet tulisi selvittää.

Happitilanteen parantaminen	Hapetus	Alusvedessä ei esiinny hapettomuutta; fosforin liukeneminen pohjalietteestä on vähäistä
-----------------------------	---------	-----------------------------------------------------------------------------------------

Lippajärven kalaston rakenteeseen voidaan vaikuttaa **tehokalastuksen** avulla. Lippajärvellä tehokalastus on toteutettavissa helpommin kuin Pitkäjärvellä. Tehokalastukseen tulee palkata ammattikalastajat, joilla on kokemusta tehokalastuksesta ja ennen kaikkea tehokalastukseen soveltuvat pyydykset. Tehokalastusta tulee tehdä kolmena peräkkäisenä vuotena kahden jakson ajan. Kokonaissaaliin tulee olla noin 120 kiloa hehtaaria kohti. Tehokalastuksen onnistumista tulee arvioida seuraamalla yksikkösaaliin muutoksia. Tehokalastuksen yksikkösaaliin tulee pienentyä kalastuksen kuluessa selvästi. Kalastuksen onnistumista tulee seurata myös verkkokoekalastusten avulla. Koeverkkopyynnin saaliin tulee muuttua tehokalastuksen seurauksena.

Tehokalastuksen kustannukset ovat noin 0,60 euroa kalakiloa kohti. Tämä tarkoittaa, että kalastuskustannus on vähintään 5000 euroa. Kahtena ensimmäisenä vuotena kalastuspalkkio voidaan sitoa saadun saaliin määrään ja viimeisenä kalastusvuotena pyyntivuorokausien määrään. Jos tehokalastus onnistuu, kolmantena kalastusvuotena saaliin tulisi olla selvästi edellisvuosia pienempi ja palkkion perustana pyyntivuorokausien määrä on silloin parempi kuin saalis.

Kalaston rakenteen muuttaminen	Tehokalastus	Kokonaissaalis vähintään 120 kg/ha kolmen peräkkäisen kalastusvuoden aikana. Tehokalastuksen yksikkösaalis pienenee vähintään 50 % ja koeverkkopyynteissä havaitaan yksikkösaalin pientyminen
--------------------------------	--------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Lippajärven happitilanteen kehittymistä tulee seurata vuosittain. Mikäli näyttää siltä, että hapetus ei riitä sedimentin tervehdyttämiseen, on harkittava *sedimentin käsittelyä*. Menetelmä voi olla joko rautakipsikäsittely tai savipeitto.

5.2.3. Muut toimenpiteet

Lippajärven kunnostus vaatii Espoon kaupungin pitkäjänteistä sitoutumista kunnostushankkeeseen. Järvien kunnostuksen onnistuminen vaatii ympäristötoimen, kaavoituksesta ja maankäytöstä vastaavien virka- ja luottamusmiesten yhteistyötä. **Kunnostaminen vaatii rahoitusta useiksi vuosiksi.** Lisäksi hanke vaatii määrätietoista ja johdettua toimintaa. Näistä syistä johtuen hanke- tai projektivastuu Pitkäjärven ja Lippajärven kunnostuksesta olisi annettava yhdelle ympäristöviraston virkamiehelle.

Pitkäjärven ja Lippajärven valuma-alueesta merkittävä osa on naapurikaupunkien alueilla. Tämä tarkoittaa, että Espoon maankäyttömuodot tai Espoossa toteutetut ympäristöhankkeet eivät yksinomaan vaikuta järvien tilaan. **Kaupunkien välinen yhteistyö on välttämätöntä**, jos järvien ulkoista kuormitusta halutaan pienentää. Erityisen tärkeää on yhteistyö Kauniaisten kaupungin virkamiesten kanssa. Yksi suositeltava keino on säännöllisesti muutaman kerran vuodessa pitää kokouksia naapurikuntien virkamiehisten kesken ja keskustella yhteisistä ympäristöasioista. Yksi niistä on vesistöjen kuormitukseen ja tilaan liittyvät ongelmat, joita ei voida ratkaista yhden kunnan tai kaupungin rajojen sisällä.

Tärkeä osa järvien kunnostushanketta on **tiedotus ja yhteistyö** osakaskuntien ja järvien lähiasukkaiden kanssa. Osakaskunnat ovat luonteva yhteistyökumppani, koska niiden vastuulla on kalaston hoito ja kalastuksen järjestäminen. Tehokalastuksesta ja muista toimista on tarpeen sopia osakaskuntien kanssa. Järvien lähiseutujen asukkaille on tiedotettava kunnostushankkeesta varsinkin, kun tehdään näkyviä tai näyttäviä toimia kuten tehokalastuksia.

