

---

**MELLONLAHDEN TILA, KUNNOSTUSTOIMENPITEET  
JA VIRKISTYSKÄYTTÖ**



Opinnäytetyö

Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Hämeenlinna 12.2.2004

*Mari Ilvonen*

Mari Ilvonen

---

HÄMEEN AMMATTIKORKEAKOULU  
*Ympäristötekniikan koulutusohjelma*  
*Visamäentie 35*  
*13100 HÄMEENLINNA*

OPINNÄYTETYÖ

Työn nimi *Mellonlahden tila, kunnostustoimenpiteet ja virkistyskäyttö*

Tekijä *Mari Ilvonen*  
*Sotkulammentie 37 as 2*  
*55100 IMATRA*

Tilaja *Imatran kaupunki, Ympäristötoimi*  
*Vuoksenniskantie 35*  
*55800 IMATRA*  
*puh. (05) 681 4322*

Ohjaaja *Harri Mattila*

Hyväksytty \_\_\_\_\_ . \_\_\_\_\_ .20\_\_\_\_\_ arvosanalla \_\_\_\_\_

Hyväksyjä

Arvosana-asteikko 5 = kiitettävä, 4-3 = hyvä, 2-1 = tyydyttävä

---

<b>Tekijä</b>	Mari Ilvonen	<b>Vuosi</b> 2003
<b>Toimeksiantaja</b>	Imatran kaupunki, Ympäristötoimi	
<b>Työn nimi</b>	Mellonlahden tila, kunnostustoimenpiteet ja virkistyskäyttö	
<b>Työn säilytyspaikka</b>	HAMK, Hämeenlinna	

---

## TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyössä selvitettiin Mellonlahden tilaa, vedenlaatuun vaikuttavia syitä sekä vertailtiin eri kunnostusvaihtoehtojen soveltuvuutta ja niiden kustannuksia. Imatran kaupungin ympäristötoimi halusi selvittää Vuoksesta padolla eristetyn Mellonlahden kunnostusmahdollisuuksia. Mellonlahden kunnostuksen tarkoituksena on lisätä sen virkistyskäyttöä.

Työssä selvitettiin Mellonlahden vedenlaadun kehitystä vedenlaadun tarkkailuraporttien avulla. Mellonlahden suurimpana ongelmana on alusveden hapettomuus ja siitä aiheutuva sisäinen ravinnekuormitus. Vedenlaatuun vaikuttavia syitä selvitettiin tutkimalla valuma-aluetta. Ravinteet eivät poistu hitaan vedenvaihtuvuuden takia.

Eri kunnostusmenetelmiä vertailtiin lähdekirjallisuuden ja esimerkkitapausten avulla. Vertailtavia kunnostusmenetelmiä olivat alusveden juoksutus, fosforin saostus, vedenpinnan nosto, hapetus ja ilmastus, ravintoketjukunnostus, ruoppaus, järven tyhjentäminen, sedimentin pöyhintä, sedimentin kipsikäsittely ja lisäveden johtaminen. Työssä tehtiin myös suunnitelma Mellonlahden virkistyskäyttömahdollisuuksien parantamiseksi.

Tehokkaimpia kunnostusmenetelmiä Mellonlahdelle on lisäveden johtaminen. Menetelmän ongelma on korkeat kustannukset. Kustannustehokkuudeltaan paras menetelmä on sedimentin kipsikäsittely, mutta sen käytöstä Suomessa on vasta vähän kokemuksia. Kustannusteholtaan keskitasoa olevista kunnostusmenetelmistä Mellonlahdelle parhaiten soveltuvat ruoppaus, hapetus tai ilmastus ja sedimentin pöyhintä.

<b>Asiasanat</b>	vesistöjen kunnostus, lisäveden johtaminen, rehevöityminen, Mellonlahti, Vuoksi
<b>Sivut</b>	90 + liitteet 18

---

<b>Author</b>	Mari Ilvonen	<b>Year</b> 2003
<b>Commissioned by</b>	Imatran kaupunki, Ympäristötoimi	
<b>Subject of thesis</b>	Mellonlahden tila, kunnostustoimenpiteet ja virkistyskäyttö	
<b>Archives</b>	HAMK, Hattelmala	

---

## ABSTRACT

The purpose of the thesis was to analyze the condition of the lake Mellonlahti, to find the reasons for water quality problems, and to offer restoration and management alternatives and their costs. The environmental authority of the town of Imatra wanted to solve restoration and management possibilities for the lake Mellonlahti, which is isolated by dam from the river Vuoksi. The purpose of the restoration and management of the lake Mellonlahti is to increase leisure-time activities there.


The development of water quality was analyzed by studying the water quality reports from 1981 to 2003. The reasons for the water quality problems were estimated by studying the drainage basin. The major problem of the lake Mellonlahti is the anoxia on the bottom of the lake and in the internal loading. The nutrients do not flush out, because the water flow is so slow.

The restoration and management systems were compared by the information from various sources and cases. The restoration and management systems, which were compared, were pumping from the anoxia on the bottom of the lake, phosphorous precipitation, lifting the water surface, aeration, biomanipulation, dredging, sediment restoration by draining the lake, turn over the sediment, sediment restoration by gypsum and dilution and flushing. Additionally, the thesis includes a plan to increase the leisure-time activities by the lake Mellonlahti.

The most effective restoration and management system in Mellonlahti is dilution. The extra water is planned be received from river Vuoksi. The problem of dilution is high cost. Other restoration methods, which are suitable for Mellonlahti, are aeration, turning over the sediment, the gypsum treatment of the sediment and dredging. The gypsum treating the sediment has the lowest costs.

**Keywords** restoration and management of lakes, dilution and flushing, eutrophication, lake Mellonlahti, river Vuoksi


**Pages** 90 + appendices 18




# SISÄLLYS

1	johdanto .....	1
2	MELLONLAHDEN HISTORIA, YMPÄRISTÖ JA VIRKISTYSKÄYTTÖ .....	2
2.1	Mellonlahden patoaminen .....	2
2.2	Mellonlahden hydrologia ja valuma-alue .....	4
2.3	Mellonlahden ympäristö ja virkistyskäyttö .....	5
2.3.1	Mellonlahden ranta ja Onnelan lehto .....	5
2.3.2	Mellonlahden rannan ja Onnelan lehdon hoito-ohjeet .....	6
2.3.3	Mellonlahden kalastuskäyttö .....	6
2.3.4	Liikuntaesteisten virkistys- ja kalastusmahdollisuuksien parantaminen ..	7
3	MELLONLAHDEN VEDENLAADUN KEHITYS .....	7
3.1	Analyysitulosten tulkinta .....	10
3.1.1	Happi .....	10
3.1.2	pH .....	11
3.1.3	Väri .....	12
3.1.4	Sameus .....	12
3.1.5	Typpi .....	13
3.1.6	Ammoniumtyppi .....	15
3.1.7	Fosfori .....	15
3.1.8	A-klorofylli .....	16
3.1.9	Näkösyvyys .....	17
3.1.10	Kemiallinen hapenkulutus .....	17
3.1.11	Sähkönjohtavuus .....	18
3.1.12	Ulosteperäiset bakteerit .....	19
4	AIKAISEMMIN TEHDYT TUTKIMUKSET JA KUNNOSUTSTOIMENPITEET 19	
4.1	Sedimenttitutkimus talvella 1985 .....	19
4.2	Alumiinisulfaattisaostus vuosina 1986 ja 1987 .....	20
4.3	Työryhmän ehdotukset Mellonlahden vedenlaadun parantamiseksi vuosina 1988-1990 .....	21
4.4	Ilmastus .....	22
5	MELLONLAHDEN TILAAAN VAIKUTTAVAT SYYT .....	23
5.1	Ulkoisen kuormitus .....	23
5.1.1	Meltolan vanha kaatopaikka .....	24
5.1.2	Kuusien ja mäntyjen siemenviljelmä .....	27
5.1.3	Valuma-alueen ojat .....	28
5.1.4	Mellonlahden valuma-alueen laskennallinen ravinnekuormitus .....	30
5.2	Sisäinen kuormitus .....	31

6 MELLONLAHDELLE SOVELTUVAT ERI KUNNOSTUSMENETELMÄT JA NIIDEN KUSTANNUSARVOINNIT .....	32
6.1 Alusveden poisjohtaminen .....	32
6.1.1 Taattistenjärven kunnostus alusveden juoksutuksella .....	33
6.1.2 Alusveden poisjohtamisen soveltuvuus Mellonlahdelle .....	34
6.2 Vedenpinnan nosto.....	37
6.2.1 Vedenpinnan noston soveltuvuus Mellonlahdelle ja kustannukset .....	37
6.3 Fosforin saostus.....	39
6.3.1 Ilmijärven kunnostus fosforin saostuksella .....	40
6.3.2 Fosforin saostuksen soveltuvuus Mellonlahdelle ja kustannukset .....	40
6.4 Hapetus.....	41
6.4.1 Hapentarve ja hapetusteho.....	42
6.4.2 Päällisveden johtaminen alusveteen eli Mixox-menetelmä.....	43
6.4.3 Tampereen Pyhäjärven hapetus .....	43
6.4.4 Ilman tai hapen johtaminen alusveteen eli Hydixor-, Planox- tai Neutrox-ilmastus.....	44
6.4.5 Kiteenjärven ilmastus .....	44
6.4.6 Muut Suomessa käytetyt ilmastusmenetelmät.....	45
6.4.7 Hapetuksen soveltuvuus Mellonlahdelle ja kustannukset .....	45
6.5 Ravintoketjukunnostus .....	46
6.5.1 Vesijärven ravintoketjukunnostus .....	47
6.5.2 Ravintoketjukunnostuksen soveltuvuus Mellonlahdelle ja kustannukset	48
6.6 Ruoppaus.....	49
6.6.1 Ruoppausmenetelmiä .....	50
6.6.2 Ruoppauksen suunnittelu.....	51
6.6.3 Trummenjärven ruoppaus.....	53
6.6.4 Ruoppauksen soveltuvuus Mellonlahdelle ja kustannukset .....	53
6.7 Sedimentin kunnostaminen järven tyhjentämisellä.....	55
6.7.1 Särkijärven tyhjentäminen.....	55
6.7.2 Tyhjentämisen soveltuvuus Mellonlahdelle .....	56
6.8 Sedimentin pöyhintä.....	57
6.8.1 Pöyhintäkunnostuksen esimerkkikohteet .....	58
6.8.2 Pöyhinnän soveltuvuus Mellonlahdelle ja kustannukset.....	59
6.9 Sedimentin peittäminen eli kipsikäsittely .....	60
6.9.1 Kipsikäsittelyn esimerkkitapaukset Kaukjärvi ja Laikkalampi .....	61
6.9.2 Kipsikäsittelyn soveltuvuus Mellonlahdelle ja kustannukset.....	61
6.10 Laimentaminen ja huuhtelu eli lisävesien johtaminen .....	62
6.10.1 Esimerkkikohteet lisäveden johtamisesta: Green Lake, Moses Lake ja Rusutjärvi	64
6.10.2 Lisäveden johtaminen Mellonlahteen.....	68
6.10.3 Muita Vuoksen analyysituloksia .....	73
6.10.4 Mellonlahden lisäveden johtamissuunnitelma .....	75
6.10.5 Lisäveden johtamisen vaikutukset Mellonlahden vedenlaatuun .....	76
6.10.6 Virhearviointi lisäveden johtamisen laskennallisiin vaikutuksiin Mellonlahden vedenlaatuun.....	78
6.10.7 Lisäveden johtamisen vaikutukset Vuoksen vedenlaatuun .....	79
6.10.8 Lisäveden johtamisen kustannukset .....	79
6.10.9 Lisäveden johtaminen ilman pumppausta .....	80



7	VIRKISTYSKÄYTÖN PARANTAMISMAHDOLLISUUDET .....	80
7.1	Uimarannan kunnostaminen.....	81
7.2	Vesikasvillisuuden niitto .....	82
8	YHTEENVETO JA TOIMENPIDE-EHDOTUKSET .....	82
8.1	Eri kunnostusvaihtoehtojen soveltuvuuden ja kustannusten vertailu.....	82
8.1.1	Ulkoisen kuormituksen vähentäminen .....	86
8.2	Eri kunnostusvaihtoehtojen yhdistäminen .....	87
8.3	Toimenpide-ehdotukset.....	89
8.3.1	Lisäselvitykset Mellonlahden tilasta .....	89
8.3.2	Kunnostusehdotukset.....	90
8.3.3	Muut toimenpiteet .....	91
	LÄHTEET .....	92
	LIITTEET .....	102



## 1 JOHDANTO

Työssä selvitettiin Imatran kaupungin alueella sijaitsevan Mellonlahden nykytila, vedenlaatuun vaikuttavat tekijät sekä kunnostusvaihtoehtoja ja niiden kustannusarviointeja. Kunnostusvaihtoehtoista eniten on painotettu lisäveden johtamista Vuoksesta Mellonlahteen, koska menetelmästä on olemassa valmis suunnitelma ja tekniset mahdollisuudet sen toteutukseen ovat hyvät. Lisäveden johtamisesta Vuoksesta Mellonlahteen on maininta myös patoamista koskevassa Vesioikeuden päätöksessä. Työn tilaajana toimi Imatran kaupungin ympäristötoimi.

Mellonlahti on padolla Vuoksesta eristetty lahti, jonka virkistyskäyttömahdollisuudet ovat heikentyneet huonon vedenlaadun takia. Sijaintinsa ja maisemallisten arvojensa puolesta Mellonlahti soveltuu erinomaisesti virkistyskäyttöön. Myös sen kalastuskäyttö on merkittävää kalaistutusten ansiosta. Mellonlahti sijaitsee vain noin 1,5 kilometrin päässä Imatran kaupungin keskustasta, ja lahden välittömässä läheisyydessä sijaitsee runsaasti omakotitaloasutusta.

Mellonlahden suurimmat ongelmat ovat kesä- ja talviaikainen hapettomuus ja siitä johtuva rehevöitymiskierre. Veden väri on Mellonlahdella vihreää erityisesti kesäaikaan, mikä johtuu runsaasta leväkasvustosta. Myös sinileväkukintoja esiintyy kesäisin. Kunnostuksen tavoitteena on lisätä Mellonlahden virkistyskäyttöä vedenlaatua parantamalla.

Työn tekemisessä on käytetty kirjallisuutta, Mellonlahden vedestä saatuja analyysituloksia sekä muita lähdeluettelossa mainittuja selvityksiä ja raportteja. Lisäksi aineistoa on hankittu maastokäynneillä, karttojen avulla sekä asiantuntijoiden antamilla tiedoilla.



## 2 MELLONLAHDEN HISTORIA, YMPÄRISTÖ JA VIRKISTYSKÄYTTÖ

### 2.1 Mellonlahden patoaminen

Suomen ja Neuvostoliiton hallitusten kesken allekirjoitettiin vuonna 1972 sopimus, joka koski Imatran ja Svetogorskin välisen Vuoksen osan voimataloudellista hyväksikäyttöä. Sopimus sisälsi muun muassa määräykset noudatettavasta säännöstelykäytännöstä. Säännöstelystä johtuvat vedenkorkeusvaihtelut aiheuttivat Vuoksen ja sen sivuhaarojen syöpymiä ja sortumia, jotka aiheuttivat vahinkoa maa-alueille, rakenteille, puustolle, rajapyykeille ja maisemakuvalle. Vuosien 1976-1977 aikana suurin vedenkorkeuden vuorokausivaihtelu Vuoksessa oli 1,47 metriä. Voimakas vedenkorkeusvaihtelu haattasi myös alueen virkistyskäyttöä ja kalastusta. Imatran kaupunki ja paikalliset asukkaat vaativat toimenpiteitä syntyneiden vahinkojen ja haittojen poistamiseksi. /1/

Vesihallinnon ja Imatran kaupungin yhteistyönä laadittiin suunnitelmat säännöstelyn haittavaikutusten torjumiseksi. Alueilla, joilla ei voitu estää pysyvästi vedenkorkeusvaihteluja, suoritettiin rantojen vahvistuksia ja kunnostustoimenpiteitä. Sen sijaan Vuoksen päähaarassa oleva Mellonlahti sekä Vuoksen sivuhaara Hallikkalanjoki oli mahdollista eristää veden säännöstelyn haittavaikutuksilta pysyvästi patorakenteilla. Neuvostoliitto hyväksyi suunnitelmat eikä esittänyt korvausvaatimuksia mahdollisesta sähköenergian menetyksestään. /1/

Mellonlahti sijaitsee Vuoksen vesistössä Imatran kaupungin alueella. Mellonlahden sijainnista on kartta liitteessä 1. Vuoksen kautta laskevat Vuoksen vesistön vedet Saimaasta Venäjän puolelle Laatokkaan. Suomen puolella olevan Vuoksen vesireitin pituus on 14 kilometriä. Tällä alueella sijaitsee kaksi vesivoimalaitosta, Imatrankosken ja Tainionkosken voimalaitokset. Mellonlahti sijaitsee noin kuuden kilometrin etäisyydellä Suomen ja Venäjän valtioiden rajasta ja noin yhden kilometrin etäisyydellä veden virtaussuuntaan Imatrankosken voimalaitoksen alapuolella. Ennen patoamista Mellonlahti toimi Imatran voimalaitoksen ala-altaana ja Svetogorskin voimalaitoksen ylä-altaana. /1/

Mellonlahti on Imatran kaupungin eteläosan keskeinen virkistyskohde, joka palveli ennen padon rakentamista virkistysalueena noin 12 500 asukasta. Vuoksen säännöstelystä aiheutui kuitenkin huomattavaa haittaa Vuoksen virkistyskäytölle. Vedenpinnan jatkuva korkeusvaihtelu aiheutti sortumia jyrkillä ranta-alueilla ja vaikeutti rantojen virkistyskäyttömahdollisuuksia sekä aiheutti kaupunkikuvan kannalta maisemallista haittaa. Vedenpinnan korkeusvaihtelu esti myös rantojen virkistyskäyttömahdollisuuksia. /1/

Ennen patoamista Mellonlahden vesi vastasi laadultaan Vuoksen vettä. Patoamisen ajankohtana Vuoksen vesi oli alttiina teollisuuden ja asutuksen

jätevesien vaikutukselle ja oli ollut usean vuoden ajan uintikelvotonta. Myös alueelta pyydytyissä kaloissa oli esiintynyt makuhaittoja. Meltolan ja Imatrankosken kaupunginosien asukkaat tekivät kaupungille aloitteita Mellonlahden virkistyskäytön parantamiseksi. Muun muassa kaupungille oli vuonna 1970 jätetty noin 200 kaupunkilaisen allekirjoittama kirje, jossa anottiin, että kaupunginhallitus ryhtyisi toimenpiteisiin saattaakseen Mellonlahden alueen asukkaiden virkistyskäyttöön. Mellonlahti päätettiin lopulta eristää padolla estämään Vuoksen säännöstelyn aiheuttamilta veden korkeusvaihteluilta. /1/

Padon rakentaminen aloitettiin vuonna 1980. Vesihallitus rakensi suunnitellusta padosta tukipenkereen, suodattimen ja käsikäyttöisillä säätölaitteilla toimivan säännöstelypadon sekä suoritti Mellonlahden patoamisen johdosta tarpeellisen vedenkorkeusaseman siirron. Imatran kaupunki rakensi padon, lukuun ottamatta Vesihallitukselle kuuluvia työsuorituksia, sekä saattoi Mellonlahden alueen asemakaavan mukaisesti yleiseen virkistyskäyttöön soveltuvaksi. /2/ Pato rakennettiin osaksi Imatran kaupungin omistamille maa-alueille, osaksi Enso-Gutzeit Oy:n omistamille maa- ja vesialueille, osaksi Meltolan ja Korvenkannan jakokunnan yhteiselle II vesialueille ja osaksi muille yhteisille vesialueille. Meltolan ja Korvenkannan jakokunnan osakkaista 96,3 % ja muiden vesialueiden osakkaista kaikki antoivat suostumuksensa padon rakentamiselle. /1/

Padottavan lahden vesipinta-ala oli 25 hehtaaria. Lahden keskisyvyys on noin neljä metriä. Lahden valuma-alue on noin 123 hehtaaria, ja sen perusteella laskettiin lahteen tulevaksi valumaksi 0,0107 m<sup>3</sup>/s. Lahden valuma-alue on pieni, mutta patoamista koskevassa päätöksessä mainittiin, että Mellonlahteen laskee pintavesien lisäksi useita lähteitä. Lahden todellista tulovirtaamaa ei patoamispäätöksen yhteydessä selvitetty, mutta lahden rannoilla olevien lähteiden perusteella arvioitiin, että pohjaveden vaikutuksesta lahden vesi padottuna puhdistuisi suhteellisen nopeasti. /1/

Itä-Suomen vesioikeuden päätöksessä ennakoitiin Vuoksen veden laadun muutos parempaan jätevesien puhdistuksen johdosta. Vesioikeuden päätöksessä mainitaan seuraavaa: ”Mikäli Mellonlahden tulovirtaama ei ole riittävä pitämään lahden vettä samanlaatuisena tai parempana kuin Vuoksen vesi, pumpataan Imatran kaupungin toimesta Vuoksesta vettä lahden puolelle, jolloin veden laatu Mellonlahdella on vähintään yhtä hyvä kuin Vuoksessa. Mahdollista pumppausta varten tehdään patoon rakennusvaiheessa kaivo pumppausta varten.” /1/

Mellonlahden vedenpinta padottiin Itä-Suomen vesioikeuden päätöksen mukaisesti tasoon + 43.70. Veden virtaus Mellonlahdesta Vuokseen tapahtuu patoon rakennetun säännöstelypadon kautta. Päätöksessä myös mainittiin patoamisen jälkeen veden laadun parannuttua lahden mahdollinen käyttö kalanviljelyyn ja kalastukseen sekä alueelle kaavoitetun uimalaitoksen toteuttaminen. Vesihallituksen ja Imatran

kaupungin välisen sopimuksen mukaan Imatran kaupunki vastaa kaikkien Mellonlahden padottamisesta ja virkistyskäyttöä varten tehtävien rakenteiden kunnossapidosta sekä Mellonlahden säännöstelypadon kautta suoritettavasta vedenjuoksutuksesta. Imatran kaupunki huolehtii myös Mellonlahden veden laadun parantamiseksi mahdollisesti suoritettavista pumppaustoimenpiteistä sekä Mellonlahden padottamisesta kolmannelle taholle aiheutuneista haitoista ja vahingoista. /1/2/

Padon rakentamisen jälkeen Mellonlahden vedenlaatu ei parantunut odotusten mukaisesti eikä virkistyskäyttö ollut mahdollista suunnitellulla tavalla. Padon valmistuttua kalastus on ollut alueella jatkuvasti suosittua kalaistutusten ansiosta, mutta veden erikoinen vihreä väri ja voimakas leväkasvusto ovat haitanneet erityisesti uintia. Mellonlahden rannalle rakennettu uimaranta on käyttämättömänä rapistunut. Alueen asukkaat ovat esittäneet useaan otteeseen huolensa Mellonlahden tilasta ja virkistyskäytön mahdottomuudesta jo 1980-luvun alkupuolelta asti. Mellonlahdelle on suunniteltu erilaisia kunnostusmahdollisuuksia, mutta niiden toteuttaminen on tähän asti jäänyt kesken lähinnä rahoitusongelmien vuoksi. Mellonlahden kunnostukseen ja virkistyskäytön parantamiseksi on suunniteltu haettavaksi EU-rahoitusta.

## 2.2 Mellonlahden hydrologia ja valuma-alue

Patoamisen jälkeen virtaus Vuoksesta Mellonlahteen loppui täysin. Tästä syystä Mellonlahtea ei enää voida pitää sen veden vaihtuvuuden kannalta jokivesistönä, vaan se muistuttaa hydrologialtaan pientä järveä tai lampea. Vesi tulee Mellonlahteen osittain pohjavetenä ja osittain pintavaluntana valuma-alueelta. Mellonlahden keskisyvyyden ollessa 4 metriä ja pinta-alan 250 000 m<sup>2</sup> on järvialueen tilavuus noin 1000 000 m<sup>3</sup>. Pintavaluntana Mellonlahteen tulee vettä 0,0107 m<sup>3</sup>/s, minkä perusteella laskettuna Mellonlahden teoreettinen viipymä on noin kolme vuotta. /6/ Mellonlahden vedestä suuri osa tulee kuitenkin pohjavetenä lähteistä, joiden virtaamia ei ole mitattu, joten lahden todellinen viipymä saattaa olla arvioitua lyhyempi. Todennäköisesti viipymä on kuitenkin yli kaksi vuotta. Myöskään padossa olevan ylivuotokaivon kautta poistuvan veden määrää ei ole mitattu. Mellonlahdelle sopivat kunnostusmenetelmät on valittava järville tai lammille, eikä virtavesistöille soveltuvista menetelmistä.

Mellonlahden valuma-alueen pinta-alasta noin 60 % on omakotitalontontteja ja tiestöä. Loput alueesta on metsän tai matalan puu- ja pensasmaisen kasvillisuuden peitossa. Noin 10-20 % valuma-alueesta on varsinaista talousmetsää. Lisäksi Mellonmäen muutama vuosi sitten suljettu laskettelurinne sijaitsee osittain valuma-alueella. Valuma-alueen reunan välittömässä läheisyydessä sijaitsee vanha kaatopaikka. Mellonlahdesta ja sen valuma-alueesta on kartta liitteessä 2.

## 2.3 Mellonlahden ympäristö ja virkistyskäyttö

Mellonlahti on suosittu kalastuspaikka ja sen ympäristö on arvokas luontokohde. Mellonlahden ympäristössä kiertää myös opastettu luontopolku. Patoamisen jälkeen lahden rannalle rakennettiin uimaranta, mutta veden laadun heikettyä rannan käyttö uimistarkoitukseen on loppunut. Patotiessä kiinni olevassa Kuukansaassa on laavu ja nuotiopaikka, joka on suosittu retkeilykohde muun muassa päiväkotijä ja koululaisryhmille.

### 2.3.1 Mellonlahden ranta ja Onnelan lehto

Mellonlahden ranta ja Onnelan lehto on Imatran Luonnonsuojeluselvityksessä 2000 luokiteltu kuuluvaksi luokkaan II eli kohteeksi, jossa on metsälain mukaisia erityisen tärkeitä elinympäristöjä. Mellonlahden rannan ja Onnelan lehdon luonnonsuojeluselvityksen mukaiset alueet on esitetty liitteessä 3.

Kasvillisuus Mellonlahden rannalla on suurimmaksi osaksi tuoretta lehtoa. Alueella kasvaa runsaasti lehtokasveja. Onnelan puronvarressa on lähteitä, joista suurin sijaitsee aivan Mellonlahden rannassa. Onnelan puronvarsilehto on lajistollisesti arvokas kohde. Mellonlahden rannan tiheä lehtipuusto on tärkeää lintujen pesimäaluetta. Rinteissä kenttäkerrosta hallitsevat lehtolajit. /3/

Mellonlahden rantavyöhykkeessä kasvaa tyypillisiä rantakasveja. Lahden pohjoisosassa rannat ovat melko matalia, mutta etelään siirryttäessä rannat jyrkkenevät huomattavasti. Etelään mentäessä aivan vedenrajassa kasvavien lajien määrä vähenee. Rannassa maa-aines on savipitoista. Onnelan puronvarren kasvillisuus muodostaa yhtenäisemmän lehtoalueen. Kasvillisuus puron rinteillä on rehevää, vaikka puron rinteet ovat melko jyrkkiä. Puron suun lähteet vaikuttavat kasvillisuuteen. Isompien lähteiden yläpuolella on pieni patorakennelma, joka säännöstelee veden määrää. Rinnettä, joka sijaitsee lähteiden pohjoispuolella, on paikoin harvennettu liikaa. Tämä saattaa vaarantaa lähteiden puhtaana pysymisen. Lähteiden eteläpuolella havupuiden määrä vähenee ja lehtipuiden taimet sekä ruohokasvit lisääntyvät. /3/

Erillinen pohjoinen saareke padon tyvellä on puustoltaan havupuuvältaista. Saareke on jäänne luonnontilaisen Vuoksen saarista. Tavallisten kangasmetsän lajien lisäksi alueella kasvaa lehtokuusamaa, kieloa, mustakonganmarjaa, sinivuokkoa ja tammen taimia. Kasvillisuus jatkuu Onnelan puronvarren eteläisten rinnealueiden kaltaisena myös lahden eteläosissa. Havupuut puuttuvat ja lehtipuita on runsaasti. Osa puustosta on huomattavan kookasta. Alueen itäosassa kuusi, mänty ja

tyypilliset metsälajit yleistyvät. Metsä säilyy kuitenkin varsin kosteana, ja haapojen osuus puustosta on suuri. /3/

### 2.3.2 Mellonlahden rannan ja Onnelan lehdon hoito-ohjeet

Luonnonsuojeluselvityksen mukaan Onnelan puronvarsilehto tulee säilyttää nykytilassa. Onnelan lehdon pohjoispuolella varovaiset metsänhoitotoimenpiteet ovat mahdollisia, mikäli suuret puut ja lehtipuusto säästetään. Mellonlahden rantavyöhyke tulee säilyttää nykyisellään. Alueen eteläosassa rantavyöhykkeen ulkopuolella voidaan metsää hoitaa varovasti. Asutuksen ja Mellonlahden rannan välinen vyöhyke alueen keskivaiheilla on säilytettävä ehdottomasti luonnontilaisena. Aikaisemmin tehtyjen raivausten hakkuutähteet tulisi siivota pois.

Koko alueella kiellettyjä toimenpiteitä ovat uudistushakkuut, maaperän muuttaminen ja rakentaminen. Onnelan lehdon alueella, pohjoisosaa lukuun ottamatta ja sen eteläpuolisen asutuksen ja rannan välisellä vyöhykkeellä kaikki toimenpiteet vähäistä kuusen taimien poistoa lukuun ottamatta, on kielletty. Luonnonsuojeluselvityksessä suositellaan, että alueelle perustetaan luonnonsuojelualue. /3/

### 2.3.3 Mellonlahden kalastuskäyttö

Mellonlahdelle on sen patoamisen jälkeen toistuvasti istutettu järvitaimenia, kirjolohia, harjuksia, toutaimia, karppeja ja kuhia virkistyskalastusta varten. Luontaisesti lahdessa esiintyy haukia, ahvenia ja lahnoja. Lisäksi Mellonlahdessa elää kotimainen jokirapu ja istutettu täplärapu. Mikäli Mellonlahdelle pumpataan suunnitelmien mukaisesti vettä Vuoksesta, on olemassa riski, että lahden jokirapuihin leviäisi rapurutto Vuoksesta. Mellonlahden ravut ovat säästyneet rapurutolta patoamisen jälkeen. Sitä vastoin Saimaassa on aika ajoin rapuruttoa esiintynyt. Tosin viime vuosina Mellonlahdella jokirapujen määrä on vähentynyt huomattavasti, koska täpläravut aggressiivisempina valtaavat elintilaa jokiravuilta. Vuonna 2003 tehdyssä koeravustuksessa saatiin täplärapuja 6150 kappaletta ja jokirapuja 646 kappaletta. /4/

Mellonlahti on kalastuslain mukaista erityiskalastusaluetta, joten siellä myös mato-onkimiseen ja pilkkimiseen vaaditaan Vuoksen kalastuslupa. Myös ravustus sallitaan vuosittain eri päätöksellä. /4/5/ Mellonlahden kalastuslupamaksut ovat Vuoksen kalastuslupien ohella tulonlähde Imatran kaupungille. Mellonlahden kalastusluvista saadut tulot voisi ainakin osittain ohjata Mellonlahden kunnostustoimenpiteisiin. Mikäli vedenlaatu kunnostustoimenpiteillä paranee, tulee myös kalastus todennäköisesti lisääntymään Mellonlahdella.

### 2.3.4 Liikuntaesteisten virkistys- ja kalastusmahdollisuuksien parantaminen

Mellonlahden alue kuuluu osana projektiin, jonka tarkoituksena on parantaa liikuntaesteisten virkistys- ja kalastusmahdollisuuksia Imatralla. Imatran kaupungin Ympäristönsuojelutoimisto, Imatralla toimiva liikuntarajoitteisten paikallisjärjestö Satakielen laulu ry sekä Imatran Seudun Kehitysyhtiö Oy aloittivat vuoden 2002 lopussa projektin, jonka tarkoituksena oli kehittää ja parantaa liikuntarajoitteisten kalastusmahdollisuuksia. Projekti kuuluu osana koko Vuoksen aluetta koskevaan kehittämishankkeeseen. Liikuntarajoitteisten kalastajien lisäksi projektista hyötyy Imatran kaupunki, jonka suunnitelmana on käyttää projektia kalastusmatkailun markkinoinnissa ja tarjota kalastusmahdollisuuksia liikuntarajoitteisille kalastajille valtakunnanlaajuisesti.

Projektin myötä Mellonlahdelle on tarkoitus järjestää liikuntarajoitteisten pilkkimahdollisuus. Mellonlahdella oleva laituri muunnettiin liikuntarajoitteisille sopivaksi ja sitä jatkettiin ylettyväksi patotieltä Mellonlahden Kuukansaareissa olevalle laavulle. /10/

## 3 MELLONLAHDEN VEDENLAADUN KEHITYS

Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry on tarkkaillut Mellonlahden vedenlaatua vuosina 1981-1992 ja 1998-2003. Mellonlahden laatu ei ole sen vedestä analysoitujen parametrien mukaan erityisen huono. Mellonlahden vesi on perusominaisuuksiltaan kirkasta ja niukasti orgaanista ainesta sisältävää. Veden suolapitoisuus on Imatran alueen pintavedeksi korkea ja happipitoisuus päällysvedessäkin alhainen. Fosfori- ja typpipitoisuudet ovat suhteellisen korkeita. Korkeat ravinnepitoisuudet ja veden kirkkaus aiheuttavat sen, että planktonituotanto vedessä on korkeahko. Tämä aiheuttaa veden samentumista ja veden pH-arvon nousua korkeaksi varsinkin kesäaikaan. Mellonlahden rehevyysluokitus on pintavesinäytteiden ravinne- ja a-klorofylli- pitoisuuksien mukaan lievästi rehevä tai rehevä. Enterokokkimäärissä esiintyy aika-ajoin selviä nousuja, mutta hygieeninen laatu Mellonlahden vedessä on hyvä. /23/ Mellonlahden vedenlaadun kehitys analyysiparametrien mukaan on esitetty liitteessä 4.

Mellonlahden terminen kerrostuminen on voimakasta. Harppauskerros on 7-9 metrin syvyydessä. Alusveden happipitoisuus on alhainen lukuun ottamatta täyskierron ajankohtaa. Alusveden happipitoisuuden ollessa alhainen vesi tummenee pelkistyvien ja pohjasta liukenevien rautayhdisteiden vaikutuksesta. Myös fosforiyhdistepitoisuudet lisääntyvät hapen määrän vähetessä, mutta muutokset eivät ole yhtä suuria kuin veden väriluvussa. /23/

Padon rakentamisen jälkeen Mellonlahden vesi muistutti laadultaan Vuoksen senhetkistä vettä. Padonrakennustyöt lisäsivät väliaikaisesti

veden sameutta ja heikensivät sen laatua. Sameus- ja fosforipitoisuusarvot laskivat kuitenkin nopeasti padon rakennus- ja viimeistelytöiden loputtua. Mellonlahden vedenlaadun toivottiin paranevan pohjavesien vaikutuksesta pian padon rakentamisen jälkeen verrattuna Vuoksen vedenlaatuun. Mellonlahden vedenlaatu ei kuitenkaan parantunut odotusten mukaisesti, vaan lahti on rehevöitynyt ja kärsinyt syvänteiden happikadosta. Lisäksi kesäaikoina vesi on silmämääräisesti erikoisen vihreää, mikä johtuu ainakin osittain voimakkaasta levätuotannosta. Kesäisin Mellonlahdella on havaittu myös sinilevää. Erikoista on, että vihreä väri on voimakas koko kesäajan, vaikka a-klorofyllipitoisuudet saattavat osan ajasta olla hyvinkin alhaisia. Kuviosta 1 näkyy selvästi Mellonlahden veden vihreä väri.

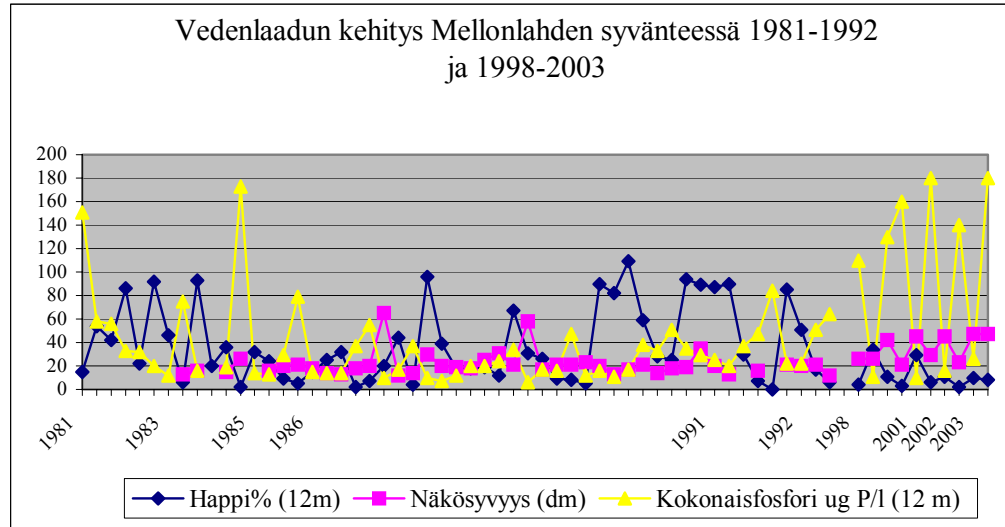


KUVIO 1 *Valokuva Mellonlahdelta elokuussa 2003.*

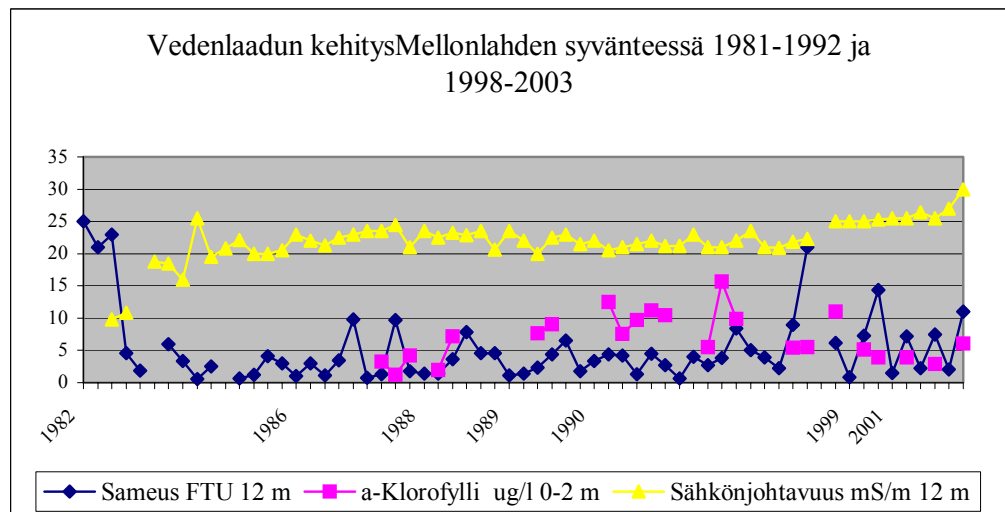
Vuoteen 1992 mennessä Mellonlahden vedenlaatu näytti vakioituneen lähelle tasoa, jonka se saavutti 1980-luvun puolivälissä. Tarkkailujakson 1982-1991 aikana selvimmät muutokset tapahtuivat päällysveden typpipitoisuuksien kasvussa ja alusveden happipitoisuuden paranemisessa. Alusveden fosforipitoisuus laski, mutta vastaavasti typpipitoisuus nousi. Fosforipitoisuuden laskun yhtenä syynä olivat lahdella kahdesti tehdyt fosforin alumiinisulfaattisaostukset sekä eräiden valumavesien johtaminen pois lahdelta. /23/

Tarkkailujaksona 1998-2003 Mellonlahden vedenlaatu on toisaalta parantunut ja toisaalta huonontunut riippuen eri analyysisuureista. Esimerkiksi ravinnepitoisuudet ovat pienentyneet, mutta tähän voivat olla syynä myös niukkasateiset kesät, jolloin ravinteita on huuhtoutunut valuma-alueelta tavallista vähemmän. Myös pohjaveden pinta on kahtena viimeisenä kesänä ollut harvinaisen alhainen, mikä on voinut vähentää pohjaveden osuutta Mellonlahden kokonaisvesimäärässä, ja samalla vaikuttanut analyysituloksiin. Mellonlahden syvänteen vedenlaadun

kehitys happi-, ravinne- ja a-klorofyllipitoisuuksien, näkösyvyyden, sameuden ja sähkönjohtavuuden mukaan vuosina 1981-1992 ja 1998-2003 on esitetty kuvioissa 2-4.