Ympäristötiedon lisääminen	Tiedotus	Järvien lähiasukkaat tuntevat järvet, niiden tarjoamat virkistys- ja kalastusmahdollisuudet
----------------------------	----------	---------------------------------------------------------------------------------------------

5.2.4. Seuranta ja tutkimus

Lippajärven veden laadun ja kalaston seuranta toteutetaan seuraavasti:

1. *Happi-tilanne*: Lippajärven syvänteiden happi-tilanteen kehittymistä seurataan vuosittain kevättalvella ja keski- ja loppukesällä vuosien 2001–2005 tapaan.
2. *Järven veden laatu*: Veden laatua tarkkaillaan vuosittain syvänteestä otettavien vertikaalinäytteiden maalisi- ja elokuussa. Näytteistä tulee analysoida hapen lisäksi typpi- ja fosforipitoisuus, kemiallinen hapenkulutus, kiintoaine, väri, sähkönjohtavuus ja pH.
3. *Puroseuranta*: Purojen ravinnekuormien kehittymistä seurataan vuosien 2001–2003 tapaan kolmen vuoden välein toteutettavalla näytteenotolla. Kuormien laskeutuminen virtaamien on joko mitattava tai arvioitava vastaavan valuma-alueen mitattujen virtaamien avulla.
4. *Ravinteet, a-klorofylli ja kasviplankton*: Näytteet kokonais- ja liukoisten ravinteiden sekä klorofyllianalyysia varten otetaan 0-2 metrin kokoomanäytteenä kuusi kertaa kasvukauden aikana. Kasviplanktonnäytteet otetaan vastaavasti heinä-, elokuu- ja syyskuussa.
5. *Eläinplankton*: Eläinplanktonnäytteet otetaan Lippajärvestä kokoomanäytteenä 0 – 2 metri pohjasta. Analysointi ja käsittely toteutetaan samalla tavalla kuin vuoden 2000 eläinplanktonitutkimuksessa vertailtavuuden varmistamiseksi. Tutkimuksen tarkoituksena on seurata tehokalastuksen vaikutusta eläinplanktonin lajistoon ja kokojakaumaan. Tutkimus tehdään ennen kutakin tehokalastusjaksoa ja sen päätyttyä (2008, 2012, 2014 ja 2018).
6. *Kalastoseuranta*: Koekalastukset tehdään vuotta ennen tehokalastuksen aloittamista ja vuoden tehokalastuksen päättymisen jälkeen. Koekalastus tehdään Nordicleiskatsausverkoilla niin, että verkkovuorokausia on 8 – 10 kappaletta. Tuloksista pitää ilmoittaa vähintään kokonaissaalis ja yksikkösaalis lajeittain sekä lukumääränä että massana. Lisäksi tulee ilmoittaa keskipituus ja – paino lajeittain ja pituusluokkajakauma 1 cm:n pituusluokittain runsaimmille lajeille.
7. *Raportointi*: Veden laatu- ja planktonseurannan tulokset kootaan vuosittain yhteiseksi raportiksi. Kalastoseurannasta tehdään raportit välittömästi koekalastusten jälkeen.

Lippajärven talvihapetusmahdollisuudet selvitetään ensimmäisellä kunnostusjaksolla 2007–2012. Mikäli talvihapetus osoittautuu käytännössä mahdolliseksi, hapetus aloitetaan.

Koko kunnostusjakson päätteeksi (esimerkiksi vuonna 2017) Lippajärvellä tehdään sedimentin laatu- ja kunnostuskartoitus. Tarkoituksena on selvittää, ovatko kunnostustoimenpiteet vaikuttaneet sedimentin kuntoon, ja onko sedimentin käsittely tarpeellinen. Mitattavia asioita ovat sedimentin ravinnepitoisuudet, happamuus, happi-tilanne, redox-potentiaali ja sisäisen kuormituksen mekanismit. Lisäksi on tunnettava järven tuleva ulkoinen kuormitus. Ennen käsittelyä on tunnettava myös järven kalasto ja pohjaeläimistö.