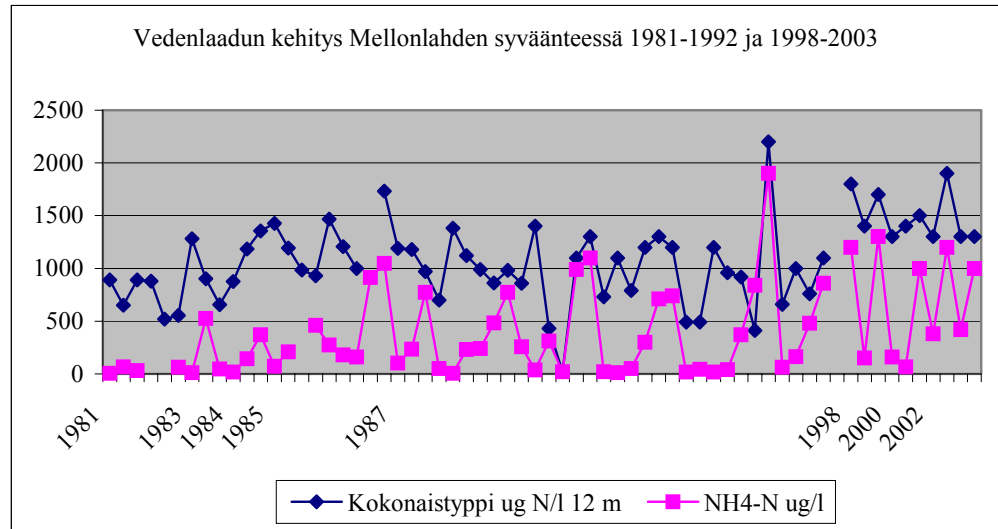


KUVIO 2 Hapen kyllästysasteen, kokonaisfosforipitoisuuden ja näkösyvyyden kehitys Mellonlahden syvänteessä vuosina 1981-1992 ja 1998-2003. /69-123/



KUVIO 3 Sameuden, a-klorofyllin ja sähkönjohtavuuden kehitys Mellonlahdessa vuosina 1981-1992 ja 1998-2003. /69-123/





KUVIO 4 Kokonaistyyppi- ja ammoniumtyyppipitoisuuksien kehitys Mellonlahden syvänteessä vuosina 1981-1992 ja 1998-2003. /69-123/

### 3.1 Analyysitulosten tulkinta

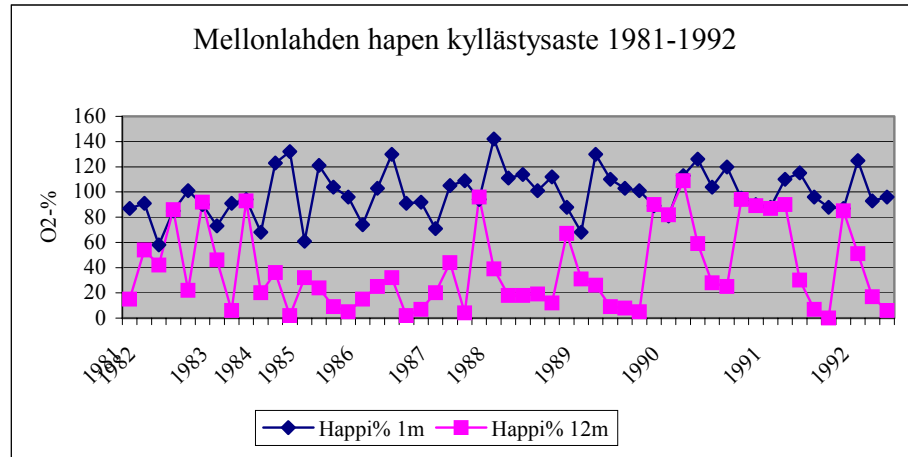
#### 3.1.1 Happi

Mellonlahden veden happipitoisuudet pohjan läheisyydessä ovat usein olleet lähellä 0 mg/l. Parhaimmillaan pohjan lähellä happipitoisuudet ovat olleet syys- ja kevättäyskiertojen aikaan, jolloin ne ovat samalla tasolla kuin pintavedessä. /69-123/

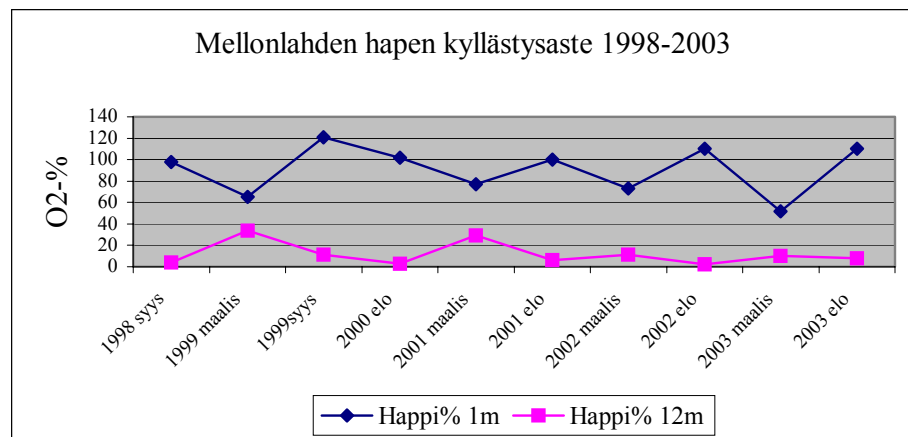
Mellonlahden pintaveden (syvyys 1m) hapen kyllästysaste on vaihdellut vuosina 1981-1992 välillä 61-142 %. Vuosien 1998-2003 hapen kyllästysasteet ovat vaihdelleet välillä 52-121 %. Alhaisimmillaan hapen kyllästysaste on päällysvedessä ollut loppupalvina maaliskuussa ja korkeimmillaan alkukesinä. Alusveden happipitoisuus 12 metrin syvyydessä on vaihdellut välillä 0-109 % ja vuosien 1998-2003 välillä 2-34 %. Vuosien 1998-2003 välillä näytteenotot eivät osuneet syystäyskiertojen aikaan ja tämän tarkkailujakson aikana happipitoisuudet ovat jatkuvasti huonontuneet. Parhaimmillaan happitilanne on alusvedessä ollut kevät- ja syystäyskiertojen aikaan ja huonoimmillaan loppukesinä elokuussa. /11/69-123/

Syvänteen vedessä hapen kyllästysaste on vuosittain ollut huono veden ollessa usein lähes hapeton. Esimerkiksi vuonna 2000 elokuussa vesimassa oli käytännössä hapetonta 9 metrin syvyydestä lähtien. Mellonlahden happitilanteen ja alusveden kyllästysasteiden keskiarvojen perusteella vedenlaadun voidaan arvioida olevan välttävä tai huono. Pintaveden happipitoisuuksien ja hapen kyllästysasteen mukainen

Mellonlahden laatu luokitusta on tyydyttävä tai välttävä. /11/69-123/. Mellonlahden veden hapen kyllästysasteiden kehitys on esitetty kuvioissa 5 ja 6.



KUVIO 5 Mellonlahden veden hapen kyllästysasteen kehitys pinta- ja alusvedessä vuosina 1981-1992. Laatu luokitukselta hyvän veden hapen kyllästysaste on välillä 80-110 %. /69-115/



KUVIO 6 Mellonlahden veden hapen kyllästysasteen kehitys pinta- ja alusvedessä vuosina 1998-2003. Laatu luokitukselta hyvän veden hapen kyllästysaste on välillä 80-110 %. /117-123/

### 3.1.2 pH

pH eli happamuusaste kuvaa vedessä olevien vapaiden vetyionien määrää. Mellonlahden veden pH-arvot ovat päällysvedessä (syvyys 1 m) vaihdelleet välillä 7,1-9,0 vuosina 1982-1992 ja vuosina 1998-2003 välillä 7,4-8,7. Pintaveden pH-pitoisuudet ovat olleet korkeimmillaan kesäisin. Suomen sisävesien keskimääräinen happamuus virtaavissa vesissä on 6,6

ja järvisyvänteissä 6,9. Mellonlahden alusveden pH-pitoisuudet ovat vuosien 1982-1992 välillä vaihdelleet välillä 6,6-8,3 ja vuosien 1998-2003 välillä 6,9-7,2. Korkea, yli 8 oleva pH-arvo kesäaikana pintavedessä johtuu voimakkaasta leväkukinnasta. Levät kuluttavat loppuun vedessä olevan hiilidioksidin ja bikarbonaatin, jolloin veden puskurisysteemi häiriintyy. Mellonlahden alusvedenkin pH-arvo on hieman Suomen sisävesien keskitasoa korkeampi ja on alusvedessäkin usein emäksinen. /12/69-123/

### 3.1.3 Väri

Veden väri on monien eri tekijöiden yhteistulos. Veden väriin vaikuttavat valuma-alueen maaperästä huuhtoutuneet humusaineet, rauta, vedessä olevat levät sekä kiinteät ja liuenneet aineet. Kiinteät aineet voivat olla orgaanisia tai mineraalisia. Suomalaisille vesistöille humuksen aiheuttama ruskea väri on luonteenomainen piirre. Suomen vesistöjen keskimääräinen värin arvo on 51 mg Pt/l. /13/15/

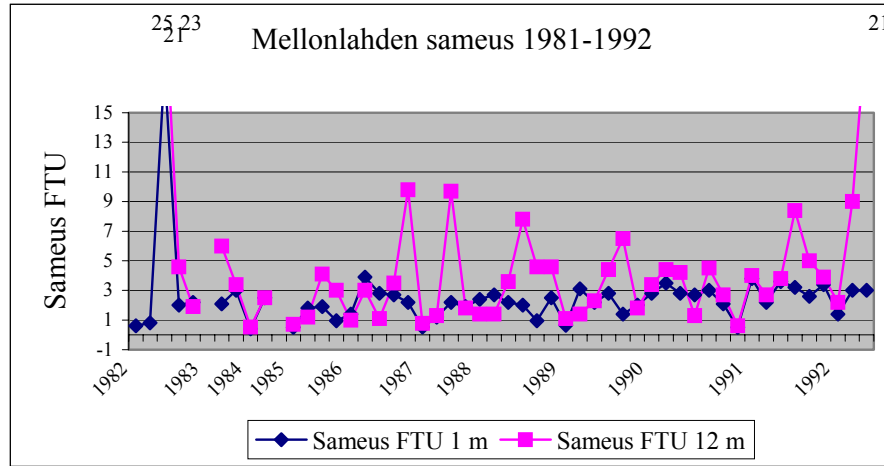
Mellonlahden pintaveden (syvyys 1 m) väri on vaihdellut 5-60 mg Pt/l vuosien 1981-1992 välillä. Väriarvot olivat korkeampia pintavedessä seuraavana vuonna padon rakentamisen jälkeen, jolloin Mellonlahden vesi oli vielä hyvin Vuoksen veden kaltaista ja padon rakentamisesta aiheutui kiintoaineen liukenemisen veteen. Vuosien 1981-1992 alusveden väriluvut vaihtelivat välillä 5-100 mg Pt/l. Korkeimmillaan alusveden väriluku oli vuonna 1992, jolloin myös happitilanne oli erittäin huono. Alusveden hapettomuus oli aiheuttanut raudan ja ravinteiden liukenemisen pohjasedimentistä, mikä vaikutti myös veden väriin.

Vuosien 1998-2003 välillä pintaveden väri on vaihdellut välillä 10-20 mg Pt/l, mikä on alhainen verrattuna Suomen sisävesien keskitasoon. Alusveden väri vaihteli välillä 10-60 mg Pt/l. Mellonlahden pintavettä voidaan luonnehtia värin perusteella kirkkaaksi tai lievästi humuspitoiseksi. Alusveden väri vaihtelee kirkkaasta humuspitoiseen. Todennäköisesti Mellonlahden vesi sisältää hyvin vähän humusta, ja alusveden väriluvun ajoittainen nousu johtuu pohjasedimentistä hapettomissa olosuhteissa liuenneista aineista. /13/15/69-123/

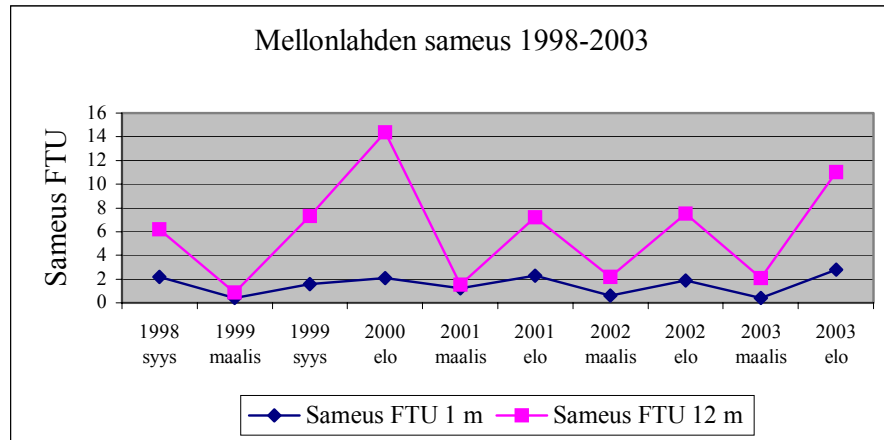
### 3.1.4 Sameus

Kirkkaan veden sameus on pienempi kuin 1,0 FTU. Lievästi samean veden sameus on välillä 1-5 FTU. Syvänteiden pohjalla sameus saattaa nousta muuten kirkkaassa vesistössä. Eroosion vaikutuksesta esimerkiksi jokivedessä sameus on voimakkaampaa. Mellonlahden sameusarvot pintavedessä ovat vaihdelleet 0,4-6 FTU:n välillä. 12 metrin syvyydessä sameusarvot ovat vaihdelleet 0,6 ja 25 FTU:n välillä. Hapettomuus selvästi lisää sameutta alusvedessä. Tarkkailujakson 1998-2003 aikana

myös pintaveden sameus on lisääntynyt. /15/69-123/. Mellonlahden veden sameuden kehitys on esitetty kuvioissa 7 ja 8.



KUVIO 7 Mellonlahden veden sameuden kehitys pinta- ja alusvedessä vuosina 1982-1992. /70-115/

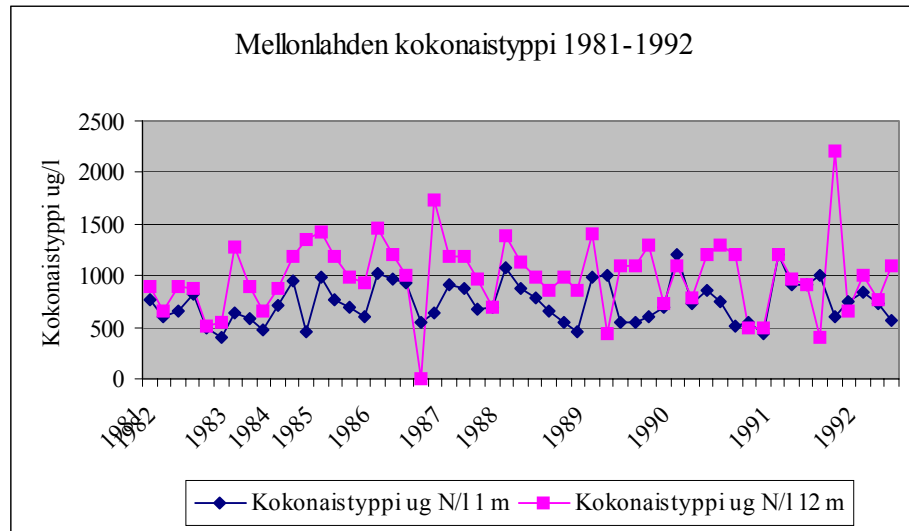


KUVIO 8 Mellonlahden veden sameuden kehitys pinta- ja alusvedessä vuosina 1998-2003. /117-123/

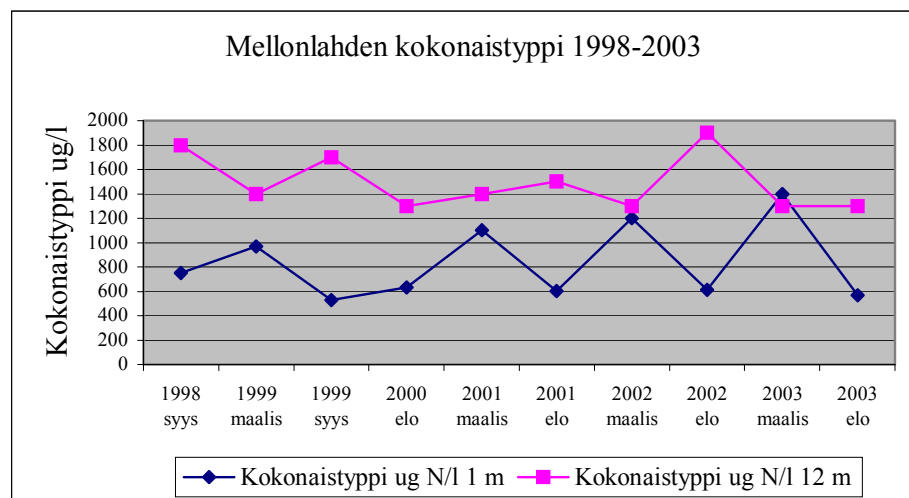
### 3.1.5 Typpi

Kokonaistypellä tarkoitetaan veden sisältämän typen kokonaismäärää. Typpi voi esiintyä vedessä kiintoaineeseen sitoutuneena tai liuenneena erilaisina yhdisteinä kuten nitraattina tai nitriittinä. Typpi on fosforin ohella vesien tuotannon ja rehevöitymisen kannalta tärkein ravinne. Tyypillisiä typpikuormituksen lähteitä ovat maa- ja metsätalous, asutuksen jätevedet, turvetuotanto ja paikallisesti teollisuuden jätevedet.

Mellonlahden kokonaistyyppipitoisuudet ovat vaihdelleet vuosien 1981-1992 välillä pintavedessä 400-1200 µg/l ja alusvedessä 410-2200 µg/l. Vuosien 1998-2003 välillä kokonaistyyppipitoisuudet ovat vaihdelleet pintavedessä välillä 530-1400 µg/l ja alusvedessä välillä 1300-1900 µg/l. Tarkkailujakson 1998-2003 aikana alusveden kokonaistyyppipitoisuudet ovat kasvaneet, mutta pintaveden pitoisuudet ovat hieman laskeneet. Kokonaistyyppipitoisuuksien perusteella Mellonlahden veden laatua voidaan luonnehtia reheväksi. /14/69-123/. Mellonlahden veden kokonaistyyppipitoisuuden kehitys on esitetty kuvioissa 9 ja 10.



KUVIO 9 Mellonlahden veden kokonaistyyppipitoisuuden kehitys pinta- ja alusvedessä vuosina 1982-1992. /69-115/



KUVIO 10 Mellonlahden veden kokonaistyyppipitoisuuden kehitys pinta- ja alusvedessä vuosina 1998-2003. /117-123/

### 3.1.6 Ammoniumtyppi

Luonnonvesissä ammoniumtyppeä on yleensä vähän. Päälysveden pitoisuudet ovat yleensä alle 30 µg NH<sub>4</sub>-N/l ja alusveden hiukan korkeampi.

Mellonlahden veden ammoniumtyppipitoisuudet ovat ajoittain hyvin korkeita. Pintaveden ammoniumtyppipitoisuudet ovat vuosina 1981-1992 välillä vaihdelleet 3-560 µg/l ja vuosien 1998-2003 9-120 µg/l. Alusveden ammoniumtyppipitoisuudet ovat vastaavasti vaihdelleet vuosina 1981-1992 5-1900 µg/l ja vuosina 1998-2003 66-1300 µg/l. Ammoniumtyppipitoisuuden suuntaus on vuosina 1981-2003 selvästi nouseva. Vesistössä näin korkeat pitoisuudet voivat aiheuttaa hapen kulutusta. /15/69-123/

### 3.1.7 Fosfori

Fosforin on todettu olevan minimiravinteena järvessä, mikäli kokonaistypen ja kokonaisfosforin suhde on suurempi kuin 17. Laskettuna vuosien 2000-2003 analyysituloksien keskiarvoilla kokonaistypen ja kokonaisfosforin suhde on

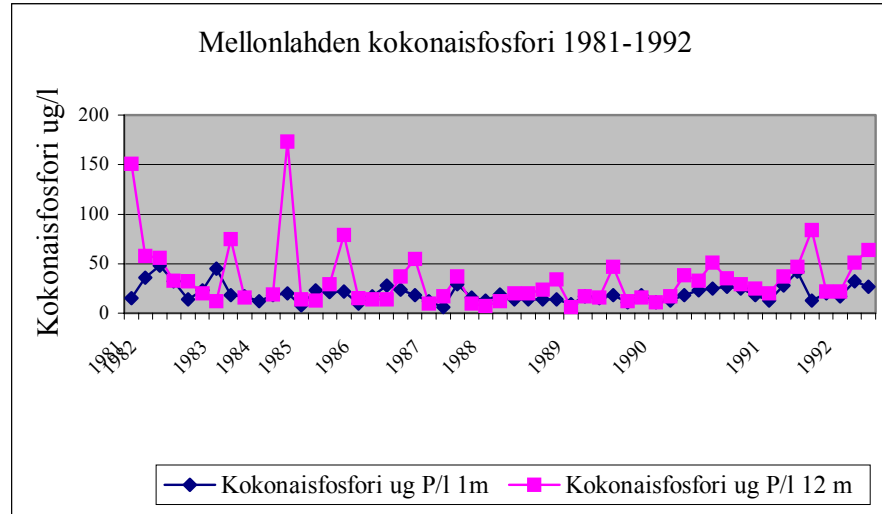
$$\frac{Kok - N}{Kok - P} = \frac{923}{17} = 53,$$

joten Mellonlahden miniravinne on fosfori. /16/

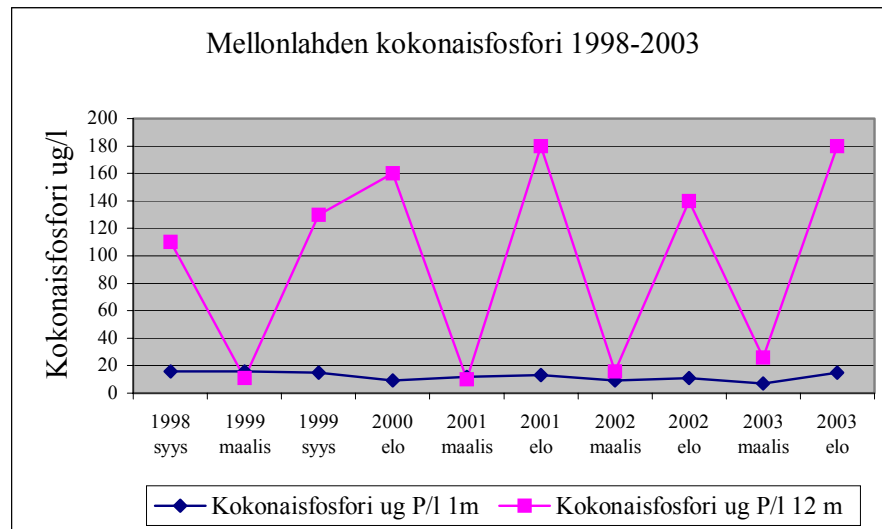
Fosfori esiintyy vesissä tavallisesti hyvin pieninä pitoisuuksina ja sitoutuneena erilaisiksi yhdisteiksi. Kokonaisfosforilla tarkoitetaan eri muodoissa olevan fosforin kokonaismäärää. Luonnonoloissa fosfori on lähtöisin fosforipitoisista kivilajeista. Ihmisen toiminnan seurauksena fosforia kulkeutuu vesiin runsaasti erityisesti maa- ja metsätaloudesta, asutuksen jätevesistä, turvetuotannosta, kalankasvatuksesta ja teollisuuden jätevesistä. Suomen sisävesien kokonaisfosforin keskiarvopitoisuus on järvissä 23 µg/l ja virtahavaintopaikoilla 60 µg/l.

Mellonlahden pintaveden kokonaisfosforipitoisuudet ovat vaihdelleet vuosien 1981-1992 välillä 6-48 µg/l ja alusveden 6-173 µg/l. Vuosien 1998-2003 välillä pintaveden kokonaisfosforipitoisuudet ovat vaihdelleet välillä 7-16 µg/l ja alusveden 11-180 µg/l. Fosforipitoisuudet ovat olleet korkeimmillaan alusvedessä silloin, kun happitilanne on ollut huono, eli loppukesinä ja loppupalvina ennen syys- ja kevättäyskiertoja. Vuosina 1998-2003 pintaveden laatuluokitus kokonaisfosforipitoisuuden mukaan on karu tai lievästi rehevä. Koska vesinäytteet on kasvukausien aikana

tutkittu loppukesästä, leväkasvusto on saattanut kuluttaa fosforin pintavedestä vähiin, eikä tulos ilmennä Mellonlahden todellista tilaa. Alusveden laatuluokitus kokonaisfosforipitoisuuden mukaan on vaihdellut karusta erittäin rehevään. /15/17/69-123/. Mellonlahden veden kokonaisfosforipitoisuuden kehitys on esitetty kuvioissa 11 ja 12.



KUVIO 11 Mellonlahden veden kokonaisfosforipitoisuuden kehitys pinta- ja alusvedessä vuosina 1982-1992. /69-115/



KUVIO 12 Mellonlahden veden kokonaisfosforipitoisuuden kehitys pinta- ja alusvedessä vuosina 1998-2003. /117-123/

### 3.1.8 A-klorofylli

A-klorofyllipitoisuus kuvaa vedessä olevan kasviplanktonin ja levien määrää, ja sitä käytetään kokonaistyyppi- ja kokonaisfosforipitoisuuksien

ohella vesistön rehevyytason arviointiin. A-klorofyllipitoisuus voi vaihdella paljon sääolosuhteiden mukaan, ja vesistön rehevyytason arvioimiseksi luotettavasti tulisi käytössä olla useita a-klorofyllimäärytyksiä. Yleensä rehevyytaso arvioidaan koko kesän keskimääräisen a-klorofyllipitoisuuden perusteella. Vähäravinteisissa vesissä a-klorofyllipitoisuus on yleensä 1-4 µg/l ja rehevissä vesissä leväkukinnan aikana yli 50 µg/l.

Mellonlahden a-klorofyllipitoisuuksia on mitattu kesinä 1987-1992 ja 1998-2003 0-2 merin syvyydeltä. Vuosina 1987-1992 kesien a-klorofyllipitoisuuksien keskiarvot ovat vaihdelleet välillä 3,7-10,4 µg/l. Keskiarvot on eri vuosina laskettu 2-5 määrittyskerrasta. Alhaisimmillaan a-klorofyllipitoisuus on ollut kesällä 1987, jolloin myös suoritettiin fosforin saostus alumiinisulfaattilla. Vuosina 1998-2003 a-klorofyllimäärytyksiä on tehty vain yhden kerran vuodessa. A-klorofyllipitoisuus on vuosina 1998-2002 ollut alhaisimmillaan 2002 elokuussa, jolloin pitoisuus oli 2,9 µg/l Korkeimmillaan a-klorofyllipitoisuus oli 1998 syyskuussa 11 µg/l. A-klorofyllipitoisuuksien perusteella Mellonlahden veden laatuokitus on lievästi rehevästä rehevään. /18/50/69-123/

### 3.1.9 Näkösyvyys

Vesien yleisen käyttökelpoisuusluokituksen mukaan erinomaisen vesistön näkösyvyys on yli 25 dm ja hyvän yli 10 dm. Mellonlahden näkösyvyyttä on mitattu vuodesta 1983 asti lähes jokaisen näytteenottokerran yhteydessä. Vuosien 1983-1992 näkösyvyyksien keskiarvo oli 21 dm, ja se vaihteli välillä 12-65 dm. Suurimmillaan näkösyvyys oli alumiinisulfaattisaostuksien jälkeen. Vuosina 1998-2003 näkösyvyys vaihteli välillä 14-47 dm ja keskiarvo oli 32 dm. 1998-2003 vuosittaisista vesinäytteistä toinen on osunut joka vuosi maaliskuulle, jolloin näkösyvyys on ollut suuri. Kasvukaudella näkösyvyys on aina ollut huomoinpmpi pysytellen kuitenkin käyttökelpoisuusluokituksen mukaan hyvän rajoissa. /51/69-123/

### 3.1.10 Kemiallinen hapenkulutus

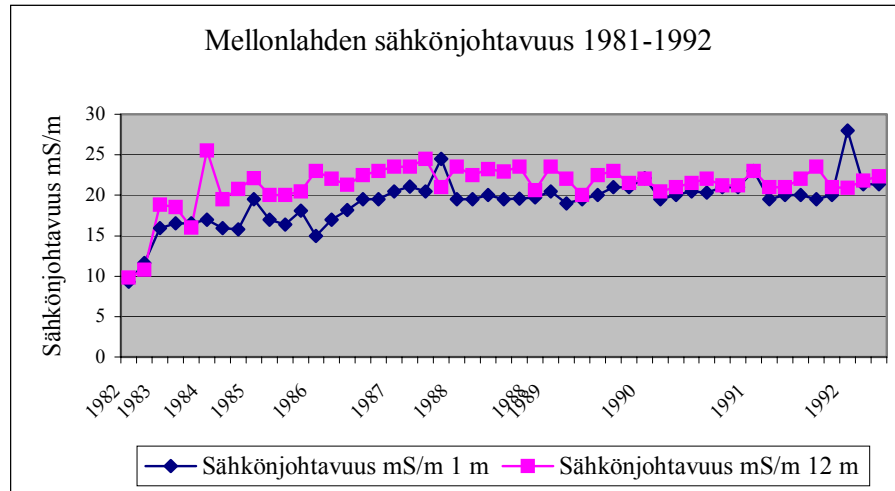
Kemiallinen hapenkulutus mittaa vedessä olevien kemiallisesti hapettavien orgaanisten aineiden määrää. Myös humusyhdisteet hapettuvat osittain COD<sub>Mn</sub>-määrittäyksessä, joten se kuvaa samalla myös veden humuspitoisuutta. COD<sub>Mn</sub>-arvot vaihtelevat valumaolojen mukaan. Mellonlahden COD<sub>Mn</sub>-arvot ovat yleensä alle 5 mg O<sub>2</sub>/l, mikä on tyypillinen arvo värittömille, vähän humusta sisältäville järville. /15/69-123/



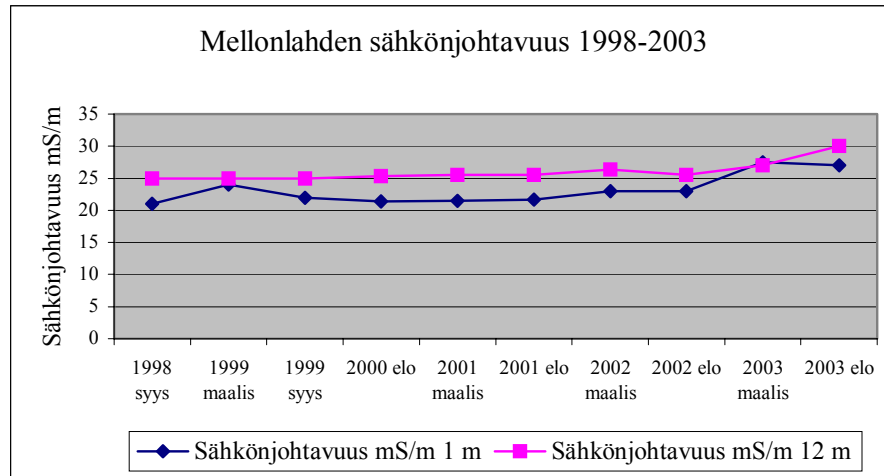
### 3.1.11 Sähkönjohtavuus

Sähkönjohtavuus mittaa vedessä olevien liuenneiden suolojen määrää. Sähkönjohtavuus on kullekin vesistölle tyypillinen suure, ja sen vaihtelut ovat pieniä. Sisävesissä sähkönjohtavuutta lisäävät lähinnä natrium, kalium, kalsium, magnesium sekä kloridit ja sulfaatit. Sähkönjohtavuutta lisäävät jätevedet ja lannoitteet. Yleisesti Suomen vedet ovat vähäsuolaisia ja sähkönjohtavuusarvot ovat välillä 5-10 mS/m. Voimakkaasti viljellyillä alueilla sähkönjohtavuus on noin 15-20 mS/m ja jätevesien sähkönjohtavuus on 15-100 mS/m. /15/ Mellonlahden sähkönjohtavuus on vaihdellut välillä 9,3-27,5 mS/m ja ollut alusvedessä yleensä pintavettä korkeampia. Sähkönjohtavuuden suuntaus on ollut koko tarkkailun ajan selvästi nouseva, mistä voi päätellä, että lahteen tulee sähkönjohtavuutta lisäävää kuormitusta.

Yksi mahdollinen sähkönjohtavuutta Mellonlahden vedessä lisäävä kuormituslähde on Meltolan vanha kaatopaikka. Kaatopaikkavesien sähkönjohtavuudet ovat yleensä korkeita. Myös Meltolan vanhan kaatopaikan pintavedestä on mitattu korkeita sähkönjohtavuusarvoja. /15/69-123/. Korkeisiin sähkönjohtavuusarvoihin voi olla syynä myös hitaan vedenvaihtuvuuden vuoksi veteen kerääntyneet sähkönjohtavuutta lisäävät aineet. Ainakin hulevesien mukana Mellonlahteen on tullut tiesuolauksesta peräisin olevaa kloridia. Mellonlahden veden sähkönjohtavuuden kehitys on esitetty kuvioissa 13 ja 14. Veden sähkönjohtavuusarvot ovat kasvaneet jatkuvasti patoamisen jälkeen.



KUVIO 13 Mellonlahden veden sähkönjohtavuuden kehitys pinta- ja alusvedessä vuosina 1982-1992. /70-115/



KUVIO 14 Mellonlahden veden sähkönjohtavuuden kehitys pinta- ja alusvedessä vuosina 1998-2003. /117-123/

### 3.1.12 Ulosteperäiset bakteerit

Ulosteperäisen kuormituksen indikaattoreina käytetään fekaalisia kolibakteereja ja fekaalisia streptokokkeja. Jätevesien lisäksi myös kaupunkialueiden hulevesissä saattaa olla näitä bakteereja. Hyvässä uimavedessä on alle 100 kpl/dl fekaalisia kolibakteereita tai fekaalisia streptokokkeja. Huonossa uimavedessä näitä on yli 1000 kpl/dl. Mellonlahden vesi on yleensä hygieenisesti hyvälaatuista. Usein vesinäytteissä ei ole ollut ollenkaan ulosteperäisiä indikaattoribakteereita ja yhtä poikkeusta lukuun ottamatta niitä on ollut alle 100 kpl/dl sekä pinta- että alusvedessä. /15/69-123/

## 4 AIKAISEMMIN TEHDYT TUTKIMUKSET JA KUNNOSTUSTOIMENPITEET

### 4.1 Sedimenttitutkimus talvella 1985

Saimaan vesiensuojeluyhdistys teki sedimenttitutkimuksen Mellonlahdella talvella 1985. Vesi-Eko Oy analysoi Saimaan vesiensuojeluyhdistykseltä saatuja tuloksia. Kummallakin näytteenottokerralla näytepisteet olivat lahden pääsyvänteen pohjalla. Tutkimuksissa eri näytteenottokerroilla pintasedimenttien laadut poikkesivat kuitenkin toisistaan mustan sulfidikerroksen paksuuden, kuiva-ainepitoisuuden ja orgaanisen aineen pitoisuuden suhteen.

Sedimenttikartoituksesta ilmeni, että Mellonlahti on osittain aivan kovapohjainen ja sedimentit olivat hyvin silttipitoisia. Orgaanista ainetta oli vähän. Sedimentti oli muuttunut sulfidin vaikutuksesta mustaksi, mikä

ilmensi vakavaa hapenpuutetta. Sulfidisedimenttiä Mellonlahdessa oli aivan sedimentin pinnassa ohut kerros, ja se rajoittui pääsyvänteen noin 1,5 hehtaarin alueelle. Tulosten perusteella näytti siltä, että sulfidisedimentin synty Mellonlahdessa oli varsin uusi ilmiö vuonna 1985, joten on mahdollista, että sitä on syntynyt vasta patoamisen jälkeen alusveden hapettomuuden seurauksena. Sedimentin hapenkulutusta mitattiin sekä BOD<sub>7</sub>-kokein että 33 d:n hapenkulutuskokeella. Sedimentin pinnan hapenkulutus oli suuri pääsyvänteessä, jossa oli myös mustaa sulfidisedimenttiä. Suurimmillaan BOD<sub>7</sub> oli syvänteen syvimmissä kohdassa, ja se aleni heti pintasedimentin alapuolella. Muissa näytepisteissä BOD<sub>7</sub> oli melko pieni. /19/

Näytteistä tehtiin myös kolme erilaista fosforin vapautumiskoetta. Tulokset olivat vaihtelevia ja niiden tulkinta oli vaikeaa. Kahden kokeen tulosten perusteella fosforia ei vapautuisi juuri ollenkaan. Yhdessä kokeessa, jossa sedimentti tehtiin täysin hapettomaksi, fosforia vapautui selvästi kahta muuta koetta enemmän. Tulosten perusteella arveltiin, että syvänteen pisteen vähäinen fosfori voisi ilmaista vähäistä fosforinpidätyskykyä. /19/

Selvityksen perusteella arveltiin, ettei pohjasedimentin ruoppaukseen vielä ole riittäviä perusteita. Sedimentti ei ollut erityisen huonokuntoinen, mutta pinnalle syntynyt sulfidikerros kieli huonommaksi muuttuneesta tilanteesta. /19/ Vuoden 1985 sedimenttitutkimuksen jälkeen erillistä selvitystä sedimentin tilasta ei ole tehty. Koska tämän jälkeen Mellonlahden syvänteissä on ollut aika ajoin vakavaa hapettomuutta, voidaan olettaa, että sedimentin laatu on huonontunut vuodesta 1985.

#### 4.2 Alumiinisulfaattisaostus vuosina 1986 ja 1987

Mellonlahden fosforipitoisuuden ja leväbiomassan pienentämiseksi levitettiin 14 tonnia ANSU II –alumiinisulfaattia Mellonlahden jälle huhtikuussa 1986. Alumiinisulfaatin määrä vesikuutiometriä kohden oli keskimäärin 15 g. Saostus toistettiin vuonna 1987 toukokuun alussa lauttalevityksenä, jolloin alumiinisulfaattia levitettiin noin 30 tonnia. Tällöin alumiinisulfaatin määrä vesikuutiometriä kohden oli noin 32 g.

Huhtikuussa 1986 toteutettu alumiinisulfaattisaostus alensi hieman COD<sub>Mn</sub> –pitoisuuksia. Se myös hidasti, mutta ei estänyt fosforin vapautumista pohjalietteestä. Kokonaisfosforipitoisuus oli ennen saostusta kesällä 1985 ja saostuksen jälkeen kesällä 1986 päällysvedessä lähes sama, 20-25 µg/l. Saostuskäsittely ei myöskään vaikuttanut toivotusti veden näkösyvyyteen, vaan se oli myös kesällä 1986 varsin alhainen edellisen vuoden tapaan.

Toukokuussa 1987 tehdyn alumiinisulfaattikäsittelyn jälkeen Mellonlahden näkösyvyys kohosi enimmillään 3,0 metriin. Elokuun loppuun mennessä näkösyvyys laski kuitenkin 2,0 metriin. Kesäkiesällä

näkösyvyys oli silti noin metrin suurempi kuin vuonna 1986. Vuonna 1987 tehty alumiinisulfaattisaostus vaikutti jonkin verran alusveden hapenkulumisnopeuteen. Kesällä 1987 hapenkulumisnopeus oli hieman pienempi kuin kesinä 1985 ja 1986. Myös alusveden happipitoisuus kesällä 1987 oli keskimäärin 2 mg/l suurempi kuin edellisenä vuonna. Kuitenkin 12 metrin syvyydessä pohjalietteen pinta muuttui myös elokuussa 1987 hapettomaksi. Päällysveden sähkönjohtokyky oli vuonna 1987 noin 2 mS/m korkeampi kuin vuonna 1986.

Vuonna 1987 Mellonlahden veden väri oli erittäin alhainen, keskimäärin 7 mg Pt/l edellisvuosien tapaan. Alumiinisulfaattisaostus pienensi hieman myös keskimääräisiä COD<sub>Mn</sub>-pitoisuuksia. Touko-kesäkuussa typpipitoisuudet olivat keskimäärin 200 µg/l pienempiä kuin vuonna 1986. Elokuussa kokonaistyyppipitoisuus oli kuitenkin noin 100 µg/l suurempi kuin edellisenä vuonna.

Ennen alumiinisulfaattisaostusta Mellonlahden päällysveden kokonaisfosforipitoisuus oli 20 µg/l. Kuukauden kuluttua saostuksesta päällysveden kokonaisfosforipitoisuus oli laskenut pitoisuuteen 6 µg/l. Kesä-heinäkuussa Mellonlahden päällysveden keskimääräinen kokonaisfosforipitoisuus oli 10 µg/l ja alusveden 11 µg/l. Elokuussa päällysveden kokonaisfosforipitoisuus nousi kuitenkin pitoisuuteen 20 µg/l eli lähes samalle tasolle kuin vuonna 1986. Alusveden kokonaisfosforipitoisuus nousi pitoisuuteen 40 µg/l. Syystäskierron sekoittaessa vesimassan keskimääräinen kokonaisfosforipitoisuus oli noin 15 µg/l. Alumiinisulfaattisaostuksen jälkeen vuonna 1987 päällysveden keskimääräinen kokonaisfosforipitoisuus oli kesä-heinäkuussa noin 13 µg/l ja elo-syyskuussa noin 5 µg/l pienempi kuin edellisenä vuonna. Tuottavan vesikerroksen keskimääräinen a-klorofyllipitoisuus oli noin 5,6 µg/l pienempi kuin vuonna 1986. Alumiinisulfaattisaostuksen yhteydessä otettujen vesinäytteiden analyysituloksia on esitetty liitteessä 5.

Tulosten perusteella alumiinisulfaattisaostus alensi Mellonlahden fosfori- ja klorofyllipitoisuuksia sekä lisäsi näkösyvyyttä alku- ja keskikesällä 1987. Vuonna 1987 sadanta oli kuitenkin runsasta elokuussa, mikä nosti Mellonlahden päällysveden kokonaisfosforipitoisuuden samalle tasolle kuin se oli vuonna 1986. Myös klorofyllipitoisuudet kasvoivat ja näkösyvyys heikkeni. Veden sameus ei alentunut pysyvästi alumiinisulfaattisaostuksen jälkeenkään. Näistä seikoista johtuen alumiinisulfaattikäsittelyä ei toistettu vuonna 1988. Tulosten perusteella vaikutti kuitenkin siltä, että veden fosforipitoisuus ja sameus ovat toisistaan riippuvia. /23/144/

#### 4.3 Työryhmän ehdotukset Mellonlahden vedenlaadun parantamiseksi vuosina 1988-1990

Imatran Vihreät –valtuustoryhmä teki vuonna 1988 aloitteen Mellonlahden veden laadun parantamiseksi. Aloite sisälsi huolenilmaisun

Mellonlahden veden rehevöitymisestä ja myrkynvihreästä väristä. Aloitteessa esitettiin ratkaisuksi lahden veden laatuongelmiin padon purkamista, jolloin lahden vesi pääsisi normaaliin yhteyteen Vuoksen veden kanssa. Padon purkaminen mitätöisi kuitenkin sen rakentamiselle alunperin asetetut tavoitteet Mellonlahden virkistyskäytön parantamiseksi.

Aloitteen johdosta Mellonlahden tutkimus- ja toimenpideohjelman laatimiseksi nimettiin erillinen työryhmä. Työryhmän selvityksessä mainittiin veden laatua heikentävinä tekijöinä sameus ja ravinteet. Vesi ei esimerkiksi täyttänyt uimaveden turvallisuusvaatimuksia näkösyvyyden suhteen. Lisäksi vesi oli epäsiistin ja vastenmielisen näköistä. Sameuden perussyynä työryhmä piti lahden alhaisesta happipitoisuudesta johtuvaa ravinteiden, pääasiassa fosforin, liukenemista pohjasedimentistä ja tämän aiheuttama leväkasvuston kiihtyminen. /21/

Työryhmä esitti vedenlaadun parantamiseksi seuraavia toimenpiteitä:

- Koeohjelma, jossa minimikustannuksin ilman suuria perushankintoja testataan ilmastusta veden laadun kunnostusmenetelmänä.
- Ilmastuskokeilun tuloksen perusteella päätetään pysyvän ilmastuksen järjestämisestä vuonna 1990. Ilmastuskokeilun kustannukset ovat noin 15 000 mk ja pysyvän ilmastuksen hankintakustannus on noin 130 000 mk.
- Ulkoisen hajakuormituksen pienentämiseksi laaditaan etelä- ja länsiosien valuma-alueelle ojitussuunnitelmat ja rakennetaan ojasto. Ojitussuunnitelmat laaditaan vuoden 1989 aikana ja rakentaminen tapahtuu talvella 1990. Ojaston rakentamiskustannukset ovat noin 80 000 mk. /21/

Virkistyskäyttömahdollisuutena tuli esille veden laadusta riippumattomana muun muassa luontopolun rakentaminen.

Työryhmän esityksestä toteutettiin ilmastus- tai hapetuskokeilu vuosina 1990-1991. Pysyvää ilmastinta tai hapetinta ei kuitenkaan hankittu. Osa Mellonlahden eteläpuolisista ojista johdettiin laskemaan Vuoksen suuntaan. Mellonlahden alueelle rakennettiin opastettu luontopolku vuonna 2000. /21/

#### 4.4 Ilmastus

Mellonlahden ilmastus- tai hapetuskokeilu on ollut käynnissä vuosina 1990-1991. Hapetuskokeilun tuloksista ei löydy dokumentteja. Suunnitelmien perusteella todennäköisesti käytössä on ollut joko Mixox-menettelmän tyyppinen ilmastin tai Listem-hapetin. Mixox-menettelmässä hyvähappista päällysvettä johdetaan alusveteen, kun taas Listem-menettelmässä ilmaa siirretään suoraan paineella alusveteen. Kokeilulla ei kuitenkaan saatu toivottuja tuloksia, sillä esimerkiksi kesällä 1991

happipitoisuudet alusvedessä olivat hapetuksesta huolimatta erittäin alhaisia. Talviaikaiset happipitoisuudet pysyivät hyvinä, mutta fosforin sitoutumista sedimenttiin hapetus ei edistänyt. Pysyvää ilmastinta tai hapetinta Mellonlahdelle ei kokeilun perusteella hankittu. Kokeilussa ilmastin tai hapetin saattoi olla väärin mitoitettu tai käytön aikana saattoi olla muita teknisiä ongelmia. /22/109-111/

Myös vedenlaaturaporttien tuloksista voidaan osittain päätellä, että ilmastus- tai hapetuskokeilu oli käynnissä vuosina 1990-1991. Vedenlaatutiedot näkyvät liitteessä 4. Tällöin alusveden hapen kyllästysaste alimmillaankin elokuussa 1990 oli 12 metrin syvyydessä 25 %, kun se muina vuosina samana ajankohtana on ollut 0-8 % vuosia 1982 ja 1988 lukuun ottamatta. Myös vesimassan lämpötiloista voi havaita kokeilun vaikutukset. Vuonna 1989 vesimassa oli lämpötilakerrostunutta täyskiertoajankohtia lukuun ottamatta. Vuonna 1990 vesimassa oli koko vuoden ajan tasalaatuista lämpötilaltaan. Myös vuonna 1991 hapetus- tai ilmastuskokeilu riitti purkamaan lähes täysin lämpötilakerrostuneisuuden. Syvänteen pohjalla 11-12 metrin syvyydessä kerrostuneisuutta oli kuitenkin havaittavissa. Vuonna 1992 Mellonlahti oli jälleen termisesti kerrostunut, mistä voidaan päätellä, että ilmastus- tai hapetuskokeilu oli jostain syystä lopetettu. /97-115/

Alusveden hapettaminen nosti happipitoisuuden talvella 1991 hyväksi, mutta kesällä vaikutus jäi yllättävän heikoksi. Muun muassa kesällä 1991 Mellonlahden alusvesi oli hapetonta. Hapetus ei vaikuttanut havaittavasti alusveden fosforipitoisuuteen. Jostain syystä heinä- ja elokuussa 1991 hapen kyllästysasteet alusvedessä olivat vain 7 ja 0 %. /23/97-115/

## 5 MELLONLAHDEN TILAAN VAIKUTTAVAT SYYT

### 5.1 Ulkoinen kuormitus

Mellonlahteen tuleva ulkoinen kuormitus on pääasiassa hajakuormitusta. Mahdollinen pistemäisen kuormituksen aiheuttaja on Meltolan entinen kaatopaikka, mutta sen vaikutusta Mellonlahden tilaan ei nykytiedoilla pystytä osoittamaan. Valuma-alueen kiinteistöt kuuluvat viemäriverkostoon, tosin syksyyn 1981 asti Mellonlahteen johdettiin parin sadan kiinteistön jätevedet ja 1980-luvun puoliväliin asti vielä muutaman kiinteistön jätevedet. Alueella ei ole toimivaa maataloutta eikä teollisuutta, joiden jätevedet aiheuttaisivat kuormitusta.

Mellonlahden suurimmat ulkoisen kuormituksen aiheuttajat ovat lähialueen tiestön ja pientaloasutuksen hulevedet. Metsätalous on aikaisemmin ollut suuri lahtea kuormittava tekijä. Mellonlahden rannan tuntumassa sijaitsevaa mäntyjen ja kuusien siemenviljelmää on menneinä vuosikymmeninä lannoitettu, mutta viljelmän aiheuttama kuormitus on

vähentynyt lannoituksen loputtua. Myös osa siemenviljelmältä tulevista valumavesistä on johdettu pois Mellonlahdelta.

### 5.1.1 Meltolan vanha kaatopaikka

Mellonlahdesta noin 600 metriä idän ja lounaan väliseen suuntaan sijaitsee Mellonmäki, jossa on ollut laskettelurinne. Mellonmäen juurelle Meltolan kylään perustettiin vuonna 1951 kaatopaikka Imatrankosken kaatopaikaksi lähialueen asukkaiden vastustuksesta huolimatta. Kaatopaikka on toiminut enimmäkseen yhdyskuntajätteen kaatopaikkana. Kaatopaikalle vietiin läheisen asutuksen sekä Ovakon terästehtaan talousjätteitä. Ilmeisesti Ovakon terästehtaan teollisuusjätteitä Meltolan kaatopaikalle ei viety, mutta muuta teollisuusromua ja jättepuuta sinne ainakin vietiin. 1960-luvulla kaatopaikalle kiellettiin viemästä sakokaivolietettä, käymäläjätteitä ja muita nestemäisiä jätteitä. Lähialueen asukkaat valittivat kaatopaikan aiheuttamista haitoista useaan otteeseen muun muassa lääkintöhallitukselle. Russakkaongelman vuoksi kaatopaikka poltettiin rakennustoimiston toimesta ainakin kerran. Ilmeisesti kaatopaikalla oli satunnaisesti myös muita tulipaloja. Kaatopaikka suljettiin lopulta 1970-luvulla, mutta sulkemista ei ole toteutettu nykyisten vaatimusten mukaisesti, vaan jätepenkka on ilmeisesti vain peitetty maaineiksilla ja maisemoitu. /25/26/28/

Meltolan entinen kaatopaikka on merkittävä uhka pohjaveden laadulle, sillä se sijaitsee välittömästi pohjaveden varsinaisen muodostumisalueen vieressä. Kaatopaikalla ei ole erillisiä tiiviitä pohjarakenteita päästöjen rajoittamiseksi, vaan jätteet on sijoitettu suoraan suoperäiselle maaperälle. Myös Mellonlahti sijaitsee osittain samalla pohjavesialueella. Alueen pohjavesikartta on liitteenä 6. On mahdollista, että Mellonlahden lähteiden vesi on samaa pohjavettä. Lähiseudun lähteiden veden käyttökelpoisuutta on tutkittu tavanomaisin analyysien. Mellonlahden lähteistä ei ole otettu näytteitä. Muuta säännöllistä tarkkailuohjelmaa alueen pohjavedellä ei ole, huolimatta siitä, että alue on luokiteltu I-luokan pohjavesialueeksi. Meltolan entisen kaatopaikan alueelle on tehty pohjaveden tutkimussuunnitelma vuonna 1997. /25/26/28/

Kaakkois-Suomen ympäristökeskuksen tekemässä maaperän ja pohjaveden riskikartoituksessa Meltolan entinen kaatopaikka on priorisoitu 1-luokkaan. 1-priorisointien kohteiden osalta tulee aloittaa selvitykset maaperän ja pohjaveden saastuneisuuden selvittämiseksi sekä kohteen kunnostamiseksi. Riskikartoituksen mukaan kunnan ympäristönsuojeluviranomaisen tulee valvoa, että kohteiden tutkimus ja kunnostustoimien suunnittelu toteutuu. /27/

Meltolan vanhan kaatopaikan valumaojat

Meltolan vanhan kaatopaikan ympäristön ojia tutkittiin maastokäynnillä 18.7.2003. Kaatopaikalta lähtevät ojat laskivat pääsääntöisesti kaatopaikan eteläpuolelle ja kerääntyvät lammikoksi. Lammikosta pois päin ei ole näkyvää virtausta. Osa vedestä saattaa kuitenkin päätyä Mellonkadun sadevesiojaan, joka on yhteydessä Viipurintien sadevesiojaan. Viipurintieltä sadevesiojat laskevat suoraan Mellonlahteen. Maasto viettää Mellonkadulla hieman länteen, joten suurimmaksi osaksi vedet valuvat pois päin Mellonlahdesta Lampsinjokeen. Ojien virtaussuunnat olivat kuitenkin vaikeita havaita, koska kuivuuden vuoksi sadevesiojissa ei ollut yhtään vettä. Ojat tulisi tutkia paremmin sellaisena ajankohtana, jolloin vettä olisi enemmän, kuten lumien sulamisen jälkeen, jotta kaatopaikalta tulevien pintavesien virtaussuunta voitaisiin tarkemmin selvittää. Liitteessä 7 on esitetty Meltolan vanhan kaatopaikan valumaajat ja niiden mahdolliset yhteydet Mellonlahteen laskeviin ojiin.

Vanha kaatopaikka sijaitsee Mellonmäen luoteis- ja länsiosissa, ja suurin osa pintavesistä laskee ojien kautta läheiseen Lampsinjokeen. Myös Lampsinjoen veden laatu on ollut huono. Maaliskuussa 2003 Lampsinjoen vesi oli tummaa, sameaa, ravinnepitoisuuksiltaan rehevää ja hygieeniseltä laadultaan välttävää. /29/ Lampsinjoen analyysitulokset vuosilta 2002 ja 2003 on esitetty liitteessä 8.

Mellonmäen kaatopaikan puolelta ei ole suoraa pintavesiyhteyttä Mellonlahteen. Koska tutkimusajankohtana ojissa ei ollut vettä, täyttää varmuutta vesien valumissuunnasta ei ole. Joka tapauksessa ainakin Mellonmäen idän ja kaakonpuoleiset pintavesiojat päätyvät osittain Mellonlahteen. On siis mahdollista, että myös Mellonlahti kuormittuu entiseltä kaatopaikalta tulevasta suotovesistä. Mellonlahden entiseltä kaatopaikan alueelta on tutkittu pintavesiä SAMAJA-projektin yhteydessä vuonna 1994.

#### SAMAJA-projekti

Saastuneiden maa-alueiden kartoituksessa eli SAMASE-projektissa selvisi, että Kymen vesi- ja ympäristöpiirin alueella oli useita saastuneiksi epäiltyjä ja todettuja kohteita, jotka sijaitsevat tärkeillä tai pohjaveden ottoon soveltuvilla pohjavesialueilla. Kymen vesi- ja ympäristöpiirissä käynnistettiin alustavat tutkimukset pohjaveden silloisen laadun selvittämiseksi. Projekti nimettiin SAMAJA-projektiksi. Tarkoituksena oli selvittää ne kohteet, jotka aiheuttivat pohjaveden pilaantumisvaaran, ja pohjustaa jatkotutkimuksia ongelmallisiksi osoittautuville kohteille.

Imatran Meltolan entinen kaatopaikka oli mukana tutkimuksessa kohteena, joka SAMAJA-projektin luokituksen mukaan ei uhkaa pohjavesialuetta, mutta saattaa paikallisesti vaarantaa pohjaveden käytön tai uhkaa saastuttaa läheisiä pintavesiä. Meltolan entisen kaatopaikan aiheuttama saastumisuhka koski luokituksen mukaan sekä pinta- että pohjavettä. /25/



## SAMAJA-projektin tutkimustulokset

Meltolan entiseltä kaatopaikalta ei saatu suunnitelman mukaisesti pohjavesinäytettä, koska näytepisteen pohjavesiputki (Hp-putki Ø 20 mm) oli liian pieni, eikä käytössä ollut näytteenotin mahtunut putkeen. Pintavesinäyte otettiin lammesta, joka sijaitsi kuntoradan vieressä kaatopaikan eteläpuolella. Pintavesinäyte otettiin jäähän tehdystä reiästä kauhaottimella.

Tutkimustulosten mukaan Meltolan entisen kaatopaikan pintavesi, joka on kaatopaikan suotovettä, osoittautui laadultaan erittäin huonoksi. Muun muassa typpi-, fosfori-, alumiini-, rauta- ja mangaanipitoisuudet olivat korkeita. Tutkimustulosten tarkastelussa mainittiin, että Meltolan vanhan kaatopaikan suotovedet ovat niin huonolaatuisia, että vesi tulisi puhdistaa ennen pintaveden sekoittumista. /25/. Kaikki SAMAJA-projektin Meltolan kaatopaikan vesinäytteiden tutkimustulokset on esitetty liitteessä 9.

**Typipitoisuus.** Meltolan entisen kaatopaikan pintavesinäytteessä typpeä oli niin paljon, että vesi tulisi puhdistaa ennen kuin sen annetaan sekoittua pintaveden. /25/

**Raskasmetallit.** Meltolan entisen kaatopaikan mitatut raskasmetallipitoisuudet eivät olleet selvityksen mukaan hälyttävän suuria. Kadmium-, lyijy- ja nikkelipitoisuudet eivät ylittäneet talousveden laatuvaatimuksia. /25/

**Muut metallit.** Meltolan entisen kaatopaikan suotovedestä mitattu alumiini oli korkea, 1300 µg/l. Talousveden laatuvaatimuksissa alumiinipitoisuuden enimmäissuositus on 200 µg/l. Laatuvaatimusten enimmäissuositus ylittyi 6,5-kertaisesti alumiinin osalta. On kuitenkin huomattava, että talousveden laatuvaatimukset eivät suoraan sovi kaatopaikan suotovesien vertailukohteeksi.

Rautapitoisuus ylitti talousveden laatusuositukset 115-kertaisesti. Meltolan entisen kaatopaikan suotovedestä mitattu rautapitoisuus oli 23 000 µg/l, kun talousveden enimmäissuositus on 200 µg/l. Myös mangaanipitoisuus oli raudan tavoin korkea, Meltolan entisen kaatopaikan suotoveden mangaanipitoisuus oli 2700 µg/l, kun sen enimmäissuositus talousveden laatuvaatimuksissa on 50 µg/l. Laatusuositus mangaanin osalta ylittyi 54-kertaisesti. /25/

**AOX.** AOX eli adsorboituvien orgaanisten halogeenien määrittämisestä ei ole olemassa talousveden laatuvaatimuksessa raja- tai enimmäissuosituspitoisuutta. Yleisesti voidaan pitää hyvän pohjaveden AOX-pitoisuutta alle 20 µg/l. Ruotsissa on esitetty tausta-arvoksi pintaveden AOX:lle 30 µg/l. Meltolan entisen kaatopaikan suotovesien AOX-pitoisuus oli 38 µg/l. /25/

**TOC.** Meltolan entisen kaatopaikan suotovedestä analysoitu TOC eli liukoisten orgaanisen hiiliyhdisteiden kokonaismäärä oli 56 mg/l. TOC:lle ei ole määritelty raja- tai enimmäispitoisuutta talousveden laatuvaatimuksissa. Talousveden laatuvaatimuksissa ja –suosituksissa mainitaan kuitenkin, että TOC-pitoisuudessa ei saa tapahtua epätavallisia muutoksia. Mikäli talousvedestä määritellään hapettuvuus ja veden jakelumäärä on alle 10000 m<sup>3</sup>/d, TOC:a ei tarvitse mitata. /25/

Pintavesinäytteet luokiteltiin niiden saastumisen perusteella. SAMAJA-projektin luokituksen mukaan Meltolan entinen kaatopaikka oli yksi pahiten saastuneista näytteenottopisteistä. /25/

### 5.1.2 Kuusien ja mäntyjen siemenviljelmä

Mellonlahden valuma-alueella sijaitsee noin 9 hehtaarin suuruinen metsätaloustaloudessa oleva Tornator Oy:n omistuksessa oleva alue, johon on 1960-luvulla perustettu kuusien ja mäntyjen siemenviljelmä. Siemenviljelmää on lannoitettu sen perustamisesta lähtien vielä 1980- ja 1990-luvuilla. /48/ Siemenviljelmän kokonaispinta-alasta noin 90 % sijaitsee Mellonlahden valuma-alueella. Kuusien ja mäntyjen siemenviljelmän sijainti näkyy liitteessä 18.

Vuosina 1980-1982 siemenviljelmän alueelle on levitetty 280 kg Puutarhan Y-lannoitetta. Vuonna 1988 Puutarhan Y-lannoitetta levitettiin 500 kg ja vuonna 1992 2360 kg. Ennen vuotta 1980 tehtyjä lannoituksia ei huomioitu tässä opinnäytetyössä, sillä niiden vaikutus Mellonlahden nykytilaan on vähäinen. Käytössä olleen Puutarhan Y-lannoitteen koostumus on esitetty liitteessä 10. /49/

Metsätalouden pääasialliset vesistöjä kuormittavat toimenpiteet ovat metsäojitukset, metsänlannoitus sekä avohakkuu. Näiden toimenpiteiden seurauksena vesistöihin kulkeutuu enemmän kiintoainetta, ravinteita, humusta ja rautaa kuin luonnontilaisilta alueilta. Valtakunnallisesti metsätalouden kuormitus on suhteellisen vähäistä, mutta paikallisesti metsätalouden toimenpiteillä voi olla hyvinkin merkittävä vaikutus vesistöjen kuormitukseen. Metsätalouden aiheuttaman kuormituksen hydrologiset vaikutukset voivat kestää 10-30 vuotta. /30/

Metsätaloustoimenpiteiden vaikutukset riippuvat toimenpidealueen laajuudesta, toimenpiteen voimakkuudesta sekä käytetystä menetelmästä. Myös alueen hydrologia, maaperä, topografia ja kasvillisuus vaikuttavat metsätalouden vesistövaikutusten voimakkuuteen. Yleensä toimenpiteiden vaikutukset huuhtoumiin ovat aluksi hyvinkin voimakkaita vähentyen ajan kuluessa. Joskus vaikutukset voivat kuitenkin olla voimakkaimmillaan vasta useita vuosia toimenpiteiden jälkeen. Eri toimenpiteiden samanaikaisuus tai perättäisyys samalla valuma-alueella voi joko voimistaa tai heikentää vesistöhaittoja. /30/

Typpilannoituksen vesistövaikutukset ovat yleensä lyhytaikaisia, vain 1-2 vuotta, mutta lannoituksen aiheuttama vaikutus on hyvin voimakas. Typpilannoitteesta vesistöön voi huuhtoutua 3-5 %. Fosforilannoitteesta saattaa huuhtoutua vesistöön 16 vuoden aikana jopa 8 %. Yleensä fosforin kohdalla käytetty huuhtoutumiskerroin 0,5-3% lannoitusmäärästä ensimmäisinä vuosina lannoituksen jälkeen. Kivennäismaassa fosforin huuhtoutuminen on vähäisempää kuin turvemaassa. Fosforia voi lannoituksen jälkeen huuhtoutua jopa 20 vuotta, tosin sen määrä vähenee jatkuvasti. /52/55/56/ Kuusien ja mäntyjen siemenviljelmän arvioitu ravinnekuormitus Mellonlahteen 1980-luvulta lähtien on fosforin osalta noin 8,5 kg ja typen osalta noin 14 kg.

Metsätalouden aiheuttama ravinnekuormitus Mellonlahteen vuonna 2003 on hyvin vähäinen. Edellisestä lannoituksesta kuusien ja mäntyjen siemenviljelmällä on kulunut yli 10 vuotta. Ravinnekuormitus typen osalta on todennäköisesti loppunut, mutta fosforikuormitusta saattaa vielä hieman päätyä Mellonlahteen.

### 5.1.3 Valuma-alueen ojat

Mellonlahdelle laskee yhteensä viisi ojaa. Neljä ojista laskee Mellonlahden etelä-lounaan puoleiselle rannalle ja yksi pohjois-luoteen puoleiselle rannalle. Etelä-lounasrannalle laskevat ojat olivat maastokäyntien ajankohtina kesällä ja syksyllä 2003 lähes kuivia. Ojat ovat ilmeisesti suurimman osan vuodesta kuivia ja virtaamaa niissä on riittävästi näyteenottoa varten vain lumien sulamisen jälkeen. Pohjois-luoteisrannalla olevan ojan vesi tulee osittain pohjavesilähteestä, ja tässä ojassa vettä on ympärivuotisesti. Mellonlahteen laskevat ojat näkyvät numeroituna liitteenä 2 olevassa kartassa.

**Oja 1.** Mellonlahden pohjois-luoteisrannan puoleisen ojan alkupää sijaitsee Viipurintien vieressä. Ojaan laskee Viipurintien hulevesien poistoputki, johon vettä tulee ainakin Viipurintieltä ja sen viereiseltä pyörätieltä. Myös Viipurintien itäpuolella oleva hulevesikaivo on johdettu Mellonlahteen laskevaan osaan. Viipurintien itäpuolella olevan ojan vedet tulevat osittain Mellonmäen länsi- ja pohjoispuolelta valuvana sadevetenä.

**Oja 2.** Noin sata metriä Mellonlahden padon eteläisimmästä päästä Mellonlahden rantaviivaa seuraten on oja, jolla ei ole suoraa yhteyttä lahteen. Ojan vedet tulevat ainakin osittain sadevesien valumana läheiseltä männyn ja kuusen siemenviljelmältä, joka on ojitettu. Vaikka kyseinen oja ei suoraan laske lahteen, on ojaveden pääsy lahteen kuitenkin mahdollista, sillä maasto viettää voimakkaasti ojan päättymiskohdasta lahden suuntaan. Männyn ja kuusen siemenviljelmällä on ainakin aikaisemmin käytetty lannoitteita ja torjuntakemikaaleja, joita on mahdollisesti päätynyt myös Mellonlahteen.

**Oja 3.** Noin 200 metriä patotieltä rantaviivaa seuraten Mellonlahteen laskee oja, jonka vedet tulevat pääasiassa sadeveden valumana Mellonlahden rannan metsästä sekä läheiseltä männyn ja kuusen siemenviljelmältä. Myös läheisten teiden, Riikolankadun ja Haikolankadun sadevesiojista ainakin osa on yhteydessä tähän Mellonlahteen laskevaan ojaan. Haikolankadun ja sitä risteävien Kiviportinkadun ja Ranssilankadun omakotitalotonteilta laskee vettä ojiin, jotka ovat yhteydessä Mellonlahteen laskevaan ojaan. Kadut näkyvät liitteenä 18 olevassa asemakaavakartassa.

**Ojat 4 ja 5.** Mellonlahden padolta noin 500 metriä lahden rantaviivaa seuraten sijaitsee oja, joka saa alkunsa Haikolankadun ja Ranssilankadun risteyksen lähetyviltä. Myös tähän ojaan tulee sadevesiä ainakin Haikolankadun sadevesiojasta sekä valumana metsäalueelta, jonka läpi oja kulkee. Noin 50 metriä tältä ojalta edelleen rantaviivaa seuraten sijaitsee vielä yksi Mellonlahteen laskeva oja. Tähän ojaan ei ole yhteydessä muita ojia, vaan ilmeisesti tämän ojan kaikki vesi tulee sadeveden valumana ojaa ympäröivästä metsästä.

Taulukossa 1 on esitetty kaikki tiedossa olevat analyysitulokset Mellonlahteen laskevista ojista. Vuonna 1985 Saimaan Vesiensuojeluyhdistyksen ojasta 1 tekemien fosforimääritysten tulokset vaihtelivat suuresti. 1.9.1985 tehdyn määrittelyn tulos saattaa olla virheellinen, mutta on myös mahdollista, että ojan 1 veden ravinnepitoisuudet vaihtelevat esimerkiksi sääolosuhteiden mukaan. /19/ Imatran kaupungin toimesta suoritettiin vuosina 1988-1989 Mellonlahteen laskevien ojien ravinnepitoisuusmäärittelyt. Tällöin ojan 1 kokonaisfosforipitoisuus oli pieni, mutta ojien 2-5 kokonaisfosforipitoisuudet olivat korkeita, jopa 700 µg/l. /6/

Vuonna 2003 ojan 1 analyysitulokset ovat keskiarvoja kahdesta eri näytteenottohetkellä ojaveden laatu oli ojan yläjuoksulla heikompi kuin alajuoksulla, jossa ojan vesi laimenee pohjavesien vaikutuksesta. /124/

TAULUKKO 1 Mellonlahteen laskevien ojien analyysituloksia vuosilta 1985, 1989 ja 2003. Ojien sijainnit on esitetty liitteessä 2. /6/19/124/

Määrittely	Oja 1 1.3. 1985	Oja 1 1.9. 1985	Oja 1 1988- 1989	Ojat 2-4 1988- 1989	Oja 1 2003
Kokonaisfosfori (µg/l)	8	148	10	300-700 ka 500	44
Kokonaistyyppi (µg/l)					2150
Sähkönjohtokyky (mS/m)		22,4			21

pH		7,4			7,4
Rauta (µg/l)		320			
Sameus FTU					17
Hygienian indikaattoribakteerit					52

#### 5.1.4 Mellonlahden valuma-alueen laskennallinen ravinnekuormitus

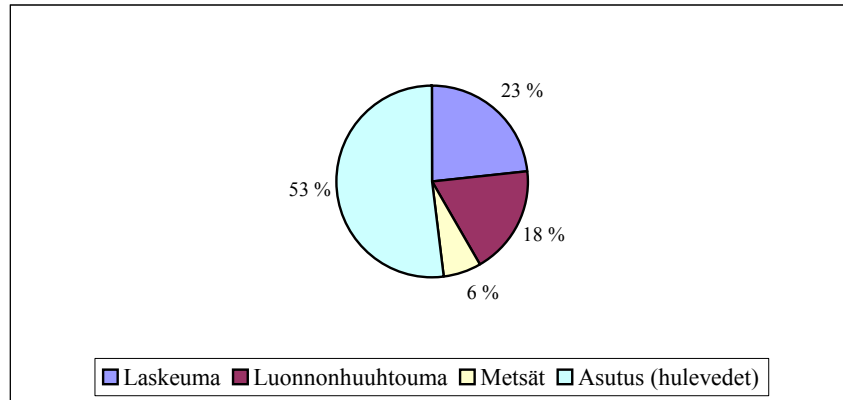
Valuma-alueen aiheuttama ravinnekuormitus on arvioitu seuraavasti:

Asutusalue (hulevedet) /24/:	Fosfori: 20 kg/a Typpi: 150 kg/a
Metsä /55/56/:	Fosfori: 2,5 kg/a Typpi: 52 kg/a
Luonnonhuuhtoma (metsäalueet vähennetty) /53/:	Fosfori: 7 kg/a Typpi: 197 kg/a
Laskeuma /54/:	Fosfori: 9 kg/a Typpi: 111 kg/a
<b>Yhteensä:</b>	<b>Fosfori n. 39 kg/a Typpi n. 510 kg/a</b>

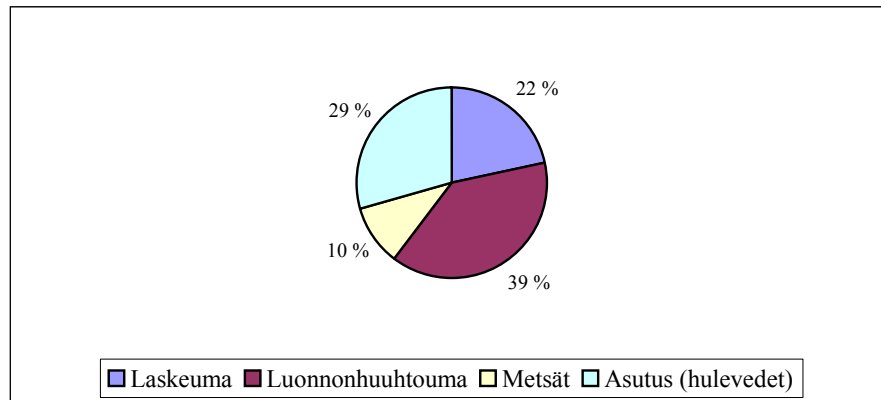
Kuormituslaskelmat on esitetty liitteessä 10.

Valuma-alueen kuormituslaskelmissa ei ole huomioitu Meltolan vanhan kaatopaikan mahdollisia vaikutuksia eikä pohjavesien vaikutuksia. Valuma-alueen aiheuttaman kuormituksen arviointiin vaikuttaa paljon laskennassa käytetyt oletusarvot. Eri lähdeteoksissa luvut eroavat toisistaan jonkin verran. Vuonna 1985 Vesi-Eko Ky arvioi Mellonlahden valuma-alueen fosforikuormitukseksi 75-110 kg/km<sup>2</sup>, mutta samalla arviota oli kommentoitu liian suureksi.

Mellonlahden arvioitu kokonaisravinnekuormitus on pieni verrattuna moniin muihin samankokoisiin järviin. Mellonlahden ongelmana on kuitenkin veden vähäinen vaihtuvuus, joten ravinteet eivät pääse poistumaan Mellonlahdesta. Myös ravinteiden sitoutuminen sedimenttiin on todennäköisesti vähäistä alusveden ja sedimentin hapettomuuden vuoksi. Valuma-alueen ravinnekuormituksen suhteelliset osuudet on esitetty kuvioissa 15 ja 16.



KUVIO 15 Mellonlahden valuma-alueen fosforikuormituksen suhteelliset osuudet.



KUVIO 16 Mellonlahden valuma-alueen typikuormituksen suhteelliset osuudet.

## 5.2 Sisäinen kuormitus

Vaikka alun perin ravinteet olisivatkin peräisin ulkopuolisista lähteistä, kutsutaan ravinteiden liukenemista sedimentistä veteen sisäiseksi kuormitukseksi. Sisäinen kuormitus sekä hapettomasta että hapekkaasta sedimentistä voi tiettyinä vuodenaikoina lisätä järven vesimassan ravinnepitoisuuksia yhtä paljon tai jopa enemmän kuin ulkoiset kuormituslähteet. Tästä johtuen ulkoisten kuormituslähteiden poistaminen ei ole aiheuttanut useissa tapauksissa toivottua veden laadun paranemista. Sisäisen kuormituksen aiheuttajia voivat olla myös pohjavesilähteet, hajoamisprosessissa olevat kasvit ja organismien toiminta. Sedimentin tilaa ja järven rehevyysastetta voidaan mitata muun muassa sedimentin ylimmän kerroksen biologisella hapenkulutuksella. BOD<sub>7</sub>:llä. Sedimentin hapenkulutuksen ollessa suuri voi happi kulua loppuun.

Mellonlahden sisäistä kuormitusta aiheuttavat ravinteet voivat osittain olla peräisin padon rakentamista edeltävältä ajalta, jolloin Vuoksen veden laatu

oli nykyistä huomattavasti huonompi ja veden ravinnepitoisuudet olivat myös merkittävästi korkeammat. Vielä 1980-luvulla paikallinen metsä- ja paperiteollisuus kuormitti Saimaan ja Vuoksen vesistöjä huomattavasti. Myös Imatran keskustan käsittelemätön jätevesi johdettiin 1980-luvun alkupuolelle asti Vuokseen noin 100 metriä virtaussuuntaan Mellonlahden yläpuolelle. Vuoksen veden laatu alkoi parantua nykyiseen laatuunsa vasta metsä- ja paperiteollisuuden tekemien jäteveden puhdistamisinvestointien jälkeen. Mellonlahden padon rakentamisen aikaan Vuoksen veden laatu oli hyvin ravinnepitoista, ja todennäköisesti Mellonlahden pohjasedimentin ravinteet ovat osittain peräisin tältä ajalta. Kiinteistöjen jätevesiä on johdettu myös suoraan Mellonlahteen, joten ravinteet voivat olla osittain peräisin myös siltä ajalta.

Padon rakentamisen jälkeen veden vaihtuvuus Mellonlahdessa on hidastunut huomattavasti, mikä on aiheuttanut myös ravinteiden pysymistä lahden alueella. Myös syvänteiden hapettomuus johtuu osittain veden virtausvaikutuksen loppumisesta ja veden vaihtuvuuden vähenemisestä padon rakentamisen jälkeen. Tutkimustietoa Mellonlahden syvänteiden happitilanteesta ennen padon rakentamista ei ole saatavilla.

## 6 MELLONLAHDELLE SOVELTUVAT ERI KUNNOSTUSMENETELMÄT JA NIIDEN KUSTANNUSARVOINNIT

Mellonlahden kunnostamiseksi on ehdotettu jopa patotien purkamista ja lahden palauttamisesta tältä osin luontaiseen tilaan. Tällöin padon rakentamisella aikaan saadut edut, kuten Mellonlahden rantojen eroosion estäminen menetettäisiin, ja padon rakentamiseen käytetyt rahat olisi heitetty hukkaan. On myös otettava huomioon, että Vuoksikaan ei ole luonnontilainen, vaan teollisuuden ja muun ihmistoiminnan vaikutuksen alainen. Padon purkaminen altistaisi Mellonlahden samoille vedenlaatu heikentäville tekijöille, jotka altistavat Vuoksea tällä hetkellä. Vaikka Vuoksen vedenlaatu on tällä hetkellä hyvä, takuita hyvästä vedenlaadusta tulevaisuudessa ei ole. Tilanne voi muuttua huonompaan esimerkiksi teollisuuden onnettomuustilanteen seurauksena.

Mellonlahdelle mahdollisesti soveltuvia kunnostusmenetelmiä ovat alusveden poisjohtaminen, vedenpinnan nosto, fosforin saostus, hapetus tai ilmastus, ravintoketjukunnostus, ruoppaus, sedimentin kunnostus järven tyhjentämisellä, sedimentin pöyhintä, sedimentin kipsikäsittely ja lisäveden johtaminen. Kunnostusvaihtoehtojen kustannukset vaihtelevat suuresti eri kohteissa.

### 6.1 Alusveden poisjohtaminen

Huonokuntoisen järven alusvettä pois johdettaessa poistuu ravinteita enemmän kuin päällysveden mukana normaalisti. Alusveden juoksutus

pienentää järven sedimentti- ja ravinnevarastoja yleensä melko vähän ja on ainoana kunnostusmenetelmänä käytettynä melko hidasvaikutteinen. Suomessa alusveden poisjohtamista on käytetty harvoin järvien kunnostusmenetelmänä. Espoon Lippajärven, Porvoon maalaiskunnan Lohijärven ja Merimaskun Taattistenjärven kunnostuksissa sitä on käytetty. Tyypillisissä tapauksissa alusvettä johdetaan putkella pois syvänteestä luusuaan, johon on rakennettu pato estämään pintavirtaus. Vesi voidaan johtaa myös padon yli joko pumppaamalla tai lappoputkella

Alusveden poisjohtamista voidaan käyttää kerrostuviin järviin, joiden alusvesi on anaerobista. Täyskiertojen aikana menetelmä ei toimi, sillä alus- ja päällysveden pitoisuuksien ero täytyy olla riittävä, jotta toivottu teho saavutettaisiin. /8/

Yleensä alusveden juoksutuksella on vain vähäinen ja riittämätön vesimassan sekä sedimentin ravinnevarastoa vähentävä vaikutus. Myös menetelmän hapetusvaikutus jää yleensä riittämättömäksi, mikäli juoksutus ei riitä murtamaan veden kerrostuneisuutta. Tällöin alusveden poisjuoksutus toimii myös hapetusmenetelmänä, jolloin myös osa fosforista varastoituu pysyvästi sedimenttiin, mikä puolestaan vähentää vesistön sisäistä kuormitusta. Alusveden poisjuoksutuksen toimivuus järven kunnostusmenetelmänä riippuu järven ja sen alusveden tilavuuden ja juoksutusvirtaaman välisistä suhteista. Myös järven tilalla ja siihen tulevalla kuormituksella on merkitystä menetelmän toimivuuteen. /8/

#### 6.1.1 Taattistenjärven kunnostus alusveden juoksutuksella

Merimaskun kunnassa sijaitseva Taattistenjärvi on 55 hehtaarin suuruinen järvi, jonka suurin syvyys on 6,2 metriä. Taattistenjärven valuma-alueen pinta-ala on 625 hehtaaria, mistä peltoa on noin 170 hehtaaria ja loput pääasiallisesti metsää. Vielä vuonna 1975 Taattistenjärven pohjoispäässä sijaitseva asuntoalueen seitsemän omakotitaloa laskivat jätevetensä kiinteistökohtaisen sakokaivon kautta järveen. Lisäksi järven koillisrannalla olleiden kahden minkkitarhan häkkien pesuvedet ja tarha-alueen sadevedet laskivat Taattistenjärveen.

Runsas ravinnepitoisuus johti järven voimakkaaseen rehevöitymiseen. Alusveden happitilanne huononi ja ravinteiden määrä lisääntyi entisestään. Kesällä 1972 paikalliset asukkaat ja huvilanomistajat panivat alulle Taattistenjärven kunnostustoimet. Kunnostusmenetelmäksi valittiin syvänteen alusveden johtaminen mereen laskevaan puroon. Alusveden poisto oli osoittautunut tehokkaaksi kunnostusmenetelmäksi esimerkiksi Puolan Kortowo-järvessä, jonka rehevyysaste oli toimenpiteen ansiosta laskenut, vaikka järven kuormitus oli samanaikaisesti lisääntynyt.

Pienen putouskorkeuden vuoksi Taattistenjärvellä ei voitu käyttää alusveden poisjohtamiseen lappoa, vaan vettä oli pumpattava. Vettä pumpattiin 1,5 m<sup>3</sup> minuutissa eli 25 l/s. Pumppaus aloitettiin kesäkuussa



1972 ja lopetettiin ensimmäisellä pumppauskaudella syyskuun lopussa. Pumpattu vesimäärä oli 100 000 m<sup>3</sup>, eli noin puolet vähähappisen alusveden tilavuudesta. Sähköenergiaa pumppaukseen kului 2200 kWh. /31/

#### Tulokset

Kun pumppaus aloitettiin kesäkuussa 1972, oli Taattistenjärven alusvesi lähes hapetonta 4,4 metrin alapuolella. Heinäkuun aikana pumppaus hidasti järven tilan heikkenemistä, mutta pumppauksella ei kyetty parantamaan järven tilaa. Elokuun puolivälissä happitilanne oli parempi kuin kesä- ja heinäkuussa ja vielä 5,5 metrin syvyydessä happea oli 58 % kyllästysarvosta. Myös alusveden ravinnepitoisuudet olivat vähentyneet. Pumppausta jatkettiin vuosittain pumppaamalla sekä kevättalvella että syyskesällä kuukauden ajan. Kuukauden mittaisella pumppausjaksolla vettä poistettiin noin 65 000 m<sup>3</sup>. Kesällä 1975 pumppausta ei suoritettu veden vähyiden vuoksi. Taattistenjärven vedenlaadun kehitystä alusveden poisjohtamisen jälkeen on esitetty liitteessä 11.

Taattistenjärven tilaa tarkkailtiin syystäyskiertojen aikana vuonna 1972 ja 1974, talvina 1973, 1974 ja 1976 sekä kesinä 1973 ja 1976. Talvituloksista voitiin havaita, että Taattistenjärvessä vallitsi alusveden pumppauksesta huolimatta edelleen happikato. KMnO<sub>4</sub>:n kulutus pysyi myös vuoden 1969 tasolla. Typpipitoisuus nousi edelleen johtuen lisääntyneestä typpilannoitteiden käytöstä järven valuma-alueella. Myös fosforipitoisuudet talvinäytteissä olivat kohonneet kunnostustoimenpiteistä huolimatta.

#### 6.1.2 Alusveden poisjohtamisen soveltuvuus Mellonlahdelle

Alusveden poisjuoksutuksen toimivuus järven kunnostusmenetelmänä riippuu järven ja sen alusveden tilavuuden ja juoksutusvirtaaman välisistä suhteista. Taulukossa 2 on esitetty eri soveltuvuuskeriteereitä, joiden perusteella on arvioitu menetelmän soveltuvuutta Mellonlahdelle. /8/

TAULUKKO 2 Alusveden poisjuoksutuksen soveltuvuuskeriteerit, ja niiden perusteella arvioitu soveltuvuus Mellonlahdelle. /8/

Soveltuvuuskeriteeri	Hyvä soveltuvuus	Huono soveltuvuus	Mellonlahti
Järven tilavuus/ Alusveden juoksutusvirtaama	<400 d	>800 d	2500 m <sup>3</sup> /d (noin 29 l/s), jotta 400 d
Alusveden tilavuus/ Alusveden juoksutusvirtaama	<400 d	>200 d	20-80 d

Alusveden juoksutusvirtaama/ Järven pinta-ala	>100 l/(skm <sup>2</sup> )	<50 l/(skm <sup>2</sup> )	25 l/s, jotta 100 l/(skm <sup>2</sup> )
--	-------------------------------	------------------------------	--

Mellonlahden pinta-ala on noin 0,25 km<sup>2</sup>, keskisyvyys noin 4 metriä ja tilavuus noin 1000 000 m<sup>3</sup>, joten Mellonlahden tapauksessa alusveden poisjuoksutusvirtaaman täytyisi olla yli 29 l/s. Kun alusveden tilavuus arvioidaan Mellonlahden syvyyden ja harppauskerroksen (5-7 m) syvyyden perusteella, saadaan alusveden tilavuudeksi 50 000-200 000 m<sup>3</sup>. Alusveden juoksutuksella 29 l/s Mellonlahden vedenpinta laskisi, joten lahteen tulisi johtaa lisävettä Vuoksesta.

Mikäli Mellonlahdesta juoksutettaisiin alusvettä 12 metrin syvänteestä virtaamalla 30 l/s, kasvaisi ravinteiden poistuma seuraavasti:

Kokonaisfosfori: noin 70 kg P/a

Kokonaistyyppi: noin 6 kg N/a

Mellonlahteen vuosittain tuleva kuormitus on arvioitu fosforin osalta olevan noin 39 kg/a ja typen osalta 510 kg/a. Alusveden juoksutuksella 30 l/s fosforin poistuma olisi näin huomattavasti suurempi kuin kuormitus, ja fosforipitoisuudet Mellonlahdessa kääntyisivät laskuun. Typen osalta tilanne ei ole näin hyvä. Alusveden juoksutuksella 30 l/s tyyppiä poistuisi vain noin 1 % Mellonlahteen tulevasta typpikuormituksesta. Useamman vuoden alusveden juoksutuksen jälkeen tyypeistä voi muodostua minimiravinne Mellonlahteen, mikäli ulkoinen kuormitus ei samanaikaisesti muutu. Arviointi Mellonlahteen tulevan ravinnekuormituksen määrästä ei ole tarpeeksi tarkka, jotta arviointi alusveden juoksutuksen vaikutuksesta Mellonlahden ravinnepitoisuuksiin olisi totuudenmukainen. Arviointia voidaan tarkentaa, mikäli saadaan lisää tietoa Mellonlahden ravinnekuormituksesta oja- ja pohjavesien ravinnepitoisuuksien määrittämisellä ja virtaamamittauksilla.