5.2.5. Toimenpiteet ja aikataulu

Pääosa Lippajärven kunnostushankkeeseen liittyvistä toimista on Espoon kaupungin ympäristöviranomaisen vastuulla. Ympäristöviranomaisen lisäksi merkittävä rooli järven kunnostuksessa on myös teknisestä toimesta ja kaavoituksesta vastaavilla viranomaisilla. Kaikkia toimenpiteitä ei Espoon kaupunki tai sen ympäristöviranomainen voi tehdä. Osa tehtävistä on ympäristöviranomaisen toimivallan tai toimialueen ulkopuolella, mutta ympäristöviranomainen voi olla aloitteellinen ja tukea toimillaan järven tilan parantamiseen liittyviä aloitteita ja hankkeita.

Tärkein toimenpide on pienentää ulkoista kuormitusta. Viemäröinnin parantaminen ja hulevesien käsittelystä vastuu kuuluu tekniselle toimelle. Järven sisäiseen kuormitukseen vaikuttavien toimien toteuttaminen kuuluu ympäristövirastolle, jossa on tietotaitoa vastaavista hankkeista.

Toimenpide	Toteutusaika	Kustannus
<i>Ulkoisen kuormituksen pienentäminen</i>		
○ Hulevesien käsittely	2007 – jatkuva	
<i>Sisäisen kuormituksen pienentäminen</i>		
○ Avovesikauden Mixox-hapetus	2007 – jatkuva	noin 6000 euroa/vuosi
○ Talvihapetus (mikäli käytännössä mahdollista)		
○ Tehokalastus	2008–2011, 2015–2017	7000 euroa/jakso
Muut toimenpiteet		
Tiedotus	Vuosittain	

Yhteenveto

Tärkein toimenpide Pitkäjärven ja Lippajärven kunnostamisessa on ulkoisen kuormituksen vähentäminen. Ilman ulkoisen kuormituksen vähentämisestä järvien tila ei parane. Järven sisäiseen kuormitukseen vaikuttavilla toimilla voidaan vain estää tilan heikkeneminen.

Taulukko3. Pitkäjärven kunnostustoimet (○ = järvien tilan heikkenemisen estäminen tai nykytilan ylläpitäminen ja ● = järvien tilan parantaminen ja suunnitelman päämäärän saavuttaminen).

Kunnostustoimi	Vaikutus	Ajanjakso	
		2007–2011	2012–2017
Maatalouden vesien-suojelutoimet	Ulkoisen kuormituksen vähentäminen	●	●
Viemäröinnin laajentaminen	Ulkoisen kuormituksen vähentäminen	●	●
Hulevesien käsittely	Ulkoisen kuormituksen vähentäminen	●	●
Hapetus	Happi-tilanteen parantaminen, sedimentin tervehdyttäminen ja sisäisen kuormituksen vähentäminen	○	○
Tehokalastus	Sisäisen kuormituksen vähentäminen	○	○

Vuoden 2011 jälkeen järvien kunnostustilanne on arvioitava uudelleen. Jos ulkoisen kuormituksen vähentämistä ei ole aloitettu, järvien tilaa ei saada parannettua vuoteen 2017 mennessä.

Taulukko4. Lippajärven kunnostustoimet (○ = järvien tilan heikkenemisen estäminen tai nykytilan ylläpitäminen ja ● = järvien tilan parantaminen ja suunnitelman päämäärän saavuttaminen).

Kunnostustoimi	Vaikutus	Ajanjakso	
		2007–2011	2012–2017
Hulevesien käsittely	Ulkoisen kuormituksen vähentäminen	●	●
Hapetus	Happi-tilanteen parantaminen, sedimentin tervehdyttäminen ja sisäisen kuormituksen vähentäminen	○	○
Tehokalastus	Sisäisen kuormituksen vähentäminen	○	○