Alusveden poisjuoksutusta käytetään kunnostusmenetelmänä yleensä voimakkaasti kerrostuvissa järvissä. Mellonlahden lämpötilakerrostuneisuus on yleensä ollut voimakas sekä kesäisin että talvisin, joten tämän puolesta alusveden poisjohtaminen olisi soveltuva kunnostusmenetelmä. Mellonlahteen tuleva virtaus on kuitenkin vain 10 l/s, ja alusvettä olisi pumpattava noin 30 l/s, jotta se olisi kunnostusmenetelmänä tehokas. Mellonlahden vedenpinta laskisi alusveden poisjohtamisen seurauksena. Mahdollista olisi johtaa alusvettä pois vain sen verran kuin Mellonlahdesta luontaisestikin poistuu vettä ylivirtauskaivon kautta. Tämä vesimäärä siis korvattaisiin pintaveden sijasta hapettomalla ja ravinnepitoisella alusvedellä. Tällöin poisjohdettava vesimäärä jäisi kuitenkin Mellonlahden kunnostuksen kannalta liian pieneksi. Parempi vaihtoehto olisi ottaa korvaukseksi hapekasta ja vähäravinteisempaa vettä Vuoksesta esimerkiksi

painovoiman avulla patorakenteen läpi. Tällöin alusvettä voitaisiin johtaa pois riittävästi ja samalla veden vaihtuvuus Mellonlahdessa lisääntyisi.

Alusveden poisjuokсутusta harkittaessa Mellonlahden kunnostusvaihtoehdoksi, on myös suunniteltava, mihin pois johdettu vesi lasketaan. Vuokseen johdettaessa huonolaatuinen vesi vaikuttaisi jonkin verran myös Vuoksen veden laatuun. Tosin Mellonlahdesta poisjohdettavan veden määrä on vain 0,05-0,1 % Vuoksessa virtaavasta vesimäärästä. Todennäköisesti alusveden poisjohtamiselle tarvitaan ympäristölupa. Vaikutukset Vuoksen veteen on huomioitava erityisesti siinä tapauksessa, että Meltolan vanhalta kaatopaikalta päätyy Mellonlahteen myrkyllisiä tai vedenlaatua huomattavasti heikentäviä aineita tai yhdisteitä.

Alusveden poisjohtaminen voi olla tehokas kunnostusmenetelmä silloin, kun ravinnepitoisuuksien ero alus- ja päällysvedessä on suuri. Mellonlahdella syvänteen alus- ja päällysvedessä erityisesti kokonaisfosforipitoisuuksissa on eroja etenkin kesäkerrostuneisuuden aikana. Suurin mitattu ero pitoisuuksissa on elokuussa 2001, jolloin päällysveden (syvyys 1m) kokonaisfosforipitoisuus oli 13 µg/l ja alusveden 180 µg/l. Alusveden poisjohtamisen onnistuminen kunnostusmenetelmänä on kuitenkin epävarmaa, ja ainoana kunnostusmenetelmänä se on hidaskaikuteinen ja vähätehoinen. Mellonlahden sisäinen kuormitus saattaa olla niin suuri, että se ylläpitää rehevöitymiskehitystä huonolaatuisen alusveden poisjohtamisesta huolimatta. Jotta alusveden poisjuokсутuksen vaikutuksia Mellonlahden veden laatuun voitaisiin arvioida paremmin, tarvitaan tarkempia tietoja Mellonlahden nykyisistä virtaamista ja alusveden osuudesta koko vesimassan määrästä.

Alusveden poisjuokсутuksen kustannukset ovat hyvin tapauskohtaiset. Mikäli tilanne mahdollistaa painovoiman käytön eikä pumppausta tarvita, rajoittuvat kustannukset lapon tai padon alittavan putken hankintaan. /7/8/ Mellonlahden syvänteistä ei ole mahdollista johtaa alusvettä pelkästään painovoimalla, joten pumppaus tulisi aiheuttamaan kustannuksia. On myös mahdollista johtaa alusvettä pois alusveden ylemmästä osasta, jolloin pumppausta ei tarvita. Tällöin kunnostuksen tehokkuus erityisesti syvänteen sedimentin tilaa ajatellen kuitenkin heikkenisi ja poistuvien ravinteiden kokonaismäärä jäisi vähäisemmäksi. Joka tapauksessa alusveden poisjohtamisen yhteydessä Mellonlahteen on johdettava lisävettä Vuoksesta vedenpinnan laskun estämiseksi. Tässä tapauksessa lisävettä voisi johtaa pintaveteen, jolloin pitkää paineputkea ei tarvitse rakentaa Mellonlahden syvänteeseen. Verrattuna esimerkiksi pelkästään lisäveden johtamiseen Mellonlahteen, kustannukset alusveden poisjohtamisessa pumppauksella olisivat pienemmät, koska myös pumpattava vesimäärä olisi tällöin pienempi. Verrattuna esimerkiksi lisäveden johtamiseen, alusveden poisjuokсутuksen kustannukset ovat noin 10-20 %.

## 6.2 Vedenpinnan nosto

Järven vedenpinnan nostolla tarkoitetaan keskivedenkorkeuden tai kesävedenkorkeuden nostoa. Vedenpinnan noston tavoitteena voi olla järven käyttökelpoisuuden lisääminen, vesikasvillisuuden leviämisen estäminen tai veden laadun parantaminen. Usein vedenpinnan noston tavoitteena on myös rantojen käyttökelpoisuuden parantaminen tai laskettujen järvien ennallistaminen. Yleensä käytännössä mahdollinen vedenpinnan nosto on alle 0,5 metriä. Vedenpinnan nosto toteutetaan säännöstelypadolla tai kiinteää patoa korottamalla. Yleensä vedenpinnan noston yhteydessä muutetaan myös järven vedenkorkeuden vaihtelua. /7 s.61-64/63/

Vedenpinnan nosto rajoittaa järven umpeenkasvua. Noin 2 metrin syvyys yleensä riittää estämään vesikasvien leviämistä. Vedenpinnan nostot ovat vaikuttaneet vesikasvillisuuden selvään taantumiseen viimeistään toisen vuoden aikana vedenpinnan nostosta. Myös veden tilavuuden lisääminen järvessä usein parantaa veden laatua. Tilavuuden lisääntyminen lisää viipymää, jolloin ravinteiden sedimentaatio lisääntyy. Kesällä vedenpinnan nosto parantaa veden laatua vähentämällä aallokon aiheuttamaa pohjasedimentin sekoittumista, jolloin veden sameus vähenee. Talvella vedenpinnan nostolla pyritään suurempaan jään alla olevaan vesitilavuuteen, jolloin pohjasedimentin happea kuluttava vaikutus kohdistuu suurempaan vesimassaan ja happiolot paranevat. Samalla järven pohja jäätyy pienemmältä alueelta, ja pohjaeläimistön ja syyskutuisten kalojen mädin elinot paranevat. /7 s.61-64/63/

Vedenpinnan noston tasoon vaikuttaa yksilöllisesti järven tarpeet. Vedenpinnan noston määrään vaikuttavat myös ranta-alueiden korkeussuhteet ja käyttö. Mikäli pinnan noston johdosta veden alle jää laajoja ranta-alueita, voi vedenpinnan nostolla olla pitkän ajan huonontava vaikutus veden laatuun varsinkin jos veden alle jää viljeltyä, ravinnepitoista maata. Vedenpinnan nostosta aiheutuvat haitat ranta-asutukselle sekä maa- ja metsätaloudelle tulee estää tai sopia. Vesilain mukaan veden alle jäävä ranta-alue korvataan puolitoistakertaisena. /7 s.61-64/63/

### 6.2.1 Vedenpinnan noston soveltuvuus Mellonlahdelle ja kustannukset

Runsas vesikasvillisuus ei ole tällä hetkellä suuri ongelma Mellonlahdella. Veden sameudesta johtuen valon vähyys rajoittaa kasvillisuuden määrää. Mikäli lahden kunnostus toteutetaan, tulee veden sameus vähenemään, jolloin myös kasvillisuus saattaa ainakin aluksi lisääntyä kun veden ravinnepitoisuudet ovat vielä korkeita. Tällöin ranta-alueiden vesikasvillisuuden määrää voitaisiin rajoittaa vedenpintaa nostamalla. Mellonlahden keskisyvyys on kuitenkin noin 4 metriä ja suhteellisen pieni osa lahden pinta-alasta on riittävän matalaa vesikasvien esiintymiselle,

joten runsaasta vesikasvillisuudesta tuskin tulee suurta ongelmaa koko lahden alueella vaikka vedenpintaa ei nostettaisikaan. Vedenpinnan nostolla saattaa olla myös muita myönteisiä vaikutuksia veden laatuun vesitilavuuden kasvaessa, joten sen toteuttaminen muiden kunnostustoimenpiteiden yhteydessä voi olla kannattavaa. Toisaalta vedenpinnan nosto lisäisi myös Mellonlahden viipymää, joka on tälläkin hetkellä pitkä, eikä vedenlaatu kuitenkaan ole hyvä /149/. Mellonlahdella ei myöskään ole voimakasta aallokkoa, joka aiheuttaisi eroosiota pohjassa, joten vedenpinnan nostamisella ei saada aikaan eroosion vähenemistä.

Mellonlahden vedenpinnan nosto olisi suhteellisen yksinkertainen toteuttaa korottamalla olemassa oleva säännöstelypatoa nykyisestä korkeudesta + 43.70 esimerkiksi korkeuteen +43.80. Tällöin Mellonlahden vedenpinta nousisi 10 cm ja veden tilavuus lisääntyisi noin 25 000 m<sup>3</sup>. Mellonlahdella vedenpinnan nosto tulisi kysymykseen, mikäli Vuoksesta vettä pumpattaessa lahden vesi kirkastuisi huomattavasti. Tällöin vesikasvillisuuden määrä saattaa lisääntyä, kun valon määrän lisääntyy veden sameuden vähetessä. Mellonlahden rantojen umpeenkasvua voitaisiin näin rajoittaa melko yksinkertaisella toimenpiteellä. 10-20 cm:n vedenpinnan nosto ei suoranaisesti estä vesikasvien kasvua, mutta todennäköisesti estää vesikasvien leviämisen laajemmalle alueelle. /149/

Vedenpinnan nostojen kustannukset ovat vaihdelleet muutamasta tuhannesta markasta miljooniin markkoihin. Vesilain mukaan vedenpinnan noston yhteydessä veden alle jäävät ranta-alueen korvataan 1,5-kertaisesti ranta-alueen omistajalle. Keskimääräiset kustannukset hehtaaria kohti ovat kohteissa olleet keskimäärin noin 490 €, kun vedenpintaa on nostettu 20 cm (hintatieto vuodelta 1999). Tällä kustannustiedolla laskettuna Mellonlahden vedenpinnan 10 cm:n noston kustannukset olisivat noin 6100 €. /147/ Kappaleessa 8.1, jossa vertaillaan eri kunnostusvaihtoehtoja, on käytetty tätä hintatietoa. Kuitenkin Mellonlahden ranta-alueesta suurin osa on Imatran kaupungin omistuksessa olevaa puistoaluetta joten korvausten maksu tämän alueen osalta on kaupungin sisäisesti päätettävä asia. Mellonlahden lähiympäristön asemakaavakartta on liitteenä 18. Mellonlahden osalta kustannukset voisivat jäädä vedenpinnan noston osalta hyvinkin pieniksi, jos toimenpiteeksi riittää säännöstelypadon korotus. Ennen vedenpinnan nostoon ryhtymistä on kuitenkin selvitettävä, kestäkö nykyinen Mellonlahden pato vedenpinnan noston, vai onko patorakenteita vahvistettava. Patorakenteiden vahvistamistyöt lisäisivät vedenpinnan noston kustannuksia.

Vedenpinnan nosto lisäisi Mellonlahden vesipinta-alaa. Mellonlahden eteläranta on hyvin jyrkkä, joten veden alle jäävä maapinta-ala on siellä pieni vaikka vedenpintaa nostettaisiin useita kymmeniä senttimetrejäkin. Eniten maapinta-alaa jäisi vedenpintaa nostettaessa pohjoisrannalla ja padosta lähtevässä Kuukansaassa. Patotien lähellä sijaitsevan pieni nimetön saari olisi vaarassa jäädä veden alle tai sen pinta-ala ainakin pieneneisi huomattavasti. Mellonlahden ranta-alueen puusto on kasvanut

paikoin hyvin lähelle rantaviivaa varsinkin etelärannalla, joten puuston raivaus ennen vedenpinnan nostoa on välttämätöntä. Jos vedenpintaa nostettaisiin 10 cm, vesiraja siirtyisi enimmilläänkin alle puoli metriä. Mellonlahden ranta-alueella ei sijaitse rakennuksia, jotka olisivat vaarassa vedenpintaa nostettaessa, joten tältä osin ei tule kustannuksia. Vedenpinnan nostoon tarvitaan ympäristölupaviraston lupa /43/.

### 6.3 Fosforin saostus

Mellonlahdelle suoritettiin fosforin saostus alumiinisulfaattilla vuosina 1986 ja 1987. Fosforin saostuksella ei kuitenkaan saatu aikaan lahden tilan pysyvää muutosta parempaan. /23/

Fosforin saostus voi olla hyvä keino parantaa järven tilaa silloin, kuin ulkoinen kuormitus on saatu tehokkaasti vähenemään. Ulkoisen kuormituksen radikaalinkin vähenemisen jälkeen järven rehevyysongelmat eivät välttämättä vähene vuosikymmenienkään aikana, koska hapettomissa olosuhteissa fosfori ei poistu ravintoketjusta pohjasedimenttiin. Fosforin saostus on myös helppoa sen kemiallisen aktiivisuuden johdosta.

Fosforia saostetaan useimmiten rauta- tai alumiinisuoloilla. Rautasuolat saostavat fosforia vain hapellisissa olosuhteissa kun rauta on 3-arvoisena, joten kunnostustarpeessa olevissa järvissä, joiden happiolot ovat huonot, alumiinisuolojen käyttö on usein kannattavampaa. Rautasuoloja käytettäessä suositellaankin käytettäväksi hapetusta saostuksen ohella. Alumiinisuoloja käytettäessä on tavoitteena muodostaa  $Al(OH)_3$ -peitto pohjasedimentin ylle. Fosfori, joka muuten sekoittuisi vesipatsaaseen, sitoutuu tällöin pohjasedimenttiin. Alumiinin haittapuolena on sen happamuutta lisäävä vaikutus. Lisäksi pH:n laskiessa alle 6,0, alumiini voi olla kaloille myrkyllistä. /7/64/

Fosforin saostus soveltuu kunnostustoimenpiteeksi sellaisiin järviin, joiden ulkoinen kuormitus on vähäistä, pinta-ala mielellään alle 100 hehtaaria ja joiden viipymä on mieluiten vähintään vuosi. Myös järveen tulevan veden tulisi olla puhdasta. Jos järvi on syvä ja hyvin kerrostunut, on fosforin saostuksella paremmat onnistumismahdollisuudet järven kunnostuskeinona. /7/

Fosforin saostus ei sovellu, jos järven humuspitoisuus on korkea. Fosfori sitoutuu humuskompleksiin, eikä ole siten kemiallisesti aktiivinen. Fosforin saostus ei myöskään sovellu järviin, joiden ulkoinen fosforikuormitus on korkea, vesi on erittäin pehmeää tai veden pH on yli 9-10. Toksisen aluminaatti-ionin lisääntyminen on mahdollista, jos veden pH on hyvin korkea. /7/64/

Fosforin saostuksen onnistumiseksi käytettävän kemikaalin annostus on oltava tarkkaa. Teoriassa yhden fosforimoolin saostukseen tarvitaan yksi mooli rautaa tai alumiinia. Suhteellisten alhaisten fosforipitoisuuksien tehokkaaseen saostukseen tarvitaan kuitenkin huomattavasti suurempaa kemikaaliannostusta. Mikäli veden puskurikyky on riittävä, eikä vaaraa pH-arvon 6,0 alituksesta fosforin saostuksen yhteydessä ole, voidaan käyttää kemikaalin suurta yliannostusta, jolloin fosforin saostumisen lisäksi pohjaliete inaktivoituu. Alumiinisulfaatin tarve vaihtelee veden puskurikyvystä riippuen 10-100 g/m<sup>3</sup>. /64/

Fosforin saostuksen paras ajankohta on talvi. Kemikaalin levittäminen jäälle on huomattavasti helpompaa ja edullisempaa kuin veteen levittäminen. Loppupalvella pääosa järven fosforista on epäorgaanisena liuenneena fosforina, jolloin myös saostustulos on paras. Jäälle levitetty kemikaali painuu jään läpi nopeasti, ja järven fosforipitoisuus laskee jo ennen järven kevättäyskiertoa. /64/

### 6.3.1 Ilmijärven kunnostus fosforin saostuksella

Köyliön Ilmijärvi on pinta-alaltaan 34 ha, maksimisyvyydeltään 5 metriä ja tilavuudeltaan noin 1 000 000 m<sup>3</sup>. Ilmijärvi oli täysin rehevöitynyt ennen kunnostusta metsälannoituksen ja sisäisen kuormituksen vuoksi, ja sen kesäiset kokonaisfosforipitoisuudet olivat 60-80 µg/l. Ensimmäinen fosforin saostus tehtiin talvella 1983 alumiini- ja rautasulfaattilla. Alumiinisulfaattia levitettiin 15 g/m<sup>3</sup> ja rautasulfaattia 5 g/m<sup>3</sup>.

Saostuksen jälkeen Ilmijärven vesi oli erittäin kirkasta ja fosforipitoisuus laski 85 %. Saostuksen yhteydessä todettiin kalakuolema, mikä johtui liiallisesta alumiinisulfaatin määrästä. Riittävä määrä alumiinisulfaattia olisi ollut 8 g/m<sup>3</sup>. Kalakanta elpyi kuitenkin nopeasti.

Talvella 1985 fosforipitoisuus oli vain 13 µg/l, mutta vuonna 1986 saostuksen vaikutukset olivat enää vähäiset. Saostus uusittiin talvella 1987, jolloin alumiinisulfaattia levitettiin 5 g/m<sup>3</sup> ja rautasulfaattia myös 5 g/m<sup>3</sup>. Saostus alensi fosforipitoisuutta selvästi, mutta jo heinäkuussa fosforipitoisuus (44 µg/l) oli rehevälle järvelle ominainen. Vuoteen 1993 mennessä pitoisuudet eivät kuitenkaan nousseet kunnostusta edeltäneelle tasolle. Vasta vuosina 1994 ja 1995 kesäaikaisissa fosforipitoisuuksissa tapahtui selvää kasvua. /7/64/

### 6.3.2 Fosforin saostuksen soveltuvuus Mellonlahdelle ja kustannukset

Fosforin saostusta pidetään tietyissä olosuhteissa erittäin lupaavana menetelmänä rehevöitymistä vastaan. Myös fosforin saostuksesta ruoppauksen jälkeen on ainakin ulkomailla saatu positiivisia kokemuksia. Fosforin saostus yhdessä hapetuksen kanssa on suositeltu menetelmä

ulkomailla. Suomessa fosforin saostusta järven kunnostusmenetelmänä ja sen vaikutuksia ei ole määrätietoisesti kehitetty ja tutkittu. Tehtyjen fosforin saostusten perusteella on havaittavissa, että pysyviä vaikutuksia järven tilan paranemiseen ei yksistään fosforin saostuksella ole päästy. Saostuksen vaikutukset Suomessa suoritetuissa toimenpiteissä ovat olleet 1-3 vuotta. Suomessa menetelmän käyttöä rajoittaa vesien heikko puskurikyky, mikä estää riittävän kemikaalin yliannostuksen. Liian pienillä alumiinimäärillä suoritettujen saostusten tulokset ovat lyhytaikaisia. Veden puskurikykyä pystytään parantamaan esimerkiksi natriumalumiinaatin avulla, mutta tämä lisää kustannuksia. Lisäksi menetelmän käyttöä rajoittavat kemikaalien käyttöön liittyvä pelko, huoli kalakuolemista sekä alumiinin mahdolliset haittavaikutuksen ihmisille ja ympäristölle. /7/64/

Kunnostusmenetelmänä fosforin kemiallinen saostus on edullinen. Käytetystä kemikaalista riippuen kemikaalikäsittelyn kertakustannukset ovat noin 80 – 500 €/ha (hintatiedot vuosilta 1990 ja 1998). Mellonlahden käsittely tulisi maksamaan noin 2560 – 12500 €. /8/147/ Fosforin saostukseen tarvittavien kemikaalien käyttämiseen tarvitaan ympäristölupaviraston lupa. /43/147/

Fosforin saostus soveltuu periaatteessa kunnostusmenetelmäksi Mellonlahdelle. Koska Mellonlahden alusveden happitilanne on huono, tulisi siellä edellisten käsittelykertojen tapaan käyttää alumiinisulfaattia fosforin saostukseen. Mellonlahdella fosforin saostus kemikaalien avulla ei vaikuta kuitenkaan yksistään järkevältä hoitotoimenpiteeltä, sillä edelliselläkään kerralla, kun fosforia saostettiin alumiinisulfaatilla vuosina 1986 ja 1987, ei saatu pysyviä tuloksia aikaan. Mellonlahdella alumiinisulfaattia levitettiin 15 g/m<sup>3</sup> ja 32 g/m<sup>3</sup>, yleensä levitettävät määrät ovat 10-100 g/m<sup>3</sup>. Fosforin saostusta voisi kokeilla suuremmilla kemikaalimäärillä, mikäli Mellonlahden veden puskurikyky on riittävä. Vaarana on kuitenkin pH:n liiallinen aleneminen ja kalojen joukkokuolema. Mellonlahden arvokkaan kalakannan vuoksi fosforin saostusta ei voida suositella ensisijaiseksi kunnostusmenetelmäksi.

Mikäli ulkoinen kuormitus on jatkuvaa, ei fosforin saostuksella voida päästä pysyviin tuloksiin. Yhdessä jonkin muun kunnostustoimenpiteen kanssa voitaisiin fosforin saostusta käyttää nopeuttamaan muiden kunnostustoimien tuloksia. Yksistään fosforin saostus alumiinisulfaatilla kunnostustoimenpiteenä ei pitkällä tähtäimellä Mellonlahdella ole kannattavaa.

#### 6.4 Hapetus

Hapetuksen tarkoituksena on estää yleensä rehevöitymisen seurauksena oleva hapen puute ja parantaa sitä kautta järven tilaa. /65/ Hapetuksella turvataan vedessä ja pohjasedimentissä aerobisten kuluttaja- ja hajottajaorganismien hapensaanti ja hajotuskyky. Sitä kautta edistetään



myös hiilen ja typen tervettä kiertokulkua, mutta hidastetaan fosforin kiertoa hillitsemällä fosforin vapautumista pohjasedimentistä. Sisäinen fosforikuormitus aiheuttaa usein sen, että järven tila ei parane odotetulla tavalla ulkoisen kuormituksen vähentämisestä huolimatta. Järven tyypikiertoa hapettaminen edistää lisäämällä ammoniumtypen hapettumista ja haihtumista kaasuna ilmaan. Välittömiä vaikutuksia hapetuksella voivat olla muutokset veden kemiallisessa laadussa sekä kalojen elinympäristön paranemisena. Pitkän ajan kuluessa onnistuneella hapetuksella voidaan vaikuttaa myös järven rehevyystasoon. Hapetus on järven kunnostuksessa myös osa biomanipulaatiota, jossa ohjataan ravintoketjua ja vaalitaan eliöiden elinympäristöä. Jotta hapetuksesta olisi pitkän tähtäimen hyötyä järven kunnostuksessa, täytyy järveen tulevaa kuormitusta saada samanaikaisesti vähenemään. Muuten hapetuksella saadut hyödyt järven tilassa eivät ole pysyviä, vaan ongelmat saattavat palata hapetuksen loputtua. /7/32/65/

Suomessa yleisimmin käytettyjä hapetusmenetelmiä ovat päällysveden johtaminen alusveteen ja hapen vienti ilman ja paineilmakuplituksen avulla veteen. Muita käytössä olleita menetelmiä ovat erilaiset veden kierrätysmenetelmät, harjailmastus, Planox-ilmastus, Listemhienokuplailmastus, pintailmastukset, erilaiset kompressorit sekä Ecoxymikrokupla-ilmastus. Mikäli ilmastuksen avulla halutaan elvyttää huonokuntoisen vesistön tilaa paremmalle tasolle, tarvitaan vähintään 5-10 vuoden hapetusjakso. Hapetuksella voidaan myös lyhytaikaisena apuna estää välittömät kalakuolemat, mikäli järven happitilanteen heikkeneminen havaitaan ajoissa. /7/32/

Veden happipitoisuuden kohottamisesta seuraa muita järven kunnostukselle asetettuja tavoitteita, kuten anaerobisen toiminnan tuotteiden eli ammoniumtypen, rikkivedyn ja metaanin poistuminen, raudan ja mangaanin pitoisuuden aleneminen, rehevyyden ja leväkasvun aleneminen, hajun ja limoittumisen poistuminen sekä kalakuolemien estyminen ja kalaston tuotannon kasvu. Metaanikaasun tuotantoa vähentävä hapettaminen hillitsee pohjan ravinnerikkaita pintahiukkasia nostavaa, flotatoivaa sisäkuormitusta. Koko vesimassan tehokas sekoittuminen alentaa myös kasviplanktonin biomassaa ja lisää sinilevien vaihtumista muihin leviin. /7/32/65/

#### 6.4.1 Hapentarve ja hapetusteho

Hapentarve täytyy arvioida hapettimen vaikutusalueella. Hapenkulutuksenopeus lasketaan talvi- ja kesäkerrostuneisuuden aikaisien happipitoisuusmittauksien perusteella. Arviota korjataan happipitoisuuden, lämpötilan ja sekoituksen arvioidulla yhteisvaikutuksella. Esimerkiksi sekoitetun alusveden happipitoisuuden kohoaminen 1 mg/l:sta arvoon 4 mg/l sekä lämpötilan kohoaminen 8 °C:sta 16 °C:seen kiihdyttää hapenkulutuksen 3,4-kertaiseksi. Hapentarpeeseen vaikuttaa myös oleellisesti tavoiteltu pitoisuustaso. Tavoitetaso riippuu pitkälti

yksilöllisesti niistä ilmiöistä, mihin hapetuksella halutaan vaikuttaa sekä käytettävistä resursseista. /65/

Hapellista vettä johdettaessa pinnalta pohjalle hapetusvaikutus on laskettavissa pinta- ja pohjaveden hapen pitoisuuseroista. Sen sijaan ilmaa johtavien menetelmien hapetusvaikutus riippuu eri tekijöistä, kuten kyllästysvajauksesta, vesisyvyyden aiheuttamasta paineesta, lämpötilasta ja aikaan saatujen ilmakuplien kontaktipinta-alasta. /65/

#### 6.4.2 Päälysveden johtaminen alusveteen eli Mixox-menetelmä

Yleisin Suomessa käytössä oleva hapetusmenetelmä on Mixox-hapetusmenetelmä, jossa runsashappista päälysvettä johdetaan alusveteen järven lämpötilakerrostuneisuus säilyttäen. Alusvettä kevyempi päälysvesi johdetaan pohjalle, jossa se sekoittuu alusveteen. Tiheyseroista johtuen koko alusvesi sekoittuu tällöin. Samalla alusveden tilavuus kasvaa ja lämpötila alenee talvisin ja vastaavasti kohoaa kesäisin. Normaalisissa toiminnassa Mixox-hapetusmenetelmän energiantarve on vähäinen. Hapen ominaisiirtokyky on 5-15 kg O<sub>2</sub>/kWh. Menetelmä ei kuitenkaan sovellu talvella sellaisiin yleensä mataliin järviin, joista happi voi loppua kokonaan. /7/32/

Lähes kaikissa Mixox-menetelmää käyttävissä kohteissa on hapetus ollut käytössä ympärivuotisesti, eli hapetusta on jatkettu syystäyskiertoon ja talvihapetus on aloitettu joko ennen järven jäätymistä tai heti jäätyneen jälkeen. Keskimääräinen hapetusaika on näissä tapauksissa ollut lähes kuusi vuotta. 61 % kaikista kohteista, joissa Mixox-menetelmä on ollut käytössä, on onnistunut hyvin, tyydyttävästi tai välttävästi. 14 % hankkeista on luokiteltu epäonnistuneiksi. Epäonnistumisien syyt ovat olleet liian lyhyt hapetusaika, järven liiallinen mataluus ja rehevyys, huonolaatuinen alusvesi sekä kalaston suuri määrä. Myös hapettimen liian suuri teho ja pohjan muodon laakeus ovat olleet syinä epäonnistumisiin. /7/

Mixox-menetelmä soveltuu hyvin syviin ja kohtuullisen hyvässä kunnossa oleviin järviin. Menetelmällä ei pystytä parantamaan hyvin suuren kuormituksen vaikutusta tai vuosittaista sinileväesiintymää. Mixox-menetelmästä ei myöskään ole apua sellaisiin kohteisiin, joista happi loppuu talvisin kokonaan tai sellaisiin pieniin järviin, joiden syystäyskierto jää epätäydelliseksi. Parhaisiin tuloksiin Mixox-menetelmällä on päästy, kun järven keskisyvyys on ollut yli 6 metriä. /7/

#### 6.4.3 Tampereen Pyhäjärven hapetus

Tampereen Pyhäjärven Pyynikin syvänteen Mixox-hapetus aloitettiin 1983 kesällä. Hapetuksen kanssa samanaikaisesti paikallista jätevedenpuhdistamaa tehostettiin ja läheisten tehtaiden aiheuttamaa

kuormitusta vähennettiin. Järven happitilanteessa huomattiin selkeää asteittaista paranemista. Hapetus, ja samanaikaisesti jätevedenpuhdistamon nitrifiointi keskeytettiin tarkoituksella vuoden ajaksi vuonna 1989, jolloin järven happitilanne taantui selvästi. Tämän jälkeen hapetusta jatkettiin ja jätevedenpuhdistusta jälleen tehostettiin ammoniumia poistavaksi. Toimenpiteet paransivat happitilanteen nopeasti. Pyhäjärven hapetuksen voidaan katsoa onnistuneen, sillä sen avulla järven tila on pysynyt hyvänä. Pelkällä jätevesien nitrifioinnilla järven tilan paraneminen olisi ollut vähäistä. /7/

#### 6.4.4 Ilman tai hapen johtaminen alusveteen eli Hydixor-, Planox- tai Neutrox-ilmastus

Ilmastus perustuu järven kerrostuneisuuden purkautumiseen ja täyskierron ylläpitämiseen. Hydixor- Planox ja Neutrox-menetelmissä alusvettä nostetaan ylös ja johdetaan ilmakuplien kanssa takaisin alas. Tällöin alusvesi lämpenee pohjaa myöten samaan lämpötilaan kuin päällisvesi. Jotta vesi ei sekoittuisi, kuplat voidaan johtaa putken avulla ylös. Hydixor-menetelmästä kehitetyssä Planox-menetelmässä ilma johdetaan paineella veteen, kun taas Hydixor- ja Neutrox-menetelmissä käytetään alipainetta. Menetelmiä käytetään pääasiassa talvisin, jolloin syntyneestä täyskierrosta ei ole haittaa. /7/65/

Vesimassan sekoitus voi alentaa kasviplanktonin biomassaa, mikäli valaistus rajoittaa kasviplanktonin tuotantoa. Tämä edellyttää, että järvi on riittävän syvä valaistun kerroksen paksuuteen. Sekoitussyvyyden tulisi olla 5-10-kertainen verrattuna levättömän veden näkösyvyyteen. Matalissa, alle 10 metriä syvissä järvissä syanobakteerit eli sinilevät korvautuvat usein viherlevillä, ja kokonaisbiomassa saattaa kasvaakin. Vesimassan sekoittuessa pohjasedimentin lämpötila nousee, ja yhdessä voimakkaan veden vaihtumisen kanssa fosforia saattaa vapautua hapellisista olosuhteista huolimatta. Lisäksi veden hiilidioksidipitoisuus ja pH saattavat muuttua viherleviä suosiviksi. /65/

Suomessa tehdyistä Hydixor-hankkeista hyvin on onnistunut 60 %. Tällöin alusvesi on pystytty pitämään hapekkaana talven yli ja kalakuolemat on saatu estetyksi. Hyvin onnistuneissa Hydixor-hankkeissa järvien maksimisyvyys on ollut keskimäärin 13 metriä. Myös maksimisyvydeltään alle 5 metriä olevissa järvissä menetelmää oli käytetty onnistuneesti yhtä tapausta lukuun ottamatta. Neutrox-ilmastus oli onnistunut tyydyttävästi noin puolessa hankkeista, joissa sitä oli käytetty. /7/

#### 6.4.5 Kiteenjärven ilmastus

Kiteenjärveä ilmastettiin 1980-luvun alusta alkaen ensin Hydixor-ilmastimella ja vuodesta 1985 lähtien Planox-ilmastimella. Kiteenjärvi on

hyvin matala, pienialaista syvännettä lukuun ottamatta syvyys on alle neljä metriä. Ilmastuksella saatiin estettyä syvänteen happikadot ja järven rehevyystasoa lasketuksi jonkin verran. Myös syvänteen sedimentin pinta oli hapettunut ja siihen oli sitoutunut runsaasti fosforia. /65/

#### 6.4.6 Muut Suomessa käytetyt ilmastusmenetelmät

AIRE-O2- pintailmastinta on käytetty Suomessa ainakin viidessä kohteessa. Menetelmä soveltuu mataliin järviin niin kesä- kuin talviolosuhteissa. Pintasuuntainen sekoitusvaikutus ei sekoita pohjasedimenttiä. /7/

Listem-ilmastinta on käytetty Suomessa ainakin neljässä kohteessa. Listem-ilmastuksessa paineilmaa johdetaan alusveteen, jolloin saadaan aikaan jatkuva vesikierto pohjalta pinnalle ja lämpötilakerrostuneisuus estyy. Menetelmän on todettu sitovan fosforia pohjalietteen ja hillitsevän leväkasvua. Myös matalien järvien sisäisen kuormituksen hallintaan menetelmä on ollut tehokas. Haittapuolena on, että hajoavista levistä vapautuvat ravinteet kiertävät nopeasti valaistuun kerrokseen, ja tästä johtuen levätuotanto voi pysyä korkeana. Listem-ilmastinlaitetta on käytetty pääasiassa ympäri vuoden, mutta syystäyskierron aikana ilmastus voidaan keskeyttää energian säästämiseksi. /7/

#### 6.4.7 Hapetuksen soveltuvuus Mellonlahdelle ja kustannukset

Pysyvä hapetus todennäköisesti parantaisi Mellonlahden veden laatua. Syvänteiden alusveden ja sedimentin hapekkaana pysyminen estäisi fosforin liukenemisen sedimentistä veteen, ja vähentäisi näin sisäistä kuormitusta. Koska Mellonlahden syvänteen happitilanne on huono erityisesti kesä- ja talvikerrostuneisuuden aikana, olisi kerrostuneisuuden purkavasta ilmastus- tai hapetusmenetelmästä eniten hyötyä. Mellonlahden koko alueen happitilanteesta ei ole varmaa tietoa, sillä vesinäytteitä on otettu vain syvänteiden alueelta. Myös Mellonlahden lämpötilakerrostuneisuudesta on havaintoja vain syvänteen alueelta. Yleensä happitilanne on ollut huono vain yli 9 metrin syvyyden alapuolella, mutta tietoa lahden muun alueen alusveden ja pohjasedimentin happitilanteista ei ole.

Ilmastimen tai hapettimen mitoitusta varten lisää tutkimuksia tulee tehdä Mellonlahden happitilanteesta muilta kun syvänteiden alueilta. Väärin mitoitettun hapettimen tai ilmastimen käytöstä ei saada riittävää hyötyä. Mixox-menetelmä sekoittaa kerrostuneen vesimassan, joten onnistuminen riippuu pitkälti pintaveden happipitoisuudesta. Mellonlahden keski- ja maksimisyydyden perusteilla parhaiten soveltuu menetelmä, jossa hapetta viedään alusveteen ilman tai paineilman välityksellä. Mikäli hapetuksella tai ilmastuksella ainoana kunnostusmenetelmänä halutaan saada Mellonlahden tilaa pysyvästi paremmalle tasolle, tarvitaan ehkä 5-10

vuoden hapetusjakso. /7 s. 32-42/ Hapetukselle tai ilmastukselle ei yleensä tarvita ympäristölupaa /43/.

Mikäli Mellonlahden happitilanne havaitaan lisätutkimuksissa huonoksi vain syvänteiden alueelta, riittää ilmastus ainoastaan syvänteissä. Tehokkainta ilmastus tai hapetus olisi, jos se toteutettaisiin kummankin syvänteen alueella. Mellonlahden kummankin syvänteen pinta-ala on noin 1 ha.

Mikäli ulkoinen ravinnekuormitus Mellonlahdelle jatkuu, on alusveden hapettaminen vain väliaikainen kunnostuskeino. Kunnostuksen päätyttyä lahden huono tilanne palautuisi pian ennalleen. Hapetus on Mellonlahdelle soveltuva kunnostusmenetelmä siinä tapauksessa, että ulkoinen kuormitus saadaan vähenemään, minkä jälkeen sisäisen kuormituksen aiheuttamia rehevyysongelmia voidaan hapetuksella vähentää. Hapetusta tulee kuitenkin jatkaa todennäköisesti useiden vuosien ajan, jotta pysyviä tuloksia siltikään saataisiin aikaan. Alusveden hapetuksen lisäksi veden laadun paranemista voitaisiin nopeuttaa esimerkiksi ravintoketjukunnostuksella tai veden pinnan nostolla.

Ilmastuksen yksikkökustannukset ovat yleensä 0,1-0,4 €/happi-kg ja Mixox-hapettamisessa 0,05-0,2 €/happi-kg. Pinta-alaan suhteuttaen ilmastamisen ja hapettamisen vuosikulut ovat tyypillisesti 40-200 €/ha (hintatiedot vuodelta 2003) eli Mellonlahden tapauksessa 1000 –5000 €/a. /32/

## 6.5 Ravintoketjukunnostus

Ravintoketjukunnostuksella tarkoitetaan pyrkimystä veden laadun parantamiseen vähentämällä ylitieheitä ja vähäarvoisia kalakantoja eli yleensä särkikalaja tehokalastuksen ja petokalajien istutuksen avulla. Hoitokalastuksella taas tarkoitetaan järven kalataloudellisen arvon kohottamista, jossa tavoitteena on kalakantojen rakenteen muuttaminen. Hoitokalastuksella voidaan myös ylläpitää järven tilaa ravintoketjukunnostuksen jälkeen. /7/

Ravintoketjukunnostuksella voidaan vähentää veden leväsamennusta ja sisäistä ravinnekuormitusta. Kunnostuksessa pyritään poistamaan ylitieheä eläinplanktonia syövä ja pohjaa pöyhivä kalasto, joka estää leviä syövien vesikirppujen esiintymisen ja voimistaa sisäistä fosforikuormitusta. Tiheät särkikalakannat saalistavat valikoiden eläinplanktonia, jolloin eläinplanktonin suurikokoiset yksilöt vähenevät. Koska erityisesti suurikokoiset Daphnia-vesikirput ovat tehokkaimpia levien kuluttajia, voi kalatiheyden kasvu johtaa levien määrän lisääntymiseen. Pohjalla ruokailevat särkikalat myös siirtävät jo kierrosta poistuneita ravinteita ulosteidensa kautta takaisin levien käyttöön. Lisäksi ne sekoittavat pohjakerrostumia, mikä aiheuttaa veden samentumista ja ravinteiden liukenemista uudelleen veteen. /7/

Ravintoketjukunnostus voi olla tehokas keino järven leväsamennuksen vähentämiseksi. Kuitenkaan ravintoketjukunnostus ei ole riittävä keino järven kunnostamiseksi, mikäli muut vesistön kunnostukseen liittyvät peruseriaatteet eivät ole kunnossa. Ulkoisen kuormituksen vähentäminen on aina ensimmäinen tavoite vesistön kunnostuksessa. Jos vesistön ulkoinen tai sisäinen ravinnekuormitus on suuri, ei ravintoketjukunnostukseltaan voida odottaa nopeita ja pysyviä tuloksia. Jos levätuotanto on hyvin runsasta, ei runsastuva eläinplanktonkaan pysty pitämään sitä kurissa. /66/

Ravintoketjukunnostuksessa pyritään poistamaan riittävästi järven kalabiomassaa petokalat säästän. Kun kalabiomassaa poistetaan, poistuu samalla myös ravinteita vedestä. Sadan kilon särkisaaliin mukana vesistöstä poistuu noin 500 g fosforia. Kunnostuksen jälkeen kalabiomassaa tulisi jäädä korkeintaan 20-50 kalakiloa hehtaaria kohden. Tilanteen säilymiseksi tulisi petokaloja olla kalayhteisössä 30-40 %. Pienille ja matalille vesialueille sopivat seisovat pyydykset, kuten katiska, rysä paunetti ja verkko. Pyyntimenetelmänä verkko on valikoimaton, ja sitä käyttämällä myös esimerkiksi kuhat ja hauet joutuvat saaliiksi. Istutettavista petokalalajeista juuri hauki ja kuha ovat tärkeimpiä. Kaloja on myös mahdollista tuhota Rotenon-myrkytyksellä, mutta myrkytys tuhoaa kaikki kalalajit, ja on kallis ja erikoisluvan vaativa toimenpide. Kalojen pyyntiä täydentävä toimenpide voi olla mädin tuhoaminen kuiville nostettavien turojen avulla. Tällä toimenpiteellä ei kuitenkaan ole kovin suurta merkitystä verrattuna kalojen mädintuottokykyyn. /7/66/149/

Suurin osa suomalaisesta ravintoketjukunnostuksen soveltuvuustiedoista perustuu Lahden Vesijärven kunnostushankkeeseen. Vesijärven kunnostus on ensimmäinen toteutunut ravintoketjukunnostus Suomessa, ja sitä pidetään myös suurimpana ekologisenä kunnostuksena maailmassa. Onnistuneet ravintoketjukunnostukset ovat osoittaneet, että näkyvien tulosten aikaansaaminen edellyttää kalaston voimaperäistä vähentämistä. Ravintoketjukunnostusta voidaan pitää soveltuvana menetelmänä, jos järvessä kalaa ja levää on paljon, eläinplankton on pienikokoista, veden fosforipitoisuus on pienempi kuin 100 µg/l ja ulkoinen kuormitus ei ole liian suuri. Suomessa ja Ruotsissa tehdyissä onnistuneissa ravintoketjukunnostuksissa voidaan havaita yhteisiä piirteitä: vesistöjen koko on ollut suuri, 400-2600 ha, ulkoista kuormitusta on ennen ravintoketjukunnostusta pienennetty niin sanotun kriittisen sietokyvyn alapuolelle sekä särkikalakannoista on onnistuttu poistamaan yli 75 %. /7/66/

### 6.5.1 Vesijärven ravintoketjukunnostus

Lahden kaupungin asumajätevesien laskeminen Vesijärveen lopetettiin vuoteen 1976 mennessä, kun niiden johtaminen muutettiin Porvoonjokeen. Teollisuuden jätevesien lasku lopetettiin vuoteen 1978 mennessä.

Kuitenkin järven tilan suotuisa kehitys pysähtyi nopeasti, ja järvellä havaittiin laajoja hapettomia alueita sekä sinileväkukintoja. Vuonna 1987 Vesijärven hajakuormituksen suuruus oli 1,0 kg P/ha/a.

Vuosina 1979-1984 Vesijärven Enonselän syvännettä hapetettiin sisäisen kuormituksen katkaisemiseksi. Haitallisen korkea rehevyystaso kuitenkin säilyi, ja 1980-luvun lopulla sinileväkukinnat olivat jokavuotisia Enonselällä. Enonselän kalastolla todettiin olevan selvä rehevöittävä vaikutus.

1989-1993 Enonselältä troolattiin yli miljoona kiloa kalaa, eikä vuoden 1990 jälkeen sinileväkukintoja ole esiintynyt. Troolausten jälkeen myös näkösyvyys kasvoi, ja vuonna 1993 keskimääräinen näkösyvyys oli ensimmäistä kertaa yli 3 metriä. Enonselän fosforipitoisuudet olivat laskeneet nopeasti jätevesikuormituksen poistumisen jälkeen, mutta pitoisuudet alkoivat jälleen nousta. Vuonna 1989 ensimmäisen tehokalastusvuoden jälkeen fosforipitoisuus alkoi jälleen laskea. Elokuussa 1994 kokonaisfosforipitoisuuden keskiarvo oli ensimmäistä kertaa alle 30 µg/l. Myös klorofyllipitoisuudet ovat alentuneet vuodesta 1989 lähtien aikaisempaa voimakkaammin. Enonselän veden laadun paranemiseen on ratkaisevin merkitys ollut jätevesien laskun lopettamisella ja hajakuormituksen vähentämisellä. Tämän jälkeen ilmastus ja tehokalastus ovat auttaneet katkaisemaan sisäisen kuormituksen kierteen. /7/

#### 6.5.2 Ravintoketjukunnostuksen soveltuvuus Mellonlahdelle ja kustannukset

Mellonlahden kalasto ei ole luonnontilainen, sillä lahdelle on istutettu patoamisen jälkeen useita kertoja eri kalalajeja kalastuskäyttöä varten. Tämä on muuttanut Mellonlahden kalastoa ja muuta ekosysteemiä. Vuonna 1998 suoritettuna koekalastuksen perusteella suuri osa Mellonlahden kalastosta on särkikalaja. Koekalastuksen kalastusmenetelmästä ei ole varmaa tietoa, joten käytetyn pyyntimenetelmän vaikutusta kokeen tulokseen ei voida arvioida. Taulukossa 3 on esitetty vuoden 1998 koekalastuksen tulokset. Ravintoketjukunnostus yksistään ei ole riittävä kunnostusmenetelmä Mellonlahdelle. Yhdessä esimerkiksi lisäveden johtamisen kanssa ravintoketjukunnostuksesta voi olla hyötyä. Ravintoketjukunnostuksella saadaan poistetuksi Mellonlahdesta sinne ulkoisen kuormituksen seurauksena kertyneitä ravinteita ja biomassaa.

TAULUKKO 3 Mellonlahdella vuonna 1998 tehdyn koekalastuksen tulokset./35/

Kalalaji	Koko	Kappalemäärä
kirjolohi	0,5-2,5 kg	27
kuha	15 cm – 2 kg	17

peilikarppi	1-1,5 kg	2 kpl
lahna, särki, ahven ja hauki		n. 1000 kg

Koska lahnojen, särkien, ahventen ja haukien osalta on laskettu vain niiden yhteismäärä, ei esimerkiksi särkikalojen osuutta koko kalastosta voida tarkoin arvioida. Karkeasti tulosten perusteella voidaan kuitenkin arvioida, että särkikalojen osuus koko kalastosta on 50-70 %. Ennen ravintoketjukurinostuksen aloittamista kalaston lajikoostumus tulisi selvittää tarkemmin. /35/

Ravintoketjukurinostus tulisi aloittaa Mellonlahden kalaston ja planktonin nykytilan selvityksellä. Muita ajankohtaisia veden laatutietoja Mellonlahdesta on saatavilla. Kasviplanktonin määrä ja valtalajit sekä eläinplanktonin valtasuvut ja kokoluokat tulisi selvittää ottamalla lahdesta näytteitä 4-6 kertaa kesässä. Koekalastuksia tulisi suorittaa Riistan- ja kalantutkimuslaitoksen suositusten mukaisesti Nordic-koekalastusverkolla, jossa on 12 eri silmäkokoa /149/. Tällöin saadaan valtalajit ja kalaston määrä selville. Mikäli havaitaan, että särkikalaja on paljon ja eläinplankton on pienikokoista, voi ravintoketjukurinostus soveltua Mellonlahden kunnostusmenetelmäksi. Ravintoketjukurinostukselle riittää kalastusoikeuden haltijan lupa. /43/66/

Seuraavana vuonna voidaan aloittaa vähäarvoisen kalaston valikoiva tehokalastus sekä kuhien tai haukien istutus. Mikäli lahdella on jo hyvä petokalakanta, ei istutuksia välttämättä tarvita. Tehokalastuksen ja istutusten tulee jatkua 3-4 vuotta, jotta särkien kaikki ikäluokat tulevat pyynnin kohteeksi. /66/

Suomessa toteutettujen ravintoketjukurinostusten tehokalastusten kustannukset ovat vaihdelleet 2-3 €/kg. Hehtaaria kohti vuosikustannukset ovat vaihdelleet noin 40 € ja 140 € välillä. /7/66/ Vuoden 1998 hintatietojen mukaan ravintoketjukurinostuksen kustannukset ovat 17-50 €/ha (Oravainen 1998). /147/ Mellonlahden kohdalla kustannukset voivat siis olla 425 – 3500 €/a. Ravintoketjukurinostuksen jatkuessa neljä vuotta kokonaiskustannuksiksi tulisi 1700 – 14000 €. Kustannuksista on osittain vähennetty talkootöiden osuus. Talkootöillä kustannuksia voidaan saada pienennettyä jopa kymmeniä prosentteja kokonaiskustannuksista.

Mellonlahdella Rotenon-myrkytys ei tule kysymykseen, vaikka alue kokonsa puolesta siihen soveltuisikin. Istutettujen kalojen menetys olisi jo taloudellisesti liian suuri, eikä varmasti herättäisi myönteistä vastakaikua lähialueen asukkaiden, kalastajien ja muiden Mellonlahtea virkistykseen käyttävien keskuudessa.

## 6.6 Ruoppaus



Ruoppauksella voidaan kunnostaa vesistöä, kun sitä vaivaa rehevöityminen, umpeenkasvu tai mataluus. Sedimentin poisto on tehokkain kunnostusmenetelmä, kun veden huonoa laatua ylläpitää ensisijaisesti huonokuntoinen sedimentti. Rehevöityneen järven pintasedimentin poistolla on tavoitteena sekä poistaa järveä kuormittava fosforivarasto ja sen myötä rehevyydestä aiheutuvat haitat että poistaa liialti happea kuluttava orgaaninen aines ja parantaa järven happiongelmat. Lisäksi pohjasedimentin poiston yhteydessä järviolue syvenee ja sen johdosta vedenlaatu paranee. Samantapainen vaikutus on myös vedenpinnan nostolla. Ruoppauksen yhteydessä myös pohjasedimenttiin kertyneet myrkylliset aineet voidaan saada poistetuksi. Suomessa ruoppaukseen on motivoitunut erityisesti vesistön virkistyskäytön parantaminen ja maisemaan sopeuttaminen. Muita tavoitteita ovat olleet avoimen vesialan kasvattaminen, kalastus sekä linnuston elinolojen parantaminen. Varsinaisesti veden laadun parantamiseksi tehtyjä ruoppauksia ei Suomessa juuri ole tehty.

Jotta sedimentin poistolla olisi pysyviä vaikutuksia, tulee ulkoisen kuormituksen taso järvessä vähentää riittävän alhaiselle tasolle. Vaikka jätevesikuormitusta ei olisikaan, voi hajakuormitus aikaa myöten huonontaa sedimentin tilan ruoppauksen jälkeen. Myös ruopattavan sedimenttikerroksen alla olevan sedimentin tulee olla riittävän hyvälaatuista. Sedimentin poisto on järven kunnostusmenetelmäksi erittäin kallis toimenpide, joten se tulee suunnitella huolellisesti. Vaativinta suunnittelussa on poistettavan sedimenttikerroksen määrittäminen sekä sedimentin poiston vaikutusten arviointi. Onnistuessaan sedimentin poisto on kertatoimenpide, jonka vaikutukset ovat välittömiä ja pysyviä. Epäonnistumisen riski voi olla kustannuksiin nähden suuri, mutta huolellisella suunnittelulla ja kunnostustavoitteiden asettelulla tulokset paranevat. Tutkimukseen ja suunnitteluun on varattava myös riittävästi resursseja. Mitä paksumman ja laajemman sedimenttikerroksen poistoa kunnostustavoitteet vaativat, sitä huonommat taloudelliset toteuttamismahdollisuudet ruoppauksella on. /7/67/

### 6.6.1 Ruoppausmenetelmiä

Suomessa käytettyjä ruoppausmenetelmiä ovat kaivinkoneruoppaus maalta tai jään päältä tehtynä, imuruoppaus, kahmaisuruoppaus, Sea-Dump-ruoppaus, Sauerman-ruoppaus ja pumppukauharuoppaus. Imuruoppauksessa ruopattava massa imetään pumpun avulla ruoppauslaitteistoon ja pumpataan paineputkea pitkin läjitysalueelle. Kahmaisuruoppauksessa ruoppausaluksen alas laskettu lastitila kahmitaan puomien ja kaavinlevyn avulla täyteen maamassoja, nostetaan ylös aluksen runko-osien väliin ja siirretään läjitysalueelle. Sea-Dump-menetelmässä kaivinkone ja proomu tekevät yhteistyötä siten, että kaivurin nostama massa siirretään suoraan tai proomun avulla maihin. Sauerman-menetelmässä rannalla olevan koneen ponttonikauhaa vedetään vaijereiden avulla edestakaisin, ja menetelmä soveltuu erityisesti

turvelauttojen ja vesikasvien poistamiseen. Pumppukauharuoppauksessa ruoppauskauhaan on yhdistetty imupumppu. Laaja-alaisia pehmeitä pohjia veden laadun parantamiseksi ruopattaessa tekniikoista parhaiten soveltuu imuruoppaus. Imuruoppauksen ympäristövaikutusten ja työmaan järjestelyvaikutusten vuoksi sitä tulisi käyttää vain silloin, kun työtä ei muutoin voida toteuttaa. /7/33/67/

Taloudellisesti edullisinta on toteuttaa ruoppaus talvella jään päältä, mikäli jääolot sallivat. Vesisyvyyden ollessa riittävä, avovesikaudella ruoppaus voidaan toteuttaa kuokkakaivukoneella ponttonin päältä. Paras ajankohta ravinteiden poiston kannalta ruoppaukselle on todennäköisemmin lokamarraskuussa, jolloin ravinteet ovat pohjalietteessä eivätkä esimerkiksi planktonin biomassaan sitoutuneena. Pienissä kohteissa on myös mahdollista laskea vesi pois, jolloin sedimentti voidaan poistaa kuivatyönä. /7/67/

## 6.6.2 Ruoppauksen suunnittelu

Sedimentin poiston suunnittelussa on huolellisesti tutkittava pohjasedimentin merkitys järven tilaan, erityisesti fosforitasapainoon. Sisäisen ja ulkoisten ravinnekuormitustekijöiden vaikutusta veden ravintetilaan vuosikierron eri vaiheissa voidaan tutkia yksinkertaisella ainetaaseella, jossa sisäisten prosessien yhteisvaikutus lasketaan järven ainemäärän muutoksista sekä tulevista ja poistuvista ainemääristä. Tarkemmin järven fosforitasapainoa voidaan tarkastella, jos sisäiset prosessit jaetaan bruttosedimentaatioon ja sisäiseen kuormitukseen. Bruttosedimentaatio voidaan arvioida käyttämällä valmiita sedimentaatiokertoimia tai mitata järveen asennettavilla sedimentaatioastioilla. /67/

Poistettavan sedimentin mitoittamiseen kuuluvat poistettavan sedimenttikerroksen paksuuden ja käsiteltävän alueen laajuuden määrittäminen. Koko pohjasedimentti on yleensä niin paksu, että ruoppauksessa kyseeseen tulee vain huonokuntoisen pintasedimentin poisto. Ruopattavan kerroksen tulee olla niin paksu, että alta paljastuva sedimentti täyttää järven kunnostuksen asettamat vaatimukset, eli yleensä silloin kun sedimentti ei vapauta liikaa fosforia. Sedimentin kokonaisfosforipitoisuus onkin yksi tärkeimmistä suunnitteluvaiheessa määritettävistä ominaisuuksista, mutta fosforipitoisuus ei sinänsä ole yksiselitteinen sedimentin laadun mittari. Sedimentin fosforipitoisuus voi olla hyvinkin alhainen, vaikka järven sisäinen fosforikuorma on varsin suuri. Korkea sedimentin fosforipitoisuus voi olla myös merkki hyvästä fosforinpidätyskyvystä. Hapettomissa olosuhteissa fosfori ei kuitenkaan rikastu sedimentin pintaan, ja fosforipitoisuus voi aivan pintasedimentissä olla alhaisempi kuin syvemmissä kerroksissa. Fosforin määrää ja ominaisuuksia sedimentissä voidaan tutkia monilla eri kokeilla. /67/

Toinen lähtökohta poistettavan sedimenttikerroksen määrittämiseksi voi olla sedimentin hapentarpeen ja orgaanisen aineen hajoamisasteen määrittäminen. Rehevöityneen järven huonokuntoisen pohjasedimentin orgaaninen aines on usein heikosti mineralisoitunut, koska orgaanisen aineksen sedimentoituminen ylittää hajotuskapasiteetin. Hajoamaton orgaaninen aines kertyy sedimenttiin ja kuluttaa happea vesimassasta ylläpitäen fosforia liuottavaa pelkistynyttä tilaa alusvedessä ja pintasedimentissä. Helposti tehtäviä hapentarpeen analyyseja ovat välitön hapenkulutus ja BOD<sub>7</sub>. Huonokuntoisen poistettavan sedimentin voi havaita usein jo tarkastelemalla sen ulkonäköä. Pelkistynyt sedimentti muodostaa jopa kymmeniä senttimetrejä paksun mustan löyhän sulfidiliejun, mutta myös sen alapuolinen tiiviimpi ruskea sedimenttikerros saattaa olla niin huonolaatuista, että se tulee poistaa ruoppauksessa. /67/

Sedimentin poistoa suunniteltaessa on huomioitava myös aallokon mittasuhteet ja virtausnopeudet. Aallokko on tärkein sedimenttiä irrottava tekijä, ja sen eroosivoima voidaan laskea teoreettisesti syvyystietojen ja tuulen voiman avulla. Myös virtausmittaukset ovat tärkeä osa ruoppauksen suunnittelua, sillä virtaukset kuljettavat sedimenttiä. Ruoppaus pitäisikin tehdä vallitsevan virtaussuunnan mukaisesti, sillä muutoin virtauksien kuljettama sedimentti kasaantuu ruopattavaan kuoppaan ja ruoppauksesta saatu hyöty jää vähäiseksi. Virtaustutkimuksissa voidaan käyttää apuna tietokonemalleja. Käytettävissä on myös erilaisia rekisteröiviä virtausmittareita sekä akustinen virtausmittari, joka on asennettu erityiseen veneeseen. Virtausmittauksia voidaan suorittaa myös herkemmillä manuaalisilla laitteilla sekä merkkiainemittauksilla. /33/34/

Huonokuntoisen sedimentin poisto vaikuttaa järven happitalouteen sekä ravinteiden ja kasviplanktonin määrään. Sedimentin poiston vaikutusta happitalouteen voidaan tutkia mallilla, jossa huomioidaan muun muassa järven talvisen happipitoisuuden kehitys, tulovirtaamien happipitoisuus ja vedessä olevien aineiden hapenkulutus. Mallia voidaan soveltaa myös vedenpinnan noston ja lisävesien juoksutuksen vaikutusta talviseen happipitoisuuteen. Järven fosforipitoisuutta voidaan simuloida fosforitasemallilla, jossa lasketaan bruttosedimentaatiota ja ratkaistaan fosforin vapautuminen. Kasviplanktonin ja fosforin vuorovaikutusta voidaan selvittää mallilla, joka ottaa huomioon muun muassa järven lämpötilakerrostuneisuuden, tuulen aiheuttaman veden liettymisen, biologisten ja kemiallisten reaktioiden lämpötilariippuvuuden ja järven redox-olot. /67/

Sedimentin poiston kunnostusvaikutuksia voidaan täydentää ja nopeuttaa muilla kunnostusmenetelmillä, kuten ravintoketjukunnostuksella, fosforin saostuksella alumiini- tai rautasuoloilla tai hapetuksella. /67/

Ruoppausta suunniteltaessa tulee aina huomioida ruoppausmassojen käsittely ja sijoitus, jotka ovat olennainen osa ruoppauksen kustannuksia. Otollisissa tapauksissa ruoppausmassat voidaan käyttää esimerkiksi maanparannusaineeksi pelloille. Usein ruoppauslietteiden läjitysalueita on

kuitenkin vaikea löytää. Myös ruoppauslietteen mahdollisesti sisältämät myrkylliset aineet tulee selvittää ja poistaa ennen jatkotoimenpiteitä. Imuruoppauksessa ruoppausliete on hyvin vesipitoista, joten se vaatii usein laskeutuksen ennen hyötykäyttöä. Laskeutus voidaan toteuttaa erityisissä laskeutusaltaissa, jolloin selkeytyneen veden käsittelystä ainakin fosforin poiston osalta tulee huolehtia.

Ruoppausmassojen läjityspaikan olosuhteet ja sijainti vaikuttavat koko ruoppausprosessiin ja sen kustannuksiin. Läjityspaikan valintaan vaikuttaa myös ruoppausmassan laatu. Massat voidaan läjittää joko vesialueelle tai kuivalle maalle, mutta suositeltavin vaihtoehto olisi käyttää ruoppausmassat hyödyksi esimerkiksi maisemointitoissa.

Ruoppausmassat on mahdollista myös stabiloida sideaineen avulla. Stabiloitua ruoppausmassaa voidaan käyttää erilaisiin maanrakennuskohteisiin ja samalla vältytään ruoppausmassojen sijoitusongelmilta. Ruoppausmassojen stabiloinnin kustannukset riippuvat erityisesti käytettävästä sideaineesta ja työmenetelmästä sekä stabiloidun massan käytöstä saaduista eduista. /7/36/37/67/

### 6.6.3 Trummenjärven ruoppaus

Tunnetuin esimerkki sedimentin poistosta on ruotsalaisen Trummenjärven imuruoppaus vuosina 1970-1971. Matala, vain 2,1 metrin maksimisyvyinen järvi oli pilattu jätevesillä, ja kärsi sinileväkukinnoista ja kalakuolemista. Järven tila ei parantunut jätevesikuormituksen loputtuaan ja vielä 11 vuotta kuormituksen loppumisen jälkeen järven näkösyvyys oli vain 10-20 cm. Järven pohjaa peittänyt jopa puolen metrin paksuinen musta ja löyhä pintakerros poistettiin ruoppauksen aikana.

Ruoppauksessa osa sedimentistä pumpattiin kolmeen padottuun järvenlahteen ja noin 600 000 m<sup>3</sup> johdettiin useisiin laskeutusaltaisiin. Altaissa selkiytetty vesi käsiteltiin alumiinisulfaatilla ja johdettiin takaisin järveen. Ruoppauksen ansiosta veden laatu parani merkittävästi. Leväbiomassa väheni viidennekseen aiemmasta ja kesäaikainen fosforipitoisuus aleni peräti 90 %. Ruoppauksen kunnostusvaikutuksia täydennettiin edelleen ravintoketjukurinnoituksella, jolla pystyttiin alentamaan kasviplanktonin biomassaa. /7/

### 6.6.4 Ruoppauksen soveltuvuus Mellonlahdelle ja kustannukset

Ruoppaus voi olla tehokas ja nopeasti tuloksia aikaan saava järven kunnostusmenetelmä. Tulokset ovat myös pysyviä, mikäli myös ulkoinen kuormitus saadaan loppumaan. Mellonlahdella ruoppaus vaatisi ensin sedimentin tilan uudelleen tutkimisen. Vuonna 1985 tehdyn sedimenttitutkimuksen tulokset eivät enää ole sovellettavissa. Sedimentin fosforipitoisuuksien vaihtelu eri kerroksissa tulee selvittää

ruoppaussyvyyden arvioimiseksi. Varsinkin syvänteissä hapettomuus on todennäköisesti aiheuttanut sedimentin laadun heikkenemistä. Jo vuonna 1985 sedimentin pinta syvänteissä oli mustunutta sulfidiliejua, mutta suuri osa Mellonlahden pohjasta oli hyväkuntoista ja kovaa. /19/ Sedimentissä olevat mahdolliset myrkylliset aineet ja yhdisteet tulee tutkia ennen ruoppauksen aloittamista. Mikäli esimerkiksi Meltolan entiseltä kaatopaikalta on päätynyt Mellonlahteen myrkyllisiä aineita tai yhdisteitä, ei ruoppaus sovellu Mellonlahden kunnostusmenetelmäksi. Ruoppaus soveltuu järven ensisijaiseksi kunnostusmenetelmäksi parhaiten silloin, kun vedenlaatuongelmat johtuvat pääasiallisesti huonokuntoisesta sedimentistä. Mikäli Mellonlahden sedimenttitutkimuksissa havaitaan, että suurin osa sedimentistä on hyväkuntoista, voidaan ruoppausta käyttää vain lisäkunnostusmenetelmänä jonkin tehokkaamman kunnostuksen yhteydessä. Tällöin kyseeseen tulisi pelkkien huonokuntoisten syvänealueiden ruoppaus.

Ruoppauskalusto aiheuttaisi Mellonlahden ympäristön herkälle kasvillisuudelle vaurioita erityisesti jos ruoppaus toteutetaan rannoilta käsin. Myös patotien kestävyys ruoppauskaluston painolle on epävarmaa ja mahdolliset rakenteiden vahvistukset aiheuttaisivat lisäkustannuksia. Rannalta suoritettavaa kaivuruoppausta vaikeuttaa huomattavasti myös Mellonlahden rantojen jyrkkyys erityisesti länsirannalla. Jään päältä talvisaikaan suoritettu ruoppaus aiheuttaisi vähiten vahinkoa rantojen kasvillisuudelle. Jään päältä ruoppaus voidaan toteuttaa kuitenkin vain siinä tapauksessa, että Mellonlahden jääpeite on tarpeeksi kestävä. Karkeana nyrkkisäntönä menetelmän soveltuvuudelle pidetään Lappeenranta-Kokkola linjaa, jonka eteläpuolella jään talviolosuhteet ovat liian epävarmat jään päältä ruoppausta ajatellen. Myös ruoppausajankohta tulisi suunnitella huolella. Lintujen pesintä- ja kalojen kutuaikoja tulisi välttää ruoppauksen toteutuksessa. Kesäkuukausina ruoppaus aiheuttaa haittoja myös virkistyskäytölle. /7/28/

Ennen sedimentin poistoa ruoppaamalla tulisi Mellonlahden sedimenttiä tutkia. Sedimentaationopeus, sedimentin hiukkaskoko, orgaanisen aineen määrä sekä fosfori- ja happipitoisuus ovat sellaisia sedimentistä tehtäviä määrittäviä, joiden avulla ruoppaus voidaan suunnitella. Myös aallokon mittasuhteiden, virtausnopeuksien ja -suuntien mallintaminen auttaa kunnostuksen suunnittelussa. /33/

Ruoppausmassojen sijoituspaikka ja mahdollinen kuivatus laskeutusaltaassa täytyisi selvittää ennen kunnostuksen aloitusta. Mellonlahden ranta-alueella ei ole sopivaa paikkaa laskeutusaltaille. Kuivatettujen ruoppausmassojen hyötykäyttö lähialueella olisi kustannustehokkain vaihtoehto. Suurin ongelma ruoppauksen toteutuksessa Mellonlahden kunnostustoimenpiteenä on kuitenkin menetelmän kalleus. Halvimmillaankin, jos sedimentti on huonontunut vain syvänteiden alueelta, imuruoppaus tulisi maksamaan noin 25 000 €. Pienimuotoiselle ruoppaukselle riittää yleensä ranta- ja vesialueiden omistajien suostumus. Laajamittaiselle ruoppaukselle tulee

todennäköisesti saada vesilain mukainen lupa tai ainakin ruoppausmassojen läjitykselle ympäristönsuojelulain mukainen lupa. Suurissa ruoppauskohteissa ruoppausmassojen läjitys on yleensä huomioitu vesilain mukaisissa luvissa. /38/43/

Suomessa ruoppausten kustannukset ovat vaihdelleet muutamasta tuhannesta eurosta aina lähes 340 000 euroon. Keskimäärin halvinta on kaivu rannalta, sitten kaivu jään päältä, imuruoppaus ja kalleinta on kaivu lautalta. Imuruoppaustyössä kustannuksia nostaa kaluston paikalle tuonti, mikä on selvästi kalliimpaa kuin kaivutyössä. /7/ Menetelmästä riippuen ruoppauksen kustannukset vaihtelevat välillä 4200 - 20200 €/ha. /7/147/. Mikäli ruoppaus toteutettaisiin pelkästään Mellonlahden kahden syvänteen alueella, kustannukset olisivat menetelmästä riippuen 8400 – 40400 €. Todennäköisesti ruoppaus on kuitenkin kannattavaa toteuttaa jonkin verran pelkästään syvänteitä laajemmalla alueella. Vuoden 1985 sedimenttitutkimuksen mukaan Mellonlahden sedimentti on suurelta osin aivan kovapohjaista, joten koko lahden alueen ruoppaus ei ole välttämättä tarpeellista. Koko Mellonlahden ruoppaus tulisi maksamaan vähintään 170 000 €.

## 6.7 Sedimentin kunnostaminen järven tyhjentämällä

Järven kunnostaminen tyhjentämällä on uusi ja edullinen menetelmä kunnostaa rehevöitynyt matala järvi. Kunnostusmenetelmässä järveä ruopataan osittain rannoilta järven tyhjänä ollessa. Järven vesitilavuutta kasvatetaan tiivistämällä järven pohjassa olevaa sedimenttiä. Tiivistymisen aiheuttaa jään paino heti tyhjennyksen jälkeen sekä pohjasedimentin kuivuminen, jäätyminen ja sulaminen. Lisäksi tutkimusten mukaan sedimentin pintaan muodostuu kuiva pintakerros, joka estää pohjan resuspendoitumista. Pohjan tiivistymisen on tutkittu olevan pysyvää ja sedimentin painuvan keskimäärin 30-50 cm. Kustannussäästö ruoppaamalla kunnostamiseen verrattuna on n. 90 %. Lisäksi järven tyhjentämällä päästään eroon haitallisesta vesikasvillisuudesta ja järven kalastorakenne saadaan uusittua. Myös rantojen ruoppaukset ja kunnostukset, kuten myös uima- ja venerantojen rakentaminen on helppo suorittaa järven ollessa tyhjänä. /59/

### 6.7.1 Särkijärven tyhjentäminen

Särkijärvi on pinta-alaltaan 1,23 km<sup>2</sup> ja sen valuma-alue 39,8 km<sup>2</sup>. Valuma-alueesta suuri osa on peltoa. Järvi on viime vuosikymmenien aikana liettynyt ja kasvanut rannoiltaan umpeen. Pohjasedimentti samensi vettä ja edisti järven rehevöitymistä. Rehevöitymisen seurauksena järvi soveltui heikosti virkistyskäyttöön ja järven maisemallinen ja kalataloudellinen arvo oli heikko.

Särkijärvellä kokeiltiin uutta kunnostusmenetelmää, jossa järvi laskettiin tilapäisesti tyhjilleen. Kunnostus on aloitettu syksyllä 2000 rakentamalla

tyhjennyslaitteet ja pohjapato. Samalla tehtiin tähän työvaiheeseen liittyvät ruoppaukset ja puuston raivaukset. Järven tyhjentäminen aloitettiin helmikuussa 2001. Tyhjänä järvi oli kesän ja talven 2001, jolloin pohjan liete kuivui ja tiivistyi. Järveä ei siis ruopattu, vaan pohjan tiivistyminen ja kuivuminen oli riittävä kunnostustoimenpide, kun vesitilavuus kasvoi. Järven pohja painui kuivatuksen ansoista 30-40 cm. Kesän ja syksyn 2001 aikana myös rantojen maanomistajilla oli mahdollisuus kunnostaa rantojaan paremmin virkistyskäyttöön sopiviksi ja yli puolet rannanomistajista suorittikin rantojen kaivua ja muotoilua. Rantojen kaivuja jatkettiin talvella sedimentin jäädyttyä paremmin kantavaksi. Kunnostuksen eri vaiheissa syntyneitä ruoppausmaita käytettiin hyväksi rantapeltojen korottamiseen ja muotoiluun sekä maisemointiin.

Järvi täytettiin uudelleen keväällä 2002. Täyttäminen suoritettiin kevään lumen sulamisvesistä ja järvi täytyikin muutamassa päivässä. Koska järvi täytettiin ennen pohjan täydellistä sulamista, menetettiin todennäköinen pohjan lisätiivistyminen. Täyttämisen jälkeen Särkijärven vedenlaatu oli parempi kuin koskaan ja arvot olivat suhteellisen tasaisia koko kesän 2002 ajan. Lisäkunnostuksena suoritettiin vesikasvien niittoa kesällä 2002. Vuonna 2003 vedenlaatu on pysynyt hyvänä ja sen virkistyskäyttömahdollisuudet ovat parantuneet huomattavasti. Liitteessä 12 on esitetty Särkijärven eräiden laatuparametrien kehitys kunnostustoimenpiteen jälkeen. /39/59/60/145/

Särkijärven kunnostamisen toteutuskustannukset ovat noin 387 000 € Kustannukset painottuvat hankkeen aloitukseen liittyviin töihin eli tyhjennyslaitteisiin ja tarvittaviin ruoppausten tekoon. Rahoituksesta vastasivat Euroopan Unionin Euroopan aluekehitysrahasto, Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus, Utajärven kunta, ja yksityiset rahoittajat. /39/59/145/

## 6.7.2 Tyhjentämisen soveltuvuus Mellonlahdelle

Järven tyhjentämisestä kunnostusmenetelmänä on Suomen olosuhteissa hyvin vähän kokemusta. Kunnostuksen pitkäaikaisia vaikutuksia vedenlaatuun voidaan vain arvailla. Särkijärven kohdalla kahden vuoden tarkkailun perusteella vedenlaatu on esimerkiksi sameuden osalta parantunut huomattavasti. Toisaalta ravinnepitoisuudet ovat toisena kunnostuksen jälkeisenä vuonna jälleen nousseet.

Mellonlahden kohdalla tyhjentäminen vaikuttaa hyvin radikaalilta kunnostustoimenpiteeltä. Kustannuksiin verrattuna toimenpiteen onnistuminen on epävarmaa. Järven tyhjentämisen kustannukset riippuvat pitkälti vesimäärästä ja järven tulovirtaamasta. Tyhjennyslaitteet muodostavat noin puolet kokonaiskustannuksista. Pinta-alaan ja tilavuuteen suhteutettuna Mellonlahden tyhjennyskustannukset olisivat noin 18–65 % Särkijärven kunnostuksen kustannuksista, eli 70 000-250 000 €. Arvioituihin kustannuksiin ei ole huomioitu Mellonlahden

kalataloudellisia menetyksiä. Kuivatuksen yhteydessä osa Mellonlahden arvokaloista voitaisiin onnistua siirtämään esimerkiksi Vuokseen. Mellonlahden arvokas rapukanta tulisi kuitenkin kärsimään lahden kuivatuksesta. Täplärapukanta saataisiin melko pian kunnostuksen jälkeen palautettua istutuksilla, mutta jokirapujen saatavuus ja palautuminen Mellonlahdelle on epätodennäköistä.

Mellonlahden kohdalla ongelmaksi muodostuvat myös pohjavesilähteet, joiden virtauksen vuoksi kuivatus vaatii jatkuvaa pumppausta. Järven tyhjentäminen on ensisijaisesti sedimenttiä kunnostava toimenpide. Mellonlahden sedimentin tämän hetkisestä tilasta ei ole tietoa, mutta vanhojen tutkimusten perusteella voidaan arvioida, että sedimentti on huonokuntoista lähinnä hapettomuudesta kärsivien syvänteiden alueilla. Pelkästään näiden alueiden kunnostamiseksi ei Mellonlahden tyhjentämiseen ole kannattavaa ryhtyä.

## 6.8 Sedimentin pöyhintä

Pöyhinnällä sedimenttiä on kunnostettu Suomessa muutamia järviä. Pohjan pöyhinnän soveltuvuutta on kokeiltu esimerkiksi Petäjaveden Heinälammessa, Nilsin Postilammessa sekä Imatran Immalanjärven Laitilanlahdessa.

Pohjan pöyhinnällä voidaan parantaa rehevyyskierteseen joutuneen järven tilaa silloin, kun ulkoisiin kuormituslähteisiin puuttuminen ei ole riittänyt. Pohjasedimentti on merkittävä järven fysikaalis-kemialliseen tasapainoon vaikuttava tekijä. Pöyhinnän tarkoituksena on parantaa rehevien järvien pohjasedimentin tilaa sekä hillitä leväkukintoja. Pöyhinnän jälkeen kunnostusta voidaan jatkaa esimerkiksi ravintoketjukunnostuksella ja hapettamisella

Pöyhintähoito toteutetaan laitteella, joka koostuu pöyhintäosasta eli harjasta ja lauttaosasta, josta käsin laitetta hallitaan. Itse pöyhin koostuu runko-osasta ja jäykistä harjaksista, jotka pyörivät 1,5-2-kertaisella nopeudella laitteen kulkunopeuteen nähden. Käsiteltävä alue saadaan sekoittumaan 20-30 cm:n syvyyteen.

Pöyhintähoito soveltuu erityisesti pienien ja matalien järvien kunnostukseen. Tällä hetkellä käytössä olevilla laitteilla pystytään käsittelemään sedimenttiä 10 metrin syvyyteen asti. Tarkoituksena on jättää rantojen kasvillisuusvyöhykkeet rauhaan ja pöyhiä järven syvännealueiden keräytymispohjia. Pöyhinnän työnopeus on noin 5 hehtaaria päivässä. /7/40/41/

**Hapettomissa olosuhteissa** tapahtuneen orgaanisen aineksen hajoamisen lopputuotteilla on suuri energiasisältö verrattuna hapellisissa olosuhteissa tapahtuneen hajoamisen lopputuotteisiin. Pöyhinnän avulla on tarkoitus hapettomissa oloissa kiihdyttää hajoamisreaktioita ja poistaa anaerobisessa



hajoamisessa syntyviä kaasuja, esimerkiksi metaania, samalla välttämällä ravinteiden kuljettamista takaisin veteen kiintoaineen mukana. Orgaanisen aineen hajoamisnopeudesta riippuu tarvittavien käsittelykertojen määrä. Tällä hetkellä tarpeellisenä pidetään 3-4 käsittelykertaa kesässä 3-4 vuoden ajan, mutta saatujen tutkimustulosten perusteella käsittelyvälejä olisi ehkä tarpeellista lyhentää. /40/

**Hapellisissa olosuhteissa tai kemiallisen lisäaineen kanssa** tapahtuvan pöyhinnän avulla pyritään palauttamaan hieman parempikuntoisten järvien terve aine- ja energiakierto. Tämä tapahtuu sekoittamalla sedimentin pintakerroksessa oleva huonolaatuinen kerros syvemmällä olevaan kerrokseen tai hapettamalla sedimenttiä perusteellisesti syystäyskierron aikana. Pöyhintä voidaan myös yhdistää kemikaalikäsittelyyn, jolloin kemikaaliannostus nostetaan tavanomaisiin vesimassan saostustapauksiin verrattuna moninkertaisesti. Kemikaalilisäyksen vaikutuksista ei ole vielä Suomen olosuhteissa tutkimustietoa, mutta vuonna 2002 Lahden Likolampeen lisättiin pöyhinnän yhteydessä Velox-happikalkkia. Happikalkin lisäksi kalsiumferrokipsin eli rautakipsin käytön mahdollisuutta sedimentin kunnostamiseksi on tutkittu. /40/58/

Happikalkin ja rautakipsin koostumukset ovat seuraavat /58/:

Velox-happikalkki:	Ca(OH) <sub>2</sub> (kalsiumhydroksidi)	>90 %
	CaO <sub>2</sub> (kalsiumoksidi)	<6 %
Rautakipsi:	Ca(OH) <sub>2</sub> (kalsiumhydroksidi)	50 %
	CaSO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> O (kalsiumperoksidi)	30 %
	FeO(OH)	6 %
	CaCO <sub>3</sub>	2 %

Yhdisteiden tärkeimmät komponentit ovat kalsiumperoksidi ja kalsiumhydroksidi, joiden sisältämä happi on hyvin aktiivista reagoimaan. Reaktiivinen happi parantaa sedimentin happitilannetta, jolloin ravinteiden mineralisoituminen nopeutuu. Kalsiumferrokipsin rauta edistää fosforin sitoutumista. /58/

#### 6.8.1 Pöyhintäkunnostuksen esimerkkikohteet

Petäjäveden rehevöitynyttä Heinälampea pöyhittiin kesällä 1995 ja 1996. Vuoden 1997 jälkeen lampi on ollut aikaisempaa kirkkaampi, mutta vuonna 2002 havaittiin jälleen leväsamennusta. Myös Mikkelin Likolampea pöyhittiin neljä kertaa vuosina 2000 ja 2001. Vuoden 2002 havaintojen perusteella lampi on edelleen rehevä ja sinileväkukintojen vaivaama. /40/

Nilsin Postilampeen kohdistuva ulkoinen kuormitus tulee lähinnä maataloudesta. Lannoitemäärät ovat laskeneet muun muassa EU:n

vaatimusten johdosta, mutta lampeen tuleva kuormitus pienenee vasta vuosien viiveellä. Postilampea pöyhittiin kesinä 1996-1999, mutta tarpeeksi tehokas kalusto oli käytössä vasta vuosina 1998 neljänä pöyhintäkertana ja 1999 viitenä pöyhintäkertana. Vuonna 1999 pöyhinnän seurauksena tapahtunut veden samentumien ja sedimentaationopeuden kasvu vähensivät ravinteiden ja a-klorofyllin määrää vedessä kaksi viikkoa pöyhinnän jälkeen. Vuonna 2002 havaittiin, että pöyhityn- ja vertailualueiden erot olivat pienentyneet, esimerkiksi kuplimalla vapautuvien kaasujen määrät olivat samaa luokkaa sekä pöyhityillä että vertailualueilla. /40/

Lahdessa sijaitseva pinta-alaltaan 2 hehtaaria oleva Likolampi pöyhittiin happikalkkia käyttäen elokuussa 2002. Pöyhintä toteutettiin 1 hehtaarin laajuiselle syvänealueelle. Ennen kunnostusta lampi oli pahoin rehevöitynyt, eikä ilmastuksesta ja hapetuksesta ollut apua. Kesän 2003 ajan Likolampi pysyi kirkkaana, eikä sinileväkukintoja esiintynyt. Pöyhinnän kustannukset happikalkkia käyttäen verrattuna muihin kunnostusmenetelmiin ovat kohtuulliset. /57/

#### Immalanjärven Laitilanlahden pöyhintä

Laitilanlahti on pinta-alaltaan noin 7 hehtaarin lahti, jonka rehevöitymiseen ovat vaikuttaneet lahden muusta Immalanjärvestä eristävä tiepenger sekä valuma-alueen ojitusten aiheuttama merkittävä kuormitus. Muun Immalanjärven kannalta lahden patoava tiepenger on hyödyllinen estäessään ravinteiden pääsyn järveen.

Laitilanlahden sedimentti on humuspitoista ja se on laadultaan ravinteita jonkin verran vapauttavaa. Sedimentti on muodostunut suurimmaksi osaksi ulkoisen kuormituksen vaikutuksesta. /58/

Laitilanlahtea pöyhittiin kesinä 2001 ja 2002 kolme kertaa. Pöyhinnän aiheuttamat pitkäaikaisvaikutukset selviävät aikaisintaan kesällä 2004. Pöyhintöjen jälkeen tutkittujen näytteiden perusteella ainakin pohjanläheinen happitilanne on parantunut ja fosforin liukeneminen sedimenttiin vähentynyt. /140/ Laitilanlahden vedenlaadun kehitys pöyhinnän jälkeen on esitetty liitteessä 13.

#### 6.8.2 Pöyhinnän soveltuvuus Mellonlahdelle ja kustannukset

Ennen pöyhinnän soveltuvuuden arviointia tulee Mellonlahden sedimentin laatu tutkia. Sedimentistä tutkittavia asioita ovat esimerkiksi ravinne- ja rautapitoisuudet. Myös mahdolliset myrkylliset aineet sedimentissä tulee tutkia. Pohjan pöyhintä on tällä hetkellä kokeiluasteella oleva järven kunnostusmenetelmä, joten kunnostuksen onnistumisen todennäköisyys on epävarmaa. Lupaavia tuloksia Suomen alueelta on kuitenkin jo saatu. Mellonlahden pohjan pöyhintää hankaloittaa syvänteen syvyys.

Nykykalustolla pöyhinnän maksimisyvyys on noin 10 metriä, ja Mellonlahden syväne on 12-13 metriä. Syvänteen kunnostus on Mellonlahden vedenlaadun kannalta ehdottoman tärkeä. Sedimentin pöyhintä on järven kunnostusmenetelmänä vielä kehitteillä, joten lähivuosina syvänteenkin pöyhintä voi olla mahdollista. Pöyhinnän toteuttaminen Mellonlahdelle vaatii sedimentin tutkimista ja mahdollisesti koepöyhintää.

Pohjan pöyhintä kunnostusmenetelmänä on kustannuksiltaan keskitasoa. Nykyisin käytössä olevalla pöyhintäkalustolla kustannukset ovat anaerobista menetelmää noudattaen noin 1200-1500 €/ha vuodessa. Sedimenttitutkimusten avulla voidaan selvittää, riittääkö Mellonlahden syvänteiden käsittely. Vuoden 1985 sedimenttitutkimuksessa Mellonlahden sedimentti oli osittain aivan kovapohjainen, mistä voidaan päätellä, että koko lahden pöyhintä ei välttämättä ole tarpeellista. Mikäli pöyhintä toteutetaan kolmena vuonna, kustannukset ovat yhteensä noin 3600-4500 €/ha.