Kirjallisuus

- Frisk, T. 1979. Järven fosforisiedon arvioimisesta tilastollisten fosfori- ja happimallien avulla. *Vesitalous* 3: 22-25.
- Halme, P. & Heitto, A. 1999. Espoon Pitkäjärven hajakuormitus ja sen vähentäminen. Kala- ja vesitutkimus Oy. Moniste 36 s.
- Heitto, A. & Saarijärvi, E. 2005a. Espoon Pitkäjärven Mixox-hapetuksen vuosiraportti 2005. Vesi-Eko Oy. Raportti nro 170. 8 s.
- Heitto, A. & Saarijärvi, E. 2005b. Lippajärven Mixox-hapetuksen vuosiraportti 2005. Vesi-Eko Oy. Raportti nro 166.
- Järvenpää, L. & Piispa, P. (Ympäristötutkimus Yrjölä Oy) 2000. Espoon Pitkäjärven ja Lippajärven kunnostaminen vuonna 2001. Espoon ympäristökeskus, monistesarja. 72 s.
- Keto, A. 1998. Espoon Pitkäjärven kunnostussuunnitelma. Espoon ympäristölautakunnan julkaisu 2/98. 18 s.
- LT-konsultit 1999. Järvien kunnostus- ja vesiensuojeluohjelma Espoossa, Kauniaisisa, Kirkkonummella ja Vantaalla. Raportti 57 s.
- Penttilä, S. 2001. Suojavyöhykkeiden yleissuunnitelma Espoonjoen valuma-alueella Espoossa ja Vantaalla. Uudenmaan ympäristökeskuksen monisteita 102: 1-34.
- Salo, H., Palomäki, A. & Hynynen, J. 2005. Espoon Pitkäjärven ja Lippajärven kunnostus. Arvio kunnostustoimien vaikutuksista. Jyväskylän yliopisto, ympäristöntutkimuskeskus. Tutkimusraportti 196.
- Ulvi, T. & Lakso, E. (toim.) 2005. Järvien kunnostus. Ympäristöopas 114. Edita, Suomen ympäristökeskus. 336 s.
- Vollenweider, R.A. & Dillon, P.J. 1974. The application of the phosphorus loading concept to eutrophication research. NRC Associate Committee on Scientific Criteria for Environmental Quality. 42 s.

ESPOON YMPÄRISTÖKESKUKSEN MONISTESARJA

- 1/98 Ympäristökeskuksen ympäristöopas henkilökunnalle
- 1/99 Espoon kasvikartoitus 1990-1998
- 1/00 Espoon Pitkäjärven tutkimukset 1999
- 2/00 Hannusjärvi, rakennetun ympäristön vaikutukset järven tilaan sekä ehdotus vaikutusten vähentämiseksi ja tulevien paineiden ennaltaehkäisemiseksi
- 3/00 Espoon Luukinjärven ja Kalajärven kunnostussuunnitelmat
- 4/00 Kaitalahden yleistilan ja rehevöitymisen selvitys kesällä 1999
- 5/00 KOVA, kokonaisvaikutteinen ympäristökasvatusprojekti varhaiskasvattajille
- 1/01 Villa Elfvikin ympäristön lammikoiden vesieläimistö ja kasvisto kesä-syyskuussa 2000
- 1/02 Bockarmossenin luontoselvitys
- 1/06 Espoon Kalajärven kääpäselvitys (virvakäyttöön)
- 2/06 Espoon arvokkaat geologiset kohteet 2006
- 3/06 Espoon pilaantuneet maa-alueet
- 4/06 Espoon Pitkäjärven kunnostus, arvio kunnostustoimien vaikutuksesta

Julkaisuja voi kysyä ympäristökeskuksesta

p. (09) 8162 4832, fax: (09) 8162 4846, sähköposti ymparisto@espoo.fi

ESPOON YMPÄRISTÖKESKUKSEN MONISTESARJA:

- 1/98 Ympäristökeskuksen ympäristöopas henkilökunnalle
- 1/99 Espoon kasvikartoitus 1990-1998
- 1/00 Espoon Pitkäjärven tutkimukset 1999
- 2/00 Hannusjärvi, rakennetun ympäristön vaikutukset järven tilaan sekä ehdotus vaikutusten vähentämiseksi ja tulevien paineiden ennalta ehkäisemiseksi
- 3/00 Espoon Luukinjärven ja Kalajärven kunnostussuunnitelmat
- 4/00 Kaitalahden yleistilan ja rehevöitymisen selvitys kesällä 1999
- 5/00 KOVA, kokonaisvaikutteinen ympäristökasvatusprojekti varhaiskasvattajille
- 1/01 Villa Elfvikin ympäristön lammikoiden vesieläimistö ja kasvisto kesä-syyskuussa 2000
- 1/02 Bockarmossenin luontoselvitys
- 1/06 Espoon Kalajärven kääpäselvitys (virvakäyttöön)
- 2/06 Espoon arvokkaat geologiset kohteet 2006
- 3/06 Espoon pilaantuneet maa-alueet
- 4/06 Espoon Pitkäjärven kunnostus, arvio kunnostustoimien vaikutuksesta

Julkaisuja voi kysyä ympäristökeskuksesta

p. 8162 4832 tai 8162 4838, fax: 8162 4846, sähköposti: ymparisto@espoo.fi