Kemikaalilisäyksen kanssa pöyhintä pyritään toteuttamaan kertaluonteisesti, jolloin kustannukset pöyhinnän osalta ovat noin 350 €. Pöyhinnän lisäksi tulevat kemikaalikustannukset, jotka ovat noin 1000-2000 €/ha. /40/

## 6.9 Sedimentin peittäminen eli kipsikäsitteily

Kipsikäsitteilyllä pystytään uusien tutkimusten mukaan parantamaan happivajauksesta ja sisäisestä kuormituksesta kärsivien järvien tilaa. Kipsin levittäminen pohjasedimenttiin tiivistää liejuista pohjaa, jolloin sedimentin ja veden sekoittuminen vähenee. Lisäksi kipsikäsitteily sitoo fosforia ja vähentää kaasunmuodostumista etenkin metaanin osalta. Kipsi parantaa sedimentin ominaisuuksia ja lisää paikkoja, joihin fosfori voi sitoutua. Järven vesi kirkastuu huomattavasti ja pohjasedimentin aiheuttama sisäinen fosforikuormitus voi alentua murto-osaan aikaisemmasta. Kipsikäsitteilyn vaikutusaika on noin 4-6 vuotta.

Kipsikäsitteily soveltuu parhaiten suhteellisen pieniin järviin ja lampiin, joissa on selkeä huonon sedimentin alue riittävän syvällä. Mikäli huonokuntoinen sedimentti on levinnyt koko järven alueelle, menettely ei sovellu. Myöskään erittäin huonokuntoisille ja rehevöityneille kohteille kipsikäsitteily ei sovellu.

Kipsiä levitetään huonokuntoisen sedimentin päälle noin 0,5-1 cm:n paksuinen kerros. Kipsi voidaan levittää joko esimerkiksi paloauton ruiskukalustolla jauhemaisessa muodossa tai tahnamaisessa muodossa jään päälle. Tarvittava kipsimäärä on noin 100 t/ha. Rautapitoisen kipsin hinta on noin 30 €/t. /136/137/138/

### 6.9.1 Kipsikäsitteilyn esimerkkitapaukset Kaukjärvi ja Laikkalampi

Kipsikäsitteilyjä on Suomessa tehty tiettävästi vain kahdessa kohteessa Jokioisten Laikkalammella ja Kalannin Kaukjärvellä. Kummassakin kohteessa alustavat tulokset ovat olleet hyviä, mutta pitkäaikaisia vaikutuksia esimerkiksi pohjaeläimistöön ei vielä ole tiedossa. Lisäksi kipsikäsitteilyä on tutkittu laboratorio-olosuhteissa ja kokeellisesti Luolalanjärvellä. Kokeiluissa on todettu, että kipsikäsitteilyn vaikutuksesta kokonaiskaasunmuodostuminen on vähentynyt jopa 30 % ja metaanipitoisuudet jopa 50 %. Kaasujen, erityisesti metaanin muodostuminen lisää hiukkasten flotaatiota sedimentistä, mikä puolestaan aiheuttaa ravinteiden sisäistä kuormitusta. /138/

#### Kaukjärvi

Kaukjärven kipsihoitokoe oli ensimmäinen kohde Suomessa, jossa kipsiä levitettiin vain järven syvänteeseen. Koe suoritettiin järven kahdesta syvänteestä toiseen, joten tulosten vertailu käsittelemättömän syvänteen kanssa on helppoa. Käsitellyn syvänteen koko on 1800 m<sup>2</sup>, ja muodostuneen kipsikerroksen paksuuden on arvioitu olevan noin 1 cm. Kipsin levitys suoritettiin kesäkuussa 2003 paloletkujen avulla. /139/

#### Laikkalampi

Lähes hehtaarin kokoiseen Laikkalampeen levitettiin 23 tonnia kipsiä kesäkuussa 1998. Sedimentin päälle muodostui noin yhden senttimetrin paksuinen kipsikerros. Kunnostuksen jälkeen vedenlaatu parani merkittävästi. Näkösyvyys kasvoi 50 cm:stä 130 cm:iin. Myös ravinnepitoisuudet laskivat huomattavasti. /138/

### 6.9.2 Kipsikäsitteilyn soveltuvuus Mellonlahdelle ja kustannukset

Tähän asti saadut kokemukset kipsikäsitteilystä järven kunnostamisessa ovat olleet lupaavia. Järven veden laatu paranee nopeasti kipsin lisäyksen jälkeen, mikäli olosuhteet ovat sopivat. Käsitteilyn vaikutukset eivät kuitenkaan pysyvästi paranna järven tilaa, vaan kipsikäsitteily on uusittava muutaman vuoden välein. Kipsikäsitteilyn kustannukset ovat kuitenkin verrattain pienet.

Mellonlahti soveltuu olosuhteidensa puolesta hyvin kipsikäsitteilylle. Mellonlahdessa on selkeät syvänteen alueet, joiden ongelmana ovat sisäisen kuormituksen aiheuttamat korkeat ravinnepitoisuudet ja huonot happitilanteet. Mellonlahti ei kuitenkaan ole kokonaisuudessa merkittävän rehevöitynyt. Mikäli kipsikäsitteily toteutettaisiin Mellonlahden kummankin syvänteen alueelle, kipsiä tarvittaisiin noin 200 t ja

kustannukset kipsin osalta tulisivat olemaan noin 6000 €. Muut kustannukset aiheutuisivat kipsin kuljetuksesta ja levittämisestä.

#### 6.10 Laimentaminen ja huuhtelu eli lisävesien johtaminen

Suomessa lisäveden johtamisesta on kokemuksia vain muutamalta kohteelta. Tuusulan Rusutjärveen ja Hyvinkään Ridasjärveen johdetaan lisävettä Päijänne-tunnelista. Myös Töölönlahteen on suunniteltu johdettavan parempilaatuista lisävettä joko Seurasaareselältä tai vesijohtoverkosta. Ruotsissa Trekanten-järveen johdetaan myös vesijohtovettä. Tunnetuimmat esimerkitapaukset lisäveden johtamisesta ovat yhdysvaltalaiset Green Lake ja Moses Lake.

Järviveden laimentaminen ravinneköyhemmillä lisävesillä on houkutteleva parannusmenetelmä. Lisäveden johtamisen vaikutuksia arvioitaessa on kuitenkin huomioitava, että niukkaravinteisenkin lisäveden mukana järveen tulee jonkin verran ravinnekuormitusta, eikä järven tilan parantuminen ole useinkaan odotetun voimakasta. Tämä johtuu järven tilavuuteen, virtaamaan, kuormitukseen ja moniin muihin sisäisiin tekijöihin liittyvästä sisäreaktioista, joiden ansiosta muutokset järven tilassa eivät ole laskettavissa pelkillä laimennussuhteilla. Hydrologisen kuvauksen sisältävillä ravinne- ja rehevyysmalleilla voidaan kuitenkin arvioida lisävesistä aiheutuvia muutoksia. Ollakseen tehokas järven kunnostusmenetelmä, vaatii lisävesien johtaminen järven tilaan suhteutettuna kohtalaisen määrän erittäin hyvälaatuista laimennusvettä tai erittäin paljon kohtalaisenlaatuista laimennusvettä. Usein vähäistä veden vaihtuvuutta pidetään kuormituksen ohella järven rehevyysongelmien perussyynä. Veden vaihtuvuuden hitaudella ei välttämättä ole vaikutusta järven kuntoon, mutta yleensä sellainen järvi, jonka veden vaihtuvuus on vähäinen, kestää huonommin ulkoista lisäkuormitusta kuin järvi, jolla on runsas virtaama. /68/

Laimentamisella ja huuhtelulla voidaan saada aikaan järven tilan paranemista kahdella tapaa. Laimentamalla saadaan aikaan järven ravinnepitoisuuden alentumista sekä leväsolujen huuhtoutumista. Huuhtelemalla voidaan lisätä levän poistumista. Levä- ja planktonbiomassan väheneminen perustuu biomassan kasvua rajoittavan ravinteiden pitoisuuden vähenemiseen ja veden vaihtuvuusnopeuden kasvuun. Laimentaminen voi vaikuttaa silloinkin, kun huuhtelunopeus on riittämätön aiheuttamaan merkittävää levän vähenemistä. Toisaalta lisääntynyt veden vaihtumisnopeus voi merkittävästi lisätä levän vähenemistä ilman, että ravinnepitoisuus merkittävästi vähenee. Huuhtelu voi aiheuttaa myös muita veden laatua parantavia tekijöitä, kuten vesimassan pystysuuntaista sekoittumista sekä levien aineenvaihduntatuotteiden vähenemistä, mikä voi vaikuttaa levälajeihin ja niiden runsauteen. /9/

Huuhtelemiseksi voidaan nimittää lisäveden niin voimakasta johtamista, että haitallisen korkeina pitoisuushuippuina esiintyviä aineita huuhtoutuu järvestä poistuvaan veteen. Huuhteluun tarvitaan siis merkittäviä määriä johdettavaksi soveltuvaa vettä. Huuhtoutuminen riippuu aineiden pidättymistaipumuksista. Pohjaan ja organismeihin pidättymättömät aineet huuhtoutuvat helposti, mutta erityisesti fosforilla ja kasviplanktonlevillä on pidättymistaipumuksia. Huuhtelussa oleellista on, että aineiden sedimentoitumista vähennetään ja veden poistumista luusuan kautta lisätään verrattuna normaaliin tilaan. Huuhteluna voidaan pitää myös aikaan saatua tilaa, jossa järven veden viipymä tehdään ajoittain niin lyhyeksi, jopa 10 vuorokauden mittaiseksi, että se alittaa kasviplanktonin uusiutumisaikaa ja levät huuhtoutuvat pois järvestä. Tällöin lisäveden virtaaman tulee olla noin 10-15 % järven tilavuudesta vuorokaudessa, jotta kasviplankton ei ehdi uusiutua. Järvissä, joissa on suuri luonnollinen huuhteleva ja laimentava virtaama, kasviplanktonpitoisuudetkin ovat yleensä alhaisia. /9/68/

Laimentaminen voi olla toteuttamiskelpoinen kunnostusmenetelmä silloin, kun suuria määriä vähäravinteista vettä on saatavilla johdettavaksi kunnostettavaan järveen. Kunnostuksen vaikutukset ovat sitä suurempia, mitä alempi on rajoittavan ravinteiden määrä johdettavassa vedessä verrattuna järveen ja siihen luonnollisesti tuleviin vesiin. Joissain tapauksissa parannusta järven tilassa on saatu aikaan myös lisäämällä kohtalaisen korkeita ravinnepitoisuuksia sisältävää vettä kunnostettavaan järveen, mutta tulokset ovat epävarmempia kuin vähäravinteista vettä lisättäessä. /68/

Lisäveden johtaminen järveen lisää aina osaltaan ravinteiden vapautumista sedimentistä. On myös huomioitava, että vaikka järveen johdettava vesi on vähäravinteista, lisää sekin omalta osaltaan järven ravinnekuormaa. Kun järveen johdetaan vettä, jonka ravinnepitoisuus on esimerkiksi 40 % normaalisti järveen tulevan veden ravinnepitoisuudesta, ja samanaikaisesti järven virtausnopeus lisääntyy, voi olla mahdollista, että sedimentaationa tapahtuva ravinteiden poistuma vedestä vähenee huomattavasti, ja järven veden ravinnepitoisuus jopa nousee. Toisin sanoen järven tulovirtaaman suhteellinen ravinnepitoisuuden lasku osaltaan alentaa järven ravinnepitoisuutta, mutta toisaalta huuhtelun aiheuttama alennus fosforin pidättymisessä nostaa sen pitoisuutta järvessä. Järveen johdettavan veden tulee siis olla tarpeeksi vähäravinteista verrattuna järven veteen, ja sitä tulee olla riittävästi, jotta toivottuja tuloksia saataisiin aikaan. /9/

### 6.10.1 Esimerkkikohteet lisäveden johtamisesta: Green Lake, Moses Lake ja Rusutjärvi

#### Green Lake

Yhdysvaltalaisen Green Lake –nimisen järven kunnostusmenetelmäksi valittiin lisäveden johtaminen. Lisäveden johtaminen aloitettiin vuonna 1962. Green Lake sijaitsee Seattlen lähellä, ja järven välittömässä läheisyydessä asuu lähes 50 000 ihmistä. Järveen johdettiin vähäravinteista vettä Seattlen vesijohtoverkosta, johon vettä saadaan kahdesta vuoristopurosta. Keskimääräinen virtaama järvestä lisääntyi lähes kolminkertaiseksi lisäveden johtamisen johdosta. Johdetun laimennusveden aiheuttamana huuhtelunopeus järvestä lisääntyi vaihdellen välillä 0,24-0,65 %/d.

Lisäveden johtamisen alettua muutaman ensimmäisen vuoden aikana, tapahtui merkittäviä parannuksia Green Lake –järven a-klorofylli- ja kokonaisfosforipitoisuuksissa sekä näkösyvyudessa. Näkösyvyys kohosi lähes nelinkertaiseksi, a-klorofyllipitoisuus laski yli 90 % ja kokonaisfosforipitoisuus laski pitoisuudesta 65 µg/l pitoisuuteen 20 µg/l. Myös sinileväkukinnoissa havaittiin selvää vähenemistä.

1970-luvun lopussa järven tila alentui taas merkittävästi. Lisäveden johtaminen lopetettiin vuonna 1982 suurten kustannusten ja vähäravinteisen veden saatavuusongelmien vuoksi, ja tuloksena oli massiiviset sinileväkukinnat. Järven sisäinen kuormituksen osuus on arveltu olevan 21% koko vuotuisesta fosforikuormasta. Vähäravinteisen veden saatavuus Seattlen verkosta on kuitenkin rajallinen, joten pitkän tähtäimen ratkaisu järven tilan parantamiseksi on kehitettävä.

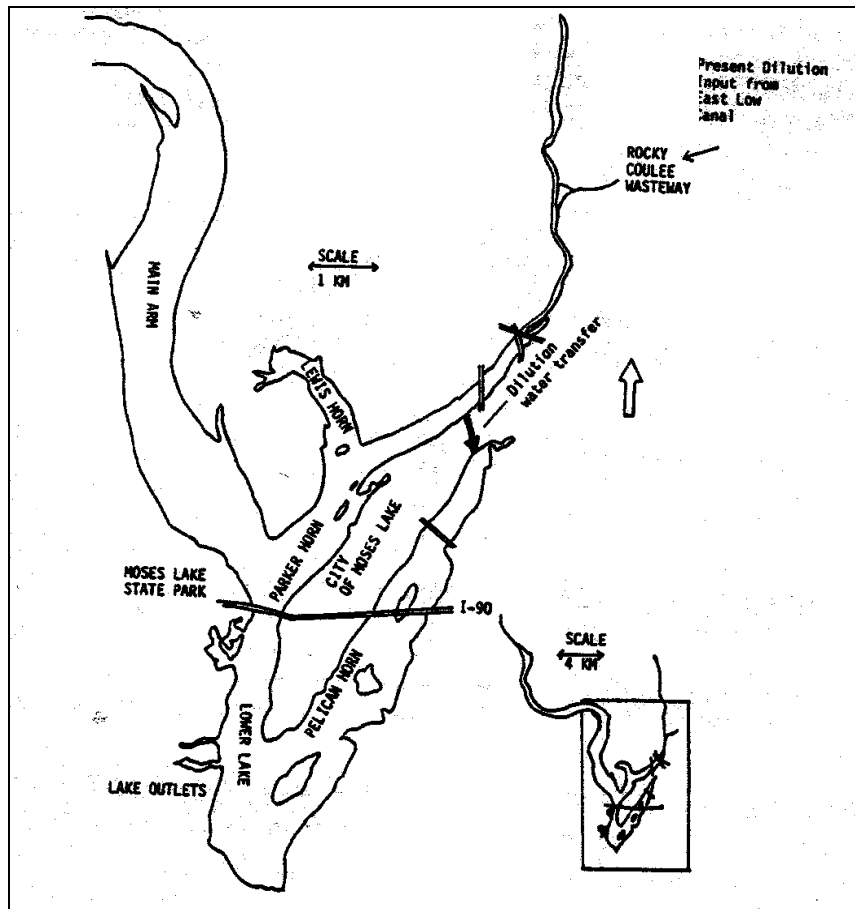
Yhtenä vaihtoehtona järven kunnostamiseksi on esitetty lisäveden johtamista Lake Washington –järvestä, jonka kokonaisfosforipitoisuus on riittävän alhainen, noin 15 µg/l, joten laimentamisvaikutus olisi tehokas. Järjestely vaatisi kuitenkin putkistosysteemin rakentamista järvien välille. Jotta Green Laken fosforipitoisuus saataisiin riittävän alhaiseksi leväkukintojen välttämiseksi, tulee järven kesäaikaisen fosforipitoisuuden olla 28 µg/l, ja vuotuisen keskiarvon olla 21 µg/l. Tämä vaatisi Lake Washingtonista johdettavan veden määräksi 23,5 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/a. Näin suuri vesimäärä pienentää sedimentaationopeutta, mitä ei laskelmissa ole huomioitu. Toisen arvion mukaan sedimentaation vaikutus vähentää tarvittavan veden määrää, jolloin Lake Washingtonista tarvittavan veden määrä olisi 15 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/a. Suunnitelmaa veden johtamiseksi Lake Washingtonista ei toistaiseksi ole kuitenkaan toteutettu, sillä putkiston rakentaminen ja veden johtaminen 15 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/a 20 vuoden ajan tulisi maksamaan 10 x 10<sup>6</sup> \$ (hintatiedot vuodelta 1990). /9/

## Moses Lake

Yhdysvaltalainen Moses Lake-nimiseen järveen lisäveden johtaminen Columbia-joesta aloitettiin 1977. Moses Lake oli kuormittunut jätevesien vaikutuksesta, ja sen sisäinen kuormitus oli suuri. Lisävesien johtamisen ohella Moses Laken kunnostuksessa käytettiin myös muita keinoja, kuten sedimentin kunnostusta ja jätevesikuormituksen vähentämistä, joten pelkän lisäveden johtamisen vaikutuksia järven vedenlaatuun on vaikeaa arvioida. Lisävettä johdettiin vuosina 1977-1988  $169,4 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ .

Lisäveden johtaminen vaikutti vedenlaatuun järven eri osissa eri tavalla. Eniten myönteisiä vaikutuksia oli Parker Hornin alueella, jossa veden vaihtuvuusnopeus oli suurin. Muualla järvessä veden vaihtuvuus ja johdetun veden osuus oli huomattavasti pienempi, mutta vedenlaatu kuitenkin parani. Lisäveden osuutta järven kokonaisvesimassasta tutkittiin veden sähkönjohtokyvyn avulla. Kolmen ensimmäisen vuoden aikana, joina lisävettä johdettiin järveen veden näkösyvyys kasvoi merkittävästi ja esimerkiksi kokonaisfosfori- ja a-klorofyllipitoisuudet pienenivät puoleen. Jätevesien poisjohtamisen jälkeen veden laatu parani vuosina 1986-1988 jopa tätä enemmän. Myös veden biomassan määrä on vähentynyt selvästi, muuta levälajien koostumus ei ole muuttunut. Sinileviä järvessä esiintyy edelleen. Kuviossa 17 on kartta lisäveden johtamisen toteuttamisesta Moses Lakeen.





KUVIO 17 Kartta Moses Laken lisäveden johtamisesta. Lisäveettä johdetaan Columbi-joesta East Line-kanavaa pitkin ja johdetaan Parker Hornin alueelle. /9/

Johdettavan lisäveden määrää kokeiltiin myös lisätä niin, että Parker Hornin alueella veden vaihtuvuusnopeus kasvoi 20 %:in/d ja muun järven alueella 2-3 %:in/d. Tarkoituksena oli saada aikaan huuhteluvaikutus, mutta johdetun lisäveden määrä ei ollut riittävä saamaan aikaan merkittävää leväbiomassan huuhtoutumista.

Lisäveden johtamisesta huolimatta Moses Laken sisäinen fosforikuormitus on edelleen niin suurta, että merkittävä vedenlaadun paraneminen vaatisi kunnostuksen, joka vähentäisi sisäistä kuormitusta merkittävästi. /9/

### Rusutjärvi

Tuusulan Rusutjärvi on keskisyvyydeltään 2,0 m, pinta-alaltaan 1,4 km<sup>2</sup> ja tilavuudeltaan 2 700 000 m<sup>3</sup>. Jo 1980-luvulla järvestä oli havaittavissa kiihtyvän rehevöitymisen merkkejä. Rusutjärven luusuan lähellä on pohjavedenotto, josta pohjavettä on otettu vuodesta 1974. Pohjaveden otto on vähentänyt hyvälaatuisten pohjavesien osuutta Rusutjärvestä, mikä on osaltaan heikentänyt järven tilaa. Suurin rehevöittävä tekijä on

kuitenkin ollut hajakuormitus. Rusutjärvi oli ennen sen tilan heikkenemistä aktiivisessa virkistyskäytössä, mutta esimerkiksi uimarannan kävijämäärä romahti sinileväkukintojen vuoksi. Järvi oli myös aktiivisessa kalastuskäytössä, mutta rehevöitymisen myötä kalataloudellinen arvo romahti. Rusutjärven rannat ovat osittain suojeltuja. /24/42/

Rusutjärvi on luontaisestikin melko rehevä, mutta 1980-luvun puolivälissä rehevöityminen kiihtyi voimakkaasti ja veden laatu heikkeni virkistyskäytön kannalta välttäväksi. Rusutjärven valuma-alueesta 27 % on peltoa, ja järveen vuosittain tuleva fosforikuorma on 310 kg ja typpikuorma 6700 kg vuonna 1985 tehdyn arvion perusteella.

Järven happitilanne kesäaikana oli hyvä, mutta talviaikana varsinkin pohjan lähellä heikko. Pintakerroksessa happea oli kevättalvisin yleensä 5-6 mg/l. Järven näkösyvyys alentui rehevöitymisen seurauksena tasolle 0,4-1,0 m. Veden pH:n maksimi-arvot kohosivat tasolle 9-10, mikä oli haitaksi järven arvokaloille. Kokonaistyyppipitoisuuden keskiarvot ovat 1980-luvun puolivälin jälkeen vaihdelleet kasvukausina 1100-1500 µg/l. Kokonaisfosforipitoisuuksien keskiarvot ovat vastaavasti vaihdelleet 65-90 µg/l. Rusutjärven todennäköinen minimiravinne on fosfori. A-klorofyllipitoisuuksien keskiarvot ovat kasvukausina vaihdelleet välillä 35-60 µg/l. Kasviplanktonin biomassan kasvukauden keskiarvot olivat 13-15 mg/l, minkä perusteella järvi on hypereutrofinen. Syanobakteerien keskimääräinen osuus biomassasta kasvoi rehevöitymisen myötä yli 80 %:in.

Rusutjärven pohjasedimentin pinta vuonna 1984 tehdyn sedimenttitutkimuksen mukaan oli savimaista liejua. Sedimentin ajoittaiset mustat sulfidikerrokset viittasivat happikatoihin. Rusutjärven syvänteeseen sedimentin pintakerroksen fosforipitoisuus oli yli kaksinkertainen verrattuna syvempiin kerrostumiin. Järven kalaston särkikalojen osuudeksi arvioitiin 77-98 % pyyntimenetelmästä riippuen.

Ennen lisäveden johtamista Rusutjärvellä suoritettiin kunnostustoimenpiteinä talvi-ilmastus ja särkikalojen tehopyyntiprojekti. Ensimmäinen ilmastuskokeilu suoritettiin helmi-huhtikuussa 1987 Mixox-ilmastimella. Seuraavana talvena järven syvänteelle asennettiin laitteisto, jolla veteen syötettiin ilmaa lautalla olevan kompressorin ja pohjalla olevan rei'itetyn muoviputken avulla. Ilmastuksen vaikutuksesta alus- ja päällysveden happipitoisuudet tasaantuivat, mutta järven keskimääräistä happipitoisuutta ilmastus kuitenkin alensi jonkin verran. Ilmeisesti sedimentti kulutti happea voimakkaammin, kun alusveden happipitoisuus kasvoi. Tehokalastusprojekti toteutettiin vuosina 1986-1989. Särkikalojen tehopyynnillä onnistuttiin poistamaan järvestä kalaa noin 19,7 tonnia. Saalis oli pääasiassa särkeä ja pienikokoista lahnaa. Tehopyynti ei merkittävästi vaikuttanut veden laatuun. /42/

Rusutjärveen on johdettu lisävetä Päijänne-tunnelista vuodesta 1992 lähtien. Lisäveden hankintajärjestelmä maksoi 2,9 mmk (noin 490 000 €) ja siitä aiheutuu vuosittain 250 000 markan (noin 42 000 euron) kustannukset. Lisävetä johdetaan pääasiassa touko-syyskuun välisenä aikana 240 l/s. Vuosittain juoksutettava vesimäärä on yli 3 miljoonaa m<sup>3</sup>. Päijänne-tunnelin veden kokonaisfosforipitoisuus oli hanketta suunniteltaessa luokkaa 10 µg/l ja kokonaistyyppipitoisuus noin 500 µg/l. /24/42/

Lisäveden johtamisella oli ensisijaisesti tarkoitus parantaa Rusutjärven veden laatua ja järven tilaa laimentamalla veden ravinnepitoisuuksia ja lisäämällä veden vaihtuvuutta. Tavoitteena oli myös katkaista voimakkaasti kiihtynyt rehevöitymiskierre ja vähentää virkistyskäytölle ja kalastukselle haitallisia syanobakteerien massaesiintymiä sekä turvata Rusutjärven happitilanne talvella. Tavoitteiden saavuttamiseksi lisäveden juoksutus oli suunnitelman mukaan tarpeen koko kasvukauden ajan runsassateisia kausia lukuun ottamatta. Lisäksi lisävetä tuli johtaa talvisaikaan vähäisempiä määriä.

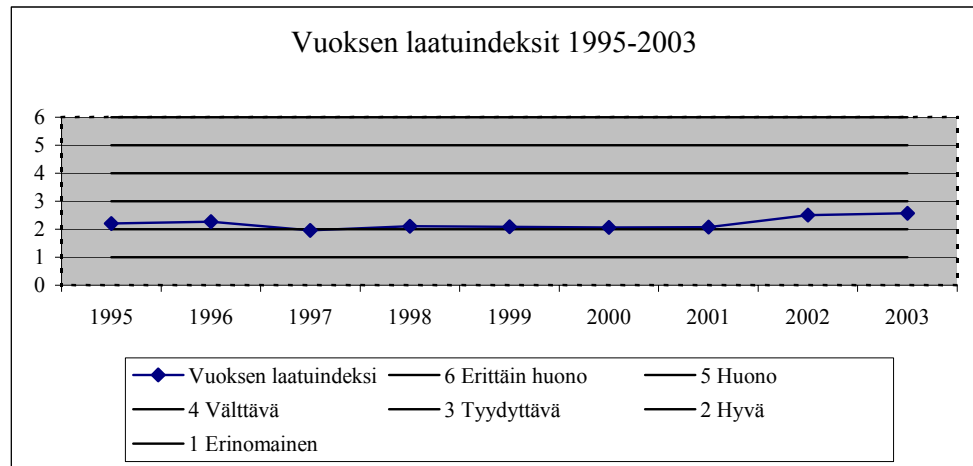
Lisäveden johtamisen vaikutuksesta kesäaikaiset fosforipitoisuudet Rusutjärvässä ovat laimentuneet huomattavasti. Järven sisäisestä kuormituksesta johtuen fosforiarvot ovat tästä huolimatta edelleen melko korkeita. Myös levämäärät ovat selvästi alentuneet, mutta sinilevien osuus on edelleen yli 50 % levien kokonaismäärästä. Sinilevävaltaisuuteen pidetään syynä järven vinoutunutta ravintoketjurakennetta. Lisäkunnostustoimenpiteenä järvellä on suoritettu hoitokalastusta, rantojen kunnostusta ruoppaamalla ja vesikasveja niittämällä. /42/

Lisäveden johtamisen ansiosta Rusutjärven rehevyysluokka on palautunut erittäin rehevästä normaalin rehevään. Kasvukauden fosforipitoisuuden keskiarvo on alentunut tasolta 80-90 µg/l tasolle 45-50 µg/l ja a-klorofyllipitoisuudet tasolta 50-60 µg/l tasolle 30-3 µg/l. Vuonna 2003 erityisesti kokonaisfosforipitoisuudet olivat tavallista pienempiä, mikä johtui läpi talven suoritetusta lisäveden johtamisesta ja kuivuuden aiheuttamasta tavallista pienemmästä hajakuormituksesta. Virkistyskäyttöluokka on Rusutjärvellä lisäveden johtamisen vaikutuksesta muuttunut välttävistä tyydyttäväksi. /42/46/ Lisäveden johtamisen vaikutuksia Rusutjärven vedenlaatuun on esitetty liitteessä 14.

## 6.10.2 Lisäveden johtaminen Mellonlahteen

Mellonlahden vedenlaatu verrattuna Vuoksen nykyiseen vedenlaatuun

Vuoksen veden laatu on nykyisellään hyvä. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry on analysoinut Vuoksen veden laatua kahdesta näytestä yhden metrin syvyydeltä. Vuoksen vedenlaatuindeksien kehitys on esitetty kuviossa 18.



KUVIO 18 Vuoksen veden laatuindeksin kehitys vuosina 1995-2003. /125-135/

Analyysitulosten perusteella lasketut laatuindeksit ovat olleet aikavälillä marraskuu 2001 - syyskuu 2003 useimmiten hyvän tai hyvä/tyydyttävän rajoissa. Vuoksen vedenlaatutiedot tältä ajalta on esitetty liitteessä 15. Taulukossa 3 on vertailtu Mellonlahden veden ja Vuoksen veden analyysituloksia.

Verrattuna Vuoksen veteen Mellonlahden vesi on selvästi väriltään kirkkaampaa ja vähemmän orgaanista ainesta sisältävää. Ravinnepitoisuudet, sameusarvot, suolapitoisuus, pH-arvo sekä levätuotanto ovat Mellonlahdessa Vuokseen verrattuna suurempia. Myös happipitoisuus on huonompi kuin Vuoksessa. Hygieeninen laatu on Vuoksen vedessä hieman heikompi kuin Mellonlahdessa. /125-135/

TAULUKKO 4 Mellonlahden pinta- ja alusvedenanalyysitulosten keskiarvot vuosilta 1998-2003 sekä Vuoksen näytepisteiden 56 ja 61 analyysitulosten keskiarvot ajalta marraskuu 2001 - syyskuu 2003. /69-123/125-135/

Analyysitulokset	Mellonlahti 1 m	Mellonlahti 12 m	Vuoksi (ka 56 ja 61)
O <sub>2</sub> mg/l	8,8	1,5	11,5
O <sub>2</sub> -%	90,8	11,8	94
Sameus FTU	1,6	6,0	0,7
Sähkönjohtavuus mS/m	23,2	26	7,4
PH	8,1	7,1	7,2
Väri mg Pt/l	13	34	30
COD <sub>Mn</sub> µg/l	2,9	2,6	7
Kokonaistyyppi µg/l	836	1490	404
Kokonaisfosfori µg/l	12	81	7,5
Hygienian indikaattoribakteerit kpl/100 ml	3	0,3	15,3
A-klorofylli µg/l	5,5		1,4

**Happi.** Liuenneen hapen pitoisuudet ja hapen kyllästysasteet eivät ole suoraan verrattavissa Vuoksen ja Mellonlahden analyysituloksista. Virtaavassa jokivedessä happipitoisuudet ovat yhden metrin syvyydeltä mitattuna poikkeuksetta hyviä. Tuloksista voidaan kuitenkin päätellä, että Vuoksesta johdettu vesi todennäköisesti parantaisi myös Mellonlahden happipitoisuuksia etenkin syvänteessä.

**Sameus.** Mellonlahden vesi on etenkin syvänteessä huomattavasti sameampaa kuin Vuoksen vesi. Myös Mellonlahden pintaveden sameus on kaksinkertainen Vuoksen veteen verrattuna. Vuoksesta johdettu lisävesi vähentäisi Mellonlahden veden sameutta.

**Sähkönjohtavuus.** Mellonlahden veden sähkönjohtavuus on huomattavasti suurempi verrattuna Vuoksen veteen. Korkeat sähkönjohtavuusarvot kertovat vesistöön tulevasta kuormituksesta.

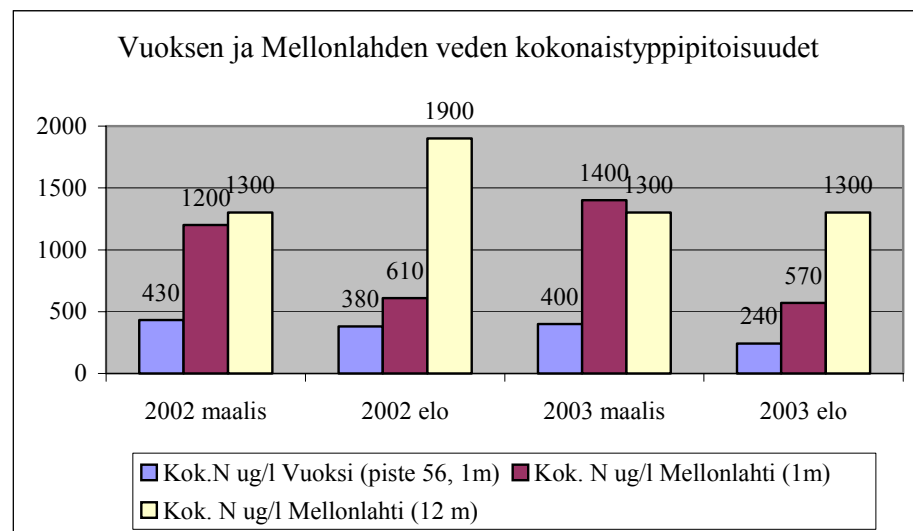
**pH.** Mellonlahden pintaveden pH-arvot ovat aika-ajoin hyvin korkeita. Vuoksen pH-arvot ovat lähellä 7, ollen kuitenkin lievästi emäksisiä. Lisäveden johtaminen Vuoksesta ei heti suoraan vaikuta Mellonlahden veden pH-arvoihin, mutta ravinnepitoisuuksien pienessä ja

leväkukintojen vähetessä Mellonlahden veden pH:n tulisi laskea lähelle neutraalia.

**Väri.** Vuoksen vesi on humuspitoisempaa verrattuna Mellonlahden veteen. Lisäveden johtamien Vuoksesta muuttaisi ajan myötä Mellonlahden veden Vuoksen veden väriseksi.

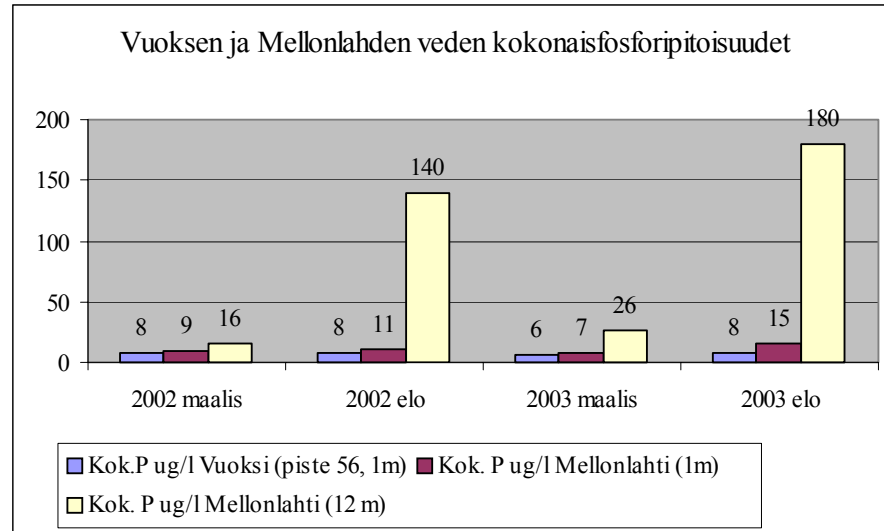
**COD<sub>Mn</sub>.** Kemiallinen hapenkulutus on korkeampi Vuoksen vedessä kuin Mellonlahden vedessä. Myös tämä johtunee Vuoksen veden korkeammasta humuspitoisuudesta.

**Kokonaistyyppi.** Mellonlahden kokonaistyyppipitoisuudet yhden metrin syvyydessä ovat yli kaksinkertaisia ja 12 metrin syvyydessä noin 3,7-kertaisia verrattuna Vuoksen veteen. Lisäveden johtaminen laimentaisi Mellonlahden kokonaistyyppipitoisuuksia. Vuoksen ja Mellonlahden nykyiset kokonaistyyppipitoisuudet on esitelty kuviossa 19.



KUVIO 19 Vuoksen ja Mellonlahden veden kokonaistyyppipitoisuuksien keskiarvot ajalta maaliskuu 2002 – elokuu 2003. /121/122/123/128/134/146/

**Kokonaisfosfori.** Mellonlahden pintaveden kokonaisfosforipitoisuudet ovat noin 1,6-kertaisia ja alusveden lähes 11-kertaisia verrattuna Vuoksen veteen. Lisäveden johtaminen laimentaisi Mellonlahden kokonaisfosforipitoisuuksia. Vuoksen ja Mellonlahden nykyiset kokonaisfosforipitoisuudet on esitelty kuviossa 20.



KUVIO 20 Vuoksen ja Mellonlahden veden kokonaisfosforipitoisuudet ajalta maaliskuu 2002 – elokuu 2003. /121/122/123/128/134/146/

**Hygienian indikaattoribakteerit.** Vuosien 1998-2003 analyysitulosten perusteella Vuoksen veden hygieeninen likaantuminen olisi hieman Mellonlahtea suurempaa. Pitemmällä aikavälillä tuloksia katsottaessa kuitenkin voidaan huomata, että Vuoksen hygieeninen likaantuminen on aika ajoin huomattavasti Mellonlahtea suurempaa. Mellonlahden hygieeninen laatu on lähes aina ollut erinomainen. Vuoksen vettä johdattaessa Mellonlahteen voi olla mahdollista, että Mellonlahden hygieeninen laatu heikkenisi. Kuitenkin Vuoksenkin hygieeninen laatu on nykyisin uimaveden laatusuosituksen rajoissa.

**A-klorofylli.** A-klorofyllipitoisuudet ovat Mellonlahdessa noin 3,9-kertaiset verrattuna Vuoksen veden a-klorofyllipitoisuuksiin. Vuoksesta lisäveden johtamisen myötä ravinnepitoisuudet Mellonlahdessa laimenevat, jolloin myös a-klorofyllipitoisuudet laskevat. Lisäveden johtamisen myötä levämassaa myös huuhtoutuu ja poistuu Mellonlahdesta.

**Lämpötila.** Talvella Vuoksen veden lämpötila on usein hieman alle 0 °C. Vesi pysyy kuitenkin sulana voimakkaan virtauksen ansiosta. Mellonlahti on puolestaan talvisin termisesti kerrostunut, jolloin veden lämpötila syvänteessä pohjan lähellä on yleensä noin + 4 °C ja pintavesi tätä kylmempää. Mikäli lisävetä johdetaan suunnitelman mukaisesti myös talvisin syvänteen pohjalle, tulee talvisaikainen lämpötilakerrostuneisuus todennäköisesti purkautumaan ainakin syvänteen alueella. Kokonaisvesimassa saattaa myös viilentyä jonkin verran, sillä talvella Vuoksesta johdettava vesi on Mellonlahden vettä kylmempää.

Kesäaikaan Vuoksen veden johtaminen Mellonlahden syvänteeseen purkaa todennäköisesti myös Mellonlahden kesäaikaisen

lämpötilakerrostuneisuuden. Mellonlahden pohjan lähellä veden lämpötilat kesä-elokuussa ovat noin 6-10 °C ja Vuoksen veden vastaavat lämpötilat ovat noin 15-21 °C. Vuoksen ja Mellonlahden pintaveden kesäaikaiset lämpötilat eivät eroa merkittävästi. Kesäaikana Vuoksen veden johtaminen Mellonlahteen saattaa jonkin verran nostaa Mellonlahden veden kokonaislämpötilaa.

Suomessa saatujen kokemusten mukaan vesistön lämpötila ei kuitenkaan muutu ratkaisevasti lisäveden johtamisen vaikutuksesta. /44 s. 41/ Esimerkiksi Rusutjärveen ja Ridasjärveen lisävettä johdetaan Päijännetunnelista, jonka lämpötila on kesäaikana järvien lämpötilaa muutamia asteita viileämpää. Mellonlahden tilanteessa johdettava lisävesi on taas lahden vettä lämpimämpää. Lisäveden johtaminen riittänee purkamaan lämpötilakerrostuneisuuden sekä kesä- että talviaikaan, mutta koko Mellonlahden alueen lämpötilakerrostuneisuuden pysymisestä tai purkautumisesta lisävettä johdettaessa ei voida varmasti arvioida. Muun kuin syvänteen alueen lämpötilataloudesta ja veden virtauksesta Mellonlahdella ei ole arviointiin riittävästi havaintoja.

### 6.10.3 Muita Vuoksen analyysituloksia

Vuoksen vedestä on säännöllisesti analysoitu myös alkaliteetti, kiintoaine, fosfaattifosfori, kloridi, liukoinen sulfaatti, haju, natrium, nitraatti ja nitriitti, rauta, alumiini, kalsium, magnesium, kalium, AOX ja TOC. Mellonlahden vedestä näitä suureita ei ole määritetty. Vuoksen veden analyysituloksia vuosilta 2001-2003 on esitetty liitteessä 15.

**Alkaliteetti** mittaa veden puskurikykyä eli kykyä vastustaa pH:n muutosta. Vuoksen veden alkaliteetti on tarkkailujaksolla marraskuu 2001 – syyskuu 2003 ollut lähes aina yli 0,2 mmol/l, eli Vuoksen veden puskurikyky on hyvä. Vuoksen vesi ei ole vaarassa happamoitua. /125-135/

**Kiintoaine** kuvaa vedessä olevaa hiukkasmaista ainesta. Jätevesikuormitus, levät ja saviaines vedessä lisäävät kiintoainepitoisuutta. Puhtaan, kirkkaan veden kiintoainepitoisuus on alle 1,0 mg/l. Jokivesissä kiintoainepitoisuus vaihtelee vuodenaikojen mukaan. Tarkkailujaksolla marraskuu 2001 – syyskuu 2003 Vuoksen veden kiintoainepitoisuus vaihteli välillä <0,5 mg/l –3,4 mg/l. Kiintoainepitoisuuden keskiarvo on alle 1 mg/l. /125-135/

**Fosfaattifosfori** on liuenneessa epäorgaanisessa muodossa oleva fosforiyhdiste, jota levät pääasiallisesti käyttävät. Tuotantokaudella fosfaattifosforipitoisuudet ovat pieniä, koska fosfaattifosfori on yleensä tuotannon minimitekijä. Vuoksen fosfaattifosforipitoisuudet ovat yleensä alle 2 µg/l. Enimmilläänkin fosfaattifosforipitoisuus on ollut 4 µg/l. /125-135/



**Kloridia** liukenee vesistöihin muun muassa rapautumalla kallioperästä ja tiesuolauksesta. Vuoksen veden kloridipitoisuudet ovat yleensä olleet alle 5 mg/l ja enimmillään tarkkailujakson aikana marraskuusta 2001 syyskuuhun 2003 aikana 5,6 mg/l. Talousveden laatusuosituksissa kloridille enimmäispitoisuudeksi on annettu 250 mg/l. /61/125-135/

**Sulfaattipitoisuudelle** on annettu talousveden laatusuosituksissa enimmäispitoisuudeksi 250 mg/l. Vuoksen veden liukoisen sulfaatin pitoisuudet ovat olleet alle 15 mg/l. /61/125-135/

**Haju.** Tarkkailujaksona marraskuu 2001 – syyskuu 2003 Vuoksen vesi on laboratorioanalyysien mukaan muulloin ollut hajutonta, mutta heinä- ja syyskuussa 2003 on havaittu lievää sellun hajua. /125-135/

**Natriumille** on annettu talousveden laatusuosituksissa enimmäispitoisuudeksi 200 mg/l. Vuoksen veden natriumpitoisuudet ovat tarkkailujaksona marraskuu 2001 - syyskuu 2003 olleet alle 9 mg/l. /61/125-135/

**Nitraatti ja nitriitti.** Tuotantokauden ulkopuolella suuri osa kokonaistypestä on nitraattina. Avovesiaikana nitraatti on suurimmaksi osaksi levien käytössä. Nitraatin loppuminen vedestä on merkki voimakkaasta levätuotannosta. Talvella nitraattipitoisuus voi olla 500-1000 µg/l. Nitriitin pitoisuudet ovat yleensä hyvin pieniä, alle 10 µg/l. Vuoksen veden nitraatin ja nitriitin yhteispitoisuudet ovat tarkkailujaksona marraskuu 2001 – syyskuu 2003 kasvukaudella 150-68 µg/l ja kasvukauden ulkopuolella alle 180 µg/l. /15/125-135/

**Rautapitoisuus** on vesistölle tyypillinen arvo. Kirkkaissa, karuissa vesissä päällysveden rautapitoisuus on 50-200 µg/l ja erittäin paljon humusta sisältävissä vesissä jopa yli 1000 µg/l. Sameissa jokivesissä rautaa voi olla jopa 6000 µg/l. Rauta liukenee hapettomissa olosuhteissa helposti veteen. Vuoksen veden rautapitoisuudet ovat jokivesistölle alhaisia, enimmilläänkin vain 140 µg/l. /15/125-135/

**Alumiini.** Vuoksen alumiinipitoisuudet ovat pienehköjä, enimmillään 100 µg/l tarkkailujaksona marraskuu 2001 – syyskuu 2003. Talousveden laatusuosituksissa alumiinipitoisuuden enimmäisarvo on 200 µg/l. /61/125-135/

**Kalsium.** Vuoksen veden kalsiumpitoisuudet ovat yleensä alle 8 mg/l. Kalsium-ioni on kationi, joka saattaa lisätä suurina määrinä veden sähkönjohtavuutta. /125-135/

**Magnesiumia** Vuoksen vedessä on ollut alle 2 mg/l tarkkailujakson marraskuu 2001 – syyskuu 2003 aikana. Myös magnesium on kationi. /125-135/

**Kaliumia** on enimmillään ollut 1,8 mg/l tarkkailujakson marraskuu 2001 – syyskuu 2003 aikana Vuoksen vedessä. Myös kalium on kationi. /125-135/

**AOX eli adsorboituvien orgaanisten halogeeniyhdisteiden määrittäminen** on summaparametri, jota käytetään veden laadun valvontaan. AOX kuvaa orgaanisesti sitoutuneen kloorin, bromin ja jodin (mutta ei fluorin) kokonaismäärää. AOX-luku ei anna tietoa siitä, mitä yhdisteitä siihen sisältyy, mutta monet haitalliset epäpuhtaudet, esimerkiksi kloorifenolit, kasvattavat veden AOX-lukua, joten sitä voidaan pitää tietyntyyppisenä indikaationa haitallisten epäpuhtauksien määrästä. Vuoksen veden AOX-pitoisuudet olivat marraskuu 2001 – syyskuu 2003 aikana yleensä alle 50 µg/l, mutta suurin mitattu pitoisuus oli 181 µg/l. Ruotsissa pintaveden AOX:lle on esitetty tausta-arvoksi 30 µg/l. /62/125-135/

**TOC eli orgaanisen hiilen kokonaismäärä** kuvaa veden sisältämien orgaanisten aineiden määrää hiilipitoisuutena. Raakaveden orgaanisesta hiilestä voi talousveden valmistuksen yhteydessä muodostua terveydelle haitallisia sivutuotteita. Tarkkailujakson marraskuu 2001 – syyskuu 2003 aikana Vuoksen veden korkein TOC-pitoisuus oli 8,1 µg/l. /62/125-135/

#### 6.10.4 Mellonlahden lisäveden johtamissuunnitelma

Lisäveden johtamisesta Mellonlahdelle on tehty suunnitelma vuonna 1985. Suunnitelman varusteita ja kustannustietoja päivitettiin syyskuussa 2003. Liitteessä 16 on Mellonlahden lisäveden johtamisen pumppaussuunnitelman toimintaselostus ja kustannusarvio.

Suunnitelmassa lisäveden johtamiseen tarvitaan kaksi pumppua, joiden kummankin pumppausteho on 100 l/s eli yhteensä pumpattava vesimäärä on 200 l/s. Suunnitelmassa lisävetä johdetaan kahta paineputkea pitkin Mellonlahden 12 metrin syvänteeseen tai vaihtoehtoisesti yhtä paineputkea pitkin 12 metrin syvänteeseen ja toista putkea pitkin matalampaan, noin 9 metrin syvänteeseen. Paineputket on tarkoitus varustaa virtauksen hajottimilla, jolloin purkautuvan veden nopeus vähenee 1,5 metristä sekunnissa 0,4 metriin sekunnissa. Pumppaamo on tarkoitus sijoittaa Vuoksen puolelle patotien läheisyyteen Honkasaaren kohdalle.

Mellonlahteen pumpatun vesimäärän verran vettä poistuu padossa olevan poistopadon kautta. Poistopato toimii vain silloin, kun Vuoksen pinta on alle tason +43,50. Poistoputki sijaitsee noin kolmen metrin syvyydessä Mellonlahden pinnasta. Mellonlahden vedenpintaa säädellään settipadolla, jonka korkeudet määritellään pumppaustilanteiden mukaan.

Suunnitelman mukaan Mellonlahden vedenpinnan tavoitekorkeus on +43,70. Pumput pysähtyvät, kun Mellonlahden pinnan korkeus on tasolla +43,75 - +43,80, ja käynnistyvät uudelleen, kun vedenpinta on tasolla

43,60. Vuoksen puolella pumput toimivat, kun vedenpinta Vuoksessa välillä +41,30 - +42,50. Vuoksen virtaama vaihtelee välillä 320-750 m<sup>3</sup>/s ja sitä säännöstellään muun muassa Saimaan vedenpinnan korkeuden ja Imatran- ja Tainionkosken voimalaitosten tarpeen mukaan. Vuoksen keskimääräinen virtaama on noin 500 m<sup>3</sup>/s.

Verrattuna Rusutjärven lisäveden johtamisen lähtökohtiin ovat toteutuksen lähtökohdat Mellonlahdella paremmat. Vuoksen ravinnepitoisuudet ovat pienemmät kuin Päijänne-tunnelissa Rusutjärven lisäveden johtamissuunnitelmaa tehtäessä. Rusutjärven tilavuus verrattuna lisäveden johtamismäärään on myös suurempi kuin Mellonlahdelle tehdyssä suunnitelmassa, joten Mellonlahdella Rusutjärven suuruinen veden vaihtuvuusnopeus saavutettaisiin pienemmällä lisäveden johtamismäärällä. Myös rakentamiskustannukset ja lisäveden johtamisen vuosikustannukset ovat Mellonlahdella pienemmät kuin Rusutjärvellä.

Lisäveden johtamisessa Mellonlahdelle on ensisijaisena tarkoituksena saada aikaan ravinnepitoisuuksien laimenemista ja sitä kautta leväkukintojen vähenemistä. Samanaikaisesti osa ravinteista ja biomassasta tulee myös huuhtoutumaan poistoputken kautta Vuokseen. Lisäveden johtaminen voidaan toteuttaa myös pelkästään huuhtelemalla eli johtamalla niin paljon lisävetä, että ravinteita ja biomassaa poistuu järvestä. Jotta Mellonlahden viipymä tulisi niin lyhyeksi, että pelkkä huuhteluvaikutus riittäisi parantamaan vedenlaatua, tarvittaisiin lyhyessä ajassa niin suuri vesimäärä, että sen johtaminen Vuoksesta Mellonlahteen vaatisi muutoksia sekä lisäveden johtamissuunnitelmaan että Mellonlahden vedenkorkeuden säännöstelypatoon. Mikäli järven kunnostus toteutettaisiin pelkästään huuhtelemalla, tulisi lisävetä johtaa Mellonlahteen vähintään 100 000 m<sup>3</sup>/d eli noin 1,16 m<sup>3</sup>/s. /47/ Pelkästään huuhtelemalla toteutetusta lisäveden johtamisesta ei ole kokemuseräistä tietoa, mutta todennäköisesti huuhtelu tulisi suorittaa yhdestä muutamaan kertaan kasvukauden aikana useiden, jopa kymmenien vuosien ajan, jotta se parantaisi Mellonlahden vedenlaatua pysyvästi. Koska huuhtelu aiheuttaa ravinteiden ja biomassan liukenemista myös sedimentistä, tulee huomioida sen vaikutukset myös Vuoksen veteen, mikäli huuhtelua harkitaan Mellonlahden kunnostustoimenpiteeksi.

#### 6.10.5 Lisäveden johtamisen vaikutukset Mellonlahden vedenlaatuun

Lisäveden johtamisen aiheuttamaa järven reaktiota vähäravinteisen veden lisäykseen arvioitaessa, voidaan järven ravinnepitoisuuksia ennustaa (Frisk 1978) massatasopainomallilla /9/:

$$C_t = C_i + (C_o - C_i) e^{-pt}$$

Jossa  $C_t$  = saavutettava ravinnepitoisuus,  
 $C_i$  = tulovirtaaman ravinnepitoisuus,  
 $C_o$  = järven alkuperäinen ravinnepitoisuus  
 $e \approx 2,718281828$

t = lisäveden johtamisaika

$\rho$  = vedenvaihtonopeus (menovirtaama/järven tilavuus)

Yhtälössä otaksutaan, että järven vesi sekoittuu hyvin, eikä muita ravinnelähteitä ole. Yhtälössä ei huomioida sedimentaatiota, mutta siitä huolimatta joissakin tapauksissa järven ravinnepitoisuus on noudattanut tätä kaavaa, koska lisävesien johtamisen vaikutuksesta myös ravinteiden vapautuminen sedimentistä on nopeutunut. /9/

Massatasapainomallin avulla arvioituna yhden vuoden kuluttua lisäveden johtamisen aloittamisen jälkeen Mellonlahden ravinnepitoisuudet eri lisäveden johtamistavoilla on esitetty taulukossa 5. Sedimentaatio on huomioitu välillisesti käyttämällä Mellonlahteen luonnollisen tulovirtaaman ravinnepitoisuuksina Mellonlahden veden ravinnepitoisuuksia. /24/

TAULUKKO 5 Lisäveden johtamisen laskennalliset vaikutukset Mellonlahden ravinnepitoisuuksiin ja luokitukset ravinnepitoisuuksien mukaan eri lisäveden johtamistavoilla. Pitoisuus kasvukaudella ennen lisäveden johtamista on keskiarvo vuosien 1998-2003 analyysituloksista.

		Lisäveden johtamistapa			
		Pitoisuus kasvukaudella ennen lisäveden johtamista	Kasvukautena (5kk)	Kasvukautena (5kk) ja talvella 3 kk	Jatkuvasti läpi vuoden
Ravinnepitoisuudet kasvukaudella	Kokonaisfosfori $\mu\text{g/l}$ (keskiarvo 1-12m)	54 (erittäin rehevä)	20 (lievästi rehevä)	14 (karu)	10 (karu)
	Kokonaistyyppi $\mu\text{g/l}$ (keskiarvo 1-12 m)	1115 (rehevä)	520 (lievästi rehevä)	485 (lievästi rehevä)	440 (lievästi rehevä)

Taulukon 5 tulosten perusteella voidaan päätellä, että pelkästään kasvukautena tapahtuva lisäveden johtaminen riittää pitämään Mellonlahden pintaveden ravinnepitoisuudet sekä kokonaisfosforin että kokonaistyyppien osalta lievästi rehevällä tasolla. Mellonlahden minimiravinteena on edelleen fosfori. Lisäveden johtamisessa kasvukaudella sekä 3 kuukautta talvella tai lisäveden johtamisessa läpi vuoden ei ole ravinnepitoisuuksien kannalta ratkaisevaa merkitystä. Molemmilla tavoilla lisävetä johdettaessa kokonaisfosforipitoisuudet laskevat karulle tasolle ja kokonaistyyppipitoisuudet lievästi rehevälle tasolle. Lisäveden johtaminen myös talviaikaan pitäisi lahdan syvänteen

veden samalla hapekkaana talvikerrostuneisuuden aikana. Liitteessä 17 on esitetty laskennalliset arviot ravinnepitoisuuksista erikseen myös pinta- ja alusveden ravinnepitoisuuksilla laskettuna.

Massatasapainomallin avulla voidaan arvioida myös tarvittava vedenvaihtonopeus, jotta tietty tavoiteravinnepitoisuus saavutettaisiin. Mikäli Mellonlahden veden keskimääräiseksi kokonaisfosforipitoisuudeksi halutaan karun vesistön kokonaisfosforin ylärajapitoisuus 15 µg/l, tulee veden vaihtua Mellonlahdella 2,16 kertaa vuodessa. Tällöin riittäisi noin 80 l/s vuoden ympäri pumpattava lisävesi Vuoksesta. Tässä tapauksessa vedenpumppaus suunnitelman kahdesta pumpusta riittäisi käytettäväksi vain yksi, jolla vettä johdetaan syvänteeseen 100 l/s.

#### 6.10.6 Virhearviointi lisäveden johtamisen laskennallisiin vaikutuksiin Mellonlahden vedenlaatuun

Massatasapainomallilla arvioidut ravinnepitoisuudet eri lisäveden johtamistavoilla ovat suuntaa-antavia.

Massatasapainomallissa ei huomioida sedimentaatiota. Laskutoimituksissa ravinnepitoisuuksia arviotaessa sedimentaatio on huomioitu välillisesti käyttämällä luonnollisen tulovirtaaman ravinnepitoisuuksina Mellonlahden ravinnepitoisuuksia.

Vuosina 1998-2003 Mellonlahdelta on otettu näytteitä vain kerran kasvukauden aikana elo- tai syyskuussa, joten tulokset eivät tältä osalta ole täysin luotettavia. Useina vuosina alkukesällä pintaveden ravinnepitoisuudet ovat olleet korkeampia kuin loppukesästä. Todennäköisesti leväkasvusto kuluttaa pintaveden ravinteita vähentäen pitoisuuksia loppukesää kohti. Laskuissa on käytetty vesimassan ravinnepitoisuuksien keskiarvoja, eikä tuloksissa ole huomioitu vesimassan sekoittumista lisäveden johtamisen jälkeen.

Arvioituihin ravinnepitoisuuksien tarkkuuteen vaikuttaa myös Mellonlahden tilavuus 1000 000 m<sup>3</sup>, joka on arvioitu Mellonlahden pinta-alan ja keskisyvyyden mukaan, eikä näin ollen ole todellinen tilavuus, sekä arvioitu Mellonlahden tulovirtaama, jossa ei ole huomioitu pohjaveden osuutta. Mellonlahden tulovirtaamat laskuissa ovat todellisia suurempia myös siksi, että todellisuudessa lisävettä johtavat pumput eivät ole toiminnassa ympäri vuorokauden, vaan niissä vedenpinnan on korkeusvaihtelut huomioiva kytkin.

Mikäli lisäveden johtaminen Mellonlahdelle toteutetaan olemassa oleva suunnitelman mukaisesti, johdetaan Vuoksen vettä paineella Mellonlahden syvänteeseen. Tällöin on todennäköistä, että varsinkin alkuvaiheessa sedimentistä vapautuu runsaasti ravinteita. Vesimassan sekoittuessa ravinteet nousevat pintakerrokseen, jolloin ne ovat levien käytössä, ja

leväbiomassa voi jopa lisääntyä. Lisäveden johtamisen jatkuessa riittävän pitkään, tulee ravinteet kuitenkin vähenemään syvänteen sedimentistäkin.

Arvioidut vaikutukset lisäveden johtamisesta kohdentuvat paikallisesti Mellonlahden syvänteen alueelle. Vaikutuksia muun lahden alueen vedenlaatuun ei pystytä arvioimaan ilman virtausmittausten tekemistä. Lisäveden johtaminen tulee myös muuttamaan Mellonlahden nykyisiä virtausolosuhteita. Syvänteen sijaitsee suunnilleen puolivälissä lahtea itä-länsisuunnassa lähempänä pohjois- kuin etelärantaa. Koska Mellonlahdelta vesi poistuu Vuokseen padon eteläpäässä olevasta säännöstelypadosta, vaikuttanee lisäveden johtaminen vedenlaatuun ainakin alueella, joka ulottuu syvänteeltä säännöstelypadolle.

#### 6.10.7 Lisäveden johtamisen vaikutukset Vuoksen vedenlaatuun

Lisäveden johtamissuunnitelman mukaan Vuoksesta pumpattaisiin Mellonlahteen vettä 200 dm<sup>3</sup>/s. Mikäli Mellonlahden pintaa ei samanaikaisesti nosteta, myös Mellonlahdesta Vuokseen poistuvan veden määrä olisi 200 dm<sup>3</sup>/s. Tämä vesimäärä on 0,2-0,6 promillea Vuoksen virtaamasta. Näin vähäisenä määränä Mellonlahdesta poistuva vesi ei merkittävästi vaikuta Vuoksen veden laatuun.

#### 6.10.8 Lisäveden johtamisen kustannukset

Syyskuussa 2003 päivitetyn suunnitelman mukaan lisäveden johtamiseksi Vuoksesta Mellonlahteen rakennettavan pumppaamon rakentamiskustannukset ovat ilman arvonlisäveroa 109 000 € (liite 16).

Mikäli pumput (2x 10 kW) olisivat jatkuvasti toiminnassa, kuluisi pumppaamiseen sähköä vuodessa 173 000 kWh. Laskettuna energian hinnalla 8 snt/kWh vuosikustannukset sähkön osalta olisivat noin 14 000 €. Koska pumput on suunnitelmassa säädetty toimimaan vedenpinnan korkeusvaihteluiden mukaan, on todellinen sähkönkulutus pienempi. Varmoja tuloksia tästä saadaan kuitenkin vasta vähintään vuoden pumppauksen jälkeen. Myös sähkön hintakehitys on ollut viime vuosina nousujohteinen, joten myös sähkön hinnankorotuksiin tulisi varautua.

Lisäveden johtamisen pumppauskustannukset vähenevät, mikäli vettä ei pumpata jatkuvasti vuoden ympäri. Mikäli lisävetä johdetaan viiden kuukauden ajan kasvukaudella ja puolella teholla, esimerkiksi kolmen kuukauden ajan talvella syys- ja kevätyškiertojen välisellä ajalla, saadaan vuotuisiksi kustannuksiksi sähkönkulutuksen osalta noin 7500 €/a. Pelkästään kasvukaudella viiden kuukauden ajan tapahtuvan pumppauksen sähkönkulutuksen kustannukset ovat noin 5800 €/a. Nämäkin kustannukset tulisivat pienemmään vedenpinnan korkeusvaihtelujen aiheuttamista pumppauskatkoksista.

Mikäli lisäveden johtamisella tavoitellaan Mellonlahden kokonaisfosforipitoisuudeksi 15 µg/l, riittää veden pumppaukseen Vuoksesta yksi (10 kW) pumppu, jolla lisävedettä johdettaisiin noin 100 l/s. Rakentamiskustannuksiksi tulisi tässä tapauksessa 56-90 % alkuperäisen vedenpumppaussuunnitelman rakentamiskustannuksista eli 61 000 - 96 000 €. Kustannusten vaihtelu riippuu muun muassa siitä, johdetaanko lisävedettä yhtä vai kahta putkea pitkin Mellonlahden syvänteeseen. Sähkönkulutuksen kustannuksiksi tulisi vuodessa 7000 €. Yhdellä pumpulla pumpattaessa lisävedettä tulee johtaa läpi vuoden, jotta kokonaisfosforin tavoitepitoisuus saavutettaisiin.

Sähkönkulutuksen lisäksi lisäveden pumppauksesta aiheutuu huoltokustannuksia. Huoltokustannusten määrä riippuu pitkälti pumppauskaluston toimivuudesta ja mahdollisista häiriöistä.

#### 6.10.9 Lisäveden johtaminen ilman pumppausta

Mellonlahteen on mahdollista johtaa lisävedettä myös ilman veden pumppausta. Ongelmana on, että Vuoksen vedenpinta on usein Mellonlahden vedenpintaa alhaisemmalla tasolla. Vettä voitaisiin johtaa luonnollisella paineella putkella Vuoksen yläjuoksun suunnalta. Riittävän korkeuseron saamiseksi putki tulisi sijoittaa tarpeeksi pitkälle yläjuoksun suuntaa. Putken halkaisijan tulisi myös olla riittävän suuri tarvittavan vesimäärän saamiseksi. Putkeen tulisi suunnitella säätelymekanismi, joka estää Vuoksen vedenkorkeusvaihtelujen liiallisen vaikutuksen Mellonlahteen Vuoksen vedenpinnan ollessa korkealla. Lisäveden pumppaukseen verrattuna pelkällä putkella saavutettavat hyödyt ovat kuitenkin pienemmät.

Mikäli Mellonlahden kokonaisfosforin tavoitepitoisuudeksi asetetaan karun vesistön kokonaisfosforipitoisuuden yläraja 15 µg/l, tulisi veden vaihtua Mellonlahdessa massatasapainomallin avulla laskettuna 2,2 kertaa vuodessa. Tämä tarkoittaa sitä, että vettä tulisi johtaa Vuoksesta Mellonlahteen jatkuvasti noin 80 l/s. Näin suuri veden virtaus on ilman pumppausta vaikeaa toteuttaa. Pienemmälläkin lisäveden määrällä olisi kuitenkin vedenlaatua parantavia vaikutuksia. Hapekkaan veden johtaminen Vuoksesta Mellonlahden syvänteeseen parantaisi alusveden ja sedimentin happitilannetta ja vähentäisi sisäistä kuormitusta.

## 7 VIRKISTYSKÄYTÖN PARANTAMISMAHDOLLISUUDET

Mellonlahden virkistyskäyttöä voidaan lisätä nykyisestä erityisesti uimarannan rakentamisella. Lisäksi veneille voisi rakentaa oman laiturin, jossa veneenomitajat voisivat säilyttää veneitään. Tällä hetkellä Mellonlahden rannalla on muutamia veneitä hajallaan eri puolella lahtea. Rannat ovat roskaantuneita, joten alue tulisi siivota. Viihtyisyyttä voisi parantaa myös varovaisella puuston raivauksella. Luonnostaan rehevä

lahden ympäristön metsikkö on paikoin läpipääsemättömän tiheää, ja lisäksi edellisten harvennustoimien jäljiltä maassa on paljon lahoavia hakkuutähteitä. Metsäalueiden raivauksessa on kuitenkin ehdottomasti huomioitava Imatran Luonnonsuojeluselvityksessä mainitut suojelutoimenpiteet.

## 7.1 Uimarannan kunnostaminen

Mellonlahden virkistyskäytön kannalta uimarannan kunnostaminen on tärkeää. Uimaranta tulisi palvelemaan erityisesti Meltolan ja Onnelan kaupunginosien ja osittain myös Imatrankosken asukkaita. Kaupungin tässä osassa ei sijaitse tällä hetkellä muuta virallista uimarantaa vesistön läheisyydestä huolimatta. Vuoksessa uiminen ei ole turvallista voimakkaan virtauksen takia. Tällä hetkellä lähimmät viralliset uimarannat ovat Saimaan rannalla sijaitsevat Ukonlinna ja Lempeenliete, ja Meltolan kaupunginosasta matkaa niille on lyhintä reittiä yli 6 kilometriä. Mellonlahden uimarannan käyttäjämäärän arvioimiseksi olisi yksinkertaisinta suorittaa kysely lähialueiden asukkaille. Samalla voisi kartoittaa asukkaiden toiveita uimarannan varusteista ja muusta Mellonlahden virkistyskäytöstä. Saatujen tietojen perusteella voidaan ratkaista, onko Mellonlahdelle tarpeellista rakentaa virallisen uimarannan kriteerit täyttävä valvottu uimaranta, vai riittävätkö aluksi epävirallisen uimapaikan kunnostustoimenpiteet.

Uimarannan kunnostuksessa on huomioitava Mellonlahden ympäristön suojelunäkökohdat. Imatran Luonnonsuojeluselvityksessä 2000 myös uimarannan alue on esitetty suojeltavaksi. Toisaalta tällä hetkellä voimassa oleva asemakaava ei aseta rajoituksia uimarannan käytölle, vaan alue on asemakaavan mukaan puistoaluetta. Rakennettavan uimarannan lähialueen kasvillisuus tulee kartoittaa mahdollisten suojelutoimien varalta. Uimarannan aluetta tulee rajata esimerkiksi istutuksilla niin, että rannan pääasiallinen käyttö uinti- ja oleskelutarkoitukseen rajoittuu tietylle alueelle. Uimarannan mitoituksessa ja suunnittelussa tulee ottaa lähtökohdaksi, että kävijämäärä ei saa nousta niin suureksi, että siitä on merkittävää haittaa Mellonlahden ympäristön luonnolle. Kävijämäärää voidaan rajoittaa tarvittaessa esimerkiksi estämällä ajoneuvojen kulkua ja pysäköintiä. Joka tapauksessa uimaranta tulee lisäämään liikennettä Mellonlahdelle. Autoille ja muille ajoneuvoille tulee varata paikoitustilaa esimerkiksi patotien alkupään tuntumasta, mutta liikenteen leviäminen jalankululle tarkoitettuja polkuja pitkin tulee estää puomeilla. Huoltoliikenteelle tulee olla kuitenkin pääsy myös ranta-alueelle.

Uimarannan kunnostus tulee aloittaa alueen siivouksella ja kasvillisuuden raivauksella. Vesikasvit uimarannan lähialueelta tulee niittää. Ranta-alueen ruoppaus voi olla myös tarpeellista. Pehmeää pohja-ainesta voidaan



poistaa esimerkiksi 10 metrin päähän rantaviivasta ja tuoda karkeaa hiekkaa tai soraa tilalle.

Uimarannalle tulisi kunnostuksen yhteydessä rakentaa ainakin kaksiosainen uimakoppi, käymälä sekä lisäksi esimerkiksi laituri, keinut tai leikkipaikka. Lisäksi uimarannan alueella tarvitaan joko kiinteitä tai liikuteltavia istuimia sekä astioita jätehuollon järjestämiseksi. Käymälän toimintaperiaate ja sijoitus tulee harkita tarkoin, jotta ravinnekuormitus Mellonlahteen saadaan estetyksi. Myös jätehuollon järjestämisestä tulee sopia jätehuoltoliikkeen kanssa.

## 7.2 Vesikasvillisuuden niitto

Ranta-alueiden runsas vesikasvillisuus on ongelma lähinnä virkistyskäytön kannalta. Vaikka Mellonlahden vesikasvillisuuden määrä ei olekaan erityisen runsasta, voisi uintimahdollisuutta lisätä niittämällä kasveja ainakin uimarannan ympäristöstä ja venepaikkojen läheltä. Niittämällä vesikasvillisuutta saadaan poistetuksi myös jonkin verran ravinteita Mellonlahden ravintoketjusta. Vesikasvien kuivapainosta kuitenkin vain noin 4 % on fosforia, joten kovin suuriin muutoksiin ravinnetaloudessa ei pelkästään vesikasvien niitolla päästä.

Vesikasvien niitto on parasta suorittaa heinä- elokuussa, jolloin kasvien ravinnepitoisuus on korkeimmillaan. Parhaiten niitto tehoa ilmaversoisiin kasveihin, kuten järvikaislaan, järviruokoon ja järvikortteeseen. Niitetyt kasvit on ehdottomasti vietävä pois ranta-alueelta. Niitettyjen kasvien haravointiin on olemassa erikoisia veneeseen kiinnitettäviä haravointilaitteita Mikäli niitto on mahdollista suorittaa useamman kerran kesässä, tulee ensimmäinen niitto tehdä kesäkuussa ennen kasvien kukkimista ja seuraavat 3-4 viikon välein. Leikattuja vesikasveja voidaan hyödyntää muun muassa karjan rehuna ja kompostoituna maanparannusaineena. Ennen vesikasvien niittoa on varmistuttava siitä, että alueella ei esiinny suojeltavia kasveja eikä niitolla häiritä lintujen ja eläinten pesimärauhaa. Vesikasvien niiton kustannukset ovat noin 250 €/ha. /148/

## 8 YHTEENVETO JA TOIMENPIDE-EHDOTUKSET

### 8.1 Eri kunnostusvaihtoehtojen soveltuvuuden ja kustannusten vertailu

Kunnostusvaihtoehtojen kustannustiedot vaihtelevat hyvin paljon. Kustannukset riippuvat muun muassa järven sijainnista ja kulkuyhteyksistä, vedenlaadusta, topografiasta, pinta-alasta ja mahdollisen talkootyövoiman saatavuudesta. Eri kohteissa myös pinta-alakohtaiset kustannukset voivat vaihdella suuresti. Yhden kunnostettavan kohteen kokonaiskustannuksiin vaikuttaa myös, tarvitaanko kunnostustoimia koko järven alueella vai riittääkö esimerkiksi syvänealueilla tapahtuva kunnostus. Taulukossa 6 on vertailtu eri kunnostusmenetelmien

soveltuvuutta Mellonlahdelle ja kunnostusmenetelmien kustannuksia. Kustannustietoina on käytetty tässä opinnäytetyössä käytettyjen lähteiden kustannustietojen vaihteluväliä. Käytetyt lähteet on mainittu eri kunnostusmenetelmien soveltuvuutta Mellonlahdelle ja kustannuksia koskeissa kappaleissa 6.1.2, 6.2.4, 6.3.2, 6.4.5, 6.5.2, 6.6.4, 6.7.2, 6.8.2, 6.9.2 ja 6.10.4.7.

TAULUKKO 6 Eri kunnostusmenetelmien soveltuvuus Mellonlahdelle ja kunnostusvaihtoehtojen kustannuksien vertailu. Kustannukset on arvioitu myös 10 vuoden ajalle.

Kunnostusmenetelmä	Menetelmän tehokkuus/ onnistumisvarmuus	Kustannukset € (vuoden 2003 taso)	10 Kustannukset €/ vuoden aikana (vuoden 2003 taso)	Kustannusvertailu	Huomautukset
Alusveden poisjohtaminen	+ ½	5000-10000 + 600-1400 €/a	11000 - 24000	--	Tulee jatkaa useita (5-10) vuosia
Vedenpinnan nosto	+ x	6100	6100	-	Kustannukset riippuvat patorakenteen kestämisestä ja noston määrästä.
Fosforin saostus	+ x	2000-12500 /kerta	8000- 37500	--	Tulee toistaa muutaman vuoden välein ollakseen tehokas.
Hapetus/ilmast us	++ x	1000-5000 /a	10000- 50000	--	Tulee jatkaa useita (5-10) vuosia
Ravintoketjuku nnostus	+ x	425-3500 /a	1700- 14000	-	Tulee jatkaa useita (3-4) vuosia
Ruoppaus, syvänteet	++	4200-40000	4200- 40000	--	Haitallisia ympäristövaikutuksia. Kustannukset riippuvat
Ruoppaus, koko lahti	++	> 170 000	>170000	---	ruoppausmenetelmästä ja laajuudesta.
Järven väliaikainen tyhjentäminen	++	70000-250000	70000- 250000	---	Pitkäaikaiset vaikutukset epävarmoja.
Sedimentin pöyhintä, syvänteet	+	7200-9000	7200- 9000	-	Pitkäaikaisista vaikutuksista ei tietoa.
Sedimentin pöyhintä, koko lahti	++	90000-113000	90000- 113000	---	
Sedimentin kipsikäsittely	++	6000	12000	-	Pitkäaikaisista vaikutuksista ei tietoa. Tulee toistaa muutaman vuoden välein.
Lisäveden johtaminen 2 pumpulla	+++	109 000 + 5800 – 14 000 €/a	167000- 249000	---	Tulee jatkaa useita vuosia

Lisäveden johtaminen 1 pumpulla	++	61 000 – 96 000 + 7000 €/A	131000-166000	---	Tulee jatkaa useita vuosia. Tulokset eivät ole yhtä hyviä kuin 2 pumpulla.
---------------------------------	----	----------------------------	---------------	-----	--

Merkkien selitykset:

- + välttävä tehokkuus/onnistumisvarmuus
- ++ kohtalainen tehokkuus/onnistumisvarmuus
- +++ hyvä tehokkuus/onnistumisvarmuus
- x soveltuu parhaiten yhdessä jonkin muun kunnostusmenetelmän yhteydessä
- edullinen kunnostusmenetelmä
- kustannuksiltaan keskitasoa oleva kunnostusmenetelmä
- kallis kunnostusmenetelmä /7/8/32/37/39/40/66/147/

Taulukon 6 mukaan Mellonlahden kunnostuksessa parhaisiin tuloksiin päästäisiin lisäveden johtamisella. Tämä on kuitenkin yksi kalleimmista kunnostusmenetelmistä. Lisäveden johtaminen on kunnostusmenetelmistä ainoa, jolla voi parantaa Mellonlahden perusongelmana olevaa hidasta veden vaihtuvuutta. Lisäveden johtamisessa riskinä on Vuoksen tilan marginaalinen heikkeneminen, kun Mellonlahteen tuleva ravinnekuormitus tai Meltolan vanhan kaatopaikalta mahdollisesti tulevat haitalliset aineet ja yhdisteet johdetaan Vuokseen. Lisäveden johtamista puoltaa kuitenkin se, että valmiit suunnitelmat lisäveden pumppaukselle ovat jo olemassa.

Tehokkuudeltaan ja onnistumisvarmuudeltaan keskitasoa olevat kunnostusmenetelmät ovat, hapetus tai ilmastus, ruoppaus, lahden tyhjentäminen, sedimentin pöyhintä ja sedimentin kipsikäsittely. Hapetusta tai ilmastusta tulisi jatkaa 5-10 vuotta, jotta siitä olisi pitkällä tähtäimellä hyötyä Mellonlahden vedenlaadulle. Koko lahden alueelle toteutettuna ruoppaus on todennäköisesti turha ja hyvin kallis. Pelkästään syvänealueiden ruoppaus tulee suunnitella huolellisesti, jotta pysyviä kunnostusvaikutuksia saadaan aikaan. Hapetus tai ilmastus ja syvänealueiden ruoppaus ovat kustannuksiltaan keskitasoa. Mellonlahden kunnostaminen tyhjentämällä on kustannuksiltaan samaa luokkaa kuin lisäveden johtaminen 10 vuoden ajan, eikä tyhjentämisen pitkäaikaisvaikutuksista ole Suomen olosuhteissa kokemusta. Sedimenttiin kohdistuvien kunnostusmenetelmien, eli ruoppauksen, järven väliaikaisen tyhjentämisen, sedimentin pöyhinnän ja kipsikäsittelyn soveltuvuutta ei voida kokonaisvaltaisesti ilman ajantasaista tietoa Mellonlahden sedimentin laadusta.

Sedimentin pöyhintä ja sedimentin kipsikäsittely ovat uusia kunnostusmenetelmiä, joiden vaikutuksista ei myöskään ole pitkäaikaista seurantatietoa. Alustavat tulokset kummankin menetelmän kohdalla ovat kuitenkin olleet lupaavia. Koko Mellonlahden pöyhintähoito kolmena vuonna toteutettuna on kustannuksiltaan samaa luokkaa kuin lisäveden johtamisen rakentamiskustannukset. Pelkästään syvänealueiden pöyhintää ei tiettävästi ole aikaisemmin kokeiltu. Pöyhinnän

soveltavuuden esteenä saattaa olla Mellonlahden syvänteen liian suuri syvyys. Myöskään Mellonlahden sedimentin soveltavuudesta pöyhintähoitoon ei ole tietoa. Sedimentin kipsikäsittely on kustannuksiltaan edullinen kunnostusmenetelmä, ja tähän mennessä toteutetuissa kohteissa tulokset ovat olleet lupaavia.

Muita Mellonlahdelle mahdollisia kunnostusmenetelmiä ovat alusveden poisjohtaminen, vedenpinnan nosto, fosforin saostus ja ravintoketjukunnostus. Alusveden poisjohtamisen kustannukset verrattuna onnistumisvarmuuteen ovat suuret. Vedenpinnan nosto soveltuu parhaiten muiden kunnostusmenetelmien ohella toteutettavaksi, mikäli patorakenteen mahdollisesta vahvistamisesta ei tule kuluja. Fosforin saostuksesta saadut kokemukset Mellonlahdella ovat huonoja, mutta esimerkiksi yhdessä ravintoketjukunnostuksen ja vedenpinnan noston kanssa se voisi soveltua kunnostusmenetelmäksi. Fosforin saostuksen kertakustannukset ovat pienet.

TAULUKKO 7 *Mellonlahdelle soveltuvat kunnostusmenetelmät järjestyksessä tehokkuuden ja kustannusten mukaan.*

<b>Kunnostusmenetelmät tehokkuusjärjestyksessä (ensin tehokkaimmat)</b>	<b>Kunnostusmenetelmät kustannusjärjestyksessä (ensin edullisimmat)</b>
1. Lisäveden johtaminen 2 pumpulla	1. Vedenpinnan nosto
2. Lisäveden johtaminen 1 pumpulla	2. Ravintoketjukunnostus
2. Hapetus/ilmastus	3. Sedimentin pöyhintä, syvänteet
2. Ruoppaus, koko lahti	4. Sedimentin kipsikäsittely
2. Ruoppaus, syvänteet	5. Alusveden poisjohtaminen
2. Järven tyhjentäminen	6. Fosforin saostus
2. Sedimentin pöyhintä, koko lahti	7. Ruoppaus, syvänteet
2. Sedimentin kipsikäsittely	8. Hapetus/ilmastus
2-3 Alusveden poisjohtaminen	9. Sedimentin pöyhintä, koko lahti
3. Sedimentin pöyhintä, syvänteet	10. Lisäveden johtaminen 1 pumpulla
3. Vedenpinnan nosto	11. Järven tyhjentäminen
3. Fosforin saostus	12. Lisäveden johtaminen 2 pumpulla
3. Ravintoketjukunnostus	13. Ruoppaus, koko lahti

Taulukossa 7 eri kunnostusvaihtoehdot ovat järjestyksessä tehokkuuden ja kustannuksien mukaan. Kustannusjärjestys on laskettu taulukon 6 hintatietojen keskiarvojen perusteella. Vertailtaessa kunnostusmenetelmien tehokkuutta tai onnistumisvarmuutta ja kustannuksia, saadaan kustannustehokkaimmaksi kunnostusvaihtoehdoksi

sedimentin kipsikäsitteily. Sen tehokkuus tai onnistumisvarmuus on kohtalainen ja kustannuksiltaan menetelmä on edullinen. Kustannustehokkuudeltaan keskitasoa olevat kunnostusmenetelmät ovat hapetus tai ilmastus, ravintoketjukunnostus, syvänteiden ruoppaus, koko lahden ruoppaus, syvänteiden pöyhintä sekä lisäveden johtaminen.

#### 8.1.1 Ulkoisen kuormituksen vähentäminen

Mellonlahden ulkoisen kuormituksen vähentäminen on kallista verrattuna saavutettaviin etuihin. Ulkoinen kuormitus on hajakuormitusta, jonka vähentämiseksi on vain vähän keinoja. Suuri osa Mellonlahden arvioidusta kuormituksesta on peräisin asutuksen ja tiestön hulevesistä, joista osa on mahdollista johtaa pois Mellonlahdesta.

Vanhojen Mellonlahden ojista tehtyjen analyysitulosten perusteella voidaan päätellä, että valuma-alueen pintavesien aiheuttama kuormitus Mellonlahteen vaihtelee vuodenaikojen mukaan. Myös eri vuosina kuormitus voi olla hyvinkin erilainen, riippuen muun muassa sadannasta. Jotta Mellonlahteen tulevan ulkoisen kuormituksen määrä voidaan selvittää, tulisi ojien veden laatua tarkkailla vähintään vuoden ajan. Ainakin ojien 2-5 aiheuttama kuormitus on hyvin riippuvainen vuodenaikojen vaihtelusta ja sääolosuhteista ja niiden aiheuttama kuormitus rajoittunee lumien sulamisen ajankohtaan. Ojan 1 hetkellinen ravinnepitoisuus on riippuvainen sade- ja pohjaveden osuuksista ojan koko vesimäärästä, joten myös tämän ojan veden laadun pitempiaikainen tarkkailu on tarpeellista.

Tarkkailujen perusteella voidaan ratkaista, onko ojavesien mukana Mellonlahteen tuleva kuormitus niin suuri, että ojien vedet tulee johtaa pois Mellonlahdesta tai käsitellä vedet ravinnekuormituksen pienentämiseksi. Ojien pois johtaminen tai käsittely voidaan suorittaa myös ilman pitkäaikaisten tarkkailutulosten arviointia, mutta ojien uudelleen johtamisesta aiheutuu kuitenkin arviolta 10 000 –15 000 euron kustannukset, joten toteutuksen tarpeellisuus tulee selvittää. Ojien johtaminen pois Mellonlahdelta vähentää myös jonkin verran lahden luonnollista tulovirtaamaa. Mikäli tulovirtaama pienenee huomattavasti, saattaa Mellonlahden vedenpinta laskea. Vedenpinnan laskua voidaan kompensoida esimerkiksi johtamalla Mellonlahteen lisävedtä Vuoksesta säännöstelypadon kautta.

Ojien mukana tulevaa kuormitusta voidaan selvittää myös ojien sedimenttien laadun perusteella. Ojista tulee ottaa sedimentinäytteitä useasta eri kohdasta näytestä kohden. Näytteet voidaan yhdistää kokoomanäytteeksi. Parhaat ojien sedimentinäytteiden näytesteet ovat tasaiset maat tai notkelmapaikat, joihin on kerääntynyt veden kuljettamaa kiintoainetta. Paras ajankohta ojien sedimentinäytteiden ottoon on kevät tai alkukesä. Ojasedimenttien perusmäärittelyyn kuuluvat seuraavat

analyysit: pH, sähkönjohtokyky, fosfori, kalsium, kalium, magnesium, maalaji ja multavuus.

Ojan 1 mukana tuomaa kuormitusta voidaan vähentää huomattavasti johtamalla Viipurintieltä tulevat sadevedet pois Mellonlahdelle vievästä ojasta. Ojien 2-5 mukana tulevan kuormituksen vähentäminen saattaisi onnistua yhdellä niskaojalla, joka voitaisiin johtaa maastonmuotoja seuraten Vuoksen suuntaan. Ojitusta suunniteltaessa on kuitenkin huomioitava kaivu- ja rakentamistöiden vaikutukset Mellonlahden ympäristön suojeltavaksi ehdotetulle kasvillisuudelle sekä ojavesien heikentävä vaikutus Vuoksen veteen. Kustannukset ojien uudelleenjohtamiseen voivat olla huomattavan suuria muun muassa hankalien maasto-olosuhteiden vuoksi. Ojavesien johtamisessa Vuokseen, tulee selvittää myös ympäristöluvan tarve toimenpiteelle. Tosin ilman Mellonlahden patoa päätyisivät myös nämä Mellonlahteen. Kannattavinta on kohdistaa toimenpiteet ojaan 1, jonka mukana tuleva kuormitus verrattuna muihin ojiin on huomattavasti suurempaa. Myös kuormituksen vähentämiseksi tarvittavat toimenpiteet ovat helpompia toteuttaa ojan 1 kohdalla valuvat vedet suoraan Vuokseen.

Ojien johtaminen pois Mellonlahdelta vähentää lahden luonnollista tulovirtaamaa. Mikäli tulovirtaama pienenee huomattavasti, saattaa Mellonlahden vedenpinta laskea. Vedenpinnan laskua voidaan kompensoida esimerkiksi johtamalla Mellonlahteen lisävetä Vuoksesta säännöstelypadon kautta. Ojien mukana tulevaa kuormitusta voidaan pienentää myös rakennettavien laskeutusaltaiden, kosteikkojen tai suodattimien avulla. Rinteen korkeuseroja voisi mahdollisesti hyödyntää suodattimen rakentamisessa. Rakentaminen on kuitenkin hankalaa toteuttaa varsinkin Mellonlahden jyrkälle etelärannalle ja se voisi aiheuttaa vaurioita herkälle kasvillisuudelle.

Meltolan entinen kaatopaikka sijaitsee Mellonlahden arvioidun valuma-alueen ulkopuolella valuma-alueen rajan välittömässä läheisyydessä. Kaatopaikan aiheuttama kuormitus Mellonlahteen on epävarmaa ja vaatii lisäselvityksiä. Kaatopaikka sijaitsee myös samalla pohjavesialueella kuin Mellonlahti, joten myös tätä kautta tapahtuva kuormitus on mahdollista.

## 8.2 Eri kunnostusvaihtoehtojen yhdistäminen

Parhaisiin tuloksiin järven kunnostamisessa päästään silloin, kun hoidetaan sekä järven tilan heikkenemisen syytä että seurausta. Ulkoisen kuormituksen vähentäminen on yksistään hidaskunnostusmenetelmä, mutta tulosten saamista voidaan nopeuttaa käyttämällä lisänä jotain muuta menetelmää. Mellonlahden tapauksessa ulkoisen kuormituksen vähentäminen on myös hankalaa ja kallista, eikä saavutetuista eduista ole varmaa tietoa. Vaikka ulkoinen kuormitus loppuisi kokonaankin, eivät jo Mellonlahdessa olevat ravinteet katoa. Mellonlahden suurimpana ongelmana on hidaskuormitus, minkä johdosta ravinteet eivät

pääse poistumaan luonnollisesti. Tästä syystä ainut tapa, jolla Mellonlahden tilaa voidaan pysyvästi parantaa, on nopeuttaa veden vaihtuvuutta johtamalla lisävedtä. Lisäveden johtaminen on kuitenkin olemassa olevan suunnitelman mukaisesti toteutettuna kallista ja osittain turhankin runsasta.

Mellonlahden kunnostuksen kannalta tehokkainta on yhdistää ulkoisen kuormituksen vähentäminen, lisäveden johtaminen ja jokin kolmas tuloksia nopeuttava kunnostusmenetelmä. Mellonlahden tilaa voidaan parantaa myös ilman ulkoisen kuormituksen vähentämistä, mutta tämä edellyttää veden vaihtuvuuden pysyvää lisäämistä. Kolmanneksi kunnostusmenetelmäksi kyseeseen tulee lähinnä fosforin saostus, ravintoketjukunnostus, sedimentin kipsikäsittely tai ruoppaus. Ravintoketjukunnostuksen etuna on ravinteiden ja biomassan pysyvä poistuminen Mellonlahden ekosysteemistä. Ruoppauksen toteutuksen etuna on kertaluontoisuus ja tehokkuus. Fosforin saostuksen ja sedimentin kipsikäsittelyn etuna ovat taas nopeat tulokset ja edulliset kustannukset. Fosforin saostuksella ei kuitenkaan yleensä päästä pitkäkestoisiin tuloksiin, mutta myös kipsikäsittely täytyy uusida 5-6 vuoden kuluttua. Uusimisen tarve riippuu kuitenkin ulkoisen kuormituksen ja lisäveden johtamisen tuloksellisuudesta. Vedenpinnan nosto voidaan toteuttaa Mellonlahdelle muista kunnostusmenetelmistä riippumatta. Taulukossa 8 on arvioitu eri kunnostusmenetelmien yhdistelmien kustannuksia.

TAULUKKO 8 Mellonlahdelle soveltuvien eri kunnostusmenetelmien yhdistelmien kustannukset. Lisäveden johtamisen kustannuksissa on oletuksena, että lisävedtä johdetaan yhtä paineputkea pitkin syvänteeseen.

Kunnostusmenetelmät	Kustannukset €	Huomautukset
Lisäveden johtaminen yhdellä pumpulla yhtä putkea pitkin (100 l/s) Ravintoketjukunnostus (3-4 vuotta)	62 700 – 75 000 + 7000 €/a	Ravintoketju-kunnostuksen avulla pysyviä tuloksia Kestää 3-4 vuotta
Lisäveden johtaminen 100 l/s Sedimentin kipsikäsittely (1 kerta)	67 000 € + 7000 €/a	Kertakäsittely edullista, mahdollinen uusimistarve
Lisäveden johtaminen 100 l/s Syvänteiden ruoppaus	65 200 – 101 000 + 7000 €/a	Kertaluontoinen, kustannukset melko korkeat

Lisäveden johtaminen 100 l/s	66 000	Pitkäkestoinen
Alusveden poisjohtaminen	+ 7 600-8 400 €/a	

### 8.3 Toimenpide-ehdotukset

#### 8.3.1 Lisäselvitykset Mellonlahden tilasta

Mellonlahden kunnostamiseksi valittavasta menetelmästä riippumatta tarvitaan Mellonlahden tilasta ja siihen vaikuttavista syistä joitakin lisäselvityksiä. Vaikka selvitykset aiheuttavat kuluja, on rahaa järkevämpää käyttää kunnostuksen huolelliseen suunnitteluun kuin kunnostamiseen, jonka onnistuminen on hyvin epävarmaa.

Ulkoisen kuormituksen määrää tulee tarkkailla ennen kunnostustoimia tutkimalla Mellonlahteen laskevien ojien ja pohjavesinäytteiden ravinnepitoisuuksia. Jotta saataisiin luotettava kuva ravinnekuormituksesta, tulee ojavesiä tutkia vähintään vuoden ajan kuukausittain. Mikäli ulkoinen kuormitus havaitaan merkittäväksi, täytyy tehdä toimenpiteitä sen vähentämiseksi.

Mellonlahden sedimentin laatu ja huonokuntoisen sedimenttialueen laajuus tulee selvittää ainakin siinä tapauksessa, että Mellonlahdelle aiotaan suorittaa sedimentinkunnostustoimenpiteitä, kuten ruoppausta, pöyhintää tai sedimentin kipsikäsittelyä.

Meltolan vanhan kaatopaikan vaikutukset pinta- ja pohjaveden kautta Mellonlahteen on tarkistettava. Vaikutukset voidaan tarkistaa ottamalla näytteitä pinta- ja pohjavedestä kaatopaikan välittämästä läheisyydestä, pintavesiojista ja Mellonlahden lähteistä. Vedestä tulee analysoida vähintään kaikki ne suureet, jotka SAMAJA-projektin yhteydessä analysoitiin. Erityisesti tulee kiinnittää huomioita niihin suureisiin, joiden pitoisuudet SAMAJA-projektin pintavesianalyyseissä ovat olleet korkeita, eli typpi-, alumiini- ja rautapitoisuus sekä TOC ja AOX. Myös raskasmetallit olisi hyvä tutkia niiden haitallisuuden takia, vaikka SAMAJA-projektin yhteydessä pintavedestä analysoidut raskasmetallipitoisuudet eivät olleetkaan hälyttävän korkeita. Mikäli ilmenee, että kaatopaikka aiheuttaa pohjaveden pilaantumisen, on ryhdyttävä tarvittaviin kaatopaikan kunnostustoimiin.

Kaatopaikan alueen pohjaveden virtaussuunta tulee tarkistaa ja selvittää, voiko kaatopaikalla olla pilaava vaikutus pohjaveden kautta myös Mellonlahteen. Jos kaatopaikka aiheuttaa pohjaveden kautta Mellonlahden tilan heikkenemistä, ei Mellonlahden kunnostustoimiin ole kannattavaa ryhtyä, ennen kuin kaatopaikan aiheuttama haitta on poistettu. Muussa tapauksessa kunnostustoimien lakkauttamisen jälkeen on todennäköistä, että Mellonlahden tila jälleen heikkenee. Mikäli vettä pumpataan



Mellonlahdesta Vuokseen, olisi tästä seurauksena, että myös kaatopaikalta tulevat haitta-aineet siirtyisivät Mellonlahdelta Vuokseen. Suurta merkitystä tällä ei kuitenkaan Vuoksen vedenlaadulle ole, sillä virtaama Vuoksessa on 2000-3000-kertainen verrattuna Mellonlahdesta pumppauksen johdosta poistuvaan vesimäärään.

Mikäli kaatopaikalta tulevien pintavesien laadussa ei ole tapahtunut huomattavaa muutosta parempaan SAMAJA-projektin selvityksen jälkeen, tulisi harkita pintavesien johtamista puhdistettavaksi.

### 8.3.2 Kunnostusehdotukset

Mellonlahden tilan parantamiseksi voidaan toteuttaa jokin seuraavista kunnostusvaihtoehdoista. Lisäveden johtaminen on tehokkain vaihtoehto Mellonlahden vedenlaadun parantamiseksi.

#### Ulkoisen kuormituksen vähentäminen ja lisäveden johtaminen

Ulkoisen kuormituksen vähentäminen on ainoa keino saada täysin pysyviä vaikutuksia Mellonlahden vedenlaadussa. Ulkoisen kuormituksen vähentämiseksi yksikertaisin tapa on johtaa Viipurintieltä Mellonlahteen laskevat huleveden pois Mellonlahdesta. Tämän lisäksi lisäveden johtaminen Vuoksesta 100 l/s riittänee parantamaan Mellonlahden vedenlaatua.

#### Lisäveden johtaminen

Lisäveden johtaminen 200 l/s muuttaa Mellonlahden veden Vuoksen veden kaltaiseksi. Lisäveden johtamista tulee kuitenkin jatkaa, kunnes Mellonlahden ulkoinen kuormitus vähenee huomattavasti. Lisäveden johtamista ei tule aloittaa, mikäli Meltolan kaatopaikka vaikuttaa heikentävästi Mellonlahden vedenlaatuun.

#### Lisäveden johtaminen yhdistettynä muihin kunnostusmenetelmiin

100 l/s pumpattava lisävesi Vuoksesta yhdistettynä joko fosforin saostukseen, ravintoketjुकunnostukseen, sedimentin kipsikäsittelyyn, syvänteiden ruoppaukseen tai alusveden poisjohtamiseen parantaa Mellonlahden vedenlaatua. Fosforin saostus ja sedimentin kipsikäsittely tulee uusia tarpeen mukaan muutamien vuosien välein. Syvänteiden ruoppauksen tehokkuuden varmistamiseksi sedimentin laatu tulee etukäteen selvittää. Mellonlahdelle ruoppausmenetelmistä soveltuu haitallisten ympäristövaikutusten ehkäisemiseksi parhaiten jään päältä ruoppaus. Ravintoketjुकunnostuksella saadaan poistetuksi Mellonlahdesta ylimääräistä biomassaa ja ravinteita. Myös alusveden poisjohtamisella

voidaan tehostaa ravinteiden poistumista Mellonlahdesta. Mikäli lisäveden johtamisen seurauksena vesikasvillisuuden määrä Mellonlahdessa lisääntyy, voidaan vesikasvillisuutta niittää tai vedenpintaa nostaa kasvillisuuden vähentämiseksi.

Mellonlahden tilan parantaminen ilman lisäveden johtamista

Mikäli lisäveden johtaminen Vuoksesta ei ole jostain syystä mahdollista Mellonlahden kunnostamisessa, voidaan Mellonlahden tilaa parantaa vähentämällä ulkoista kuormitusta ja tekemällä muita kunnostustoimenpiteitä. Ulkoisen kuormituksen vähentämiseksi on yksinkertaisinta johtaa Viipurintieltä Mellonlahteen laskevat hulevedet pois Mellonlahdesta. Tämän lisäksi Mellonlahdella voidaan suorittaa vedenlaadun parantamiseksi hapetusta tai ilmastusta, ravintoketjukunnostusta, fosforin saostusta tai sedimentin kunnostusta joko ruoppauksella tai kipsikäsittelyllä. Näistä edullisin vaihtoehto on sedimentin kipsikäsittely. Hapetusta tai ilmastusta tulee jatkaa 5-10 vuotta, jotta pysyviä kunnostusvaikutuksia saadaan aikaan. Ruoppauksen tehokkuuden selvittämiseksi sedimentin laatu tulee selvittää. Fosforin saostus ja sedimentin kipsikäsittely tulee uusua muutaman vuoden välein tarpeen mukaan.

### 8.3.3 Muut toimenpiteet

Mellonlahdelle valittavasta kunnostusmenetelmästä riippumatta sen virkistyskäyttömahdollisuuksia voidaan parantaa uimarannan kunnostuksella, vesikasvien niitolla ja rantojen siivouksella.

## LÄHTEET

- /1/ Itä-Suomen Vesioikeuden päätös N:o 8/Va/80 235. Hy.79. 11.2.1980. Vesihallitus. Helsinki. 1980.
- /2/ Vesihallituksen ja Imatran kaupungin sopimus 25.3.1980. Imatra. 1980.
- /3/ Rutanen, Hanna - Kokko Sari, Imatran Luonnonsuojeluselvitys 2000. Imatran kaupunki Tekninen toimi: Kaavoitus ja yleissuunnittelu ja Ympäristötoimi: Ympäristönsuojelu. 2000.
- /4/ Menna, Tomi, 9.8.2003. Suullinen tiedonanto. Imatran kaupunki, Ympäristötoimi
- /5/ Vuoksi ja kalastus. WWW-dokumentti. [www.imatra.fi/etusivu.html](http://www.imatra.fi/etusivu.html). Luettu 8.9.2003.
- /6/ Mellonlahden virkistyskäyttömahdollisuuksien parantaminen. Toimenpide- ja tutkimusohjelma. Imatran kaupunki, tekninen palvelukeskus / vesihuoltolaitos. 1989.

- /7/ Äystö, Virpi, Rehevien järvien kunnostusten arviointi. Suomen ympäristö 155, Suomen ympäristökeskus, Ympäristönsuojelu. Oy Edita Ab: Helsinki. 1997.
- /8/ Lappalainen, K. Matti, Alusveden juoksutus. Julkaisussa: Ilmavirta, Veijo (toim.). Järvien kunnostuksen ja hoidon perusteet. Yliopistopaino: Helsinki. 1990.
- /9/ Cooke, G.D.S. - Welch, E.B. - Peterson, S.A. - Newroth, P.R. Restoration and Management of Lakes and Reservoirs. Lewis Publishers, Inc.; 2nd edition. 1993.
- /10/ Ahonen, Arto, 22.9.2003. Suullinen tiedonanto. Imatran kaupunki, Ympäristötoimi.
- /11/ Happi. WWW-dokumentti. <http://www.ymparisto.fi/tila/ppo/vltiedot/happi.htm>. Päivitetty 27.4.2001.
- /12/ pH. WWW-dokumentti. <http://www.ymparisto.fi/tila/ppo/vltiedot/ph.htm>. Päivitetty 27.4.2001.
- /13/ Veden väri. WWW-dokumentti. <http://www.ymparisto.fi/tila/ppo/vltiedot/variluku.htm>. Päivitetty 27.4.2001.
- /14/ Typpi. WWW-dokumentti. <http://www.ymparisto.fi/tila/ppo/vltiedot/typpi.htm>. Päivitetty 27.4.2001.
- /15/ Opasvihkonen vesistötulosten tulkitsemiseksi. WWW-dokumentti. [www.kvvy.fi/cgi-bin/tietosivu\\_kvvy.pl?.html](http://www.kvvy.fi/cgi-bin/tietosivu_kvvy.pl?.html). Luettu 2.10.2003.
- /16/ Salonen S. - Frisk, T. - Kärmeniemi, T. - Niemi J. - Pitkänen, H. - Silvo, K. - Vuoristo, H. Fosfori ja typpi vesien rehevöittäjinä - vaikutusten arviointi, Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja – sarja A, nro 96. Vesi- ja ympäristöhallitus. Valtion painatuskeskus: Helsinki. 1992.
- /17/ Fosfori. WWW-dokumentti. <http://www.ymparisto.fi/tila/ppo/vltiedot/fosfori.htm>. Päivitetty 27.4.2001.
- /18/ Klorofylli-a. WWW-dokumentti. <http://www.ymparisto.fi/tila/ppo/vltiedot/a-klorof.htm>. Päivitetty 26.6.2003.
- /19/ Mellonlahden sedimenttitutkimus talvella 1985. Vesi-Eko Oy: Kuopio. 1985.
- /20/ Mellonlahden kunnostuskoe. Saimaan Vesien suojeluyhdistys ry, No 87/87/PL/MT. Lappeenranta. 1987.

- /21/ Teknisen lautakunnan kokous Mellonlahden vedenlaadun parantamiseksi 28.11.1988. Imatran kaupunki. 1988.
- /22/ Mellonlahden virkistyskäyttömahdollisuuksien parantaminen. Teknisen lautakunnan kokous 7.11.1989. Imatran kaupunki. 1989.
- /23/ Laine, Pertti, Mellonlahden veden laatu ja sen kehitys vuosina 1982-1991, No 1822/91/pl/ps/mt Saimaan vesiensuojeluyhdistys ry. Lappeenranta. 1991.
- /24/ Pekkarinen, Mauri, Tuusulanjärven ja Rusutjärven hoito- ja kunnostusmahdollisuudet. Pro gradu –työ. Helsingin yliopisto, Maatalousmetsätieteellinen tiedekunta, Limnologian laitos. Helsinki. 1987.
- /25/ Kääriä, Kalevi, Pohjaveden laatuselvitys Kymen läänin saastuneilla maalueilla. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja Nro 563. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistamo: Helsinki. 1994.
- /26/ Kainulainen, Armi, Pohjaveden laatu ja sitä vaarantavat tekijät Korvenkannan pohjavesialueella, Insinööriyö. Mikkelin ammattikorkeakoulu, Mikkelin teknillinen oppilaitos. Ympäristö- ja terveystekniikan koulutusohjelma. Mikkeli. 1997
- /27/ Kaakkois-Suomen ympäristökeskus - Imatran kaupunki. Maaperälle ja pohjavedelle riskiä aiheuttavien kohteiden kartoitus Kaakkois-Suomessa. Imatra. 2000.
- /28/ Silakoski, I. - Lipponen M. - Wikström A-M. - Jääskeläinen V. - Suur-Hamari S. - Sairanen P. - Kokko N, Imatran pohjavesialueiden riskikartoitus, työryhmän loppuraportti 8.12.1993. Imatran kaupunki. 1993.
- /29/ Saukkonen Pentti, Lampsinjoen ja Hallikkalanjoen tarkkailu talvella 2003. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 534/03/ps/rk. Lappeenranta. 2003.
- /30/ Metsätalous vesistökuormittajana. WWW-dokumentti <http://www.ymparisto.fi/ympsuo/projekti/lifeppo/ympvaik/metsatal.htm>. Päivitetty 27.8.2002.
- /31/ Isotalo, Ilkka, Taattistenjärven kunnostuksesta saatuja kokemuksia. Ympäristö ja Terveys 7 (1976). s. 654-658.
- /32/ Järvien hapetus ja ilmastus. WWW-dokumentti. <http://www.vyh.fi/hoito/vesikun/hapetus.pdf> .Päivitetty 6.2.2003.
- /33/ Luotoharju, Maarit, Rantojen kunnostus ruoppaamalla. Opinnäytetyö. Hämeen ammattikorkeakoulu, Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Hämeenlinna. 2003.

- /34/ ADCP - akustinen virtausmittari Sirius-veneessä. WWW-dokumentti. <http://www.ymparisto.fi/pir/tutkimus/posterit/anu/adcp.htm>. Päivitetty 9.5.2001.
- /35/ Irtamo, Timo, Mellonlahden koekalastus. Tilasto 27.5.-11.6.1998. Imatran kaupunki, Ympäristötoimi, Ympäristönsuojelu 1998.
- /36/ Mäkiäho, Mauri, Ruoppausmassojen ja läjityksen kuljetuksen suunnittelu. Ympäristö ja Terveys 2 (2003), s. 24-26.
- /37/ Viinikkala, Jouni, Pohjasedimentin sijoittaminen ja hyötykäyttö. Ympäristö ja Terveys 2 (2003) s. 27-31.
- /38/ Kärkkäinen, Janne, Pienruoppausten ja pienvesirakentamisen valvontakäytäntöjä Pohjois-Karjalan ympäristökeskuksen alueella. Ympäristö ja terveys 2 (2003), s.12-17.
- /39/ Särkijärven kunnostus. WWW-dokumentti. <http://www.vyh.fi/hoito/vesikun/ppo/jarvikun/sarkijar.htm>. Päivitetty 18.3.2003.
- /40/ Saarijärvi, Erkki, Kunnostusmenetelmien ja tekniikoiden esittely. Julkaisematonta materiaalia. 2002.
- /41/ Sarkki, Hanna, Pienen järven kunnostuksen yleissuunnittelu, esimerkkitapauksena Kälviän Vähäjärvi. Opinnäytetyö. Hämeen ammattikorkeakoulu, Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Hämeenlinna 2003.
- /42/ Pekkarinen, Mauri, Rusutjärven vesiensuojelu- ja kunnostustoimenpiteet. Tuusula-Seuran aikakirja XII. Vuosijulkaisu 2001, s.14-17.
- /43/ Autio, Jaakko, Vesien kunnostusten oikeudellisia näkökohtia. Vesitalous 6 (2002), s. 17-20.
- /44/ Lisäveden johtaminen Rusutjärveen. Hakemussuunnitelma. Keski-Uudenmaan vesiensuojelun kuntainliitto. 1991.
- /45/ Uudenmaan ympäristökeskuksen materiaalia Rusutjärven vedenlaatutiedoista vuosilta 1984-2003. 2003.
- /46/ Pekkarinen, Mauri, 9.10.2003. Sähköpostiviesti. Keski-Uudenmaan vesiensuojelun kuntayhtymä.
- /47/ Holdren, C. - W. Jones, and J. Taggart, Managing Lakes and Reservoirs. North American Lake Management Society and Terrence Institute in co-operation with Office of Eater, Assessment and Watershed Protection Division U.S. Environmental Protection Agency. Madison, Wisconsin. 2001.

- /48/ Pekkarinen, Jukka, Puhelin keskustelut 6.10.2003 ja 20.10.2003. Tornator Oy.
- /49/ Pekkarinen, Jukka, Sähköpostiviesti 20.10.2003. Tornator Oy.
- /50/ Antikainen, Sari, Suomen pintavesien laatu 1990-luvun puolivälissä. Vesitalous 2 (2000), s. 47.
- /51/ Vesien yleinen käyttökelpoisuus, luokkarajat. WWW-dokumentti. <http://www.ymparisto.fi/tila/vesi/laatu/luokrajat.htm>. Päivitetty 20.4.2001.
- /52/ Mannerkoski, Hannu, Metsätalous vaikuttaa paikallisesti valumavesien laatuun. Aquarius 1 (1994), s. 7.
- /53/ Rekolainen, Seppo, Maatalous ja vesien kuormitus. Yhteistutkimusprojektin tutkimusraportit. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 359. Helsinki. 1992
- /54/ Litmanen, Riikka, Imatran, Joutsenon, Lappeenrannan ja Svetogorskin ilmanlaatu vuonna 2002. Imatran kaupunki, Ympäristötoimi, Ympäristönsuojelu. Imatra. 2003.
- /55/ Niemeläinen, Timo, Ravinnehajakuormitus ja kuormituksen vähentäminen. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu, Prosessi ja materiaalitekniikan osasto, Puunjalostustekniikan laitos. Espoo 1995.
- /56/ Kuopion vesi- ja ympäristöpiiri, Iisalmen reitin yläosan vesiensuojelun yleissuunnitelma. Kuopio 1988.
- /57/ Keto, Juha, Sähköpostiviesti 22.10.2003. Lahden kaupunki.
- /58/ Hyytiäinen, Ulla-Maija, Vesistöjen kunnostaminen pohjasedimentin mekaanisilla käsittelyillä. Ympäristöklusterin jatkohanke. Väkiraportti. Suomen ympäristökeskus 2001.
- /59/ Lehmikangas, Marko – Viinikkala, Jouni, Järven tilapäinen kuivattaminen. Vesitalous 6 (2002), s. 47-52.
- /60/ Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus. Särkijärven vedenlaatutietoja 2003.
- /61/ Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista. Annettu Helsingissä 19 päivänä toukokuuta 2000 19 päivänä elokuuta 1994 annetun terveydensuojelulain (763/1994) 21 §:n nojalla.
- /62/ Kemiaiset tutkimusmenetelmät. WWW-dokumentti. [http://www.ktl.fi/ytos/vesi/vesi\\_kemmenet.html](http://www.ktl.fi/ytos/vesi/vesi_kemmenet.html). Päivitetty 24.10.2001.

- /63/ Lakso, Esko, Vesipinnan nosto. Julkaisussa: Ilmavirta, Veijo (toim.). Järvien kunnostuksen ja hoidon perusteet. Yliopistopaino: Helsinki 1990.
- /64/ Oravainen, Reijo, Veden ja sedimentin kemikaalikäsittely. Julkaisussa: Ilmavirta, Veijo (toim.). Järvien kunnostuksen ja hoidon perusteet. Yliopistopaino: Helsinki. 1990.
- /65/ Wahlgren, Aarne – Lappalainen, K. Matti,– Lakso, Esko, Veden ja pohjasedimentin hapettaminen. Julkaisussa: Ilmavirta, Veijo (toim.). Järvien kunnostuksen ja hoidon perusteet. Yliopistopaino, Helsinki. 1990.
- /66/ Kairesalo, Timo – Keto, Juha – Sammalkorpi, Ilkka, Biomanipulaatio (ravintoketjukunnostus). Julkaisussa: Ilmavirta, Veijo (toim.). Järvien kunnostuksen ja hoidon perusteet. Yliopistopaino: Helsinki. 1990.
- /67/ Ihme, Raimo, Ruoppaus. Julkaisussa: Ilmavirta, Veijo (toim.). Järvien kunnostuksen ja hoidon perusteet. Yliopistopaino: Helsinki.1990.
- /68/ Lappalainen, K. Matti, Laimentaminen ja huuhtelevminen. Julkaisussa: Ilmavirta, Veijo (toim.). Järvien kunnostuksen ja hoidon perusteet. Yliopistopaino: Helsinki. 1990.
- /69/ Laine, Pertti, Mellonlahden vedenlaatu 27.8.1981. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 1300/81/PL/UP. Lappeenranta. 1981.
- /70/ Laine, Pertti, Mellonlahden tarkkailu 22.2.1982. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 266/82/PL/UP. Lappeenranta. 1982.
- /71/ Laine, Pertti, Mellonlahden tarkkailu 30.3.1982. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 460/82/PL/UP. Lappeenranta. 1982
- /72/ Kauppi, Marja, Mellonlahden analyysitulokset 28.5.1982. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 747/82. Lappeenranta. 1982.
- /73/ Laine, Pertti, Mellonlahden veden laatu 26.8.1982. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 1110/82/PL/UP. Lappeenranta. 1982.
- /74/ Laine, Pertti, Mellonlahden tarkkailu 2.11.1982. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No1501/82/PL/UP. Lappeenranta. 1982.
- /75/ Laine, Pertti, Mellonlahden tarkkailu 15.3.1983. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 339/83/PL/UP. Lappeenranta. 1983.
- /76/ Laine, Pertti, Mellonlahden tarkkailu 15.8.1983. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 1127/83/PL/UP. Lappeenranta. 1983.
- /77/ Laine, Pertti, Mellonlahden tarkkailu 31.10.1983. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 1452/83/PL/UP. Lappeenranta. 1983.



- /78/ Laine, Pertti – Silvo, Kimmo, Mellonlahden tarkkailu 27.3.1984. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 307/84/KS/UP. Lappeenranta. 1984.
- /79/ Laine, Pertti – Silvo, Kimmo, Mellonlahden tarkkailu 8.8.1984. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 1045/84/KS/UP. Lappeenranta.1984.
- /80/ Laine, Pertti, Mellonlahden tarkkailu 24.3.1985. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 297/85/PL/UP. Lappeenranta. 1985.
- /81/ Laine, Pertti, Analyysituloslomake 17.6.1985. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. Lappeenranta. 1985.
- /82/ Laine, Pertti, Analyysituloslomake 15.7.1985. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. Lappeenranta. 1985.
- /83/ Laine, Pertti, Analyysituloslomake 15.8.1985. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 1048/85/PL/MT. Lappeenranta. 1985.
- /84/ Laine, Pertti, Mellonlahden tarkkailu 7.4.1986. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 509/86/PL/UP. Lappeenranta. 1986.
- /85/ Laine, Pertti, Mellonlahden tarkkailu 6.5. ja 20.5.1986. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 762/86/PL/UP. Lappeenranta. 1986.
- /86/ Laine, Pertti, Mellonlahden tarkkailu 3.6. ja 12.6.1986. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 840/86/PL/MT. Lappeenranta. 1986.
- /87/ Laine, Pertti, Mellonlahden tarkkailu elo- ja syyskuussa 1986. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 1534/86/PL/UP. Lappeenranta. 1986.
- /88/ Laine, Pertti, Mellonlahden tarkkailu 23.5.1984. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 694/84/PL/MT. Lappeenranta. 1984.
- /89/ Laine, Pertti, Mellonlahden tarkkailu 6.4.1987. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 559/87/PL/UP. Lappeenranta. 1987.
- /90/ Laine, Pertti, Mellonlahden kunnostuskoe 6.,11.,18. ja 25.5.1987. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 782/87/PL/MT. Lappeenranta. 1987.
- /91/ Laine, Pertti, Mellonlahden tarkkailu 10. ja 24.6.1987. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 1039/87/PL7/UP. Lappeenranta. 1987.
- /92/ Laine, Pertti, Mellonlahden tarkkailu 23.5.1988. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 926/88/PL/UP. Lappeenranta. 1988.
- /93/ Laine, Pertti, Mellonlahden tarkkailu 20.6.1988. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 1177/88/PL/UP. Lappeenranta. 1988.

- /94/ Laine, Pertti, Analyysitulokset 19.7.1988 ja 18.8.1988. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No1359/88/PL/UP. Lappeenranta. 1988.
- /95/ Laine, Pertti, Analyysitulokset 8.9.1988. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No1543/88/PL/UP. Lappeenranta. 1988.
- /96/ Laine, Pertti, Mellonlahden tarkkailu 10.10.1988. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No1927/88/PL/UP. Lappeenranta. 1988.
- /97/ Laine, Pertti, Mellonlahden tarkkailu 24.5.1989. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 949/89/PL/MT. Lappeenranta. 1989.
- /98/ Silvo, Kimmo, Mellonlahden tarkkailu 6.3.1989. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 559/89/KS/MT. Lappeenranta. 1989.
- /99/ Laine, Pertti, Korjaus raporttiin. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 1549/89/P Laine/TT. Lappeenranta. 1989.
- /100/ Laine, Pertti, Mellonlahden tarkkailu 30.8.1989. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 1745/89/P Laine/TT. Lappeenranta. 1989.
- /101/ Laine, Pertti, Mellonlahden tarkkailu 27.9.1989. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 2140/89/P Laine/TT. Lappeenranta. 1989.
- /102/ Laine, Pertti, Mellonlahden tarkkailu 31.10.1989. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 2180/89/P Laine/TT. Lappeenranta. 1989.
- /103/ Laine, Pertti, Mellonlahden tarkkailu 12.3.1990. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 511/90/P Laine/TT. Lappeenranta. 1990.
- /104/ Laine, Pertti, Mellonlahden tarkkailu 29.5.1990. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 1165/90/PL/MT. Lappeenranta. 1990.
- /105/ Laine, Pertti, Mellonlahden tarkkailu 20.6.1990. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 1323/90/P Laine/TT. Lappeenranta. 1990.
- /106/ Laine, Pertti, Mellonlahden tarkkailu heinä- ja elokuussa 1990. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 1962/90/P Laine/TT. Lappeenranta. 1990.
- /107/ Laine, Pertti, Mellonlahden tarkkailu syys- ja lokakuussa 1990. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 2347/90/P Laine/TT. Lappeenranta. 1990.
- /108/ Saukkonen, Pentti, Mellonlahden tarkkailu 9.4.1991. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 730/91/P Saukkonen/TT. Lappeenranta. 1991.
- /109/ Saukkonen, Pentti, Mellonlahden tarkkailu 22.5. ja 24.6.1991. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 1365/91/P Saukkonen/TK. Lappeenranta. 1991.

- /110/ Saukkonen, Pentti, Mellonlahden tarkkailu 25.7.1991. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 1431/91/P Saukkonen/TK. Lappeenranta. 1991.
- /111/ Saukkonen, Pentti, Mellonlahden tarkkailu 22.8.1991 Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 1843/91/ P Saukkonen/TK. Lappeenranta. 1991.
- /112/ Saukkonen, Pentti, Mellonlahden tarkkailu 22.10.1991. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 2120/91/P Saukkonen/TK. Lappeenranta. 1991.
- /113/ Saukkonen, Pentti, Mellonlahden tarkkailu 9.6.1992. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 1378/92/P Saukkonen/PH. Lappeenranta. 1992.
- /114/ Saukkonen, Pentti, Mellonlahden tarkkailu 30.7.1992. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 1682/92/PA/TP/MT. Lappeenranta. 1992.
- /115/ Saukkonen, Pentti, Mellonlahden tarkkailu 10.8.1992. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 2148/92/PS/TP. Lappeenranta. 1992.
- /116/ Laine, Pertti – Saukkonen, Pentti, Mellonlahden kalaston kehittäminen, Mellonlahden veden laatu. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 1371/93/P Laine/TK. Lappeenranta. 1993.
- /117/ Laine, Pertti, Mellonlahden tarkkailu 7.9.1998. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 1468/98/P Laine/TK. Lappeenranta. 1998.
- /118/ Laine, Pentti, Mellonlahden tarkkailu vuonna 1999. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 1569/99/PL. Lappeenranta. 1999.
- /119/ Saukkonen, Pentti, Mellonlahden vesitutkimus elokuussa 2000. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 1266/00/P Saukkonen/SS. Lappeenranta. 2000.
- /120/ Saukkonen, Pentti, Mellonlahden tarkkailu talvella 2001. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 363/01/P Saukkonen/SS. Lappeenranta. 2001.
- /121/ Laine, Pertti, Mellonlahden tarkkailu kesällä vuonna 2002. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 1192/02/PL. Lappeenranta. 2002.
- /122/ Mellonlahden tarkkailu talvella 2003. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 527/03/ps/rk. Lappeenranta. 2003.
- /123/ Mellonlahden tarkkailu kesällä 2003. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 1041/03/ps/rk. Lappeenranta. 2003.

- /124/ Vesinäytteiden tutkimustuloksia 14.7.2003. Saimaan Vesiensojeluhydistys ry. Lappeenranta. 2003.
- /125/ Laine, Pertti, Vuoksen tarkkailu marraskuussa 2001. Saimaan Vesiensojeluhydistys ry. No 1662/01/P Laine/SS. Lappeenranta. 2001.
- /126/ Laine, Pertti, Vuoksen tarkkailu tammikuussa 2002. Saimaan Vesiensojeluhydistys ry. No 322/02/P Laine. Lappeenranta. 2002.
- /127/ Laine, Pertti, Vuoksen tarkkailu helmikuussa 2002. Saimaan Vesiensojeluhydistys ry. No 323/02/P Laine. Lappeenranta. 2002.
- /128/ Laine, Pertti, Vuoksen tarkkailu maaliskuussa 2002. Saimaan Vesiensojeluhydistys ry. No 485/02/P Laine. Lappeenranta. 2002.
- /129/ Laine, Pertti, Vuoksen tarkkailu huhtikuussa 2002. Saimaan Vesiensojeluhydistys ry. No 775/02/P Laine. Lappeenranta. 2002.
- /130/ Laine, Pertti, Vuoksen tarkkailu toukokuussa 2002. Saimaan Vesiensojeluhydistys ry. No 776/02/P Laine. Lappeenranta. 2002.
- /131/ Laine, Pertti, Vuoksen tarkkailu kesäkuussa 2002. Saimaan Vesiensojeluhydistys ry. No 777/01/P Laine. Lappeenranta. 2002.
- /132/ Laine, Pertti, Vuoksen tarkkailu heinäkuussa 2002. Saimaan Vesiensojeluhydistys ry. No 1152/02/P Laine. Lappeenranta. 2002.
- /133/ Laine, Pertti, Vuoksen tarkkailu elokuussa 2002. Saimaan Vesiensojeluhydistys ry. No 1153/02/P Laine. Lappeenranta. 2002.
- /134/ Saukkonen, Pentti, Vuoksen tarkkailu syyskuusta 2002 toukokuuhun 2003. Saimaan Vesiensojeluhydistys ry. No 745/03/PS/RK. Lappeenranta. 2003.
- /135/ Vuoksen vesinäytteiden tutkimustuloksia 16.6.2003. Saimaan Vesiensojeluhydistys ry. Lappeenranta. 2003.
- /136/ Haka- ja Euttulammen sekä Rampsinojan kunnostussuunnitelma. WWW-dokumentti. <http://www.hauho.fi/jatevesi/kunnostus2/pdf>. Luettu 4.11.2003.
- /137/ Tuominen, Jyrki, Kipsikäsitteily lääke rehevöityneiden järvien puhdistukseen. Rannikkoseudun sanomat, 15.5.2001.
- /138/ Salonen, Veli-Pekka – Varjo, Eila, Use of gypsum as a restoration method for sediments of eutrophic lakes. WWW-dokumentti. [http://www.sci.utu.fi/geologia/FIN/FINtg\\_gypsum.htm](http://www.sci.utu.fi/geologia/FIN/FINtg_gypsum.htm). Luettu 4.11.2003.

- /139/ Ajankohtaista nyt! WWW-dokumentti.  
[http://www.vsagendatoimisto.fi/vesiensuojelu/jarvien\\_kunnostus/ajankohtaista.htm](http://www.vsagendatoimisto.fi/vesiensuojelu/jarvien_kunnostus/ajankohtaista.htm). Luettu 4.11.2003.
- /140/ Imatran kaupunki. Julkaisematonta materiaalia.
- /141/ Saukkonen, Pentti, Lampsinjoen ja Hallikkaanjoen tarkkailu talvella 2002. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 541/02/P Saukkonen/SS. Lappeenranta 2002.
- /142/ Laine, Pertti, Lampsinjoen ja Hallikkaanjoen tarkkailu kesällä 2002. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 1191/02/PL. Lappeenranta. 2002.
- /143/ Saukkonen, Pentti, Lampsinjoen ja Hallikkaanjoen tarkkailu talvella 2003. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. No 534/03/ps/rk. Lappeenranta. 2003.
- /144/ Laine, Pertti – Silvo, Kimmo, Mellonlahden tarkkailujen yhteenveto vuosina 1986-1987. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry. Lappeenranta 1988.
- /145/ Viinikkala, Jouni, Sähköpostiviesti 13.10.2003. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus.
- /146/ Vuoksen vesinäytteiden tutkimustuloksia elokuu 2003
- /147/ Majuri, Hannu, Hyödynarviointi vesistöjen kunnostushankkeissa. Tampereen teknillinen korkeakoulu julkaisu 333. Tampereen teknillinen korkeakoulu.
- /148/ WWW-dokumentti. Vesikasvien niitto parantaa järvien virkistyskäyttöä. <http://www.vyh.fi/hoito/vesikun/niitto.htm>. Päivitetty 14.5.2001.
- /149/ Saukkonen, Pentti, Puhelinkeskustelu 11.12.2003. Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry.

## LIITTEET

- 1 Imatran kartta
- 2 Kartta Mellonlahdesta ja sen valuma-alueesta
- 3 Kartta Mellonlahden rannasta ja Onnelan lehdosta
- 4 Mellonlahden vedenlaadun kehitys laatuparametreittain
- 5 Alumiinisulfaattisaostuksen vaikutus Mellonlahden vedenlaatuun

- 6 Pohjavesikartta Mellonlahden ja Mellonmäen alueesta
- 7 Meltolan vanhan kaatopaikan ojat
- 8 Lampsinjoen vedenlaatutiedot
- 9 SAMAJA-projektin tulokset Meltolan entisen kaatopaikan pintavesinäytteistä
- 10 Valuma-alueen kuormitus
- 11 Taattistenjärven vedenlaadun kehitys alusveden poisjohtamisen vaikutuksesta
- 12 Särkijärven eräiden laatuparametrien kehitys kunnostuksen jälkeen
- 13 Immalanjärven Laitilanlahden vedenlaadun kehitys pöyhinnän jälkeen
- 14 Rusutjärven vedenlaatutietoja
- 15 Vuoksen analyysituloksia
- 16 Mellonlahden vedenvaihtopumppaus suunnitelman toimintaselostus ja kustannusarvio
- 17 Massatasapainomallilla lasketut arvioinnin erikseen Mellonlahden pinta- ja alusveden ravinnepitoisuuksille
- 18 Kartta Mellonlahden lähiympäristön asemakaavasta ja uimarannan sijainnista